

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

**DOTTORATO DI RICERCA IN:  
Science, Technology, and Humanities**

*Ciclo XXIV*

Settore scientifico disciplinare M-FIL/02 – LOGICA E FILOSOFIA DELLA  
SCIENZA

**Una Prospettiva Storico-Filosofica  
sull’Evoluzione del Curricolo di Fisica nella  
Scuola:  
Problemi e Innovazioni Pedagogiche**

**Presentata da: Tommaso Panajoli**

**Coordinatore Dottorato**

**Prof. Giuliano Pancaldi**

**Relatore**

**Prof.ssa Barbara Pecori**

Esame finale 2012



# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	p. 1
1.1. Analisi dei rapporti internazionali: UNESCO e Nuffield a livello mondiale ed europeo.....	p. 8
1.2. UNESCO: “ <i>Science Education Policy-Making: Eleven Emerging Issues</i> ”. Le ragioni di una nuova educazione scientifica.....	p. 11
1.2.1. Il problema culturale e il ruolo delle discipline storico-filosofiche nella didattica delle scienze.....	p. 16
1.2.2. I problemi globali dell’educazione scientifica: obiettivi e ostacoli per le scienze scolastiche.....	p. 23
1.2.3. Alcuni concetti innovativi nel campo della pedagogia delle scienze.....	p. 26
1.3. “ <i>Science Education in Europe: Critical Reflections</i> ”. La prospettiva europea della Fondazione Nuffield.....	p. 33
1.3.1. I problemi e le proposte nel contesto europeo.....	p. 34
1.4. Il caso italiano: confronto con i problemi e le strategie dei rapporti internazionali.....	p. 47
1.4.1. Innovazione del curriculum di scienze: alcune specificità della scuola secondaria italiana.....	p. 47
1.4.2. I dati sull’educazione scientifica: interesse per la scienza e carriere scientifiche.....	p. 52
1.4.3. Le reali vocazioni e la vera carenza: altre specificità italiane.....	p. 68
<b>2. COME CAMBIA L’EDUCAZIONE SCIENTIFICA SCOLASTICA IN ITALIA: IL CURRICOLO DI FISICA</b> .....	p. 74
2.1. Premessa: il curriculum di fisica e alcune dinamiche di cambiamento.....	p. 74
2.2. Il curriculum “ <i>intended</i> ”: la negoziazione del sapere da insegnare.....	p. 78
2.3. Quadri orari: curriculum di fisica e comparazioni.....	p. 82
2.4. I Programmi di Fisica.....	p. 88
<b>3. DAL CURRICOLO PROPOSTO VERSO IL CURRICOLO ATTUATO: I TESTI SCOLASTICI DI FISICA</b> .....	p. 106
3.1. Materiali e principi dell’analisi dei testi.....	p. 106
3.2. Le dinamiche dell’innovazione testuale: le origini.....	p. 112
3.3. I corsi di fisica degli Amaldi.....	p. 122
3.4. Tra teoria e pratica: esame dei contenuti di alcuni capitoli degli Amaldi.....	p. 126
3.4.1. Statica.....	p. 126
3.4.2. Meccanica dei fluidi.....	p. 130
3.4.3. Acustica.....	p. 134
3.4.4. Un altro esempio sul rapporto concetti-applicazioni: il nucleo atomico.....	p. 136
3.5. Alcune osservazioni comparative: variabilità dei contenuti e degli approcci.....	p. 149
3.6. I tempi e le fonti dell’innovazione testuale.....	p. 152
<b>4. RISORSE INTERDISCIPLINARI E INNOVAZIONI PEDAGOGICHE NEI MANUALI DI FISICA</b> .....	p. 169
4.1. Una fisica interessante e rilevante: attitudini verso la scienza e strumenti testuali.....	p. 169
4.1.1. Motivazioni soggettive e “attrattori emotivi”.....	p. 174
4.1.2. Motivazioni oggettive: tecnologie, società e vita quotidiana.....	p. 185
4.2. La fisica nel contesto: il ruolo delle conoscenze storico-filosofiche nei testi.....	p. 197

4.2.1. Riforme curriculari e ricerca accademica: origini storiche dell'approccio <i>HPS</i> .....	p. 199
4.2.2. La storia e la filosofia della scienza nella didattica: indagini comparative e alcuni sviluppi curriculari .....	p. 214
4.2.3. Ricerche sull'utilizzo di approcci storico-filosofici nella didattica delle scienze: un riesame. ....	p. 226
4.2.4. Immagine e storia della scienza nei libri di testo: un quadro complessivo...	p. 243
4.3. Gli aspetti storici e filosofici della scienza nei manuali di fisica.....	p. 258
4.3.1. Gli anni Settanta e Ottanta: alcuni esempi.....	p. 260
4.3.2. Gli anni Novanta e i testi odierni.....	p. 277
4.4. Osservazioni pedagogiche conclusive sui manuali di fisica.....	p. 293
<b>CONCLUSIONI</b> .....	p. 307
<b>APPENDICE 1</b> .....	p. 318
<b>APPENDICE 2</b> .....	p. 322
<b>APPENDICE 3</b> .....	p. 324
<b>APPENDICE 4</b> .....	p. 328
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	p. 330

## INTRODUZIONE

I problemi della cultura scientifica e dell'insegnamento delle scienze sono diventati oggetto di ricerca negli ultimi decenni, per più discipline, per istituzioni accademiche e non. Al centro del dibattito odierno vi sono le *finalità* dell'educazione scientifica, le valutazioni degli apprendimenti, il ruolo dell'*innovazione didattica* e di nuove proposte pedagogiche e curricolari. La ricerca in questo campo si colloca all'interno di un contesto storico che vede, da una parte, la crescente importanza dei saperi tecnico-scientifici nella "*società della conoscenza*", dall'altra, la crisi e la messa in discussione dei tradizionali fondamenti dell'istruzione scolastica, e in particolare di quella scientifica.

Nello scenario internazionale vi è stato un proliferare di rapporti e ricerche sull'insegnamento delle scienze incentrati sulla discussione di nuove politiche educative e sullo stato delle discipline scientifiche insegnate nelle scuole. Ormai da qualche decennio, la dimensione internazionale di questi studi è testimoniata da un buon numero di riviste specialistiche dedicate alla *Science Education* e dalle indagini comparative, prima della IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*), con più cicli di valutazione degli apprendimenti delle scienze e di raccolta di informazioni sulla struttura dei sistemi scolastici di numerosi paesi, poi, dal 2000, anche dell'OCSE, con le rilevazioni di PISA (*Programme for International Student Assessment*).

A partire dagli anni Sessanta, sono stati di fondamentale importanza i movimenti di riforma dei curricula di scienze sorti negli Stati Uniti, insieme ai nuovi progetti educativi elaborati in Inghilterra e in altri paesi anglosassoni dove la ricerca sull'insegnamento delle scienze ha incominciato a istituzionalizzarsi.

In particolare negli ultimi due decenni, i temi dell'innovazione pedagogica e i problemi dell'educazione scientifica si sono estesi, in modo ancora più evidente, su tutto il panorama politico-accademico mondiale. Anche in Europa, con il *Libro Bianco* del 1996 sulla società della conoscenza e soprattutto dalla *strategia di Lisbona* del 2000, si è assistito a un crescente interesse per le tematiche dell'educazione e dei sistemi d'istruzione. Il numero di documenti e di indagini dell'ultimo decennio testimonia la rilevanza dei problemi e delle risorse della formazione scientifica per le strategie politiche ed economiche dell'Unione.

Raccordare lo stato e i problemi del caso italiano alle politiche e alla ricerca internazionali è un'operazione non priva di difficoltà e ambiguità; d'altra parte, ignorare l'importanza dello scenario "globale" dell'educazione scientifica, oltre a essere controproducente dal punto di vista politico-culturale, pone un serio limite alla comprensione e alle possibilità di

cambiamento dell'istruzione scientifica in Italia.

Questa ricerca ha tentato, nei limiti del possibile, di mantenere uno sguardo comparato sui temi e sui problemi dell'insegnamento delle scienze, cercando, al contempo, di esaminare a fondo le specificità del contesto italiano attraverso un particolare caso di analisi delle scienze insegnate nella scuola.

Viste, infatti, le dimensioni e la complessità del tema dell'innovazione pedagogica e dell'educazione scientifica, alcune scelte sono state necessarie per definire l'oggetto della presente ricerca, anche alla luce della prospettiva disciplinare e metodologica in cui questa si colloca.

Da una parte, in ragione di una maggiore attenzione ai percorsi dell'istruzione dell'obbligo, la scuola secondaria di secondo grado è stata spesso messa in secondo piano nello studio delle scienze insegnate; anche la pedagogia e le prime ricerche educative si sono spese soprattutto sui problemi delle scienze di base e dei primi segmenti dell'istruzione scolastica. Dall'altra, la prospettiva filosofica che ha guidato questa ricerca fornisce degli strumenti di analisi utili a comprendere le specificità epistemologiche delle scienze nel loro stadio disciplinare maturo, quindi all'interno dell'ultimo ciclo dell'istruzione scolastica.

Si è quindi affrontato lo stato dell'educazione scientifica scolastica e dell'innovazione didattica-pedagogica nello specifico caso della fisica insegnata nella scuola secondaria di secondo grado italiana. In particolare, i materiali esaminati nello svolgimento della ricerca si riferiscono al liceo scientifico e ad alcuni elementi di confronto con quello Classico. Tale ulteriore restrizione del campo di indagine, nonostante renda parziali le conclusioni di questo lavoro, ha reso possibile concentrarsi su un aspetto peculiare dell'istruzione italiana, attraverso lo studio del canone scientifico di quei licei che rappresentano una parte fondamentale dell'educazione scolastica e del rapporto tra le scienze nella scuola e la successiva formazione specialistica.

Il lavoro di analisi dei problemi pedagogici generali e dei più particolari temi dell'innovazione didattica nel campo della fisica è stato condotto da un punto di vista, per quanto possibile, *interdisciplinare*, cercando, primo, di utilizzare le conoscenze e gli strumenti della storia della fisica e dell'epistemologia per comprendere l'evoluzione e le qualità del curriculum di fisica, secondo, di mettere in relazione il piano dei contenuti insegnati con quello istituzionale e comparato dei sistemi educativi e delle riforme scolastiche.

Un'altra scelta, dettata dalla prospettiva disciplinare in cui va collocata questa ricerca, concerne il curriculum di fisica. Nonostante si siano presi in considerazione vari elementi del processo pedagogico, l'analisi si è concentrata in particolare su alcuni materiali che

costituiscono parte del curricolo, così come sui documenti di ricerca e *policy* più importanti per comprendere il caso italiano. Questi documenti, di ricerca e curricolari, ben si prestano a un'analisi di tipo filosofico e storico, attraverso una ricostruzione estesa nel tempo delle modifiche pedagogiche della fisica e un'interpretazione dei presupposti, delle finalità e delle scelte epistemologiche incorporate nel curricolo "scritto". Nonostante la natura educativa e "sociale" del problema preso in esame, e dunque la molteplicità di fattori in gioco (dagli insegnanti alle risorse economiche), l'approccio di questa ricerca si è rivolto allo stato del sapere insegnato, alle sue qualità, alle sue relazioni con l'istituzione scolastica e con il "contesto" pedagogico.

Dunque, altri problemi fondamentali, specialmente per il contesto italiano, come la formazione degli insegnanti, non sono stati affrontati direttamente. Sarà, casomai, possibile utilizzare quanto discusso da questa ricerca per meglio comprendere anche altri aspetti dell'insegnamento delle scienze, come il ruolo e la preparazione degli insegnanti, le risorse materiali, le nuove tecnologie, ecc.

L'approccio storico-filosofico non concerne solo il metodo di indagine e il tipo di materiali di ricerca utilizzati. All'interno dell'ampio panorama delle ricerche connesse all'educazione e alla didattica, si è individuato un filone di studi in cui le conoscenze storico-filosofiche sui saperi scientifici sono state impiegate a fini teorici e di sperimentazione.

Alcuni importanti movimenti di riforma dell'insegnamento delle scienze hanno discusso l'idea di una nuova alfabetizzazione scientifica, o *scientific literacy*: nozione complessa, riconducibile ad alcune importanti riforme curricolari anglosassoni, che solleva il problema delle finalità e della natura democratica o, al contrario, "elitaria" dell'istruzione scientifica. Entro questa nozione, o *slogan*, si racchiude una prospettiva valoriale e culturale sull'educazione scientifica, la quale vede il sapere scientifico come ingrediente fondamentale per la formazione di un *cittadino* e di una *persona*, insieme all'importanza della scienza nel sapere e nella storia odierna. Il sapere scientifico è eletto, dunque, a istanza fondamentale per l'educazione – *in primis* per quella scolastica – attraverso una problematica analogia con le tradizionali capacità di base del leggere, scrivere e contare.

Entro queste nuove idee sui fini e sui mezzi di una nuova educazione scientifica, si colloca il contributo delle ricerche sulla scienza (gli *Science Studies*) e sul pensiero scientifico (la storia e la filosofia della scienza) all'innovazione didattica e a un progetto culturale di rinnovamento della scienza nella scuola. Si tratta di temi – una nuova alfabetizzazione, da una parte, il contributo delle discipline storico-filosofiche, dall'altra – strettamente legati, specialmente alla luce delle istituzioni e dei gruppi accademici che ne hanno fatto un oggetto di ricerca e

una questione di interesse politico.

Uno dei capisaldi dell'innovazione pedagogica per le scienze, tematizzato da queste ricerche internazionali, è l'idea di un'educazione scientifica meno dogmatica o nozionistica e più disposta a far interagire le molteplici dimensioni del sapere scientifico al livello didattico. Tra queste, in particolare, quella storica e quella filosofica rivestono un ruolo non secondario, sia sul piano culturale dell'immagine della scienza e della sua rilevanza formativa, sia su quello strettamente cognitivo di supporto alla comprensione delle discipline scientifiche.

In tempi recenti, il contributo di discipline come la storia e la filosofia della scienza alla didattica è diventato, non a caso, un vero e proprio indirizzo di ricerca, connesso alle didattiche delle singole discipline scientifiche. Si cercherà di descrivere meglio il senso e le peculiarità di questo approccio e di esaminarne alcune esemplificazioni all'interno dei manuali di fisica.

Un approccio interdisciplinare e storico-filosofico può fornire una prospettiva particolare sulla fisica insegnata, specialmente alla luce delle ricerche che, nell'ultimo secolo, hanno affrontato i fondamenti dei saperi scientifici e la loro evoluzione storica. La fisica, da questo punto di vista, è un campo fondamentale, non solo per l'educazione scolastica, ma anche per la ricerca storico-filosofica e per quanto riguarda i più importanti progetti didattico-pedagogici.

L'interesse per un rinnovamento culturale situato al crocevia tra discipline scientifiche e umanistiche ben si presta, a nostro avviso, a un esame della fisica liceale, inserita in un canone culturale tipicamente interdisciplinare, nel caso del liceo scientifico, o più strettamente umanistico, nel liceo classico.

Scopo principale di questo lavoro è quello di confrontare criticamente alcuni approcci innovativi, come quello storico-filosofico e il progetto di una nuova *literacy*, con le peculiarità sistemiche e curriculari della fisica insegnata nei licei italiani. A tal fine è stata condotta un'analisi pedagogica di parte del curriculum di fisica, così come si è evoluto negli ultimi decenni attraverso il cambiamento dei programmi nazionali e dei manuali scolastici.

Preliminarmente allo studio del curriculum di fisica, si è cercato di fornire un quadro comparato "problematico" sulle questioni e sulle proposte discusse in sede internazionale, in particolare attraverso l'esame di alcuni documenti fondamentali sull'educazione scientifica.

Il confronto con la dimensione globale, ma soprattutto con il campo internazionale della ricerca educativa e delle riforme curriculari, ha rappresentato per questa ricerca il punto di partenza e, insieme, un problema a cui le conclusioni vogliono dare, in modo parziale, una risposta.

Nel campo degli studi educativi generali e sull'insegnamento delle scienze, è interessante un



confronto con ricerche, progetti e movimenti di provenienza anglosassone per diversi motivi: la *leadership* politica e accademica di questi paesi (ad esempio, USA e Regno Unito), la loro diversità culturale e politica, le loro differenze istituzionali con il caso italiano, la ricchezza di alcuni progetti curriculari, studi e prospettive sorti nei paesi di lingua inglese. Questo confronto intende evitare sia un'acritica accettazione di quanto emerge da questi contesti, sia un preventivo atteggiamento di ostilità e distanza verso culture e sistemi socio-educativi indubbiamente diversi.

E' nell'ambito di un più ampio confronto con le proposte emerse al livello internazionale, con le caratteristiche culturali ed educative dei sistemi scolastici e con le differenti declinazioni che il rapporto tra scuola e ricerca assume in vari contesti nazionali che diventa possibile comprendere più a fondo non solo le peculiarità del contesto italiano, ma anche le possibili strategie per l'innovazione, i punti di forza e le debolezze dello specifico caso in esame.

Nel primo capitolo si sono, perciò, affrontate le questioni più generali sull'educazione scientifica e su alcune proposte pedagogiche di innovazione dell'insegnamento, anche da un punto di vista comparativo. L'esame di due documenti internazionali, inseriti in una rete più vasta di ricerche e rapporti sull'insegnamento delle scienze, è servito a individuare i problemi "globali" della formazione scientifica e le diverse finalità assegnate alle scienze nella scuola. Attraverso diverse fonti e dati quantitativi, si sono discusse per il caso italiano le questioni che alimentano il dibattito internazionale ed europeo, o lo hanno occupato negli ultimi decenni. Queste riguardano: il problema delle vocazioni scientifiche e il rapporto tra educazione e carriere in campo tecnico-scientifico, le attitudini degli studenti verso le scienze, il cambiamento delle finalità delle scienze nella scuola.

E' emersa, innanzitutto, la difficoltà di avere un'immagine chiara delle evidenze a sostegno dell'allarmismo verso l'istruzione scientifica espresso in molti documenti ufficiali: molti dei problemi che sono posti alla base della ricerca e delle proposte pedagogiche di rinnovamento non sono facilmente estrapolabili dai dati disponibili per l'Italia. Sebbene sia possibile individuare alcune criticità sul rapporto tra scienza nella scuola e il ruolo sociale ed economico del sapere scientifico in Italia, molte affermazioni fatte in sede internazionale sembrano assumere anche un valore eminentemente retorico, spesso al fine di fornire sostegno e potere alla ricerca educativa e alle istituzioni coinvolte, o di un "controllo culturale" e politico sulla sempre più complessa e pervasiva dimensione della tecno-scienza nel mondo attuale.

In questo capitolo vengono evidenziate anche alcune specificità istituzionali, in particolare della scuola secondaria di secondo grado italiana, che rendono necessario ridiscutere a fondo i

temi delle ricerche educative internazionali. Verrà messo in relazione al sistema italiano il progetto pedagogico di una *literacy* scientifica non legata alle finalità vocazionali e pre-specialistiche, ma basata su una nuova idea di scienza, rilevante per il contesto storico attuale e culturalmente rielaborata a fini educativi.

Il secondo capitolo esamina alcune specificità del curriculum di fisica liceale. Ispirandosi allo schema di un curriculum definito a diversi livelli, utilizzato dalle indagini TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) della IEA, questo primo stadio dell'esame della fisica nella scuola italiana ricostruisce lo sviluppo storico dei programmi e dei quadri orari, sempre limitandosi al liceo scientifico e ad alcuni elementi di confronto con quello Classico. Sono prese in considerazione le riforme scolastiche che hanno coinvolto le scienze dei licei nell'ultimo trentennio, evidenziando in particolare i cambiamenti dei quadri orari, l'ammmodernamento dei programmi di studio, le finalità culturali e i legami interdisciplinari espressi dalle linee guida nazionali, nonché l'articolazione dell'insegnamento della fisica tra il biennio dell'obbligo e i trienni di percorsi formativi alternativi. Questa analisi del curriculum "programmato" ha messo in luce un primo livello di criticità per l'innovazione pedagogica elaborata dalla ricerca, sulla base delle caratteristiche contenutistiche e "sistemiche" del curriculum stesso. L'evoluzione dei programmi, inoltre, è servita a definire un quadro di riferimento per il successivo studio di un altro livello del curriculum, quello "potenzialmente attuato" rappresentato dai manuali di fisica.

Il terzo capitolo, attraverso la selezione di alcuni manuali liceali più diffusi e di alcuni esempi innovativi, sviluppa l'analisi storico-pedagogica del curriculum esaminando le scelte didattiche e gli approcci degli autori dei testi. Si sono esaminati alcuni testi dal punto di vista generale dell'approccio utilizzato e della scansione dei contenuti, confrontando lo sviluppo storico di uno stesso manuale, o le differenze, sul piano "sincronico", tra autori e testi diversi.

Verranno messe in evidenza, sia alcune peculiarità curriculari e disciplinari della fisica liceale, sia l'importanza di fattori che intercorrono, tra il testo e il programma, nella definizione delle scelte culturali degli autori, così come nei tempi e nei modi di evoluzione dei manuali di fisica. Di importanza fondamentale, anche nel caso dei manuali, dal punto di vista delle innovazioni pedagogiche descritte nel capitolo I, sono le caratteristiche della fisica del biennio, che coincide con la fine dell'obbligo scolastico e dovrebbe rappresentare il livello di completamento di un'educazione scientifica di base e trasversale; a ciò si aggiunge un esame complementare delle somiglianze tra manuali per licei alternativi, come il Classico e lo Scientifico, in cui si identificano orientamenti diversi verso il sapere scientifico.

Dopo aver ricostruito le caratteristiche pedagogiche complessive dei manuali è stato possibile

analizzare in maniera più dettagliata l'impatto dei problemi globali dell'educazione scientifica sul curriculum di fisica. L'ultimo capitolo esamina lo sviluppo di particolari strumenti testuali, in relazione al problema della "rilevanza" delle scienze per gli studenti e dei cambiamenti delle finalità dell'insegnamento della fisica. Vengono esaminate quelle risorse testuali che possono essere messe in relazione con il problema dell'attitudine verso le scienze, discusso nel capitolo I, e quei riferimenti interdisciplinari a cui i programmi più recenti fanno riferimento.

Una parte consistente del quarto capitolo mira, inoltre, a ricostruire le matrici storiche e pedagogiche dell'approccio storico-filosofico all'innovazione didattica e a discuterne le caratteristiche attraverso l'analisi di alcuni lavori di ricerca. Tale prospettiva racchiude i diversi problemi affrontati da questa ricerca: le finalità dell'alfabetizzazione scientifica, i problemi e le caratteristiche di alcuni curricula innovativi, il rapporto della scuola con la ricerca e con l'evoluzione del sapere.

Si è così potuto completare l'esame pedagogico dei manuali attraverso la selezione e la discussione di alcuni esempi di utilizzo di riferimenti storici e filosofici, per avere un'immagine del tipo di cultura scientifica e delle conoscenze elaborati per la scienza nella scuola.

Questo ampio esame dell'approccio *HPS (History and Philosophy of Science)* aggiunge ulteriori elementi per comprendere le possibilità di innovazione pedagogica, in senso culturale e interdisciplinare, della fisica nella scuola, insieme agli ostacoli e alle diversità che impongono un confronto maggiormente critico della scena italiana con la ricchezza di proposte e ricerche del contesto internazionale.

## Capitolo 1

### RICERCA E INNOVAZIONE DELL'EDUCAZIONE SCIENTIFICA: ALCUNE PROSPETTIVE INTERNAZIONALI

#### 1.1. *Analisi dei rapporti internazionali: UNESCO e Nuffield a livello mondiale ed europeo*

Per avere un quadro significativo delle ricerche e delle problematiche discusse a livello internazionale, in merito alla didattica delle scienze e alla più generale questione della formazione/educazione scientifica, è opportuno analizzare alcuni dei *report* più importanti prodotti nella prima decade del ventunesimo secolo. Il fine di questo esame è quello di mettere in luce alcuni *trend* comuni e alcune criticità del contesto italiano riguardo all'insegnamento delle scienze e all'innovazione didattica.

In particolare, i temi e le proposte che emergono dal dibattito e dalla ricerca a livello internazionale costituiranno un quadro complessivo e comparato tramite cui orientare un'analisi del caso italiano e, in particolare, lo studio della fisica insegnata in questo sistema scolastico.

Tre aspetti fanno parte del discorso e delle argomentazioni di molti rapporti sull'insegnamento delle scienze; alla luce di questi si è sviluppata la presente ricognizione.

- Aspetti retorici: affermazioni e argomenti ricorrenti nelle ricerche e nei dibattiti sull'educazione scientifica, che hanno un ruolo quasi retorico, funzionale e ideologico all'interno del discorso e che incorporano parte delle categorie culturalmente o politicamente segnate utilizzate nello studio dei problemi educativi a livello internazionale e comparato.

- Dati: il ricorso ai dati per sostenere raccomandazioni di *policy*, così come specifici orientamenti educativi e culturali. Non tanto la validità dei dati è in discussione, quanto la pertinenza per i problemi in esame e il loro carattere probante.

- Raccomandazioni politiche: spesso i programmi e le ricerche educative si mantengono su un livello di generalità e genericità che è destinato a fare i conti con la realtà articolata e complessa delle istituzioni educative e degli attori che partecipano al funzionamento e al rinnovamento dell'educazione scolastica.

La scelta dei documenti si è basata su diverse motivazioni. Innanzitutto, le istituzioni non accademiche che hanno ideato questi rapporti rappresentano dei soggetti piuttosto importanti nel campo dei problemi educativi, delle questioni di *policy* legate a sviluppo, cultura e sistemi d'istruzione. L'UNESCO svolge tale funzione promotrice e culturale a livello mondiale e nel

corso degli ultimi decenni si è fortemente impegnata nelle questioni di intreccio tra scienza, tecnologia ed educazione.<sup>1</sup> La Fondazione Nuffield, sorta nel 1943, rappresenta uno dei soggetti privati di maggiore spicco in Europa, nel campo dei curricula scientifici, della cultura scientifica e della formazione. La fervente attività della Fondazione è stata molto produttiva nel campo dei curricula di scienze, con molte iniziative nel campo di testi scolastici innovativi, soprattutto nella stagione “mitica” della *Science Education* degli anni Sessanta/Settanta e, tuttora, con una variegata offerta di materiali, anche attraverso le risorse sviluppate sulla rete internet. Principalmente, le attività della Fondazione Nuffield sorgono e si sviluppano in Gran Bretagna, ma molti dei vecchi curricula hanno avuto una notevole diffusione tra i paesi occidentali e, oggi, non mancano iniziative in quelli economicamente più deboli.

Queste istituzioni mostrano un interessante intreccio con le università e la ricerca accademica. Proprio per tale motivo, ci è sembrato che i documenti scelti rappresentino l’espressione di diverse prospettive e iniziative nel campo dell’educazione scientifica, di crocevia tra ricerche internazionali sui sistemi educativi, sperimentazioni locali, interessi governativi e finanziamenti filantropici: la geografia politica dell’educazione scientifica. I soggetti promotori dei *report* in questione, gli studiosi partecipanti, alcune associazioni professionali e disciplinari, insieme ad alcuni centri di ricerca universitari rappresentano una rete dominante nella definizione dei problemi e nella diffusione di documenti di *policy* nel campo che qui ci interessa.

La forma testuale di questi rapporti è quella tipicamente assunta da questo tipo di documenti, dove elementi politici, di valore e di prassi sono intessuti con osservazioni e più ampie analisi scientifiche. La consapevolezza di questi intrecci è necessaria per fare chiarezza sulle reali criticità e sullo statuto delle “evidenze”, specialmente per quel che riguarda uno specifico contesto nazionale come quello italiano.

Un ultimo punto di interesse, ma forse più importante, è la provenienza culturale e accademica degli studiosi che hanno lavorato alla stesura di questi documenti; si tratta di alcuni importanti ricercatori e professori nel campo, tipicamente anglosassone, della *Science Education*, che si occupa di didattica delle scienze e dei problemi dell’istruzione (scolastica) e della formazione scientifica. In particolare questi studiosi (Fensham, Osborne, Millar, Sjoberg, Jenkins, ecc.), rappresentanti eminenti di una pervasiva rete internazionale di soggetti coinvolti nella ricerca sull’educazione scientifica<sup>2</sup>, hanno operato su alcune tematiche comuni di cui

---

<sup>1</sup> Tra le tante pubblicazioni, fin dagli anni Sessanta, segnaliamo UNESCO (2000).

<sup>2</sup> Si farà riferimento qui a parte di questa rete, in particolare a quella coinvolta nella stesura dei documenti analizzati, che rappresenta bene il legame delle università con le organizzazioni e i relativi progetti internazionali più importanti per l’educazione scientifica come, appunto, l’UNESCO, le valutazioni PISA dell’OCSE e TIMSS dell’IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*), il progetto ROSE e altre

questo lavoro intende studiare la declinazione, la percezione, il valore e le criticità nel contesto della scuola secondaria (di secondo grado) italiana. Un paradigma comune a questi studiosi, seppur con posizioni critiche, correzioni e distinzioni varie, così come per molta ricerca sull'educazione scientifica e, in modo speciale, per organizzazioni come l'UNESCO, è il programma di una “*science for all*”. Sorto in seno alla promozione negli anni Ottanta di una scienza “per il pubblico” e per il “cittadino”, tale slogan va declinato nella sua veste pedagogica concernente la nozione di *scientific literacy*. Questo programma politico e di ricerca va inserito nel contesto di molti altri studi sull'insegnamento-apprendimento delle scienze che hanno dato forma a quel panorama di teorie e concetti che negli ultimi decenni popola anche i programmi di scienze della formazione e di pedagogia in Italia: dal costruttivismo, all'apprendimento basato sulla ricerca, dalle nuove tecnologie didattiche alle teorie del curriculum.

Ci interesserà quindi, in modo particolare, vedere come l'analisi dei problemi dell'educazione scientifica a livello generale (nel mondo e in Europa) sia attraversata da idee, teorie ed esperienze basate sul concetto di *scientific literacy* e su ideali progressisti (e progressivi, in termini pedagogici classici) e “democratici” concernenti la cultura scientifica. All'interno di questo ambizioso programma, si inserisce anche un filone specifico di studi che vede nella storia e nella filosofia della scienza – più in generale negli *Science Studies* – anche alcune possibilità e strumenti per realizzare quei propositi più generali.

Nei particolari documenti scelti, la relazione tra questi studi e le raccomandazioni politiche è fortemente intrecciata e questo, riteniamo, è un punto degno di interesse, per quanto implichi un problema di fondo che riguarda il più generale rapporto, nell'educazione, tra teorie e pratiche, tra affermazioni descrittive, esplicative e normative, o di valore.

La ricezione, diffusione ed elaborazione di questo panorama di studi e posizioni, che informa i due rapporti che ci accingiamo a esaminare in modo selettivo, è nello scenario politico, “mediatico” e accademico italiano, controversa, discussa e problematica. Tale tesi farà da sfondo a questo studio che si promette al contempo, in modo non esaustivo, di discuterla e chiarirla al fine di comprendere vincoli e possibilità per la scienza scolastica italiana.

Una selezione di argomentazioni e di temi da questi *report* servirà a individuare, riassumere e analizzare le problematiche ricorrenti nel campo dell'educazione scientifica, fornendo insieme

---

rilevanti iniziative europee, alle cui commissioni scientifiche alcuni di questi studiosi hanno partecipato. Notevole è il ruolo di alcuni centri di ricerca educativa inglesi in questa parte della comunità accademica; su certi aspetti riguardanti il *curriculum* e le tematiche del costruttivismo spiccano le università di York e Leeds, da cui provengono Millar e Jenkins, quest'ultimo studioso critico del costruttivismo e della scienza scolastica; il primo, come si vedrà, è a capo dell'ennesima impresa della Nuffield *Foundation* sui curricoli scientifici.

un'occasione di confronto del contesto italiano con il *background* teorico e socio-culturale di queste ricerche internazionali.

Nel presente capitolo si cercherà di fare il punto sulla situazione italiana per quanto riguarda i problemi discussi dai *report*, lasciando gli aspetti strettamente curricolari e pedagogici per la trattazione successiva.

## 1.2. UNESCO: “*Science Education Policy-Making: Eleven Emerging Issues*”. *Le ragioni di una nuova educazione scientifica*

Cominciando dal livello più generale e comprensivo, ovvero quello mondiale, mettiamo a fuoco alcuni dei punti sollevati da un *report* dell'UNESCO del 2008 (Fensham, 2008). Dal prestigio dell'UNESCO e del curatore di questo documento si deduce l'importanza di tale documento a livello culturale, politico e accademico; decenni di ricerche ed esperienze, inoltre, informano le riflessioni maturate nell'incontro da cui è sorto il testo stesso.<sup>3</sup>

Nel preambolo iniziale, il *report* espone le principali finalità e i ricorrenti propositi di un'educazione scientifica generalizzata, di qualità e rinnovata. Questi rappresentano schematicamente – dal nostro punto di vista – i tre principali *leitmotiv* retorici e filosofici a sostegno del concetto di alfabetizzazione scientifica e di una scienza per tutti per il XXI secolo, e si basano contemporaneamente su diverse declinazioni della nozione stessa di *scientific literacy*.

Riassumendo le tre diverse argomentazioni, che percorrono pressoché tutti gli studi pedagogici e programmatici su questo tema, si possono delineare le seguenti principali tesi.

- Economica: un'educazione scientifica di qualità e generalizzata è funzionale e vitale per l'economia della conoscenza, per le nuove dinamiche produttive e lavorative del sistema economico.

Nelle parole usate da Fensham:

[The] first imperative concerns the] careers in all those professional fields that directly involve science and technology. A sufficient supply of these professionals is vital to the economy of all countries and to the health of their citizens. In the 21<sup>st</sup> century they are recognized everywhere as key players in ensuring that industrial and economic development occurs in a socially and environmentally sustainable way. *In many countries this supply is now falling seriously short and urgently*

---

<sup>3</sup> La dichiarazione di Perth sull'educazione scientifico-tecnologica ha origine in Australia, con il supporto dello *Australian Science Teachers Association* e dell'*International Council of Associations for Science Education*, ed è una conferenza del 2007 a cui hanno partecipato circa mille insegnanti e studiosi di cinquanta nazioni. L'UNESCO si è presa carico di compilare un documento sulle considerazioni sollevate e sulle proposte di questo incontro, affidando la stesura degli “undici punti” a Peter Fensham, accademico australiano impegnato sul fronte dell'educazione scientifica a vari livelli. Oggi professore emerito nell'ambito della *Science Education* in Australia, all'università di Monash, Fensham fu il primo presidente dell'associazione australiana di insegnanti di scienze nel 1971. Ha collaborato ai gruppi di lavoro per le scienze delle valutazioni PISA e TIMSS. In ambito internazionale è riconosciuto anche per varie pubblicazioni, tra cui un'interessante ricerca sullo stesso statuto disciplinare e accademico della *Science Education* (Fensham, 2004a).

*needs to be addressed* (Fensham, 2008: 4).

Tale argomentazione è caratteristica del discorso contemporaneo sull'innovazione dell'insegnamento scientifico e sul peso economico della formazione in questo campo. Ci sono, tuttavia, una serie di assunzioni, da discernere e individuare, riguardo al ruolo della scienza e alla sua posizione nell'economia globale e nella società.

Da una parte l'affermazione è quasi lapalissiana: l'offerta di professionisti nel campo scientifico-tecnologico è sicuramente vitale per il sistema economico degli ultimi decenni, così come evidente è il ruolo preponderante che tecnologie e conoscenze hanno assunto nello sviluppo e nell'innovazione socio-economica. Meno scontato sarebbe asserire che l'educazione scientifica scolastica è in grado di contribuire direttamente allo sviluppo di queste capacità e di questi profili, soprattutto senza specificare – si pensa al caso italiano che qui ci interessa – il livello formativo in esame.

D'altra parte, l'affermazione “economicista” fa appello a un dato che molte economie occidentali sembrano condividere, ovvero la carenza di figure professionali nel settore “Scienza e Tecnologia” (S&T), che in sostanza e in prima istanza possiamo vedere come la consistente diminuzione di iscritti universitari e laureati nelle discipline tecnico-scientifiche. Su questo punto, non solo andrebbero fatte opportune distinzioni, ma non mancano neanche pareri critici nei confronti di chi, da questo dato, pretende di trarre direttamente conclusioni e imperativi per l'educazione scolastica.

La finalità economica possiede quindi un'ambivalenza di fondo, tra verità evidente e assunzione problematica e ambigua che mette in relazione diretta l'educazione, ma forse dovremmo parlare di istruzione scientifica, e il volano delle economie moderne.

E' indubbio però che la preparazione scientifica di livello superiore rivesta un ruolo molto importante nell'attuale contesto socio-economico; si deve ammettere che l'istruzione scientifica scolastica abbia un qualche ruolo per la formazione universitaria di queste figure, ma vanno ben chiariti alcuni punti:

- i dati su questa carenza e sulle carriere scientifiche, in particolare nel contesto italiano e europeo;
- il legame di queste dinamiche inerenti alla formazione e alle professioni con l'educazione scolastica;
- il tipo di formazione scientifica e livello scolastico coinvolti in questo problema.



Cercheremo di chiarire, in parte, questi punti nella discussione dei dati sull'Italia, nel corso di questo capitolo.

- Civica: si tratta di un'altra argomentazione ricorrente – derivante dal movimento del *Public Understanding of Science*, sorto in Inghilterra negli anni Ottanta – la quale afferma:

[the] potential that science and technology increasingly offers, involves societies in ways that can often interact strongly, with traditional values, and hence, making decisions about them involve major moral decisions. All students need to be prepared through their science and technology education to be able to participate actively as persons and as responsible citizens in these essential and exciting possibilities. *This goal is far from being generally achieved at present, but pathways to it are now more clearly understood* (Fensham, 2008: 4).

Anche questa è una di quelle affermazioni dalla funzione retorica nel campo della formazione scientifica e presenta una simile ambivalenza: da un lato, è evidente e indiscutibile che molte decisioni pubbliche e individuali devono oggi fare i conti con questioni scientifico-tecnologiche; è problematico, però, addossare all'educazione degli studenti la capacità di rispondere a queste istanze etico-politiche, considerando che le decisioni e i problemi scientifici di maggior rilievo sociale hanno un grado di incertezza e complessità che divide la stessa comunità degli esperti e che, al contempo, superano di gran lunga le possibilità e i contenuti dell'educazione scientifica scolastica (ancora, andrebbero fatte opportune distinzioni). Stranamente, lo stesso Fensham, tra i tanti, aveva ben presente questo problema in un altro lavoro, dove scriveva: «[t]he democratic assumption is built on the thought that societies will be more orderly, or somehow more rationally responsive, to socio-scientific issues if more citizens understand the science involved». Questa richiesta alla scienza scolastica rivelerebbe solo «[the] ignorance of the complexity of the science that is usually involved in such issues, and a quite unrealistic hope that the level of science (even in the best of schooling) could achieve such critical competence» (Fensham, 2004b: 11).

Non è ai contenuti, evidentemente, che si pensa quando si attribuisce alla scienza scolastica la capacità – la responsabilità – di rispondere alle pressanti esigenze civiche che coinvolgono temi scientifici. Quest'ultimo punto è da tener presente per la discussione delle implicazioni concrete per la prassi didattica di questo *mix* di raccomandazioni politiche e affermazioni fattuali. In effetti, questa tendenza alla de-concettualizzazione, come l'ha chiamata in un contesto lievemente differente Lucio Russo (1998)<sup>4</sup>, dell'insegnamento e dell'educazione scolastica è un tratto comune a molti approcci all'innovazione didattica e a diverse teorie pedagogiche. Si tratta, in sostanza, dell'insistenza su forme di apprendimento attivo, cooperativo, incentrate

---

<sup>4</sup> Il testo di Russo, piuttosto influente in Italia, è uno dei manifesti dell'anti-pedagogia, o meglio della critica alla ricerca educativa soprattutto di stampo progressista, e rappresenta bene quella parte della cultura italiana avversa a molti orientamenti che informano i documenti e gli autori in esame.

sullo studente e meno legate alla sola trasmissione di contenuti; questi diversi approcci fanno parte di un orientamento pedagogico volto in particolare alla promozione dei processi intellettuali e delle competenze, con un atteggiamento debole, o ambiguo, verso le conoscenze e le discipline tradizionalmente intese. Dobbiamo notare l'origine americana e anglosassone di queste tendenze metodologiche della pedagogia che sono state recepite e rielaborate in Italia nel quadro di un'istruzione scolastica che è invece fortemente legata, a differenza ad esempio degli Stati Uniti, a programmi pre-fissati e sviluppati secondo la "quantità" dei contenuti e delle nozioni da apprendere, in maniera puntuale e "accademica".

L'introduzione di tematiche controverse, di metodi basati sulla discussione di questioni attuali o di rilevanza non solo strettamente scientifica, insomma il cosiddetto filone *STS*<sup>5</sup> di innovazione della didattica delle scienze, può effettivamente incontrare questo rischio di impoverire la formazione scientifica, mentre cerca di renderla più utile, attuale e rilevante, affrontando però, con i più svariati metodi didattici, temi e problemi ambiziosi, mal definiti (per la stessa comunità scientifica) e che presupporrebbero un retaggio di conoscenze e competenze troppo esteso. Lo stesso Fensham ha parlato della prospettiva *STS* come ormai datata e sorpassata sul finire degli anni Ottanta; egli esemplifica questo approccio come basato su "*concepts in context*", ovvero ponendo al centro dell'educazione scientifica gli ambiti della vita quotidiana e sociale: «Communication, Sport, Clothing, Drinking, and Driving, the topics to be studied by means of the set of science, technological, and socio-scientific concepts that were relevant, together with methods for the scientific investigation of aspects of the topic» (Fensham, 2004b: 8). In questo senso parliamo di de-concettualizzazione: fondare l'insegnamento su tematiche extra-disciplinari privando la disciplina della sua intrinseca struttura tematica e concettuale, riducendola a strumento per analizzare argomenti di varia natura, che certo si possono prestare all'esercizio di una comprensione scientifica, ma che non costituiscono il nucleo fondamentale dei problemi e dei concetti della disciplina stessa.

A proposito di questo rischio della de-concettualizzazione – su cui si dovrà tornare nel prosieguo di questo lavoro – il "terzo imperativo" individuato alle conferenze di Perth riguarda le tecnologie digitali, altro nodo cruciale dell'attuale contesto sociale ed educativo, denso di speranze, retorica e criticità. In merito a questo, si raccomanda lo sviluppo di un insieme di "competenze generali/generiche", oltre che disciplinari, notando come questo sia in contrasto

---

<sup>5</sup> *Science, technology and society*: altro segmento importante della ricerca sull'innovazione pedagogica nelle scienze, con ormai una storia pluridecennale, alimentato dal fiorire di studi sulla scienza e, in particolare, da quelli di taglio sociologico ed etnografico. Maggiormente rappresentativi sono i lavori del canadese Glen S. Aikenhead (1997, 2005a). L'americano Jon D. Miller rappresenta invece uno dei principali studiosi del *Public Understanding of Science* a livello scolastico (Miller, 1998, 2007).

con l'attuale tendenza a valutare positivamente solo la dimensione del bagaglio di conoscenze possedute in un certo ambito disciplinare (Fensham, 2008: 5).

E' necessario quindi capire il rapporto dell' imperativo "civico", e di alcune pedagogie alternative, con la didattica concreta delle discipline scientifiche e l'effetto di tali presupposti su contenuti e metodi dei tradizionali programmi di scienze.

- Culturale: il *report* discute, in aggiunta ai tre pressanti imperativi – economico, civico e tecnologico/comunicativo – un ulteriore obiettivo dell'insegnamento delle scienze, che prescinde dalle precedenti esigenze storicamente situate, e che concerne la promozione della scienza come cultura, come impresa umana e storica che nobilita l'educazione e di cui tutti hanno il diritto di saggiare il valore e la portata. Secondo chi ha contribuito alla stesura delle "undici questioni" dell'UNESCO, questo fondamentale fine educativo, insieme alle esigenze sociali elencate, renderebbe urgenti e necessarie le iniziative politiche e innovative nel campo dell'educazione scientifica.

Le due tesi precedenti, di natura socio-economica, incorporano una serie di problemi, aporie e ottimistiche assunzioni che esulano, inoltre, dal solo sapere scolastico. La dimensione formativa e culturale della scienza nella scuola fa appello, invece, a criteri e giudizi perlopiù pedagogici che, seppur non privi di ostacoli, si basano sul solo movente di insegnare le scienze e il loro posto nella storia e "nella mente umana" a tutti gli studenti, in modo diffuso e inclusivo, a prescindere dalla crisi delle vocazioni e dai dibattiti pubblici sulle questioni scientifiche. E' inoltre questo piano quello che solleva interessanti questioni e dinamiche del sistema scolastico italiano dove molto si è discusso su riforme e innovazioni, ma poco si è inciso sul canone dei saperi e della cultura che sta a fondamento dell'educazione. Questa è stata in parte una linea di rinnovamento delle scienze scolastiche che, almeno nell'educazione di base, ha contribuito a costruire la cultura impartita nelle scuole sul fronte delle discipline scientifiche. D'altra parte, la dimensione culturale delle scienze scolastiche è stata sempre in posizione più debole nel quadro dei saperi insegnati.

Alcune prospettive di ricerca e innovazione pedagogica hanno formulato idee e strategie per presentare una scienza meno asettica e per sviluppare, al livello didattico, non solo il piano dei contenuti e del metodo delle discipline scientifiche, ma anche la relazione di quest'ultime con quelle umanistiche: un modo – caratteristico dell'educazione scolastica – di declinare la portata culturale della scienza.

Tra gli stessi autori dei documenti in esame, molti hanno fatto riferimento ad alcuni di questi approcci di ricerca. La principale prospettiva per costruire una dimensione culturale e "umani-

stica” nella didattica delle scienze è rappresentata, ad esempio, dal possibile contributo della storia e della filosofia della scienza all’insegnamento; più in generale, sono state messe in luce le varie componenti dell’impresa scientifica, anche in merito al loro possibile significato e uso didattico: la storia del pensiero scientifico, le sue implicazioni filosofiche, la sua dimensione sociale e umana, il suo significato conoscitivo più generale, insomma le relazioni del sapere “positivo” con altri ambiti culturali e disciplinari.

I contributi alla ricerca e all’innovazione didattica basati su queste premesse presentano numerose articolazioni e possibilità di implementazione: dall’elaborazione di particolari materiali didattici, tra cui i libri di testo, a specifici programmi di formazione degli insegnanti, da nuovi curricula e direttive di politica educativa, a vari progetti interdisciplinari di coordinamento delle materie scolastiche.

Trattandosi di uno degli approcci che ha coinvolto diversi studiosi coinvolti nel campo internazionale delle ricerche sull’educazione scientifica, vanno meglio individuate le sue matrici culturali e didattiche. Inoltre, il peso delle conoscenze storiche e filosofiche sarà, nel prosieguo di questa ricerca, il metro per valutare la consistenza della dimensione culturale nella didattica delle scienze, della fisica in particolare. In particolare, i materiali curriculari della fisica possono essere indagati per comprendere la diffusione e solidità di questa premessa pedagogica nella scuola italiana a livello secondario. Il tipo di cultura e di conoscenze sviluppate nell’insegnamento delle scienze in Italia, limitandosi sempre alla scuola secondaria di secondo grado (o “superiore”), permette anche di valutare il peso relativo di questi tre imperativi che la ricerca ha definito e tramite cui il documento dell’UNESCO rappresenta l’attuale scenario dell’educazione scientifica.

### *1.2.1. Il problema culturale e il ruolo delle discipline storico-filosofiche nella didattica delle scienze*

Prima di esaminare le tematiche toccate direttamente da Fensham nel documento UNESCO, è bene, quindi, fornire un quadro degli studi che hanno approfondito il valore e la portata culturale della scienza, resi espliciti e articolati a livello didattico tramite opportuni accorgimenti e strumenti curriculari.

L’idea che le discipline umanistiche, innanzitutto gli studi di storia e filosofia, possano contribuire a migliorare la didattica delle scienze è emersa in tempi diversi, in vari contesti culturali e disciplinari. Avanzata anche da uomini di scienza, educatori e dagli stessi storici della scienza, questa idea ha accompagnato anche alcuni dei più importanti dibattiti intellettuali dell’ultimo secolo, tra cui sicuramente quello sulle due culture – con C. P. Snow, ma anche

nel contesto italiano del primo Novecento con Federigo Enriques – e quello sul carattere liberale/vocazionale dell’educazione, specialmente nei paesi anglofoni.

Come ben noto, già a cavallo tra Ottocento e Novecento e nei primi decenni del XX secolo diversi illustri storici e uomini di scienza avevano individuato le potenzialità pedagogiche e conoscitive della storia della scienza.<sup>6</sup> Mach e Duhem su tutti, da grandi storici-filosofi della scienza quali erano, assegnavano alla storia un ruolo chiave nella formazione di una profonda mentalità scientifica: tra i primi a mettere in discussione alcuni miti positivisti sulla scienza, come l’immutabilità delle conoscenze e l’idea di un rapporto “ingenuo” tra teoria ed esperienza, essi concepivano infatti l’impresa scientifica come un’evoluzione continua delle conoscenze, sottoposta alla rivedibilità di principi e teorie. Essi ritenevano, pertanto, che solo la storia della scienza consentisse di ottenere una tale consapevolezza e la capacità di compiere quella che Duhem chiamava “un’analisi logica” dei concetti scientifici.

Tale mirabile prospettiva culturale e filosofica veniva promossa – va notato – proprio dai due grandi uomini di scienza che in gran parte fallirono nell’accettare gli sviluppi della rivoluzionaria fisica del XX secolo.

E’ interessante notare le disparate finalità pedagogiche che sono state assegnate a questo tipo di cambiamento culturale nell’insegnamento scientifico.

Mach, ad esempio, considerava la visione storica d’insieme della fisica un elemento chiave per la formazione di una mentalità scientifica critica e moderna e, quindi, il suo lavoro storico sulla meccanica poteva essere di aiuto proprio per l’educazione dei futuri scienziati.

Chi conosce l’intero corso dello svolgimento della scienza valuterà l’importanza di un qualsiasi movimento scientifico odierno in modo molto più libero e corretto di quanto possa fare colui che, limitato nel suo giudizio al periodo di tempo che egli stesso ha vissuto, vede solo la direzione che la scienza ha preso momentaneamente (Mach, 1977: 40).

Quando Mach scriveva la prefazione alla terza edizione della sua opera sulla meccanica, in Italia, G. Vailati scriveva in un saggio su “L’importanza delle ricerche relative alla Storia delle Scienze” (1897):

A nessuno che abbia avuto occasione di trattare in iscuola, davanti a dei giovani, qualunque soggetto che si riferisca alle parti astratte e teoriche della matematica, può essere sfuggito il rapido cambiamento di tono che subisce l’attenzione e l’interessamento degli studenti ogni qualvolta l’esposizione [...] lascia luogo a delle considerazioni d’indole storica [...]. Utilizzarlo intelligentemente vuol dire rendere l’insegnamento più proficuo e nello stesso tempo più gradevole, più efficace e insieme più attraente (Vailati, 1987: 10).

Questo confronto serve a illuminare la molteplicità di obiettivi pedagogici che si possono assegnare a un certo strumento didattico o a un particolare cambiamento delle strategie

---

<sup>6</sup> Per un breve *excursus*: Ianniello, Tarsitani (1983), Dibattista (2004: 10-44).

d'insegnamento. Mach era convinto che la storia della fisica giovasse alle menti scientifiche che avrebbero lavorato per la scienza del presente e del futuro. Insieme a Duhem, egli vedeva nell'analisi storica il campo in cui acquisire lo spirito critico e logico di analisi dei concetti e delle assunzioni filosofico-epistemologiche che insorgono e tramontano nell'evoluzione della scienza. Quella che osservava Vailati (che avrebbe poi impiegato la sua carriera nell'insegnamento scolastico e che era impegnato nella promozione della cultura scientifica in Italia), invece, era un'altra virtù della narrazione storica, molto meno ambiziosa ma forse ancora più determinante: lo stimolo motivazionale e psicologico per l'apprendimento della scienza. Vedremo come questo tema sia tutt'oggi centrale nella didattica delle scienze. La capacità di suscitare l'interesse e di aggirare alcune difficoltà di comunicazione è una risorsa necessaria che molti programmi di innovazione e di intervento sull'educazione scientifica devono tenere in considerazione se non vogliono vedere crollare i buoni propositi e dei grandi progetti curriculari davanti al disinteresse e alla disaffezione degli studenti. Questo aspetto riguardante la motivazione è in qualche modo determinante e in questo senso la storia diventa quasi una capacità narrativa, un *escamotage* comunicativo, qualcosa in apparenza diverso dallo strumento epistemologico e cognitivo ben noto a Mach e Duhem.

Il panorama degli antecedenti dell'approccio che oggi viene chiamato *HPS* (*History and Philosophy of Science*) all'innovazione didattica sarebbe molto più esteso, ma queste brevi note permettono già di delineare gli interrogativi che l'innovazione pedagogica in questione deve affrontare. A chi è rivolta questo tipo di educazione scientifica? Servirà per formare nuovi scienziati o per dare alla cultura scientifica un ruolo stabile e diffuso nell'educazione scolastica democratica e di natura non-vocazionale?

In secondo luogo, quali aspetti epistemologici e pedagogici la storia e la filosofia della scienza toccano nell'insegnamento delle scienze: la comprensione stessa dei concetti, la consapevolezza di come questi si formano o si disfano, l'atteggiamento psicologico e mentale degli studenti verso la cultura e il sapere scientifici, la natura di quest'ultimi e la loro complessità? In sintesi, l'approccio *HPS* dispiega un insieme di finalità e intenti formativi che si possono racchiudere nel tipo di educazione (vocazionale, "liberale", generale,...) e nel livello psico-pedagogico (cognitivo, meta-cognitivo, motivazionale,...) a cui vogliono riferirsi, talvolta secondo scelte che non sono mutuamente esclusive. E' in questo quadro complesso di finalità e piani d'intervento che va inserita l'implementazione di innovazioni pedagogiche basate sull'approccio *HPS*; è questa eterogeneità dei suoi fini e dei mezzi che rende difficile compiere una valutazione complessiva della sua bontà e coordinare le diverse ragioni psicopedagogiche che lo sostengono.

Sebbene Mach, Duhem e altri pensatori del passato siano da annoverare tra i precursori dell'attuale area di ricerca basata sull'uso e sull'esplorazione delle discipline filosofiche e storiche nell'innovazione didattica, l'emergere di un vero e proprio settore accademico, che si riconosce in una comunità più omogenea di studiosi e approcci di ricerca, risale all'incirca agli anni Sessanta e Settanta.

Il caso paradigmatico e la sperimentazione più importante per l'istituzionalizzarsi di questo approccio sono legati a Gerald Holton e alle vicende del *Progetto di Fisica* di Harvard, i cui materiali uscirono per la prima volta negli Usa nel 1970. Nel periodo di istituzionalizzazione accademica della storia della scienza come disciplina, dopo che il rettore di Harvard – James Bryant Conant – l'aveva promossa come mezzo per impartire una visione scientifica agli studenti del *college* e nei cosiddetti corsi di *General Education*, Holton e altri intrapreso un progetto di elaborazione di materiali didattici basati sull'idea generale che informa l'approccio *HPS*. Si vedrà meglio come questa impresa sia nata all'interno del riformismo curricolare americano, in un periodo di grande attenzione al sapere scientifico e all'educazione scolastica negli Stati Uniti.

Nelle sue riflessioni e in un primo bilancio sul corso di fisica – ideato insieme a James Rutherford e Fletcher Watson (entrambi studiosi di scienza ed educazione scientifica, il primo era originariamente un insegnante di *high school*, il secondo era di formazione un astronomo ma lavorava alla *Graduate School of Education* di Harvard) – Holton affermava che «con un approccio di questo genere si ottiene non una fila di perle separate, tutte all'interno di un certo campo, ma un reticolo di collegamenti tra vari campi. E questo mi sembra lo scopo dell'educazione, in contrasto con quello del puro addestramento» (Holton, 1976: 340).

E' importante sottolineare la comprensione “a largo raggio” della scienza e le virtù interdisciplinari che Holton assegnava ai meriti/metodi del *Project Physics Course (PPC)*, promuovendo la funzione educativa della cultura scientifica, della storia della fisica in particolare, rispetto all'addestramento e all'istruzione disciplinare di vecchio stampo o di certi approcci curriculari. A dispetto dell'allarme americano (nella cosiddetta *Sputnik Era*) rispetto alle carriere scientifiche e al ruolo della scienza per il benessere sociale e per il successo politico della nazione, la filosofia del *PPC* era fondata sull'ideale di una “*science for all*”; in parole povere, il progetto mirava a diffondere l'educazione scientifica e una conoscenza di base della fisica agli studenti privi di vocazioni scientifiche (l'opposto di Mach), rivolti ad altre professioni e ad altri campi accademici. Analogamente l'altro grande “precursore” – Conant – aveva pensato fosse importante far conoscere la scienza e la sua storia ai futuri

politici, avvocati e giornalisti, insomma a quegli studenti non orientati alle carriere scientifiche, che frequentavano i corsi di *general education* e per cui furono ideati i primi “casi di studio” storici sulla scienza e sul suo funzionamento.

Come ben noto, la storia del *PPC* ha rivelato la natura complessa delle innovazioni educative e dei tentativi di cambiare l’educazione scientifica: un progetto ambizioso che coinvolgeva le risorse didattiche, così come la formazione degli insegnanti, ha dovuto fare i conti con le motivazioni politiche, economiche e con le difficoltà di gestire e mantenere un progetto di tale portata, al di là della buone idee pedagogiche che ne stavano alla base (Hoton, 2003).

La filosofia educativa del *PPC* non è stata affatto smantellata di fronte a questi problemi. Nuove edizioni del testo sono state prodotte, diverse traduzioni e adattamenti a contesti nazionali differenti hanno avuto un notevole successo. Ancor più importante è il fatto che un intero campo di studiosi al confine tra didattiche disciplinari e studi storico-filosofici si è riunito dagli anni Ottanta circa.<sup>7</sup>

I noti curatori di una specie di manifesto collettivo di questo ormai consolidato approccio – un volume che raccoglieva diversi contributi dell’associazione internazionale e dei suoi studiosi in occasione di un incontro tenutosi proprio in Italia – hanno elencato i vari riferimenti storici dell’attuale prospettiva *HPS* e ne hanno riassunto l’obiettivo pedagogico corrente.

Students are expected to gain a rudimentary understanding of the ‘big picture’ of science: its history, its philosophical assumptions or implications, its interaction with culture and society, and so on. It is increasingly expected that students will leave school with not just knowledge *of* science, but also with knowledge *about* science (Bevilacqua, Giannetto, Matthews, a cura di, 2001: ix).<sup>8</sup>

Una simile prospettiva si basa su un’idea più comprensiva di educazione scientifica che cercheremo di definire meglio nelle pagine che seguono. Il bisogno di costruire una scienza intellettualmente fondata, dal valore culturale e in quanto attività conoscitiva di grande impatto storico, sociale ed “etico” è alla base della concezione di un sapere più o meno disinteressato – concetto alquanto problematico – che dovrebbe fondare gli studi liberali e l’educazione pre-universitaria e non-specialistica. Nonostante la problematicità di una simile idea – come è possibile slegare la scienza dai suoi moventi economico-materiali, nonché da

---

<sup>7</sup> L’affermazione accademica, insieme al concomitante processo di omogeneizzazione di interessi, approcci e linguaggi è avvenuta tra gli anni Ottanta e Novanta, sotto la guida di Michael Matthews, dell’*International History, Philosophy and Science Teaching Group (IHPST)* e attraverso la rivista internazionale *Science and Education* che dal 1992 pubblica le ricerche sul miglioramento dell’educazione scientifica tramite, appunto, gli studi storici, filosofici e sociologici riguardanti la scienza.

<sup>8</sup> Dall’introduzione al volume che raccoglie alcuni articoli della rivista *Science and Education* e i contributi a un incontro, ospitato in Italia, dell’associazione *IHPST* e della *History of Physics* e *Physics Teaching Division* della *European Physical Society*.



un criterio prettamente utilitaristico? – questa ha attraversato almeno un secolo di dibattiti sui fondamenti dell'educazione scientifica ed è anche legata a una contaminazione della didattica delle scienze con gli studi umanistici.

Anche in questo caso, c'è un punto critico da tenere in considerazione, riconducibile sempre al problema della struttura logica e disciplinare essenziale di una disciplina scientifica: lo statuto indipendente e coerente di una disciplina matura come, ad esempio, la fisica non è in grado di fondare da sé il suo senso intellettuale e la sua validità culturale? Non risiedono, insomma, il senso della fisica e il suo valore culturale nello studio stesso del metodo e dei concetti inclusi nei tradizionali curricula scolastici? Da una parte ciò è sicuramente vero; come diversi critici hanno sostenuto, infatti, il problema è quello di non snaturare, de-concettualizzare, impoverire la disciplina per farne l'insegnamento di qualcosa di diverso. Tuttavia, è pur vero che una scienza privata del suo contesto ampiamente inteso, di una storia, delle matrici sociali e filosofiche (quest'ultime certamente fondamentali nella scienza quanto in altre discipline) che l'hanno generata viene svuotata sia del suo valore educativo, sia del suo senso intellettuale e culturale più profondo.

Queste considerazioni verranno riprese alla fine della presente ricerca e per esaminare le caratteristiche e la diffusione delle conoscenze storiche e filosofiche nel curriculum di fisica così come si è evoluto nella scuola italiana più recente.

Michael Matthews, uno dei principali promotori dell'approccio *HPS*, ne ha esaminato in più occasioni la diffusione o l'influenza a livello di curricula e direttive nazionali, specialmente nei paesi anglofoni (Matthews, 1990) e ha esposto chiaramente alcune positive possibilità di implementazione. Nella sua sintesi di questo movimento per un rinnovamento culturale ed epistemologico della didattica delle scienze, Matthews (1994: 200 e sgg.) segnala due problemi in merito ai quali l'approccio *HPS* può risultare utile. Il primo è la perdita di fascino e attrattiva delle scienze nel panorama dell'istruzione pre-universitaria – il problema della crisi delle vocazioni a cui fa riferimento Fensham – per cui un rinnovamento dei contenuti e dell'approccio didattico potrebbe fornire nuovi stimoli e opportunità agli studenti: quello che abbiamo chiamato l'aspetto “motivazionale”, che rappresenta solo una parte del ruolo della storia e della filosofia nella pedagogia delle scienze.

L'altra questione molto importante, toccata da Matthews, è invece il ruolo di queste discipline “ausiliarie” nella formazione degli insegnanti, questione cruciale nella pedagogia e al centro di numerosi sforzi investigativi e di politiche educative. Lo studioso australiano ritiene che la storia e l'epistemologia possano fornire un apporto alla formazione degli insegnanti,

attraverso strumenti e temi che sono visti come meno irrilevanti rispetto alle altre discipline fondazionali e metodologiche usualmente incluse nei curricula di formazione pre-lavorativa degli insegnanti; le prime possono sostituire o comunque arricchire queste materie di studio meno legate ai contenuti strettamente scientifici e disciplinari.

Quest'ultimo punto è stato in parte recepito dalle prime scuole di specializzazione per l'insegnamento secondario in Italia, dove un curriculum di discipline pedagogiche e di studi fondazionali, tra cui quelli di tipo storico-filosofico, è stato posto alla base della professionalità degli insegnanti di scienze, intervenendo sulle pre-esistenti competenze disciplinari dei laureati. Quel progetto di formazione è durato circa un decennio, ma è stato smantellato per ragioni politiche e culturali. Vi sono alcune affinità culturali tra i critici di questi curricula per gli insegnanti in formazione e il movimento anti-pedagogista e di critica dell'insegnamento delle scienze in Italia, tra cui spicca – come visto – Lucio Russo.

Anche al livello di ricerca sono stati discussi, in Italia, i problemi e le proposte sollevati dall'approccio *HPS*. In particolare, alcuni storici ed esperti di didattica della fisica sono stati i principali ideatori e promotori di materiali e moduli didattici basati su una collaborazione tra ricerca storico-filosofica e ricerca/sperimentazione didattica. Negli ultimi anni, questa sinergia è stata sperimentata, come detto, soprattutto nelle scuole per la formazione degli insegnanti.<sup>9</sup>

Molti studiosi – storici, filosofi e educatori – si sono fatti carico quindi di ri-disegnare delle importanti finalità pedagogiche che siamo lungi dall'aver realmente messo all'opera – specialmente in Italia – e la cui realizzazione didattica, nel quadro dei problemi dell'insegnamento tradizionale e della complessità dell'innovazione pedagogica, è sicuramente ambiziosa e difficile.

Per il taglio di questa ricerca, tralascieremo gli aspetti inerenti alla formazione degli insegnanti e indagheremo più da vicino la ricezione di alcune idee sul contributo della storia e della filosofia della scienza nel curriculum di fisica dei licei italiani.

L'approccio *HPS*, comunque, è solo un ristretto campo di ricerca e sperimentazione didattica nel panorama degli studi pedagogici, ma è attraversato da diversi legami con altri temi e concetti che sono stati discussi in questi ultimi decenni e a cui Fensham fa un ampio ricorso.

---

<sup>9</sup> Si vedano, per esempio, De Maria, Ianniello (2004) e Dibattista (2004, 2008).

### 1.2.2. *I problemi globali dell'educazione scientifica: obiettivi e ostacoli per le scienze scolastiche*

Tra gli undici punti messi a fuoco dal documento UNESCO, alcuni in particolare hanno una relazione anche con gli studi storico-filosofici sulla scienza, i quali possono avere un ruolo positivo sia a livello di ricerca che di intervento nella didattica delle scienze.

Nel documento, la trattazione dei nodi cruciali per le politiche e per la ricerca è continuamente attraversata, primo, da oscillazioni e da un'insistenza variabile su una delle tre finalità evidenziate, i tre dispositivi retorici dell'innovazione pedagogica; secondo, dal ruolo, più o meno marcato, dei saperi umanistici e della ricerca educativa nell'affrontare a livello teorico e pratico alcuni di questi punti; infine, vengono spesso affrontati i temi centrali dell'architettura dei curricula di scienze e della formazione degli insegnanti. È importante sottolineare la pertinenza di queste diverse chiavi di lettura con la situazione dell'educazione scientifica italiana, nel caso specifico della scuola superiore; questi temi hanno attraversato in modi diversi il dibattito e le politiche sull'educazione scientifica negli ultimi due decenni.

La prima raccomandazione per le politiche educative fornita dal rapporto UNESCO è quella di ripensare le *finalità dell'educazione scientifica* scolastica, sulla base di una convincente ragione storica. La scienza è entrata a scuola con l'obiettivo di selezionare gli studenti e prepararne una parte per le carriere tecnico-scientifiche e gli studi scientifici superiori. Questa finalità sembra oggi più datata e non più funzionale a una scuola di massa e a un mondo permeato di scienza e tecnologia, ma non a caso, viene notato, lungo un secolo di sviluppi riguardanti i curricula, il sapere scientifico ha ottenuto un posto di rilievo trasversale, in quanto "sapere essenziale", all'interno di tutti i sistemi educativi e gli ordini di scuola. A dispetto di ciò, contenuti e metodi della scienza scolastica sono rimasti calibrati sulla base della finalità originaria della formazione di figure professionali in campo scientifico. Dopo aver raccomandato un giusto bilanciamento tra le due finalità principali – preparare alle carriere scientifico-tecnologiche e fornire una preparazione culturale in campo scientifico per tutti – tramite un'adeguata differenziazione nei diversi gradi scolastici tra saperi essenziali e discipline opzionali per i percorsi "vocazionali" nelle materie scientifiche, viene enunciato un pre-requisito per questi obiettivi pedagogici: una formazione professionale degli insegnanti di scuola secondaria adatta a ripensare un curriculum meno basato sui contenuti accademici della scienza e più sul contatto delle discipline scientifiche con il "mondo reale degli studenti" (Fensham, 2008: 16).

Ancora, si ha l'impressione che il *report* tocchi delle questioni e le rispettive soluzioni, trami-

te un insieme di truismi, affermazioni problematiche e intenti programmatici desiderabili quanto ambiziosi.

Il sistema scolastico italiano, ad esempio, presenta già un'articolata struttura che distribuisce in modo differenziato e ragionato il contenuto dei saperi scientifici per un'educazione di base e un curriculum condiviso, prima lungo il primo ciclo d'istruzione (6-14 anni), poi attraverso i diversi indirizzi del sistema secondario. La pluralità di questi indirizzi garantisce anche la scelta di percorsi maggiormente basati sullo studio delle scienze e dei loro contenuti "accademici", fornendo le basi per l'accesso agli studi terziari in campo scientifico e tecnologico. Quello che rimane vero è che pressoché tutta la scienza scolastica rimane strutturata in maniera accademica, attraverso programmi onnicomprensivi, estesi in ampiezza e quantità dei contenuti, variando solo il numero di ore che a questi programmi viene dedicato nei diversi rami della scuola superiore. C'è forse la necessità di ripensare la struttura dei curricula scolastici di scienze, ma, almeno in Italia, non sarà la divisione tra corsi di base e opzionali a risolvere il dilemma tra "generale/vocazionale", "fondamentale/avanzato", "per tutti/per pochi", almeno non finché la scuola italiana sarà così diversa da quella inglese o americana.

Fin qui il discorso di Fensham e le raccomandazioni della *Perth Declaration*, se riferite all'Italia, non illuminano nuove possibilità o punti problematici del sistema scolastico e dell'educazione scientifica, anche se segnalano un problema che è condiviso da più sistemi educativi.

Il terzo problema (*issue C*) affrontato dal *report* tocca uno dei nodi più discussi dell'innovazione didattica nelle discipline scientifiche: l'interesse degli studenti verso la scienza. Come per la questione delle carriere scientifiche, viene evidenziato il fatto che sono i paesi economicamente più sviluppati a condividere un diffuso calo di interesse verso le scienze da parte degli studenti, citando alcuni probabili fattori come la scarsa conoscenza delle possibilità professionali offerte dalle carriere scientifiche e le immagini più o meno negative costruite attraverso i *media*. Vengono anche menzionati studi, come PISA (*Programme for International Student Assessment*) o il progetto ROSE (*Relevance Of Science Education*), che dimostrano una significativa incidenza della stessa scienza scolastica nel disaffezionare gli studenti verso le materie scientifiche. Riguardo quest'ultimo aspetto, i principali fattori chiamati in causa sono le modalità di insegnamento e la struttura dei programmi scolastici di scienze. L'insegnamento che produce disinteresse e l'allontanamento degli studenti dagli studi scientifici – sostiene Fensham – possiede le seguenti caratteristiche: è trasmissivo, dogmatico, astratto e poco connesso ai fatti ordinari ("della vita quotidiana") o alle «tematiche affascinanti toccate dai *media* e dai film» (Fensham, 2008: 20-21); inoltre, le scienze sono percepite da

tutti gli studenti come più difficili di ogni altra materia scolastica.

Su questa questione Fensham contrappone a questo approccio “tradizionale” delle scienze scolastiche un approccio “umanistico”, in cui la dimensione e la struttura storica viene estesa, oltre le altre discipline che normalmente vengono insegnate secondo tale prospettiva, alle scienze. L’estensione della struttura storica e di un sapere narrativo è ritenuta la strada per ridare alle scienze il valore di “impresa umana” e di “cultura” che le spetta, tramite una sorta di drammatizzazione del contesto della scoperta e delle vicende concrete che hanno generato la conoscenza scientifica. I pre-requisiti di questa innovazione didattica basata sulla storia, intesa più come *story* che come *history*, quindi come narrazione, richiedono ancora di agire sulla formazione degli insegnanti, i quali dovranno essere in grado di intervenire sull’interesse degli studenti attraverso un tal tipo di approccio umanistico che, sebbene diretto all’aspetto motivazionale e affettivo, è in grado di migliorare anche gli esiti cognitivi dell’apprendimento. Si ritiene che un approccio più storico possa conseguire dei risultati migliori per sviluppare interesse e motivazioni per l’apprendimento, proprio perché “umanizza” la scienza, la re-introduce nel quadro della cultura che la scuola cerca di trasmettere con il suo variegato canone di discipline. Secondo la premessa di Aikenhead al suo lavoro citato da Fensham, l’approccio umanistico, contro quello tradizionale, mira esplicitamente a una scienza per tutti, in particolare per chi non deve diventare, e quindi neanche emulare, uno scienziato: «gli approcci umanistici (*humanistic perspectives*) si riferiscono ai valori, alla natura della scienza, agli aspetti sociali della scienza, alla cultura scientifica e al carattere umano di questa, rivelato attraverso la sua sociologia, la sua storia e la sua filosofia» (Aikenhead, 2005b: 2, trad. nostra). Questo senso dell’insegnamento scientifico è stato esplorato dagli anni Settanta attraverso curricula che Aikenhead chiama *STS* (*Science, Technology and Society*) ma questi, egli dice, sono solo una delle possibili realizzazioni della filosofia generale dell’approccio.

Anche se, come visto, alcune proposte di ricerca e sperimentazione sono state ri-discusse anche in Italia, nei programmi italiani poco hanno inciso i nuovi curricula del genere di quelli descritti da Aikenhead e Fensham, specialmente in confronto a quanto accaduto nei paesi anglofoni come, in questo caso, il Canada e l’Australia.

Questo passato sperimentale della pedagogia delle scienze è ancora valido e può alimentare l’innovazione futura? Innanzitutto, si dovrà vedere come il curriculum di fisica è cambiato nel tempo, in relazione a queste proposte e alle possibili strade alternative indicate. Forse, la domanda di senso culturale per le scienze, a cui questi approcci danno grande importanza, non ha ancora ricevuto nell’insegnamento delle scienze a livello secondario una risposta univoca ed efficace.

E' necessario, inoltre, riflettere più a fondo sul problema dell'interesse e delle motivazioni soggettive degli studenti, chiedendosi se questo possa davvero essere posto alla base dell'ideazione di iniziative sperimentali, in particolare di una rivoluzione così radicale nell'insegnamento delle scienze che voglia situarsi al confine tra le "due culture".

### 1.2.3. *Alcuni concetti innovativi nel campo della pedagogia delle scienze*

Legato anche a questi primi punti, quindi all'interesse degli studenti e alle finalità pedagogiche delle scienze, c'è un altro concetto condiviso da molti approcci all'innovazione, in particolare da quelli di taglio umanistico a cui abbiamo fatto riferimento: quello di "*natura della scienza*" (Fensham, 2008: 24-27). Affrontare l'immagine globale della scienza, la sua dimensione storica, sociale e metodologica, rappresenta per molti educatori e studiosi il viatico, sia per suscitare più interesse e combattere la disaffezione degli studenti, sia per ottenere un apprendimento più completo e meno frammentato della cultura e dell'impresa scientifiche. La distinzione anglofona – già citata – a cui si ricorre per spiegare questo concetto a livello pedagogico è quella tra "*knowledge of/about*", ovvero tra conoscenze di contenuti specifici e cognizioni riguardanti le procedure conoscitive e le dinamiche storico-sociali del sapere scientifico. Da una parte, si ha un sapere chiuso, stabile, fatto di informazioni "certe" da acquisire e, dall'altra, un sapere aperto, connesso anche con altri saperi, rispondente più a un uno stile cognitivo e a un insieme di abilità che l'acquisizione delle conoscenze scientifiche dovrebbe promuovere. Sarebbero da distinguere due aspetti che possiamo includere sotto "natura della scienza": quello procedurale, sintattico, ovvero sia strettamente metodologico, costituito dalle strategie e dall'atteggiamento cognitivo volto alla ricerca scientifica, e quello riguardante invece l'immagine della scienza, la sua natura al livello storico, sociale e culturale. Entrambi questi aspetti sembrano essere più carenti a livello scolastico nei diversi contesti nazionali. Fensham nota che, anche quando si usano pratiche laboratoriali, l'insegnamento è sempre di tipo trasmissivo e perlopiù dogmatico, poco basato sull'indagine attiva, su un metodo per problemi centrato sullo studente e sulle sua capacità di operare in maniera "quasi-scientifica" e investigativa.

Il concetto di "natura della scienza" si rivolge in particolare alle caratteristiche epistemologiche fondamentali del conoscere scientifico e intende contrapporre al nozionismo, tipico di certa didattica delle scienze, uno studio di come la conoscenza scientifica venga in effetti costruita e di quali siano le sua peculiarità principali. Riprendendo il lavoro – fondamentale in questo campo – di Joseph Schwab, altri studiosi in tempi più recenti hanno insistito su una di-

cotomia tra scienza come dogma e come scienza come ricerca, tra insegnamento delle scienze conservativo e innovativo: fare della stessa natura della scienza un tema centrale per la didattica comporta mettere in discussione un insegnamento statico, dogmatico e virtualmente privo di fondamenti storico-epistemologici.<sup>10</sup>

Nell'ambito delle ricerche sull'educazione scientifica, questa nozione è stata spesso associata all'approccio *HPS*, il quale si occupa proprio delle vicende storiche e degli aspetti filosofici della scienza solitamente rimasti in ombra nell'insegnamento.

Diversi studiosi hanno tentato di riassumere una visione consensuale riguardo al che cosa sia la natura della scienza: è un'operazione, da una parte, difficile, non univoca e controversa, dall'altra, è ben chiaro a insegnanti ed esperti che cosa caratterizza la disciplina sul piano metodologico e conoscitivo.

Alcuni elementi fondamentali emergono dalle analisi epistemologiche compiute per definire questa nozione: il rapporto con l'esperienza, su cui la scienza poggia le sue basi ma a cui non si riduce in senso strettamente empiristico; il carattere fallibile, ipotetico, razionale e al contempo scettico della conoscenza scientifica; le modalità di critica e discussione pubblica essenziali all'impresa scientifica; il pluralismo metodologico che, più di un metodo "universale", sembra contraddistinguere l'insieme delle scienze; la presenza di componenti teoriche, e talvolta soggettive, essenziali al conoscere scientifico; l'evoluzione storica della scienza fatta di dinamiche sia lineari che rivoluzionarie; il contesto storico-sociale estremamente rilevante nel comprendere lo sviluppo della scienza; scienza e tecnologia come strettamente legate ma non coincidenti; il limite delle domande a cui la scienza può dare risposta, rispetto al grado di certezza e agli ambiti di cui si occupa.<sup>11</sup>

La natura della scienza così intesa è il cardine di molti approcci innovativi alla didattica e ha un chiaro legame con le discipline storiche e filosofiche, oltre che con un insegnamento basato più sul metodo della ricerca e non solo sulla trasmissione di contenuti la cui origine è spesso misteriosa. Le finalità da assegnare a un insegnamento così riformulato toccherebbero tutti gli ambiti con cui il *report* esaminato descrive le esigenze attuali dell'educazione scientifica: servirebbe per formare menti scientifiche più consapevoli, per attrarre più studenti tramite una scienza viva e non con delle discipline mnemoniche o dogmatiche, per promuovere la comprensione di temi sociali e culturali di rilievo scientifico che comportano sempre un'immagine della scienza e del suo funzionamento (evoluzionismo, nuove tecnologie, rapporto con la religione e le pseudoscienze, ecc.), e infine per dare alla scienza un posto nella cultura e nel sape-

---

<sup>10</sup> Per esempio, Bevilacqua (1983).

<sup>11</sup> Si vedano McComas, Almazroa, Clough (1998) e McComas (2005).

re tramite la sua dimensione conoscitiva e storica.

Inserire queste finalità pedagogiche nella scienza scolastica aumenterebbe, secondo il documento stilato da Fensham, sia la capacità di coinvolgere e appassionare gli studenti, sia la qualità dell'apprendimento. Studiare "la natura della scienza" permetterebbe perciò di rafforzare la padronanza dei concetti, così come la capacità di metterli in relazione a problemi nuovi e non strettamente scolastici, come le questioni socio-scientifiche e le tematiche tecnologiche quotidiane. Individuato un obiettivo pedagogico di tale ambizione, Fensham sostiene la necessità di fornire agli insegnanti, che non sono propriamente degli scienziati, opportunità per delle esperienze di ricerca e di indagine scientifica metodologicamente ragionata che li rendano capaci di portare queste competenze nella didattica della loro disciplina (Fensham, 2008: 27).

Secondo i ricercatori, sono molte, infatti, le misconcezioni riguardanti la natura della conoscenza scientifica, da parte degli studenti, ma anche da parte di alcuni insegnanti il cui lavoro didattico comunica sempre una qualche immagine della scienza. Non a caso, le proposte di lavorare su questo concetto e sulle conoscenze che vi ruotano attorno sono spesso orientate alla formazione degli insegnanti, per i quali una maggior consapevolezza epistemologica può sicuramente avere benefici anche sul piano della didattica.<sup>12</sup>

Il ruolo degli insegnanti, tuttavia, non esclude l'importanza dei materiali didattici e dei testi nel comunicare una certa immagine della scienza e nel proporre attività e conoscenze che inseriscano la natura della scienza nel curriculum come finalità didattica vera e propria. Hanno ragione gli studiosi quando affermano che «a description of NOS is relegated to a few paragraphs at the beginning of the textbook quickly glossed over in favor of the facts and concepts that cram the remainder of the book and generally fill the course» (McComas, Almazroa, Clough, 1998: 514). Questo vale sicuramente per i manuali di fisica che verranno esaminati nei prossimi capitoli e, è stato mostrato, può essere discusso anche nel caso di testi universitari di varie specialità scientifiche.<sup>13</sup>

Il sesto punto (*issue F*) del rapporto UNESCO si sofferma su un concetto centrale per la ricerca internazionale sull'educazione scientifica, ancorché si tratti di uno di quei termini inglesi che necessitano di chiarimenti e aggiustamenti per essere applicati al contesto italiano: la *scientific literacy* (SL). L'idea di un'alfabetizzazione scientifica, che coincide da diversi punti

---

<sup>12</sup> McComas, Almazroa, Clough (1998: 523, 527). A tal proposito abbiamo anche preso visione di una delle attività svolte dagli insegnanti di scienze (scuola secondaria) in formazione presso i corsi PGCE (*Post-Graduate Certificate in Education*) della *Graduate School of Education* dell'università di (Inghilterra), in cui si doveva compilare una sorta di questionario per esplicitare e discutere l'immagine della scienza dei futuri insegnanti. Lo strumento usato era ripreso da Nott, Wellington (1993).

<sup>13</sup> Blachowicz (2009).



di vista con quella di una “scienza per tutti”, è diventata molto diffusa e discussa tra gli anni Ottanta e Novanta; legata in parte anche agli studi e ai propositi del *Public Understanding of Science*, tale nozione ha sollevato dibattiti, polarizzazioni accademiche e politiche sull’educazione, sul ruolo della ricerca e sul canone culturale delle istituzioni formative.

Si può vedere il concetto di SL come un tema più generale che include i precedenti, ovvero la natura della scienza e le conoscenze contestuali sul sapere scientifico, come la sua storia, la sua filosofia e le sue relazioni con ambiti come la società e le tecnologie.

Parlare di alfabetizzazione scientifica, come può essere tradotto SL, comporterebbe in prima istanza il riferimento a una qualche padronanza di elementi basilari di una certa competenza. Come nota Fensham, è difficile trovare un’interpretazione di questa competenza di base nel campo delle scienze equiparabile al saper leggere, contare e scrivere; così, si è spesso associato all’idea di *literacy* scientifica la padronanza di una certa quantità di conoscenze e informazioni scientifiche. Interpretato come uno *standard* di contenuti, o come un elenco di conoscenze, il concetto perde però la sua rilevanza innovativa e diventa parte di quel modo di organizzare l’insegnamento delle scienze che ha contribuito al disinteresse degli studenti e ad altre caratteristiche negative degli approcci più tradizionali. Questo rischio appare piuttosto realistico se, inoltre, questi *standard* e questi elenchi di conoscenze assumono proporzioni e ambizioni fuori dalla portata delle scienze scolastiche, come il caso citato da Fensham del documento dei *Benchmarks of Scientific Literacy* stilati nel 1993 dalla *American Association for the Advancement of Science*. In questa ottica, «[s]cientific literacy was being interpreted as a fully rounded education in the sciences, rather than being some sort of basic level of learning in science» (Fensham, 2008: 27). In prima istanza, possiamo quindi interpretare il concetto come un livello basilare di cultura scientifica, ma è evidente che questo non definisce alcunché e non fornisce una precisa determinazione di metodi e contenuti scolastici.

Diverso è il caso delle valutazioni PISA. La ricerca dell’OCSE sugli apprendimenti e sulle competenze, scrive Fensham, ritiene che non ci sia un significato preciso o determinato di SL; nello stesso tempo le prove scientifiche di PISA sono costruite in modo da declinare un senso specifico di SL, che viene intesa come una competenza scientifica di base, articolata secondo tre procedure: usare evidenze scientifiche, identificare problemi scientifici, spiegare fenomeni scientificamente. Queste tre abilità sono inoltre un *mix* di conoscenze scientifiche e competenze procedurali inerenti alla natura della scienza o alla metodologia. La SL usata in PISA è stata definita così “funzionale”, in quanto capacità di risolvere problemi “nuovi” o situazioni inedite rispetto agli esercizi di tipo scolastico, sulla base appunto delle tre capacità menziona-

te.<sup>14</sup> I diversi paesi, nel tradurre i documenti delle valutazioni PISA, hanno fronteggiato anche l'aspetto linguistico concernente il termine *literacy* (per la lettura, la matematica e le scienze) nelle diverse lingue, affrontando di conseguenza anche i fondamenti concettuali della questione. Vista l'unione di sapere e saper fare nel concetto di SL "funzionale", una soluzione abbastanza diffusa è stata quella di usare il termine "competenza" e gli equivalenti (in tedesco e in parte anche in spagnolo). Drastica, ma significativa, è stata la scelta belga di tradurre "*scientific literacy*" e "*mathematical literacy*" con "*culture mathématique et scientifique*"<sup>15</sup>, che ben rappresenta però la tendenza francofona a definire in termini di cultura globale l'alfabetizzazione scientifica, secondo una prospettiva in linea di principio diversa dagli oggetti di interesse delle misurazioni PISA.<sup>16</sup>

Il termine "cultura scientifica" coglie, infatti, un aspetto che la competenza strettamente funzionale non include. In un senso più ampio, la SL non riguarda solo l'insieme delle conoscenze e competenze scientifiche, ma anche le idee sulla natura della scienza, sul suo funzionamento sia a livello epistemologico, sia nel suo evolvere storico e sociale. Da questo punto di vista, il termine SL può essere declinato in accordo con gli approcci all'educazione scientifica di tipo *HPS*. Abbiamo dunque, da una parte, il concetto di *literacy* funzionale: saper distinguere, comprendere e discutere temi scientifici, anche nel quadro di quelle limitate competenze e conoscenze specialistiche che nella maggior parte dei casi caratterizzano la relazione del pubblico e degli individui con le questioni scientifiche. Vi è poi un significato culturale di *literacy*; questo è strettamente connesso al programma di un rinnovamento dell'educazione scientifica in senso democratico, in accordo con un allargamento delle finalità a cui l'insegnamento delle scienze deve mirare: creare non solo individui specializzati in un certo campo, ma costruire, per l'insieme degli studenti, una mentalità flessibile e dotata degli strumenti per apprezzare e comprendere la cultura scientifica insieme alla sua portata materiale e immateriale nel mondo contemporaneo.

Intorno alla SL ruotano tutte e tre le finalità portanti dell'educazione scientifica: quella economica, quella sociale o civica e quella culturale. L'accento, a partire dagli anni Ottanta, è caduto soprattutto sul funzionamento sociale degli individui, sul senso "civico" della SL; in questa ricerca si indagherà in particolare la declinazione culturale, quale miglior candidato per concepire le scienze scolastiche quale soggetto "liberale" di studi e quindi quale parte

---

<sup>14</sup> Per un'analisi della *literacy* scientifica di PISA, Mayer (2008) e OCSE (2006).

<sup>15</sup> Discussione riportata sul sito del gruppo di ricerca matematica PRISTEM dell'Università Bocconi di Milano [<http://matematica-old.unibocconi.it/pisa2003/pisa.htm>; consultato in data 12/12/10].

<sup>16</sup> «[...] a translation that clearly reflects the cultural intention and points the way towards recognising that a person who is scientifically and technologically literate is a person who can function within society as a whole, rather than simply as a scientist in the workplace» (Holbrook, Rannikmae, 2009: 276).

dell'educazione globale di un individuo, per così dire, prima della sua formazione in quanto cittadino e in quanto soggetto economico dotato di un profilo professionale.

Le problematiche concettuali e pedagogiche insite della definizione/applicazione di un nuovo concetto di SL sono numerose e una parte importante della letteratura nel campo della *Science Education* ha affrontato questa tematica.<sup>17</sup> Il termine può essere infatti interpretato in modi diversi: da un elenco di conoscenze/significati che permettano la comprensione di un discorso scientifico, come potrebbe essere declinato in accordo al concetto di *cultural literacy* con cui l'americano Hirsch ha lanciato una profonda battaglia culturale contro la pedagogia progressista negli Stati Uniti;<sup>18</sup> a una cultura e competenza inclusiva, molto ricca dal punto di vista cognitivo e culturale ma sicuramente molto ambiziosa e problematica sul piano educativo concreto. Quest'ultimo significato di SL raccoglie la sfida lanciata dai promotori dell'approccio HPS – citati in precedenza – riguardo a una conoscenza completa dell'impresa scientifica ed è ben rappresentato, nella sua forma più totalizzante ed esigente, dalla definizione dei *National Science Education Standards* americani del 1996.

Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities. [...] Scientific literacy means that a person can ask, find, or determine answers to questions derived from curiosity about everyday experiences. It means that a person has the ability to describe, explain, and predict natural phenomena [...], to read with understanding articles about science in the popular press and to engage in social conversation about the validity of the conclusions [...], identify scientific issues underlying national and local decisions and express positions that are scientifically and technologically informed. A literate citizen should be able to evaluate the quality of scientific information on the basis of its source and the methods used to generate it [...], to pose and evaluate arguments based on evidence and to apply conclusions from such arguments appropriately. [...]

Scientific literacy has different degrees and forms; it expands and deepens over a lifetime, not just during the years in school. But the attitudes and values established toward science in the early years will shape a person's development of scientific literacy as an adult (National Science Council, 1996: 22).

All'interno di una notevole varietà di posizioni sul concetto di *literacy* scientifica, Fensham cerca di trarre delle conclusioni che siano utilizzabili a livello di politiche scolastiche ed educative. La prospettiva che si evince dal rapporto UNESCO, però, non è estremamente chiara dal punto di vista operativo. Un riferimento concreto, su cui torneremo, è il “*XXI Century Science*”, un insieme di testi di scienze per la scuola secondaria inglese costruiti sull'idea di una *scientific literacy* “civica”, ovvero di una serie di contenuti e problemi fondamentali di rilevanza anche tecnologica e sociale – che tutti gli studenti devono apprendere – e di corsi opzionali per i percorsi vocazionali e più specialistici. La raccomandazione, quindi, è sempre

---

<sup>17</sup> Laugksch (2000), Turner (2008), DeBoer (2000).

<sup>18</sup> Hirsch (1988, 1996).

quella di dividere accuratamente il carico di conoscenze tra una scienza per tutti e le materie opzionali per chi ha intenzione di continuare gli studi scientifici. Il *report* non si sofferma accuratamente sul modo di operare tale distinzione e articolazione, e si limita perciò alla seguente raccomandazione per le politiche educative scolastiche.

Policy makers should consider replacing the generic use of “scientific literacy” as a goal of school science education with more precisely defined scientific knowledge and scientific abilities, that have meaning beyond school for the students at each of the stages of schooling, for example, early primary, later primary, lower secondary, last compulsory years, senior secondary (Fensham, 2008: 28).

Per quanto Fensham si proponga di mettere a fuoco delle raccomandazioni di *policy* che siano in grado di sostenere concretamente il progetto di rinnovamento dell’educazione scientifica e l’idea di un’alfabetizzazione scientifica generalizzata, l’insieme delle considerazioni del rapporto UNESCO non garantisce la fattibilità di un reale cambiamento educativo, né illumina le condizioni effettive per delle azioni efficaci verso gli obiettivi pedagogici fissati. Gli unici punti che vengono fissati, per quanto riguarda la nozione di alfabetizzazione scientifica, sono la necessità di definire insiemi di conoscenze e abilità per i vari gradi di scolarità, di elaborare dei curricoli per tutti gli studenti, disegnati sulla base di una *literacy* civica e distinti dai corsi opzionali e propedeutici alle scienze avanzate, e di conseguenza il compito di elaborare anche nuove finalità pedagogiche per i docenti e nuove misure per la valutazione degli apprendimenti.

Un’analisi di queste raccomandazioni e osservazioni, dal punto di vista della scuola italiana, porta a due conclusioni. La prima è che ci sono alcuni problemi fondamentali dell’educazione scientifica che sono trasversali ai contesti nazionali e che si presentano in maniera analoga tra diversi paesi. La seconda è che per il sistema scolastico italiano le soluzioni prospettate sono, quando non banali, poco innovative – probabilmente perché pensate invece più dal punto di vista di altri sistemi, come quello inglese, australiano o americano – o perlomeno impraticabili. Questa panoramica di alcuni dei temi sollevati dal rapporto patrocinato dall’UNESCO, che raccoglie un ampio spettro di ricerche così come i pareri di rappresentanze di educatori e insegnanti di scienze – ma, ripetiamolo, che appare legato soprattutto a certi contesti culturali e geografici – ha delineato alcuni problemi discussi a livello internazionale e alcune proposte pedagogiche e di politica educativa ricorrenti.

E’ opportuno restringere il campo di riferimento, passando a un contesto più vicino a quello italiano, cercando di raccordare questi problemi generali alla situazione più specifica che i paesi europei stanno attraversando riguardo ai sistemi scolastici e all’educazione scientifica.

### 1.3. “*Science Education in Europe: Critical Reflections*”. *La prospettiva europea della Fondazione Nuffield*

Anche il contesto europeo è a suo modo eterogeneo e costituito da sistemi nazionali che presentano specificità e diversità storico-culturali marcate. Una prospettiva di ricerca internazionale che cerchi di ridurre queste differenze a vantaggio di alcuni problemi comuni rischia di sotto-stimare alcuni elementi, fornendo soluzioni e proposte che non si rivelano essere troppo utili quando rapportate a un singolo contesto nazionale come quello italiano, caratterizzato da una situazione sotto certi aspetti del tutto particolare e con alcune problematiche singolari rispetto ad altri paesi europei. Permane il fatto che oggi è sempre più opportuno pensare ai problemi della formazione e delle cultura all'interno del quadro europeo, sia per le esigenze e le richieste che le politiche dell'Unione presentano ai governi nazionali, in vista di un rafforzamento dell'Europa, sia per un genuino scambio di esperienze, ricerche e pareri su problemi simili o condivisi.

Il *report* UNESCO cita abbondantemente tra le sue fonti proprio alcune ricerche e alcuni studiosi britannici, e non solo, che hanno lavorato nello stesso periodo della dichiarazione di Perth a un documento sull'educazione scientifica in Europa. Tra questi vale la pena menzionare ancora il progetto ROSE<sup>19</sup> che viene citato esplicitamente, altro progetto comparativo internazionale su percezioni e valori legati all'educazione scientifica in trentacinque paesi del mondo. Svein Sjøberg è il direttore di questo progetto guidato dalla Norvegia e ha coordinato la ricerca sui dati del suo paese e dell'Inghilterra. Insieme a lui, altri studiosi norvegesi firmano questo secondo documento sulla situazione europea. Tra questi è opportuno citare Doris Jorde, che ha partecipato ad altre ricerche europee sugli stessi temi, ad esempio il progetto “*Mind the Gap*”, ed è in prima linea in Europa sui temi dell'educazione scientifica e dell'innovazione pedagogica.<sup>20</sup> Insieme a questi appaiono altri esponenti inglesi, il cui peso è preponderante visto che lo studio è stato commissionato dalla fondazione Nuffield. Firmano la stesura del documento Jonathan Osborne e Justin Dillon. Il primo è uno studioso di spicco della *Science Education*, il cui lavoro viene citato nel *report* UNESCO esaminato; insieme a Robin Millar, è uno dei rappresentanti principali del movimento accademico inglese di innovazione dell'educazione scientifica. Osborne ha svolto delle ricerche a sostegno dell'integrazione della storia e della filosofia delle scienza nei curricula scientifici su cui torneremo nel capitolo IV. Millar, invece, anch'egli citato nel lavoro dell'UNESCO, è direttore

---

<sup>19</sup> Schreiner, Sjøberg (2004).

<sup>20</sup> E' stata presidente della *European Science Education Research Association*, fondata a Leeds nel 1995, presieduta oggi da Justin Dillon.

del progetto già menzionato “*XXI Century Science*”.

Questa serie di relazioni e rimandi, come detto, dipinge una rete accademica e istituzionale che ha un peso notevole nel guidare e ideare le ricerche e i lavori commissionati da fondazioni e istituzioni pubbliche nel campo dell’educazione scientifica. Tale rete spiega la specificità delle condizioni culturali e delle posizioni filosofiche che accompagnano alcune direttive politiche di questi documenti, le quali sono costruite sulla base di rilevazioni scientifiche e considerazioni pedagogiche, ma anche su specifici orientamenti accademici e politici. Il testo che passeremo brevemente in rassegna è pertinente in questa ricerca non solo per i dati e le proposte che mette insieme, ma anche per il *background* accademico e culturale da cui proviene. I capisaldi di un’educazione scientifica rinnovata che, con tutte le difficoltà e contraddizioni, cerchiamo di esaminare all’interno della situazione italiana, sono i temi su cui chi ha lavorato a questi documenti ufficiali si è speso nella ricerca accademica.

La questione sollevata della de-concettualizzazione delle scienze nell’insegnamento e delle teorie pedagogiche che guidano certe innovazioni curriculari, insieme alle prospettive filosofiche e culturali che ne stanno alla base, mantiene la sua centralità anche nell’esaminare un documento che attinge largamente a dati statistici e ricerche sistematiche, ma che continua a essere informato da una prospettiva, perlopiù anglosassone, vicina a una realtà scolastica e a delle idee pedagogiche molto diverse da quelle che ritroviamo in Italia, sia nella pratica che nei dibattiti pubblici.

Ovviamente, non intendiamo citare questi documenti e queste ricerche di matrice anglosassone solo a fini critici e di opposizione al progressismo pedagogico che caratterizza questi studiosi.

Un’analisi di questi lavori serve forse a darne un’immagine più chiara e adatta al contesto italiano, cercando di trarne quanto più possibile di utile per la situazione specifica, ad di là delle influenze programmatiche e ideologiche che da decenni i riformismi educativi d’oltre Alpe e di lingua inglese esercitano sulla ricerca e sulla cultura italiane.

### 1.3.1. *I problemi e le proposte nel contesto europeo*

Come il rapporto UNESCO, il documento Nuffield si preoccupa in prima istanza di discutere le finalità educative assegnate alla scienza nella scuola, con delle considerazioni analoghe a quelle di Fensham e della dichiarazione di Perth.

[W]hilst there is an agreement that an education in science is important for all school student, there has been little debate about its nature and structure. Rather curricula have simply evolved from pre-existing forms. Predominantly these curricula have been determined by scientists who perceives school science as a basic preparation for a science degree [...] (Osborne, Dillon, 2008: 7).

I curricula di scienze si sono evoluti mantenendo l'impianto originario basato sulla sola formazione di futuri professionisti nel campo scientifico e questo conservatorismo delle scienze scolastiche ha prodotto una situazione in cui entrambi gli obiettivi dell'educazione scientifica, convivendo insieme ambigualmente, rischiano di venir mancati: dare una preparazione e una cultura scientifica a tutti gli studenti, formare la classe dei futuri lavoratori/ricercatori in campo scientifico-tecnologico.

Ciò che caratterizza maggiormente la situazione europea, però, rispetto al contesto mondiale, è il problema della scarsità di futuri scienziati e ricercatori.

I dati confermano un calo numerico delle carriere scientifiche, al livello di lauree e di titoli di dottorato, sebbene non in modo uniforme tra i vari paesi europei. Secondo il *report*: «from 1993-2003 the percentage of S&T graduates has fallen in Poland, Portugal and France. The same is true in Germany and the Netherlands. In addition, the percentage of graduates studying for a PhD – the most common route to becoming a professional scientist – has dropped in all European countries» (Osborne, Dillon, 2008: 13).

L'Unione Europea aveva affrontato questo problema pochi anni prima, nel 2004, con “*Europe Needs More Scientists*”, attraverso un'ampia disamina di dati e avanzando possibili soluzioni al problema delle carriere scientifiche. I dati che questo *report* citava (fonte OCSE) indicavano una forte diminuzione, tra il 1998 e il 2001, di titoli universitari ottenuti nel campo scientifico (inclusi i titoli di dottorato), per paesi come Italia (-15%), Germania (-17%) e Olanda (-13%), a differenza di Regno Unito (+42%), Francia (+18%), Spagna (+13%) e Polonia (+337%),<sup>21</sup> quest'ultima, però, inserita dal rapporto Nuffield tra i paesi con situazioni problematiche.

Come spesso accade in questo genere di problemi, i dati non sono troppo chiari e univoci, meno che mai, quindi, le interpretazioni degli stessi.

Se si confrontano questi dati con alcuni più recenti, i termini quantitativi del problema diventano ancora meno di facile lettura. Citando la fonte Eurostat, le “*Key Figures 2007*” della Commissione Europea (2007: 86) in materia di ricerca e scienza riportano per l'Italia un numero di 24.000 laureati e dottori di ricerca nel campo delle scienze (da cui è esclusa ingegneria), mentre la fonte OCSE citata sopra riportava un numero assoluto di 15.577 dottori universitari nel 2001. Essendo il dato Eurostat del 2004, o se ne conclude che ci sono forti discrepanze nelle misurazioni, o nei tre anni successivi al primo periodo visto, in Italia il *trend* è radicalmente cambiato con un incremento di circa il 50%. Quello che spesso viene notato è la

---

<sup>21</sup> Commissione Europea (2004: 15).

percentuale relativa dei formati in campo scientifico, sicuramente in calo rispetto a un *trend* generale di aumento di iscritti all'istruzione universitaria, ma per il sistema economico e le finalità che abbiamo definito "economiciste" dell'educazione scientifica sono probabilmente i numeri assoluti ad avere importanza.

Come il documento redatto da Osborne e Dillon afferma, la scarsità di dottori di ricerca, ad esempio, non è così drammatica e diffusa come sembra, specialmente se da preoccupazione nazionalistica per la competitività nazionale diventa una questione inserita nel quadro del mercato globale. Il caso degli USA dimostra, infatti, la possibilità di sopperire a scarsi numeri attraverso l'impiego di risorse umane derivanti dall'estero. Così, per i paesi europei, il discorso sulla diminuzione delle carriere scientifiche vale in modi diversi e il problema non si presenta invariato in tutti i settori scientifici.

Il caso italiano, come altri europei, sembra essere caratterizzato da un declino nel numero degli studenti laureati nelle materie fisico-matematiche e nelle cosiddette scienze pure, mentre non sembra esserci un vero problema di scarsità per quanto riguarda i nuovi settori biotecnologici o i tradizionali corsi di ingegneria. Per quest'ultimo settore infatti, che in fondo può rappresentare meglio il tipo di formazione scientifica a cui le preoccupazioni economiche guardano, i dati precedenti confermano un andamento positivo: un aumento del 24% tra il 1998 e il 2001,<sup>22</sup> mentre il dato 2004 Eurostat rileva un numero di 50.000 ingegneri (laureati e dottori di ricerca)<sup>23</sup> che il *report* europeo fissava a 31.000 nel 2001.

Cercheremo di affrontare nel corso di questa ricerca delle considerazioni più qualitative e un problema, come quello della cultura scientifica che alimenta l'educazione scolastica, che in fondo non si presta a letture quantitative. E' bene quindi sottoscrivere le considerazioni che anche il rapporto Nuffield contrappone alle valutazioni quantitative più o meno discordanti. Infatti, dopo aver concesso attenzione a questa declinazione degli obiettivi dell'educazione scientifica basata sullo *status* delle vocazioni scientifiche, anche il documento afferma che è discutibile assegnare al livello obbligatorio dell'educazione il ruolo di traino dell'economia e della formazione delle future figure professionali scientifiche, «una responsabilità che nessuna altra disciplina scolastica condivide». E' restrittivo, si dice, assegnare alle scienze scolastiche questo ruolo professionalizzante e di preparazione delle risorse umane per la competitività del sistema economico. Questo vale, almeno, per il caso della scuola dell'obbligo. In linea generale, è opportuno separare i corsi generali e obbligatori di scienze per tutti gli studenti dalle materie opzionali che formeranno chi proseguirà gli studi tecnico-scientifici. Specialmente

---

<sup>22</sup> Commissione Europea (2004: 16).

<sup>23</sup> Commissione Europea (2007: 86).



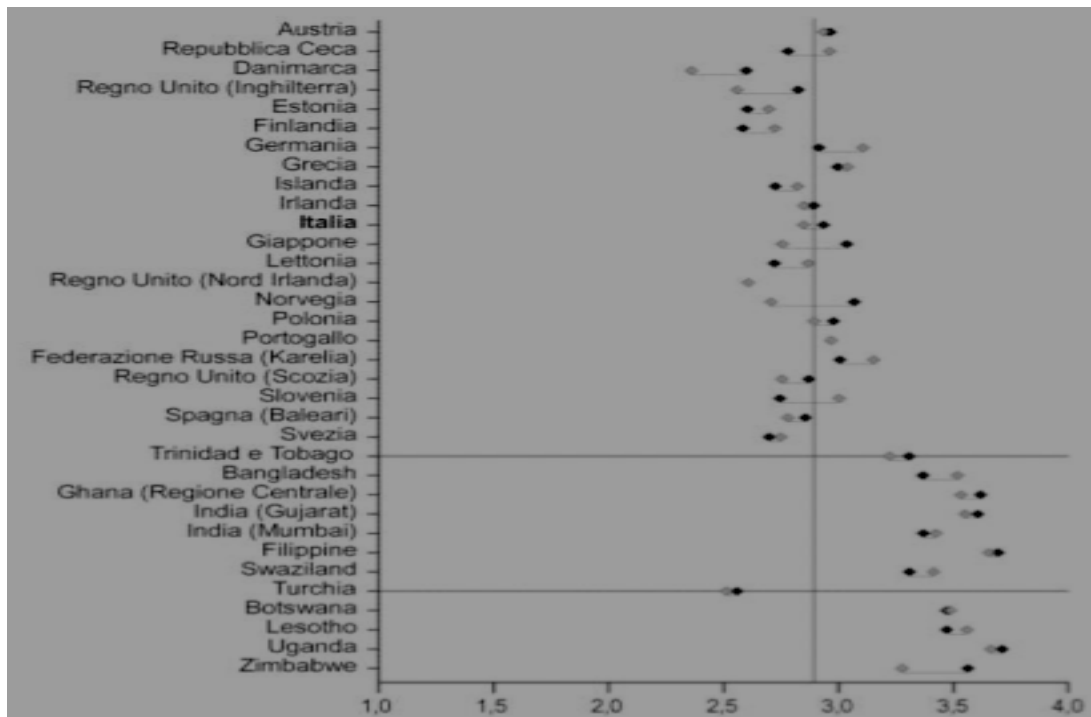
nell'istruzione obbligatoria, dice il rapporto Nuffield, «le prospettive di lavoro e di carriera non dovrebbero essere la preoccupazione principale di nessuna disciplina» (Osborne, Dillon, 2008: 15). Tale posizione va spiegata anche nei termini di una continua oscillazione, nella comunità di studiosi e dei soggetti portatori di interesse, tra i diversi obiettivi che abbiamo schematicamente tripartito nel leggere le premesse degli *Eleven Emerging Issues*. Nonostante nell'attuale scenario europeo ci sia un marcato interesse per i problemi delle carriere professionali e delle risorse umane per la ricerca scientifica e lo sviluppo, la prospettiva culturale e l'obiettivo "liberale" e disinteressato dell'insegnamento delle scienze continua a essere un tema fondamentale, specialmente per gli studiosi di educazione e delle discipline storico-filosofiche vicine al pensiero scientifico.

Tornando al piano quantitativo, il documento in esame riprende invece il problema dell'interesse degli studenti per le discipline scientifiche e, citando l'indagine ROSE, conferma quanto questo sia molto più basso tra i paesi europei e più ricchi rispetto alle nazioni africane e asiatiche.<sup>24</sup> In figura 1 è riportato il confronto, fatto da Observa, della media italiana con i dati complessivi di ROSE riportati dal documento Nuffield.

Al di là delle differenze mostrate da questo scenario, la questione centrale è quella di individuare adeguate misure per stimolare l'interesse per le scienze, sia per avere una maggioranza con una buona educazione scientifica, sia per avvicinare i giovani alle professioni scientifiche, ma quest'ultima è una finalità problematica e comunque a lungo termine, ammette il documento. Il rapporto in esame, dopo aver dipinto a grandi linee la situazione problematica dell'insegnamento delle scienze in Europa, esamina i quattro ambiti di intervento per innovare l'educazione scientifica scolastica.

---

<sup>24</sup> Non viene riportato un dato concernente l'Italia, che peraltro era inserita nella ricerca tramite il contributo di "Observa", osservatorio italiano su scienza e società.



**Fig. 1.** Risultati dell'indagine ROSE. I punteggi sull'interesse verso la scienza sono ottenuti assegnando un valore da 1 a 4, da "disaccordo pienamente" a "concordo pienamente" alle risposte. La domanda che il rapporto Nuffield prende in considerazione è "apprezzi maggiormente la scienza rispetto a tutte le altre discipline scolastiche?". Il grafico di *Observe* riportato rappresenta le risposte (simili) alla domanda "Le materie scientifiche a scuola sono interessanti?". La rilevazione distingue anche tra maschi e femmine (simboli bianchi e neri). La questione delle differenze tra i generi mostra aspetti interessanti che il rapporto Nuffield prende in esame e a cui dedica la seconda raccomandazione per l'Unione Europea. Tralasciamo qui questo aspetto.<sup>25</sup>

Osborne e colleghi individuano chiaramente i quattro pilastri di un'educazione scientifica rinnovata: il *curriculum* (l'organizzazione dei contenuti e delle discipline), la pedagogia (metodi di insegnamento), la valutazione e la formazione degli insegnanti.

Questi piani di intervento sono profondamente interconnessi: un rinnovamento dei contenuti nel quadro di un insegnamento tradizionale, dogmatico e puramente trasmissivo è destinato a produrre scarsi effetti sull'apprendimento e sulla motivazione degli studenti; le procedure di valutazione orientano il metodo didattico usato dagli insegnanti, che tendono a centrare l'insegnamento sulla lezione frontale e sull'acquisizione di nozioni frammentate se le prove di valutazione sono strutturate secondo quesiti che richiedono un apprendimento superficiale, come ricordare semplici "pezzi" di informazione ed esporre verbalmente nozioni separate. La valutazione è assunta oggi come metro delle *performance* del sistema educativo e gli insegnanti, invece di concentrarsi sul curriculum e affidarsi alla loro professionalità nel svilupparlo liberamente e secondo esigenze attinenti all'apprendimento dei loro studenti, sono guidati più

<sup>25</sup> Neresini, Crovato, Saracino (2010: 97).

dai metodi e dalla struttura di queste valutazioni. In questa ricerca ci limitiamo a discutere parte di queste problematiche, in particolare quelle che riguardano il curriculum, pur riconoscendo la complessità e le relazioni tra le diverse componenti dell'insegnamento.

Come già detto, un punto centrale da prendere in considerazione, secondo questo documento così come per il *report* curato da Fensham, è la costruzione di un curriculum in prima istanza rivolto a tutti gli studenti e non a una classe specifica orientata alle discipline tecnico-scientifiche. Far convivere queste due finalità ha prodotto una tensione, anche per gli insegnanti e il loro metodo didattico, i cui effetti sono stati perlopiù negativi sui livelli di apprendimento e sulle componenti affettive e motivazionali. E' opportuno organizzare le scienze scolastiche secondo finalità trasversali ai diversi tipi di studenti e riservare una formazione scientifica opzionale per le vocazioni scientifiche di una minoranza di individui.

Il rapporto Nuffield elenca i seguenti aspetti negativi che possono rendere un curriculum regressivo e scarsamente efficace dal punto di vista pedagogico:<sup>26</sup>

- il programma di studi appare come un catalogo di idee separate, senza coerenza e rilevanza, con una maggior enfasi sul contenuto che viene impartito senza una contestualizzazione (non viene detto di che tipo) che gli dia il significato appropriato;
- le finalità dei programmi sono poco trasparenti e non chiare per gli studenti;
- le relative procedure di valutazione sono perlopiù nozionistiche e mnemoniche, distanti dal potenziale utilizzo della conoscenza scientifica al di fuori della scuola (comprensione dei media, spiegazione dei fenomeni comuni, ecc.);
- la relazione delle scienze con le tecnologie e con le tematiche più attuali e aperte è debole e scarsamente sviluppata;
- il metodo didattico è in proporzione poco equilibrato, basato solo sulla tradizionale lezione frontale, trasmissiva e fondata sulla ricezione passiva dei contenuti.

Il documento riafferma, infine, quello che è individuato da più prospettive come il fine educativo principale delle scienze scolastiche, ovvero la bontà in sé di un'educazione scientifica che miri a far conoscere la portata, i temi, le caratteristiche e le applicazioni della conoscenza scientifica, come "miglior spiegazione disponibile del mondo materiale": quella che abbiamo denominato "declinazione culturale" dell'alfabetizzazione scientifica. In particolare, un *curriculum* rinnovato dovrebbe concentrarsi su:

1. i temi di maggior rilevanza esplicativa e la loro portata intellettuale e creativa;

---

<sup>26</sup> Osborne, Dillon (2008: 20).

2. il carattere ipotetico, sociale e non dogmatico dell'impresa scientifica;
3. gli usi e le applicazioni delle conoscenze.<sup>27</sup>

Questi contenuti – viene detto – dovrebbero costituire il nucleo di una preparazione culturale e disciplinare per tutti gli studenti, utile ai fini di una declinazione “civica” dell’alfabetizzazione scientifica e alla preparazione dei futuri professionisti del campo tecnico-scientifico. Si prospetta, insomma, un rovesciamento del tradizionale impianto pedagogico delle scienze: non un adeguamento di tutti a una scienza accademica solo per pochi, ma una scienza per tutti che oltre a coinvolgere la maggioranza degli studenti, fornisca una buona cultura scientifica generale anche a chi è dotato di una vocazione professionale e accademica per le scienze.

Anche in questo caso, come esempio di curriculum innovativo la cui costruzione è stata guidata da queste considerazioni, viene citato il *Twenty-First Century Science*, il corso di scienze diretto da Robin Millar e patrocinato proprio dalla fondazione Nuffield.

Lo scopo principale del progetto curricolare inglese è quello di implementare le idee pedagogiche innovative discusse fin qui: elaborare un curriculum di contenuti rilevanti per tutti gli studenti, rendendo quindi concreta l’idea di una *literacy* scientifica condivisa e incentrata sulle conoscenze utili a ogni cittadino e persona istruita. Come si può cogliere dagli studi di Millar (2006, 2008), confluiscono in questa iniziativa gli studi sulla *literacy* scientifica, le proposte europee e americane su una nuova educazione scientifica e l’insieme di idee (finalità della scienza nella scuola, natura della scienza, ecc.) discusse nei paragrafi precedenti.

I due principali valori alla base del cambiamento della scienza scolastica, secondo questa prospettiva, sono quello democratico (qui definito “civico”) e quello culturale: sono tali obiettivi a ridefinire le scelte contenutistiche e didattiche di programmi innovativi come quest’ultimo progetto della fondazione Nuffield (Millar, 2006: 1503).

Millar e Osborne sono ben consapevoli dell’intreccio di finalità a cui deve rispondere un curriculum di scienze per la scuola dell’obbligo: fornire un accesso per tutti alle conoscenze di base e più rilevanti e, insieme, le pre-condizioni per un percorso più specialistico nel campo delle scienze.<sup>28</sup>

La risposta del *Twenty-First Century Science* a queste esigenze è un’articolata differenziazione

---

<sup>27</sup> Osborne, Dillon (2008: 21).

<sup>28</sup> Un altro documento molto diffuso in ambito anglosassone, e non solo, firmato da Osborne e Millar (1998), aveva anticipato alle soglie del ventunesimo secolo le considerazioni ripetute nei successivi documenti UNESCO e soprattutto nel *report* della fondazione Nuffield che aveva ugualmente promosso gli incontri alla base di questa pubblicazione. In questo rapporto si trovano le proposte sviluppate poi dal progetto curricolare della Fondazione e dell’Università di York.

ne di corsi e di opzioni curricolari per le scienze (alla fine del ciclo dell'obbligo scolastico inglese), in particolare tramite un corso multidisciplinare per tutti gli studenti, dei corsi supplementari (teorici o applicativi) o un'ulteriore possibilità di articolare lo studio anche attraverso le principali discipline scientifiche separate.

L'esempio del *Twenty-First Century Science*, a cui entrambi i documenti fanno riferimento, ci permette di sollevare il complesso intreccio di aspetti pedagogici e comparati che riguardano il progetto di rinnovamento dell'educazione scientifica in senso democratico e culturale, insieme alle specificità dei sistemi educativi che ne ostacolano, o promuovono, l'implementazione. Dall'esame delle ricerche e del quadro istituzionale che entro cui si sono sviluppate le ultime iniziative inglesi in materia di riforma dei curricula di scienze si possono trarre alcuni interessanti elementi di confronto con il caso italiano.

Il contributo della ricerca e degli organismi deputati al controllo e alla valutazione dell'istruzione scolastica è, in questi casi, considerevole. Il solo progetto di Millar ha coinvolto la Fondazione Nuffield, il centro di ricerca dell'Università di York, la *Oxford University Press* e l'OCR<sup>29</sup> (*Oxford Cambridge and RSA Examinations*). A questi va aggiunta una più vasta rete di collaborazioni e finanziamenti. Come noto, inoltre, il ruolo delle università e di vari centri di ricerca e formazione è fondamentale, limitandoci sempre al caso inglese, nella preparazione degli insegnanti e nel supporto alle scuole: sviluppo dei curricula, formazione professionale e ricerca educativa (teorica e sperimentale) sono aspetti fortemente intrecciati in questo sistema educativo.<sup>30</sup> Un tale insieme di soggetti coinvolti nella sperimentazione pedagogica ha reso possibile il controllo dei vari aspetti implicati nell'ideazione e nell'implementazione dei materiali curricolari.

Anche la valutazione e la ricerca sull'implementazione del corso occupano, dunque, una posizione di rilievo pedagogico fondamentale. Nel caso specifico, due questioni sono state approfondite:

- la percezione degli studenti e degli insegnanti del grado di efficacia e rilevanza dei materiali curricolari (Millar, 2006);

---

<sup>29</sup> Il solo statuto di questa istituzione, deputata alla valutazione e al conferimento dei titoli scolastici, interessata però anche alla ricerca e all'innovazione scolastica, è una caratteristica distintiva del sistema britannico. Ogni commissione esaminatrice per le scuole era legata, in questo sistema, a un'università britannica. Quella di Oxford e Cambridge è l'unica rimasta.

[[http://en.wikipedia.org/wiki/Oxford,\\_Cambridge\\_and\\_RSA\\_Examinations](http://en.wikipedia.org/wiki/Oxford,_Cambridge_and_RSA_Examinations); <http://www.ocr.org.uk/>].

<sup>30</sup> Come già detto (nota 12), abbiamo osservato alcune di queste dinamiche in nel caso dei corsi PGCE svolti presso la *School of Education* dell'Università di Exeter. In particolare abbiamo seguito due sessioni di incontro tra tutor universitari e candidati all'insegnamento delle scienze durante il periodo di tirocinio nelle scuole. In questi incontri è emersa un'intensa e fortemente strutturata attività di scambio tra esperienze pratiche (riportate dai tirocinanti e da insegnanti con vari anni di servizio), preparazione teorica, ricerche compiute all'università e attività di formazione e consulenza dei docenti del corso.

- i dati sulle iscrizioni a corsi di scienze per il percorso successivo all'obbligo scolastico.

Anche le valutazioni utilizzate richiedono un attento esame critico. Per quanto riguarda il secondo tipo di dati, Millar (2009) ha evidenziato i primi risultati positivi del nuovo programma per la scuola secondaria inglese al livello di *General Certificate of Secondary Education* (fino a 16 anni). Nonostante un principio fondamentale di questo curriculum sia proprio quello di separare teoricamente la finalità educativa principale da quella vocazionale, il parametro usato per sondare l'efficacia dell'innovazione è l'incremento degli iscritti ai corsi avanzati di scienze al livello AS (*Advanced-Subsidiary*), primo stadio dell'*A-level* che rappresenta la fase terminale dell'istruzione scolastica inglese. Tale valutazione quantitativa è stata eseguita per un arco di tre anni (due precedenti all'implementazione e dopo un anno di sperimentazione pilota): è quindi abbastanza naturale ritenere i dati non definitivi e probanti in merito alla bontà del corso.

Il ricorso a questa fonte quantitativa, inoltre, rappresenta bene – a nostro avviso – l'ambiguità che continua ad attraversare i rapporti internazionali e le ricerche educative sul problema delle scienze nella scuola: da una parte si rintraccia la “crisi delle scienze” nel problema della dell'attitudine degli studenti verso le scienze e nei dati che riguardano le carriere scientifiche, dall'altra, viene spesso riconosciuto che la vera necessità sta nell'educazione scientifica non-vocazionale, generale e basata su degli obiettivi pedagogico-culturali di natura extra-economica.

Il caso inglese, però, ci permette di comprendere meglio il legame tra insegnamento delle scienze e carriere scientifiche. In questo sistema scolastico, infatti, vi è una relazione più forte dell'istruzione scolastica del post-obbligo con i percorsi di specializzazione universitaria. Se si registra un calo drastico di frequentanti dei corsi avanzati di scienze al cosiddetto *A-level*, diciamo l'equivalente dell'ultimo triennio di scuola italiano, come è stato per la fisica del 21% tra il 1991 e il 2000,<sup>31</sup> il problema si ripercuote direttamente sugli iscritti alle università, le cui richieste per l'ammissione si basano fortemente sull'ottenimento di un numero di *A-level* in diverse discipline studiate. Chi non sceglie le scienze dopo la scuola dell'obbligo, non potrà dunque accedere agli studi terziari in questo campo. La profonda diversità rispetto al sistema italiano è dovuta, dunque, anche al principio di opzionalità delle materie che vige in molti sistemi scolastici anglosassoni. Questo implica anche un ruolo più determinante della scuola dell'obbligo nell'indirizzare gli studenti verso le scienze, nell'incidere indirettamente

---

<sup>31</sup> Commissione Europea (2004: 8).

sugli studi scientifici avanzati e, dunque, sulle carriere scientifiche.

Per quanto riguarda l'altro tipo di valutazione dei curricula innovativi come il *Twenty-First Century Science*, i dati raccolti vengono ricavati dalle "opinioni" e dalle affermazioni – sollecitate da vari tipi di questionari – sia degli insegnanti, che degli studenti.

Tale metodo è sistematicamente utilizzato in molte ricerche educative e diversi dibattiti ne hanno affrontato le qualità epistemologiche e metodologiche, dividendo, di fatto, la comunità accademica. Per ciò che concerne gli insegnanti, le analisi basate sul metodo delle *survey* – di tipo "ibrido" (qualitativo e quantitativo) – rappresentano certamente una fonte di conoscenza molto importante; tuttavia, è proprio quel complesso di attori e procedure a cui abbiamo fatto riferimento a rendere possibile lo scambio tra i ricercatori e gli insegnanti e, quindi, la raccolta di informazioni pertinenti: nel sistema della ricerca educativa inglese, questo genere di indagini trova più facilmente i canali e le risorse per essere sviluppato. Non si vuol dire, con ciò, che non esistano in Italia indagini del genere (si vedrà più avanti una ricerca analoga sull'approccio HPS); tuttavia, non si può non rilevare il profondo iato che separa il caso italiano da quello inglese in merito all'interazione scuola-università e al supporto della ricerca e di varie istituzioni alle scuole. Questa diversità sistemica (e culturale) è resa ancora più netta da quanto si è detto in precedenza sulle scuole italiane di formazione per l'insegnamento secondario, durate circa un decennio, che hanno rappresentato una nuova soluzione istituzionale anche al rapporto tra la ricerca e l'educazione scolastica: attualmente non esiste un quadro definito per questo rapporto essenziale sia per la ricerca, che per la qualità dell'istruzione scolastica.

Per quanto riguarda, invece, la rilevazione della percezione degli studenti, si può far valere quanto affermato da un eminente studioso di didattica della fisica.

Per anni gli incontri delle società scientifiche riecheggiavano di descrizioni di nuovi corsi che erano progettati allo scopo di migliorare la cultura scientifica degli studenti universitari di materie non scientifiche, e le pagine delle riviste didattiche erano colme degli stessi argomenti. Quasi tutti i contributi presentati o pubblicati erano accompagnati da «valutazioni» delle risposte date dagli studenti a questionari tendenziosi, in cui invariabilmente le risposte dimostravano quanto gli studenti amassero il corso, considerassero utile l'esperienza di apprendimento e apprezzassero gli sforzi fatti dagli insegnanti per il loro bene. Salvo poche eccezioni, questi corsi scomparvero e vennero sostituiti da versioni più «aggiornate», ma essenzialmente identiche (e altrettanto evanescenti), che erano a loro volta accompagnate da testimonianze entusiastiche di stima da parte degli studenti. ([In nota] Vorrei chiarire che non sto deplorando le opinioni degli studenti in sé stesse, pongo però in questione l'utilizzo specioso di queste questioni da parte di insegnanti che non sono riusciti a fornire agli studenti un quadro di riferimento adeguato, in base al quale essi possono giudicare ciò che è stato e non è stato imparato). Questi numerosi tentativi hanno avuto ben poco effetto sulla cultura scientifica (Arons, 1991: 365-366).

La fondazione Nuffield e alcuni degli studiosi inglesi citati hanno utilizzato questo metodo di

ricerca in più occasioni. In particolare, vi è un importante precedente in materia di innovazioni curriculari, da cui, in sostanza, il *Twenty-First Century Science* è stato derivato. Un altro corso ideato – guarda caso – sempre dalla Fondazione Nuffield e dall’Università di York, in questo caso con la partecipazione di Osborne, era stato sperimentato pochi anni prima per il livello scolastico successivo a quello dell’obbligo (*Advanced-level*). Lo scopo di questo era arginare la disaffezione degli studenti verso il sapere scientifico. Intitolato “*Science for Public Understanding*” tale curriculum di scienze era rivolto, analogamente al “vecchio” caso americano del *PPC*, in particolare a studenti che non avrebbero altrimenti intrapreso gli studi scientifici dopo il sedicesimo anno di età.<sup>32</sup>

Vista l’obiettivo, in primo luogo, attitudinale – creare interesse e motivazione verso le scienze della scuola – in tal caso era importante raccogliere un insieme di dati sulla percezione e sulle motivazioni degli studenti. Vedremo, però, come affidarsi a questi strumenti conduce, nel caso italiano, a dei risultati in disaccordo con la percezione comune, ma anche con quanto osserva la maggior parte di insegnanti di matematica e fisica in merito allo scarso interesse e alla disaffezione verso il sapere scientifico. Come sembra suggerire Arons, le opinioni degli studenti, per quanto importanti, non sono un indice molto affidabile di qualità ed efficacia educativa di un curriculum. Non a caso, dopo la raccolta di un buon numero di risposte positive su questo corso innovativo, gli autori ammettevano la possibilità che i materiali non fossero abbastanza rigorosi<sup>33</sup> e che, aggiungiamo noi, l’obiettivo di attrarre più studenti ne aveva indebolito le qualità didattiche e contenutistiche.

Sia Osborne, che Millar, hanno sottolineato in diverse occasioni questo problema che possiamo ricondurre proprio a quanto Russo e altri critici hanno osservato per l’educazione scolastica e per le scienze. Un nuovo curriculum, basato su presupposti così diversi rispetto alle tradizionali scienze insegnate nelle scuole – si affermava nel rapporto sull’ultima sperimentazione citata – «needs to be able to defend itself against accusations that they have simplified and reduced the demands of the course and its difficulty to a point where students’ experience, as enjoyable as it is, does little to develop their knowledge or intellectual capabilities» (Osborne, Duschl, Fairbrother, 2002: 61).

L’innovazione di contenuti e metodi risponde, come visto, a due problemi. Da una parte intende ridare vigore alle motivazioni e all’interesse verso il sapere scientifico, la cui diminuzione è in parte imputata ad alcune caratteristiche della scienza scolastica; dall’altra, mira a

---

<sup>32</sup> Osborne, Duschl, Fairbrother (2002). Si veda il sito del corso: <http://www.nuffieldfoundation.org/science-public-understanding>.

<sup>33</sup> *Ibidem*: 60-61.



un'educazione scientifica meno orientata accademicamente e più incentrata su tematiche di spessore anche culturale e di pertinenza attuale (sociale e tecnologica). Questi obiettivi, uniti ad alcuni approcci pedagogici che per loro stessa natura possono essere banalizzati, male interpretati e privati di una salda base metodologico-didattica, rischiano di condurre a un impoverimento delle scienze scolastiche ancora maggiore rispetto ai programmi tradizionali, che per quanto enciclopedici e nozionistici, svolgono il ruolo minimale di essere esigenti, impegnativi e di un qualche rilievo cognitivo, così come l'attuale istruzione scolastica richiede.

Dobbiamo ammettere che, specialmente in Inghilterra e in altri paesi anglosassoni, si fa ampio ricorso a metodi e strategie didattiche povere di contenuto o poco efficaci sul piano concettuale e disciplinare.<sup>34</sup>

Ad esempio, questo problema è emerso anche dalle osservazioni delle indagini TIMSS per il caso americano.

High-interest activities designed to be fun and engaging to students (such as games, puzzles, humor, dramatic demonstrations, and outdoor excursions) were prominent in U.S. lessons, as was exposure to real-life issues related to the science content. [...] U.S. teachers did not typically use these various activities to support the development of content ideas in ways that were coherent and challenging for students (Roth, Garnier: 2006: 20).

Ovviamente metodi didattici come quelli basati sulla ricerca e sul coinvolgimento attivo di studenti, nel fare osservazioni, domande, ipotesi e nel discuterle, così come i *framework* teorici dominanti quali il costruttivismo, imparentato con questi metodi didattici, non necessariamente conducono a un impoverimento dell'educazione e delle discipline scolastiche. E' invece sensato riconoscere quanto questi derivino anche da risultati di ricerca e da una larga base empirica e di sperimentazione. Un punto critico è, inoltre, proprio questo: nonostante la bontà scientifica di alcune teorie pedagogiche, l'implementazione e la buona riuscita di innovazioni pedagogiche non ne consegue linearmente.

Spazi di rinnovamento come quelli concessi a iniziative come l'inglese *XXI Century Science* sono molto più difficili da trovare in Italia. L'opposizione e la sfiducia verso programmi fortemente guidati da teorie educative, da propositi fondati sulla ricerca e su principi di rinnovamento profondo suscitano maggiore sfiducia in un corpo insegnante che è legato a consuetudini e pratiche consolidate, ancora la sua maggiore garanzia di professionalità, e che al contempo – quale che sia il significato da attribuire a questo – è caratterizzato da una delle età

---

<sup>34</sup> Per il caso inglese, abbiamo osservato direttamente una serie di attività, dove elementi didattici e ricreativi erano ambigualmente confusi, proposte agli insegnanti per le loro lezioni, nei corsi di PGCE dell'università di Exeter. Nel caso americano, a queste tendenze alla de-concettualizzazione dell'insegnamento va aggiunta la presenza delle più disparate materie di studio difficilmente inseribili nel canone "accademico" di un liceo italiano.

medie più alte d'Europa e del mondo.<sup>35</sup>

Ciò che manca, soprattutto in Italia, è un ragionato equilibrio tra queste prospettive: la necessità di rinnovare l'insegnamento scientifico e il controllo sui possibili esiti peggiorativi di certe iniziative sperimentali, specialmente alla luce del fatto che, come molta ricerca mostra, le variabili contestuali e più in generale le culture e i sistemi educativi comportano delle differenze sostanziali, per cui è difficile avanzare soluzioni identiche che siano valide per più casi locali e nazionali.

Torneremo, nei prossimi paragrafi e alla fine della ricerca su ciò che contraddistingue l'Italia rispetto al caso inglese; le peculiarità di quest'ultimo, tuttavia, sono state determinanti per l'ideazione/implementazione delle innovazioni e delle ricerche a cui i documenti internazionali fanno riferimento.

E' importante sottolineare, in questo paragrafo, i problemi più generali di queste iniziative di innovazione curricolare. Il primo problema riguarda la necessità di sviluppare queste innovazioni e le loro ricadute in una prospettiva a lungo termine; sarebbe vano cercare di sondare in pochi anni un rinnovamento del *curriculum* la cui implementazione stessa richiede un certo arco di tempo. Se, da una parte, si può cambiare la pedagogia degli insegnanti senza intaccare i programmi e le risorse del curricolo, dall'altra è difficile rendere un nuovo impianto dei contenuti efficace senza modificare anche i metodi didattici impiegati. Da ciò consegue la difficoltà di modificare in profondità l'insegnamento: intervenire sulla qualità degli insegnanti, sulle pratiche consolidate, sui metodi pedagogici e di valutazione, richiede molto più tempo e risorse rispetto all'ideazione di nuovi materiali curricolari.

Quest'ultimo punto spiega in parte la poca rilevanza ed efficacia di molte innovazioni curricolari. Inoltre, vanno tenute in considerazione la stabilità e la poca flessibilità delle pratiche didattiche degli insegnanti, per cui ogni genere di innovazione pedagogica e curricolare risulta difficile da implementare in maniera duratura. Questa mancanza di flessibilità – aggiungiamo – non ha solo un valore negativo di conservatorismo pedagogico, ma risponde anche a una giusta logica professionale di rispetto di tradizioni e pratiche consolidate, logica preponderante nell'educazione scolastica, e di consuetudine didattica acquisita attraverso lunghi periodi di lavoro in classe. In particolare in Italia, sembra prevalere questa “etica” professionale dell'insegnamento; preponderante e, pericolosa, sembrano, sempre dal punto di vista italiano, il controllo e l'intervento di molti progetti anglosassoni sulla professionalità e sull'autonomia degli insegnanti.

---

<sup>35</sup> Per questo dato, si veda Cavalli, Argentin (2010: 23).

Come suggerito, dunque, la complessità e la stretta interdipendenza dei fattori coinvolti nel cambiamento educativo sono il vero nodo delle innovazioni didattiche e dei problemi che riguardano l'insegnamento delle scienze.

Da ciò consegue che le raccomandazioni del rapporto Nuffield siano, in modo analogo a quanto emerso nel documento UNESCO, ambiziose e problematiche.

Infatti, Osborne e Dillon parlano di un cambiamento dell'intero sistema didattico: sono auspicabili alcuni cambiamenti curriculari, basati su materiali innovativi e su profonde ristrutturazioni dei contenuti; questi cambiamenti curriculari rispondono, primo, sull'esigenza di presentare le scienze in maniera integrata a livello secondario (fino a sedici anni per il sistema inglese e simili), secondo, alla necessità di ripensare i contenuti sviluppati accademicamente in maniera più flessibile, centrata su grandi tematiche portanti, sulla natura della scienza e sulle sue ricadute sociali e tecnologiche. A sostegno di queste innovazioni contenutistiche, il documento avanza alcune proposte per la pedagogia, innanzitutto proprio tramite la valorizzazione di un metodo "*inquiry based*": un approccio meno basato sulle lezioni frontali e più centrato sullo studente e su un sistema di indagine fatto di ipotesi, domande e ricerca, messo al centro della didattica.

Altre raccomandazioni – che riportiamo solo per completezza – riguardano la valutazione, sostenendo in parte alcune perplessità sulle valutazioni internazionali e "di sistema", e infine, punto cruciale, la formazione e il reclutamento degli insegnanti.

Non esamineremo questi vari elementi pedagogici del problema, ma ci atterremo in particolare, visto il punto di vista epistemologico di questa ricerca, al piano delle scelte curriculari e delle conoscenze incluse nella cultura scientifica della scuola. Queste vanno incluse, però, nelle caratteristiche istituzionali dell'istruzione secondaria di secondo grado italiana.

#### *1.4. Il caso italiano: confronto con i problemi e le strategie dei rapporti internazionali*

##### *1.4.1. Innovazione del curriculum di scienze: alcune specificità della scuola superiore italiana*

Specialmente nel quadro dell'istruzione italiana, il progetto centrale della ricerca sull'educazione scientifica degli ultimi decenni, ovvero quello di una generalizzazione e de-professionalizzazione della cultura scientifica scolastica, si rivela essere molto più problematico rispetto ai sistemi educativi di altri paesi, in particolare rispetto a quelli in cui quella ricerca è nata e ha ricevuto cospicue risorse materiali e intellettuali.

Il motivo non risiede solamente in un fattore "culturale" che contraddistingue l'Italia, ovvero-

sia il carattere problematico della ricerca educativa e del suo quadro istituzionale, la scarsa accettazione di riforme e innovazioni che potremmo definire “*research-based*”, il ritmo discontinuo, contraddittorio e ideologicamente connotato delle riforme strutturali del sistema educativo, del curriculum e della formazione della classe docente.

Un altro fattore rende difficile, perfino discutibile, la realizzazione dell’ideale di una “scienza per tutti” che la filosofia, la pedagogia e la ricerca sociale hanno definito negli ultimi decenni, senza tuttavia raggiungere criteri, definizioni e diagnosi univoche. Possiamo definirlo un fattore “strutturale” del sistema scolastico italiano, che si presenta, a livello secondario, maggiormente differenziato rispetto ai paesi anglofoni, più fondato su una specializzazione del percorso di istruzione lungo indirizzi nettamente distinti.

A prescindere dall’attuazione in Italia dell’obbligo scolastico fino sedici anni o dell’obbligo formativo fino a diciotto, la struttura della scuola superiore rimane fortemente differenziata. I criteri per un’educazione uniforme estesa fino al sedicesimo anno di età sono abbastanza deboli, perlopiù programmatici, e gli esiti dei diversi percorsi scolastici rimangono sensibilmente differenziati e connotati dal punto di vista sociale e culturale.

Ad esempio, il dibattito politico e l’attività riformatrice nel Regno Unito, riguardante l’unificazione della scuola secondaria, ovvero del percorso obbligatorio dagli undici ai sedici anni, risale a qualche decennio prima dell’attuazione in Italia della scuola media unitaria nel 1962, sebbene l’implementazione di tale forma sia stata più graduale, tra gli anni Sessanta e Settanta, e non generalizzata come nel caso della scuola media italiana.<sup>36</sup> Come noto, dall’istituzione delle *comprehensive school* in Inghilterra e in altre parti del Regno Unito, la percentuale maggiore degli studenti fino ai sedici anni è stata educata attraverso questo canale uniforme e comune, con piccole percentuali iscritte in scuole private di vario tipo e nelle vecchie *grammar school*.<sup>37</sup> In Italia, dopo l’unificazione della scuola media, a quattordici anni gli studenti hanno differenziato i loro percorsi scolastici attraverso i diversi indirizzi della scuola media superiore.

Per questo, alcune idee espresse nei due documenti visti non risultano così ineccepibili per il caso italiano. Una volta istituita la scuola media unificata, infatti, i programmi di scienze sono stati congegnati direttamente per una formazione trasversale, senza distinzioni di alcun tipo, mentre la scuola superiore ha fornito un sistema diversificato con opportuni canali per la “specializzazione” nelle scienze. In particolare l’educazione scientifica si è articolata secondo i due canali principali dell’insegnamento delle scienze “accademiche” nei licei scientifici e

---

<sup>36</sup> Rescalli (1995: 3-57).

<sup>37</sup> Va segnalato, comunque, che il *National Curriculum* risale solo al 1988.

delle specializzazioni tecnico-scientifiche negli istituti tecnici.

Negli ultimi quindici anni circa, ha fatto capo anche in Italia una discussione sulle possibili attenuazioni a un sistema secondario fortemente differenziato e basato sulla selezione, insomma su una scuola secondaria meno selettiva e di tipo comprensivo, ma con esiti perlopiù teorici che hanno inciso scarsamente sull'organizzazione effettiva dei percorsi successivi alla scuola media. Soprattutto con l'attuazione di un obbligo scolastico fino ai sedici anni è emerso il problema di un biennio secondario più trasversale, non caratterizzante e soprattutto con dei canali di passaggio da un indirizzo all'altro che permettano, proprio come anche i *report* visti suggeriscono, la possibilità di ripensare il proprio percorso scolastico e ri-orientare le proprie scelte verso percorsi diversi, anche in merito alle discipline scientifiche.

E' attraverso questo sistema che l'istruzione italiana ha assunto le sue specificità e anche alcuni dei suoi punti di forza, ritenendo opportuno evitare un'educazione uniforme dopo la vecchia età dell'obbligo (quattordici anni) e attraverso l'offerta di percorsi rispondenti alle diverse vocazioni e attitudini intellettuali. Il problema per altri paesi infatti, pensiamo ad esempio sempre al caso inglese, è stata proprio la difficoltà per studenti diversi di seguire lo stesso tipo di educazione secondaria dell'obbligo, con il risultato di classi e situazioni scolastiche complicate che hanno generato problemi di tipo disciplinare e che hanno avuto come risultato un generale livellamento al ribasso dell'istruzione secondaria pubblica. D'altra parte, in Italia, i canali della formazione secondaria hanno mantenuto una forte connotazione sociale, per cui si può dire in prima istanza che poco ha influito la scuola sulla mobilità sociale e i diversi indirizzi hanno rappresentato non solo diverse vocazioni, ma anche diverse qualità dell'istruzione, seppur con notevoli eccezioni, e una disparità nelle possibilità offerte al termine del ciclo scolastico.

Per questa specificità del sistema italiano, molte esperienze e sperimentazioni elaborate a livello internazionale, su cui gran parte delle considerazioni compiute dagli studiosi citati si basano, perdono alcune delle loro principali motivazioni di fondo.

E' in parte il caso dello stesso corso di scienze citato di Millar e colleghi, che si fonda su molte delle considerazioni presenti nei due *report* visti: una forte integrazione delle discipline scientifiche; un'accurata articolazione tra gli aspetti concettuali fondamentali, in cui i concetti sono sempre accompagnati da idee sulla natura della scienza, da un'attenzione sostanziale alle relazioni con le tecnologie e con le questioni attuali di pertinenza socio-economica; soprattutto, l'idea di un curriculum di scienze per tutti a cui si aggiungono corsi opzionali che introduco-

no al livello avanzato.<sup>38</sup>

L'insegnamento delle scienze integrate permane in Italia anche a livello di scuola superiore; gli stessi nuovi programmi e quadri orari attuati nel 2010 lo prevedono per i bienni degli istituti tecnici (con l'accento su "fisica e chimica" o, per alcuni indirizzi, su "biologia e scienze della terra"). Anche al livello liceale, l'insegnamento "scienze naturali" viene presentato come integrato, sebbene tradizionalmente si sia sempre preservata una certa separazione disciplinare tra biologia, chimica e scienze della terra. I nuovi programmi rinforzano l'idea di un'integrazione dei contenuti tra queste tre discipline, da cui va esclusa quindi la fisica che mantiene un monte orario separato per tutti i licei: per un quinquennio nel caso dello scientifico, per il solo triennio superiore negli altri indirizzi. Rimane difficile pensare a una reale implementazione del corso di Millar nel contesto italiano, fatto di percorsi più caratteristici, ma anche di strutture disciplinari più forti e di programmi rigidamente fissati. Dunque, l'idea di un corso integrato di scienze, interdisciplinare, fondato sugli obiettivi e sugli strumenti visti, risulta difficilmente esportabile tra contesti scolastici diversi. Nonostante alcune interessanti caratteristiche del corso di Millar, è evidente la necessità di ripensare *ex-novo* strumenti curriculari del genere per il contesto della scuola superiore italiana, maggiormente articolata rispetto ai vari sistemi anglosassoni di *high school* e *comprehensive school*. Permane la possibilità di desumere alcuni principi e degli elementi che la ricerca educativa sulle scienze ha suggerito al *XXI Century Science*. Rimangono infatti inesplorate nel caso italiano le possibilità che questo corso tenta di realizzare, come l'inserire diversi tipi di contenuti per affrontare la natura della scienza, alcune relazioni con le tematiche di rilievo sociale. Sebbene in un diverso contesto, quindi, sarebbe auspicabile che all'interno degli indirizzi meno scientificamente orientati della scuola superiore si pensassero corsi di scienze simili al *XXI Century Science*, in prospettiva interdisciplinare, sganciando maggiormente i contenuti dalla formalizzazione astratta (altra caratteristica del corso), fornendo conoscenze utili, generali e stimolanti per chi, si presume, non seguirà una carriera scientifica.

Con un'analisi più ravvicinata di contenuti, programmi e testi, nel caso della fisica, cercheremo di entrare meglio nel merito delle specificità curriculari con cui un'innovazione didattica del genere deve confrontarsi nella scuola superiore italiana.

Prima è opportuno discutere alcuni dei problemi che i due documenti visti hanno individuato, nel caso della scuola italiana e dell'educazione scientifica nello specifico sistema di istruzione

---

<sup>38</sup> Ci basiamo in particolare qui sull'esempio del volume *Twenty first century science: GCSE physics textbook* (si veda la bibliografia dei manuali di fisica), testo opzionale per la fisica, che aggiunge dei capitoli ai temi trattati nella parte generale per tutti gli studenti.

secondaria.

Si possono estrapolare dalle analisi dei documenti internazionali Nuffield e UNESCO diversi nuclei di criticità per l'educazione scientifica scolastica e per il sistema della cultura e della ricerca scientifica nella sua globalità e nel suo rapporto con le istituzioni formative:

1. interesse per la scienza e carriere scientifiche
2. rapporto tra educazione generale e vocazionale
3. qualità della comprensione e delle competenze in campo scientifico

I due *report* visti forniscono il quadro internazionale in cui inserire le specificità del contesto italiano riguardo, in modo particolare, ai primi due ambiti di problemi.

Al di là di alcune proposte interessanti e stimolanti che la ricerca ha prodotto in materia pedagogica, filosofica o di altro tipo, è bene investigare più a fondo il senso della “crisi” nel campo dell'educazione scientifica. Con ciò si vuole dire: qual è il vero *status* dell'educazione scientifica scolastica in Italia? Quali sono i reali problemi che affliggono la comunità scientifica in merito alle risorse culturali e umane che vengono formate e su cui vengono compiuti degli investimenti? Quali sono le reali dimensioni dei problemi in esame?

In fondo, osservando la scuola e la cultura scientifica in Italia, tramite il dibattito pubblico, le ricerche e i contenuti dei mezzi di comunicazione, la varietà e il tipo di problemi sembrano di ben altre proporzioni e poco attinenti alla ricerca pedagogica, al valore degli studi scientifici in sé o di altre discipline, come la storia e la filosofia della scienza, per migliorare l'insegnamento e l'apprendimento delle scienze.

Esiste una “retorica” della crisi delle scienze scolastiche, riguardante il posto della scienza nella società e nell'istruzione. Il caso esemplare degli Stati Uniti testimonia un processo storico ciclico di messa in discussione del sistema educativo e dell'insegnamento delle scienze, basato su motivazioni invariante e contingenze storiche più o meno variabili, a cui si è risposto con soluzioni diverse ma spesso affini. Il risultato di questi dibattiti è stato, in primo luogo, quello di mobilitare risorse e sforzi investigativi verso l'istruzione e la ricerca educativa. Nel caso europeo e in merito agli ultimi vent'anni, si ripresenta una situazione analoga con il tipico sintomo dei “*report a cascata*”, cioè di svariate prese di posizione e pronunciamenti del mondo accademico e delle istituzioni sullo stato di crisi e sui problemi dell'istruzione e dell'educazione scientifica. Nel quadro di questo clima, marcato anche da retorica e preoccupazioni volta a difendere i fondi, oltre che le risorse umane e la qualità della cultura educativa e scientifica, si può cercare di chiarire meglio lo spessore e la portata della vera “crisi” riguardante le scienze e la scuola in Italia.

#### 1.4.2. I dati sull'educazione scientifica: interesse per la scienza e carriere scientifiche

Si cercherà in quanto segue di dare un quadro generale della formazione scientifica in Italia tra la scuola secondaria e l'accesso agli studi terziari, rileggendo i dati, alcune tendenze complessive e attingendo ad alcune indagini presenti nel panorama nazionale ed europeo. Lo scopo è quello di fare chiarezza sui problemi che i documenti analizzati hanno individuato a livello globale e continentale. L'interpretazione proposta di questo quadro servirà per la trattazione successiva, riguardante parte della scuola secondaria di secondo grado italiana e il caso specifico della fisica, delle innovazioni e delle prospettive pedagogico-filosofiche che la riguardano.

I due elementi dell'interesse per gli studi e dell'accesso alle carriere nel settore "scienza e tecnologia" (S&T) sono spesso presentati in modo correlato o comunque con una qualche relazione di pertinenza. L'interesse degli studenti per le materie scientifiche è un indicatore sostanzialmente più generico e generale dei numeri sulle carriere professionali e accademiche in S&T. Abbiamo però solamente due modi per avere un'immagine delle dinamiche e degli aspetti anche qualitativi riguardanti il rapporto degli studenti con la scienza: la rilevazioni delle opinioni soggettive, da una parte, i dati su immatricolazioni, lauree, specializzazioni e impieghi nell'ambito S&T.

Come anche il rapporto Nuffield afferma, il problema dell'interesse – la mancata capacità delle scienze scolastiche di attrarre e coinvolgere gli studenti – non può che esacerbare un'eventuale penuria di percorsi scientifici scelti per gli studi universitari e per le carriere professionali.

Ammesso ciò, si tratta comunque di due problemi ben distinti, su cui non è detto che si possa avere una soluzione comune, né tanto meno è chiaro – ribadiamo – se si tratti davvero di problemi a cui devono rispondere direttamente l'innovazione pedagogica, l'insegnamento e le istituzioni scolastiche pre-universitarie.

Le rilevazioni compiute da più soggetti istituzionali confermano, negli ultimi due decenni, un effettivo indebolimento e una perdita di peso relativo e assoluto delle materie scientifiche a livello universitario, specialmente per quel che riguarda le facoltà di scienze "pure", matematica e fisica *in primis*. L'OCSE, che si è impegnata nella rilevazioni dei dati su S&T e sulle relative scelte accademiche e professionali, ha anche affrontato la questione "soggettiva" dell'interesse e dei valori assegnati alle scienze da parte della popolazione dei giovani. Diverse sono le precauzioni e le considerazioni su questa relazione che accompagnano l'interpretazione dei dati ottenuti al riguardo. Tralasciando qui le difficoltà strettamente meto-



dologiche nella raccolta di dati comparati su campioni di diverse nazioni, ci sono alcune riserve sul rapporto tra interesse e carriere che la stessa OCSE ha avanzato nel 2006.<sup>39</sup> Da una parte i dati sulle immatricolazioni, uniti ai tassi di abbandono e di cambiamento di percorso formativo, non forniscono un'indicazione chiara sull'interesse verso le scienze. Il prestigio delle scienze accademiche, ricorda l'OCSE, rimane elevato; il numero di posti disponibili e le difficoltà degli studi scientifici sono elementi che incidono sul numero reale di studenti universitari in S&T. Potrebbero darsi i casi, insomma, per cui un declino del numero di studenti orientati verso S&T non produce un effettivo decremento di immatricolazioni universitarie, o viceversa, il numero limitato di posti non permette di ottenere un incremento dovuto a un numero maggiore di studenti che sceglie un percorso accademico in S&T.

In linea generale, nonostante una ormai pluri-dichiarata perdita di prestigio della ricerca scientifica e di fiducia incondizionata verso la figura dello "scienziato", il valore, l'importanza e la caratura intellettuale delle professioni S&T e degli scienziati rimangono largamente positive, insieme alla consapevolezza dell'importanza cruciale di S&T nel mondo odierno. A questa scala di valori non corrisponde una stima altrettanto positiva delle carriere professionali in questo ambito, soprattutto in merito al rapporto tra difficoltà e impegno, da una parte, remunerazioni e carico della vita lavorativa, dall'altra.<sup>40</sup> Avanzate queste precauzioni, l'OCSE segnala, tra i fattori che incidono su interesse e accesso agli studi scientifici superiori (terziari), la qualità, la struttura e le risorse umane dell'educazione scientifica scolastica, rimarcando il peso positivo di elementi quali la flessibilità, l'attualità e la rilevanza sociale dei curricula scolastici, insieme agli effetti negativi di un approccio pedagogico astratto e nozionistico nella formazione delle motivazioni verso gli studi e il lavoro in ambito S&T.

Al livello internazionale e comparato, esistono principalmente due indagini quantitative sulle visioni personali degli studenti e sull'interesse verso le scienze: i già citati PISA (dell'OCSE) e il progetto ROSE. Un'interpretazione pressoché unanime dei dati di queste ricerche riguarda il rapporto tra sviluppo economico e atteggiamento verso il sapere scientifico e, insieme, tra questo atteggiamento e i punteggi ottenuti sulle prove di competenza. Lo stesso rapporto Nuffield richiama l'indagine TIMSS 1999,<sup>41</sup> dove emerge che nei paesi con più bassi livelli di

---

<sup>39</sup> OCSE (2006b).

<sup>40</sup> *Ibidem*: 8.

<sup>41</sup> *Trends in International Mathematics and Science Study*, studio condotto dalla *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*. Le rilevazioni sono state compiute nel 1995, 1999, 2003, 2007 e 2011. Questa indagine hanno coinvolto dai 40 agli oltre 50 paesi del mondo, concentrandosi sul quarto grado della scuola primaria e sull'equivalente grado della terza media italiana (ottavo grado). La versione "advanced" di TIMSS, nel 2008, ha condotto una ricerca analoga, molto approfondita, sugli studenti di dieci nazioni, inclusa l'Italia, all'ultimo anno di scuola (18/19 anni), replicando l'indagine del 1995 sulla scuola del post-obbligo. Solo

competenza, che perlopiù si collocano tra le nazioni economicamente meno avanzate, l'atteggiamento verso S&T risulta più positivo; in sostanza, una percentuale maggiore di studenti appartenenti ai paesi meno sviluppati esibisce delle attitudini positive verso il sapere tecnico-scientifico. Le stesse considerazioni emergono dalle indagini PISA. Alcuni numeri di PISA 2006 (fig. 2), che per la prima volta era incentrata sulla competenza scientifica (rispetto a matematica e lettura, comunque sempre presenti) e inseriva tra le prove alcune domande riguardanti atteggiamenti e disposizioni verso le scienze (scolastiche e a livello generale), mostrano le relazioni tra interesse, *performance* e livello economico anche all'interno del caso italiano.

Gli studenti del sud Italia mostrano atteggiamenti più favorevoli verso la scienza in generale, nonostante i loro risultati siano inferiori a quegli degli studenti del centro-nord nei *test* di PISA. Il meridione presenta valori decisamente più alti per tutti gli ambiti, in particolare anche nella stima delle proprie capacità di studiare e comprendere le discipline scientifiche, nonostante i punteggi PISA riportino risultati inferiori per questi studenti. A parte le differenze tra varie parti dell'Italia, si nota la media generale, sempre superiore a quella OCSE, per tutti e tre gli ambiti su cui sono state sollecitate le attitudini degli studenti quindicenni. A questo dato vanno accostate le medie generali sulla *literacy* scientifica ottenute in Italia, che sono inferiori alla media OCSE. Ciò vale, ad esempio, per PISA 2006 e PISA 2009.<sup>42</sup>

	Valore personale della scienza	Concetto di sé	Piacere della scienza
Italia	+0,16	+0,16	+0,12
Media Ocse	0,00	0,00	0,00
Nord-Est	+0,06	+0,04	+0,05
Nord-Ovest	+0,03	+0,01	-0,01
Centro	+0,15	+0,19	+0,20
Sud	+0,26	+0,27	+0,14
Sud Isole	+0,27	+0,29	+0,23

**Fig. 2.** Le risposte sono sistemate in una scala quadripartita da “molto in disaccordo” a “molto d'accordo”. I tre raggruppamenti prevedono un gruppo di domande inerenti a “valore personale della scienza” (utilità, importanza, pertinenza extrascolastica,...), “concetto di sé” (attitudini e comprensione dei contenuti) e “piacere della scienza” (interesse, piacere e soddisfazione nello studiare le scienze). La tabella mostra le differenze tra le medie (sugli indici delle risposte) delle macroregioni di tutta l'Italia rispetto allo zero fissato sulla media OCSE.<sup>43</sup>

E' interessante vedere alcune delle domande di questa sezione delle rilevazioni OCSE. Charamente le cifre sono abbastanza grossolane e sarebbe possibile entrare in maggiori dettagli

---

per cinque paesi di TIMSS 2008 *Advanced*, tra cui l'Italia, è stato possibile comparare i dati con le precedenti rilevazioni TIMSS.

<sup>42</sup> OCSE (2007, 2010).

<sup>43</sup> Immagine tratta e modificata da Gasperoni (a cura di, 2008).

sulla ripartizione delle risposte, sulla significativa variabilità dovuta a fattori geografici, di genere e in particolare di provenienza scolastica (licei, tecnici, professionali).<sup>44</sup> Una notevole variabilità si ritrova tra maschi e femmine, specialmente quando si entra nel merito dei contenuti, per cui una considerazione generale sull'interesse diventa ancora più astratta e non fornisce un'immagine così definita della questione. Andrebbero distinti gli argomenti che più suscitano interesse e motivazione allo studio e queste analisi disaggregate mostrano sostanzialmente una divergenza tra i generi: i maschi sono più orientati ad argomenti anche astratti o ricchi di rilievo tecnologico, la femmine sono più inclini a tematiche biologiche e inerenti alle applicazioni mediche o rilevanti anche per le scelte e i comportamenti personali.<sup>45</sup>

Le cifre (fig. 3) indicano comunque, da parte degli studenti italiani, un atteggiamento abbastanza favorevole verso le discipline scolastiche, con una buona fiducia verso le proprie capacità di comprensione, l'interesse verso i contenuti e l'idea che questi abbiano una qualche rilevanza dopo e fuori la scuola.

	(%) ITALIA	OCSE
1) Quando sarò adulto/a utilizzerò le conoscenze scientifiche in molti modi	64	59
2) Quando avrò finito la scuola avrò molte opportunità di utilizzare le mie conoscenze scientifiche	76	57
3) Quando mi spiegano i contenuti delle materie scientifiche capisco i concetti molto bene	64	59
4) Mi interessa imparare argomenti che riguardano le scienze	73	63
5) Mi piace leggere di argomenti scientifici	59	50

**Fig. 3.** Riportiamo le percentuali di studenti con motivazioni e visioni positive nei confronti della scienza (d'accordo/molto d'accordo), confrontando l'Italia con la media OCSE. Abbiamo selezionato alcune tra le

<sup>44</sup> Gasperoni (a cura di, 2008: 39-42).

<sup>45</sup> Cfr. ad esempio Neresini, Crovato, Saracino (2010: pp. 51-52). Distinzioni dei contenuti più motivanti tra maschi e femmine sono riportate anche nel rapporto Nuffield (Osborne, Dillon, 2008: 16). Per esempio, maschi: esplosivi chimici, sensazioni in assenza di gravità, funzionamento bomba atomica, effetti e funzionamento armi chimiche e biologiche, buchi neri, supernove e altri oggetti astrofisici; femmine: natura e significato dei sogni, cure e meccanismi del cancro, principi del primo soccorso medico, *fitness* e attività fisica, trasmissione sessuale di malattie.

diverse domande poste in PISA 2006 in modo trasversale ai tre ambiti motivazionali indagati.

A conferma di quanto detto, al basso livello di competenza scientifica degli studenti italiani – per PISA 2006 piazzati dietro tutti i paesi europei, esclusi Bulgaria, Romania, Grecia e Portogallo – corrispondono pareri positivi sul valore della scienza nella società e all’interno del percorso educativo.

Con un campione di gran lunga inferiore, ma esaminando più dettagli su interessi e motivazioni degli studenti, l’indagine ROSE, condotta in Italia da Observa nell’anno scolastico 2008/2009<sup>46</sup>, è a grandi linee in accordo con i risultati di PISA 2006.

Più di tre studenti su cinque (68,1%) afferma che le lezioni di scienze hanno aumentato la loro curiosità (molto o abbastanza) verso argomenti scientifici di punta (“non ancora spiegati”).

Il 70,5% è abbastanza o molto interessato alle materie scientifiche scolastiche; solo uno studente su quattro crede che quello che apprende negli studi scientifici scolastici avrà poca rilevanza nella sua vita quotidiana, mentre il 44,9% risponde allo stesso quesito con “abbastanza” e il 19,7% con “molto”. Ovviamente si nota una significativa variabilità di questi atteggiamenti tra scuole secondarie diverse. Ad esempio nei licei “umanistici” e scientifici si attribuisce sempre una certa importanza alla scienza scolastica ma, ovviamente, l’interesse è piuttosto diverso e maggiore per chi ha scelto scienze e matematica come materie caratterizzanti il proprio percorso secondario. Gli istituti professionali mostrano i valori minimi per ogni aspetto indagato su “importanza” e “interesse”; l’unico valore più alto, rispetto a licei e istituti tecnici, è la percezione delle difficoltà nello studiare le scienze.<sup>47</sup>

Da queste poche cifre si può comunque convenire con l’affermazione che le scienze sono percepite come importanti, specialmente per alcuni problemi contemporanei di rilevanza tecnologica, medica e sociale. Anche le discipline scolastiche non vengono viste sotto una luce così negativa, come solitamente le retorica dell’innovazione pedagogica sostiene. Un dato certo è, invece, che a queste attitudini soggettive, non corrisponde sempre una scelta orientata verso l’ambito S&T. I motivi sono sostanzialmente due: il primo, che viene anche evidenziato nelle indagini viste, riguarda le opportunità professionali che vengono attribuite a questo ambito, specialmente secondo un rapporto tra difficoltà e possibilità offerte; il secondo, consiste probabilmente in una “selezione naturale” che si compie nel percorso formativo e che vede quindi una parte minoritaria di quegli atteggiamenti positivi realizzarsi in un effettivo impegno

---

<sup>46</sup> Neresini, Crovato, Saracino (2010): il campione è di 1445 studenti di seconda superiore: 76% di 15 anni, 13,4% di 16 anni e 8,9% di 14 anni. Il 72,6% del campione sono studenti di liceo, il 29% di istituti tecnici e il restante 8,4% di istituti professionali.

<sup>47</sup> Neresini, Crovato, Saracino (2010: 58-60).

post-scolastico in ambito S&T.

Attingendo a un'altra fonte di dati, si può considerare l'aspetto intermedio tra le visioni e gli interessi sulla scienza, da una parte, e l'effettiva intrapresa di un percorso universitario in questo ambito, dall'altra. Siamo ancora nel campo delle "opinioni" degli studenti, ma su un territorio meno instabile, dove probabilmente i soggetti dell'indagine hanno elementi più oggettivi e concreti per esprimere le loro preferenze e, in questo caso, i loro piani per il futuro.

La situazione indagata per la Commissione Europea, attraverso le statistiche dell'Eurobarometro (2008), ha infatti riguardato anche il rapporto dei giovani con la scienza.

I dati del 2008 mostrano le distribuzioni percentuali (su oltre 25.000 ragazzi) di risposte alla domanda "stai considerando di intraprendere gli studi in questo ambito disciplinare per ottenere un lavoro che richieda questo tipo di formazione?". Nel caso delle scienze naturali, l'Italia si situa vicino alla media dei ventisette paesi europei per quanto riguarda la risposta "sicuramente no", con una percentuale del 54,4% (EU-27, 54,2%); la percentuale di "probabilmente sì" è di 17,5 (vicino alla media europea di 15%). Dove si discosta significativamente dalla media è per quanto riguarda i "sicuramente sì", con un 5,5% rispetto a 9,7%. Per ciò che concerne chi è sicuro di intraprendere lo studio delle scienze naturali per ottenere un lavoro in questo ambito, l'Italia condivide dei valori inferiori con le nazioni più sviluppate economicamente, secondo il *trend* menzionato che diversi studi hanno messo in evidenza. In particolare però, tra i ventisette paesi, solo l'Olanda (5,3%), il Regno Unito (4,2%) e l'Irlanda (6,4%) sono vicini alla percentuale italiana. Germania e Francia, comunque al di sotto di tutti gli altri paesi europei, hanno entrambe l'8,7% di ragazzi che si dichiara sicuro di compiere questo tipo di scelta. Una situazione simile, per l'Italia e in generale, si riscontra per la matematica e per l'ingegneria.<sup>48</sup>

Le opinioni soggettive degli studenti sulle possibilità offerte dagli studi scientifici hanno un certo grado di realtà, ma si fondano anche su una visione distorta e poco informata. Di qui la necessità, evidenziata anche dal rapporto Nuffield, di un impegno verso l'informazione e l'orientamento dei giovani nei confronti delle possibilità lavorative in campo S&T.

D'altra parte, in Italia, il basso livello di fondi in ricerca e sviluppo rende davvero problematico un adeguato sviluppo professionale dopo gli studi scientifici: sempre più persone formate in ambito scientifico percorrono una strada professionale che tende a discostarsi dalle aspettative *ex-ante* sul tipo di studi scelti.

L'indagine longitudinale, compiuta in Italia dal consorzio AlmaLaurea, sugli studenti laureati

---

<sup>48</sup> Eurobarometro (2008:167, 169, 171).

e gli sbocchi occupazionali mostra, in certa misura, gli esiti della formazione scientifica per il collocamento nel mercato del lavoro. Consultando la banca dati di AlmaLaurea, si può evincere che circa tre studenti su quattro nell'ambito di "fisica, matematica e scienze naturali" punterebbe a lavorare nel settore di ricerca e sviluppo.

Se si prende il caso più critico, che qui ci interessa, delle discipline scientifiche "tradizionali", come fisica, matematica e scienze naturali, nonostante non si evinca una cronica insoddisfazione per gli esiti lavorativi del percorso di studi universitario, emerge un certo disallineamento, seppur non drammatico, tra contenuti della formazione e l'effettivo tipo di impiego, specialmente se si fa un confronto con le risposte di tutti i laureati (totale AL). Le tabelle mostrano le rilevazioni del 2007, a uno, tre e cinque anni dalla vecchia laurea magistrale.

Questi dati mostrano come per le scienze "pure", a un certo prestigio sociale e intellettuale degli studi, non corrisponda un altrettanto prestigioso valore professionale, considerando che dalle rilevazioni emerge che in questo settore le scelte universitaria vengono compiute per motivi sia professionali che culturali.

9. UTILIZZO E RICHIESTA DEL TITOLO NELL'ATTUALE LAVORO	laureati 2006 ad UN anno		laureati 2004 a TRE anni		laureati 2002 a CINQUE anni	
	SCIENZE	Totale AL	SCIENZE	Totale AL	SCIENZE	Totale AL
<b>Utilizzo delle competenze acquisite all'università (%)</b>						
In misura elevata	42,1	44,4	47,1	47,2	53,1	51,1
In misura ridotta	36,7	39,5	39,2	41,2	36,3	39,5
Per niente	20,8	16,0	13,7	11,6	10,7	9,3
<b>Richiesta del titolo per l'attività lavorativa (%)</b>						
Richiesto per legge	33,3	31,9	45,6	36,5	50,2	42,5
Non richiesto ma necessario	20,4	17,2	17,7	19,6	14,7	17,9
Non richiesto ma utile	31,7	38,1	27,1	34,9	28,7	32,8
Non richiesto né utile	14,7	12,8	9,5	9,0	6,4	6,8
<b>Tipo di laurea necessario per l'attività lavorativa (%) <sup>(1)</sup></b>						
Esclusivamente il tipo di laurea conseguito	31,6	42,0	25,7	40,4	22,8	42,3
Una laurea di una specifica area disciplinare	65,4	51,9	70,5	52,4	73,9	52,1
Una laurea qualsiasi	3,0	5,9	3,7	7,1	3,3	5,5

**Fig. 4.** Tabella ottenuta interrogando la banca dati di AlmaLaurea per la condizione lavorativa dei laureati pre-riforma a uno, tre, cinque anni dalla laurea nel 2007. Selezionati i dati nazionali per la Facoltà di scienze matematiche, fisiche e naturali.

Solo dopo cinque anni, si supera il 50% di laureati che utilizza in misura elevata le proprie competenze, in un lavoro che richiede il titolo di laurea relativo per legge, valore comunque sopra la media degli altri percorsi di studi. Inoltre, le percentuali di chi impiega effettivamente il titolo conseguito sono notevolmente inferiori a quelle di tutti i laureati, un dato che forse è dovuto al peso degli altri percorsi universitari che sfociano in profili professionali canonici e rigorosamente definiti (medici, avvocati, ecc.). A cinque anni alla laurea, solo il 22,8% dei laureati in scienze naturali, fisiche e matematiche, svolge un lavoro dove si impiega il titolo di

laurea ottenuto, rispetto a un 42,3% per tutti i laureati; d'altra parte il lavoro richiede comunque competenze di una specifica area disciplinare in misura maggiore rispetto alla media degli altri laureati impiegati. La tendenza a rivedere idealmente il proprio percorso di studi – meno studenti confermano la scelta, di più si re-iscriverebbero a un corso diverso – è tendenzialmente maggiore in questa classe di laureati, in misura crescente con il passare degli anni dalla laurea, rispetto a facoltà come ingegneria, scienze statistiche, economia, sociologia, chimica industriale e, ovviamente, medicina. Sempre nel 2007, il numero di laureati che si sarebbe iscritto allo stesso corso, era sempre minore rispetto alla media, a uno, tre e cinque anni dalla laurea. Tra i laureati di primo livello invece (lauree triennali), nel 2007, a un anno dalla laurea (matematica, fisica, scienze naturali), tre su quattro sono soddisfatti della scelta compiuta, leggermente in misura maggiore rispetto alla media generale, ma bisognerà aspettare una prospettiva più di lungo termine sulle nuove lauree post-riforma per trarne conclusioni significative. Appare quindi non del tutto infondata la tendenza degli studenti a non intraprendere gli studi scientifici universitari nelle discipline scientifiche “tradizionali”, nonostante un buon interesse e il rilievo sociale e intellettuale attribuito alla scienza, genericamente intesa. I buoni motivi risiedono soprattutto sui livelli salariali, appunto nell’ottica di un virtuale confronto tra impegno richiesto e benefici; evidentemente anche alcune delle aspettative professionali vengono in parte deluse. Nel complesso però, nonostante alcune peculiarità problematiche del mercato occupazionale italiano, la laurea scientifica mantengono la loro efficacia storica per assicurare un impiego. Misurando il livello di efficacia globale attribuito alla laurea (quanto è richiesto il titolo/quanto sono spese le competenze acquisite) emerge sostanzialmente un quadro molto più positivo, specialmente se si esce dalle ristrette classi delle scienze dure tradizionali. In generale, l’area delle lauree tecnico-scientifiche continua a fornire una miglior garanzia di lavoro e una valutazione dell’efficacia della laurea risulta sopra la media generale dei laureati.<sup>49</sup> Vale però quanto afferma Cammelli: «Stipendi poco allettanti, dunque, una soddisfazione per gli studi compiuti elevata, ma in calo, e oltre un quarto dei laureati che non conferma la validità della scelta compiuta cinque anni prima. Ombre da non sottovalutare, in un quadro sostanzialmente positivo – come si è detto – per questi percorsi di studi» (Cammelli, 2006).

Per cercare di comprendere ancora meglio però l’effettiva dimensione di una crisi nell’insegnamento delle scienze, o meglio, nell’atteggiamento degli studenti verso queste, nella scuola e rispetto alle scelte professionali, è bene affrontare ancora il *cliché* principale della

---

<sup>49</sup> Cammelli (2007).

concezione “economicista” dell’educazione scientifica, secondo cui non solo la formazione scientifica degli studenti è il volano delle attuali economie dell’immateriale e basate su tecnologie e innovazione, ma il cambiamento della pedagogia e dei curricula scolastici deve essere in grado di rispondere a una cronica carenza di figure professionali e di relative scelte negli studi in ambito S&T. Nonostante i dati e le considerazioni su interesse e motivazioni degli studenti siano più interessanti ai fini di questa ricerca che mira a inquadrare i problemi e le motivazioni dell’innovazione didattica e pedagogica nelle scienze (della fisica) nella scuola superiore italiana, riteniamo che questi siano comunque di natura più volatile, e in fondo non così prioritaria, per costruire e ideare delle concrete innovazioni scolastiche. Di natura ben più oggettiva rimangono invece le tendenze e i numeri riguardanti immatricolazioni, lauree e scelte effettive compiute in ambito S&T. Come lo stesso documento Nuffield afferma, non sono le motivazioni professionali a dover orientare mezzi e fini della scienza impartita nelle scuole, in particolare nelle scuole dell’obbligo. D’altra parte, esaminando la scienza della scuola superiore, e viste le specificità di questa che in Italia rimane saldamente strutturata su scelte vocazionali e principi di selezione, la questione di quanti studenti scelgono concretamente di studiare le scienze non è del tutto irrilevante per l’innovazione pedagogica.

Si è già osservato come i dati sulle lauree scientifiche non siano di così facile lettura. Specialmente a livello comparato, esistono diverse difficoltà nelle stime e nelle interpretazioni, sul piano metodologico e a causa di differenze strutturali nell’educazione impartita in paesi diversi. Alcune considerazioni sul caso italiano possono comunque illuminare ulteriormente la questione e marcare meglio la distanza e le differenze rispetto al contesto internazionale che, come visto, per l’educazione scientifica rimanda a una preponderante prospettiva basata sui paesi di lingua inglese e sui relativi sistemi educativi.

Nell’esaminare il rapporto Nuffield è emerso che sotto certi punti di vista i dati sui laureati (dottorati inclusi) in campo scientifico non mostrano un decremento continuato negli anni. Il *trend* 1998-2001 sembra infatti rappresentare un punto di particolare flessione per le scienze, ma i dati del 2004 dell’Eurostat sembrano addirittura sovvertire quella tendenza.

Entrando nello specifico del caso italiano, e facendo sempre riferimento alle indagini del consorzio interuniversitario AlamaLaurea, il quale è sicuramente più a contatto con la realtà delle università italiane, si osserva che:

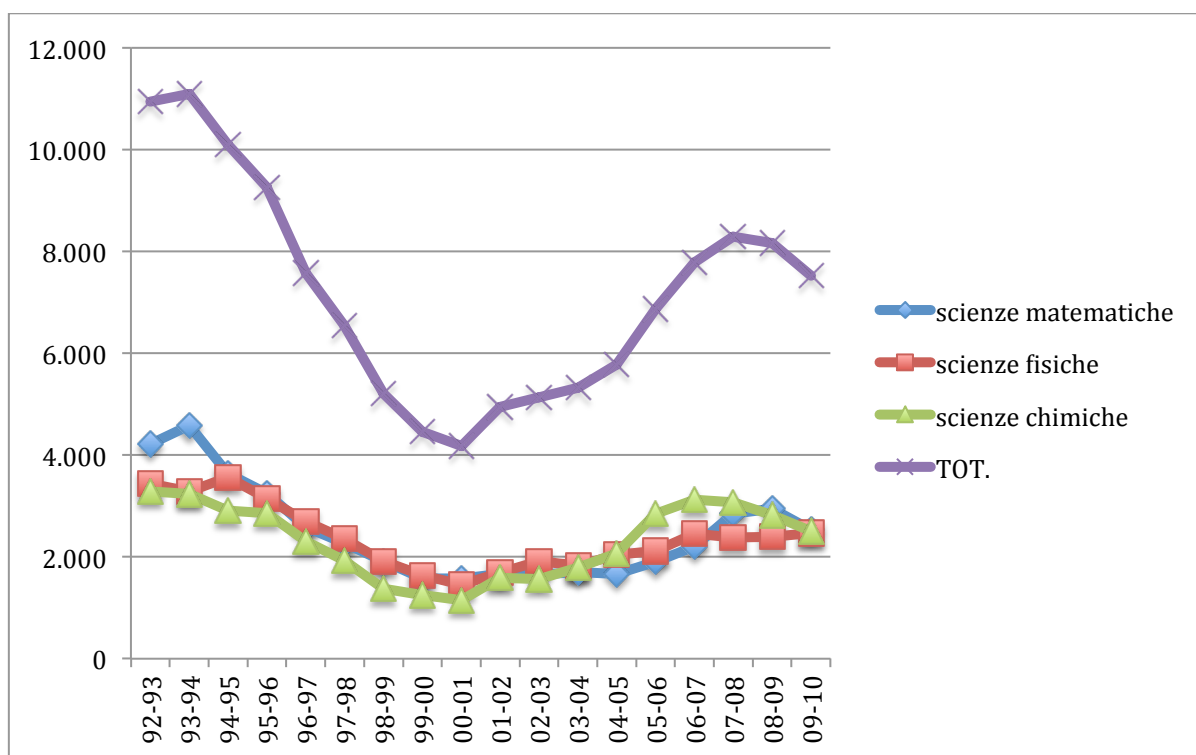
- ✓ interrogando la banca dati, tra il 2006 e il 2009 il numero di laureati della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali non è andato in continuo ribasso, ma mantenuto all’incirca tra i 12.500 e i 14.000, superando i 16.000 nel 2011; anche per la Facoltà



di Scienze e Tecnologie i dati non evidenziano una decrescita ma un lieve aumento di laureati.<sup>50</sup>

- ✓ nello stesso periodo, il numero di laureati in ingegneria è cresciuto a partire dai 21.000;
- ✓ tra il 2001 e il 2009, vi è stato dunque un incremento, non significativo per la questione qui in esame, dei laureati nell'area tecnico-scientifica (AlmaLaurea, 2010);
- ✓ i laureati in discipline fisico-matematiche (sempre dal 2001 al 2009) sono rimasti all'incirca intorno al 3% del totale; oscillazioni più significative, sempre intorno al 3%-5% si sono avute per chimica, biologia e geologia, ma senza chiari segnali di tracollo (Almalaurea, 2010).

Per quanto riguarda invece il numero di immatricolati, i dati del Ministero italiano dell'Istruzione e della Ricerca (fig. 5), mostrano una congiuntura negativa per le scienze, intorno al 2000. Non emerge, tuttavia, una tendenza irreversibile, né quindi un tracollo per quanto riguarda le iscrizioni ai principali corsi di laurea nelle discipline scientifiche.



**Fig. 5.** Elaborazione grafica della serie storica degli immatricolati per le lauree scientifiche (Fonte dati MIUR)

<sup>50</sup> I dati citati riguardano le Facoltà universitarie e non sono indicativi delle singole discipline in cui sono ottenuti i titoli di laurea; anche disaggregando i dati e limitandosi alle lauree del gruppo disciplinare Scientifico, all'interno della Facoltà di Scienze fisiche, matematiche e naturali, si ottiene un dato che va da 5252 (nel 2006) a 6235 laureati (nel 2011).

Le preoccupazioni economico-sociali sulle risorse umane in campo scientifico che hanno accompagnato le prospettive di azione e revisione riguardanti l'educazione scientifica si sono basate su un dato generale riguardante diversi paesi. Il dato generale indica una tendenza di lungo corso che, ad esempio, negli Stati Uniti aveva occupato il dibattito politico e accademico già dagli anni ottanta, alimentando il movimento di innovazione pedagogica, il fiorire di studi sull'educazione scientifica scolastica, gli slogan e le ricerche sulla *scientific literacy* e su una "science for all".

I dati italiani dell'ultimo decennio vanno inseriti quindi in un andamento generale che ha coinvolto le discipline scientifiche negli ultimi cinquant'anni. Infatti, come è stato sottolineato a una conferenza tenutasi nel 2004 dei presidi delle facoltà di Scienze e Tecnologie, dal 1950 al 2000, l'incidenza relativa degli iscritti a facoltà scientifiche è passata dal 16% al 10% (Predazzi, 2004). Anche in termini assoluti, il numero di immatricolati a corsi di scienze "pure", come matematica, fisica, chimica e geologia, è andato sensibilmente diminuendo dall'anno accademico 1989/90 al 2003/04 10% (Predazzi, 2004).<sup>51</sup> Negli ultimi anni si è osservata una leggera ripresa nel numero degli iscritti ad alcune di queste discipline, che appare non irrilevante considerando che il numero dei diciannovenni è passato da 971.000, nel 1985, a 570.000, nel 2008 (Cammelli, 2006). I numeri di iscritti alle facoltà scientifiche vanno inseriti, però, nel contesto di un percorso di studi dove il tasso di abbandono è abbastanza marcato (nel 2003-2004, uno studente su tre per le facoltà scientifiche, uno su cinque per l'ambito tecnologico).

Questi aspetti quantitativi suggeriscono che il problema delle lauree e delle carriere scientifiche è di una certa complessità, specialmente se rapportato agli aspetti soggettivi e qualitativi delle motivazioni e degli interessi degli studenti.

In generale si può interpretare l'insieme di questi dati alla luce di alcune considerazioni.

- La povertà di iscritti alle facoltà scientifiche tradizionali è un dato generale che coinvolge un processo storico strutturale, riguardante le dinamiche del mercato del lavoro, della formazione e della nascita di nuovi campi di studio e specializzazione. I numeri sugli immatricolati mostrano una diminuzione in termini relativi e assoluti.
- Questa diminuzione di iscritti non rappresenta un andamento generale e negli ultimi anni si osserva un cambio di tendenza.
- Il calo di immatricolati non ha prodotto un altrettanto significativo crollo nel numero

---

<sup>51</sup> Dai dati di AlmaLaurea e del ministero italiano, Andrea Cammelli (2006) ha riportato le cifre per il periodo dal 1992-1993 al 2004-2005. Scienze matematiche è passata da 4.218 matricole a 1.666; Scienze fisiche da 3.439 a 2.040; Scienze chimiche da 3.286 a 2.071.

di laureati scientifici.

Come anche alcuni esperti, che hanno lavorato su questi dati, hanno sottolineato, la situazione italiana non è così drammatica come un'immagine generale riguardante gli altri paesi, dai più economicamente sviluppati alle economie in ascesa, potrebbe suggerire. E' evidente una perdita di attrattiva delle discipline scientifiche più tradizionali, dovuta a diversi fattori: le opportunità lavorative e la bilancia tra impegno e guadagni in termini economici e di carriera professionale; la concorrenza di nuovi campi scientifici, biotecnologie e informatica su tutti; lo spostamento generale nei paesi ricchi del mercato del lavoro e della formazione accademica verso nuovi settori come la comunicazione, l'economia e le tecnologie informatiche. Legata a questi, c'è una questione, più in generale, culturale di investimento nella cultura scientifica: lo stesso rapporto Nuffield evidenzia questo aspetto per i paesi occidentali dove le vocazioni scientifiche sono in più evidente difficoltà.

Considerando i dati e le indagini viste, è difficile asserire però che l'educazione scolastica e le motivazioni degli studenti hanno un ruolo preponderante o comunque decisivo sulla questione delle carriere scientifiche. Come accennato, vi è un fattore legato a informazione e orientamento nelle scelte degli studenti perché, al di là di tutto, il mercato del lavoro crea buone possibilità, anche se non dal punto di vista strettamente economico, per i laureati di formazione scientifica.

Un'ultima considerazione riguarda le misure con cui si è reagito in Italia a questa situazione. Tra il 2004 e il 2007 ci sono state due iniziative ministeriali: il progetto "Lauree Scientifiche"<sup>52</sup> del MIUR, assieme a Confindustria e alla Conferenza Nazionale dei Presidi delle Facoltà di Scienze e Tecnologie e l'istituzione nel 2006 del gruppo di lavoro per lo sviluppo della cultura scientifica e tecnologica<sup>53</sup>, guidato da Luigi Berlinguer.

Entrambi i progetti si sono proposti di affrontare proprio il problema dell'accesso alle facoltà scientifiche e, indirettamente, dell'avvicinamento dei giovani alla cultura scientifica e tecnologica. Gli obiettivi di queste azioni istituzionali, in un paese come l'Italia dove la cultura scientifica non ha mai ricevuto un'adeguata promozione nella società e nella scuola, hanno un valore educativo e sociale di grande importanza nell'attuale contesto storico. In particolare, vanno evidenziate le seguenti azioni strategiche: un'attività di orientamento verso le facoltà scientifiche capillare e ben strutturata, fondata su iniziative continue per le scuole e su eventi periodici di promozione culturale; un'attenzione alla questione dell'aggiornamento e della

---

<sup>52</sup> MIUR, Confindustria, Con.Science (2004).

<sup>53</sup> Presentazione delle iniziative e delle linee di azione nel Documento di lavoro approvato dal gruppo nel maggio 2007 [[http://archivio.pubblica.istruzione.it/argomenti/gst/allegati/documento\\_di\\_lavoro.pdf](http://archivio.pubblica.istruzione.it/argomenti/gst/allegati/documento_di_lavoro.pdf); consultato in data 17/11/09].

formazione degli insegnanti di scienze, un problema che la scarsità degli iscritti alle facoltà scientifiche potrebbe effettivamente aggravare e che un rapporto tra classi di laurea e classi di insegnamento non ben regolamentato ha reso ancora più urgente<sup>54</sup>; l'innovazione pedagogica basata soprattutto su un miglioramento e incremento delle attività sperimentali nella didattica scolastica.

La strategia di incentivare le lauree scientifiche presenta sicuramente dei risvolti positivi da un punto di vista sociale, culturale e accademico. Diversi ragionevoli motivazioni sostengono le azioni del Ministero italiano, soprattutto il fatto gli insegnanti di scienze, di scuola e di università, proviene da una formazione scientifica e, inoltre, le professioni basate su ricerca e sviluppo richiedono ancora una formazione scientifica nelle tradizionali scienze pure. D'altra parte, si può vedere come il problema possa essere affrontato anche senza minimamente intervenire nell'educazione scientifica scolastica. Se c'è una questione delle vocazioni scientifiche in Italia, questa non rappresenta davvero un "pericolo" per il paese – come ad esempio i movimenti politici e educativi hanno sempre identificato il problema negli Stati Uniti, dallo Sputnik del 1957 a *Nation at Risk* del 1983 – né si tratta di una tendenza irreversibile sostenuta da grandi numeri. Sembra invece si tratti più di una questione periodica e casomai legata a mutamenti culturali e delle discipline accademiche e si può legittimamente pensare che non sia necessario chiamare in causa tutto l'impianto dell'educazione scientifica scolastica, fin dalla scuola primaria. Si è visto come, su questo problema, ci siano delle differenze istituzionali decisive tra l'Italia e un sistema educativo come, per esempio, quello inglese.

Per l'Italia, un'azione mirata su informazione e orientamento per gli studenti di scuola superiore, insieme a una diagnosi e a una strategia per limitare e diminuire gli abbandoni nelle facoltà scientifiche – come detto piuttosto numerosi – basterebbero forse a sostenere le relative lauree e professioni in misura adeguata, almeno per quanto il mercato del lavoro e gli investimenti in ricerca e sviluppo riescono a sostenere nel contesto italiano.

Ovviamente il discorso sarebbe più complesso. La promozione delle carriere scientifiche va inserita nel quadro europeo di una frenetica attività politica e di ricerca per aumentare il livello economico, tecnologico e sociale dei paesi dell'Unione. La ricerca già citata "*Europe needs more scientists*" del 2004 rispondeva agli obiettivi dell'Unione, fissati per il 2010, riguardanti

---

<sup>54</sup> Nell'indagine TIMSS 2008 *Advanced* (Mullis *et al.*, 2009: 330) per l'insegnamento della fisica, l'Italia mostra una notevole anomalia rispetto a tutti gli altri paesi (tra cui Olanda, Svezia, Russia, Norvegia, Slovenia) con solo il 40% di studenti il cui insegnante è laureato in fisica; il 50% ha un insegnante di fisica laureato in matematica e il 10% in ingegneria. Per gli altri paesi la media di studenti con un insegnante laureato in fisica è superiore al 90%. Va notato, al contempo, che solo in Italia nessun insegnante di fisica proviene da discipline educative di tipo generale o da una specializzazione in didattica delle scienze.

il posto e il peso dell'Europa nella nuova economia globale della conoscenza e dell'innovazione. Uno di quegli obiettivi mirava a incrementare il tasso di investimenti in ricerca e sviluppo, portandolo da circa il 2% del prodotto interno lordo al 3%. Di conseguenza, questo aumento del volume di investimenti richiederebbe anche un incremento delle risorse umane in ricerca e sviluppo: da una media di 5,7 su 1000 lavoratori per la vecchia Europa dei quindici, a circa 8 su 1000, contro il 9,14% per il Giappone e lo 8,08% per gli Stati Uniti.<sup>55</sup> In questo scenario politico ed economico, l'investimento e la promozione nel campo degli studi scientifici acquista maggior senso, specialmente se condotto a livello pre-universitario e di relazioni con il mondo del lavoro (come annoverato tra le finalità e gli strumenti del progetto Lauree Scientifiche).

E' interessante confrontare, però, l'attuale caso europeo con quanto osservava criticamente Morris Shamos nel 1995, nel clima statunitense di intensi dibattiti e iniziative nel campo dell'insegnamento delle scienze e delle politiche scientifiche. Shamos (1995) avanzava innanzitutto una critica al programma dell'educazione scientifica per tutti, programma che aveva ricevuto una spinta notevole negli anni Ottanta. Nell'esaminare i motivi e i discorsi che riguardavano l'innovazione educativa nel campo delle scienze, Shamos ha messo in discussione il diffuso allarmismo americano sulla scarsità di figure scientifiche professionali che ha visto la posizione di egemonia culturale ed economica della nazione fortemente a rischio. Negli anni Ottanta, periodo del rinnovato dibattito americano sulla crisi educativa e di *leadership* del paese, le motivazioni per una presunta crisi nell'educazione scientifica erano rintracciate in una mancanza di insegnanti di scienze, e della loro qualità adeguatamente certificata; in un crollo nell'interesse verso le scienze degli studenti, con imminente scarsità sul lato dell'offerta di forza lavoro altamente qualificata in campo tecnico-scientifico; nei risultati mediocri nei *test* nazionali e internazionali degli studenti americani. Si tratta di motivazioni che vanno lette nello specifico contesto americano, ma che sopravvivono nei discorsi e nelle politiche europee del XXI secolo e la cui analisi critica può essere istruttiva sotto vari punti di vista. Shamos ha visto in questa presunta "crisi" una reazione della comunità degli educatori scientifici e di una porzione di accademici interessata a promuovere il loro settore di studi e un suo adeguato finanziamento. In particolare – secondo la tesi forte del fisico statunitense – la crisi derivava dalle politiche dell'amministrazione conservatrice degli anni Ottanta e dall'allarmismo sostenuto in particolare dallo *Science Education Directorate* della *National Science Foundation* (NSF), che aveva fornito, fin dalla *Sputnik Era*, il sostegno alle iniziative scientifiche di

---

<sup>55</sup>Commissione europea (2004: iii-xii).

rilievo educativo. Restaurato, verso gli anni Novanta, un adeguato sostentamento finanziario alla NSF e alla promozione dell'educazione scientifica, notava Shamos, il sentore della crisi è scomparso dal dibattito pubblico, senza che nessuno dei problemi citati fosse stato realmente risolto. Sullo sfondo di questa critica generale al progressismo/allarmismo pedagogico in campo scientifico, Shamos affrontava il problema dell'offerta di figure professionali e accademiche in campo S&T, da un punto di vista di una logica economica e di mercato, affermando in prima istanza:

Let us assume for the moment that the declining interest in science over the past two decades was not simply a correction to the rapid postwar growth in U.S. Science and engineering, ..., but a genuine disenchantment among high school students with possible careers in science. The question is whether this justifies a "crisis" atmosphere, and the obvious answer is that of is a crisis only if such decreased interest can be translated into *actual* shortages of scientists and engineers that will have a negative impact on the nation's educational, industrial, and military enterprises. Here is where the evidence is weaker and the greatest uncertainty persists [...] (Shamos, 1995: 10).

Shamos stimava poi delle forti discrepanze tra i dati sulle lauree scientifiche e le stime sul mercato del lavoro e sulle reali esigenze economiche, mettendo in discussione le previsioni sulla scarsità di scienziati della NSF. Il punto centrale della sua argomentazione, in sostanza, era che non sarebbe stato compito delle iniziative educative, né tanto meno della scuola in sé, rispondere a un'eventuale mancanza di queste figure professionali. Da una parte, sarebbero state alcune dinamiche del mercato a provvedere a un bilanciamento in queste risorse, dall'altra anche un opportuno sistema di incentivi e possibilità offerti sia dal sistema industriale, che da quello universitario avrebbero provveduto a tali esigenze.

Industry has seen spot shortages of scientists and engineers in the past, and will continue to see them in the future, simply because the supply of highly trained scientists and engineers cannot be turned on and off quickly to keep pace with a fluctuating demand. But the same is true of surpluses in these fields: there have been times in the postwar period when engineers in some industries were reduced to pumping gas or driving cabs. The economic recession of the early 1990s, which put many scientists and engineers out of work, is the most recent example of how risky long-range manpower projections can be (Shamos, 1995: 13).

Per quanto in contesti diversi, la critica alla retorica della "crisi" negli Stati Uniti consolida l'idea che le motivazioni economiche con cui l'Unione Europea richiede il cambiamento dell'educazione scientifica siano al di là dei reali problemi pedagogici e scolastici delle scienze. Non saranno le iniziative di innovazione pedagogico-didattica e i cambiamenti nella scuola a fornire la soluzione a un problema che è economico, oltre che culturale, quanto opportuni sistemi di ritenzione di chi è indirizzato verso l'ambito S&T e se ne allontana, per motivi legati al percorso di studi terziario, come in parte succede nel caso italiano, o per caratteristiche del mercato del lavoro, come osservava Shamos nel caso americano, dove una porzione significativa di laureati in S&T trova opportunità professionali all'infuori dello specifico campo in

cui sarebbero maggiormente spendibili le competenze acquisite.

Il pericolo, notava il fisico americano, è quello di incentivare delle carriere professionali che il mercato non è in grado, vale a dire non né ha l'effettiva necessità, di assorbire, fornendo così delle sole opportunità di lavoro de-qualificato per chi si è formato in ambito S&T. «Human resources in science and engineering – egli ribadiva – are not education-limited, but demand-limited» (Shamos, 1995: 17).

Crediamo che questo rischio permane, almeno in parte, anche nel caso dell'Italia attuale, nonostante gli obiettivi di Lisbona e di Barcellona su ricerca e sviluppo. Il rischio non è così marcato in un'economia con forti tassi di crescita e di investimento in ricerca, innovazione e cultura; ci sono meno possibilità di modificare le dimensioni della popolazione impiegata e formata in S&T, specialmente tramite meccanismi educativi e di promozione culturale, in un'economia ben formata e non estremamente dinamica dal punto di vista della ricerca scientifica come quella italiana.

Tornando alle qualità distintive del contesto italiano, si osserva, ad esempio, le buone prospettive occupazionali per i laureati in fisica (Cammelli, 2005), con discrete possibilità offerte dal mercato internazionale; su questo fronte si intravede, quindi, un mercato del lavoro non propriamente saturo per questi profili professionali. Ma gli scenari globali delle risorse umane per S&T non vengono presi mai troppo in considerazione dalle preoccupazioni economiche nazionalistiche strettamente legate ai costi sull'educazione, così come dai discorsi sulla crisi delle vocazioni scientifiche e dalle analisi "interessate" attente ai risultati degli investimenti compiuti sulla formazione. Sebbene gli ammonimenti di Shamos non siano perfettamente adattabili al contesto italiano, mantengono una certa plausibilità. L'insegnamento da trarre dal caso americano concerne i pericoli e le incertezze del mondo economico, ma soprattutto il carattere illusorio dei tentativi di regolamentare, nel modo più razionale possibile, gli accessi agli studi scientifici superiori e i loro risvolti politici legati ai gruppi di interesse che sono implicati nei problemi della formazione scientifica.

Come detto, le soluzioni di un'eventuale crisi delle vocazioni scientifiche non possono risiedere nell'educazione scolastica. Rimangono ampi spazi di intervento in ambito universitario e una serie di incentivi economici e professionali in grado di fornire un adeguato numero di lavoratori nel settore S&T, per quello che il mercato richiede ed eventualmente per ampliare le potenzialità innovative ed economiche di un paese, tramite delle iniziative strutturali di investimento e di sostegno alla ricerca.

Queste considerazioni rafforzano l'idea che si debba guardare – come si cercherà di fare nel

seguito di questo lavoro – all’educazione scientifica scolastica attraverso le lenti del valore educativo e delle qualità filosofico-pedagogiche dei saperi scientifici, per quanto questa ottica possa sembrare meno pragmatica e in grado di incidere sui problemi sociali discussi. Nel caso della scuola superiore, però, questa prospettiva educativa, che mira formare e arricchire più “le menti” degli studenti che il loro *curriculum vitae*, non può non tener conto dei percorsi vocazionali, della formazione pre-professionale e delle reali esigenze sociali di un paese. Occorre chiarire quindi un ultimo punto sul ruolo di S&T nell’istruzione italiana.

#### 1.4.3. *Le reali vocazioni e la vera carenza: altre specificità italiane*

Per concludere un’analisi sistemica della formazione scientifica in Italia, si devono prendere in considerazione, a grandi linee, alcuni dati sulle scelte individuali, sui percorsi di studio e sulle necessità economiche che esercitano pressioni sul sistema educativo.

I problemi dell’educazione scientifica vanno inseriti, come detto, nell’impianto del sistema educativo secondario italiano, contraddistinto da principi di selezione e indirizzamento piuttosto marcati e quindi da aspetti “vocazionali” che trovano possibilità di espressione, per quanto ancora immature e rivedibili, già alla fine del primo ciclo d’istruzione, all’età di quattordici anni.

Esaminando alcuni dettagli che compongono il profilo dei laureati italiani, limitandosi ancora alle facoltà scientifiche di base, si nota il tipo di istruzione secondaria che sostiene questo segmento di studenti universitari. Ciò ci permette di esaminare il senso e la portata delle vocazioni scientifiche e delle scelte degli studenti in modo longitudinale.

Nel periodo tra il 2006 e il 2011, stando ai dati raccolti da AlmaLaurea, le percentuali dei diplomi secondari di provenienza degli studenti laureati nella Facoltà di Scienze matematiche, fisiche e naturali indicano che:

- gli studenti con diploma di liceo scientifico sono oltre la metà, cresciuti dal 55% al 58%;
- quelli con studi classici (liceali) sono intorno allo 11%;
- i diplomati in istituti tecnici vanno dal 24% del 2006 al 19,9% del 2011.

Praticamente nove studenti su dieci, che si laureano in “scienze di base”, provengono da questi tre ambiti di studi secondari. Questo non suggerisce particolari elementi di riflessione sui curricoli e sulla pedagogia che riguardano la parte maggioritaria, ma non l’intero ciclo secondario, delle scuole superiori. E’ evidente, però, che una riflessione sull’educazione scientifica che voglia prestare attenzione alle successive scelte universitarie, con tutte le riserve espresse sul problema delle vocazioni, deve basarsi in particolare sui licei scientifici e sul tipo di istruzione scientifica impartita negli istituti tecnici.



Da questo punto di vista, è interessante guardare il tipo di vocazioni, per così dire allo stato embrionale, che si esprimono nelle scelte del percorso secondario.

La filosofia tradizionale dei percorsi secondari italiani era basata sull'idea che gli istituti tecnici, oltre a completare un processo di alfabetizzazione culturale e di base, avrebbero formato delle competenze tecnico-professionali di medio livello direttamente spendibili sul mercato del lavoro; ai licei scientifici, e a quelli classici, spettava invece la formazione di un bagaglio culturale generale ma, soprattutto, delle competenze e conoscenze approfondite e "superiori" che avrebbero preparato gli studenti agli studi universitari, almeno dagli anni Settanta, di qualsiasi genere. Il liceo scientifico, però, adempie a questa missione puntando direttamente sulle discipline scientifiche strutturate in maniera "accademica": i programmi generali di chimica, biologia e fisica ricalcano in parte la struttura dei corsi introduttivi e generali di tipo universitario, così come la matematica fornisce strumenti e tematiche preparatorie ai corsi avanzati universitari e alle applicazioni più complesse degli strumenti formali della scienza (analisi, statistica, algoritmi, ecc.). La situazione reale odierna indica, però, una popolazione e una varietà di attitudini più differenziate all'interno sia del liceo scientifico, che degli istituti tecnici.

Primo dato reale è che la maggioranza di tutti gli studenti di scuola superiore opta sempre più per un liceo e in percentuali maggiori per uno Scientifico, a dispetto del peso così marginale delle scienze di base a livello universitario. Inoltre, una quantità sempre maggiore di diplomati dagli istituti tecnici si orienta verso gli studi universitari, in prevalenza verso l'ambito economico-aziendale e verso quello tecnico-scientifico. Permane il problema, in questa struttura della scuola secondaria, della qualità dell'istruzione e soprattutto della determinazione sociale degli esiti e delle scelte stesse degli indirizzi. Diversi studi e diversi soggetti della scuola confermano il livello socio-educativo inferiore degli istituti tecnici, riservati ai ceti socio-economici inferiori e fondati su un'offerta culturale e formativa di basso profilo. Tale dato "sistemico" sussiste nonostante la presenza di eccellenze ed eccezioni, comunque degne di nota, nel sistema italiano di formazione tecnica, un «sistema che da un lato aspira a porsi sullo stesso livello delle altre scuole superiori ma che dall'altro risente di vincoli culturali che ne fanno una destinazione preferita soprattutto dalle famiglie meno agiate e/o dagli studenti con una minore preparazione di base» (Gentili, 2007: 72). E' evidente che questo sistema fortemente selettivo necessita di una revisione dei principi culturali ed educativi che ne stanno alla base. In particolare l'educazione scientifica va rivista globalmente e riformulata sulla base di un principio di generalità, di alfabetizzazione culturale per tutti in campo scientifico, e di un sistema di temperamenti alla formazione indirizzata esclusivamente alla carriera scientifica,

come sanciva la nascita del liceo scientifico novant'anni fa, o alla professione tecnica, come dalla liberalizzazione degli accessi universitari non è stato più esclusivo degli istituti tecnici.

Leggendo i dati della scuola superiore italiana, l'assoluta prevalenza dei licei scientifici e degli istituti tecnici rappresenta una questione su cui riflettere profondamente per chi sostiene l'allarmismo per l'istruzione scientifica e le vocazioni in ambito S&T. Ovviamente il fatto che, per esempio, nell'anno scolastico 2007/2008, il 22,6% e il 34% degli studenti fosse rispettivamente nei licei scientifici e negli istituti tecnici (MIUR, 2009: 67, 75) non significa che la cultura scientifica e tecnica dell'Italia sia in ottimo stato; significa, invece, che i tradizionali canali di espressione delle vocazioni scientifiche e tecniche sono diventati la scelta preponderante per la maggioranza degli studenti, pochi dei quali sono realmente dotati di tali vocazioni. Un'ipotesi, interessante per il discorso del paragrafo precedente, potrebbe essere che questo stato di cose indica che, almeno a livello di percezione, le scienze sono tenute in seria considerazione e scelte in maniera ragionata per assicurarsi un buon percorso secondario, assieme a un accesso all'università con un bagaglio culturale moderno e spendibile.

Secondo l'indagine TIMSS *Advanced* 2008, gli studenti dei percorsi di carattere scientifico (liceo scientifico e istituti tecnici) esprimono una predisposizione a intraprendere una carriera in campo S&T, anche se con percentuali più basse rispetto ad altri paesi europei. Confrontando i dati italiani con quelli delle altre nazioni europee incluse in questa ricerca, gli studenti propensi a una specializzazione in matematica sono il 2% (in Olanda il 4%, in Svezia e Norvegia il 2%); in scienze, il 10% (in Olanda e Svezia il 17%, in Norvegia l'11%), in altre discipline umanistiche e scienze sociali, il 26% (in Olanda il 10%, in Svezia il 18%, in Norvegia il 15%), in campo medico, il 26% (in Olanda il 14%, in Norvegia il 15%, in Svezia il 16%), in ingegneria, il 19% (in Olanda il 40%, in Norvegia il 41%, in Svezia il 29%).

Limitandosi al liceo scientifico, torna plausibile l'idea, che i rapporti internazionali più volte esprimono, che la scuola abbia una qualche responsabilità nell'allontanare le scelte degli studenti dalle discipline scientifiche. Come già ripetuto, la relazione degli studenti con la scienza dipende da fattori culturali, storici ed economici. Dato il peso, la complessità e la serietà delle scienze in questo indirizzo liceale – caratteristiche che nessuna valutazione comparativa internazionale riesce a rilevare, né tantomeno a mettere in discussione – un'influenza di questo percorso sull'atteggiamento degli studenti verso le scienze e verso le facoltà scientifiche non appare del tutto improbabile. Inoltre, e questo è un punto di grande importanza dal punto di vista educativo, molte delle carriere scientifiche riguarderanno campi di rilievo applicativo e tecnologico, le cui basi culturali e etiche devono essere alimentate da un'educazione scientifi-

ca di rilievo formativo che sia inserita nel quadro della cultura generale e degli altri saperi. Dunque, ci sembra che il nodo cultura scientifica generale/curricoli pre-professionali che i vari documenti internazionali, e in particolare quelli visti, sottolineano e problematizzano sia rilevante e vada ridiscusso anche nel contesto dell'Italia, pur con le differenze istituzionali e culturali fin qui discusse. Il rapporto dei licei e dei Tecnici con la cultura scientifica, con la formazione generale e con quella mirata alla formazione accademico-professionale, può essere davvero visto nella prospettiva internazionale della ricerca di una nuova relazione tra i programmi accademici di scienze e le reali esigenze educative per gli studenti di una scuola di massa. L'analisi del curriculum di fisica cercherà di chiarire meglio in che misura, nel sistema italiano, l'educazione scientifica sia intesa in senso professionale o come parte di un'educazione trasversale e inclusiva.

Un'ultima considerazione sulle scuole secondarie evidenzia la specificità del contesto italiano rispetto alle problematiche generali dell'educazione scientifica e permette di chiarire in che senso, più concreto, un problema delle vocazione in S&T esiste in Italia.

I saperi tecnici rimangono la scelta primaria, di uno studente su tre, per (almeno) avvicinarsi al mondo del lavoro. Tra gli studenti dei tecnici però, ormai oltre la metà si iscrive agli studi universitari, circa un terzo degli immatricolati universitari nel 2004/2005 era di questa provenienza, contribuendo così a intaccare fortemente il peso dei licei nelle iscrizioni universitarie; nonostante questo, uno dei motivi principali di abbandono degli studi universitari per questi studenti sembra essere proprio l'impegno lavorativo (evidentemente portato avanti dopo il diploma secondario) (Gentili, 2007: 72).

Questo stato di cose, che ha complicato la nettezza dei percorsi e la prefigurazione delle strade formative, richiede – lo ripetiamo – una riformulazione dei principi culturali alla base della formazione scientifica liceale, senza intaccare possibilmente il nucleo forte delle scienze insegnate. Al contempo, anche l'impianto culturale dei tecnici andrebbe riqualificato senza intaccare la rilevanza professionale del profilo educativo e quella culturale dei saperi "pratici", proprio in ragione del fatto che, se si guarda complessivamente all'ambito S&T, il peso di questi diplomi tra i laureati è di circa il 30% (Confindustria, 2006: 6).

Nonostante il rilievo degli istituti tecnici per gli studi universitari e per la composizione generale degli studenti di scuola superiore, i dati parlano di un calo progressivo dei numeri di iscritti a questi percorsi negli ultimi due decenni, con un aumento del peso relativo degli studenti liceali. Una stima di Confindustria del 2007 aveva fissato una domanda di diplomi tecnici e professionali di circa 200.000 unità da parte delle aziende italiane, di cui una buona par-

te in campo amministrativo-commerciale (quello più in declino tra le iscrizioni), e circa 50.000 tra il settore meccanico e quello turistico. L'offerta dei diplomati tecnico-professionali era per il 2007 di 135.000 (Gentili, 2007: 272). Sulla base di questi numeri si poteva affermare una vera "emergenza" tecnico-scientifica, basata su un reale scarto tra domanda e offerta. Questo tipo di divario tra formazione ed esigenze economiche appare in Italia molto più reale e concreto di una presunta crisi delle vocazioni scientifiche superiori, su cui le cifre oscillano e le esigenze del mercato non sono così evidenti. L'istruzione tecnica in Italia ha invece goduto di un buono *status*, se non culturale almeno sociale, proprio in ragione del tipo di struttura economica del paese, delle dimensioni e del contenuto delle aziende italiane.

Questo è un motivo ulteriore per rivedere anche la cultura scientifica scolastica nella sua globalità, sia per un'educazione diffusa e di qualità per chi proseguirà gli studi universitari, qualunque sia la proporzione di iscritti a facoltà scientifiche, sia per chi formerà il suo profilo professionale già all'età di diciannove anni. Un individuo appartenente a quest'ultima classe dovrà avere un solido bagaglio culturale e non solo un coacervo di formule e nozioni, che possibilmente gli permetta anche di continuare, almeno individualmente, un processo di acculturazione e arricchimento intellettuale e professionale, come da anni si discute in Europa e nei circoli pedagogici a proposito del *lifelong learning*.

Ci siamo soffermati sugli aspetti più quantitativi, e di rilievo anche socio-economico, legati all'istruzione scientifica per diversi motivi. Innanzitutto, si è visto, le ragioni economiche e le preoccupazioni che riguardano il mercato del lavoro, così come lo sviluppo del sistema di ricerca e di impieghi ad alta qualificazione, stanno spesso alla base delle analisi concernenti l'insegnamento delle scienze e il valore della scienza nell'attuale cultura "globale". Uno sguardo analitico su questi aspetti in Italia ha messo in evidenza l'effettiva esistenza di una base comune di problemi a livello specialmente europeo, individuando al contempo la necessità di misure che non possono che essere fortemente caratteristiche, visto il contesto sistemico particolare della scuola superiore italiana, le reali dimensioni e la specificità di quei problemi. In un mondo globale e nella "società delle conoscenze", dove la scienza è candidata sempre più a pilastro di una cultura transnazionale, al di là dei confini e dei particolarismi educativi, gli elementi concreti da affrontare nei confronti dell'educazione scientifica si rivelano essere, nonostante rilevanti tratti comuni a livello mondiale, fortemente contestuali. In questo senso, quello che la ricerca educativa ha scoperto, facendone insieme una tesi fattuale e implicitamente un segno di difficoltà "scientifica" del proprio paradigma investigativo, viene confermato anche da un'analisi di livello generale come quella vista: le soluzioni a problemi educativi, per quanto nel quadro di mutamenti globali comuni, sono scarsamente gene-

realizzabili, dipendono sempre fortemente dall'interazione con il contesto a cui le iniziative di innovazione e intervento programmato rispondono spesso in modi diversi. Tale considerazione qualitativa vale a diversissimi livelli, come all'interno di una stessa scuola, di uno stesso sistema d'istruzione e a maggior ragione tra sistemi educativi diversi. Le analisi quantitative si rivelano essere, con questa consapevolezza, il modo più sicuro per comparare le situazioni e, insieme, solo un livello generale e più astratto in cui "comparare" abbia un qualche significato.

Entrando nello specifico delle caratteristiche pedagogiche dell'educazione scientifica italiana, in particolare del curriculum di fisica nella scuola superiore, si devono mettere in secondo piano i numeri, i processi socio-economici e le generalità di sistema. A maggior ragione, avendo visto che la motivazione economica alla base dei programmi di innovazione scolastica e pedagogica è un aspetto parziale, poco chiaro del problema e, in un certo senso, fuorviante, è bene affrontare con strumenti più concettuali il mutamento e lo statuto della cultura scientifica scolastica e del suo ruolo educativo, in un'ottica più concreta, seppur qualitativa, riguardante l'evoluzione della scienza scolastica in Italia e la filosofia educativa che ne è alla base.

In questo capitolo, si è voluto dimostrare: primo, che i discorsi e le diagnosi sull'educazione scientifica dal punto di vista economico e delle vocazioni professionali, ricchi di retorica sulla società della conoscenza e sul ruolo della scienza nel XXI secolo, presentano alcuni problemi e si fondano su delle evidenze deboli, se non false, nello scenario italiano; secondo, che i nuovi concetti e le nuove prospettive pedagogiche discusse dalla ricerca internazionale sono utili a rileggere i principi culturali, filosofici e pedagogici delle scienze insegnate, ma sollevano, parimenti, una questione comparativa e culturale di differenza tra la scuola italiana e gli altri sistemi educativi che hanno dato origine alle più interessanti innovazioni pedagogiche.

Il prossimo capitolo esaminerà lo sviluppo storico del curriculum di fisica, dal punto di vista pedagogico e dei contenuti, per individuare altri aspetti caratteristici, oltre quelli di tipo sistematico e istituzionale, dell'educazione scientifica in Italia.

## Capitolo 2

# COME CAMBIA L'EDUCAZIONE SCIENTIFICA SCOLASTICA IN ITALIA: IL CURRICOLO DI FISICA

### *2.1. Premessa: il curricolo di fisica e alcune dinamiche di cambiamento*

Per avere un'immagine più precisa e dettagliata dell'insegnamento delle scienze in Italia, di cui già si sono individuate alcune specificità a livello di sistema educativo, dell'impatto dei problemi visti e di queste specificità, di seguito si analizzeranno nel loro sviluppo alcune caratteristiche dell'insegnamento della fisica a livello di scuola secondaria di secondo grado.

Le ragioni che sostengono questa scelta e che collocano la fisica in posizione privilegiata e di particolare importanza per conoscere le dinamiche e i problemi dell'educazione scientifica scolastica sono diverse.

Una ragione è di tipo culturale. Il cambiamento dell'educazione scientifica in Italia deve affrontare la storia di un intero paradigma, o "canone", vale a dire della mappa delle discipline, delle "cose" insegnate e dei valori e significati a queste attribuiti. Per un'educazione secondaria che è sempre stata fortemente basata su un canone umanistico, dove ad esempio le lingue antiche e l'approccio storico alla cultura sono stati dominanti, la fisica, con il suo carattere matematico, sistematico e empirico appare come il candidato principale per indagare una parte fondamentale, ma in ombra, del canone della vecchia e nuova educazione scolastica. La fisica rappresenta il pilastro delle scienze all'interno del canone culturale e dei saperi scolastici, il fondamento di un paradigma culturale moderno, in rapporto complementare o talvolta più dialettico e antagonistico con le tradizionali risposte a "che cosa insegnare" e a "come formare le menti". Inoltre, lo stato e la storia del suo insegnamento ci permettono di descrivere meglio alcune dinamiche dell'insegnamento scientifico e dell'innovazione didattica nella scuola: la ricerca in questo campo ha subito un'accelerazione straordinaria nel tempo, i progetti di innovazione didattica e ricerca educativa che l'hanno riguardata sono stati all'avanguardia e con larga diffusione internazionale, i legami con le altre discipline accademiche e scolastiche sono particolarmente ricchi e affascinanti dal punto di vista filosofico e quindi, secondo la nostra prospettiva, pedagogico.

Un'altra ragione di tipo pedagogico, e forse più sostanziale, infatti, riguarda il ruolo della scuola secondaria di secondo grado. La scienza scolastica tra i 14 e i 19 anni si situa a metà strada tra un'educazione generale e le competenze disciplinari specifiche che serviranno

anche per “fondare” gli studi specialistici universitari o una qualche professione. La fisica è l’unica disciplina scientifica – analogamente alla matematica, la quale però faceva parte, almeno idealmente, anche di un canone “classico” dell’educazione – che viene insegnata separatamente e per più anni. Le altre discipline scientifiche tradizionali come la biologia e la chimica sono spesso previste come “insegnamento integrato” e sebbene vengano insegnate singolarmente, ciò avviene per meno tempo e limitatamente ad alcune scuole. La fisica appare molto di più come un fondamento delle conoscenze e delle competenze scientifiche di base, sia disciplinari che trasversali a più discipline; potrebbe rappresentare, è stato detto, la base di un nuovo canone e di quel carattere formativo e disinteressato che è stato attribuito ai saperi fondamentali del canone “classico” tradizionale.<sup>1</sup>

Specialmente il liceo scientifico prevede la fisica e le discipline scientifiche come principali materie di studio, ma è proprio il confronto di questo tipo di scuola con altri licei (ad esempio il Classico) o altri tipi di scuole superiori (gli istituti tecnici) a rivelare i problemi e l’articolazione dell’educazione scientifica nel sistema italiano.

Un’ultima motivazione può essere addotta per sostenere l’analisi particolareggiata del curriculum di fisica della scuola secondaria e dei licei (scientifico *in primis*). Questa riguarda la ricerca universitaria degli ultimi decenni; da una parte il fiorire di studi educativi e pedagogici: in merito all’educazione scientifica, l’intreccio tra discipline scientifiche e pedagogia ha finora raggiunto il suo livello più alto negli studi di didattica della fisica, in Italia così come nel panorama internazionale. Negli studi sull’apprendimento/insegnamento delle teorie e delle conoscenze di fisica, maggiore e più fecondo è stato l’intreccio interdisciplinare tra fisica, psicologia, pedagogia e ricerca educativa in generale, andando a delineare un settore di studi con una sua propria fisionomia specifica.<sup>2</sup>

Non solo la ricerca educativa in fisica si è sviluppata considerevolmente; in questo campo si è anche avuto un naturale incontro con un altro settore che ha visto numerosi sviluppi negli ultimi decenni, vale a dire gli studi sulla scienza, studi storici e filosofici innanzitutto, ma non solo. La fisica è stata sempre la disciplina principale di riferimento per filosofi e storici della scienza. Oggi, forse, questa situazione è cambiata, ma rimane il fatto che gli studi fondazionali e storici sulla fisica hanno, parimenti, raggiunto *standard* accademici e qualitativi significa-

---

<sup>1</sup> Per una “filosofia del canone” si veda V. Fano, «Platone, Nietzsche, Gramsci e Einstein sul canone nella Scuola», *Il castoro per la Scuola* [<http://web.tiscali.it/scuolaescrittura/ProgettoScuola/rivista/>].

<sup>2</sup> Alcune importanti riviste accademiche e disciplinari testimoniano la qualità e la ricchezza di questo campo di studi: *l’American Journal of Physics*, che pubblica anche articoli di rilievo didattico ed educativo, la connessa pubblicazione di *The Physics Teacher* e altri ancora; in Italia, il *Giornale di fisica* e la *Fisica nella scuola*, quest’ultima vero e proprio punto di incontro tra insegnanti, ricercatori, mondo della scienza e mondo della scuola.

tivi e, come anche la ricerca in *Science Education* ha mostrato, l'intreccio tra questi studi, la fisica e la didattica della scienze presenta alcune interessanti potenzialità culturali e di ricerca. Da un certo punto di vista, la storia dell'educazione scientifica nella scuola secondaria e dei programmi di insegnamento di fisica mostra tratti di quel conservatorismo che spesso viene imputato alla scuola e in particolare a quella superiore, che in Italia è stata la più immune a profondi cambiamenti legislativi e strutturali. D'altra parte, la storia delle pratiche di insegnamento, dei libri di testo e della fisica stessa, in Italia, è stata attraversata da cambiamenti che è erroneo sottovalutare.

Alcuni mutamenti sostanziali hanno attraversato, inoltre, il sistema formativo italiano: il rapporto tra scuola secondaria e formazione universitaria, le iscrizioni e il peso relativo dei vari indirizzi di scuola superiore, il tipo e la varietà delle risorse didattiche utilizzate per l'insegnamento. In particolare, tre processi di cambiamento strutturale dell'istruzione andranno tenuti presente per l'analisi del curriculum di fisica.

1) Nonostante il quadro di riferimento dei licei non sia cambiato in maniera stabile fino al 2010, diversi tentativi e progetti di riforma hanno avanzato proposte e programmi innovativi e, dagli anni Settanta, vi sono state numerose sperimentazioni, a tal punto che indirizzi e programmi sperimentali, spesso rivolti all'insegnamento delle scienze, sono stati la norma più che l'eccezione. Questi programmi sono stati tutti aboliti e la nuova riforma attuata nel 2010 ha uniformato i vari indirizzi liceali cercando di mantenere alcune acquisizioni di quei curricula sperimentali. Si esamineranno, nelle prossime pagine, alcuni di questi curricula.

2) La situazione è cambiata anche rispetto al profilo formativo dei ricercatori italiani: il liceo classico, fondato su un'educazione scientifica povera, è risultato essere, nonostante tutto, una strada educativa di successo, premessa alla formazione di più generazioni di fisici e scienziati. Oggi, il panorama dei percorsi formativi e di specializzazione è meno netto e più articolato; il liceo scientifico, in particolare, è concepito come la scuola capace di formare le basi per potenziali scienziati e ricercatori. La differenza tra questo e il Classico si è rafforzata nel tempo, non come molti vorrebbero in merito al peso relativo di discipline scientifiche e umanistiche: da una parte – si vedrà nell'analisi dei quadri orari – si è cercato di differenziare maggiormente il canone dei due licei sulla base dei saperi principali e del peso relativo di quelli scientifici, dall'altra – secondo alcuni – lo Scientifico non è ancora una scuola moderna il cui canone abbia operato una sintesi innovativa tra discipline classiche-umanistiche e i saperi scientifici in tutta la loro complessità metodologica e culturale, in poche parole, tra la tradizione e il mondo contemporaneo. Un cambiamento nel ruolo dei due tipi di licei si evince anche dal peso dei rispettivi iscritti, con un'inversione del peso relativo che, è ipotizzabile,



risale al periodo tra gli anni Settanta e Ottanta.<sup>3</sup>

La solidità dell'educazione liceale italiana, unita alla presenza di scuole di fisica e di una tradizione di ricerca che hanno eccelso nonostante le difficoltà, hanno reso la storia della fisica e dei fisici italiani una storia di successi e di conquiste scientifiche. Il sistema di formazione secondaria italiana è stato spesso ritenuto "eccellente" e alla base dei successi accademici del paese, alla luce di comparazioni non sistematiche e basate essenzialmente su esperienze dirette. Diverse sono le immagini e i risultati forniti dalle valutazioni internazionali sull'apprendimento e sui curricoli di scienze, anche se le conoscenze, sia comparate che nazionali, sui saperi e sulle attitudini scientifiche alla fine del ciclo scolastico sono deboli e lacunose a confronto con i dati sulla scuola dell'obbligo. Una delle poche fonti comparative al riguardo è fornita da TIMSS *Advanced* del 2008<sup>4</sup>, che si è concentrata sugli studenti alla fine del ciclo scolastico in indirizzi di tipo scientifico. Sebbene questa rilevazione abbia coperto solo il 3,8% della popolazione italiana stimata entro questi percorsi formativi, e la comparazione sia ristretta a poche nazioni, il dato che emerge vede l'Italia in una posizione inferiore per diversi aspetti. Tra questi, risalta l'ultima posizione nei risultati dei test di apprendimento su un insieme di temi di fisica; rispetto a una media fissata a 500 punti, l'Italia ha conseguito un punteggio di 422, presentando insieme l'età media più alta per gli studenti (18,9) e il maggior numero di anni di istruzione scolastica (tredici rispetto ai dodici della maggior parte delle altre nazioni) (Mullis *et al.*, 2009: 353). Il confronto con le precedenti indagini TIMSS del 2007 per le scienze (per la quarta elementare e la terza media) evidenzia che l'Italia, da un risultato positivo, sopra la media, per la scuola elementare, ha ottenuto una valutazione più negativa per l'ottavo grado (lievemente sotto la media), fino al punteggio largamente inferiore agli altri paesi per il tredicesimo anno di scolarizzazione, dato che, tra l'altro, rappresenta solo una piccola parte della relativa popolazione studentesca, escludendo, ad esempio, le scuole professionali.

3) Un ultimo punto riguarda la didattica. Ovviamente, nell'arco degli ultimi decenni anche i materiali didattici per la fisica sono andati cambiando, nonostante la concezione didattica e i contenuti siano stati ben più stabili. Tramite l'analisi qualitativa di alcuni manuali esemplari,

---

<sup>3</sup> Marazzini (2002: 195) riporta alcuni dati sulle iscrizioni scolastiche fino all'inizio degli anni Sessanta. Nell'anno scolastico 1953/54, il liceo classico aveva 97.026 iscritti, contro i 33.285 del liceo scientifico; per l'anno scolastico 1961/62 il dato è, rispettivamente, di 121.575 e 57.444. Negli ultimi due decenni l'inversione ha assunto una proporzione consistente: nell'anno scolastico 1997/98, 238.870 studenti sono iscritti al liceo classico, 493.769 a quello Scientifico; nel 2007/08 gli iscritti sono, rispettivamente, 295.037 e 619.273 (MIUR, 2009: 75).

<sup>4</sup> Mullis *et al.* (2009), Garden *et al.* (2006). La ricerca ha coinvolto solo un numero ristretto di paesi: Armenia, Libano, Italia, Olanda, Svezia, Slovenia, Norvegia, Iran, Russia.

cercheremo di individuare alcuni di questi sviluppi e la loro portata. Nonostante l'alternarsi e tramontare di sperimentazioni e innovazioni curriculari, nel quadro di un certo immobilismo, i testi hanno mantenuto gran parte delle loro caratteristiche contenutistiche e didattiche, almeno fino alle soglie degli anni Novanta. Nello stesso tempo, sono emersi diversi cambiamenti relativi ad altri aspetti non strettamente disciplinari, legati alle dinamiche che negli ultimi decenni hanno coinvolto le tecnologie didattiche, le case editoriali, le finalità stesse dell'educazione scientifica. Quest'ultime, infatti, erano destinate a evolvere in una scuola sempre più massificata e meno destinata a formare rigidamente classi sociali e professionali specifiche.

Gli strumenti della didattica, inoltre, sono un campo in cui i più recenti sviluppi tecnologici e globali del sapere hanno incominciato da poco ad avere un impatto di grande portata. Il *Web* e gli strumenti multimediali, al centro di numerose ricerche e dibattiti pedagogici, sono ormai elementi imprescindibili per chi si occupa di materiali didattici, innovazione pedagogica e, quindi, per gli autori di testi scolastici. Nonostante queste discontinuità, potenzialmente rivoluzionarie, il testo e le pratiche didattiche più tradizionali sopravvivono e convivono ancora con le nuove tecnologie e i nuovi processi formativi da queste delineati. Il manuale, in particolare, rappresenta ancora uno strumento fondamentale per la didattica scolastica e per l'insegnamento scientifico, così come una preziosa testimonianza delle concezioni disciplinari, epistemologiche e pedagogiche degli autori, degli esperti disciplinari e di chi si occupa di didattica nelle scuole. Esaminare i cambiamenti dei testi, per così dire, fino alla soglia dell'entrata delle nuove tecnologie nella scuola, può essere importante per capire i caratteri stabili e quelli mutevoli dell'insegnamento "programmato", insieme ai problemi che la didattica testuale ha dovuto affrontare e a cui i cambiamenti tecnologici non possono comunque fornire una risposta automatica e immediata.

Inserire questi processi e mutamenti inerenti alla formazione e all'insegnamento scientifici in Italia, nel quadro della ricerca internazionale e di alcune sue proposte in campo di educazione scientifica è il fine a cui mira la seguente analisi del curriculum di fisica.

## 2.2. Il curriculum "intended": la negoziazione del sapere da insegnare

Ispirandosi al modello concettuale elaborato per le indagini internazionali TIMSS<sup>5</sup> sui curricula di scienze e sulle *performance* degli studenti, modello che servirà a inquadrare anche l'analisi dei testi, un primo livello di definizione dell'insegnamento della fisica nella scuola

---

<sup>5</sup> In particolare: Gilbert *et al.* (2002); Schmidt *et al.* (1996, 2002); si veda inoltre "Il contesto TIMSS" a cura dell'INValSI [<http://archivio.invalsi.it/archivio/iea-timss/Pagine/ilcontesto.htm>; consultato in data 01/09/11].

secondaria va rintracciato nelle linee guida nazionali, nei quadri orari e nei programmi per la disciplina insegnata: il curriculum così come viene intenzionalmente programmato e virtualmente insegnato, definito a livello nazionale, in maniera teorica e secondo un insieme di direttive e obiettivi didattici.

Alcuni elementi ricorrenti su cui si concentrerà lo studio dei programmi, prima, e dei testi, poi, sono stati scelti anche in virtù delle questioni discusse nella prima parte di questa ricerca, in rapporto alle dinamiche più generali citate sopra che hanno coinvolto il sistema educativo italiano e la formazione scientifica che in questo è prescritta e sviluppata in maniera articolata. Evidenzieremo nei programmi alcuni temi e linee evolutive che serviranno in seguito anche allo studio del curriculum di fisica dal punto di vista dei testi.

Dalle principali caratteristiche dei programmi e dei testi si può ottenere un'immagine sui rapporti dell'insegnamento, a livello di curriculum "scritto", con la ricerca storico-filosofica, pedagogica e scientifica. Solo dopo aver tracciato un quadro generale di evoluzione del curriculum di fisica, liceale *in primis*, si potranno affrontare le relazioni di questo con i problemi e le dinamiche evidenziate dai *report* discussi.

Lo studio dei programmi, prima, e dei manuali, in seguito, evidenzierà come, e in che misura, alcuni di quei problemi e delle proposte innovative elaborate dagli specialisti abbiano avuto un impatto sul curriculum di fisica della scuola superiore. In particolare, è necessario comprendere lo spazio e il ruolo delle diverse finalità assegnate all'educazione scientifica e del progetto di un rinnovamento pedagogico incentrato su una "scienza per tutti", il quale – come visto – può avere implicazioni per tutte le componenti dell'insegnamento.

Alcune domande hanno guidato l'esame dei materiali curricolari di questo capitolo e dei due successivi:

- Con quali tempi e per via di quali fattori il curriculum di fisica è cambiato?
- Quali sono le finalità pedagogiche assegnate alla fisica da programmi e autori di manuali? Come sono cambiate queste negli ultimi decenni?
- Che impatto hanno avuto i problemi dell'istruzione scientifica, discussi nel primo capitolo sul cambiamento del curriculum di fisica "programmato" nei licei italiani?
- Quali sono i vincoli e le opportunità, sul piano disciplinare e contenutistico, per un progetto di una nuova educazione scientifica, riconducibile in parte al nuovo concetto di alfabetizzazione scientifica basata su rinnovati presupposti pedagogici e culturali?

Alcuni indici più specifici di cambiamento ed evoluzione dei testi e dei programmi saranno rappresentati tramite elementi caratteristici del curriculum di fisica italiano, individuati nei

seguenti temi che hanno guidato inizialmente l'analisi dei materiali curricolari:

- l'aggiornamento e l'inclusione della fisica del Novecento, come segno principale del cambiamento dei programmi e dei testi;
- i rapporti interdisciplinari con la storia e la filosofia della scienza, tematizzati dalla ricerca didattica e pedagogica, così come utilizzati in concreto da testi e definiti nei programmi di fisica.

Questi due elementi sono stati utilizzati come segni principali del cambiamento del curriculum programmato, ma non esaminati, quindi, nelle reali pratiche d'insegnamento.

Le relazioni interdisciplinari, le risorse usate dai testi, l'ammodernamento dei programmi e le variazioni epistemologiche e didattiche del curriculum – tra teorie, esperimenti e tecnologie fisiche – forniscono, a nostro parere, degli elementi su cui valutare il cambiamento globale del curriculum di fisica e mostrano come alcuni dei problemi che i documenti analizzati affermano essere cruciali per l'educazione scientifica contemporanea possano essere indagati anche attraverso lo studio dei materiali curricolari.

I riferimenti interdisciplinari e le strategie di contestualizzazione storico-filosofica della fisica costituiranno il principale indizio per capire quanto quella che abbiamo definito "finalità culturale" della scienza è concretamente rappresentata nel curriculum. Come emerso dal documento UNESCO e dalle altre ricerche citate, inoltre, una scienza rilevante per l'alfabetizzazione scientifica deve basarsi sulla comprensione della sua natura storica e culturale.

La fisica contemporanea e l'aggiornamento del curriculum, invece, è stato un nodo fondamentale per il cambiamento del curriculum. In questa parte della fisica si concretizzano le relazioni più importanti degli studi filosofici e storici con la fisica. L'inclusione, la declinazione e l'articolazione dei temi di fisica del Novecento rappresentano l'idea e la pratica di un curriculum più aggiornato, più "interessante" e "rilevante" da certi punti di vista, proprio perché calato in un contesto temporalmente più vicino, tecnologicamente più rilevante (si pensi all'energia nucleare, ai laser, alle attuali strutture sperimentali dei grandi laboratori scientifici) o culturalmente e filosoficamente più significativo, perché simbolo delle rivoluzioni scientifiche, del sapere scientifico novecentesco e di una visione della natura e della conoscenza che è parte dell'attuale cultura scientifica e, parimenti, umanistica. L'inclusione di alcuni temi scientifici contemporanei nel curriculum è strettamente connessa all'esigenza di fornire un insegnamento incentrato sulle idee portanti che costituiscono il sapere scientifico, proprio come espresso dai progetti inglesi e dal rapporto Nuffield.

D'altra parte – punto fondamentale questo – questa filosofia educativa si scontra con una prospettiva più tradizionalista dell'educazione scientifica. Secondo questa, la preparazione fornita dal curriculum di fisica deve essere rivolta al metodo e ai fondamenti propedeutici della disciplina, dunque a quella fisica classica che matematicamente e sperimentalmente meglio si adatta alla disciplina scolasticamente declinata e che storicamente ha rappresentato la formazione di base, premessa agli studi e alle professioni scientifiche.

Molte voci hanno criticato, non a caso, la tendenza esasperata all'attualità e alla fisica più affascinante che pedagogicamente comporta, è innegabile, una serie di rischi tra cui quello di presentare una disciplina più rilevante e affascinante ma che poco incide, per la complessità teorica e sperimentale, sulle reali competenze scientifiche degli studenti: un altro versante su cui il pericolo della de-concettualizzazione si manifesta. I pareri critici sull'eccessivo ammodernamento dei programmi sostengono anche che, guardando alla storia dell'educazione scientifica in Italia nei decenni passati, un curriculum "tradizionale", basilare e meno ambizioso dal punto di vista concettuale (dei temi e delle teorie più avanzate), ha saputo fornire le basi di una solida educazione scientifica.<sup>6</sup> Rimane da chiedersi se, dal punto di vista sia storico che pedagogico, non siano drasticamente cambiate le condizioni sociali e gli obiettivi dell'educazione scientifica scolastica a tal punto da richiedere un profondo ripensamento di quella prospettiva.

Permangono però alcuni punti di criticità nell'aggiornamento dei programmi che coinvolgono gli aspetti epistemologici e problematici dell'insegnamento delle teorie fisiche del Novecento. Tramite la fisica novecentesca e gli altri aspetti del curriculum citati, crediamo, si può studiare come parte dell'educazione scientifica scolastica si è sviluppata tra problemi attuali, pratiche tradizionali consolidate, necessità di innovare al contempo mantenendo degli equilibri disciplinari e pedagogici irrinunciabili, di fronte alle condizioni storiche della disciplina e della formazione in continuo, e talvolta radicale, mutamento.

Nuovamente, da questa analisi del caso italiano emergeranno spunti critici per comprendere come inserire i problemi di uno specifico sistema scolastico nazionale nel quadro comparato e globale in cui si collocano le ricerche e le direttive politiche viste nel primo capitolo, mettendo soprattutto in luce elementi comuni e aspetti specifici del caso in esame.

---

<sup>6</sup> Vale la pena citare ancora Lucio Russo (1998), autorevole critico che in Italia ha rappresentato i pareri più intransigenti contro la didattica attuale delle scienze e alcune proposte innovative e pedagogiche, tra cui i lavori della Commissione dei Saggi presieduta dall'onorevole Berlinguer negli anni Novanta, che si era occupata tra l'altro dell'aggiornamento dei programmi e quindi anche delle questioni sulla fisica contemporanea nel curriculum. Alla fine di questo lavoro si tornerà su alcuni esempi più specifici discussi da Russo.

### *2.3. Quadri orari: curricolo di fisica e comparazioni*

Nel complesso insieme di elementi che strutturano il curricolo, un fattore rilevante per l'organizzazione dell'insegnamento è il tempo. La pianificazione didattica, e a maggior ragione le sperimentazioni e le proposte pedagogiche alternative, sono sottoposte in larga parte a un vincolo definito dal tempo curricolare disponibile per una materia di insegnamento. Questo non esclude la nozione di tempo extracurricolare e il suo ruolo in alcuni possibili progetti educativi, ma il tempo "canonico" di una disciplina è la prima variabile che regola "la dinamica" del suo insegnamento.

Nel caso dei licei italiani si è sempre osservata una certa disparità tra educazione scientifica e umanistica; il liceo scientifico non ha mai presentato un profilo educativo-disciplinare fortemente alternativo al liceo classico e le materie umanistiche hanno mantenuto un peso notevole nel piano degli studi, a scapito della cultura scientifica.

In un periodo che possiamo convenzionalmente fissare tra la fine degli anni Ottanta e il 2010, dalle principali sperimentazioni fino all'ultima riforma attuata, il quadro orario del liceo scientifico è andato cambiando, attraverso un tentativo di spostare il baricentro educativo verso la cultura e le materie scientifiche in modo più netto rispetto a quanto i vecchi piani orari permettessero.

E' importante sottolineare questo cambiamento nello statuto del liceo scientifico, non solo perché è un requisito per qualsiasi innovazione nella didattica delle scienze, ma anche perché una modifica del genere può non esaurirsi in una questione quantitativa, bensì è in grado di generare un cambiamento strutturale e nei principi generali dell'educazione scientifica scolastica.

Come si nota dalla tabella 1: l'orario destinato all'insegnamento della fisica ha subito delle lievi variazioni negli ultimi vent'anni. Essenzialmente, l'attuale quadro orario, vigente con la riforma 2010 della scuola secondaria, costituisce una mediazione tra il vecchio liceo scientifico, che non prevedeva la fisica dal primo anno, e alcune sperimentazioni come il liceo Brocca dal 1995 e il PNI dal 1991.

Ciò che rappresenta una potenziale innovazione e cambiamento qualitativo nell'insegnamento della fisica e nell'architettura generale è lo studio della fisica al biennio, pratica già diffusa, appunto, con gli indirizzi sperimentali, ma che come vedremo meglio solleva alcuni problemi pedagogici generali.

Un'altra considerazione riguarda però il peso relativo delle scienze e della fisica rispetto, ad esempio, alle materie umanistiche che hanno sempre rappresentato l'asse culturale principale

di tutti i licei.

	I	II	III	IV	V
Liceo scientifico di Ordinamento (fino al 2010)	-	-	2	3	3
PNI (piano nazionale informatica)	3	3	3	3	3
Sperimentazione Brocca	3	3	4	3	3
Nuovo Liceo scientifico (2010)	2	2	3	3	3

**Tab. 1.** Orari settimanali di fisica per diversi assetti istituzionali del liceo scientifico lungo le cinque classi

Totale ore settimanali del quinquennio	Fisica	Matematica	Scienze naturali	Latino	Storia + filosofia
Liceo scientifico di Ordinamento (fino al 2010)	8	15	10	20	12 + 8
PNI (piano nazionale informatica)	15	25	10	20	12+8
Sperimentazione Brocca	16	27	22	17	10 + 8
Nuovo Liceo scientifico (2010)	13	22	13	15	12 <sup>7</sup> + 9

**Tab. 2.** Confronto tra gli orari settimanali di diverse discipline. I numeri rappresentano la somma delle ore settimanali per tutti e cinque gli anni.

La tabella 2 mostra un tal genere di confronto. Si sono selezionati sempre i quadri orari del liceo “tradizionale”, del nuovo liceo, e delle sperimentazioni, ormai tramontate ma piuttosto diffuse fino al 2010. Per le materie umanistiche si sono scelti il latino, storia e filosofia. Il

<sup>7</sup> Il biennio prevede 6 ore di storia e geografia.

primo rappresenta uno dei nodi del dibattito e dell'evoluzione del liceo scientifico. Lo studio del latino ha sempre caratterizzato il liceo e la presenza di un numero di ore elevato per questa disciplina ha sempre reso lo Scientifico una sorta di liceo classico senza studio del greco e con più matematica, non quindi una scuola con un paradigma educativo fondato sulle scienze o su una fusione realmente innovativa dell'asse umanistico con quello scientifico. L'insegnamento della storia, che nel triennio è accoppiato a quello della filosofia, rappresenta invece un elemento indispensabile anche per il curriculum del liceo scientifico ma è parimenti indicativo del peso delle discipline umanistiche.

Il nuovo liceo scientifico ha realizzato in parte uno spostamento dell'asse culturale verso una più estesa educazione scientifica, ad esempio riducendo il numero di ore di latino, circa una alla settimana in meno per ogni anno, anche se in realtà si tratta sempre di tre ore settimanali per anno, da confrontare con quelle per le materie scientifiche. La comparazione con il classico (tab. 3) mostra, in parte, quanto si sia cercato di discostare, almeno sotto il profilo degli studi linguistici classici, i due indirizzi (considerando anche il greco).

Totale ore quinquennio per disciplina	Fisica	Scienze naturali	Latino	Storia + Filosofia
Liceo Scientifico	13	13	15	12 + 9
Liceo Classico	6	10	22	15 + 9

**Tab. 3.** Confronto tra Classico e Scientifico. Si riportano ancora le somme delle ore settimanali previste per tutto il percorso liceale

Mentre il classico prevede 22 ore di latino, lo scientifico è passato da 20 a 15. Per storia e filosofia lo scientifico presenta lo stesso orario per filosofia e un'ora settimanale di storia in meno per anno.

Una delle particolarità del profilo culturale dei licei è il ruolo formativo assegnato alla filosofia, che costituisce una disciplina fondamentale per il triennio di tutti i licei e rappresenta uno degli elementi su cui è possibile bilanciare la cultura umanistica e quella scientifica. Questo ruolo formativo e riflessivo potrebbe venir amplificato se solo i programmi venissero maggiormente differenziati e ad esempio la filosofia – non solo la sua storia – diventasse realmente una disciplina in grado di dialogare e interagire con le scienze anche a



livello di scuola secondaria. La presenza di questo insegnamento, inoltre, rende particolarmente interessante ripensare il filone di studi di *Science Education* che ha tematizzato e sviluppato l'idea di un ruolo pedagogico-didattico della filosofia e della storia della scienza nell'insegnamento-apprendimento delle scienze. Anche se di seguito ci concentreremo sulla presenza "interna" di queste conoscenze nei programmi e nei testi scolastici di fisica e in alcune proposte di ricerca, a prescindere da "quali docenti" e "quali percorsi interdisciplinari", è ovvio che il paradigma culturale dei licei, di quello Scientifico soprattutto, rende questa prospettiva pedagogica più rilevante, complessa e legata anche alla capacità di mettere in comunicazione i diversi insegnamenti scolastici.

I cambiamenti dei quadri orari visti sono un dato piuttosto marginale in confronto a elementi più cruciali del curriculum (programmi, libri di testo, ecc.) e della pedagogia (formazione degli insegnanti, pratiche di laboratorio, nuove tecnologie, ecc.); rappresentano solo un'indicazione formale che non rivela molto sulle pratiche di insegnamento e sulle reali opportunità educative fornite. D'altra parte, però, il peso relativo e assoluto delle discipline è un indicatore importante di come viene costruito il profilo educativo e culturale di un certo indirizzo formativo e rappresenta, quindi, una delle azioni strategiche principali che le politiche educative nazionali possono intraprendere e con cui possono determinare le possibilità dell'insegnamento.

I pochi elementi che emergono da questa analisi comparata dei quadri orari indicano uno spostamento – sensibile ma non radicale come nel caso dei passati piani di studio sperimentali – dell'asse culturale di un liceo (scientifico) verso le scienze, con meno ore di lingua antica e con un incremento del numero globale di ore per le materie scientifiche; l'estensione della fisica al primo biennio; la presenza di una costante disciplinare che accomuna i due licei di diverso orientamento, in particolare quella umanistica e storico-filosofica.

Un punto da evidenziare in questo quadro di modifica della distribuzione delle ore e dell'estensione della fisica al primo biennio del liceo scientifico (e parallelamente all'intero triennio del liceo classico) è la possibilità di una ristrutturazione dei fondamenti dell'insegnamento della fisica e dei contenuti che prima venivano affrontati in tre anni.

Una prima conseguenza di questo è stata la possibilità di estendere i programmi e di inserire in via stabile, dopo anni di dibattiti e critiche su programmi di fisica poco aggiornati e obsoleti, l'insegnamento della fisica del Novecento. Oltre a questo, la fisica al biennio è stata interpretata come studio propedeutico dei fondamenti – intesi come leggi e teorie di base – e dell'approccio sperimentale, in una diffusa ottica pedagogica di curriculum a spirale, in cui i

contenuti trattati in maniera più elementare vengono ripresi (al triennio) e approfonditi a un livello più astratto e sofisticato.

Gli ultimi quindici, vent'anni, però, le riforme politiche scolastiche hanno affrontato il problema dell'uniformità dell'educazione scolastica nel contesto del sistema italiano in cui a quattordici anni i percorsi educativi vengono tuttora differenziati in maniera abbastanza radicale e sotto certi punti di vista irreversibile.

Nel tentativo di uniformarsi agli altri paesi, l'Italia ha innalzato l'obbligo scolastico fino a sedici anni.<sup>8</sup> L'innalzamento dell'obbligo d'istruzione solleva una questione importante anche per la fisica del biennio: come mantenere l'uniformità e la qualità dei bienni della scuola secondaria di secondo grado, la capacità di offrire un'educazione di buon livello e le principali conoscenze a tutti gli studenti, all'interno di un sistema che rimane differenziato e in cui i bienni devono al contempo porre le basi della diversificazione e specializzazione dei successivi trienni conclusivi?

L'educazione scientifica è al centro di tale questione. Posto che questa sia un pilastro dell'educazione per tutti e della formazione nell'obbligo scolastico, a prescindere dai tipi di scuola, come può questo fatto sussistere se i bienni presentano caratteristiche radicalmente diverse per quanto riguarda l'educazione scientifica? Ciò che è in discussione è la possibilità di uniformare l'educazione scientifica dei bienni di tutte le scuole secondarie di secondo grado.

Il problema non ha una chiara soluzione nel quadro attuale del sistema d'istruzione italiano. Diversi indirizzi mantengono le specificità che caratterizzano tutto il percorso di studi quinquennale e non vi è alcuna possibilità di fornire un'educazione scientifica allargata e uniforme per tutte le scuole. Ciascun biennio rimane quindi solamente propedeutico al tipo di scuola e al triennio "specialistico" che lo segue. Non esiste, perciò, nel sistema italiano nessun analogo dei corsi sperimentali di scienze, come il citato *Twenty-First Century Science* del caso inglese, che cerchino di costruire un'alfabetizzazione scientifica per tutti, rilevante e uniforme, fino al conseguimento del sedicesimo anno di età. Un dato abbastanza eloquente è rappresentato, ad esempio, dalla percentuale di ore rispetto al totale del tempo curricolare, dedicate alle discipline scientifiche. Le indicazioni di Osborne e Millar, in riferimento soprattutto all'ultimo curriculum della fondazione Nuffield, parlavano di circa un 20%

---

<sup>8</sup> Le decisioni politiche in materia sembrano essere divise in merito alla possibilità di adempiere a questo obbligo in scuole di avviamento professionale successive alla scuola media, sulla cui offerta e qualità educativa gli esperti esprimono preoccupazioni. In una scuola propensa alla selezione "precoce", rimane l'esigenza di temperare un sistema nettamente differenziato che ha riprodotto alcune disparità sociali; in questione è, dunque, il carattere per certi versi poco democratico del sistema di istruzione italiano.

dell'orario, al livello di GCSE, dedicato al corso di scienze: in sostanza, un 10% per il corso generale rivolto a tutti gli studenti e basato sull'idea di *literacy* scientifica, e un altro 10% per le diverse opzioni aggiuntive (un corso supplementare di tipo applicativo o teorico).

E' interessante confrontare questa raccomandazione con gli orari per le discipline scientifiche, presentate essenzialmente in forma non-integrata, nei bienni dei due principali licei.

Liceo classico (tradizionale): nessun insegnamento scientifico.

Liceo classico (attuale): due ore di scienze naturali per ciascuno dei due anni, per una 7,4% del tempo complessivo.

Liceo scientifico (tradizionale): due ore di scienze naturali per il secondo anno; per il complesso del biennio si tratta di una percentuale del tempo curricolare del 3,8%.

Liceo scientifico (attuale): due ore di scienze naturali e due di fisica per ogni anno, il 14,8% dell'intero tempo curricolare.

Solo la sperimentazione Brocca del liceo scientifico arrivava a oltre il 17% del curricolo del biennio dedicato alle materie scientifiche.

Dunque, si potrebbe dire, il solo tempo curricolare in questi licei, comparato a quanto previsto per il GCSE inglese, fornisce un sostegno molto debole all'idea della scienza come fondamento dell'educazione dell'obbligo. A questo fattore formale vanno aggiunti la questione delle profonde differenze tra i diversi indirizzi e, ovviamente, le scelte contenutistiche.<sup>9</sup>

Anticipando quanto osserveremo in modo più analitico nel proseguo di questo esame del curricolo, possiamo affermare che esiste un duplice carattere dell'insegnamento della fisica nella scuola:

- una differenziazione tra i vari indirizzi del tipo di insegnamento e dei contenuti forniti nel campo scientifico, nel biennio iniziale;

- una non differenziazione dei principi, delle finalità e del tipo di conoscenze fornite lungo il triennio dei licei, tra scuole che prevedono diversi orientamenti rispetto al sapere scientifico.

Questa duplice, e in parte contraddittoria, struttura dell'insegnamento della fisica rivela la concezione disciplinare specialistica e accademica che sta alla base del suo insegnamento nella scuola secondaria di secondo grado. Tale concezione – si vedrà meglio – lascia poco spazio a differenziazioni nei programmi e all'ideazione di finalità diverse tra differenti tipi di scuola.

In riferimento a uno dei problemi cruciali trattati nei documenti internazionali visti: non solo

---

<sup>9</sup> Per un'analisi più dettagliata di questo problema, tramite i quadri orari dei diversi indirizzi di scuola secondaria di secondo grado, si veda l'appendice 1.

non esistono le basi per un'alfabetizzazione scientifica omogenea e diffusa fino al compimento dell'obbligo scolastico, ma in che misura l'insegnamento della fisica si presta a una diversificazione che risponda alle diverse attitudini verso la scienza di indirizzi e studenti diversi, alle diverse finalità di una scienza per tutti e "per il cittadino" rispetto a una scienza specialistica propedeutica alle professioni e agli studi di carattere tecnico-scientifico? La risposta a questa domanda necessita un esame più approfondito dei materiali su cui si basa l'insegnamento e in particolare (capitolo 3) dei testi di fisica.

#### *2.4. I Programmi di Fisica*

Come si sono evoluti i programmi per il quinquennio della scuola secondaria di secondo grado sulla base anche dei cambiamenti strutturali riguardanti l'insegnamento della fisica?

I libri di testo e la definizione degli esperti disciplinari del "che cosa" deve essere insegnato mostrano una notevole costanza dei contenuti e una solida concezione alla base dell'insegnamento della fisica, con poco spazio per una riformulazione o differenziazione profonda dei contenuti e delle finalità didattiche. Non a caso, almeno sul piano dei contenuti proposti a livello nazionale, i programmi di fisica dei licei hanno subito poche variazioni nel corso degli ultimi settant'anni. Prenderemo in considerazione i programmi di fisica degli ultimi vent'anni circa, nello specifico il programma per il liceo scientifico, tenendo presente l'origine di alcune indicazioni ministeriali sopravvissute fino a tempi recenti.

Il programma ufficiale per il "vecchio" liceo scientifico, corso "di ordinamento" istituito nel 1923, infatti, ha convissuto con vari indirizzi sperimentali fino al 2010, e risale al decreto regio del 1936, in pieno regime fascista e nel quadro di un sistema scolastico piuttosto diverso da quello attuale; nonostante una riformulazione del quadro orario nel 1952, i contenuti sono rimasti quelli dei programmi Bottai.<sup>10</sup> Nonostante i cambiamenti istituzionali di grande portata della scuola italiana, specialmente con le successive riforme riguardanti l'unificazione della scuola media e la liberalizzazione dell'accesso al sistema universitario, il vecchio programma di fisica è rimasto invariato nel corso dei decenni.

Questo primo programma per i licei scientifici, con distribuzione triennale dei contenuti che venivano dettati con particolare precisione, era strutturato sulla base della divisione della fisica nelle tradizionali aree di indagine, in maniera piuttosto frammentata, senza la presenza di quei fili conduttori o nodi concettuali trasversali e unificanti che caratterizzano

---

<sup>10</sup> Si veda Marazzini (2010) e i documenti raccolti dall'autore [<http://fisicavolta.unipv.it/percorsi/pdf/documento%202.pdf> consultato in data 28/03/11]; per le riforme successive, dagli anni Cinquanta, Marazzini (2002) e la voce wikipedia "liceo scientifico" [[http://it.wikipedia.org/wiki/Liceo\\_scientifico](http://it.wikipedia.org/wiki/Liceo_scientifico) consultato in data 20/02/11].

maggiormente gli attuali programmi di insegnamento della fisica.

Riportiamo in appendice (2.1.) la suddivisione degli argomenti per le tre classi e alcuni dei contenuti principali di studio, tralasciando alcuni dettagli.

L'insegnamento della fisica era piuttosto dettagliato per quanto riguarda i contenuti previsti per ogni classe e nettamente suddiviso nelle aree fenomenologiche di studio, senza temi trasversali, né tantomeno con indicazioni di approfondimento o raccordo interdisciplinare.

Un elemento, non riportato in questo elenco, concerne il risvolto tecnologico e applicativo della fisica, piuttosto marcato in questo programma: le applicazioni e gli aspetti tecnologici erano prescritti in modo puntuale dal programma e non lasciati ai materiali didattici disponibili, alle possibilità, alle scelte e alla libera iniziativa dell'insegnante.<sup>11</sup>

La specificazione delle applicazioni tecniche da studiare va imputata a due motivi: il primo è l'origine tecnica del liceo scientifico, che appunto era sorto dalla sezione fisico-matematica dell'istituto tecnico; il secondo riguarda, forse, un aspetto didattico della fisica della prima metà del secolo, ovvero il carattere meno matematico e formale della disciplina, che era vista più come attività sperimentale che anche come ricerca teorica e conoscitiva guidata da grandi teorie e principi unificanti. Si tornerà brevemente in seguito su queste caratteristiche.

Va detto, d'altro canto, che il programma del liceo classico era per molti versi analogo a quello dello Scientifico e prevedeva ugualmente un significativo peso degli aspetti applicativi. La fisica non presentava alcuna differenziazione sostanziale tra due indirizzi che avrebbero assunto con il tempo orientamenti sempre più distinti verso il sapere scientifico; inoltre, come accennato, il liceo classico sarebbe comunque rimasto per alcuni decenni il canale formativo dei futuri ricercatori, come lo era stato per i grandi scienziati del periodo intorno alla seconda guerra mondiale e non stupisce, quindi, l'accento applicativo e sperimentale, seppur meno matematico, di questa fase dell'insegnamento della fisica nei licei.

Come si vedrà meglio per i manuali di fisica, però, tra gli anni Sessanta e Settanta un clima di innovazione dell'insegnamento scientifico, proveniente in particolare dagli Stati Uniti e dall'Inghilterra, si diffuse anche in Italia. Dovuto evidentemente anche a motivi storici che riguardavano la scuola e la comunità scientifica italiane, questo clima di cambiamento coincise con i primi sviluppi della ricerca accademica italiana in didattica e con l'attività di associazioni disciplinari come l'AIF, sorta nel 1962. E' in questo periodo che cominciarono a cambiare alcuni principi di fondo dell'insegnamento della fisica, pur nella stabilità del curriculum e di altri fattori pedagogici come la formazione degli insegnanti. Le due riforme strutturali del si-

---

<sup>11</sup> Alcuni degli argomenti applicativi proposti sono riportati in appendice (2.2.).

stema formativo, l'unificazione della scuola media (1962) e la liberalizzazione degli accessi universitari (1969), erano destinate anch'esse a incidere sull'insegnamento scientifico.

Successivamente, per un periodo che va dagli anni Ottanta fino al primo decennio del ventunesimo secolo, la scuola secondaria di secondo grado e i programmi delle singole discipline sono stati oggetto di ambiziosi progetti di riforma e rinnovamento, le cui note caratteristiche appaiono interessanti per studiare il processo di innovazione dell'educazione scientifica e della fisica in particolare, nonostante i loro scarsi esiti sul piano istituzionale, casomai per verificare cosa di quei tentativi è stato incorporato nell'ultima riforma della secondaria di secondo grado del 2010 e denotava quindi delle esigenze di innovazione più radicate.

Negli anni '73 e '74, una legge e un decreto delega sanciranno l'inizio delle sperimentazioni scolastiche, fornendo un quadro istituzionale per attuarle e regolamentarle.<sup>12</sup> Ci interessa qui, in particolare, il coinvolgimento delle discipline scientifiche in queste sperimentazioni e quindi il periodo che va dalla fine degli anni Ottanta al 2010.

Il peso di queste sperimentazioni<sup>13</sup> suggerisce di studiare questi ordinamenti scolastici, e i relativi piani di studio, a carattere straordinario, per cogliere i cambiamenti e le dinamiche più "ordinarie" che hanno coinvolto l'insegnamento della fisica in tempi recenti.

Un primo sviluppo a livello istituzionale si è avuto con la commissione Brocca, istituita dal ministero della pubblica istruzione, i cui lavori durarono dal 1988 al 1992.<sup>14</sup>

Un punto importante dell'intero progetto di riforma della scuola superiore era proprio l'architettura complessiva di questo ordine scolastico e il ruolo dei bienni, in vista di un'estensione dell'obbligo scolastico e nel tentativo di conciliare una formazione trasversale e non troppo selettiva con quella propedeutica per i percorsi più specialistici triennali dei vari indirizzi.

Come si è visto nell'esame dei quadri orari, i licei Brocca prevedevano la fisica già dal biennio, per lo Scientifico. Si trattava in realtà di un ambizioso corso di "laboratorio di chimica e fisica" che questo liceo avrebbe a grandi linee condiviso con buona parte degli

---

<sup>12</sup> Legge 30 luglio 1973, n. 477, in Gazzetta Ufficiale, 16 agosto 1973, n. 211; Decreto Presidente Repubblica 31 maggio 1974, n. 419 in Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale, 13 settembre 1974, n. 239, dal titolo "Sperimentazione e ricerca educativa, aggiornamento culturale e professionale ed istituzione dei relativi istituti".

<sup>13</sup> «[L]’anno scolastico 1990-91 vedeva ormai la presenza delle sperimentazioni globali in 295 sedi, delle quali 49 licei classici, 80 licei scientifici, 151 istituti magistrali e 15 scuole magistrali». Dopo il lancio dei bienni sperimentali Brocca, nell’anno scolastico 1991-92 le iniziative sperimentali coinvolgono “363 istituti, dei quali 68 licei classici, 97 licei scientifici, 182 istituti magistrali e 16 scuole magistrali». Già nel 1994-1995 le sperimentazioni “globali”, cioè riguardanti la struttura di un intero corso di studi, toccavano 619 istituti, il 50% del totale (Ministero della Pubblica Istruzione, 1995: 11).

<sup>14</sup> I lavori della commissione furono sistemati in due importanti documenti Ministero della Pubblica Istruzione (1991, 1992).

istituti tecnici. Qui stava il tentativo di pensare un'educazione scientifica di base condivisa almeno dagli indirizzi a contenuto tecnico-scientifico. L'insegnamento era fondato su profonde basi sperimentali, con un metodo interdisciplinare e mirato a fornire conoscenze e competenze di base, ancor prima che nozioni formali e astratte di fisica; era più rivolto alla fenomenologia scientifica in comune alla fisica e alla chimica, che alla sistemazione teorica delle due discipline distinte: un ritorno alle origini, sembrerebbe, quando la fisica era associata più alla chimica che alla matematica, e così sarebbe per questo insegnamento biennale, se non fosse che la concezione pedagogica era ormai completamente diversa e l'attività laboratoriale veniva posta al centro della didattica e dell'apprendimento.

Il principio alla base di questa proposta pedagogica per le scienze era quindi ben diverso dalle idee più recenti su come uniformare l'educazione scientifica obbligatoria per tutti, pre-vocazionale, fondandola su aspetti culturali e sull'idea di una scienza per tutti. Se i corsi sperimentali che vengono proposti oggi, nei paesi dove la ricerca educativa sulle scienze è in continuo movimento, cercano un fondamento didattico su motivi culturali, sullo studio di aspetti scientifici rilevanti per la vita quotidiana, come le tecnologie e le questioni di rilevanza sociale, l'idea alla base della fisica proposta dalla Commissione Brocca era quella di anteporre un motivo pedagogico alle differenze storico-filosofiche e disciplinari che, gli stessi programmi riconoscevano, distinguono la fisica dalla chimica e impongono una loro distinzione a livello avanzato. Questo motivo consisteva, innanzitutto, nell'adeguarsi al livello cognitivo della particolare età (quattordici-sedici anni), attenuando le diversità disciplinari e proponendo un'attività unificata basata sulla sperimentazione e su alcuni nuclei trasversali alle due discipline, nel segno di un rapporto innovativo tra "saper e saper fare" e tra "scienza e tecnologia".

I nuclei fondanti di questo insegnamento, dal punto di vista contenutistico, proposti dalla Commissione, erano:

- proprietà fisiche dei corpi e loro misura
- dai materiali alle sostanze
- dalle sostanze alle soluzioni
- proprietà elettriche dei corpi, delle sostanze e delle soluzioni
- trasformazioni e conservazione della materia
- movimento e energia
- energia e ambiente
- la progettazione di un esperimento

Alcune note spiegavano la metodologia didattica alla base di questo insegnamento:

«partire dall'osservazione macroscopica di corpi, sostanze e fenomeni del mondo che ci

circonda per giungere in modo graduale all'aspetto particellare senza entrare nel merito del modello elettronico della struttura atomica»;

«evitare una eccessiva formalizzazione, non accessibile a questo livello di età»;

«mettere in luce gli aspetti comuni ma anche la specificità del campo di indagine e di attività propri delle due aree disciplinari»;

«offrire spunti per evidenziare l'interazione tra conoscenze scientifiche e applicazioni tecnologiche e tra queste, l'uomo e l'ambiente»;

«scegliere attività pratiche richiedenti apparecchiature semplici, facilmente reperibili o realizzabili, e sostanze d'uso comune».<sup>15</sup>

Ogni "tema" include un insieme di attività sperimentali, conoscenze empiriche e fondamenti fenomenologici e metodologici tramite cui fornire una vera e propria alfabetizzazione scientifica. Secondo questa concezione di *scientific literacy*, ben più ristretta di quelle proposte dalla ricerca negli ultimi decenni (ad esempio quella citata dei *National Science Education Standards*) e che sono state discusse in altri paesi (Canada, Australia, Stati Uniti, Regno Unito), a fondamento di questa nozione ci sono:

- le competenze sperimentali e manipolative;
- la conoscenza del rapporto tra teorizzazione e esperimenti (prima ancora delle "grandi" teorie e delle formalizzazioni più astratte): «anziché enfatizzare l'aspetto formale è opportuno iniziare a dare idee intuitive e *provvisorie*, ma sostanzialmente corrette, in attesa di una ulteriore *chiarificazione* che in certi casi può avvenire in *momenti* successivi del corso e in altri casi durante il triennio»;<sup>16</sup>
- la padronanza operativa di alcune delle ipotesi scientifiche più importanti: natura corpuscolare della materia, conservazione e trasformazione dell'energia, ecc.

A queste vanno aggiunte due direttive più in linea con quello che la recente ricerca nel campo della *Science Education* ha tematizzato:

- aspetti inerenti alla vita quotidiana e di rilevanza tecnologica e sociale (il tema "energia e ambiente");
- la "natura della scienza", strettamente intesa, come basi della metodologia scientifica e sperimentale: «il tema 8 non è parte a sé stante né va considerato come la conclusione del programma. Esso rappresenta un insieme di contenuti e metodi che deve essere sviluppato e applicato nell'ambito di tutti gli altri temi proposti».<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> *Ivi.*

<sup>16</sup> *Ivi.*

<sup>17</sup> *Ivi.*



In realtà quest'ultimo punto non rispecchia completamente quella che nella ricerca più recente è stata chiamata "natura della scienza", né tantomeno copre quell'insieme di conoscenze definite come "idee sulla scienza", espressioni che denotano un insieme di cognizioni e informazioni sul come la scienza funziona a vari livelli, non solo sul piano strettamente metodologico. In questo senso, l'idea di alfabetizzazione scientifica avanzata implicitamente da questo progetto di riforma dei bienni è di natura "vocazionale", rivolto a padroneggiare le basi dello sperimentalismo nelle scienze naturali in vista soprattutto di un percorso specifico di tipo tecnico o scientifico.

Per quanto riguarda il triennio, la Commissione Brocca cercava di fissare e avanzare alcune novità pedagogiche per l'insegnamento della fisica che, nonostante le sorti politiche della riforma, erano già destinate a diventare parte del "senso comune" didattico degli insegnanti di fisica. Quanto questo insieme di precetti didattici venga tradotto sistematicamente in buone pratiche è un problema tuttora aperto e su cui non si ha una conoscenza completa e precisa, specialmente limitandosi a questo contesto di analisi generale e per così dire "teorica" del curriculum di fisica.

Alcune di queste "novità" erano appunto: l'uso del laboratorio, in maniera sistematica – almeno per il trenta per cento dell'intero monte orario – attiva ed esplorativa da parte degli studenti, non attraverso una serie di dimostrazioni di esperimenti *ex cathedra* e rigidamente prefissati su un manuale di istruzioni sperimentali; la valutazione di queste attività laboratoriali, le quali avrebbero dovuto essere monitorate e valutate al livello di gruppo e di singolo studente; anche l'uso del calcolatore elettronico, quando lo sviluppo informatico era lontano dagli strumenti attuali, veniva indicato come potenziale risorsa didattica di grande rilievo e utilità.

Le due novità con cui la Commissione presentava i programmi triennali di fisica erano «in risonanza», veniva detto, con le riflessioni e la ricerca pedagogico-didattiche. Tali novità erano l'approccio sperimentale, da una parte, la strutturazione dei contenuti per "temi", dall'altra, nel tentativo di rendere l'intero programma più coerente, meno frammentato e basato su «modelli unificanti» e «concetti fondanti».<sup>18</sup>

Uno sguardo complessivo alla strutturazione e presentazione dei contenuti rivela quanto la concezione della fisica stessa, e di ciò che vale la pena insegnare a livello di scuola secondaria di secondo grado, fosse cambiata e, nonostante la costanza di certi contenuti e conoscenze fisiche, l'approccio e la filosofia alla base dei nuovi programmi avanzati dalla Commissione

---

<sup>18</sup> Ministero della Pubblica Istruzione (1992: 360, 361).

Brocca fossero sensibilmente diversi dal vecchio programma di fisica dello Scientifico tradizionale.

Senza entrare nel dettaglio di tutte le conoscenze previste dal programma di fisica Brocca, si può cogliere questo mutamento di prospettiva curricolare esaminando i temi che lo compongono (appendice 2.3.).

Il liceo scientifico e quello tecnologico condividevano i sette temi unificanti che si presentano anche più articolati e completi rispetto ai temi, per esempio, previsti per la fisica di soli due anni del liceo classico. Entrando nello specifico dei contenuti presenti all'interno di ogni macro-tema, emergono diverse caratteristiche rispetto al programma dei vecchi licei.

I contenuti elencati sono perlopiù di carattere teorico e fisico-matematico. Non che fossero assenti fenomeni specifici da studiare, ma gli aspetti sperimentali sono, secondo le nuove indicazioni, parte integrante del metodo didattico e, soprattutto, la fisica era ormai associata all'insegnamento della matematica in modo ancor più netto:<sup>19</sup> a causa dei successi della ricerca in fisica teorica, e per la formazione stessa degli insegnanti che entrano nelle classi di concorso per l'insegnamento della fisica e della matematica. Anche i riferimenti alle applicazioni sono scomparsi dal programma, nonostante il piano Brocca prevedeva in linea teorica uno stesso curriculum di fisica per il liceo scientifico e un nuovo liceo scientifico-tecnologico. Questo è un punto di interesse. Così come, nonostante un programma sempre più orientato alla fisica "teorica", l'aspetto sperimentale è implicito, anche se attività sperimentali sono suggerite nelle indicazioni didattiche per ogni tema, l'accento sugli aspetti tecnologico-applicativi è lasciato alla libertà didattica dei docenti e alla loro capacità di adattare il programma al contesto della classe e dell'indirizzo specifici.

La scansione degli argomenti nei temi tiene conto del carattere di propedeuticità che alcuni di essi hanno rispetto ad altri e costituisce riferimento per i docenti ai fini della individuazione del percorso curricolare da seguire e degli esiti conclusivi da verificare al termine di ogni anno scolastico. Attraverso la programmazione annuale saranno definiti l'importanza e il livello di approfondimento dei singoli argomenti.

Il minor numero di ore previsto nell'indirizzo scientifico rispetto a quello scientifico-tecnologico, unitamente alla minore attività di laboratorio di chimica e fisica effettuata nel biennio porta alla necessità, nell'indirizzo scientifico, di trattare alcuni aspetti con minore approfondimento. Potrà inoltre essere presa in considerazione l'opportunità di un diverso accento applicativo-tecnologico nei due indirizzi (Ministero della Pubblica Istruzione, 1992: 392).

Alcune peculiarità di queste indicazioni fanno parte di quel processo che i pedagogisti hanno definito come il passaggio "dal programma al curriculum", dove il primo è più che altro un elenco di contenuti prescritti (come il vecchio programma del liceo scientifico visto), e il secondo è un insieme di obiettivi di apprendimento definiti in maniera più flessibile e

---

<sup>19</sup> Si veda la nota 54 del capitolo I.

accompagnati dalle indicazioni didattiche; in questo campo di indicazioni didattiche, si esprime e realizza la libertà di insegnamento, in funzione delle finalità assegnate, dell'individualità e della singolarità dello studente o di una classe.

Non a caso i temi di fisica del progetto Brocca non sono più scanditi rigidamente per annualità, sebbene definiscano delle propedeuticità e in ultima istanza determinino ugualmente la distribuzione annuale dei contenuti.

Questo mutamento pedagogico nella politica educativa e culturale per le scuole si conserverà negli anni successivi al progetto della Commissione Brocca ed è ben rappresentato ad esempio dal penultimo progetto di riforma organica dell'insegnamento scolastico e in particolare della scuola secondaria di secondo grado, ovvero la riforma Moratti, che intorno al 2003-2004 ha prodotto le cosiddette "indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati" comprendenti il piano degli studi, una sorta di programma, associato strettamente agli obiettivi specifici di apprendimento.

Rimangono alcune osservazioni pertinenti, riguardo ai programmi triennali dei licei elaborati dalla Commissione Brocca.

Per ovvie ragioni, i contenuti all'interno di ogni tema differiscono per livello di profondità, astrattezza e complessità tra due indirizzi come, ad esempio, lo Scientifico e il Classico. I diversi quadri orari e la quantità di conoscenze fisiche più o meno nuove che son entrate nel programma hanno maggiormente differenziato i due indirizzi che originariamente non presentavano forti discrepanze per il curriculum di fisica.

Quello che per il tradizionale curriculum di fisica, sopravvissuto fino a tempi recenti con il vecchio programma, era l'ultimo elemento contenutistico da affrontare, ovvero i "cenni sulla costituzione della materia", è ormai diventato un intero nuovo panorama di studi di fisica da inserire nel curriculum, insieme alla relatività e addirittura alla ricerca più recente in fisica delle particelle, astrofisica e cosmologia. L'introduzione della fisica contemporanea, condivisa da tutti gli indirizzi scolastici, rappresentava una chiara scelta culturale che intendeva dare un segnale di profondo rinnovamento delle materie scolastiche scientifiche.

Forse troppo ambizioso, l'intento di costruire quasi metà del curriculum su conoscenze di fisica contemporanea, che nel vecchio programma a malapena apparivano e che presentano inoltre una serie di problemi didattici, metodologici ed epistemologici di grande spessore, sarà destinato a cadere insieme a tutto il progetto Brocca, sopravvivendo in maniera attenuata nelle nuove indicazioni nazionali per i licei emanate un ventennio dopo la costituzione della Commissione Brocca.

Le finalità e le indicazioni didattiche dettate dalla Commissione presentavano, però, altre

interessanti caratteristiche. Il significato e le finalità principali di tipo pedagogico da assegnare alla fisica venivano enunciate in maniera differenziata per vari indirizzi scolastici. Questo si evince anche dalla radicale riorganizzazione dei contenuti proposta per il liceo classico, introno a pochi temi fondamentali.

Nonostante l'uniformità metodologica e contenutistica di un insegnamento come la Fisica, i programmi in esame cercavano di introdurre una differenziazione degli obiettivi, o meglio, del significato pedagogico da attribuire alla disciplina, proprio in ragione delle considerazioni che sono state esaminate a livello di ricerca e politica internazionale sull'educazione scientifica: una diversificazione di finalità tra scuole (o studenti) con attitudini diverse verso la scienza è in grado, secondo quanto suggerito dai documenti analizzati, di integrare una scienza per tutti e adattata in maniera flessibile a diversi contesti di apprendimento, con la possibilità di formare motivazioni, interessi e capacità anche per chi continuerà, o potenzialmente potrebbe continuare, gli studi scientifici a livello più avanzato.

Le diverse "filosofie" di insegnamento della fisica insistono su quegli aspetti della disciplina che meglio si adattano all'orientamento culturale del particolare indirizzo liceale.

Liceo classico/linguistico: ruolo del pensiero scientifico e suo inquadramento storico-culturale; aspetti filosofici e epistemologici sollevati dalla fisica.

Liceo socio-psico-pedagogico: «l'insegnamento della fisica» – viene – detto «propone un modello di processo di apprendimento che tiene conto del pensiero comune e lo supera problematicamente, in contrapposizione a quella prassi didattica che considera l'apprendimento come un processo lineare di accumulo di nozioni» (Ministero della Pubblica Istruzione, 1992: 361). Riecheggiano qui gli sviluppi di didattica della fisica che negli ultimi due decenni avevano trovato dei raccordi significativi con le teorie dell'apprendimento.

Liceo scientifico: si sottolinea l'acquisizione di una metodologia, tipicamente sperimentale, passibile di estensione ad altri campi, insieme a conoscenze formali e teoriche.

Liceo scientifico-tecnologico: ricalca in parte la visione per lo Scientifico, ma sottolinea anche le relazioni e il complesso rapporto tra scienza e tecnologie.

Indirizzi tecnici: la fisica rappresenta una disciplina di base imprescindibile sia per la formazione più generale sia come propedeuticità e fondamento di tutte le competenze e conoscenze inerenti alle tecnologie.

Va detto che la generalità delle indicazioni fornite non rappresenta un concreto elemento di valutazione dei diversi curricula di fisica e che queste prospettive generali sul ruolo dell'apprendimento della fisica, probabilmente, non hanno avuto un impatto molto

significativo sul concreto insegnamento, ma dal punto di vista pedagogico e filosofico va comunque evidenziato il cambio di prospettiva nell'elaborazione dei programmi, a cui in buona misura esperti accademici e anche insegnanti hanno contribuito.

Al livello più specifico, invece, molte indicazioni su come sviluppare i contenuti erano maggiormente trasversali. Ad esempio il tentativo, comune al Classico e allo Scientifico, di integrare in maniera profonda e quasi sistematica la conoscenza scientifica con le altre discipline e gli aspetti di tipo umanistico, veniva esplicitamente tematizzato, segnando un altro punto di cambiamento rispetto al vecchio curriculum programmato di fisica.

In più punti la Commissione sottolineava la necessità di operare questi raccordi interdisciplinari, all'interno del solo insegnamento di fisica o con concrete attività multidisciplinari che coinvolgessero altri insegnamenti.

Ad esempio:

[s]i raccomanda di mettere in luce il *cammino non sempre lineare della conoscenza*. La trattazione in chiave storica di alcuni argomenti, unitamente, alla lettura critica di pagine di classici della scienza e di brani di memorie originali, contribuiranno a far comprendere *le ragioni dello sviluppo scientifico* e, quindi, a migliorare la *formazione culturale* dello studente (Ministero della Pubblica Istruzione, 1992: 381, 382, corsivo nostro).

Di seguito si affermava che è «opportuno mettere in evidenza le problematiche di ordine filosofico ed epistemologico connesse ai principi fisici. In questo senso si auspica il coordinamento con altre discipline».

A queste raccomandazioni seguivano altre indicazioni, ancora inerenti al rapporto scienza-filosofia, finalizzate a costruire un quadro culturale e di apprendimento più significativo in cui inserire le dinamiche e le ragioni dell'evoluzione della scienza e del pensiero scientifico.

Questo tipo di indicazioni sono, come detto, condivise alla lettera da orientamenti diversi verso il sapere scientifico, come quelli presenti nei due licei citati e nel loro statuto culturale.

Completamente assente dai vecchi programmi di fisica, questa formula pedagogica era apparsa già in alcuni manuali dagli anni Settanta e, diventata un tema centrale di un filone di ricerca sulla pedagogia delle scienze, ha ottenuto un posto di rilievo in un progetto che per questa e altre caratteristiche rimaneva molto ambizioso sotto il profilo culturale e del tipo di cambiamento che avrebbe dovuto seguire il piano progettuale.

Due decenni di progetti e dibattiti sull'educazione scolastica in generale, e scientifica in particolare, seguirono i lavori della Commissione Brocca. Ai fini dell'analisi del curriculum di fisica basterà vedere come negli ultimi anni si sia giunti all'elaborazione, prima, e all'attuazione poi, di nuove indicazioni pedagogico-didattiche.

Per circa vent'anni alcune innovazioni dell'insegnamento della fisica sono sopravvissute in

quanto sperimentazioni “guidate”, cioè all’interno di indirizzi e programmi “straordinari”, istituiti da direttive nazionali. Queste innovazioni hanno convissuto con un vecchio programma di fisica destinato a cadere in disuso per la diffusione delle nuove proposte e ad apparire ancora più obsoleto di fronte ai vari piani di studio sperimentali a cui anche molti manuali di fisica si andavano accordando.

Un altro indirizzo sperimentale, citato nell’esame dei quadri orari, in consonanza con quanto proposto dalla Commissione Brocca, è stato il Piano Nazionale di Informatica<sup>20</sup>: una sperimentazione rivolta a tutti gli indirizzi liceali e a diversi istituti tecnici, che era fondata principalmente sull’estensione dell’orario di matematica e sull’inserimento di attività informatiche nel curriculum di questa disciplina, ma che interveniva anche sul curriculum di fisica, estendendolo al biennio e avanzando anche in questo caso l’uso didattico del calcolatore. Si tratta insomma di un’altra sperimentazione, specialmente per i licei e le scienze, che rafforzava le linee innovative proposte dalla Commissione Brocca, in particolare nel caso dello Scientifico: l’estensione dell’orario di fisica al biennio, il ruolo del laboratorio, per cui si affermava ancora un minimo orario del 30% dell’orario complessivo, la scansione dei contenuti per nuclei tematici e, infine, lo studio della fisica del Novecento nell’ultima parte del programma. Secondo l’approccio già delineato con i piani di studio Brocca, venivano indicati contenuti, obiettivi e indicazioni didattiche, lasciando la selezione di un percorso preciso e l’approccio didattico concreto alla programmazione degli insegnanti e delle scuole.

Una differenza di non poco rilievo, invece, rispetto al precedente progetto di riforma, consisteva nella costituzione di un curriculum integrale di fisica, anche al biennio, ben diverso dall’insegnamento laboratoriale di chimica e fisica, prevedendo invece uno studio dei contenuti di base nei primi due anni su cui tornare, secondo un procedimento a spirale, nel triennio.

I temi proposti del biennio erano così scanditi:

Tema n. 1 - L’equilibrio ed i processi stazionari

- a) - Le forze e l’equilibrio in meccanica
- b) - L’equilibrio termico
- c) - L’equilibrio elettrostatico
- d) - Processi stazionari

---

<sup>20</sup> Circolare Ministeriale 6 febbraio 1991, n. 24: “Piano Nazionale per l’introduzione dell’Informatica nelle scuole secondarie superiori - Innovazione dei programmi di Matematica e Fisica nei bienni e nei trienni - Anno scolastico 1991-92”.

Tema n. 2 - Il movimento (sistemi di riferimento, legge oraria, velocità, accelerazione, leggi della dinamica, quantità di moto, urti, moti planetari,...)

Tema n. 3 - La propagazione della luce

Tema n. 4 - L'energia: sue forme, conservazione e trasformazione

L'accento era posto soprattutto sul carattere trasversale a vari domini fenomenologici, quindi sulle capacità unificanti di principi teorici, sul trattamento analogico tramite modelli, evidenziando le capacità esplicative e "economiche" di questi procedimenti conoscitivi.

Tornando a un confronto con il vecchio programma di fisica, è ormai abbastanza palese il carattere teorico dei contenuti e, soprattutto, dei criteri per la loro definizione, che comunque – come detto – vanno inseriti in una didattica che considera il laboratorio e le attività sperimentali come essenziali all'apprendimento.

Anche altre caratteristiche sanciscono la distanza tra la fisica scolastica degli anni Novanta, potremmo dire, e quella (prevista e richiesta) giunta invariata fino agli anni Ottanta: laboratorio e risoluzione di problemi sono parti essenziali dell'attività didattica e di apprendimento; maggiore libertà di programmazione vige all'interno di un quadro di riferimento di nuclei fondanti della disciplina, in maniera diversa dal semplice seguire un elenco di conoscenze da impartire; il programma di fisica va coordinato *in primis* a quello di matematica, per cui a un approccio più semplice e fenomenologico, nel biennio, seguirà una trattazione superiore, anche degli stessi contenuti, tramite un formalismo matematico più sofisticato (è il caso del ruolo delle funzioni e delle derivate introdotte solo nel triennio). Infine, in maniera abbastanza rapsodica, il programma del PNI dichiarava la necessità della "lettura di pagine a carattere storico per meglio evidenziare come siano state modificate le teorie scientifiche con il progredire delle conoscenze e con l'acquisizione di nuove metodologie". Anche quest'ultimo punto segnava ormai una maggior consapevolezza pedagogica sul contesto culturale e storico in cui inserire la conoscenza fisica e scientifica, anche se il peso nelle indicazioni programmatiche sembra quasi irrisorio: è evidentemente ai libri di testo e, forse più ancora, agli insegnanti che questo genere di attività sono affidate ed è da questi che vanno evidentemente sviluppate in concreto.

Nel triennio del PNI i macro-temi su cui sviluppare il programma sono invece:

- forze e campi
- sistemi di riferimento e relatività
- principi di conservazione - processi reversibili e irreversibili
- onde meccaniche ed elettromagnetiche

- struttura della materia
- l'universo fisico

Viene evidenziato ancora l'aspetto formale e teorico delle conoscenze e l'altra caratteristica innovativa, sempre in linea con i programmi Brocca, vale a dire lo sviluppo di diverse parti di fisica contemporanea tra il penultimo e l'ultimo anno, è coerente con questo approccio più concettuale e per contenuti fondanti, sebbene non manchino – già la Commissione Brocca lo segnalava – possibilità di esperienze, simulate e non, nel campo della fisica del Novecento. Nonostante, nel PNI, il curriculum di fisica venga sviluppato, a differenza del programma Brocca, in maniera autonoma per tutta la durata del quinquennio, le teorie contemporanee occupano solo la parte finale del piano di studi e ampio spazio viene riservato ai vari campi della fisica classica, senza la cui padronanza e conoscenza appropriata avrebbe poco senso e risulterebbe difficile una trattazione soddisfacente della fisica più avanzata e più recente. Questo genere di problemi continua a riemergere quando si discute riguardo al piano di studi di fisica e al grado di attualità e complessità delle teorie in esso presenti. La fisica del secolo scorso, non a caso, è stata un nodo importante di questa sorta di negoziazione dei contenuti del curriculum e non si può dire che i problemi didattici ed epistemologici al riguardo siano stati definitivamente risolti.

Non rimane, infine, che delineare le ultime modifiche dei contenuti programmati della fisica per il liceo scientifico, per ottenere un quadro globale di come è cambiato l'insegnamento della fisica, a livello teorico e di linee guida, negli ultimi due decenni.

Si può partire proprio dalla fisica contemporanea per osservare come, dopo che i due indirizzi sperimentali avevano a loro modo dato spazio consistente a una tale forma di aggiornamento culturale, sebbene con il PNI si fosse puntato a un bilanciamento più realistico dal punto di vista pedagogico dei contenuti tradizionali con quelli nuovi, con le due ultime proposte sul curriculum di fisica, sorte nel quadro di grandi progetti di riforma complessiva della scuola superiore, la fisica del Novecento viene istituita come parte integrante del programma e le sperimentazioni sono, per così dire, normalizzate attraverso la ristrutturazione globale degli indirizzi e dei piani di studio dell'intero ciclo scolastico in questione.

La prima, un'altra proposta di riforma destinata a cadere e a confluire in parte nel quadro della riforma Gelmini del 2010 – l'unica definitivamente resa operativa – è quella avanzata dal ministro Moratti nel 2005.

Ci limiteremo a rilevare la scansione dei contenuti, nel caso dello Scientifico, proposta con le



già citate “Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati dei percorsi liceali”.<sup>21</sup> Anche in questo caso, la spinta verso un aggiornamento e un’estensione dei contenuti era piuttosto marcata e ottimistica in rapporto ai problemi, di cui si è fatto cenno, che coinvolgono questo tipo di operazioni sul curriculum di fisica.

In sostanza, secondo quanto presentato negli obiettivi specifici di apprendimento per il liceo scientifico, già entro il quarto anno la teoria relativistica e buona parte dei fondamenti fisici della meccanica quantistica avrebbero dovuto occupare l’insegnante di fisica, per lasciare spazio, nell’ultimo anno, a una trattazione di contenuti avanzati e di fisica contemporanea come: struttura microscopica della materia (semiconduttori, superconduttori, energia nucleare, acceleratori e rivelatori di particelle, modello standard, simmetria materia-antimateria, principio di Heisenberg); relatività (trasformazioni di Lorentz, struttura dello spazio-tempo, principio di equivalenza e interazione luce-campo gravitazionale); origine e evoluzione cosmiche (evoluzione delle stelle, Big Bang e universo in espansione).

Nel secondo biennio, infatti, si sarebbero già dovuti presentare i fenomeni più importanti studiati dalla fisica contemporanea, tra cui la radioattività e la dualità della materia.

Nel piano di studi del secondo biennio, era prevista l’introduzione della relatività ristretta che nell’ultimo anno sarebbe stata approfondita fino ai principi fisici fondanti della relatività generale.

Questo appare come un programma altamente innovativo, dal punto di vista della suddivisione dei contenuti, ma forse troppo esigente e ottimistico in relazione non solo ai problemi didattici e epistemologici, ma anche ai più comuni problemi di programmazione e di gestione del tempo di insegnamento disponibile (anche se questa proposta anticipava il quadro orario di fisica adottato con le indicazioni attuate del 2010).

Sotto la dicitura “Strumenti, Modelli e Procedure”, che accompagnava la parte più strettamente contenutistica dei piani di studio Moratti, compariva a titolo di vero e proprio “strumento” didattico e di apprendimento “l’evoluzione storica delle idee e delle interpretazioni dei fenomeni fisici”. Questa ormai ricorrente raccomandazione non poteva che essere recepita dalle ultime indicazioni nazionali per i nuovi licei, anche se la scansione dei contenuti proposta nel 2005 era destinata a un drastico ridimensionamento.

Si possono notare alcune lievi differenze lungo il processo di proposta e modifica che ha condotto infine alla approvazione dei nuovi licei e della nuova riforma della scuola secondaria

---

<sup>21</sup> D.lgs n.226/2005 – Allegato C/6 (Art. 2 comma 3), «Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati dei percorsi liceali. Piano degli studi e Obiettivi specifici di apprendimento – Liceo scientifico», in *Gazzetta Ufficiale*, Serie Generali n. 257 del 4/11/2005, *Supplemento Ordinario* n. 175.

di secondo grado nel 2010, sebbene sia difficile stabilire il significato di queste variazioni minime del testo.<sup>22</sup>

Riguardo le “linee generali e le competenze” il testo definitivo afferma, sulla scorta della bozza precedente:

«Al termine del percorso liceale lo studente avrà appreso i concetti fondamentali della fisica, le leggi e le teorie che li esplicitano, acquisendo consapevolezza del valore conoscitivo della disciplina e del nesso tra lo sviluppo della conoscenza fisica ed il contesto storico e filosofico in cui essa si è sviluppata».<sup>23</sup>

Si tratta sempre di indicazioni troppo generiche e generali per aver presa concreta sull’insegnamento ma, ancora, è significativo l’ordine di valori e l’orientamento generale con cui si vuole guidare il nuovo curriculum di fisica. Sempre al livello introduttivo e di linee guida, è significativo il ribadire che «la libertà, la competenza e la sensibilità dell’insegnante – che valuterà di volta in volta il percorso didattico più adeguato alla singola classe – svolgeranno un ruolo fondamentale nel trovare un raccordo con altri insegnamenti (in particolare con quelli di matematica, scienze, storia e filosofia) e nel promuovere collaborazioni tra la sua Istituzione scolastica e Università, enti di ricerca, musei della scienza e mondo del lavoro, soprattutto a vantaggio degli studenti degli ultimi due anni». Il riferimento alla libertà didattica dell’insegnante è rispecchiato, tra l’altro, dal carattere ancora meno dettagliato, meno elencatorio, del piano di studi di fisica proposto, dove ci si limita a fornire solamente, appunto, indicazioni didattiche sul merito dei contenuti da affrontare.

Per esempio, si spiega la progressiva sofisticazione didattica

Nel secondo biennio il percorso didattico darà maggior rilievo all’impianto teorico (le leggi della fisica) e alla sintesi formale (strumenti e modelli matematici), con l’obiettivo di formulare e risolvere problemi più impegnativi, tratti anche dall’esperienza quotidiana, sottolineando la natura quantitativa e predittiva delle leggi fisiche.<sup>24</sup>

Nel caso del quinto anno, poche indicazioni riguardano i temi contemporanei.

Il percorso didattico comprenderà le conoscenze sviluppate nel XX secolo relative al microcosmo e al macrocosmo, accostando le problematiche che storicamente hanno portato ai nuovi concetti di spazio e tempo, massa ed energia. L’insegnante dovrà prestare attenzione a utilizzare un formali-

---

<sup>22</sup> Una bozza delle nuove indicazioni per i licei era stata proposta a marzo 2010, discussa, anche *online*, per circa un mese e rivista, per poi essere resa definitiva e approvata a maggio 2010. Si farà riferimento qui al testo *Indicazioni nazionali riguardanti gli Obiettivi specifici di apprendimento per il Liceo Scientifico*, parte del decreto sulle *Indicazioni Nazionali* per i Licei del maggio 2010 e al sito <http://nuovilicei.indire.it/> dove sono presenti la precedente versione delle *Indicazioni* e alcune discussioni sulla stesura del testo.

<sup>23</sup> Decreto interministeriale n. 211 del 7 ottobre 2010, Allegato F, «Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento in relazione alle attività e agli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per il liceo scientifico e la sua opzione delle “scienze applicate”», in *Gazzetta Ufficiale*, n. 291 del 14/12/2010, *Supplemento Ordinario* n. 275/L, p. 312.

<sup>24</sup> *Ibid.* (313).

simo matematico accessibile agli studenti, ponendo sempre in evidenza i concetti fondanti.<sup>25</sup>

La modalità di presentazione e organizzazione dei contenuti nelle indicazioni 2010 per la fisica è alquanto diversa dalle precedenti proposte sperimentali, che avevano anticipato aspetti importanti che la riforma cerca di istituzionalizzare: scompare l'ordine "tematico" dei contenuti, l'insegnamento al biennio ricalca maggiormente quello proposto dal PNI, strettamente "disciplinare", ma senza l'individuazione appunto di temi e concetti fondanti. Viene fatto solo cenno alla necessità di presentare sperimentalmente e metodologicamente la fisica nei primi due anni, a cui seguirà una trattazione più rigorosa nel biennio successivo, ancora, con modalità pedagogiche di curriculum a spirale, ovvero di sofisticazione progressiva dei contenuti già affrontati. In maniera poco conforme forse alle usuali pratiche curriculari di suddivisione dei contenuti, l'elettromagnetismo viene praticamente spezzato tra la fine del secondo biennio e il quinto anno, in cui si «completerà lo studio dell'elettromagnetismo con l'induzione magnetica e le sue applicazioni, per giungere, privilegiando gli aspetti concettuali, alla sintesi costituita dalle equazioni di Maxwell».

In merito alla fisica contemporanea, indice di alcuni cambiamenti che stiamo descrivendo e che hanno portato al nuovo assetto della scuola secondaria di secondo grado per il curriculum di fisica, le nuove indicazioni abbracciano una prospettiva molto più prudente, realistica e meno ambiziosa, cercando di mediare, per quanto possibile, tra le precedenti proposte sperimentali e di riforma.

Queste tematiche sono concentrate nel quinto anno e nel testo vengono menzionate più esplicitamente solo la relatività e la teoria quantistica; sono caduti riferimenti palesi alla fisica nucleare, delle particelle e alla cosmologia, se non nella seguente forma con cui viene rafforzato un atteggiamento più "timido", ma più aperto, nell'estendere ulteriormente il programma.

La dimensione sperimentale potrà essere ulteriormente approfondita con attività da svolgersi non solo nel laboratorio didattico della scuola, ma anche presso laboratori di Università ed enti di ricerca, aderendo anche a progetti di orientamento.

In quest'ambito, lo studente potrà approfondire tematiche di suo interesse, accostandosi alle scoperte più recenti della fisica (per esempio nel campo dell'astrofisica e della cosmologia, o nel campo della fisica delle particelle) o approfondendo i rapporti tra scienza e tecnologia (per esempio la tematica dell'energia nucleare, per acquisire i termini scientifici utili ad accostare criticamente il dibattito attuale, o dei semiconduttori, per comprendere le tecnologie più attuali anche in relazione a ricadute sul problema delle risorse energetiche, o delle micro e nano-tecnologie per lo sviluppo di nuovi materiali)<sup>26</sup>.

Viene lasciato, insomma, piuttosto indeterminato il programma finale di fisica per lo Scientifico e rimane molto teorica la possibilità di svolgere le suddette attività, a tal punto da

---

<sup>25</sup> *Ivi.*

<sup>26</sup> *Ibid.* (314).

arrivare a formare alcune di quelle conoscenze ed esercitare quelle capacità che proprio la ricerca educativa sulle scienze ha cercato di porre al centro dell'innovazione didattica: affrontare tematiche più attuali, legate a aspetti tecnologici e socio-politici di estrema rilevanza per la vita di cittadino e di persona che i saperi scolastici dovrebbero contribuire a formare. Proprio su quest'ultimo punto, il testo definitivo ha aggiunto le citate considerazioni rispetto alla bozza precedente, dove in seguito al suggerimento di esperienze sperimentali, anche extra-scolastiche, si concentravano in poche righe le sole indicazioni presenti sulla fisica del ventesimo secolo e si aggiungeva, in maniera leggermente diversa rispetto al testo visto: «questi percorsi avranno lo scopo sia di una presa di coscienza, nell'esperienza storica, delle potenzialità e dei limiti del sapere fisico sul piano conoscitivo, sia di un orientamento agli studi universitari e a quelli di formazione superiore, nei quali si evidenzino i rapporti tra scienza e tecnologia, ed è auspicabile che possano essere svolti in raccordo con gli insegnamenti di matematica, scienze, storia e filosofia».

Due lievi modifiche, dunque, sono state apportate al testo finale rispetto alla bozza sottoposta a discussione. La prima riguarda l'aver inserito riferimenti espliciti alla fisica del Novecento, che dopo quasi un ventennio di proposte e progetti sperimentali era praticamente scomparsa, nella forma di indicazioni e contenuti precisi, dal piano di studi per lo Scientifico. Inoltre, sempre in merito a questo aspetto, nel documento finale viene suggerita la possibilità di estendere il curriculum anche oltre la relatività e la meccanica quantistica, accostando lo studente alle problematiche più recenti, di rilievo non solo strettamente fisico ma anche tecnologico e sociale.

La seconda è rappresentata da quei riferimenti non solo alla tecnologia ma anche “alla presa di coscienza, nell'esperienza storica” e al “raccordo con gli insegnamenti di matematica, scienze, storia e filosofia”, che nel testo finale vengono eliminati. Potremmo vedere dietro questo lieve cambiamento testuale di poco conto un indice dei processi di negoziazione dei contenuti e dell'approccio all'insegnamento, specialmente per quel che riguarda la relazione con le altre discipline e il grado di aggiornamento e contestualizzazione storico-culturale con cui presentare la disciplina a studenti, pochi dei quali – come visto nella prima parte di questo lavoro – avranno realmente bisogno di una preparazione formale e pre-accademica nel campo della fisica di base. Proprio questa concezione pre-accademica, propedeutica, e profondamente unitaria dell'insegnamento della fisica sopravvive però nelle pratiche di insegnamento attraverso i cambiamenti più o meno programmatici dei piani di studio e delle prospettive didattiche e non sembra venir intaccata dai ricorrenti, ma labili, suggerimenti di

raccordo interdisciplinare e arricchimento pedagogico.

In conclusione di questo *excursus* descrittivo sui programmi di fisica, possiamo notare quindi come sia stata una dinamica piuttosto altalenante a descrivere alcuni aspetti dell'innovazione del curriculum di fisica, ad esempio l'atteggiamento verso l'aggiornamento del programma e la sua estensione fino alle tematiche più recenti, anche oltre le grandi teorie della fisica del primo Novecento. Un andamento più chiaro, ma molto astratto e poco indicativo, in fin dei conti, ha avuto la proposta di offrire maggiori risorse e spunti culturali per contestualizzare la fisica e i suoi rapporti con la società e le altre discipline.

Questo quadro programmatico servirà per inquadrare un altro elemento del curriculum “*intended*”, o proposto, elemento caratterizzato però da una maggior complessità e inserito in altre dinamiche di vario tipo, non solo strettamente pedagogiche: il testo, o “manuale”, di fisica.

Lo studio dei testi comporta un avvicinarsi, partendo dalle indicazioni politiche e programmatiche, alle reali pratiche di insegnamento, pur senza arrivare a comprenderle e rappresentarle in pieno. Nell'analisi dei testi, infine, si ritroveranno molte delle questioni che sono emerse nell'evoluzione dei programmi di studio.

## Capitolo 3

### DAL CURRICOLO PROPOSTO VERSO IL CURRICOLO ATTUATO: I TESTI SCOLASTICI DI FISICA

#### 3.1. *Materiali e principi dell'analisi dei testi*

I testi scolastici di fisica, ci riferiremo qui in particolare ai manuali liceali, sono in prima istanza strettamente legati ai programmi e alle indicazioni curriculari fornite al livello nazionale. Con il sostegno dei manuali gli insegnanti devono realizzare le finalità didattiche e gli obiettivi di apprendimento prefissati; i testi forniscono, in linea teorica, innanzitutto il materiale su cui le pratiche di insegnamento vengono articolate e costituiscono allo stesso tempo, in un buon numero di casi, lo strumento di lavoro individuale degli studenti, sia dal punto di vista teorico, sia per la risoluzione di problemi e esercizi.

Sebbene alcune osservazioni sui testi verranno ricollegate alla descrizione storico-pedagogica dei programmi di fisica, l'evoluzione di questi è in parte indipendente dal ritmo delle riforme curriculari: l'innovazione e il cambiamento dei testi rispondono anche a dinamiche dettate dalla comunità disciplinare, dalle ricerche didattiche (in che misura?), dalle politiche e dalle pratiche editoriali con cui le case editrici dettano stili, innovazioni e diffusione dei libri scolastici. C'è quindi, ovviamente, anche un motivo strettamente economico-utilitaristico che guida la creazione dei materiali didattici, e che rimarrà in secondo piano in questa analisi dei cambiamenti stilistici e soprattutto pedagogici dei testi, ma che risulta in taluni casi determinante dal punto di vista del tipo e della portata delle innovazioni.

Ammesso ciò, considereremo il manuale dal punto di vista pedagogico, come un tassello fondamentale del passaggio dal curriculum proposto a quello attuato dagli insegnanti.

Il riferimento principale per questa concezione del testo dal punto di vista didattico è, come già premesso, il modello concettuale usato nella indagine TIMSS sugli apprendimenti in matematica e scienze a vari livelli scolastici (fig. 1).<sup>1</sup>

Innanzitutto, il passaggio dal curriculum proposto a quello attuato è una sorta di cambiamento di scala dell'osservazione, in quanto l'attuazione, o l'implementazione, delle indicazioni teoriche nazionali avviene sempre a livello individuale di scuola, insegnante e classe, mentre il curriculum proposto riguarda i programmi e le linee guida emanate, nel caso italiano, a livello

---

<sup>1</sup> Gilbert *et al.* (2002); Schmidt *et al.* (1996, 2002); Garden *et al.* (2006); si veda inoltre "Il contesto TIMSS" a cura dell'INValSI [<http://archivio.invalsi.it/archivio/iea-timss/Pagine/ilcontesto.htm>; consultato in data 01/09/11].

nazionale.



Fig. 1. Schema TIMSS per l'analisi del *curriculum* a diversi livelli

Il curriculum *intended* viene determinato dal contesto politico, educativo e culturale che influenza le indicazioni didattico-pedagogiche; si è ricostruita nel capitolo precedente l'evoluzione di questo livello curricolare nel caso della fisica per la scuola secondaria italiana. Altri sistemi scolastici presentano dinamiche diverse in merito a questo elemento dell'intero processo educativo e curricolare: in alcuni casi le indicazioni didattiche e programmatiche vengono determinate anche, o perlopiù, da soggetti locali in modo decentralizzato, sebbene negli ultimi decenni sia cresciuta la tendenza, anche nei sistemi più decentralizzati come per esempio Stati Uniti e Regno Unito, a fornire indicazioni e linee guida al livello nazionale e centrale. Anche la rigidità e il carattere prescrittivo di queste "intenzioni" didattiche variano contestualmente all'interno del panorama dei sistemi educativi.

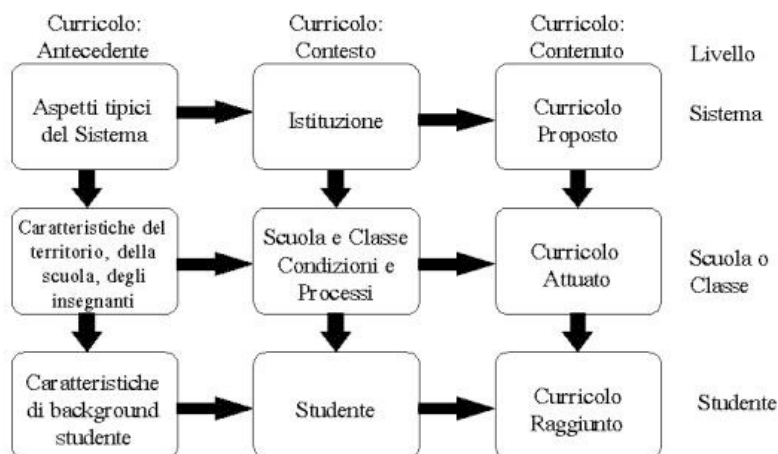
Il curriculum attuato riguarda, invece, le pratiche di insegnamento realizzate nel contesto di una classe o di una scuola, da parte di un singolo insegnante, le cui pratiche possono essere più o meno determinate e influenzate dal gruppo disciplinare di appartenenza.

Il passaggio tra i due livelli curricolari, però, non è solo un cambiamento di scala di osservazione, ma rappresenta un "salto" dal piano teorico e prescrittivo a quello pratico e reale, il quale è a sua volta un punto di mediazione delle prescrizioni con una serie complessa di fattori quali il contesto scolastico, della classe e il *background* dell'insegnante stesso.

Ci sembra convincente, sotto questo punto di vista, la concezione avanzata dalle indagini TIMSS, secondo cui il testo rappresenta un elemento intermedio tra queste due "fasi" del curriculum, in quanto viene elaborato nel rispetto dei programmi e dei cambiamenti istituzionali e programmatici, e allo stesso tempo è rivolto alla quotidiana pratica di insegnamento e di utilizzo da parte degli insegnanti così come degli studenti (Gilbert *et al.* 2002: 4-13). Secondo questo modello concettuale, il testo, insieme alle altre risorse didattiche, rappresenta il curriculum "potenzialmente attuato", uno degli elementi che definiscono il campo delle effettive opportunità educative che un sistema di istruzione presenta.

Se inseriamo il testo nell'architettura del processo educativo e nello schema generale di

analisi utilizzato dalle indagini della IEA (fig. 2), va detto che questo rende ancora più complesso il sistema di fattori e variabili che influenza l'esperienza didattica nella sua globalità. Infatti, come si vedrà meglio, la produzione di testi risponde a dinamiche che coinvolgono anche la comunità disciplinare di riferimento e non solo quella degli insegnanti, così come la ricerca, le politiche editoriali e gli sviluppi tecnologici, fattori che non sono parte del contesto scolastico strettamente inteso.



**Fig. 2.** Schema complessivo del curricolo e del processo educativo secondo le indagini TIMSS.<sup>2</sup>

Analizzare alcune di queste dinamiche e questi fattori “esogeni” del processo educativo strettamente inteso, così come è stato rappresentato dallo schema TIMSS, insieme ai cambiamenti dei testi in merito alle caratteristiche pedagogiche e all'utilizzo di certi tipi di risorse didattiche, è il fine dell'analisi che segue. Tale disamina sarà di tipo qualitativo e limitata ad alcuni casi esemplari. Per rendere questo studio qualitativo dei testi significativo rispetto all'evoluzione storica dell'insegnamento della fisica e alle sue caratteristiche pedagogiche più generali e diffuse sono stati selezionati, innanzitutto, alcuni dei testi di fisica più adottati a livello liceale.<sup>3</sup>

Di quattro dei testi più diffusi in un arco non troppo ristretto di tempo – all'incirca negli ultimi quindici, vent'anni – limitandosi al solo livello dei trienni liceali, sono stati selezionati in primo luogo due “classi” di testi degli stessi autori piuttosto importanti e rappresentative, attraverso un certo numero di versioni diverse e riedizioni.

Edoardo, Ginestra e Ugo Amaldi, (editore Zanichelli): si tratta del testo di fisica più longevo

<sup>2</sup> Cfr. «Il contesto TIMSS» [<http://archivio.invalsi.it/archivio/iea-timss/Pagine/ilcontesto.htm>; consultato in data 01/09/11].

<sup>3</sup> Vista la varietà, la continua riedizione e l'aggiornamento dei testi scolastici, ci riferiremo in primo luogo agli autori.



e, forse, adottato nella storia della scuola italiana, con una prima edizione nel 1952, riadattata dalla “Fisica per i licei Scientifici” di Enrico Fermi del 1929 (Zanichelli) e giunta fino al 2010, con una varietà di edizioni, ristampe e versioni differenti, rivolte in particolare ai licei scientifici e agli altri indirizzi liceali, il Classico in primo luogo; “più di due milioni di alunni – recitano le prefazioni più recenti – hanno studiato sugli Amaldi”.

Antonio Caforio, Aldo Ferilli, (editore Le Monnier-Mondadori): anche questo testo presenta una ricca varietà di edizioni e versioni per i licei classici (“*Dalla meccanica alla costituzione della materia*”) e scientifici (“*Physica*” e “*Nuova Physica*”); la prima versione per lo Scientifico risale al 1980. Negli anni Ottanta uscì anche un’edizione per gli istituti tecnici industriali, che qui non prenderemo in considerazione.

A un primo livello di analisi, abbiamo selezionato queste due classi di testi per alcune ragioni metodologiche di facilitazione dell’esame testuale e per motivazioni più sostanziali riguardanti, in particolare, l’estensione per almeno un ventennio dello sviluppo del testo nelle sue varie edizioni e la varietà di versioni, in particolare quelle differenziate per i licei classici e per quelli Scientifici.<sup>4</sup> Un’altra serie di testi, sempre di una certa importanza e diffusione, ci ha fornito alcuni elementi di confronto e discussione sulla base di differenze di approccio, innovazioni particolari e collegamenti a certe fasi storiche della didattica testuale della fisica.<sup>5</sup> Il presente studio dei materiali testuali, dunque, non mira a un esame completo e interamente rappresentativo dei manuali di fisica liceali di un certo periodo, quanto, piuttosto, a una descrizione e a un’interpretazione di alcuni cambiamenti e di alcune particolari caratteristiche di un numero ristretto di esempi relativi ad autori importanti e alle pubblicazioni più diffuse. La descrizione delle caratteristiche innovative e di alcuni cambiamenti pedagogici verrà svolta in modo comparato, secondo due livelli di analisi.

- Storico: il cambiamento nel tempo tra le varie edizioni, in accordo con i cambiamenti nelle indicazioni nazionali, con gli sviluppi delle sperimentazioni e con suggerimenti e innovazioni introdotti dalla ricerca didattica, fisica e storico-filosofica.

- Trasversale ai vari testi: verranno comparate le versioni per i differenti indirizzi liceali e confrontati i testi dei diversi autori per rilevare differenze e comunanze negli approcci

---

<sup>4</sup> Altri due testi si aggiungo a questi due nella lista dei manuali con più adozioni per il triennio dei licei: John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *Physics*, uscito negli USA nel 1989, alla sua ottava edizione, per la fisica studiata nei *college*, la cui edizione italiana per i licei è stata curata da Claudio Romeni (Zanichelli); il testo di Paolo Parodi, Mario Ostili e Guglielmo Mochi Onori, dell’editore Paravia.

<sup>5</sup> Tra questi, in particolare: altri testi diffusi in Italia in diversi periodi come i testi di Pietro Silva, il Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni e alcuni testi di più recente diffusione; altri manuali provenienti da paesi anglofoni, in particolare i noti progetti *PSSC* e *PPC* e il corso di fisica per GCSE a cui i documenti esaminati nel capitolo primo fanno spesso riferimento, e altri esempi di importazione della produzione didattica americana come il noto *Fondamenti di Fisica* di Halliday-Resnick (e Walker).

didattici e nell'uso di strumenti pedagogici di vario tipo.

Alcuni nodi problematici, che riteniamo esser legati anche a problemi filosofici e pedagogici più generali, sono alla base della discussione dell'evoluzione dei testi scolastici, così come hanno guidato la ricostruzione storica dei programmi di fisica degli ultimi trent'anni.

Per orientare maggiormente l'analisi complessiva dei testi presi in esame è bene elencare questi punti su cui si concentrerà lo studio evolutivo e comparato dei testi:

- Le intenzioni e le concezioni didattiche e filosofiche degli autori esposte all'inizio dei testi come sintesi dell'intero percorso didattico e testuale sviluppato, specialmente nel caso in cui compaiano riferimenti a innovazioni, concezioni pedagogiche o finalità esplicite dell'approccio usato.

- L'utilizzo di elementi di "contesto" in senso ampio: funzionamento di particolari tecnologie, storia della scienza (varie tipologie), problemi filosofici e di fondamenti, relazioni scienza/tecnica e società.

- Aggiornamento dei programmi e trattazione complessiva dei capitoli sulla fisica del Novecento: modalità di introduzione di questi temi e delle diverse implicazioni disciplinari e extra-disciplinari di natura epistemologica e filosofica.

I principali elementi analizzati per ogni testo sono in particolare:

- prefazione/introduzione

- indici

- schede di lettura e approfondimento

- alcuni capitoli in particolare che verranno descritti per fini specifici

- volumi/capitoli sulla fisica del Novecento

- schede, commenti e allegati presenti nei cataloghi *online* degli editori e nei siti dei testi (quando presenti)

- indici, risorse *online* e prefazioni delle versioni in lingua originale (per i testi in inglese)

Un proposito generale di questo esame è "misurare" e descrivere la ricezione ed elaborazione nei testi di alcune problematiche di ricerca e di alcuni strumenti che la stessa ha elaborato negli ultimi tre decenni.

Le questioni affrontate nel capitolo I saranno confrontate alla fine dell'analisi dei materiali testuali con le caratteristiche emerse della fisica della scolastica italiana.

Per questo confronto, due dei punti discussi più importanti sono:

- interesse per la scienza e rilevanza degli studi scientifici;

- il ruolo degli studi scientifici per le future carriere professionali e specialistiche o, diversamente, per una nozione pedagogica di *literacy* più generalizzata, trasversale e ricca dal

punto di vista educativo, discussa nelle sia nelle ricerche, che nei rapporti programmatici citati.

Quest'ultimo tema presenta due risvolti di diverso tipo. Il primo riguarda i caratteri di un'educazione scientifica per tutti e non solo rivolta a percorsi specifici di formazione scientifica e pre-professionale o vocazionale, nel senso di studi rivolti alle carriere tecnico-scientifiche e quindi anche ai percorsi accademici in questo campo.

Nel caso italiano, l'articolazione del curriculum di fisica tra indirizzi scolastici diversi e la differenziazione tra biennio obbligatorio e trienni specialistici post-obbligo fornisce indicazioni sul tipo di risposte date al problema di un'educazione scientifica divisa tra specialismo/vocazioni e le finalità di un'educazione generale e di "una scienza per tutti".

Il secondo risvolto riguarda le caratteristiche particolari di un'educazione scientifica per tutti, non solo propedeutica alle specialità tecnico-scientifiche: come è articolata nel curriculum di fisica, nei testi e nelle indicazioni nazionali l'idea di una *literacy* scientifica rilevante per tutti gli studenti, rivolta anche alla conoscenza della cultura scientifica, delle "attitudini" e della "visione del mondo" che la scienza promuove? In sostanza, la domanda riguarda il rapporto del curriculum di fisica italiano e dei licei con le nozioni pedagogiche elaborate dalla ricerca internazionale: *scientific literacy, nature of science, ideas about science, ecc.*

Per "ricerca" si intenderà quindi la ricerca pedagogico-didattica, sugli aspetti cognitivi e non dell'apprendimento-insegnamento e sulle strategie dell'educazione scientifica – il campo accademico della *Science Education* di cui si sono esaminati alcuni lavori nel primo capitolo – e la ricerca storico-filosofica sulle scienze, più in generale gli *Science Studies*, ma soprattutto gli studi di storia e filosofia degli ultimi decenni, in particolare sugli sviluppi concettuali e metodologici della fisica; da Galilei e Newton a Einstein e Heisenberg: un vasto corpo di conoscenze storiche e filosofiche concerne le principali teorie della fisica che viene insegnata nelle scuole.

La relazione dei testi e dell'insegnamento della fisica da questi rispecchiato, con le tematiche di ricerca e anche con alcune proposte innovative testuali di origine anglosassone, servirà a mettere in evidenza la natura e la portata dell'innovazione didattica e culturale operata dagli stessi testi scolastici nel contesto italiano, il come e il quanto, in definitiva, i testi sono cambiati. Con ciò, alcuni imprescindibili riferimenti alle ricerche italiane lo riveleranno, questo studio si inserisce anche nel panorama italiano di studi di storia e di didattica della fisica. D'altra parte, scopo dell'analisi è principalmente quello di servirsi di questi studi per discutere alcuni problemi pedagogici e il rapporto dell'educazione scientifica italiana con i

problemi filosofici e pratici più generali della ricerca educativa e con il panorama internazionale dell'educazione.

Per individuare le specificità del curriculum di fisica in Italia e dell'innovazione didattica in questo contesto, rispetto alle ricerche e ai dati discussi, è opportuno però ottenere anche un quadro abbastanza generale dei testi, delle loro caratteristiche e dei cambiamenti che li hanno attraversati.

Faremo ampio riferimento, nel corso di questa analisi, a due lavori di Marazzini<sup>6</sup>, il quale ha studiato le caratteristiche globali dei manuali di fisica in parallelo con i programmi, i quadri orari e istituzionali della scuola superiore, per un arco di tempo che va dal 1870 al 1940 e, includendovi i manuali per il primo biennio dei corsi di laurea in Fisica, dal 1945 al 1965. Questo studio dei testi sarà rivolto soprattutto all'evoluzione di alcuni aspetti pedagogici ed epistemologici nel periodo 1970-2010, all'incirca lo stesso preso in considerazione per quanto riguarda i programmi e il curriculum proposto. Può risultare molto utile richiamarsi a quanto emerso in quei precedenti studi, però, sia per estendere in qualche modo l'analisi storica, sia perché una prima ricognizione dei materiali ha rivelato alcune affinità e continuità storico-didattiche, per cui gli stessi temi esaminati da Marazzini risultano essere efficaci per orientare e sviluppare lo studio dei manuali.

### *3.2. Le dinamiche dell'innovazione testuale: le origini*

Alcuni aspetti dell'insegnamento della fisica della prima metà del secolo, come si evince in parte anche dal programma liceale "tradizionale" della disciplina giunto fino al 2010, sono sopravvissuti nel periodo successivo agli anni Sessanta e forniscono un primo metro di paragone per rilevare i cambiamenti nel tempo dei caratteri generali della didattica testuale.

Per la prima fase storica esaminata da Marazzini (2010), emergono alcune comunanze di fondo dei testi scolastici di fisica: una concezione sperimentale della disciplina, che a livello didattico era ancora associata più alla chimica che alla matematica, la quale non si rifletteva in una torsione sperimentale anche dell'insegnamento, in cui il laboratorio e l'attività degli studenti fossero parte integrante dell'apprendimento; l'uso scarso del formalismo matematico e la quasi totale assenza di esempi ed esercizi numerici; l'assenza di riferimenti storico-filosofici; l'omogeneità dei programmi dei diversi licei (Classico-Scientifico) che sopravvivrà anche dopo gli anni Quaranta.

Per quanto riguarda il rapporto matematica-laboratorio, va osservata una certa singolarità,

---

<sup>6</sup> Marazzini (2002, 2010).

conseguenza della formazione dei fisici che ancora erano più egualmente rappresentati da insegnanti di scuola – che facevano anche ricerca (in maniera significativa almeno fino al secondo decennio del Novecento) – e da studiosi accademici.<sup>7</sup> La concezione della disciplina, come era rappresentata anche dai testi, era tipicamente sperimentale, quando non strettamente induttivistica, e scoraggiava atteggiamenti troppo speculativi e teorici. D’altro canto, il corso universitario di fisica era «caratterizzato da una netta prevalenza di insegnamenti di matematica o di corsi svolti da matematici (Meccanica razionale e Fisica Matematica): i corsi di Fisica svolti da fisici si riducevano alle due fisiche sperimentali del primo biennio, nonché a tre corsi di esercitazioni» (Giuliani, Passera, 2000: 179). Il piano di studi era stato arricchito di “Fisica Superiore” nel 1920 e di “Fisica Teorica” nel 1937 (*Ivi*). L’approccio sperimentale e poco matematico, però, prevaleva nei testi scolastici, creando una didattica per certi versi contraddittoria nei suoi principi fondanti: poca matematica e molte spiegazioni su strumenti e applicazioni, a cui faceva da controparte una trattazione enunciativa, ma non strettamente deduttivistica, e una pedagogia priva di esperienze laboratoriali.

Fino alla fine degli anni Sessanta, periodo in cui era in vigore il programma di fisica del 1936 per il liceo scientifico e iniziavano a diffondersi le varie sperimentazioni americane sull’insegnamento della scienze e della fisica, i manuali esibivano ancora alcune caratteristiche evidenziate da Marazzini fino al 1940 e lungo il periodo successivo.

Ad esempio, per ovvie ragioni storiche e culturali, fino agli anni Quaranta le teorie “non-classiche” non entravano ancora a pieno titolo nella trattazione dei manuali. Nel caso dei cenni alla teoria atomica e delle nuove concezioni di spazio e tempo, gli autori esprimevano una certa prudenza nei confronti di questi sviluppi “di avanguardia” e gli scienziati e le teorie della nuova fisica erano spesso solo fugacemente menzionati, sia per ragioni culturali di accettazione delle nuove teorie, sia per il piano dei contenuti prescritto dai programmi (Marazzini, 1996: 72, 73).<sup>8</sup>

Nei decenni successivi, questa situazione era destinata a cambiare, ma ancora negli anni Sessanta le teorie contemporanee, tanto più i loro aspetti epistemologici e fondazionali, trovavano uno spazio ristretto all’interno del piano dei contenuti da insegnare nelle scuole.

Esemplifichiamo un singolo caso: il manuale di “Fisica Elementare” di Pietro Silva<sup>9</sup> degli anni Cinquanta, per i licei classici, che riporta in apertura lo stesso programma di fisica

---

<sup>7</sup> Giuliani, Passera (2000: 176-196).

<sup>8</sup> Marazzini (1996). L’autore descrive l’atteggiamento e il lavoro dei fisici italiani nell’ambito delle difficoltà di affermazione e diffusione delle nuove teorie fisiche in Italia fino alla terza decade del Novecento.

<sup>9</sup> Qui ci riferiamo a una particolare versione aggiornata nel 1960.

scolastico previsto, esibisce alcune caratteristiche dell'insegnamento della fisica nella prima metà del secolo. Marazzini (2002: 211),<sup>10</sup> nel riportare i testi più diffusi tra il 1945 e il 1965, segnala il testo di Silva e Tieri: è interessante quindi evidenziare la trattazione complessiva della fisica del Novecento in una versione del testo del 1963.

Come ultimo punto del programma dei licei classici che, abbiamo ipotizzato, fornivano al tempo la maggior parte degli studenti alle università scientifiche, una sezione sui più recenti sviluppi della ricerca completa il corso di fisica.

In termini quantitativi, a titolo indicativo, la fisica atomica e tutta la parte di fisica contemporanea coprono 42 pagine su 288 nel secondo volume, circa un settimo del piano di studi del secondo anno, in un corso di fisica biennale diviso in due volumi. A questa parte dedicata specificatamente alla fisica atomica vanno aggiunti: la trattazione dell'effetto fotoelettrico con la spiegazione di Einstein e cenni alle basi della teoria dei quanti, in tre pagine nella parte sulle correnti elettriche confinata nel capitolo sulle correnti nei gas; alcuni cenni sulla costituzione dell'atomo e sugli elettroni compaiono con una stessa estensione nell'introduzione all'"elettrologia". Questi sono gli ambiti tematici in cui, al tempo, erano usualmente inseriti i temi e gli sviluppi determinanti per la nascita delle teorie fisiche nuove e rivoluzionarie.

E' interessante notare, infatti, come la presentazione della fisica atomica e nucleare – di cui riportiamo l'indice in appendice (3.1.) – per quanto ancora piuttosto contenuta, segua una struttura diversa da quella che diventerà una maniera classica di presentare questi temi nei testi a partire dagli anni Ottanta circa. Nei testi più recenti, infatti, le nuove teorie fisiche sono introdotte a partire dalle evidenze sperimentali e dalle ipotesi teoriche che storicamente portarono al delinarsi dei nuovi campi. Per esempio, quasi tutti i testi contemporanei aprono i capitoli di fisica atomica e sulla meccanica quantistica tramite i tre ambiti sperimentali storicamente "cruciali" per la ricerca, come la radiazione del corpo nero (ipotesi di quantizzazione di Planck), l'effetto fotoelettrico (ipotesi dei fotoni di Einstein) e il modello atomico di Bohr per interpretare le righe spettrali (ipotesi di quantizzazione delle orbite atomiche).

Da un certo punto di vista, il manuale di Silva presenta come ormai fondamentale la ricerca atomica e subatomica. Il campo di ricerca viene introdotto con delle brevi considerazioni storiche che dall'ipotesi atomica dell'antichità portarono a quella ottocentesca nella chimica e

---

<sup>10</sup> Il criterio di selezione dei testi seguito dall'autore consiste nell'esame dell'indice bibliografico curato dalla Biblioteca Nazionale di Firenze e nell'individuazione degli autori con maggior numero di pubblicazioni scolastiche (titoli diversi e riedizioni).

alla tavola periodica di Mendelejeff, fino alla scoperta dell'elettrone, senza cenni ai lavori di Thompson, né di Millikan.

A differenza dei testi attuali, lo studio della fisica contemporanea incomincia con i fenomeni di radioattività naturale. La teoria quantistica vera e propria viene concentrata nei due brevi paragrafi sulla costituzione dell'atomo ed è abbastanza sorprendente come ancora tutti i più importanti sviluppi, non solo sperimentali, ma concettuali ed epistemologici della teoria siano praticamente ignorati. In "atomo e il suo complesso" viene delineato il modello di Bohr, cui segue nello studio della "regione periferica" un secondo cenno all'ipotesi della quantizzazione di Planck e di Einstein. In meno di una pagina si accenna al dualismo onda-corpuscolo, all'ipotesi di De Broglie e al principio di indeterminazione.

Le considerazioni svolte da Marazzini (2002: 234) sull'edizione del Silva, all'incirca dello stesso periodo, ma sulla versione per i licei scientifici (esaminando anche quella per gli istituti tecnici) coincidono con quelle emerse qui per il testo del Classico: differenze minime di pochissimo conto distinguono non solo il programma ma anche i testi pensati per i due indirizzi.

La trattazione ricalca ancora quell'approccio enunciativo, quasi dogmatico, che Marazzini ha descritto per parte della casistica di testi studiata fino al 1940.

A questa irrilevanza di aspetti teorici e fondazionali, mediante i quali si cerca invece oggi di introdurre in parte la fisica quantistica, fa da controparte un forte accento su apparati sperimentali e applicazioni tecniche nel campo della fisica atomica e nucleare. Seppur in paragrafi brevi, un buon numero di oggetti tecnici viene brevemente descritto: camera di Wilson, spintaroscopio di Crookes, contatore di Geiger e Mueller, lastra nucleare; spettrografo di massa, ciclotrone, sincrotrone sono illustrati graficamente; anche le spiegazioni su bomba atomica, bomba H, pila atomica e centrale termonucleare sono sviluppate con una certa dovizia di particolari; vari disegni e fotografie corredano la trattazione.

E' evidente, insomma, l'interpretazione strettamente sperimentale e applicativa data (ancora) alla fisica e al suo insegnamento, seppur in maniera leggermente diversa, forse, dai manuali precedenti alla seconda guerra mondiale, ma con un forte sbilanciamento a discapito degli aspetti teorici e concettuali.

La stessa cosa va detta per la relatività, che riceve un altrettanto irrisorio spazio di mezza pagina all'interno del capitolo sulle trasformazioni atomiche. I brevi cenni di relatività ristretta affermano che «questa ardita teoria» derivante da «speculazioni di alta matematica» implica la variabilità delle lunghezze e della massa di corpi in movimento, il valore limite

della velocità della luce e l'equivalenza di massa e energia (Silva, 1963: 279), equivalenza già introdotta in un paragrafo precedente nel contesto delle trasformazioni nucleari. In quest'ultimo paragrafo, tra l'altro, viene menzionata l'evidenza della deflessione dei raggi solari come prova della ipotesi dell'equivalenza di massa e energia, senza invece alcun cenno alla teoria generale di Einstein, che aveva previsto quell'effetto (Silva, 1963: 272, 273).

Il motivo di tale approccio globale che, secondo un'ipotesi realistica, riteniamo abbastanza rappresentativo della didattica testuale del tempo, va rintracciato in alcune dinamiche riguardanti sia la scuola, sia la comunità disciplinare dei fisici. Marazzini ha individuato due cause per l'assenza della fisica atomica e relativistica dai manuali precedenti al 1940: un'ostilità culturale e la necessità di rispettare i programmi. E' da escludere la prima ipotesi nel caso del testo visto: vengono comunque menzionate le varie scoperte e teorizzazioni della fisica quantistica e relativistica, che per quanto ardite e matematiche, hanno ricevuto – viene detto – una serie di conferme sperimentali che le rendono parte dell'edificio della fisica; una serie di corollari tecnologico-applicativi né è, evidentemente, la prova finale. Anche al livello accademico, queste teorie avevano trovato ormai spazio nei corsi di fisica teorica e negli anni Sessanta buona parte degli ostacoli epistemologici e culturali verso le nuove teorie erano ormai superati. Non rimane quindi che addurre la seconda motivazione come determinante per l'approccio usato verso la fisica del Novecento, ovvero una stretta aderenza al programma del liceo classico che, come lo Scientifico, prevedeva solo dei cenni alle moderne teorie sulla costituzione della materia. Inoltre, una preferenza epistemologica dell'autore lo conduceva a dare ampio risalto agli aspetti applicativi, a scapito della teorizzazione, anche in ragione del fatto che le nuove teorie presentano una complessità concettuale e matematica al di là delle possibilità di un biennio di fisica per il Classico, in cui invece dare delle basi di fisica classica e tecnologia sarebbe stato più opportuno e fecondo, in vista anche di una preparazione ai corsi universitari scientifici. Ancora più problematico è l'atteggiamento del Silva verso i fondamenti filosofici della fisica e della teoria della conoscenza: nonostante vengano ignorate conseguenze e questioni filosofiche ed epistemologiche della nuova fisica e di quella classica, un breve capitolo finale dell'intero corso, come un "corpo esterno", viene speso in vere e proprie considerazioni metafisiche sull'oggettività delle leggi fisiche, sui limiti degli strumenti conoscitivi dell'uomo e, addirittura, sulla possibilità di ipotizzare una causa prima e la libertà metafisica muovendosi ai confini della conoscenza fisica (Silva, 1963: 283-288). Questo atteggiamento denota chiaramente l'appartenenza dell'autore a una cultura filosofica e didattica che già dagli anni Sessanta era destinata a tramontare: altre strade più pertinenti e



feconde sarebbero state aperte dalla stessa ricerca filosofica e storica; altri modi di usare queste conoscenze in un corso di fisica sarebbero state avanzate dalla ricerca didattica e persino sperimentate da certa produzione manualistica per le scuole.

Il peso dato alle basi di una formazione tecnica nei corsi di fisica per il Classico era comunque piuttosto diffuso e lo si ritrova anche nel corso di Edoardo e Ginestra Amaldi, corso che proveniva però da una fortunata tradizione anche di fisica teorica e che si situa proprio a cavallo di quel periodo di ricerca e innovazione nel campo della pedagogia delle scienze.

Nel 1970 l'editore Zanichelli pubblica la seconda edizione del corso per il liceo classico che gli autori hanno derivato dalla versione per licei scientifici del '52, a sua volta costruita sul corso di Enrico Fermi pubblicato dallo stesso editore nel 1929. Pur essendo un manuale per il Classico, vi è una coincidenza pressoché puntuale degli argomenti con il programma di ordinamento visto del liceo scientifico e quindi con il relativo testo, la cui seconda edizione uscirà invece nel 1972. Appaiono ormai superate alcune mancanze didattiche osservate da Marazzini: in queste versioni dell'Amaldi si delineano alcuni elementi testuali destinati a svilupparsi ulteriormente nella didattica testuale successiva, come il livello della trattazione matematica, sebbene ancora con pochi esempi numerici rispetto ai testi attuali. Sul piano sperimentale e applicativo, tra gli anni Sessanta e Settanta, comincia a diffondersi l'idea di una didattica fondata esplicitamente sul laboratorio, in modo costruttivo, e al contempo sopravvive un notevole peso delle applicazioni tecniche dettato anche dai programmi.

Tre le annotazioni da menzionare nella prefazione di quel manuale:

la necessità di aggiornare l'insegnamento della fisica, di «ammodernarlo», nel rispetto dei programmi, ma operando opportune scelte di approccio, trattando in termini più “moderni” argomenti vecchi e diminuendo i dettagli su argomenti del programma ormai meno significativi (statica, equilibrio, leve e macchine semplici) (Amaldi, 1970, I: XI-XII).

Nel 1963 la stessa casa editrice aveva pubblicato l'edizione italiana del PSSC e gli Amaldi non possono non menzionare l'innovazione pedagogica operata dal testo americano, riportando parte delle esperienze realizzate dal gruppo del MIT e confidando nella fattibilità di queste nel quadro dei mezzi di un liceo classico e scientifico del tempo; esplicita è la motivazione data per il peso degli aspetti applicativi:

«si è ritenuto opportuno conservare qua e là brevi cenni alle applicazioni pratiche della Fisica; e ciò sia per la loro importanza economica e sociale, sia perché, nei Licei Classici, non esistono, in parallelo al corso di Fisica, corsi nei quali siano impartiti i rudimenti della ingegneria e della tecnologia moderne» (Amaldi, 1970, I: XI-XII). La stessa cosa valeva,

d'altronde, anche per il liceo scientifico e questo fatto era alla base dell'uniformità dei due programmi di fisica per le rispettive scuole, uniformità che lo stesso Marazzini ha osservato per i primi decenni dopo la nascita del nuovo indirizzo liceale gentiliano.

Per quanto riguarda i contenuti storico-filosofici, che approfondiremo per i testi di fisica degli ultimi decenni, erano assenti dai programmi e lo erano stati ovviamente per tutti i manuali del periodo precedente.<sup>11</sup> Amaldi (1970) incomincia a segnalare l'importanza di far comprendere «l'evoluzione passata della disciplina», così come la sua «natura non definitiva», riportando poche pagine di discussione per quanto riguarda la natura della luce, la teoria del calore e la rottura con la fisica aristotelica nel capitolo sulla gravitazione. Elementi storici e filosofici incominciano a essere discussi in merito a contenuti e teorie fisiche specifiche, accompagnando la presentazione e la trattazione dei concetti: un approccio molto diverso dal modo, estrinseco e puramente metafisico, con cui Silva aveva terminato la sua *Fisica Elementare* per i licei classici.

Quest'ultimo aspetto è sicuramente quello più discusso, problematico e che si è affermato a fatica nel curriculum di fisica e specialmente nei manuali. Nel 1970, tuttavia, dovevano ancora avvenire alcuni cambiamenti di prospettiva nella pedagogia, nella didattica e nel mondo della cultura in generale; potremo osservare al riguardo, nei testi degli ultimi decenni, alcuni ulteriori sviluppi – ma sempre prudenti – in consonanza con le magre ma evidenti concessioni dei programmi e delle indicazioni nazionali.

Si può osservare che, a differenza del manuale di Silva, il testo degli Amaldi indica quanto, nonostante il carattere piuttosto “conservatore” dei programmi ministeriali di fisica, l'insegnamento – quella sua parte rispecchiata dai manuali – procedeva anche secondo le vedute della comunità degli esperti, come Edoardo Amaldi – simbolo della fisica italiana post-bellica – secondo principi e sensibilità culturali in parte indipendenti dalle indicazioni del governo nazionale. Così, già dagli anni Settanta iniziarono a emergere istanze di rinnovamento che si accentueranno nei decenni a venire, fino agli anni Novanta e al decennio successivo, quando le sperimentazioni, prima, e i nuovi programmi, poi, cercheranno di istituzionalizzare e formalizzare un nuovo curriculum in grado di recepire alcuni cambiamenti culturali, pedagogici e disciplinari.

La comunità disciplinare, soprattutto così come rappresentata da scienziati e divulgatori – come gli Amaldi – doveva, ad esempio, sottolineare l'importanza e il ruolo delle teorie fisiche che nella prima metà del secolo, in particolare fino agli anni Trenta, avevano rivoluzionato i

---

<sup>11</sup> (Marazzini 2002: 86).

fondamenti della disciplina, il campo delle conoscenze e l'insieme di problemi filosofici e metodologici riguardanti la Natura e i relativi procedimenti conoscitivi. Da questo punto di vista, difatti, Amaldi (1970) si avvicina a una trattazione più esaustiva e consapevole delle tematiche della fisica novecentesca.

Come in Silva, ad esempio, l'effetto fotoelettrico viene inizialmente citato nei capitoli interni alla parte sull'elettricità, in particolare in "La conduzione nei corpi solidi", quindi in un contesto pertinente dal punto di vista della ripartizione disciplinare e degli ambiti fenomenici, così come era oggettivamente intesa dai fisici del tempo. Tuttavia, il testo degli Amaldi fornisce solo una definizione fugace del fenomeno e rimanda al penultimo capitolo la sua spiegazione corrente: il «fenomeno ha grandissima importanza dal punto di vista concettuale, perché le sue leggi risultano inspiegabili nel quadro della teoria ondulatoria della luce» e perché quindi «esso costituisce uno dei più saldi fondamenti sperimentali della teoria *quantistica*» (Amaldi, 1972, III: 145).

Nel testo degli Amaldi, fisica atomica e nucleare, insieme alla relatività ristretta, occupano due capitoli e l'ordine di presentazione si avvicina di più, rispetto a Silva, alla consuetudine dei testi che seguiranno, fino a quelli attuali: vengono introdotti per primi gli sviluppi di inizio secolo che porteranno alla relatività e alla prima teoria quantistica. Una trattazione più coerente, leggermente più estesa del Silva, ricevono i principi fondamentali della meccanica quantistica. Un ultimo capitolo viene riservato, infine, alla radioattività, al nucleo e all'energia nucleare. È interessante notare il diverso "tono" con cui gli Amaldi introducono la "nuova fisica" rispetto a un autore come Silva, ricordando che il testo citato di quest'ultimo è solo un decennio più giovane dell'Amaldi e che entrambi avevano iniziato la loro produzione di manuali scolastici almeno un ventennio prima.

La concezione filosofica di Silva sulla nuova meccanica lo spinge alle sole seguenti considerazioni, in parte condivisibili, ma potenzialmente ingannevoli dal punto di vista epistemologico: «la fisica atomica non è un capitolo estraneo e del tutto contrastante alla fisica classica, ma è la stessa unica fisica che, per fenomeni riferiti al microcosmo atomico, dà risultati che nel macrocosmo non possiamo rilevare. L'oggettività di questa teoria, pur scoperta e trattata per via matematica, è fuori dubbio, tanto che essa venne anche applicata sperimentalmente. L'applicazione più caratteristica è quella del microscopio elettronico [...]» (Silva, 1963: 258). Di nuovo, accettate le conseguenze della teoria, è comunque una sorta di epistemologia strumentalista che sostiene la sua giustificazione e bilancia le origini "matematiche" della teoria, le quali non vengono pienamente riconosciute per il loro valore teorico di estrema rilevanza epistemologica e concettuale.

Amaldi (1970, 1972) riconosce dal principio, invece, l'importanza di questi aspetti teorici fondamentali, nel quadro di nuove esperienze e in virtù della fecondità delle interpretazioni teorico-matematiche che hanno dato a queste nuova luce. Superando gli scarni cenni di teoria della materia previsti dal programma ministeriale, un capitolo unico tratta i fondamenti fisici della relatività ristretta e della meccanica quantistica, «due nuove teorie di straordinaria importanza, ciascuna delle quali rappresenta un passo avanti, in una diversa direzione, rispetto alla descrizione dei fenomeni, fornita dalla Meccanica e dalla Elettrodinamica [...]» (Amaldi 1972, III: 369). La relazione di queste teorie con quelle classiche viene esplicitamente tematizzata, nello spirito di unità che anche Silva aveva sottolineato, ma definendo i parametri che stabiliscono il limite di validità di quest'ultime, ovvero sotto quali condizioni la relatività e la teoria quantistica possono essere ricondotte al caso classico. A parte queste considerazioni sulla corrispondenza tra nuove e vecchie teorie, per Amaldi va sottolineato che si tratta di «superamenti delle concezioni classiche», proprio come il lavoro di Bohr del 1913 sulla struttura atomica andava considerato come «l'inizio di riesame generale delle nostre concezioni», tutte affermazioni epistemologicamente più consapevoli rispetto a quanto scritto da Silva. Sebbene permanga in Amaldi (1970, 1972) un notevole ruolo assegnato alle applicazioni tecniche, il testo, che raffinerà con il tempo il carattere teorico della propria trattazione, presenta la fisica contemporanea in maniera storicamente e metodologicamente più realistica, non riducendola a teorie matematiche speculative suffragate da fatti e applicazioni. La nuova fisica rappresenta per gli Amaldi un riesame gravido di conseguenze, sia concettuali che sperimentali, dei fondamenti della fisica classica, con punti di continuità e di rottura, alla luce di nuove ipotesi e di un'ampia classe di fenomeni non interpretabili entro il vecchio paradigma. Per il periodo a cui questo *Corso di Fisica* appartiene e in ragione di una concezione disciplinare forte e – si vedrà – “accademica”, non potevano essere esaminati a fondo, o almeno menzionati, i risvolti anche filosofici ed epistemologici delle nuove teorie novecentesche, della cui importanza i protagonisti della nuova fisica, da Einstein a Bohr e da Plank a Heisenberg, erano stati, d'altra parte, ben consapevoli.

I manuali di fisica e le comunità disciplinari, dei fisici così come degli insegnanti, incominciano quindi tra gli anni Sessanta e Settanta a rinnovare alcune caratteristiche dell'insegnamento e del curriculum, sia dal punto di vista degli strumenti didattici – qui tralasciati – sia sul piano dei contenuti e del loro aggiornamento. I primi sviluppi al livello legislativo appariranno, come visto, solo verso la fine degli anni Ottanta, come a seguire e a istituzionalizzare le pratiche e le vedute di autori e scienziati, nel segno di una relazione

duplice e complessa tra programmi scolastici e scelte curriculari, le quali vengono anticipate dagli attori “sul campo” quali insegnanti e autori di testi.

### *3.3. I corsi di fisica degli Amaldi*

E' bene ribadire che questo studio dei testi di fisica liceali non mira a una ricostruzione di tutto il panorama editoriale scolastico per la fisica, quanto a individuare invece dei casi rappresentativi di alcuni approcci significativi alla didattica testuale, basandosi anche sulla diffusione e “celebrità” di alcuni autori di manuali scolastici.

Il caso dei manuali prodotti dagli Amaldi – Edoardo e Ginestra, a cui si è aggiunto negli anni Ottanta il figlio Ugo – è, da questo punto di vista, tra i più rilevanti.

Si tratta di un testo che, in varie versioni e ri-edizioni, è stato di fatto il più usato nei licei italiani, specialmente se si considera che la sua origine risale agli anni Cinquanta. La lunga storia editoriale degli Amaldi rende possibile osservare alcuni cambiamenti, le costanti epistemologiche e pedagogiche della fisica scolastica, insieme allo sviluppo storico della scuola e della ricerca scientifica stessa.

Un'altra caratteristica importante contraddistingue questi manuali scolastici.

Il testo degli Amaldi (che, per molti tratti, riproduce parola per parola il testo di Fermi, figure incluse, con qualche arricchimento di contenuto e con aggiunta di Esercizi e Problemi alla fine di ogni capitolo) rappresenta dunque la continuazione di una tradizione di testi per la scuola superiore prodotti da docenti appartenenti al mondo accademico (Marazzini, 2002: 234).

L'origine accademica del manuale è un fatto abbastanza significativo dal punto di vista storico e pedagogico. Da una parte, è ovvio che gli autori dei testi devono essere degli esperti nella disciplina, dall'altra, sempre più con il tempo la produzione di manuali scolastici ha assunto caratteristiche e specificità che non coincidono con la sola competenza ed eccellenza accademica nel campo; sono emerse peculiarità didattiche e comunicative che riguardano, in generale, l'insegnamento e, in particolare, la scrittura di testi scolastici. Marazzini (2002: 213), per il periodo che va dal dopoguerra al 1965, individua circa nove su vent'uno autori di testi appartenenti al mondo accademico. Come altri hanno notato, per molti fisici era al tempo normale iniziare la carriera accademica passando anche per la scuola, così come gli insegnanti di scuola erano stati parte integrante della comunità di ricerca dei fisici; quindi, il divario tra insegnanti e accademici era forse meno marcato rispetto al periodo successivo agli anni Sessanta-Settanta.

Secondo Marazzini, questa caratteristica comportava spesso un'aderenza maggiormente acritica al programma ministeriale. Nel caso dell'Amaldi non mancano invece, come anticipato, spunti per una nuova didattica intorno agli anni Settanta, nonostante emerga un

approccio strettamente “accademico” alla disciplina che cercheremo di caratterizzare meglio. Edoardo Amaldi, del resto, non era stato un accademico qualunque e la sua figura occupa un posto di notevole rilievo nella storia della fisica contemporanea italiana. Basti ricordare che in quanto autore di testi scolastici, sulla scia di Fermi, e come accademico, egli rappresenta una tradizione della fisica italiana che va dal periodo intorno alla seconda guerra mondiale fino agli anni della ricostruzione. Questa proprio in Amaldi ha trovato, in Italia, la guida per una rinascita della ricerca fisica, dopo la dispersione dei migliori fisici dell’epoca, e per la promozione di attività e istituti di ricerca, non da ultimo il Cern a livello europeo. A fianco al fisico del gruppo di Panisperna, la moglie era sostanzialmente la reale penna dei manuali e la curatrice degli altri aspetti non strettamente contenutistici (Amaldi, 1999), essendo inoltre da tempo coinvolta in attività di scrittura e divulgazione scientifica. Negli anni Ottanta il figlio Ugo è entrato a far parte del gruppo di autori dei testi, prendendone interamente la guida negli anni Novanta. Anche il terzo autore proviene da una carriera di fisico accademico e di ricerca, ma rappresentando forse entrambe le anime dei genitori: quella della ricerca e della promozione istituzionale, insieme a quella della divulgazione e della comunicazione scientifica.

Sebbene il testo abbia delle caratteristiche profondamente radicate nell’approccio didattico che si è mantenuto negli anni, alcune delle più evidenti innovazioni strettamente testuali giungeranno proprio dal lavoro di Ugo Amaldi dopo la scomparsa di entrambi gli autori originali.

Abbiamo, innanzitutto, compilato una lista non completamente esaustiva (tab. 1), ma abbastanza indicativa dal punto di vista storico ed editoriale, della produzione testuale degli Amaldi dalle origini a oggi, per evidenziare la portata storica del testo e la varietà editoriale per scuole diverse.<sup>12</sup> Cominceremo con l’analizzare le differenze tra la versione del 1970 e le successive.

1947	Elementi di Fisica (Istituti Tecnici Commerciali)
1952	Corso di Fisica. Rielaborato dal testo di Enrico Fermi (Licei Scientifici)
1955	Corso di Fisica. Rielaborato dal testo di Enrico Fermi (Licei Classici)
1958	Elementi di Fisica (Istituti Tecnici per Geometri)
1958	Elementi di Fisica (Istituti Tecnici Industriali)
1962	Elementi di Fisica (Istituti Tecnici per Geometri) (III ed.)
1962	Elementi di Fisica (Istituti Tecnici Industriali) (III ed.)

<sup>12</sup> Insieme al reperimento e alla consultazione di alcuni di questi testi nelle biblioteche del polo di Bologna e dell’ateneo bolognese, per compilare questa lista abbiamo consultato in particolare il catalogo dell’editore Zanichelli all’indirizzo web <http://catalogo.zanichelli.it/>.

1970	Corso di Fisica (Licei Classici) (II ed.)
1972	Corso di Fisica (Licei Scientifici) (II ed.)
1983	La Fisica per i Licei Scientifici (III ed.) (aggiunto Ugo Amaldi)
1984	Corso di Fisica (Licei Classici e altre medie superiori) (III ed.)
1991	Dal pendolo ai quark (anche come “Il mondo della fisica”) (U. Amaldi primo autore)
1997	La Fisica per i Licei Scientifici (IV ed.)
1998	Fisica Interattiva
2001	Fisica. Idee e esperimenti dal pendolo ai quark
2007	La Fisica di Amaldi. Idee e esperimenti (II ed./V ed. Fisica per i Licei Scientifici)
2009	Corso di Fisica (Licei Classici e altri) (VI ed.)
2010	L’Amaldi 2.0. Con esperimenti a casa e a scuola

**Tab. 1.** Selezione della produzione manualistica degli Amaldi dalle origini a oggi

Una prima analisi sommaria dei testi degli Amaldi serve per comprendere gli sviluppi storici in merito ai seguenti punti connessi alla concezione epistemologica della fisica e all’approccio globale al suo insegnamento:

- la concezione “accademica” della disciplina;
- le diversità nella selezione e presentazione degli argomenti;
- il peso degli aspetti tecnico-applicativi e degli apparati sperimentali.

Partendo proprio dal primo punto è possibile articolare una definizione di concezione “accademica” della disciplina e raccordare, così, la presente analisi al lavoro storico sui periodi precedenti alla stagione delle riforme scolastiche in Italia e delle sperimentazioni curriculari anglosassoni degli anni Sessanta-Settanta.

Siamo partiti da alcune osservazioni primarie sulla manualistica contemporanea. Un primo fatto abbastanza rilevante e singolare è stata la coincidenza di queste caratteristiche globali, che è facile individuare negli attuali testi di fisica, con le osservazioni che Marazzini ha svolto per un periodo precedente, il cui contesto storico, istituzionale e culturale appare oggi alquanto distante da quello dell’educazione e della ricerca scientifica successiva agli anni Settanta.

Per Marazzini (2002) l’accademismo degli autori di testi scolastici comportava, oltre a una maggior aderenza (acritica) al programma ministeriale, e in virtù di questa: una coincidenza puntuale, con semplificazioni formali e “tagli” logico-concettuali, con la materia così come presentata a livello generale e introduttivo nei primi due anni del corso di laurea in Fisica; una differenziazione esigua, su aspetti contingenti dell’approccio didattico e del curriculum, tra diversi indirizzi scolastici – il caso emblematico è tra Classici e Scientifici – e tra il biennio e triennio della scuola superiore.

Si può delineare un altro tratto caratteristico di questo approccio all’insegnamento della

disciplina, ovvero l'enciclopedismo. Lo stesso Marazzini (2002) ha esaminato la novità del corso americano prodotto dal *Physical Science Study Committee*, testo pubblicato anche in Italia come visto, osservandone proprio l'approccio innovativo nel compiere opportune scelte e nel selezionare i contenuti, a scapito di un enciclopedismo basato su un curriculum ipertrofico e spesso ricco di dettagli che, a differenza del contesto universitario, possono risultare eccessivi e sotto certi aspetti nocivi per studenti pre-universitari.

Valutiamo criticamente queste caratteristiche per i testi degli Amaldi. Innanzitutto, è forse opportuno attenuare la posizione di Marazzini riguardo alla quasi specularità del primo testo degli Amaldi (1952) con quello di Fermi. A dissentire con questa affermazione è proprio Ugo Amaldi che, nel confrontare alcune edizioni diverse del testo nota come, ad esempio, in merito ad argomenti di termodinamica:

Anche se il testo è molto simile a quello di Fermi, vi sono cambiamenti estremamente significativi. Per rendersene conto basta riportare l'enunciato dato da Fermi del secondo principio: «Non è possibile ideare un processo che abbia, come unica conseguenza, una trasformazione di calore in lavoro, assorbendo calore soltanto da un corpo che si trovi tutto alla stessa temperatura». Nell'Amaldi del 1952 si legge invece [pag. 11]: «è impossibile costruire una macchina la quale produca lavoro meccanico sottraendo calore a una sola sorgente senza restituirne una parte a altri corpi a temperatura più bassa». La sostituzione di una definizione piuttosto astratta con una formula operativa, che parla di macchine invece che di processi, è indicativa di un modo diverso di comprendere e insegnare la termodinamica (Amaldi, 1999: II).<sup>13</sup>

Da un certo punto di vista, è vero che il linguaggio di Fermi è più astratto è che il cambiamento nel modo di enunciare il secondo principio non è irrilevante, ma non è ovvio che la seconda definizione sia più intuitiva o didatticamente efficace, anzi, proprio nel suo carattere "operativo" appare forse più tecnica e "teorica".<sup>14</sup>

Come lo stesso Ugo Amaldi nota, però, lo spazio dedicato alla trattazione dei temi era andato crescendo sensibilmente negli anni, e non solo per l'aggiunta di immagini e apparati didattici, e ciò giustifica, in parte, una trattazione più formale dei concetti, insieme a una crescente profondità ed estensione dei contenuti.

L'enciclopedismo, ben rappresentato anche dal carattere prescrittivo di programmi ministeriali costruiti come elenchi di contenuti, era tra le preoccupazioni degli autori già alla fine degli anni Sessanta.

---

<sup>13</sup> Si veda la bibliografia generale.

<sup>14</sup> Riguardo allo stile didattico di Fermi, nelle parole del fisico N. C. Yang, riportate da Emilio Segré: «...Come è noto, le lezioni di Fermi erano estremamente chiare. Per ogni argomento aveva l'abitudine caratteristica di cominciare sempre dal principio, esaminando esempi semplici ed evitando il più possibile i formalismi (diceva scherzando che il formalismo complicato era riservato ai 'grandi sacerdoti'). La semplicità stessa del suo modo di ragionare dava un'impressione di assenza di sforzo, ma questa impressione era errata: la semplicità era frutto di un'accurata preparazione e di un ponderato esame delle varie alternative possibili nell'esposizione [...]», cit. in Ricci (2002).



Come riportato, gli Amaldi introducevano la seconda edizione per i Classici con parole sull'ammodernamento dei contenuti e sulla necessità di abbreviare la trattazione di certi capitoli o temi che pur i programmi prevedevano.

L'introduzione del 1970 è quasi pedissequamente riprodotta nella terza edizione del 1984, che ricalcava come era stato dieci anni prima, quella per i licei Scientifici degli stessi anni. Nell'arco di quindici anni, quindi, di fronte a un immutato programma di fisica, gli autori ripetono l'esigenza di abbreviare la trattazione di certi capitoli – l'esempio è della Statica e delle macchine semplici – e di fornire elementi di applicazioni tecniche che il solo corso di fisica può fornire nel curriculum di un liceo, classico o scientifico che sia. La prefazione alla terza edizione del *Corso di Fisica* per licei scientifici, infatti, è identica a quella per il *Corso del Classico*. Identica è anche la presentazione di una delle innovazioni principali del corso che sembrava sostenere per il Classico una fisica culturalmente più ricca e che mirava a fornire «una visione panoramica di molte fra le più avanzate attività culturali dell'uomo moderno» e insieme delle «professioni che, nel campo delle scienze della natura e delle loro applicazioni, egli [lo studente] potrà essere invogliato a intraprendere alla fine delle scuole medie superiori» (Prefazione ad Amaldi, 1983, 1984). Gli autori si riferiscono all'aggiunta di «letture» di approfondimento a carattere storico-filosofico, tecnologico o fisico-matematico, apparati didattici sempre più diffusi nei manuali di fisica contemporanei che poco incidono, in questi testi, sulla trattazione globale della disciplina. Inoltre, l'uso didattico di queste letture da parte degli insegnanti era, e rimane, indeterminato, e spesso offuscato dalla stretta aderenza al programma.

Se non c'è differenza tra gli apparati supplementari del testo, meno ancora poteva essercene nello sviluppo dei contenuti primari, a parte l'estensione delle nozioni e alcuni dettagli che, ancora, il programma dettava.

Accademismo e enciclopedismo, quindi, coincidono in questo caso con l'ampiezza dei contenuti trattati e con l'omogeneità degli approcci e delle attività didattiche supplementari di approfondimento tra indirizzi con attitudini verso la scienza che in linea di principio dovrebbero essere diverse.

Se nel 1970, però, i Classici fornivano ancora una buona parte di studenti alle facoltà scientifiche, questo fatto andava cambiando profondamente e abbiamo ipotizzabile, dal numero di studenti dei vari indirizzi, che già negli anni Ottanta il dato si stava invertendo. Questo cambiamento non aveva ancora avuto influenza su una possibile differenziazione di alcuni caposaldi dell'insegnamento tra le due scuole.

La differenziazione tra bienni e trienni, altro aspetto rilevante dal punto di vista pedagogico, può essere studiata insieme agli altri due temi che un'analisi storico-pedagogica di questi testi può mettere in evidenza: i cambiamenti nel modo di selezionare e presentare i contenuti e la presenza di aspetti tecnico-applicativi.

#### 3.4. *Tra teoria e pratica: esame dei contenuti di alcuni capitoli degli Amaldi*

Per studiare come è cambiata nel tempo la quantità di contenuti, la selezione di temi principali e dettagli e, in questa, il peso degli aspetti concettuali e fisici rispetto alle applicazioni tecniche e agli esperimenti, ci atterremo a un criterio di analisi abbastanza semplice che non entra a fondo nelle modalità di trattazione dei contenuti stessi.

In sostanza, indice, numero di paragrafi e titoli, insieme alle formule e alle immagini (tipo e quantità), sono gli elementi abbastanza evidenti e ben rintracciabili tramite cui descrivere il cambiamento dell'estensione dei temi e anche il "taglio" epistemologico dato alla presentazione degli stessi.

Siccome l'ampiezza della trattazione di uno specifico capitolo di fisica e la selezione dei vari sotto-argomenti sono determinate da una scelta equilibrata di aspetti concettuali principali, esemplificazioni, applicazioni – sia "teoriche" che tecniche – ed esperienze, descriveremo lo sviluppo di alcuni capitoli particolari che presentano le seguenti caratteristiche:

- sono importanti dal punto di vista teorico, ma concernono aspetti particolari e "settoriali" di sviluppo della fisica classica;
- sono capitoli in cui, anche in virtù del programma ministeriale tradizionale dei licei (si veda il paragrafo "I programmi"), prevedono la spiegazione di alcune applicazioni tecniche fondamentali.

Descriveremo lo sviluppo, per un periodo che va dal 1970 alla fine degli anni Novanta, dei capitoli di Statica, Meccanica dei fluidi e Acustica. C'è una sorta di analogia strutturale tra questi tre capitoli: viene introdotto un concetto fisico fondamentale e da questo possono discendere una serie di applicazioni tecniche di una certa importanza. I tre concetti fondamentali introdotti sono, rispettivamente, quelli di forza (come vettore), pressione e onda.

##### 3.4.1. *Statica*

Gli stessi autori citano questo capitolo in merito alla necessità di «ammodernare» il testo, ovvero di ripensare in sostanza il rapporto tra aspetti essenziali e temi/esempi più specifici.

Tenendo presente quello che prevedeva il programma, come è cambiato questo rapporto nell'arco di circa tre decenni?

Il capitolo deve affrontare i seguenti punti del programma (per liceo scientifico):

“Forza e sua misura statica. Equilibrio di due o più forze applicate ad un solido. Centro di forze applicate ad un solido. Centro di forze parallele. Equilibrio nei solidi con un punto od un asse fisso. Macchine semplici: bilancia”.

Nelle varie prefazioni (1970, 1972, 1983, 1984) viene chiarita la scelta: trattare gli aspetti fondamentali su forze e vettori, misurazione con dinamometro e sull’equilibrio di più forze applicate; più concise saranno le parti su “composizione di più forze parallele” e “macchine semplici”.

Dettagli a parte, è evidente l’importanza centrale di questo capitolo, perché è il luogo in cui si introduce il concetto di forza, la sua definizione operativa e la sua manipolazione formale nel calcolo dell’equilibrio dei corpi.

Nonostante le dichiarazioni degli autori, dal punto di vista della suddivisione dei temi e dei concetti trattati, il capitolo sulla statica rimane pressoché invariato fino alle edizioni degli anni Ottanta.

In prima istanza, per quanto è forse impreciso comparare diverse edizioni e formati del testo, la Statica ottiene una trattazione analoga nel numero di pagine e attraverso diversi indirizzi liceali:

- Amaldi 1952 (licei scientifici): 37 pp. (Marazzini, 2002: 213).
- Amaldi 1970 (licei classici): 42 pp.
- Amaldi 1984 (licei classici): 38 pp.
- Amaldi 1997 (licei scientifici)<sup>15</sup>: 32 pp.

Anche i contenuti, nonostante tutto, sono sempre gli stessi. L’indice del *Corso di Fisica* dei primi anni Settanta, costruito sull’Amaldi del 1952, rimane lo stesso fino agli anni Novanta ed è costituito dai seguenti contenuti:

concetto di forza, misura delle forze con dinamometro, forze come grandezze vettoriali, equilibrio di un punto materiale libero, vincoli, condizioni di equilibrio di un punto vincolato, equilibrio di un punto pesante appoggiato su un piano inclinato, corpo rigido, momento di una forza, forze applicate a un corpo rigido, composizione forze parallele (concordi e discordi), coppia, momento di una coppia, condizioni generali di equilibrio, centro di gravità, condizioni di equilibrio di un corpo pesante vincolato.

In sostanza, nonostante nel ‘70 gli autori ritenessero che la parte essenziale della Statica si

---

<sup>15</sup> Come specificato in bibliografia, ci riferiremo a questa edizione, in generale, come Amaldi (1997) e, in particolare, attraverso il numero specifico del singolo volume. In alcuni casi, come questo, diversi volumi dello stesso manuale sono stati pubblicati a un anno di distanza uno dall’altro. Lo stesso criterio è utilizzato anche per altri manuali.

riducesse «al concetto di forza, al suo carattere vettoriale, alla sua misura e alla condizione di equilibrio di più forze applicate a un punto», l'insieme di argomenti intorno alla Statica rimarrà esteso così come una sorta di "ottimismo enciclopedico" lo aveva disegnato per i Classici, quando il programma di queste scuole era inoltre molto ridotto e comunque all'interno di un quadro orario ristretto. Con un capitolo così articolato è difficile pensare come gli insegnanti dei Classici, al tempo, potessero maneggiare l'intero programma di fisica con opportuni tempi e attività di apprendimento, se non tramite scelte selettive o attraverso una corsa rapsodica sopra i disparati argomenti di tutto il programma, tipico problema dell'enciclopedismo spesso rilevato per l'insegnamento delle scienze. Lo stesso discorso potrebbe valere anche per lo Scientifico, anche se questo prevedeva un intero anno in più per sviluppare il curriculum di fisica.

Nel quadro recente di orari e programmi, risulta forse più sensato un livello contenutistico del genere e infatti negli anni Novanta l'indice del capitolo sulla Statica si presenta invariato, con l'aggiunta anche di altri elementi come "le forze di attrito".

Anche gli aspetti applicativi sulle macchine semplici rimangono immutati per i due indirizzi, coerentemente con l'esigenza espressa sulla necessità di fornire elementi basilari di tecnologia in un curriculum liceale.

«Equilibrio delle forze nelle macchine: cosa è una macchina, leva, bilancia, piano inclinato», è l'indice della sezione applicativa della Statica nelle quattro diverse versioni del *Corso* degli Amaldi (1970/72 e 1983/84).

Negli anni Novanta prende forma una sorta di torsione più concettuale, se non teorica, della disciplina. Il nuovo *Corso di Fisica* per classici ha ancora un breve paragrafo sulle macchine semplici; nella IV edizione de la *Fisica per i Licei Scientifici* (Amaldi, 1997) questo "vecchio" tema scompare. Dobbiamo attribuire un certo significato a questa mancanza: la trattazione concettuale dei vari aspetti connessi all'equilibrio è identica, ma sono caduti quasi tutti i riferimenti concreti ai congegni tecnici e non certo perché altri corsi del liceo provvederanno a fornire i rudimenti di tecnologia.

Altri elementi concorrono a questo lieve, ma forse significativo, cambiamento in alcune parti della trattazione. Uno di questi riguarda il tipo di immagini: l'evoluzione di queste va analizzata in maniera autonoma, ma alcuni elementi corroborano la presente ricostruzione storico-pedagogica. A parte i cambiamenti sul colore e sulla chiarezza/semplificazione delle immagini usate, alcune conservano immutato il loro significato originario, altre, invece, presentano la stessa sostanza concettuale in un contesto diverso. Amaldi (1970, 1972) presenta immagini più stilizzate e astratte sotto certi punti di vista, nel rappresentare ad

esempio le forze cui è soggetto un corpo su un piano inclinato o in altre condizioni di equilibrio. Amaldi (1997) utilizza immagini più intuitive, grazie a una nuova grafica che usa il colore, e non più disegni geometrici astratti di superfici e vettori, in certi casi usando esempi più concreti ma in generale attraverso rappresentazioni teoriche meno ancorate ad apparati meccanici reali. Si vedrà meglio in seguito che tipo di cambiamento mettano in evidenza le immagini nella loro evoluzione didattica e stilistica.

Da un certo punto di vista, non è del tutto possibile dire univocamente quale testo sia più astratto-teorico e quale più concreto-sperimentale. Alcuni esempi aiutano a chiarire le differenze.

- Misura con dinamometro: (Amaldi, 1970, 1972) riproduce il disegno di un vero dinamometro e in una versione (1970) una foto dello stesso; Amaldi (1997) utilizza rappresentazioni figurative di molle e allungamenti per illustrare direttamente il funzionamento del dinamometro, anche se infine è riportata una piccola foto dello strumento.

- Forze come vettori: può forse essere non così discriminante, ma nell'illustrazione dello stesso principio – come le forze si compongono e il loro carattere vettoriale – viene usato lo stesso ragionamento che, però, in un caso (1970, 1972) è spiegato attraverso un sistema sperimentale di pesi e carrucole, nell'altro (1997), attraverso un esperimento (didattico) con tre molle fissate a una rondella su un foglio di carta. Non ci sono differenze sostanziali nella spiegazione, ma la seconda versione appare didatticamente più immediata e, al contempo, ragionata, la prima è più situata in un contesto tecnico “reale”.

- Composizione di forze parallele: in questo caso il rapporto è invertito; i vecchi testi utilizzano la rappresentazione di un corpo rigido astratto e su di questo illustrano le forze; Amaldi (1997) utilizza situazioni concrete di spinte applicate a una slitta o a una macchina.

Anche alcune aggiunte esplicative e matematiche rendono il testo più recente, come detto, concettualmente più elaborato e teorico. Ad esempio, nella spiegazione della natura vettoriale delle forze, un utile contro-esempio sul carattere non-vettoriale delle rotazioni aggiunge non solo elementi di ragionamento sui vettori e sul loro carattere formale, ma è anche sintomo di quanto la didattica sia più rivolta alla rappresentazione astratta e formale dei concetti, inclusi gli spostamenti spaziali.

Complessivamente, però, la matematica dei due testi non presenta sostanziali differenze in questa parte. Fa eccezione il caso del momento di una forza. Amaldi (1970, 1972) spiega la natura vettoriale del prodotto forza-braccio, ma non né esplicita completamente la sostanza matematica, vale a dire il prodotto vettoriale. Così, in questo caso viene detto che il momento

di una forza è nullo se è nulla la forza o la distanza del punto di applicazione; Amaldi (1997) è forse più corretto, e sicuramente matematicamente (teoricamente) più completo, nel fornire la definizione di prodotto vettoriale, da cui risulta che anche nel caso di un angolo nullo (o di  $180^\circ$ ), cioè di  $F$  e  $r$  paralleli, il momento è nullo (per il valore del seno dell'angolo).

Non c'è bisogno di scovare altri dettagli per sancire la differenza – seppur non radicale – che separa le due versioni distanti quasi trent'anni di tempo: l'omissione di circa sette pagine sulle macchine semplici del *Corso* del 1970 (e 1972), con una decina di disegni con esempi concreti di leva, carrucola, paranco, verricello, burbera, argano, bilancia, cuneo, torchio, è indicativa del mutato accento posto sulle applicazioni tecniche e meccaniche dei principi della Statica, almeno – si vedrà meglio – per l'importanza e il ruolo che queste esemplificazioni tecnologiche devono avere all'interno del corso di fisica.

### 3.4.2. *Meccanica dei fluidi*

Attraverso l'esame di indici e paragrafi, le parti sulla meccanica dei fluidi e sull'Acustica confermano quanto emerso per il caso della Statica: soprattutto fino agli anni Ottanta, i contenuti, l'ordine dei paragrafi e l'equilibrio tra aspetti fondamentali e quelli meno essenziali non variano. Il testo viene riscritto negli anni Novanta, ma la sostanza didattica e concettuale rimane la stessa.

Sebbene non si possa dire che la prospettiva epistemologica di fondo del testo sia cambiata, almeno fino alle edizioni che si pongono in stretta continuità con il corso di fisica tradizionale degli Amaldi (quindi fino agli anni Novanta), il peso delle applicazioni tecniche nel curriculum, così come rispecchiato dal testo, è andato diminuendo per una serie di temi.

Fino agli anni Ottanta, però, l'accademismo – così come abbiamo provato a definirlo attraverso i criteri di selezione e scansione dei contenuti – e una concezione della fisica come anche una “disciplina del progresso tecnico e sociale” continuano ad avere un'impronta evidente sui temi trattati nei vari capitoli.

Nel periodo compreso tra il 1970 e il 1984, anche l'esame di questi capitoli lo conferma, nessuna variazione sostanziale in merito alla trattazione fisica appare nel *Corso* e tra le sue due versioni per Classici e Scientifici. Sotto questo punto di vista, ha ragione in parte Marazzini: fino all'emergere di nuovi programmi sperimentali e proposte organiche di riforma dell'insegnamento, il testo mantiene un impianto molto aderente al programma tradizionale e – aggiungiamo – alle finalità del corso concepite nella prima metà del secolo.

Il distacco dai contenuti tecnico-applicativi è però ancora più evidente per i temi dell'Acustica

e dei fluidi.

La parte sulla meccanica dei fluidi, da un capitolo (Amaldi, 1970, 1972) suddiviso in più parti (statica dei liquidi, statica dei gas, dinamica dei fluidi), viene suddivisa in due capitoli (gas e liquidi in equilibrio, gas e liquidi in movimento) in Amaldi (1997).

Per quanto riguarda la sequenza di argomenti e concetti fondamentali, ancora una volta, i venticinque anni trascorsi tra le due edizioni per lo Scientifico, con significativi mutamenti nella fisica, ma soprattutto nella scuola, non hanno prodotto differenze rilevabili nella trattazione, negli esempi e, in questo caso, anche nel tipo di immagini che sono semplicemente riprodotte nella nuova veste grafica a colori.

In particolare la sequenza invariante è costituita dai paragrafi:

il concetto di pressione, pressione nei liquidi (legge di Pascal), la pressione nei liquidi pesanti (legge di Stevino), vasi comunicanti, legge di Archimede, pressione atmosferica (concetto, misura e variazione). Per quanto riguarda la Statica dei fluidi, le seguenti parti sono pressoché identiche con alcune variazioni e comunanze che è opportuno menzionare.<sup>16</sup>

La pressione è introdotta con lo stesso ragionamento empirico e matematico (superfici diverse su cui distribuire lo stesso peso); unica differenza sono le unità di misura: nel 1972 la pressione di un Newton su un metro quadrato «non ha nomi particolari», vale a dire non era evidentemente stato introdotto ancora il nome “Pascal” nel Sistema Internazionale.

Come detto, le figure del 1997 riproducono fedelmente quelle del 1970-1972, in particolare nel paragrafo sulla legge di Pascal vengono illustrati il torchio idraulico, la sua applicazione all’elevatore e ai freni idraulici che vengono illustrati in entrambi i testi nel caso dei freni a tamburo (nel 1997 appare un cenno anche a quelli a disco).

Coerentemente con il programma tradizionale dello Scientifico (“cenni al moto di un solido immerso in un fluido”), la legge di Archimede è accompagnata dallo studio sommario dei principi del galleggiamento, con un cenno al funzionamento dei sommergibili: lo spazio dedicato è uguale ma nel primo caso (1970, 1972), due foto di un sommergibile e di una vasca idrodinamica accompagnano la spiegazione del funzionamento; nel secondo, due disegni chiari e schematici rendono visibile il concetto alla base di navi e sommergibili. Nel 1997 questi disegni e poche righe sommarie esauriscono i risvolti applicativi dello studio della meccanica dei fluidi. Il vecchio *Corso di Fisica*, invece, presenta spiegazioni di altri aspetti tecnico-sperimentali come il densimetro e il funzionamento dei palloni aerostatici, per cui del

---

<sup>16</sup> Una differenza che in questa analisi non ha particolare rilevanza: il Corso di fisica (1970 e 1972), come altri testi del tempo, spiega la legge di Boyle e la relazione volume-pressione in questo capitolo, a differenza delle moderne trattazioni in cui il contesto per la legge di Boyle è quello dei gas ideali e segue l’introduzione del concetto macroscopico di temperatura.

resto «le condizioni sono analoghe a quelle del sommergibile in immersione». Ancora, delle foto, con valore informativo ma nessun ruolo didattico ed esplicativo in relazione ai concetti fisici, accompagnano questa rassegna di risvolti tecnici della fisica studiata. Anche al barometro, ovviamente spiegato in questo contesto da entrambi i testi, il vecchio *Corso* dedica disegni e maggiori particolari, riservando un intero paragrafo ai manometri che sono solo illustrati esternamente (non strutturalmente) nel 1997.

All'interno della statica dei fluidi ci sembra opportuno segnalare un'altra variazione, "infinitesima" verrebbe da dire, ma che può essere un altro piccolo indizio che compone il quadro generale di cambiamento che stiamo raffigurando, in cui sono in gioco elementi pedagogici particolari (vedremo meglio nel seguito) e la concezione generale della disciplina, costituita da un variabile equilibrio tra gli aspetti teorici, culturali, sperimentali e tecnologici. La legge di Archimede viene introdotta e spiegata in maniera identica tra le due versioni diverse dei testi che stiamo esaminando, da una parte quelle del 1970-1972 e del 1983-1984, dell'altra, quella del 1997: prima con una prova empirica attraverso una bilancia idrostatica, poi con un ragionamento teorico-matematico che dimostra come il valore della spinta di un corpo immerso nel fluido (tipicamente nell'acqua), coincide con il peso della quantità di fluido spostata dal corpo. L'approccio è quindi coerente e invariante: un'opportuna "miscela" di "esperienza e ragione". In questo caso sono forse i dettagli nelle parole a creare una minima differenza.

Amaldi (1970, 1972):

«Le seguenti considerazioni permettono di rendersi conto dell'origine e del valore della spinta idrostatica». Preceduta dall'esperimento con la bilancia, segue così la parte sulla dimostrazione suddetta.

In Amaldi (1997) la trattazione è divisa in due sotto-paragrafi: "determinazione sperimentale della legge di Archimede" e "la dimostrazione delle legge di Archimede"; quest'ultima comincia con la seguente affermazione:

«La legge di Archimede è, in realtà, una conseguenza della legge di Stevino». In entrambe le dimostrazioni (identiche) è usata, infatti, la legge di Stevino ( $p = \rho gh$ ) che però, nel *Corso* degli anni Settanta, viene solo richiamata come formula precedentemente introdotta, durante lo svolgimento di quella che non viene definita "una dimostrazione", o deduzione. E' una differenza trascurabile, in apparenza, ma che rivela, a nostro avviso, quanto l'aspetto teorico, deduttivo e matematico abbia col tempo conquistato spazio nell'approccio epistemologico e didattico del testo, o meglio: un procedimento teorico già presente nel testo viene



esplicitamente definito in termini di dimostrazione teorica e deduzione di una legge empirica da un legge – quella di Stevino – assunta come primitiva.

A sostegno di quest'ultima considerazione, va una trattazione notevolmente diversa per la parte sulla dinamica dei fluidi.

Il problema fondamentale della Dinamica dei Fluidi consiste nel cercare di stabilire come si muove un ben determinato fluido (per esempio l'acqua, oppure l'aria) quando esso si trova entro un contenitore di forma prefissata (per esempio una condotta di sezione circolare e lunghezza assegnata) e su di esso agiscono certe forze a noi note (per esempio la forza-peso e le pressioni che agiscono sul fluido alle due estremità della condotta). Il problema è complesso e non può essere certamente trattato in generale in questa sede. [...] Qui ci limiteremo a discutere qualitativamente qualche caso estremamente semplice e di interesse pratico corrente, dopo aver descritto alcuni dei dispositivi meccanici che sono usati per provocare il movimento dei fluidi (Amaldi, 1972, I: 275).

Una riflessione teorica interessante giustifica le scelta dei contenuti a seguire: questa parte della fisica tratta non solo il moto *dei* fluidi ma anche il moto di oggetti *nei* fluidi. D'altro canto, quest'ultimo problema è riconducibile al primo campo: il moto di una aereo viene studiato in un sistema di riferimento in cui questo è fermo e il fluido «muovendosi con velocità  $-v$ , lo investe» (Amaldi, 1972, I: 276).

Eccetto queste brevi considerazioni di natura teorica, l'intera sezione sul movimento dei/nei fluidi viene essenzialmente sviluppata tramite le applicazioni tecniche in questo campo: pompe per liquidi, sifone, pompe per gas, turbina idraulica, resistenza del mezzo, aeroplani. Undici pagine sull'argomento contengono dieci immagini illustrative dei congegni trattati, più altre due di tipo maggiormente didascalico sul funzionamento del “timone di profondità” di un aereo; sei fotografie, sempre con scarse finalità direttamente didattiche, mostrano alcune tecnologie menzionate, come il tunnel aerodinamico e un paracadute in discesa.

Il distacco di Amaldi (1997) da questa trattazione è palese; i contenuti affrontati nell'equivalente capitolo sono infatti:

la corrente di un fluido (corrente stazionaria, relazione portata-volume-velocità), la portata di un liquido in una conduttura senza pozzi né sorgenti (equazione di continuità), equazione di Bernoulli (dimostrazione), effetto Venturi (e tubo di Venturi), portanza dell'ala, attrito nei fluidi (pareti di una conduttura, attrito viscoso), caduta libera nell'aria.

Alcuni concetti e problemi sono, chiaramente, condivisi, specialmente le questioni sulla portanza di un aereo e sulla resistenza del mezzo. E' altresì evidente che questo capitolo offre una trattazione teorica prima inesistente e che rappresenta un caso “puro” di approccio teorico-concettuale contrapposto a quello tecnico-applicativo nello sviluppo del testo. Amaldi (1997) ritiene che sia possibile trattare il problema dinamico del fluido in una conduttura in maniera rigorosa, matematica e teoricamente ragionata: così vengono introdotti il concetto di

portata e la semplice equazione di continuità; l'equazione di Bernoulli viene prima enunciata, sulla base di alcune ipotesi semplificative di fondo, spiegata nel suo significato generale e poi dimostrata matematicamente attraverso la legge di conservazione dell'energia meccanica. Come nel caso precedente sulla legge di Archimede, l'approccio deduttivo ha preso forma più esplicita e sistematica nel testo più recente. Non manca qualche esperienza inerente ai concetti introdotti e, seguendo una tendenza già delineata ma che – come vedremo – andrà accentuandosi negli anni, si tratta spesso di fenomeni quotidiani e immediatamente rilevabili come comprimere la bocca di un tubo in cui scorre dell'acqua (equazione di continuità) o soffiare su una striscia di carta (effetto Venturi).

Anche nelle analoghe conclusioni della meccanica dei fluidi nei due testi, si nota come l'applicazione dei principi fisici non è più direttamente rivolta alla conoscenza e ai rudimenti di particolari tecnologie. Amaldi (1997) sembra più rivolto a spiegare fenomeni di interesse immediato per la conoscenza comune. Così, la resistenza del mezzo permette di spiegare la velocità limite di un paracadutista, con o senza paracadute, e il principio della portanza di un aereo è un tassello per la comprensione del moto nei fluidi; insieme alla descrizione del concetto di portanza, maggiori dettagli tecnici e dinamici compaiono in un apposito paragrafo sugli aeroplani in Amaldi (1970, 1972), suggerendo che la conoscenza di questi dettagli (minimali) è parte integrante dello studio della fisica, come infatti era secondo il programma.

### 3.4.3. *Acustica*

Una linea evolutiva, simile a quelle viste in precedenza, può essere individuata anche per lo studio dell'Acustica, a cui è legata l'introduzione del concetto di onda e, nel caso specifico, delle onde meccaniche che si propagano in un mezzo materiale. Le differenze tra i testi dei diversi periodi seguono l'andamento generale individuato per gli altri temi trattati, quindi confronteremo anche in questo caso le due versioni per i licei scientifici di riferimento: quella del 1972 (praticamente identica a quella per i Classici del 1970 e a quella successiva del 1984) e la quarta edizione del 1997.

Specifichiamo altre due ragioni di fondo del cambiamento già delineato, ovvero la torsione più teorica, formale e concettuale della fisica, rispetto alla formula tradizionale “poca matematica essenziale” e “cenni di tecnologie e applicazioni”.

Questi cambiamenti generali nell'approccio didattico-epistemologico alla fisica insegnata – che come detto non intaccano a fondo la struttura e la trattazione dei contenuti, le quali rimangono nella maggior parte dei casi uguali – è dovuta a modifiche nella concezione

accademica e nella ricerca fisica, prima che a modifiche inerenti alla funzione pedagogica della fisica. In secondo luogo, ci sono anche fattori strettamente scolastici e didattici che hanno prodotto un diverso equilibrio tra le varie componenti della fisica, in particolare il laboratorio, il formalismo, la teoria, le applicazioni tecniche e, vedremo meglio, le conoscenze e i contesti storico-filosofici. Questi fattori possono essere individuati, primo, nell'aumento delle capacità logico-formali richieste nella trattazione dei concetti fisici; questo è dovuto anche alle sperimentazioni liceali che avevano introdotto in alcuni casi più ore di matematica, o lo studio della fisica dal biennio che comportava una trattazione dei contenuti al triennio – a cui i testi in esame si rivolgono – più approfondita e astratta. Secondo, nel caso specifico qui in esame, si deve notare la crescente importanza del concetto di onda nel quadro di tutta la fisica, anche e soprattutto quella contemporanea, visto più come un nucleo fondante e concetto fondamentale da trattare in tutti i suoi aspetti matematici e fenomenologici.

Non è difficile mostrare questi elementi all'opera nelle differenti trattazioni dell'Acustica.

Un confronto dei contenuti dei capitoli su questo tema, tra i testi degli anni Settanta e l'edizione degli anni Novanta per i licei scientifici, è riportato in appendice (3.3.) .

E' abbastanza evidente quanto la trattazione teorica del moto ondulatorio, tramite una descrizione formale più generale dei moti oscillatori prima e poi tramite l'equazione di propagazione di un'onda, sia alquanto più sofisticata e "fondata" nell'edizione più recente. Nella versione 1970-1972 le onde erano introdotte in poche pagine, con il classico esempio delle onde in acqua, con alcune foto di oscillazioni di una corda e di una molla e praticamente senza formalismo matematico. Sempre parlando di esempi marginali ma significativi, non si trattava formalmente il moto oscillatorio ma magari un disegno riproduceva un dispositivo in cui una barra oscillante riproduceva il grafico di un moto armonico su un foglio di carta.

Come nel caso della meccanica dei fluidi, la maggior parte delle applicazioni tecniche dei concetti trattati è stata eliminata, in maniera ancora più evidente in questo contesto. Per "applicazioni" in questo caso non intendiamo solo la sezione esplicitamente dedicata in Amaldi (1970, 1972), ma anche tutta la parte sugli strumenti musicali e gli usi relativi dell'Acustica, che si riduce in Amaldi (1997, II) a un paragrafo sulle note musicali.

Come spesso avviene nella manualistica scolastica più recente, approfondimenti e temi di rilevanza e interesse particolare sono estrapolati dallo sviluppo dei contenuti stessi e appaiono come letture e schede separate dal testo (come è, a titolo di esempio, per l'inquinamento acustico).

Nel 1997, lo sviluppo dei concetti specifici dell'Acustica rimane, anche in questo caso,

piuttosto aderente alle versione del *Corso di Fisica*, ma anche in questa omogeneità dei contenuti lo sviluppo matematico e l'analisi fisica del suono raggiungono livelli maggiori di sofisticazione, a scapito di una trattazione più qualitativa dei fenomeni, per esempio di riflessione, risonanza e interferenza. Soprattutto la parte introduttiva del 1997 è un segno dell'importanza dell'analisi formale, soprattutto in vista delle centralità del concetto di onda per tutta la fisica e, in particolare, per quella degli ultimi due secoli.

#### 3.4.4. *Un altro esempio sul rapporto concetti-applicazioni: il nucleo atomico*

Le caratteristiche discusse non denotano una tendenza univoca dei testi degli Amaldi verso una concezione strettamente teorica della fisica, o della fisica come “scienza pura”, in cui le applicazioni hanno un ruolo marginale o collaterale. Certamente, una serie di ragioni storiche ha sostenuto il peso delle applicazioni tecniche nella fisica della scuola. In maniera rilevante, fino agli anni Settanta; nel caso dell'Amaldi, i ritmi dei cambiamenti stilistici ed editoriali hanno protratto un certo tipo di approccio e di scelta dei contenuti anche fino agli anni Ottanta, in maniera indistinta tra i due principali indirizzi liceali.

Se si guarda a un capitolo particolare della fisica contemporanea, il cui posto nel curriculum si è andato affermando a fatica nel tempo, ma che i recenti programmi (o indicazioni) prevedono ormai come tema abbastanza canonico e centrale nell'insegnamento della fisica, si notano anche altri criteri in azione nella scelta di aspetti teorici, sperimentali e tecnici.

Nel caso del manuale di Silva del '63, che proveniva da un periodo precedente della manualistica scolastica, il ruolo della fisica nucleare e delle “trasformazioni atomiche” era visto come piuttosto rilevante, a tal punto che in quel testo la scelta di spiegare vari aspetti di questo settore della fisica, insieme a un ampio spettro di apparati e applicazioni, andava a scapito delle parti concettualmente più innovative della fisica del Novecento (relatività e fisica dei quanti), alle quali si concedeva solo qualche timido e prudente cenno. Il manuale di Silva, qui preso in esame, consisteva in una versione per i licei classici, con un'analoga edizione per gli scientifici: in entrambe il peso dato alla fisica sperimentale e applicata era più rilevante in rapporto alla trattazione teorico-concettuale, in modo particolare – si è notato – per le tematiche connesse al nucleo atomico.

Nell'Amaldi, questo capitolo ha un'evoluzione particolare. I temi concettuali e fondativi della fisica nucleare rimangono invariati tra le versioni degli anni Settanta e quelle degli anni Ottanta: radioattività naturale, dimensioni dei nuclei, trasmutazione degli elementi, radioattività artificiale, forze nucleari ed energia di legame, reazioni nucleari.

Vari argomenti aggiuntivi accompagnano, nelle diverse edizioni, lo sviluppo principale di

questo capitolo:

1972: utilizzazione dell'energia nucleare, raggi cosmici e nuove particelle, produzione artificiale di nuovi corpuscoli (acceleratori).

1984: una sola scheda su radiochimica e applicazioni.

Il peso delle applicazioni, nonostante il tema fosse già assolutamente centrale negli anni del primo *Corso di Fisica* qui preso in esame, non è così rilevante rispetto alle altre parti esaminate e in particolare rispetto alla scelta operata dai testi di Silva. Del resto, Amaldi aveva seguito in primo piano gli sviluppi legati all'energia nucleare tramite il suo rapporto diretto con Fermi fino alla fine degli anni Trenta e anche la sua promozione della ricerca fisica post-bellica era avvenuta in questo campo dove risiedevano le frontiere della disciplina. Tornando al caso di Amaldi (1997), possiamo però notare un diverso approccio nella scelta dei contenuti della fisica nucleare. L'esempio è analogo ai precedenti, per quanto riguarda la trattazione matematica: l'analisi fisica e formale, ad esempio della legge del decadimento radioattivo, è maggiormente sviluppata. Per quanto riguarda gli sviluppi applicativi, invece, la trattazione del *Corso di Fisica* era ancora piuttosto "riservata" nei confronti della fisica nucleare; lo stesso Fermi riceve solo una fugace menzione a proposito del reattore nucleare di Chicago. Le altre parti aggiunte su raggi cosmici, nuove particelle e acceleratori, sembrano solo paragrafi necessari per concludere il *Corso* con temi dalle frontiere della ricerca, non ancora maturi per aprire nuovi capitoli di una fisica che va comunque segnalata allo studente, proprio in vista della fine degli studi liceali.

In Amaldi (1997, III), non solo Fermi è ormai strettamente associato a un intero paragrafo sull'interazione debole; i risvolti tecnologici dell'energia nucleare assumono in questo caso un posto di notevole rilievo, rispetto a cui il vecchio paragrafo "utilizzazione dell'energia nucleare" ha solo un carattere prosaico e informativo.

Un breve cenno sulle applicazioni mediche dei radioisotopi precede un esame dei problemi concettuali e tecnici coinvolti nella produzione di energia nucleare. Un'illustrazione schematica di un reattore nucleare a fissione accompagna la discussione delle varie questioni coinvolte: materiali utili alla fissione, isotopi dell'uranio, neutroni lenti e moderatori, alcuni accorgimenti tecnici su struttura e materiali del reattore. Questo taglio dato al tema derivava anche dalla scia degli eventi di Chernobyl del 1986 (che vengono citati) ed era funzionale a introdurre i lineamenti scientifici per una discussione del problema energetico. Le spiegazioni conducono anche alla discussione della scelta italiana sul nucleare (ritenuta non strettamente razionale) del 1988 e alle possibilità alternative, in particolare alla fusione nucleare, illustrata in alcuni suoi dettagli fisici e tecnici.

Gli acceleratori di particelle seguono la fisica nucleare, ma costituiscono però ormai l'inizio di un nuovo capitolo, l'ultimo della microfisica, dedicato ai quark e alle conoscenze che, per ovvie ragioni, erano state solo menzionate, o erano assenti, nei testi degli anni Settanta ed erano state aggiunte nelle edizioni del 1983/84.

Essendo stato Edoardo Amaldi una figura coinvolta nella nascita del Cern, di cui sono illustrati i vari acceleratori di particelle, e della fisica italiana post-bellica (rivolta alla creazione di acceleratori e allo studio delle nuove particelle) la scelta di Ugo Amaldi (1997) è stata ancora più motivata, quindi, nella presentazione di queste parti avanzate della ricerca, nei loro aspetti concettuali ma anche con alcune illustrazioni più tecniche.

Si può delineare, però, un'ipotesi sul ruolo di queste conoscenze, seppur basilari e schematiche, all'interno dello studio della fisica. Marazzini (2002) ha sottolineato una sorta di "ottimismo tecnologico" negli autori dei manuali tra gli anni Cinquanta e Sessanta, a cui abbiamo fatto riferimento parlando di una concezione della fisica come "disciplina del progresso tecnico" sicuramente all'opera nei manuali di quel periodo, insieme ad altre motivazioni addotte per il ruolo delle applicazioni nel curriculum. Questa eccessiva «finalizzazione tecnica» forniva «un'immagine della fisica, che appariva agli studenti più come una scienza applicata» e «sacrificava tempo e attenzione a un sapere enciclopedico più che all'analisi critica dei suoi fondamenti» (Marazzini, 2002: 233).

Un misto di progressismo scientifico e pragmatismo emergeva dalle parole di Amaldi nell'introduzione al testo del 1952. «La conoscenza delle leggi della natura non soltanto soddisfa questo bisogno istintivo dell'uomo di collegare diversi fatti e di cercare di ridurli a pochi principi fondamentali, ma aumenta altresì le sue possibilità aprendogli nuove fonti di benessere» (cit. in Marazzini, 2002: 233). L'entusiasmo tecnologico era evidente soprattutto per i nuovi campi come la fisica nucleare. Eppure, nei testi degli Amaldi, un'adeguata attenzione alle applicazioni del nucleare, anche solo limitatamente ai cenni e alle tecnologie citate, è comparsa solo negli anni Novanta. Un primo motivo è ovviamente lo stato delle conoscenze al riguardo, circa un trentennio dopo il *Corso di Fisica* (1970-1972). Va anche notato che il ruolo di queste tecnologie appare diverso nello studio della disciplina. Lo spirito dei vecchi corsi di fisica, ci sembra, era rivolto più che altro a introdurre al mondo della tecnica e a fornire i fondamenti fisici di molte tecnologie relativamente prossime alla vita degli studenti: dalle leve agli strumenti musicali, dalle navi alle disparate applicazioni dell'elettromagnetismo a cui era riservato addirittura un intero capitolo sugli aspetti applicativi (Amaldi 1972, III). Le ultime pagine di "fisica applicata" viste, invece, non possono essere rivolte a una vera e propria alfabetizzazione tecnica, nel senso di un'introduzione ad aspetti realmente alla portata

degli studenti. Il capitolo sulla fisica nucleare rivela un nuovo atteggiamento verso le ricadute tecnologiche della fisica e potrà essere meglio compreso nel seguito di questa ricerca. Non è l'uso, la padronanza o una cognizione vera e propria delle tecnologie del nucleare a fondare la trattazione delle stesse, almeno non quanto poteva valere per le macchine semplici, per gli strumenti acustici, ottici, elettrici e in parte per i mezzi di trasporto come navi e aerei che, per quanto sofisticati e non strettamente di uso quotidiano, esemplificavano principi fisici semplici ed evidenti. Le applicazioni del nucleare sembrano puntare a un altro tipo di esigenze e conoscenze degli studenti. Tramite lo studio dei concetti e delle relative applicazioni, si vuole fornire la capacità critica e l'informazione minimale per giudicare e discutere questioni di rilevanza quotidiana, non meramente tecnica, bensì sociale, politica e ambientale. Almeno questo è quanto suggeriscono le pagine sull'energia nucleare e il suo sfruttamento. Si tratta di un cambiamento rilevante che si trova in consonanza con alcune concezioni pedagogiche e proposte espresse dalle ricerche sull'educazione scientifica; vedremo come i testi recenti utilizzano in modi diversi un approccio del genere, in cui la tecnologia non è più parte di un curriculum che vuole introdurre alle professioni scientifiche e al mondo della tecnica in sé, ma un mezzo per stimolare l'interesse degli studenti, per toccare temi rilevanti sotto vari punti di vista, tutti più o meno riconducibili alla vita sociale e alle scelte quotidiane: un nuovo significato, più labile ma più ampio dal punto di vista culturale, di alfabetizzazione tecnico-scientifica. Tali variazioni testuali minimali testimoniano una lieve inflessione verso una concezione dell'alfabetizzazione scientifica che è stata definita "civica", e che è rivolta a una delle finalità principali che il documento UNESCO analizzato presenta come valore pedagogico fondante dell'educazione scientifica contemporanea. Nel caso visto, però, si trovano solo piccoli segni di un tale cambiamento, che non possono ancora essere ritenuti dei tentativi sistematici di implementare quei concetti e quelle prospettive che la ricerca, a livello internazionale, promuove come fondamentali e necessari.

### *3.5. Alcune osservazioni comparative: variabilità dei contenuti e degli approcci*

Ci si aspetterebbe che i criteri di selezione e spiegazione dei concetti e dei temi fisici affrontati dai manuali siano influenzati non poco dal fatto che gli autori sono fisici di professione e, come Edoardo Amaldi, accademici la cui principale attività è la ricerca insieme all'insegnamento universitario.

Edoardo Amaldi si era impegnato anche nel campo della manualistica universitaria di fisica generale, con un proprio manuale e curando anche delle riedizioni del manuale di Gilberto Bernardini. Si tratta di due testi concepiti quasi come un'opera unica, la cui ideazione risale al

1939 e in cui, secondo Marazzini, si realizza nel caso dell'Amaldi un passaggio da una fisica strettamente sperimentale a un approccio più teorico e matematico, dove la sperimentazione riveste un ruolo didattico marginale.<sup>17</sup>

Va però detto che esiste un più generale e diffuso rapporto della fisica insegnata a livello universitario e introduttivo con la trasposizione effettuata per i corsi liceali. Caratteristiche epistemologiche e struttura dei contenuti sono in effetti derivate dalla Fisica Generale universitaria e adattate nei corsi liceali. La trasposizione stessa si gioca sul piano del linguaggio, delle semplificazioni comunicative, ma anche sulla proposta di attività laboratoriali realistiche e sul corredo di svariati apparati didattici (esercizi, problemi, immagini, schede di lettura e guide allo studio).

L'accademismo nella didattica della fisica, però, non coincide con la sola provenienza universitaria degli autori, ma è un approccio pedagogico globale alla disciplina che riguarda la concezione dell'insegnamento e la produzione manualistica più diffusa, dettate anche dai fisici accademici, recepite da diversi autori di testi e dagli stessi insegnanti.

Il caso dei testi di Caforio-Ferilli ci permette di verificare sia alcune somiglianze, che alcune differenze rispetto all'Amaldi che prendiamo come manuale per eccellenza "accademico", alla cui correttezza si aggiungono, però, altre caratteristiche che la didattica e la manualistica hanno messo in discussione e rielaborato.

Si è visto a grandi linee l'approccio ai contenuti degli Amaldi, in particolare per alcuni temi abbastanza importanti. E' sorprendente, e necessario approfondire, il fatto che da un confronto di quei testi e quei contenuti con quanto presentato da Caforio-Ferilli nel 2001 in un'edizione per i licei classici, emerge una somiglianza speculare di paragrafi. Come era successo all'incirca mezzo secolo prima, quindi, alcune caratteristiche centrali dell'Amaldi sono rinvenibili anche in altri manuali<sup>18</sup>, a tal punto che sarebbe legittimo ipotizzare, ancora, un'influenza diretta della didattica testuale dei testi degli Amaldi sugli altri autori, almeno per i contenuti e alcune strategie usate.

In parte, questo sembra essere il caso di Caforio-Ferilli (2001). Basterà citare pochi esempi.

Per la Statica, vi è una coincidenza quasi puntuale tra i paragrafi:

“concetto di forza, misura statica delle forze, le forze come vettori, equilibrio di un punto materiale, ...”. Anche questo testo inserisce una prima illustrazione degli attriti nel capitolo sulla Statica. Nomi leggermente diversi di paragrafi, tra i due testi, racchiudono gli stessi aspetti concettuali trattati: quello che in Amaldi (1997) si chiamava “diversi tipi di equilibrio”

---

<sup>17</sup> Cfr. Marazzini (2002: 312-313).

<sup>18</sup> Marazzini (2002: 217).



diventa in Caforio-Ferilli (2001) “stabilità dell’equilibrio”. Anche l’illustrazione dei concetti avviene spesso tramite figure analoghe a quelle degli Amaldi; ad esempio, la natura vettoriale delle forze viene raffigurata tramite il sistema di pesi e carrucole che era stato usato nel *Corso di Fisica* di Amaldi (1970) e che era stato sostituito, si è visto, da un’esperienza didatticamente più semplice nei testi degli anni Novanta. Una scelta differente invece, sulla cui opportunità non ci sarebbe accordo tra diversi autori, è rappresentata da una prima spiegazione dei diversi tipi di forze, le quattro fondamentali di natura e altre non fondamentali (elastica e forze di attrito), proprio nel contesto della Statica, il che potrebbe essere un segno di distacco dalla trattazione canonica rappresentata dall’Amaldi, ma è comunque in linea con la consuetudine di introdurre il concetto generale di forza attraverso il caso statico.

A grandi linee, anche gli analoghi capitoli per i temi analizzati negli Amaldi, come i fluidi e l’Acustica, seguono un andamento simile: una struttura basilare dei paragrafi e dei contenuti identica, a cui fanno eccezione l’aggiunta di temi più marginali, o alcune omissioni (comprensibili per il testo in esame, rivolto ai licei classici). Ad esempio, nel caso delle onde, Caforio-Ferilli (2001) segue uno schema come quello di Amaldi (1997) e le parti che coincidono presentano, in sostanza, un livello equivalente di formalizzazione matematica. Si introduce prima l’analisi fisica formale del moto oscillatorio, per poi discutere le prime qualità distintive della dinamica ondulatoria (perturbazione del mezzo, tipi di moto ondulatorio e fronti d’onda). Le differenze si realizzano tutte nell’analisi del moto delle onde e delle relative proprietà principali. L’approccio per gli Scientifici è ovviamente più formale, considerando che si tratta all’incirca di un programma per il quarto anno, quindi a un livello avanzato del parallelo corso di matematica. Tra il moto oscillatorio e i fenomeni strettamente acustici, i due manuali si distanziano nella selezione dei concetti da trattare in un capitolo intermedio (appendice 4), considerando che le diverse proprietà comuni ai fenomeni ondulatori verranno riprese da entrambi i testi subito dopo l’Acustica, nel campo dell’Optica.

Amaldi (1997) esamina in maniera più sistematica il formalismo associato al moto di un’onda, anche se l’equazione sinusoidale è descritta da entrambi i testi, ma trattata in Caforio-Ferilli (2001) molto più sinteticamente. In questi due capitoli, che differenziano la parte sulle onde elastiche dei due testi, si nota un significativo scarto tra i due approcci, che manifestano così una discreta differenziazione tra i Classici e gli Scientifici: per i primi l’importanza ricade sulla fenomenologia delle onde e quindi sui vari fenomeni legati alla propagazione ondulatoria, interpretati anche matematicamente, fenomeni che nell’Amaldi riceveranno poco spazio a favore invece di un’analisi fisica più dettagliata del moto delle onde (in particolare su velocità e energia).

Una generale somiglianza nella scansione dei contenuti ha delle ragioni non solo “estrinseche”, come l’aderenza al programma o la formazione degli autori, ma anche profondamente radicate nella concezione della fisica e del suo insegnamento. Ovviamente, i programmi hanno un peso notevole in questa omologazione dei contenuti; l’aderenza dei testi a questi produce risultati sotto molti punti di vista identici, ma è anche una concezione pedagogica abbracciata dagli autori a renderne le scelte contenutistiche analoghe. Si tratta di un elemento che in parte accomuna la fisica alle altre discipline scolastiche – basterebbe confrontare dei testi di filosofia, ad esempio, per rintracciare strutture comuni nello sviluppo dei contenuti – e in parte la caratterizza proprio per l’estrema solidità della struttura disciplinare e dei contenuti al variare dei contesti di apprendimento. Non è quindi la provenienza universitaria a dettar l’approccio accademico e l’aderenza acritica al programma, quanto anche altri fattori, non ultimo il meccanismo di mediazione editoriale e le esigenze cui le case di produzione devono rispondere: i programmi ministeriali, ma anche il mercato, quindi le attitudini degli insegnanti, le mode e gli stili grafici e comunicativi. Torneremo brevemente su questo punto in seguito.

Ancora dopo diversi decenni dalla nascita di una didattica liceale della fisica – per più tipi di liceo – sia «gli estensori dei programmi ministeriali, sia gli autori dei libri di testo sembrano dunque ritenere che l’approccio alla Fisica debba avvenire mediante la presentazione di contenuti irrinunciabili, da proporsi a qualunque livello di apprendimento, al più con varianti formali dipendenti dal bagaglio matematico in possesso del discente e con tagli degli aspetti secondari e collaterali» (Marazzini, 2002: 216). Dall’esame di questi pochi testi, rappresentativi di approcci diffusi e di trattazioni disciplinari seguite, in modo variabile, dagli insegnanti, si ha ancora l’impressione di una didattica testuale «rigida» che non riesce a «tenere conto dei diversi contesti culturali e dei diversi livelli di interesse e di capacità di acquisizione degli allievi» (Marazzini, 2002: 216).

Tuttavia, è opportuno cercare anche in questo caso di scavare sotto le apparenze e individuare i tratti distintivi che l’omogeneità dei contenuti nasconde.

Caforio e Ferilli hanno iniziato la loro produzione manualistica all’incirca nel 1980 e il loro nome può essere associato, in prima istanza, solo a questa attività di scrittura di testi. Assumiamo quindi che i manuali di questi autori provengono da un contesto diverso, meno legato alla fisica e alla ricerca universitarie, più a contatto – già dalle origini, a differenza degli Amaldi – con l’insegnamento scolastico. Un elemento che corrobora questa maggior indipendenza dalla fisica generale e perlopiù teorica, che Amaldi aveva elaborato a livello

didattico per l'inizio del corso di laurea, risiede nell'uso della sperimentazione.

Pur non potendo entrare nel merito della didattica laboratoriale nella scuola superiore, si può rilevare qui il suo ruolo variabile nei testi.<sup>19</sup> In sostanza, alcune differenze sono emerse già nel tipo di analisi del moto ondulatorio che viene proposta, che negli Amaldi rimane più teorica mancando parte dei fenomeni comuni legati al moto delle onde elastiche.

Il Caforio-Ferilli preso in esame avanza, a confronto di Amaldi (1997), anche una classe di esperienze didattiche più estesa ed esplicitamente proposta, inserita organicamente nello sviluppo dei vari capitoli. Non è questo – è bene chiarirlo – un giudizio di valore, quanto una constatazione “empirica” che rivela le differenze tra testi che per molti aspetti possono essere considerati equivalenti, ma che invece – come un insegnante esperto realizza facilmente – incorporano approcci didattici ed epistemologie lievemente diverse. Queste differenze, riteniamo inoltre, non sono dovute solo alla diversità di indirizzi liceali a cui i testi si rivolgono, ma a una visione didattica complessiva degli autori.

Innanzitutto, la scelta del testo di Caforio-Ferilli (2001) è quella di mostrare spesso delle immagini reali di strumenti, perlopiù moderni – va detto – e quindi le cui caratteristiche di funzionamento sono spesso nascoste e incorporate in sistemi digitali, ma comunque suggeriti come potenziali apparati da usare in laboratorio. Amaldi (1997) presenta invece, nella maggior parte dei casi, dei disegni, anche degli strumenti, ma il testo principale è meno rivolto alla descrizione e al suggerimento di reali esperienze didattiche. In uno stile che deriva forse dai progetti americani e dai relativi testi di fisica, i manuali per i licei scientifici degli Amaldi, negli anni Novanta, riservano invece al laboratorio un volume separato per le attività di studio delle leggi e dei dati in specifici contesti sperimentali. Dal punto di vista didattico, quindi, non si può ritenere l'Amaldi un testo eccessivamente teorico e privo di esperienze laboratoriali, eppure una scelta editoriale di variare il meno possibile l'esposizione principale, che appare così meno ancorata alle reali esperienze di fisica, ha sancito la separazione della parte più teorica da quella laboratoriale, lasciando così soprattutto nelle mani degli insegnanti la responsabilità e l'abilità di ricucire i due aspetti congiunti dello studio della disciplina.

Infine, va aggiunto un ultimo tipo di considerazioni comparative, che permette di trarre una prima conclusione sulla questione dell'approccio sistematico-accademico alla fisica e della differenziazione fra vari contesti di apprendimento.

---

<sup>19</sup> Una puntualizzazione: la didattica laboratoriale viene vista spesso come “l'alternativa” a una didattica libresco, cattedratica e nozionistica della fisica. Certamente nel laboratorio risiede il vero cardine di una didattica della fisica qualitativamente migliore e innovativa, che non si riduce a formule, concetti e nozioni. D'altra parte, però, il ruolo dei testi è cruciale nella guida e nel suggerimento di queste attività che vanno inserite in un quadro didattico coerente e integrato.

I testi degli Amaldi non presentavano, soprattutto fino agli anni Ottanta, nessuna differenza significativa di approccio e contenuti tra i Classici e gli Scientifici: segno di un robusto approccio accademico, per cui a livello universitario la Fisica generale è concepita in maniera abbastanza rigida, solitamente sorda alle esigenze e competenze diverse degli studenti (per esempio di fisica, matematica o di facoltà come medicina, biologia, ecc.), sebbene non manchino testi innovativi con variazioni rilevanti anche in questo settore. Negli anni Novanta, questo approccio generale alla fisica nella scuola italiana è ancora intatto e, seppur esista tra gli autori una maggior consapevolezza didattica, l'Amaldi è uno dei testi che mostra inizialmente poca variazione intertestuale.

Un esempio significativo è proprio la fisica per il biennio iniziale proposta nel periodo delle prime sperimentazioni viste sull'estensione del curriculum di fisica. Amaldi (1991), sebbene non venga esplicitato a fondo (nel titolo e nella prefazione), era un testo pensato per i bienni liceali, un volume unico di oltre settecento pagine, dalla cinematica ai quark. La prefazione parla solo di «numerosi tentativi per rendere efficace la didattica nel biennio delle scuole medie superiori», cui forse il testo vuole dare risposta; una scheda informativa nel catalogo, invece, spiega come il testo tradizionale di Amaldi è stato riscritto e rielaborato pensando, per quell'edizione particolare, ai bienni. Viene anche esplicitamente citata la sperimentazione PNI e la richiesta ministeriale di un tempo di attività laboratoriale del 30% del curriculum di fisica per il biennio. Va aggiunto che proprio all'inizio degli anni Novanta, con questi corsi riadattati e rivisti, cominciano a collaborare con Ugo Amaldi, nuova firma unica del testo, vari tipi di esperti. Nel 1991 appare Giuseppe Ferrari, futuro direttore editoriale della stessa casa editrice, cui spetterà curare la nuova versione del testo «riversandovi la propria esperienza scolastica», «rendendolo più accessibile agli studenti, ma restando nello stesso tempo fedele al suo impianto originario» (Amaldi, 1991: XVI). Da una parte, quindi, il forte carattere accademico e di derivazione universitaria della fisica scolastica dell'Amaldi è ripensato tramite l'esperienza scolastica più o meno diretta, e nuovi collaboratori editoriali (come per l'espansione del testo multimediale, per le schede di approfondimento, ecc.) rendono più complessa la lettura del rapporto diretto autore-trattazione testuale, come poteva essere per i vecchi Amaldi e per lo stesso testo originario di Fermi. Tuttavia, viene chiaramente detto, la struttura principale del testo non subisce drastici mutamenti, anche nel caso di una fisica pensata per i bienni dei licei scientifici, la quale non si presenta come una materia potenzialmente trasversale ai diversi indirizzi educativi e parte dell'educazione generale dell'obbligo fino ai sedici anni – come appunto è maggiormente concepito questo livello di

educazione scientifica in ambito inglese ad esempio – ma come propedeuticità alla fisica più matematizzata del triennio Scientifico.

Il carattere introduttivo, di base e “pre-specialistico” di Amaldi (1991) si evince più che altro dal livello di matematica utilizzato, che lo avvicina più – ad esempio – ai vecchi testi degli anni Settanta. Anche il più ampio rimaneggiamento e le aggiunte di contenuti, viste in Amaldi (1997), non sono presenti nel 1991, testo che però utilizza già la nuova veste grafica che accompagnerà l’Amaldi per tutti gli anni Novanta. La matematica usata è ridotta al minimo, con pochissime relazioni algebriche e con formule di estrema semplicità contestuali alla spiegazioni di concetti: una trattazione più semplice e intuitiva che però riduce il grado di giustificazione teorica, riproducendo talvolta quel carattere di fisica assertoria, individuato anche da Marazzini, ma senza neanche lo sviluppo teorico-deduttivo che l’assenza di matematica rende impraticabile. Diverso è il discorso per le esperienze laboratoriali. Ancora, la scelta è di non modificare l’esposizione principale e in questo caso, nel rispetto delle proposte per i bienni e le sperimentazioni, queste esperienze sono inserite in schede di laboratorio alla fine di due grandi sezioni che suddividono il testo, la prima fatta di Meccanica, Termologia e Acustica, con quindici attività sperimentali proposte, la seconda, contenente Ottica, Elettromagnetismo e Fisica Atomica/Subatomica, con dodici schede aggiuntive. Non è nei propositi di questo studio, ripetiamolo, entrare nei dettagli delle attività proposte e nelle loro qualità didattiche, per cui ci limiteremo a delineare le differenze con le parti viste nel caso dell’Amaldi per trienni.

La suddivisione stessa del testo, e di tutti quelli degli Amaldi, è mantenuta nei termini delle tradizionali aree di indagine, le stesse che davano il titolo all’originale opera di Edoardo e Ginestra Amaldi: meccanica, termologia, acustica, ottica, elettromagnetismo e struttura della materia. Sebbene non manchino i tentativi di esplicitare i legami tra le varie parti, la suddivisione tradizionale e la scelta di non avanzare una fisica per temi, moduli, o problemi trasversali, specialmente al livello del biennio, è forse l’indice più evidente dell’intoccabilità e a-storicità dell’approccio di questi autori all’insegnamento della fisica, un altro elemento dell’ormai più volte chiamato in causa “accademismo”. D’altra parte, proprio i quadri nazionali e programmatici delle nuove sperimentazioni avevano avanzato una fisica per temi e basata su una selezione di contenuti fondanti più significativi, trasversali e meno legati a un programma esaustivo e accademico come quello presentato da Amaldi (1991).

La strategia didattica del testo per bienni, invece, è solamente quella di ridurre all’essenziale la trattazione fornita per i trienni, tagliando tutti i paragrafi con dettagli, applicazioni, corollari

teorici o dimostrazioni, ed eliminando quasi tutti i formalismi matematici più astratti. Immagini, struttura testuale e relative spiegazioni dei contenuti sono le stesse che userà Amaldi (1997). Per i capitoli (o gruppi di capitoli) visti in precedenza, è possibile esemplificare alcune lievi variazioni con cui, sostanzialmente, si ricaverà la IV edizione per licei scientifici da questo manuale enciclopedico ed estremamente ridotto al minimo di dettagli e concetti.

- L'equilibrio (Statica, ridotta a 14 pagine): sono eliminati tutti i riferimenti alle applicazioni, così come i vari paragrafi sulla composizione di più forze (concordi e discordi), sul baricentro, sui tipi di equilibrio e sugli attriti. La matematica usata si esaurisce in: proporzioni tra triangoli simili (nello studio di forze e equilibrio); prodotto forza per braccio per determinare l'intensità del momento di una coppia di forze, come formula semplice e priva di qualsiasi tipo di giustificazione, a parte l'intuizione che la risultante di una coppia aumenta se aumentano la forza o il braccio; viene anche illustrata la regola della mano destra per determinare il verso di rotazione del vettore **M** (momento).

Un'esperienza presente nelle schede si aggiunge al testo e riguarda il già citato disco con tre molle per verificare la somma vettoriale di più forze.

- I fluidi: si può vedere la trattazione per bienni come una versione dei capitoli usati nei Corsi degli Amaldi degli anni Settanta e Ottanta, con una matematica ancora più essenziale e praticamente senza nessun cenno alle applicazioni. Fanno eccezione, ad esempio, le solite spiegazioni dei freni idraulici, dell'elevatore e del sommergibile, praticamente identiche. Ovviamente, rispetto a Amaldi (1997), mancano nel 1991 la dimostrazione formale della legge di Archimede e tutto il capitolo aggiunto sulla dinamica dei fluidi, tema che come visto differenzia il nuovo testo – matematico e con più raffinate analisi teoriche di fisica – dalle versioni 1970-1972 e 1983-1984, in cui la dinamica dei fluidi coincideva con uno studio del funzionamento tecnico di apparati per liquidi e gas.

- Onde e Acustica: manca tutta la trattazione teorica che precederà il tema dell'Acustica, e quindi la prima trattazione di fenomeni ondulatori e periodici, nel corso per trienni. Anche su questo tema, Amaldi (1991) è ancora molto vicino al precedente *Corso di Fisica per Classici e Scientifici*, in cui non è presente tutta l'analisi del moto oscillatorio e periodico che precede il vero e proprio concetto di onda in Amaldi (1997, II). Nessuna esperienza di laboratorio viene inserita al riguardo nelle schede finali.

Queste poche caratteristiche sommarie, che evidenziano il grado debole di variazione nella selezione dei contenuti che accompagnano uno specifico capitolo di fisica e nel livello di

profondità raggiunto, suggeriscono come all'inizio delle prime sperimentazioni nazionali di larga diffusione, in cui la fisica del liceo scientifico era studiata dal primo anno, l'idea di un approccio qualitativamente diverso tra trienni e bienni non era stata ancora elaborata o recepita, specialmente nel caso degli Amaldi, il testo che più è stato resistente a cambiamenti sostanziali nello svolgimento principale e nell'approccio di fondo.

Come si è chiarito in precedenza, inoltre, il tema dei bienni è cruciale per la questione – posta in più contesti dalla ricerca pedagogica – di un'educazione scientifica slegata dalla preparazione specialistica e non finalizzata a indirizzi specifici di formazione scolastica, ma trasversale e rispondente a criteri strettamente educativi – come la rilevanza culturale e sociale, l'importanza dei temi principali della disciplina, le peculiarità metodologiche, gli aspetti scientifici interdisciplinari più rilevanti, e altri ancora – anche a scapito, in alcuni casi, della concezione strettamente accademica della disciplina.

I motivi di tale approccio al biennio, per l'Amaldi, vanno anche attribuiti alla fase storica in cui il testo si colloca. All'inizio degli anni Novanta era ancora in una fase di avvio l'insegnamento stabile della fisica nel biennio del liceo scientifico, ragione per cui il testo non si avvale di nessuna strategia pedagogica elaborata per la trasposizione didattica e la costruzione di un specifico manuale per bienni.

Un ventennio dopo, un altro esempio di testo per bienni testimonia non solo le varie proposte ministeriali che si sono succedute nel periodo intercorso, ma anche una maggior consapevolezza pedagogica degli autori, specialmente di quelli meno legati a una tradizione di scrittura dei testi e insegnamento come quella rappresentata dalla famiglia Amaldi.

Anche in questo caso, infatti, Caforio-Ferilli (2010) producono un testo più adattato a uno specifico contesto formativo, diversificando non solo le risorse testuali (si veda il quarto capitolo) ma, nel rispetto dei nuovi programmi, selezionando i contenuti e i nuclei disciplinari ritenuti essenziali per un livello introduttivo e formativo essenziale della disciplina.

A partire dal programma del PNI (paragrafo 2.4.), si nota come le varie proposte ministeriali abbiano elaborato il tipo di conoscenze e competenze richieste per il biennio dello Scientifico e come gli ultimi manuali abbiano realizzato e rispecchiato quelle direttive nazionali.

Il PNI prevedeva infatti quattro temi fondanti per la fisica del biennio: equilibrio, movimento, luce ed energia. Questi dovevano essere affrontati nelle loro articolazioni essenziali e attraverso una buona dose di attività sperimentali, giungendo a delineare: alcuni nuclei fondanti della disciplina come i concetti di equilibrio e conservazione dell'energia; un'ampia fenomenologia fisica (fenomeni elettrostatici, luminosi, trasformazioni di stato, elettrostatica,

magnetismo, vari tipi di forze, ecc.); infine, le caratteristiche basilari di tipo formale e metodologico della fisica, a partire dal trattamento di dati, grandezze, grafici e misure.

Questa linea programmatica è stata, grossomodo, ereditata dai successivi curricula ministeriali, proposti contestualmente ai disegni di riforma della scuola secondaria di secondo grado.

Gli ultimi due disegni di riforma – in parte già descritti nel paragrafo 2.4. – ripropongono alcuni temi irrinunciabili e introduttivi per la fisica del biennio. Si elencano di seguito alcuni di questi contenuti.

Moratti (2005):<sup>20</sup>

- Meccanica: forza e pressione, equilibrio di forze e e momenti, tipi di moto, leggi della dinamica, attrito, lavoro, energia e conservazione.
- Fenomeni termici: temperatura e calore, equilibrio termico, stati della materia e cambiamenti di stato, primo principio della termodinamica.
- Fenomeni luminosi: ottica geometrica e formazione di immagini, meccanismo della visione e difetti della vista, strumenti ottici.

Gelmini (2010):<sup>21</sup>

- Ottica geometrica: riflessione, rifrazione e strumenti ottici.
- Fenomeni termici: definizione macroscopica di temperatura e calore, concetti di equilibrio termico e passaggi di stato.
- Meccanica: equilibrio dei solidi e dei fluidi, cinematica e prima esposizione delle leggi di Newton (la seconda in particolare), introduzione dei concetti di energia e lavoro, prima trattazione della conservazione dell'energia meccanica totale.

A prescindere dalle indicazioni didattiche e metodologiche fornite, che si rivelano comunque essenziali per il passaggio da queste linee programmatiche alla realizzazione degli obiettivi di apprendimento e di specifici percorsi di insegnamento dei temi di fisica, il solo piano dei contenuti ci permette di cogliere questa continuità del curriculum proposto, dalla sperimentazione del PNI, primo grande tentativo di insegnare sistematicamente la fisica nei primi due anni dei licei (scientifici), all'ultimo quadro di rinnovamento del curriculum della vecchia scuola superiore.

---

<sup>20</sup> D.lgs n.226/2005 – Allegato C/6 (Art. 2 comma 3), «Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati dei percorsi liceali. Piano degli studi e Obiettivi specifici di apprendimento – Liceo scientifico», in *Gazzetta Ufficiale*, n. 257 del 4/11/2005, *Supplemento Ordinario* n. 175.

<sup>21</sup> Decreto interministeriale n. 211 del 7 ottobre 2010, Allegato F, «Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento in relazione alle attività e agli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per il liceo scientifico e la sua opzione delle “scienze applicate”», in *Gazzetta Ufficiale*, n. 291 del 14/12/2010, *Supplemento Ordinario* n. 275/L.



I testi non potevano non rispecchiare queste intenzioni programmatiche espresse nei decreti ministeriali e un buon esempio è, appunto, Caforio-Ferilli (2010).

Limitandosi, nuovamente, alla scansione e selezione dei contenuti (appendice 3.4.), il testo esibisce le qualità di uno strumento rivolto all'introduzione alla fisica, secondo scelte pedagogiche più mirate e, soprattutto, riprendendo l'idea dei temi fondanti e di base con cui avvicinare l'allievo ai fenomeni e alle teorie fisiche. Un altro aspetto della differenziazione (biennio-triennio) andrà cercato nel tipo di risorse didattiche e comunicative impiegate dal testo.

Questa tendenza a una maggior differenziazione e contestualizzazione pedagogica della fisica, nell'estensione del curriculum al biennio, rappresenta sicuramente un importante tassello per la rivisitazione del paradigma epistemologico della fisica della scuola. In questo processo ciò che si indebolisce è proprio la concezione accademica ed enciclopedica che aveva caratterizzato gran parte delle scienze scolastiche. Va però detto che siamo molto lontani dai progetti interdisciplinari che, ad esempio, la Commissione Brocca aveva avanzato per l'insegnamento nei bienni. Ancora più profondo, infine, appare il divario con alcuni dei progetti curriculari anglosassoni – tra cui il *XXI Century Science* visto nel capitolo I – che hanno avanzato idee ancora più radicali sul come fornire una fisica rilevante e di valore formativo per gli studenti che entrano per la prima volta nel mondo delle vere e proprie “discipline” scientifiche e che completano un ciclo di formazione trasversale, generale e obbligatoria che precede le scelte o i percorsi specifici di istruzione secondaria come, per esempio, i trienni liceali o il cosiddetto *A-level* inglese.

Alcuni elementi di una fisica ancora più rielaborata a livello pedagogico emergeranno nell'analizzare alcune risorse aggiuntive dei manuali più recenti, che introdurranno non solo nuovi strumenti didattici, ma anche più possibilità di raccordo interdisciplinare per la fisica, anche in questo caso seguendo l'evoluzione delle indicazioni ministeriali degli ultimi decenni. Un indice estremamente rilevante della solidità disciplinare della fisica scolastica, o delle sue declinazioni più interdisciplinari, generali, non puramente vocazionali o “tecniche”, è il rapporto variabile con le altre discipline nella rielaborazione didattica per l'insegnamento scolastico. Vediamo, in sintesi, come si pongono questi rapporti per poi analizzare, in seguito, alcuni aspetti particolari di queste relazioni.

Chimica: originariamente associata in maniera più sistematica alla fisica, anche sul piano didattico, specialmente quando entrambe condividevano maggiormente ambiti fenomenici che ancora non avevano ricevuto una chiara sistemazione e in cui quindi i due approcci disciplinari trovavano sovrapposizioni e “zone di ambiguità”. Eppure, l'intreccio tra le due

discipline rimane ancora interessante e vitale per molti aspetti. L'evoluzione di tale rapporto è stata però problematica, a vantaggio della matematica nei licei, e spesso vista come sottrazione di tempo alla didattica della singola disciplina. Non a caso, a livello liceale, l'idea di un biennio comune di fisica-chimica e di una didattica laboratoriale interdisciplinare fondata su alcuni temi condivisi – proposta dalla Commissione Brocca – non ha avuto seguito e sopravvive oggi, in qualche modo, solo nei bienni degli istituti tecnici, quindi sul piano più laboratoriale che concettuale.

Matematica: la stretta associazione tra fisica e matematica, soprattutto a livello di classi di concorso e di indicazioni programmatiche, è una delle cause che rende anche il rapporto con altre scienze, come la chimica, problematico a livello didattico ed epistemologico. Una chiara linea evolutiva dell'insegnamento della fisica, visto soprattutto nei libri di testo fin qui esaminati, è stata la crescente matematizzazione della trattazione e quindi l'aumento del livello teorico e formale dei contenuti trattati che ha causato due situazioni. La prima è data dal difficile rapporto con una didattica laboratoriale e con un'esposizione meno dogmatica e ancorata alla precisione formale, rispetto invece alla sostanza fisica, sperimentale e cognitiva delle teorie e dei concetti. La didattica del biennio, infatti, se guardiamo al caso esemplare degli Amaldi qui esaminato, è stata rielaborata pensando solo a una riduzione del livello matematico e formale della trattazione fisica e concettuale, operazione che in alcuni casi rischia anche di aggravare il carattere non intuitivo dei concetti, o quello dogmatico della trattazione, senza un riordino globale del metodo didattico e delle tematiche, specialmente dal punto di vista della rilevanza e dell'importanza di certi concetti e di particolari ambiti d'indagine. La stessa identica cosa, inoltre, può essere detta per il Classico, in cui ancora più marcata è la differenza tra i due insegnamenti di fisica sul livello matematico richiesto, cosa a cui i testi danno risposte minimali, ancora solo al livello di formule e formalismi usati, senza ripensare a fondo le finalità pedagogiche della disciplina in quel contesto.

Il secondo aspetto della relazione con la matematica è inscritto nella concezione che abbiamo definito "accademica": la stretta associazione tra fisica e matematica a livello universitario, specialmente dopo l'espansione della fisica teorica e di alcuni tipi di testi di fisica generale universitaria (come quello di Amaldi analizzato da Marazzini), ha reso il legame della fisica insegnata con il linguaggio matematico indissolubile. Va detto, però, che esistono diversi approcci innovativi alla didattica della fisica che mostrano come la matematica, nonostante sia il linguaggio formale e talvolta euristico della fisica, sia anche una sorta di "strumento" e che quindi le vere questioni concettuali, sperimentali e didattiche della disciplina possono

essere affrontate – nella maggior parte dei casi – anche indipendentemente dall’astrazione matematica e dal formalismo. Ovviamente, si tratta di una questione di grado e non di eliminare il linguaggio matematico, che è in qualche modo parte costitutiva della conoscenza fisica. Gli stessi approcci innovativi degli anni Sessanta-Settanta, *PSSC* e *PPC* su tutti, mostravano anche come la sostanza concettuale e fisica dei temi potesse avere varie declinazioni, con diversi tipi di rapporto con il formalismo matematico; si potrebbero citare altri esempi come le lezioni di fisica di Einstein (con Infeld) e di Feynman.<sup>22</sup> Ciò non vuol dire, però, che in Italia si potrebbe, a livello liceale, ripensare radicalmente il rapporto fisica-matematica, ma è indice, primo, del carattere fortemente selettivo, pre-universitario e accademico della fisica liceale, secondo, delle sorti di quei progetti innovativi, e di altri a venire, nel quadro pedagogico in cui è inserita la fisica della scuola superiore italiana.

Altri due ambiti di rapporti interdisciplinari e di strumenti ausiliari di studio e comprensione, che cercheremo di approfondire, sono le tecnologie, da una parte, le conoscenze storiche e filosofiche sull’evoluzione e sulla portata culturale della fisica, dall’altra.

- Le tecnologie: su questo tema si intrecciano molti aspetti fondamentali della fisica come le ricadute applicative, gli intrecci tra sperimentalismo e teoria, la storia della fisica e dei suoi rapporti extra-disciplinari, specialmente quelli con la società e lo sviluppo delle civiltà. Nel rapporto con le tecnologie si racchiudono più aspetti, quindi, di quelli che i primi testi visti evidenziavano, vale a dire le sole applicazioni dirette dei concetti fisici e i rudimenti delle professioni tecniche. Si esamineranno meglio le finalità e le modalità dei riferimenti all’ambito tecnologico nei testi più recenti.

- Il secondo ambito, a cui riserveremo un’analisi più dettagliata, riguarda il rapporto con le discipline dell’altra “sponda”, “con le scienze dello spirito” recitavano alcuni manuali tra gli anni Sessanta e Settanta. Su questo punto cercheremo di completare il quadro organico di cambiamento dei testi e dell’insegnamento da questi proposto e articolato, discutendo più a fondo il rapporto con la ricerca e le innovazioni presenti nel panorama internazionale più ampio. Anche questa relazione fortemente interdisciplinare, specialmente così come i profili culturali dei licei italiani e le più recenti indicazioni nazionali la rappresentano, chiama in causa la concezione disciplinare della fisica scolastica, le sue declinazioni pedagogiche e la sua relazione con la Fisica accademica e con la ricerca scientifica. Sola una messa in discussione di questa concezione della fisica permette di realizzare nei licei alcune proposte interdisciplinari e quella dimensione culturale a cui, cautamente, i programmi scolastici più

---

<sup>22</sup> Riportiamo nella bibliografia sui manuali sia le lezioni più divulgative di Feynman (2000, 2004), sia quelle universitarie (Feynman, Leighton, Sands, 1964).

recenti hanno fatto riferimento.

### 3.6. *I tempi e le fonti dell'innovazione testuale*

Il periodo compreso tra la metà degli anni Sessanta e il decennio successivo va certamente osservato attraverso le lenti del cambiamento, dell'innovazione didattica e, in generale, di alcune dinamiche che caratterizzano anche una fase storica ricca di novità.

Riguardo alla didattica della fisica, scriveva E. Fabri nella seconda metà degli anni Settanta:

[I]n effetti nel 1968 era in pieno svolgimento un dibattito provocato dall'introduzione in Italia del PSSC e dall'istituzione delle classi pilota, che avevano funzionato come elemento di rottura degli schemi tradizionali. Oggi la situazione è certamente diversa; altri temi si presentano con più immediato interesse, o almeno sono più di moda: i rapporti con le altre scienze, la questione della storia, la fisica nel biennio, ecc. (Fabri, 1977: 1).

Un primo cambiamento va ravvisato in una maggiore attenzione rivolta alle questioni della didattica e dell'insegnamento, in particolare negli ambienti accademici e scientifici. Il ruolo dei dibattiti e della ricerca avvenuti in campo internazionale, specialmente negli Stati Uniti, non è facilmente stimabile, anche se la pubblicazione del PSSC nel 1963 (curata anche dallo stesso Fabri), tre anni dopo la pubblicazione del progetto nel paese di origine, dell'analogo testo di biologia (BSCS), quella del PPC nei primi anni Settanta e dei materiali per la scuola dell'obbligo della fondazione Nuffield, testimoniano innanzitutto l'attenzione di una specifica casa editrice italiana per i progetti anglosassoni in campo di didattica delle scienze e confermano, vista anche la ricezione e l'entusiasmo suscitati, un clima favorevole all'innovazione educativa.

Altri fattori ed eventi compongono il quadro di quel periodo: la nascita dell'Associazione degli Insegnanti di Fisica e della relativa rivista, rispettivamente nel 1962 e nel 1968, cui aveva preceduto la nascita del *Giornale di Fisica* nel 1957<sup>23</sup>, simbolo dell'impegno culturale e didattico che la stessa Società Italiana di Fisica si era assunta. Si potrebbe dire che furono proprio gli accademici ad anticipare l'ambiente scolastico nell'esprimere preoccupazione e nel discutere i problemi inerenti all'insegnamento della fisica, al suo ruolo formativo e culturale. Del resto, sarà proprio il riconoscimento della Didattica come disciplina all'interno del campo di ricerca e insegnamento della Fisica a sancire l'inizio delle relative attività di gruppi universitari italiani e quindi di un loro ruolo nel discutere e formulare proposte di riforma, ricerche e progetti per la scuola. Tra i fisici accademici, sui problemi

---

<sup>23</sup> Marazzini (2002) riporta questi eventi e alcuni altri per tratteggiare il quadro di primi cambiamenti nella didattica della fisica, con un impatto ancora debole sulle reali esperienze educative. Si veda anche Marazzini (2008).

dell'insegnamento, spiccavano le voci di Perruca e di Persico nel 1957, in apertura del *Giornale*, cui seguì quella altrettanto prestigiosa, in occasione di un incontro dell'AIF nel 1968, di Ageno, testimoniato sempre sulle pagine del *Giornale*.<sup>24</sup>

Senza entrare nei problemi individuati da questi fisici di spicco della comunità scientifica italiana, appare chiaro comunque che in quegli anni si percepivano le difficoltà dell'insegnamento della fisica, alcune sue disfunzioni, l'immobilismo del sistema formativo italiano e, non ultimo, la necessità di elevare il valore culturale e promuovere la diffusione della fisica e della ricerca scientifica. Abbastanza eloquente è anche il richiamo di Fabri nel '77 ai problemi della didattica dei bienni, della storia della scienza e dei rapporti con le altre discipline, questioni che – si è visto – oltre trent'anni di mutamenti storici hanno comunque riproposto, seppur talvolta in forma diversa, soprattutto nel quadro dei vari progetti di riforma e sperimentazione scolastica.

E' bene vedere come gli autori dei libri di testo rispondessero a queste esigenze e proposte di innovazione, anche perché non raramente venivano chiamati in causa nell'analisi dei problemi didattici della fisica e il loro ruolo era al tempo forse anche più determinante di quanto lo possa essere oggi.

Gli Amaldi, che firmavano un manuale di fisica di un certo prestigio e – aggiungiamo – la cui storia era parte integrante delle attività della casa editrice Zanichelli, all'avanguardia e profondamente impegnata nell'editoria scientifica scolastica e universitaria, non potevano esimersi nei loro testi del 1970-1972 dal citare la pubblicazione del *PSSC* del loro stesso editore ma, sebbene avanzassero i primi segni di cambiamento della didattica testuale, il loro approccio enciclopedico, "generalista" e progressivamente sempre più teorico era comunque distante dai propositi e dalle scelte globali effettuate dal Comitato americano guidato da Jerrold Zacharias, scienziato del MIT che era stato impegnato a lungo anche nella ricerca tecnologica e militare del suo paese. Specialmente la vastità dei contenuti, che col tempo sarebbe ancora cresciuta, e il taglio più teorico erano caratteristiche dissonanti con l'approccio del *PSSC*. Non riportiamo qui l'indice del testo americano; lo stesso Marazzini (2002: 235-242) si sofferma, nella sua ricerca, su un'analisi di queste scelte didattiche, allora, come oggi, fortemente alternative al taglio enciclopedico-accademico ben simbolizzato dagli Amaldi.

Possiamo, a questo punto, chiarire un'altra questione che ci sembra pertinente per questo discorso.

Marazzini ha derivato alcune categorie e osservazioni della sua ricerca da un'esperienza

---

<sup>24</sup>Interventi ripubblicati dal *Giornale* stesso in anni più recenti: Persico (2006), Perucca (2006), Ageno (2002).

diretta di scrittura di manuali scolastici di fisica, iniziata proprio nel periodo che stiamo, a grandi linee, ricostruendo. Nel 1972, così scriveva nella prefazione del suo primo volume per i licei scientifici:

Nell'ultimo decennio sono giunte anche in Italia due notevoli proposte didattiche relative all'insegnamento della Fisica nelle scuole di secondo grado: il metodo PSSC (statunitense) ed il metodo Nuffield (inglese). Lo scopo di questi metodi è quello di fornire un disegno concettuale della fisica moderna attraverso un lavoro sperimentale eseguito dagli alunni in laboratorio. L'organizzazione eccezionale, la dovizia di mezzi con i quali tale scopo è stato realizzato e la serietà della verifica e della rielaborazione dell'ipotesi didattica iniziale sono tali da indurre, quasi sempre, chi li esamina ad una profonda ed ampia revisione del proprio modo di concepire la didattica della fisica (Marazzini, 1972: 7).

Il testo di Marazzini, in quanto nuovo e frutto di una singola penna, sembrava effettivamente esser stato segnato maggiormente dall'approccio del primo progetto didattico americano importato in Italia, e fa comunque parte dei testi di quel periodo che stavano mutando dal punto di vista delle caratteristiche già menzionate, in particolare l'uso del formalismo, la proposta di esercizi numerici e problemi, talvolta anche guidati, e la trattazione più o meno ampia e coerente di temi di fisica contemporanea e atomica. Non si tratta di un testo a cui possa essere assegnato quel carattere di rappresentatività che hanno gli Amaldi e proprio per questo ci sembra opportuno inserirlo nell'analisi, al fine di arricchire le possibilità per il metodo qualitativo e comparato di cui ci si è serviti in questo studio.

Marazzini (1973)<sup>25</sup> sembrava essersi distaccato dall'approccio più accademico, in linea con le scelte radicali del *PSSC*, nella selezione dei contenuti e negli intrecci interdisciplinari, avanzati da un buon numero di schede di lettura all'interno di alcuni capitoli. Era anche inclusa nella scelta del titolo l'idea di una trattazione unificata e trasversale della fisica, attraverso alcuni suoi concetti fondanti – forza, energia e movimento, appunto – ma soprattutto nelle intenzioni dell'autore la volontà di «non deviare l'attenzione dei lettori dai problemi di fondo» giungendo così a dover «tralasciare argomenti, pur inclusi nel programma ministeriale». Un'affermazione, di per sé, interessante questa, a cui fa seguito l'intenzione di «trattare molte applicazioni tecniche sotto forma di esercizi numerici» ed «esporre con un carattere tipografico in corpo minore gli argomenti che si possono considerare semplici ampliamenti del discorso di base [...], molte dimostrazioni e applicazioni formali» (Marazzini, 1972: 8). D'altra parte, il testo di Marazzini, come l'altra sua produzione editoriale più recente insieme ad altri autori, proviene da un'esperienza diretta di insegnamento scientifico scolastico e si differenzia in ciò dalla consuetudine delle case editrici di ricercare una «garanzia di correttezza scientifica ricorrendo ad “esperti” del campo

---

<sup>25</sup> Con ciò ci riferiamo ai tre volumi, rispettivamente del '72, '73, '74'.

disciplinare, spesso identificati con i ricercatori universitari, senza eccessiva preoccupazione per specifiche competenze didattiche o divulgative» (Vicentini, Mayer, 1996: 223), competenze divulgative che, d'altra parte, erano però ben dimostrate nel caso di Ginestra Amaldi, "la mano" degli Amaldi. Il rapporto tra professione universitaria, competenze didattiche e produzione testuale va quindi rivisto alla luce di dinamiche più complesse. Nonostante la provenienza scolastica di Marazzini, anche il suo manuale del 1972-1974 risentiva fortemente del clima generale che circondava la produzione dei testi e non era esente dalla sistematicità e generalità – nel senso della Fisica Generale – la cui origine abbiamo rinvenuto, insieme allo stesso autore, nella fisica introduttiva universitaria.

L'interesse delle interpretazioni riguardanti le dichiarazioni contenute in prefazioni e introduzioni ai testi di fisica sta proprio nella possibilità di approfondire le origini delle intenzioni espresse e, soprattutto, di misurarne l'impatto e il peso nel concreto sviluppo del testo. Apparentemente, infatti, Marazzini (1973) sembra abbracciare l'idea di una fisica per temi e concetti fondamentali, progressivamente sviluppati e connessi l'un all'altro, in maniera diversa dalla ripartizione accademica nelle tradizionali aree di indagine e nell'elencazione-trattazione enciclopedica dei vari concetti e applicazioni entro queste, e solo in queste, affrontabili.

Si può compiere una comparazione, in prima istanza complessiva, di Marazzini (1972) con il già citato Amaldi (1972), testi analoghi non solo cronologicamente ma anche per la composizione dell'opera e per l'indirizzo liceale di riferimento, riportando un riepilogo dei contenuti di entrambi (appendice 3.5.). Pur senza entrare, in questo caso, nel dettaglio dei temi sviluppati e limitandosi al solo criterio di selezione e scansione dei contenuti si può osservare, comunque, quanto l'indice dell'Amaldi abbia molto più le caratteristiche di una trattazione accademica ed esaustiva delle disciplina e come invece Marazzini abbia operato una cernita più ristretta di alcuni nodi concettuali, seppur nell'ambito delle stesse tematiche affrontate.

In questo caso, alcuni dati strettamente quantitativi possono supportare una comparazione globale dei due testi.

Amaldi (1972): dieci capitoli (di cui, in corpo normale, abbiamo riportato le sezioni interne quando presenti) in 293 pagine.

Marazzini (1972): dodici capitoli (cui abbiamo aggiunto le letture e i documenti di autori specifici presenti a fine capitolo) in 346 pagine.

Dall'esame sommario dell'indice riportato non emerge però un altro dato più importante, vale a dire la suddivisione dei capitoli.

Amaldi (1972): dieci capitoli suddivisi in un totale di 155 paragrafi, con una media di 1,9 pagine per paragrafo.

Marazzini (1972): dodici capitoli suddivisi in 128 paragrafi, con una media di 2,7 pagine per paragrafo.

In questo quadro quantitativo vanno inseriti sia lo spazio delle immagini, all'incirca uguale tra i due testi, sia il peso degli altri apparati didattici: lo spazio dedicato agli esercizi è all'incirca lo stesso, mancano in Amaldi un'ampia casistica di problemi guidati e delle letture, entrambi presenti nel testo di Marazzini.

Il numero dei paragrafi, tenuto conto del numero di pagine e delle differenze negli apparati didattici, rivela per Amaldi (1970-1972) una maggior densità di suddivisioni interne e quindi nella scansione dei contenuti, soprattutto per i vari temi secondari e le applicazioni che costituiscono un capitolo. Sono lievi differenze, ancora una volta, ad avere una certa rilevanza, in questo caso nel distinguere un testo con una torsione più "didattica" e pedagogicamente ricca, da uno più sistematico nella scelta dei contenuti, maggiormente radicato nella tradizione e nella didattica della fisica storicamente consolidata.

Tuttavia, guardando lo sviluppo dei singoli capitoli, ad esempio quelli su cui abbiamo già esercitato l'analisi, nel caso di Marazzini (1972), si evince che in fondo l'anti-enciclopedismo e l'approfondimento di pochi nuclei fondanti, cardini dell'approccio *PSSC* nelle stesse valutazioni di Marazzini fatte in anni ben più recenti, non avevano potuto intaccare la sostanza della fisica scolastica come proposta dal testo, specialmente per via di quanto i programmi prescrivevano, nonostante l'autore avesse dichiarato esplicitamente di aver contravvenuto ad alcune delle prescrizioni contenutistiche ministeriali. Certo, in confronto all'Amaldi, lo spirito generale che informava il *PSSC* aveva avuto un certo effetto sull'impostazione del testo, meno sugli aspetti laboratoriali, su cui Marazzini, ben conscio di alcuni difetti delle strutture scolastiche, era convinto ma prudente. «Inutile, anche, ignorare sia che nella stragrande maggioranza dei licei italiani non esiste un laboratorio di fisica a disposizione degli alunni sia che gli insegnanti delle scuole secondarie superiori italiane operano in condizioni disadatte ad incoraggiare la ricerca di carattere didattico e l'impegno personale di aggiornamento e di rinnovamento» (Marazzini, 1972: 7). Anche sul piano sperimentale, quindi, ma per ragioni in parte ammesse, l'autore non aveva potuto incorporare la ricetta didattica del *PSSC*, anche per via delle difficoltà – veniva detto – di elaborare una proposta didattica del genere da parte di un solo autore, e non da un *équipe* di esperti.

L'approccio di Marazzini (1972) era però, sotto alcuni punti di vista, innovativo e non solo



per gli apparati didattici usati. Leggendo il testo tramite le stesse categorie usate dall'autore nelle ricerche citate e nell'analisi dei manuali fino agli anni Sessanta, emergono alcune di queste "novità". L'uso del formalismo matematico era piuttosto sostenuto, un confronto con il contemporaneo Amaldi lo rivela; valgano da esempio i "cenni di algebra vettoriale" nella parte introduttiva o la spiegazione più dettagliata del prodotto vettoriale nel capitolo sulla Statica e prima del concetto di momento.

Tale livello formale sosteneva una trattazione per certi versi ancora più teorica rispetto all'Amaldi. Altri esempi sono la scelta di trattare più approfonditamente i sistemi di riferimento inerziali e le forze apparenti in un capitolo a parte – tema importante anche nella prospettiva delle teorie relativistiche, che in Amaldi (1972) veniva trattato in una pagina – oppure, sempre lungo questa linea comparativa, nel capitolo sui fluidi, Marazzini (1972) introduceva anche l'equazione di Bernoulli, basata sulla conservazione dell'energia meccanica, che apparirà negli Amaldi solo negli anni Novanta, dopo che i testi precedenti avevano ridotto la dinamica dei fluidi a una serie di tecnologie. Questo punto conforta, tra l'altro, l'idea che le categorie usate da Marazzini nello studio dei testi derivino fortemente dalle sue stesse scelte testuali, punto che – crediamo – non inficia la validità della sua analisi. E' noto il ruolo unificante, trasversale e fondamentale dei principi di conservazione; questo era stato un elemento su cui l'autore aveva misurato il cambiamento e l'approccio dei testi esaminati. Inoltre, l'uso del principio nell'estensione dei fenomeni meccanici trattati è segno di quell'attenzione ai principi fondanti che, derivante o meno dal PSSC, informava le scelte fatte in *Forza, Energia e Movimento*.

Le letture che accompagnano Marazzini (1972), invece, anticipavano un altro approccio che da tempo era discusso e perfino sperimentato negli Stati Uniti, destinato negli anni immediatamente successivi a comparire anche in Italia con il *Progetto di Fisica* di Gerald Holton e colleghi – menzionato in precedenza come testo simbolo dell'approccio HPS – il quale ci permetterà di individuare e discutere un altro filo, più fragile e sottile, dell'evoluzione dei testi e delle concezioni pedagogiche che hanno accompagnato l'insegnamento della fisica: quello storico-epistemologico.

Le parole riportate a inizio paragrafo, tratte da un articolo di E. Fabri – autore successivamente noto anche per alcune proposte e studi didattici sulla relatività – testimoniano come negli anni Settanta fosse emersa la questione della storia della scienza quale supporto didattico. Indirettamente vi era stata una certa influenza del PPC – progetto per certi versi alternativo a quello di Zacharias del PSSC, ma sulle stesse frequenze innovative

dell'insegnamento scientifico – il cui ruolo era stato rilevante nel suggerire nuove finalità e strumenti didattici.

Tornando ai testi qui analizzati, pochi anni dopo le parole citate di Fabri e la diffusione dei materiali didattici del progetto di Harvard, la questione storica popolava ormai i piani didattici di alcuni autori di manuali. Amaldi, è opportuno riconoscerlo e ripeterlo, aveva parlato di cenni storici già nel 1970, anche se le modifiche del testo vero e proprio erano state piuttosto marginali. Per quanto riguarda gli autori, considerati qui il secondo riferimento principale per la manualistica liceale più recente e tuttora in uso, un esempio è Caforio-Ferilli (1987) nella sua veste degli anni Ottanta per i licei scientifici, testo che aveva compiuto dei passi più rilevanti sulla storia della scienza, su cui torneremo in seguito. Anche in questo caso, le intenzioni dichiarate che accompagnano un testo hanno valore di testimonianza storica sull'insegnamento della fisica e sui problemi didattici così come erano percepiti dagli autori.

Da alcuni anni si sono fatti dei tentativi per rendere più razionale l'insegnamento della Fisica, affrontando criticamente e non in forma dogmatica e nozionistica la problematica ad essa connessa, soprattutto trasformando il laboratorio da luogo di verifica a quello di scoperta delle leggi della natura (Caforio, Ferilli, 1987: III).

Così la prefazione al testo inquadrava la necessità di ammodernare i programmi e le metodologie di insegnamento. E' abbastanza chiaro come il contesto fosse quello fin qui dipinto, fatto di esigenze di rinnovamento, di difficoltà invariante e di progetti, proposte e ricerche che avevano ampiamente arricchito il quadro culturale e professionale di autori, insegnanti e perfino di alcuni accademici. Il riferimento alla didattica laboratoriale è esplicito, implicito quello al *PSSC*. Lo stesso vale per l'innovazione di taglio umanistico che il *PPC* aveva concretizzato.

Il ricorso allo sviluppo storico della Fisica rappresenta una delle principali caratteristiche del corso. Infatti anche l'insegnamento scientifico, che viene in genere impostato in uno spazio astratto e atemporale, richiede la presenza di quegli elementi estetici e formativi che sono oggi tipici delle materie a sfondo storico-letterario. Nell'intento di colmare questo vuoto nella funzione formativa e culturale dei giovani sono qui delineate la vita, le opere e le idee dei più grandi ingegni che hanno onorato questa branca del sapere [...], esempi di elevato valore spirituale, di sforzi costanti, di impegno morale, di amore per la ricerca (Caforio, Ferilli, 1987: III).

Se i due progetti americani si presentavano come alternativi – erano state in effetti due risposte allo stesso problema, date da due istituzioni universitarie “concorrenti” come Harvard e il MIT – gli autori italiani qui citati ritenevano il metodo storico un completamento di quello basato sulla ricerca e sull'esperimento, o meglio, una sua integrazione per quel che la didattica scolastica non può ottenere.

Poiché non è possibile insegnare ai giovani come fare le grandi scoperte, questo corso illustra come le più importanti scoperte sono state fatte nell'intento di stimolare il desiderio di conoscere la storia

delle ricerche e le teorie che spesso hanno modificato la civiltà e il modo di vivere e di pensare (Caforio, Ferilli, 1987: III).

Caforio-Ferilli (1987) assegna, dunque, grande importanza alla contestualizzazione storica e vedremo meglio quanto questa sia effettivamente sviluppata nel corso del testo. Inoltre, vanno meglio esaminate le finalità a questa assegnate: strettamente didattiche, in quest'ultima citazione, ma anche di tipo culturale e pedagogico più generale, come il riferimento all'ingegno, alla civiltà e al valore morale suggerisce.

Come un decennio prima era avvenuto con le dichiarazioni degli Amaldi, le cui intenzioni si erano ripetute invariate negli stessi anni del testo citato sopra, gli autori premettevano al corso di fisica una serie di intenti innovativi e la descrizione di un clima rivolto al cambiamento nel mondo dell'educazione scientifica.

Altri accorgimenti didattici, in questo clima favorevole all'innovazione, che sono pertinenti per questo studio, erano da segnalare per Caforio-Ferilli (1987): il presentare una fisica più "in movimento" e mai compiuta, la centralità dei principi di conservazione, l'uso di riferimenti tecnologico-sperimentali aggiornati e più recenti e altre novità epistemologiche nella trattazione dei concetti. Il più importante movente didattico, però, era il cercare di sopperire allo spirito «acritico e oscuro» che informava tutti i programmi ministeriali, soprattutto ad alcune incredibili «incongruenze» in questi presenti, come il dover riservare all'ipotesi atomica solo le ultime parole del programma, e del corso, di fisica. Si tratta di un punto, anche filosofico, importante. L'ipotesi atomica è difatti centrale nell'edificio della fisica, nella sua descrizione della realtà, nel suo sviluppo storico e, ovviamente, anche nel quadro della ricerca moderna, eppure l'ordine didattico non poteva rispettare tradizionalmente queste priorità, rispondendo a criteri di propedeuticità, di legame con l'esperienza diretta o sperimentale più semplice e di studio dei fondamenti della fisica classica, per cui la costituzione della materia era argomento conclusivo e taciuto del corso di fisica. Nuovamente si ripropone il complesso rapporto dei testi con i programmi: è vero quanto osservavano gli autori riguardo a questo tema, ma negli anni Settanta i testi come i due visti sopra del 1972 inserivano invece il capitolo su proprietà e costituzione della materia nel primo volume – non è del tutto casuale la stessa posizione del tema – cui seguirà alla fine del corso l'introduzione vera e propria alla fisica del Novecento. Molecole, atomi, stati di aggregazione e talvolta anche le prime particelle sub-atomiche vengono così inseriti nel quadro della fisica classica e della visione meccanica generale presentata dal primo volume del corso di fisica. Non era probabilmente una prassi comune a tutti, ma il fatto che fosse abbracciata da due testi, diversi nell'approccio e per la provenienza degli autori, la rende significativa per il periodo cui

appartiene. Gli autori di manuali citati, quindi, avevano sviluppato indipendentemente dal programma una chiara idea sul ruolo della fisica microscopica e sul suo posto nell'edificio complessivo del corso di fisica per le scuole e, come si era ipotizzato all'inizio, accademici o no, questi si distaccavano in alcuni punti fondamentali dal programma ministeriale sulla base di idee e sviluppi suggeriti dal contatto con la ricerca accademica o con, più in generale, la cultura scientifica del tempo.

Caforio-Ferilli (1987) puntano, comunque, a una presentazione dal punto di vista più moderno di alcune tematiche, a cui va aggiunto un ampio spazio, rispetto ai testi del decennio prima, dedicato alla fisica più recente, dalla relatività alle particelle elementari: un altro elemento di evidente cambiamento che si distacca da quanto il programma ministeriale, ancora invariato, prevedeva negli anni Ottanta per i licei scientifici. Cinque capitoli su quindici sono specificatamente rivolti alle teorie del Novecento, cui va aggiunto un capitolo interno all'elettromagnetismo sulla struttura complessiva dell'atomo, per un totale di circa 147 pagine su 418, molto più di quanto i "cenni sulla costituzione della materia" del programma indicavano.

A questo punto della presente ricostruzione storico-pedagogica ci sembra utile elencare i fronti del cambiamento dei testi così come si andavano delineando nel corso degli anni Ottanta:

- 1) affinamento e aumento del grado di matematizzazione e teoricità della trattazione dei contenuti;
- 2) ruolo della storia e in generale della contestualizzazione e dell'evoluzione delle idee così come delle condizioni culturali e tecnologiche;
- 3) laboratorio: esigenze di una didattica fondata anche sulla sperimentazione, quindi sulla riproduzione diretta di esperienze connesse ai temi studiati e sulla messa in pratica delle necessarie competenze (misura, calcolo, approssimazione, controllo delle ipotesi, ecc.);
- 4) introduzione, approfondimento ed estensione della fisica contemporanea, oltre i cenni sommari previsti dal programma, partendo dalle teorie fondamentali di inizio Novecento fino alle ricerche di fisica delle particelle e di cosmologia;
- 5) strumenti didattici ausiliari: racchiudiamo in questa categoria la proliferazione ben visibile e differenziata dei più svariati supplementi al testo centrale, dai problemi/esercizi alle schede di lettura e approfondimento, dalle immagini a uso direttamente esplicativo alle tavole/glossari riassuntivi.

Sui punti 2, 3 e 4 si è visto quanto affermavano alcuni autori tra gli anni Settanta e Ottanta.

L'editore Zanichelli e l'AIF hanno documentato, in tempi più recenti, il fiorire in quegli anni di proposte didattiche sul laboratorio di fisica e su esperimenti realizzabili e inseribili nel curriculum scolastico della disciplina. Un centinaio furono gli articoli al riguardo pubblicati dalla *Fisica nella Scuola* tra il 1969 e il 1989 (AIF, 1995: IX), di cui una buona parte firmati da insegnanti di scuola e spesso frutto di collaborazioni di università e centri di ricerca con istituti scolastici.

Sul piano dei manuali, va citata un'altra dichiarazione di Amaldi (1991), nel contesto del testo per bienni citato, ennesimo tributo implicito al lavoro innovativo dell'editore Zanichelli, ma su cui, specialmente sull'uso della storia della scienza, il testo stesso – si vedrà meglio – non dava segni rilevanti di cambiamento. Nella già citata prefazione, alla necessità di una didattica «efficace» per i bienni veniva affiancata la ricezione di importanti esperienze che «hanno fatto scuola», ovvero i «grandi progetti americani, il PSSC (*Physical Science Study Committee*) e il PPC (*Project Physics Course*) che hanno radicalmente modificato il modo di presentare la materia» (Amaldi, 1991: XV). Alcune questioni, menzionate da Fabri già nel 1977, rimanevano fondamentali anche nelle intenzioni didattiche degli Amaldi pur senza aver modificato la sostanza del loro approccio testuale.

Non venivano menzionate, però, un'altra serie di produzioni testuali americane, non a caso pubblicate tutte sempre dall'editore Zanichelli. Nel corso degli anni Ottanta, ci sembra, una serie di manuali, specialmente per la Fisica Generale, aveva affiancato la precedente importazione dei grandi progetti statunitensi per la fisica scolastica. L'influenza e la rilevanza di queste produzioni americane più “canoniche” meriterebbero un approfondimento maggiore che qui non può essere tentato, ma vanno individuati comunque alcuni elementi pertinenti.

Il fatto che la fisica di Amaldi fosse strettamente legata a quella accademica e generale, che abbiamo visto essere corroborato sia dalle altre attività didattiche di Edoardo Amaldi, sia dalla trattazione teorica e enciclopedica che gli Amaldi hanno affinato nel tempo, suggerisce di cercare anche in questi altri testi americani il metro di paragone per l'innovazione dei testi italiani.

Per quanto riguarda la storia, a differenza dei testi universitari italiani, gli autori americani si erano preoccupati di innovare l'approccio alla Fisica Generale per il livello universitario. La questione storica era stata recepita più profondamente anche da testi che miravano a una trattazione piuttosto tecnica e esaustiva. Altre innovazioni venivano introdotte dalle esperienze universitarie americane, una su tutte l'introduzione del calcolatore nello studio della fisica, che le guide di supporto al testo degli Amaldi introdurranno all'incirca nella metà

degli anni Novanta, dopo l'affermarsi della sperimentazione PNI nei licei italiani.

Un esempio di questa didattica innovativa americana è il testo di Fisica di Roller e Blum (1984), nella cui prefazione, nel 1981, gli autori spiegavano alcune novità didattiche come «le moderne tecniche di calcolo numerico» e quindi l'uso del calcolatore elettronico; soprattutto, che ci interessa qui, «l'inclusione di una notevole mole di materiale storico» al fine di «permettere allo studente di rendersi conto del modo non sempre semplice e lineare in cui si è progressivamente esteso il nostro sapere», costituito da una «molteplicità di esperienze e di esperimenti, e anche della contesa tra diverse teorie», e quindi suggerendo la «la razionalità che c'è dietro questi sviluppi» (Roller, Blum, 1984: X-XI).

Mentre l'aspetto tecnologico dell'innovazione didattica sarebbe stato recepito dagli Amaldi, più fatica avrebbe fatto ad affermarsi l'inclusione di materiale storico in maniera organica rispetto alla trattazione principale.

Non si può non menzionare un altro testo americano molto diffuso nelle scuole italiane, i *Fondamenti di Fisica* di Halliday e Resnick del 1981. Questo esempio, massima testimonianza del successo dei testi americani, più o meno “ortodossi”, nel contesto didattico delle scienze italiane, ci permette di ri-discutere il rapporto con la Fisica generale universitaria dei manuali scolastici. La Zanichelli aveva infatti pubblicato anche la versione universitaria del testo americano, ma va detto che, per la varietà dei tipi di corsi di fisica introduttivi americani, lo stesso testo per i licei italiani era analogo a quello per i *college* del paese di origine e parimenti adatto alla Fisica generale in facoltà diverse da quella di fisica.

Una delle caratteristiche più evidenti del testo è infatti proprio il grado di matematizzazione che si spinge, coerentemente con i programmi avanzati di matematica dei licei italiani e con la sua origine nei corsi universitari americani, fino all'uso esteso dei principi del calcolo e del formalismo canonico della fisica: derivate, integrali e notazione vettoriale sono il linguaggio in cui tutte le principali leggi fisiche sono introdotte. Anche questo testo deve aver avuto una certa influenza generale sul livello di matematizzazione dei manuali italiani, che negli anni Ottanta, in particolare gli Amaldi ma anche Caforio-Ferilli (1987), non avevano raggiunto un tale grado di formalizzazione. Il livello teorico del testo ricalca maggiormente le caratteristiche della Fisica di base universitaria e ha virtualmente messo in discussione i limiti usualmente posti al grado di formalizzazione della fisica scolastica. La stessa scansione dei contenuti, insieme alla provenienza del testo, rivela il carattere, appunto, accademico dei *Fondamenti*: dinamica del punto materiale I e II, dinamica dei sistemi di particelle, urti, cinematica e dinamica rotazionali e altri ancora, sono temi che testimoniano il livello teorico e astratto a cui aspira la trattazione.

Si può aggiungere una considerazione. Un esame comparato dei manuali liceali italiani sembra suggerire – si è visto – che ci sono dei contenuti irrinunciabili per ogni tema o ambito di indagine. Certamente questa affermazione ha un buon grado di veridicità: le leggi della dinamica, la gravità, i fenomeni ondulatori, ecc., sono temi essenziali per la disciplina. I manuali italiani, però, si spingono molto oltre i nuclei fondanti della fisica nell'omologazione dei contenuti trattati. Hanno un ruolo decisivo in questo processo i programmi ministeriali e – si è ipotizzato – il rapporto con la Fisica “specialistica” e generale dell'università. Il testo americano di Halliday-Resnick (1989) indica, invece, che lo spazio di variazione nelle selezioni, scansioni e approfondimenti dei concetti e delle teorie è molto maggiore di quanto i manuali italiani suggeriscono. Questo fatto è emerso dall'esame comparato di un capitolo che abbiamo esaminato per gli altri testi, quello sulla Statica. Nonostante i *Fondamenti di Fisica* siano quasi per definizione un testo di impostazione e origine accademica, il capitolo sulla Statica si distacca fortemente dall'identico taglio dato dai testi italiani nel periodo esaminato 1970-1997. La Statica viene trattata nei *Fondamenti* in termini di una definizione formale dell'equilibrio statico e dinamico, per cui accelerazione lineare e angolare sono nulle; vengono spiegati il concetto di centro di gravità e le condizioni generali di equilibrio in un sistema di forze. Sulla base di altri concetti introdotti in contesti diversi, in particolare quello di momento meccanico nella dinamica rotazionale, il capitolo si conclude con una serie di esempi di applicazione delle leggi enunciate, esempi che, per una caratteristica fondamentale del testo, fanno riferimento a situazioni reali e di immediata rilevanza empirica o pratica (trazione muscolare, equilibrio di una scala, ecc.). Anche la parte finale su problemi ed esercizi estende l'applicazione dei principi fondamentali a una serie di situazioni reali di equilibrio meccanico. Questo capitolo ha quindi un taglio abbastanza diverso dal tipico capitolo sulla Statica che si è osservato, in maniera pressoché uniforme, nei manuali italiani degli autori scelti. Dunque, si potrebbe affermare, l'invarianza e l'uniformità delle scelte contenutistiche dei principali testi liceali italiani non denotano un sistema oggettivo e logico di contenuti connessi, ma un sistema di scelte e preferenze sedimentate e ritenute più valide sulla base – è difficile dirlo – dell'esperienza didattica o della visione epistemologico-didattica degli autori.

L'impressione è che, in merito all'approccio, i testi degli Amaldi, e forse anche altri testi italiani, abbiamo comunque abbracciato una linea analoga più alla trattazione teorico-matematica complessiva di Halliday e Resnick, rispetto a quanto abbiano realmente recepito le innovazioni per la fisica scolastica e le motivazioni di fondo avanzate dai grandi progetti

americani degli anni Sessanta.

Un ultimo interessante esempio, per completezza, sempre parte della produzione dell'editore degli Amaldi, è il testo universitario di Eugene Hecht (1999) del 1996. Citiamo questo testo più recente per addurre maggiori evidenze innanzitutto sulla continua attività di riflessione e aggiornamento didattico dei fisici americani. Inoltre, l'autore di questo testo ripercorre fugacemente, nella prefazione (Hecht, 1999, I: XII), il cambiamento dei testi universitari di Fisica generale, evidenziando alcuni fatti rilevanti per la didattica della fisica americana, con non poche relazioni con quella italiana: la distinzione tra *College* e *University Physics* nella didattica universitaria, basata soprattutto sui differenti strumenti matematici utilizzati, geometria e algebra nella prima e il calcolo nella seconda; l'uso sistematico del calcolo vettoriale compare nella fisica propedeutica negli anni Sessanta e questo può essere messo direttamente in relazione con il parallelo sviluppo matematico dei corsi scolastici di fisica anche italiani, per cui l'applicazione fisica di un prodotto vettoriale – è emerso – compare negli anni Settanta ma si affermerà stabilmente negli anni a venire; il progressivo affinamento matematico della *University Physics* che ha raggiunto un livello di grande eleganza formale a cui si aggiunge però una trattazione concettuale povera e «filosoficamente ingenua», con il risultato di concentrare tutti gli sforzi sulla sofisticazione degli strumenti matematici a scapito della vera e propria comprensione dei concetti fisici. L'autore propone la ricetta di un “ritorno ai fondamenti”, quindi a quella comprensione fisica, all'uso del formalismo dei vettori e dell'analisi solo nei casi in cui sia utile o necessario e all'idea di «semplicità» dei concetti fisici (Hecht, 1999, I: XII). Alla base della semplicità, e del ritorno ai fondamenti, stanno alcuni principi fondamentali, tra cui spicca la relazione tra simmetrie e conservazione, introdotta già dall'inizio del testo e sviluppata lungo il corso, insieme all'ipotesi atomica, o meglio, alla trattazione dei vari ambiti fenomenici dal punto di vista atomico, quindi moderno e più esauriente.

Riguardo a “simmetrie e conservazione” va detto che si tratta di un nucleo trasversale e concettuale moderno estremamente importante dal punto di vista della fisica del Novecento che non è possibile sopravvalutare, retrospettivamente, anche nell'ambito dei fondamenti delle teorie classiche e che rappresenta una delle possibili risposte a una fisica troppo matematizzata per l'ambito formativo a cui è rivolta. Da una parte è sicuramente un tema di un certo spessore concettuale, che può essere espresso con sofisticati strumenti matematici ma la cui sostanza può ben essere sviluppata secondo alcuni esempi “semplici” ed efficaci. In questo caso, non è tanto un'influenza diretta del testo americano sulla didattica testuale



italiana che si vuole documentare, quanto il genere di riflessione didattico-epistemologica degli autori statunitensi e come, in parallelo, questa sia stata sviluppata nel contesto italiano. Si possono rilevare, sempre in relazione al caso di studio che abbiamo preso come esempio principale della manualistica italiana, alcuni cambiamenti del testo di Amaldi a partire dalla metà degli anni Novanta. La versione per i licei scientifici, in particolare i volumi I e II (Amaldi, 1997), in uno spirito di estrema proliferazione dei contenuti, degli approfondimenti e dei capitoli del testo, aggiunge alla tradizionale ripartizione delle aree di indagine, una sezione intitolata “panorama e frontiere” che apre i due volumi. Nonostante possa essere discussa la reale “presa” sul programma svolto e il vero tipo di utilizzo che può essere fatto di queste parti, in queste sezioni si inseriscono i primi riferimenti a tematiche unificanti e moderne come le simmetrie, le leggi di conservazione e altri ancora. Sebbene non sia possibile per un manuale scolastico adottare un approccio alla Hecht, in cui appunto un nucleo concettuale moderno e unificante viene introdotto dall’inizio, il testo di Amaldi si sofferma più volte sulla spiegazione generale di temi analoghi: nel capitolo “Simmetrie e frontiere della meccanica classica” (Amaldi, 1997: II: 20-31), in un paragrafo su “Simmetrie, invarianze e forza elettromagnetica” nell’ambito della trattazione su “I quark e l’unificazione elettrodebole” (Amaldi 1997, III: 426-429) e, nel contesto delle riflessioni più filosofiche e generali alla fine del corso, in una sezione chiamata “Prospettive” (capitolo sulla “visione scientifica del mondo”) con una serie di cenni sulle invarianze, sulle rotture di simmetria e sulla ricerca contemporanea della supersimmetria e dei principi unificanti della fisica fondamentale (Amaldi 1997, III: 488-497). Perfino nel primo volume Amaldi (1997, I), due schede di lettura accompagnano la trattazione delle leggi di conservazione con approfondimenti inerenti sempre alle grandezze invarianti e alle simmetrie. Andrebbero discussi meglio alcuni accorgimenti didattici su temi come questo – ad esempio sul perché non venga usato lo stesso tema anche nel contesto della relatività, paradigma del principio di simmetria – e la reale efficacia del loro utilizzo, ma ciò che interessa qui è il distacco dalla trattazione *standard* tradizionale e l’influenza di alcune riflessioni, sia didattiche che di fondamenti della fisica, sulle scelte contenutistiche operate.

Anche Hecht (1999, I: XIII), inoltre, cita il ruolo didattico della storia della fisica e della storia della scienza in generale: un ruolo debole, come quello di avvicinare alla grandi figure della ricerca scientifica, incluse – questione culturale più recente – le donne che a questa hanno contribuito; un ruolo più sostanziale, come quello di chiarificare l’esposizione della fisica e facilitare l’accesso ai suoi contenuti.

Le proposte e le riflessioni didattiche americane continuano, più o meno implicitamente, a fornire modelli da cui i testi italiani traggono talvolta ispirazione. Uno studio può approfondito meriterebbe la didattica strettamente universitaria e la relazione dei testi italiani con quelli stranieri in questo ambito. Questi pochi esempi mostrano comunque quanto la didattica della fisica italiana abbia dei punti di contatto, specialmente con la fisica da *college* e introduttiva importata dagli Stati Uniti, nonostante permangano dei caratteri, sia della didattica che del sistema educativo nel suo complesso, che rendono alcune innovazioni, tra cui le stesse proposte dei progetti della *golden age* dell'educazione scientifica, di difficile implementazione nel contesto italiano. Una pratica abbastanza diffusa, non sappiamo precisamente in che misura, corrobora questa relazione con diversi tipi di proposte didattiche, perlopiù americane; si tratta dell'uso che spesso viene fatto dei manuali liceali come manuali sufficienti, a grandi linee, a una preparazione teorica e informativa complessiva per i corsi di Fisica introduttivi in diverse facoltà universitarie scientifiche. Riteniamo questo elemento abbastanza significativo per il rapporto tra i manuali scolastici e la Fisica Generale universitaria, vincolo e limite per i tentativi di innovazione, soprattutto testuale, rivolti alla scuola superiore e calibrati unicamente in ragione di esigenze formative e finalità didattiche a questa rivolte.

Un'altra osservazione di Hecht ci permette di aggiungere ulteriori considerazioni sul cambiamento globale dei testi scolastici di fisica, in merito all'ultimo punto dell'elenco esposto sopra: i riferimenti alle tecnologie e alle applicazioni dei concetti fisici – dice Hecht (1999, I, XIV) – hanno lo scopo principale di stimolare «gli interessi degli studenti».

Vi è un'interessante relazione di questo obiettivo con quella parte di apparati didattici che, ci sembra, è ugualmente rivolta proprio alla motivazione, all'attenzione e all'interesse degli studenti. Innanzitutto, vedremo meglio nella parte che segue ma si è già accennato a questo “spostamento” nel ruolo delle applicazioni della fisica, i manuali più recenti utilizzano abbondantemente tecnologie e fenomeni quotidiani come esemplificazioni della rilevanza immediata che hanno alcuni concetti fisici nella loro applicazione pratica o nel loro uso esplicativo per un'ampia classe di fenomeni concreti. Anche su questo, la didattica americana è stata all'avanguardia; lo stesso Halliday-Resnick, dagli anni Ottanta, ha esemplificato un approccio fortemente basato sui risvolti immediati e “ordinari” della fisica studiata.

Il segno più evidente del cambiamento dei manuali italiani ha riguardato, d'altra parte, proprio le caratteristiche estetiche e grafiche dei testi, così come la proliferazione e differenziazione di strumenti didattici ausiliari aggiunti alla tradizionale esposizione dei

concetti fisici.

I cambiamenti tecnologici e gli sviluppi globali dell'editoria sono stati il primo motore di queste innovazioni testuali, ma la percezione da parte degli autori dei problemi dell'interesse e della rilevanza, delle motivazioni soggettive e oggettive che il testo deve fornire allo studio della disciplina, è stata sicuramente un fattore determinante nel plasmare l'aspetto e le nuove caratteristiche dei testi più recenti.

Questo genere di sviluppi è diventato evidente soprattutto negli anni Novanta. L'esempio principale è, anche in questo caso, l'evoluzione dei testi degli Amaldi, ma si tratta di "un'evoluzione" generalizzata e valida per tutta la produzione manualistica scolastica.

Lo stesso Ugo Amaldi, nel ripercorre la storia dei testi della famiglia Amaldi, ma anche nell'introdurre la nuova classe di edizioni negli anni Novanta – i primi esempi al riguardo sono i già citati Amaldi (1991, 1997) – individuava in queste innovazioni grafiche il più importante cambiamento, a cui va aggiunto l'insieme dei nuovi apparati didattici che arricchiscono il al testo.

L'uso del colore e di immagini colorate e più curate, nonché di più facile lettura visto anche l'uso di didascalie esplicative integrate con la trattazione principale, è un primo sviluppo che l'autore ha ricondotto a un cambiamento storico più generale, come l'avvento della televisione in bianco e nero negli anni in cui usciva il primo manuale degli Amaldi e di quella a colori nel 1973.

Da una scuola di élite nella quale si studiava in bianco e nero e con l'aiuto del gesso e della lavagna si è passati a una scuola di massa. D'altra parte i mezzi di comunicazione hanno ora un ruolo molto importante: un ragazzo, che passa davanti alla televisione un tempo paragonabile a quello speso a scuola, ha bisogno di apprendere anche la fisica in modo diverso, più visivo e pratico [...] L'impegno è di continuare nel solco che hanno tracciato [i primi Amaldi] senza trascurare l'aiuto didattico che può venire dalla nuove tecnologie (Amaldi, 1999: IV).

Così nel corso degli anni Novanta e nel decennio successivo il vero motore di cambiamento del testo è stato anche l'innesto delle nuove tecnologie, quindi l'aggiunta di materiale multimediale proprio per sostenere anche un apprendimento più visivo e in consonanza con stili e interessi delle nuove generazioni di studenti. Non prenderemo in considerazione questo sviluppo tecnologico dei testi, legato a una dinamica che sicuramente coinvolge oggi tutta la produzione editoriale scolastica e trova nei testi di fisica l'esempio più evidente e sistematico: si tratta di una questione più generale, con relazioni anche non strettamente legate alle didattiche disciplinare, che esula comunque dalle intenzioni di questa ricerca.

Nelle parole di Amaldi, queste innovazioni grafiche, didattiche e tecnologiche hanno due motivazioni di fondo: la rilevanza dei mezzi di apprendimento forniti, in un mondo

tecnologico e di vita quotidiana cambiato, per alimentare quindi l'interesse dei ragazzi che i vecchi corsi di fisica in bianco e nero e con l'uso estemporaneo di immagini non avrebbero più saputo stimolare; l'avvento di una scuola di massa, con il numero di ragazzi che frequentano il primo anno di scuola superiore che dal 15% del 1951 è passato alla quasi totalità (98%) nel 1994 (Amaldi, 1999: IV). Le due questioni citate sono quelle che abbiamo chiaramente individuato nella discussione dei *report* internazionali nella prima parte, tuttora discusse dalle ricerche pedagogiche e sociologiche. E' necessario esaminare, a questo punto, come i testi scolastici hanno percepito e affrontato i due problemi appena esposti che abbiamo discusso nel capitolo I, visto che le innovazioni grafiche ed editoriali citate hanno coinvolto tutta la produzione manualistica scolastica di fisica e non solo il caso paradigmatico degli Amaldi.

In questi grandi processi storici di cambiamento – della scuola e della didattica – va inserita l'evoluzione delle altre caratteristiche dei testi già messe in evidenza, come il carattere più o meno accademico, la riflessione pedagogica degli autori e i tempi di aggiornamento dei contenuti, la ricezione di proposte e innovazioni di ampio respiro culturale.

## Capitolo 4

### RISORSE INTERDISCIPLINARI E INNOVAZIONI PEDAGOGICHE NEI MANUALI DI FISICA

#### 4.1. *Una fisica interessante e rilevante: attitudini verso la scienza e strumenti testuali*

Una delle questioni centrali nel dibattito sull'educazione scientifica – lo si è chiaramente evinto dalle analisi del primo capitolo – è quella dell'interesse per la scienza, da più parti visto in preoccupante calo nelle nuove generazioni di studenti.<sup>1</sup>

Abbiamo già evidenziato alcune difficoltà, legate in particolare all'interpretazione dei dati empirici sul rapporto degli studenti con le scienze – le evidenze su interesse/disinteresse e attitudini negative, nel caso italiano, non sono così chiare – e alle conseguenti proposte pedagogiche elaborate. In particolare, è opportuno rilevare ancora i problemi per le innovazioni che, nel progettare nuovi curricula di scienze, nuovi materiali e metodi didattici, vogliono anteporre le motivazioni dello studio e l'interesse degli studenti alle ragioni strettamente disciplinari. Si è citato il “vecchio” approccio *STS*, lo stesso corso per GCSE “*XXI Century Science*” e anche parte degli approcci storico-filosofici all'educazione scientifica: tutte prospettive che in qualche modo partono anche dal problema di come stimolare interessi e fornire spunti per avvicinare gli studenti al pensiero e alla ricerca scientifici. Molte di queste innovazioni curriculari hanno attirato le critiche di studiosi più “tradizionalisti”, spesso scettici verso le nuove ricerche pedagogiche, tutte in qualche modo imparentate con filosofie diffuse quali l'attivismo e il costruttivismo, tra gli orientamenti teorici ed educativi più innovativi che sono finiti spesso sotto accusa in Italia ma anche nei paesi anglofoni di origine.<sup>2</sup> Ammessa la rilevanza di queste critiche, al centro dei problemi pedagogici e culturali che riguardano lo stato dell'educazione scolastica e dell'insegnamento

---

<sup>1</sup> L'attitudine verso il sapere scientifico è stata considerata uno degli elementi che compongono il quadro attuale di crisi delle vocazioni scientifiche e, nel caso italiano, della cultura scientifica *tout court*; sono stati elaborati, di conseguenza, strumenti e proposte per intervenire sull'interesse verso la scienza e per sostenere le motivazioni, soggettive e oggettive, per lo studio delle materie scientifiche.

<sup>2</sup> L'attivismo può essere messo in relazione soprattutto con la prospettiva della “scienza come ricerca” citata nel capitolo primo e quindi con una visione più partecipativa, investigativa e anche pratica della didattica delle scienze, la cui degenerazione produce sicuramente una scienza con contenuti più poveri e una didattica meno ancorata a un rigido paradigma disciplinare. Il costruttivismo ha guidato una parte consistente della ricerca didattica nelle scienze e diversi approcci tra cui quello *HPS*. Le critiche radicali rivolte a un orientamento del genere, a parte quelle sugli esiti più relativisti e quelle interne alla stessa ricerca didattica, riguardano l'anteporre le ragioni cognitive del discente a quelle intrinseche al contenuto disciplinare e lo strutturare quindi la didattica sulla base di attività incentrate sul soggetto e sui suoi criteri di rilevanza e senso, piuttosto che sull'ordine logico e pedagogico “naturale” del contenuto disciplinare. In Italia, oltre il già citato Lucio Russo, una posizione di critica radicale, più o meno implicita, delle nuove tendenze pedagogiche è stata assunta da Giorgio Israel (2008).

delle scienze, il legame tra interesse, apprendimento e conoscenza scientifica, alla luce delle diverse innovazioni che si sono prospettate, rimane certamente importante anche dal punto di vista dei manuali di scienze.

Il secondo problema – connesso a quello attitudinale – riguarda lo sviluppo di una scuola di massa, a cui corrisponde la necessità di ridiscutere le finalità generali dell'educazione scientifica. Diversi documenti internazionali, i due analizzati soprattutto, individuano in una revisione delle finalità pedagogiche della scienza il primo punto su cui politici, ricercatori, insegnanti e – aggiungiamo – autori dei materiali didattici devono basare nuove pratiche e nuove proposte educative. Il passaggio dalla formazione di un'*élite*, o meglio, di un corpo di studenti più ristretto e omogeneo, a quella di una popolazione più ampia ha avuto implicazioni profonde per l'educazione scientifica. Per esempio, nel caso della scienza insegnata nei licei italiani – in particolare nello Scientifico, per cui il dato citato nel paragrafo 1.4.3. indica una popolazione di studenti di gran lunga superiore alla futura classe di professionisti e impiegati nel settore tecno-scientifico – non si può pensare solamente a una preparazione pre-specialistica rivolta agli studenti che continueranno gli studi scientifici. Questo vale a maggior ragione per la fisica, la quale, proprio come alcuni progetti innovativi passati e presenti suggeriscono, deve mirare a un'educazione scientifica più trasversale, che sia rilevante per tutti i contesti di studio, lavoro e vita che accompagnano una popolazione di studenti differenziata, dalle prospettive universitarie e lavorative divergenti.

Nonostante da decenni la scuola abbia assistito a questo cambiamento quantitativo con delle implicazioni qualitative e pedagogiche di ampia portata, quanto affermano i *report* internazionali vale per il caso italiano e in particolare per i testi: le fondamenta pedagogiche dell'insegnamento della fisica rimangono fortemente legate all'ideale vocazionale originario delle classi di scienze; in Italia questo è testimoniato e aggravato da certi tratti conservativi del sistema di istruzione secondaria. Esaminando, però, alcune evoluzioni della manualistica più recente, proprio in relazione alle grandi questioni dell'educazione scientifica contemporanea, si colgono alcuni segni di ripensamento della basi del curriculum di fisica.

Un problema che anche i testi scolastici hanno dovuto affrontare e a cui tuttora cercano di dare risposta è infatti quello di una formazione scientifica allargata, ideale maggiormente recepito, comunque, dagli insegnanti e dai nuovi statuti culturali e pedagogici elaborati per le scuole secondarie, ma che non si può dire sia del tutto comparabile con la ricerca di nuove forme di *scientific literacy* che ha guidato diversi progetti innovativi nei paesi anglofoni e in campo internazionale.

Le ultime modifiche testuali citate, ad esempio nel caso degli Amaldi, che riguardano gli strumenti di supporto all'apprendimento e gli approfondimenti per arricchire lo studio della fisica, hanno affrontato, in certa misura, un primo risvolto di questo complesso nodo di finalità e "usi" dell'educazione scientifica: l'ampliamento delle possibilità di apprendimento e degli strumenti dispiegati per far apprezzare il senso e l'efficacia delle conoscenze fisiche. E' innegabile, ad esempio, che il nuovo ruolo delle immagini e dell'apprendimento visivo intendano intervenire sui mezzi di apprendimento, o comunque fornire un sostegno al tradizionale approccio sviluppato dalle spiegazioni manualistiche. Anche il nuovo tipo di riferimenti alle tecnologie, alle questioni sociali e culturali più ampie, entro una nuova concezione di rilevanza per gli studenti delle tradizionali tematiche trattate, rappresenta una risposta a una classe più ampia ed eterogenea di attitudini, interessi e possibilità future legate alla scienza.

Un confronto dei materiali testuali per la fisica con un primo costrutto elaborato dalle ricerche sull'educazione scientifica, quello di "attitudini verso le scienze", va compiuto tenendo presente la distinzione fatta tra interesse soggettivo e oggettivo verso le scienze e, in questo caso particolare, verso la fisica.

Dal punto di vista terminologico, distingueremo il vero e proprio interesse soggettivo, concepito banalmente come curiosità, come disposizione a conoscere e affrontare un tema scientifico, e la rilevanza, concepita come interesse motivato da elementi oggettivi di importanza che non si traducono immediatamente in fattori soggettivi, ma che consistono in criteri di "utilità" in senso lato, di vicinanza a contesti immediatamente relazionabili al soggetto. In questa seconda categoria rientrano gli strumenti proposti da molte strategie pedagogico-didattiche per l'attuale scenario di insegnamento delle scienze, che in parte vedremo all'opera nei manuali di fisica.

I riferimenti alla vita quotidiana e alle tecnologie, in particolare, rappresentano la risposta principale dei testi. Un primo esempio visto è legato a come l'accento sulle applicazioni tecniche è cambiato e come, ad esempio nel caso dell'energia nucleare, il testo di Amaldi abbia esplicitamente rivolto la discussione a questioni di rilevanza sociale e politica, senza limitarsi a illustrare il solo funzionamento tecnico relativo alle tecnologie esaminate. Questo è il quadro entro cui vanno compresi il ruolo delle tecnologie e l'uso di esemplificazioni e approfondimenti di varia natura nei testi degli ultimi trent'anni.

L'idea di "attitudini verso le scienze" presenta, in realtà, una maggiore complessità concettuale e metodologica. Innanzitutto, questa nozione proviene da un ambito non ristretto a quello scolastico, ma concerne il più generale atteggiamento pubblico verso le scienze e la

ricerca scientifica. Questa declinazione del *public understanding of science* al livello educativo comprende quindi l'atteggiamento e l'opinione degli studenti sia verso la ricerca e gli scienziati, sia verso la scienza insegnata a scuola: come sono percepite le sue caratteristiche, la sua utilità e la sua rilevanza.

Sul piano educativo, si possono evidenziare due aspetti che compongono l'attitudine verso lo studio delle scienze: uno culturale, di interesse verso il sapere scientifico; uno vocazionale, di propensione a intraprendere una carriera scientifica. Sono due componenti spesso correlate, ma non necessariamente coincidenti, che riassumono i diversi elementi che la ricerca ha sintetizzato con il concetto di "attitudine verso le scienze": atteggiamento positivo verso la ricerca e gli scienziati, interesse per le conoscenze e le attività scientifiche, adozione di una prospettiva e di un modo di pensare scientifici, coinvolgimento positivo in attività di apprendimento delle scienze, propensione a intraprendere gli studi terziari e una carriera nel campo delle scienze.<sup>3</sup>

Le rilevazioni e le conoscenze empiriche sui problemi attitudinali, insieme ai dati sulle carriere e sulle vocazioni scientifiche, per quanto accresciute e affinate a partire dagli anni Novanta, non dimostrano inequivocabilmente la natura e la portata del problema; parte delle affermazioni fatte su questo stato problematico dell'educazione scientifica fanno parte, dunque, di ciò che abbiamo chiamato una "retorica" della crisi dell'insegnamento delle discipline scientifiche. Ammesso ciò, tuttavia, bisogna prendere atto che i testi di fisica esaminati esibiscono comunque l'evoluzione di alcune caratteristiche che è possibile mettere in relazione a questo primo nucleo di problemi dell'educazione scientifica scolastica.

Apparentemente, sembrerebbe un problema tipico delle materie scientifiche il dover fornire motivazione e stimoli all'apprendimento di quelle che in prima istanza risultano nozioni e questioni ostiche, prive di rilevanza immediata e senso, che comportano una serie di ostacoli, non solo epistemologici, nel processo di "comunicazione" didattica.

Da una parte, ciò non è del tutto esatto: esistono diversi temi scientifici e caratteristiche della scienza che la rendono uno di quegli ambiti disciplinari più inclini a suscitare curiosità, interesse e meraviglia: i vettori emotivi dell'apprendimento. Dall'altra, si sa che questi temi

---

<sup>3</sup> Una sintesi importante, che racchiude le diverse sfaccettature dell'attitudine degli studenti verso le scienze, è stata fornita dalle rilevazioni PISA del 2006, i cui dati abbiamo riportato nella prima parte della ricerca. La rilevazione inerente all'atteggiamento verso la scienza compiuta da PISA è suddivisa in tre blocchi principali: valore personale, concetto di sé, divertimento. In breve, questi riassumono atteggiamenti e motivazioni che riguardano rispettivamente: utilità e rilevanza delle materie scientifiche studiate a scuola; facilità o difficoltà e riuscita delle/nelle materie scolastiche; divertimento e interesse nello studiare le scienze e propensione a letture/attività scientifiche.



sono quelli di una scienza più spettacolarizzata e declinata a fini divulgativi, spesso lontani dalle esigenze delle didattiche delle discipline scientifiche a livello scolastico.

Sicuramente, a livello potenziale, le tematiche sollevate dalla scienza sono più propense a stimolare curiosità e interesse riguardo ad ambiti della realtà affascinanti e in molti casi rilevanti sia per la vita quotidiana, che per gli interessi sociali e “filosofici” di chi apprende. Perciò, non solo – come si è visto – i dati su una presunta crisi dell’attitudine degli studenti verso le scienze, in Italia, non sono di univoca lettura, ma è anche vero che il legame con il “mondo”, con i problemi e gli oggetti del quotidiano è addirittura più immediato per le materie scientifiche, rispetto ad altri saperi che compongono il canone dei licei.

Ovviamente, diversi sono i casi a seconda della tematica, della disciplina e dell’approccio connesso a un certo indirizzo o grado scolastico. Nel caso della fisica, sono facilmente individuabili due caratteristiche della disciplina. La prima è quella problematica: un metodo rigoroso, un linguaggio altamente formale e astratto, concetti e domini spesso distanti dall’intuizione, dalla percezione, dalle concezioni più spontanee e di senso comune; le ricerche epistemologiche e didattiche hanno chiaramente individuato e studiato questi aspetti, anche nei concreti contesti di apprendimento/insegnamento. L’altra caratteristica, il punto di forza della fisica, è costituita dal fascino che scoperte e teorie presentano, fascino che dal punto di vista filosofico potremmo definire oggettivo, ma che è tutt’altro che evidente al livello didattico e scolastico; la fisica può toccare ambiti che vanno dai più complessi, dai più distanti dalla percezione e dall’esperienza immediata, a quelli a queste più vicini, come i fenomeni comuni (suono, luce, elettricità, gravità, ecc.) e le tecnologie. E’ quindi abbastanza scontato dire che l’ostacolo attitudinale principale della fisica si situi a livello metodologico e, per così dire, “espressivo” e non sul piano strettamente contenutistico.

Per quanto riguarda l’aspetto motivazionale e comunicativo, i testi di fisica hanno preso seriamente in considerazione la necessità di esplicitare la rilevanza della disciplina, la sua utilità e profondità che la rende non solo interessante, ma anche meritevole di studio. Questa esigenza didattica è stata affrontata dai testi indipendentemente dalla responsabilità che, anche in questo caso, ricade in prima e ultima istanza sull’insegnante e sul suo approccio pedagogico.

Il piano su cui è situata la risposta dei testi ai problemi inerenti all’atteggiamento verso la scienza e alla percezione della disciplina da parte degli studenti, è stato quello comunicativo e stilistico, *in primis*, e contenutistico per quel che riguarda l’esplicitazione della natura e della portata della fisica. Non c’è stato, nella maggior parte dei casi, una risposta globale basata

sull'approccio al metodo e alla struttura principale della disciplina, i veri ostacoli – epistemologico e motivazionale – alla comprensione della fisica. Questo era stato, invece, l'approccio dei due progetti innovativi americani, più volte chiamati in causa, entrambi rispondenti anche al problema motivazionale sollevato dallo studio scolastico delle discipline scientifiche e all'altro fattore che ha “aggravato” tale problema, ovvero quello di una classe di studenti più ampia e con orientamenti accademici e vocazionali divergenti.

Sia il *PSSC* che il *PPC* hanno affrontato, in modi diversi, la questione del metodo e della natura della fisica, integrandola con le tematiche affrontate e con le strategie didattiche utilizzate per dotare la fisica di un senso che, a livello pedagogico, necessita di essere ulteriormente esplicitato ed elaborato. La maggior parte dei testi di fisica adottati in Italia a livello liceale, invece, relega fittiziamente la trattazione del metodo in una serie di capitoli iniziali e autonomi; sono separate, inoltre, la spiegazione dei concetti e delle teorie – che costituisce lo sviluppo testuale principale – dalle risorse e dagli apparati che approfondiscono la natura della fisica, i suoi vari risvolti pratici o interdisciplinari e gli elementi atti a stimolare la curiosità e l'interesse degli studenti. Descriveremo meglio queste caratteristiche nel corso questo capitolo.

Se nel caso dei testi degli Amaldi si trova una chiara affermazione sul problema dei mezzi espressivi utilizzati e dell'accordo tra questi e le esigenze – le attitudini – di una vasta classe differenziata di studenti, l'evoluzione degli apparati didattici, dello stile grafico e didattico utilizzato ha coinvolto, tuttavia, l'evoluzione di tutti i testi scolastici. In questo cambiamento generale, i problemi, distinti ma legati, dell'interesse e della rilevanza hanno trovato zone di sovrapposizione: spesso le strategie utilizzate per sostenere l'interesse e “l'attenzione” degli studenti coincidono con quelle che incorporano l'idea di una scienza rilevante che presenta una serie di ricadute tecnologiche, sociali e culturali di vasta portata. Nonostante questo, si cercherà, ai fini dell'analisi dei materiali testuali, di tenere separati questi due aspetti del cambiamento e del “linguaggio” dei manuali di fisica.

#### 4.1.1. *Motivazioni soggettive e attrattori emotivi*

Soprattutto negli anni Novanta, diventano evidenti alcuni cambiamenti stilistici, editoriali e pedagogici dei testi. Si possono estendere le osservazioni fatte da Ugo Amaldi per la serie di manuali della sua famiglia, affermando che per tutti i testi scolastici di fisica l'aspetto più palese è stato l'uso del colore, prima, la sofisticazione e la crescita di diversi tipi di apparati didattici, come esercizi, riassunti e schede di approfondimento, poi. La varietà e il tipo di

immagini sono altri elementi pedagogici che assumono nuove caratteristiche a partire dagli anni Ottanta e soprattutto per i testi di nuova generazione, vale a dire i manuali scritti dagli anni Novanta in poi, che incominceranno a includere sistematicamente integrazioni con *software* e risorse multimediali. Un cambiamento del contenuto delle immagini è strettamente legato al crescente peso di esempi con situazioni e oggetti quotidiani e al diverso ruolo delle tecnologie; in quel contesto cercheremo di descriverlo meglio. Limitandosi agli aspetti strettamente estetici e funzionali alla componente motivazionale, che come detto è comunque in relazione con l'idea di una fisica "rilevante" per lo studente, si possono individuare alcune strategie principali utilizzate dai testi qui presi in esame.

Per quanto riguarda il ruolo delle schede di lettura e approfondimento, sempre più presenti e di vario tipo, questo è visto dagli autori come funzionale anche alla motivazione allo studio, al fornire cioè spunti e stimoli per "avvicinare" alla disciplina. Due caratteristiche rendono però la funzione pedagogica di questi apparati meno incisiva sul piano motivazionale. Da una parte, sono apparati fortemente separati dal testo principale, che non seguono quindi l'andamento della trattazione o non sempre vi si affiancano in modo del tutto pertinente; dall'altra, sono strumenti puramente testuali, nel senso di solo testo scritto, che non mobilitano nuove risorse cognitive per l'apprendimento, se non quelle tradizionali della lingua a fianco del ragionamento fisico e dello sviluppo formale. Gli attuali manuali di fisica, invece, si servono non solo delle nuove tecnologie e delle risorse multimediali per differenziare i canali di studio e apprendimento, ma anche di un insieme di didascalie, immagini, esempi e corollari a fianco del testo principale che interrompono la monotonia della trattazione centrale e la arricchiscono con elementi nuovi, spesso legati a fatti curiosi e interessanti legati ai concetti fisici in esame. Questa sofisticazione grafico-espressiva e il ruolo delle immagini sono alcuni dei segni più evidenti che distanziano i vecchi manuali di fisica da quelli di una scuola unanimemente riconosciuta come scuola di massa e non come complesso di rigidi canali di formazione disciplinare e di selezione sociale.

La diversificazione e proliferazione di didascalie e immagini aggiuntive (foto e disegni), oltre quelle direttamente impiegate nella spiegazione dei concetti, è un indicatore, inoltre, della crescente complessità della produzione editoriale di un manuale scolastico. Più in generale, la crescita e la maggior cura dei diversi apparati didattici nei manuali di nuova generazione ha richiesto il coinvolgimento di molte più persone, oltre alle firme del testo, rispetto a quanto accadeva negli anni Ottanta: ideazione e controllo degli esercizi, schede di lettura, ricerca di immagini, disegni, integrazioni multimediali, sono tutti nuovi elementi che compongono i testi e che hanno richiesto la costituzione di gruppi di lavoro nella stesura dei nuovi manuali.

Sebbene l'impianto e le scelte principali rimangano infondo le stesse volute dall'autore, è indubbio, come già notato per gli Amaldi degli anni Novanta, che il prodotto testuale diventa sempre più un'opera collettiva e legata a diversi meccanismi di mediazione editoriale, facendo sì che lo stesso rapporto testo-autore, che veniva letto prima in maniera diretta, divenga più mediato e complesso come la struttura del testo stesso.

Si deve ribadire che l'utilizzo di nuove risorse atte a sostenere e stimolare la motivazione degli studenti a seguire e comprendere la trattazione fisica va di pari passo con la diversificazione dei mezzi di apprendimento, o delle risorse fornite, per lo studio dei concetti e delle teorie fisiche. Il problema è in qualche modo intrecciato, come si coglie ancora dalla parole di Amaldi riportate: sostenere una fisica più interessante, "colorata" e rilevante, va di pari passo con – è funzionale a – il rivolgersi a una popolazione di studenti più ampia e differenziata; da qui il ruolo di note e definizioni a margine, di immagini aggiuntive con didascalie e di cosiddetti "attrattori emotivi" che affiancano un testo unico accompagnato da immagini puramente illustrative o di natura astratta funzionale alla spiegazione di concetti. Sempre più, è facile constatare, elementi estetici, catalizzatori di curiosità e fascino, ciò che chiameremo qui "attrattori emotivi", hanno arricchito il modo di presentazione dei temi e degli obiettivi didattici che costituiscono il manuale di fisica.

La tipologia degli elementi aggiunti al testo principale è varia e occorre in questo contesto limitarsi a uno sviluppo principale che ci sembra pertinente per il discorso che riguarda l'interesse soggettivo e la promozione di un'attitudine positiva verso lo studio della fisica. Se il contenuto delle immagini va spiegato nel contesto di una fisica "rilevante" che fa leva su tecnologie e vita quotidiana, la struttura formale di queste e la loro natura pedagogica può fornire una chiave di lettura su come i manuali abbiano affrontato il piano attitudinale dell'apprendimento, per cui – come si è detto – esistono ostacoli di natura metodologica e espressiva, prima che contenutistica.

Abbiamo elaborato una classificazione sommaria del tipo di immagini, che non vuole avere valore oggettivo, ma che è funzionale a rilevare alcune differenze importanti.

Riprendendo quanto detto nel confronto di Amaldi (1972) con Amaldi (1997) si possono evidenziare le caratteristiche ricorrenti dell'uso delle immagini. Si è visto, infatti, che ci sono stati diversi cambiamenti non-univoci nell'uso pedagogico dell'illustrazione. Si è passati, in certi casi, da un uso di immagini più astratte a disegni colorati di più facile comprensione; dalla descrizione di oggetti reali, come apparati sperimentali e tecnologie, a rappresentazioni più teoriche e essenziali; in altri casi, da contesti sperimentali e tecnici a immagini di

contenuto più immediato e comune.

Sottolineando il genere di uso che può venir fatto delle diverse immagini, si possono distinguere, ad esempio, quattro tipi principali di illustrazioni, grafiche o fotografiche:

**astratte:** quando a prevalere è l'uso del disegno geometrico, la rappresentazione di vettori e la “visualizzazione” di altri concetti teorici e situazioni fisiche ideali;

**descrittive:** dove viene rappresentato perlopiù un oggetto sperimentale, una tecnologia o un esperimento senza ausilio di rappresentazioni astratte o schematizzazioni. Viene solo illustrato un oggetto e l'unico sostegno alla funzione didattica di questa tipologia è la spiegazione didascalica che l'accompagna;

**(puramente) illustrative:** si tratta spesso di foto che non hanno una vera e propria funzione didattica, ma arricchiscono graficamente il testo; non veicolano la rappresentazione dei concetti (come per quelle astratte), né la descrizione sommaria di un oggetto (descrittive);

**illustrative a scopo didattico o “didattiche”:** utilizzano l'insieme di elementi delle immagini precedenti e sono sempre funzionali all'illustrazione di un concetto, di un esempio o di una situazione fisica. Svolgono questa funzione sovrapponendo rappresentazioni astratte e teoriche a fotografie e a immagini descrittive, o impiegando le immagini puramente illustrative per finalità esplicitamente didattiche e funzionali al contesto della trattazione principale. Potremmo considerarle, in sostanza, una rappresentazione astratta e concettuale che si serve però di elementi e oggetti reali.

Per capire meglio il senso di questa classificazione, conviene riprendere l'uso pedagogico delle immagini nell'Amaldi fino agli anni Ottanta. Nelle edizioni esaminate, infatti, la maggior parte delle fotografie non era quasi mai funzionale alla spiegazione o comprensione del concetto fisico trattato: apparati sperimentali, foto di oggetti tecnologici come velivoli, sommergibili, pompe per fluidi e altri ancora, servivano solo a mostrare quei congegni che erano inclusi della trattazione principale del testo, nello spirito applicativo che informava i testi di fisica fino agli anni Settanta in particolare. Le altre immagini utilizzate erano: rappresentazioni di vettori applicati a oggetti astratti, illustrazioni geometriche di varia natura come quelle riguardanti l'ottica e i campi elettromagnetici; immagini descrittive che illustravano congegni sperimentali e tecnologici, affiancati magari da rappresentazioni astratte che ne descrivevano il funzionamento.

Il cambiamento che si può individuare, guardando ai testi più recenti, riguarda l'uso molto più limitato di rappresentazioni astratte. Ancora molto presenti in Amaldi (1997), seppur con l'ausilio di nuove risorse grafiche che comunque favoriscono una miglior disposizione,

appunto, verso la loro comprensione – è indubbio infatti che il colore rende un'immagine astratta più variegata e leggibile – queste vengono perlopiù sostituite da immagini illustrative a scopo didattico, dove apparati tecnologici o situazioni fisiche comuni vengono arricchiti da rappresentazioni concettuali e utilizzati a fini esplicativi. Questo discorso vale per gli Amaldi che, si è visto, prediligono le immagini a fotografie di strumenti e tecnologie, ma descrive un'evoluzione comune dei manuali di fisica più diffusi.

A tal fine, abbiamo esaminato tre testi di nuova e recente produzione come Amaldi (2009),<sup>4</sup> Cutnell-Johnson (2009), Caforio-Ferilli (2010).

Questi tre testi, piuttosto diffusi e rappresentativi, mostrano le strategie correntemente utilizzate dagli autori per presentare una fisica più interessante e stimolante. Il tipo di strumenti testuali usati da questi testi rivela come il problema della motivazione e dei fattori soggettivi ed estetici nello studio delle scienze sia stato percepito e affrontato dagli autori, e quanto abbia avuto un impatto significativo sulle modalità di presentazione dei contenuti della disciplina.

Per le immagini, alcune considerazioni quantitative possono anche in questo caso completare un discorso più qualitativo e storico. Partendo da uno dei casi presi come riferimento, i testi degli Amaldi, si può ottenere una prima linea storica di cambiamento.

Utilizzando le quattro tipologie descritte, si è svolto un conteggio approssimativo al fine di una ripartizione delle immagini usate.<sup>5</sup> Le differenze quantitative ottenute hanno un valore puramente indicativo, a sostegno di una considerazione globale sull'approccio didattico dei testi.

Esaminando due esempi temporalmente molto distanti come Amaldi (1970) e Amaldi (2009), la diversa declinazione pedagogica delle immagini è chiara. Ci siamo serviti ancora una volta di due capitoli esemplificativi: la Statica e il capitolo sui principi della Dinamica.

Per il primo caso, Amaldi (1970) e Amaldi (2009) presentano all'incirca lo stesso numero di immagini (tra le cinquanta e sessanta); nel primo caso oltre la metà di queste sono di natura astratta, mentre circa un quinto sono quelle di valore didattico e quelle a scopo descrittivo.

Per Amaldi (2009), invece, più della metà delle immagini è di natura didattica e quelle astratte sono ridotte a meno di un quinto del totale; anche le immagini a scopo descrittivo assumono

---

<sup>4</sup> Questo testo fa parte della serie storica del *Corso di Fisica* per i Classici del 1970 con cui qui viene comparato e di cui rappresenta la sesta edizione.

<sup>5</sup> Nel conteggio, si sono talvolta accorpate immagini separate ma facenti parte della stessa didascalia o dello stesso esempio illustrato; in altri casi, alcune immagini, seppur all'interno della stessa porzione di testo, sono state contate separatamente per via di alcune minime differenze significative secondo la caratterizzazione proposta.

un peso più marginale rispetto al manuale precedente. Le immagini illustrative, quelle più riconducibili a una funzione estetica, sono aumentate fino a un quinto del totale.

Nel caso del capitolo sulle leggi della dinamica classica, che nel testo del 1970 però include anche la trattazione dell'energia e del lavoro, separata dalla leggi di Newton nel testo più recente, le differenze che emergono sono simili. Su un numero totale sempre simile (intorno alle venticinque), Amaldi (1970) ne presenta metà di tipo astratto e un quantità lievemente inferiore a scopo didattico; l'edizione del 2009, invece, utilizza solo immagini didattiche a cui se ne affiancano alcune a scopo illustrativo.

Alcune immagini che usava il testo del 1970, che come si è visto dava ampio spazio a tecnologie e apparati sperimentali descrivendoli graficamente, mancano nell'analogo del 2009. Non si usano più immagini puramente descrittive e statiche di congegni tecnici, fini a sé stesse o con scopi strettamente informativi, ad esempio su come sono fatti un certo oggetto e la sua struttura. Il peso, inoltre, delle immagini astratte e formali è drasticamente ridimensionato a favore di immagini a scopo didattico che abbiamo definito come fusione di elementi concreti, di raffigurazioni di oggetti e situazioni reali con descrizioni geometriche e rappresentazioni fisiche (vettoriali nel caso dei due capitoli specifici). L'abbondanza di disegni geometrici e rappresentazioni astratte di Amaldi (1970) viene completamente sostituita dal largo impiego di questo genere di illustrazioni: non manca, ovviamente l'uso del disegno vettoriale e geometrico, ma questo è quasi sempre calato in un contesto intuitivo e attraverso raffigurazioni di oggetti reali. Ovviamente, nel complesso del testo, ovvero lungo tutto il corso di fisica, queste caratteristiche emergono maggiormente in alcune parti, come nella Meccanica, ma costituiscono comunque un tratto abbastanza generale.

Tutti i principi della Statica, che Amaldi (1970) spiegava con disegni astratti, vengono esemplificati con le più disparate situazioni fisiche quotidiane in Amaldi (2009): tiro della fune, sollevamento di oggetti, spinta di carrelli e slitte, manubri, maniglie, mollette, forbici, ecc., veicolano la rappresentazione fisica di forze e le condizioni di equilibrio che nel vecchio testo venivano perlopiù illustrate in maniera formale. Un'ultima considerazione riguarda le foto e le immagini puramente illustrative, cioè quegli elementi grafici in aggiunta al testo che non hanno scopi strettamente didattici. Amaldi (2009), come tutti i manuali più recenti, fa un più ampio uso di fotografie e illustrazioni aggiuntive che hanno anche valore estetico nella pagina di un testo, senza tuttavia essere mai separate dalla trattazione e fini a sé stesse, essendo commentate da opportune didascalie o note a margine. Proprio partendo da questo tipo di illustrazioni, che in Amaldi (1970) raffiguravano perlopiù tecnologie o situazioni sperimentali, si può definire il ruolo di cosiddetti "attrattori emotivi" nei nuovi testi, rivolti

all'interesse e alla curiosità dei lettori. Le illustrazioni di Amaldi (2009) rappresentano i più svariati soggetti; per esempio, nella Statica: nuotatori, calciatori, motociclisti, castelli di carte, edifici e altri ancora. Il ruolo di queste immagini è chiaramente quello di attirare l'attenzione, creare dei diversivi rispetto alla trattazione principale, dare esemplificazioni meno astratte e immediatamente evidenti; spetta soprattutto alla scrittura, principale o "secondaria", il compito di dare senso fisico a queste immagini e al loro inserimento nel testo. Anche se abbiamo catalogato queste immagini come puramente illustrative, come sono delle foto prese dai più diversi contesti non scientifici, anche queste vengono sempre declinate dai testi di nuova generazione a scopi didattici, dopo aver svolto il ruolo di catalizzatori di curiosità e interesse nell'economia grafica della pagina di un manuale.

E' interessante notare che diversi studi sul rapporto tra educazione e cognizione hanno individuato una classe di elementi testuali di questo tipo. Proprio nello studio delle caratteristiche e della comprensione dei testi (intesi in senso generale) si è parlato, a tal proposito, di "dettagli seduttivi", denotando quegli elementi fatti di dettagli interessanti, stimolanti, "aneddotici", essenzialmente composti, però, da informazioni non essenziali per lo specifico contesto di apprendimento (Wade, 2001: 244).

Si può aggiungere, sempre riferendoci a queste ricerche, una nota sull'origine e sugli effetti di questi elementi testuali.

Garner et al. (1989) coined the term "seductive details" to refer to the addition of novel, active, concrete, and personally engaging but irrelevant information to increase interest in an otherwise uninteresting text. They modified science texts by adding interesting but tangential material that increased the length of the text by nearly 40%. The graduate student participants in the study did not recall what was considered of importance to the researchers in the modified texts. Although Garner et al. failed to replicate the results in a second experiment with seventh graders, they warned against this practice on the basis that it detracted from students' recall of main ideas (Sadovski, 2001: 272).

Diverse ricerche hanno indagato, quindi, la tipologia e, soprattutto, l'effetto di strumenti testuali come quelli che abbiamo definito "attrattori emotivi", i quali presentano caratteristiche del tutto analoghe ai dettagli seduttivi di cui parlano gli psicologi dell'educazione. Secondo questi studi, l'efficacia didattica, strettamente cognitiva, di questi elementi è dubbia e questi "dettagli" potrebbero addirittura rappresentare un ostacolo all'individuazione e alla comprensione delle informazioni principali – essenziali – del testo.

Tuttavia, l'utilizzo di immagini meno astratte, di fotografie e illustrazioni con funzione estetica e insieme didattica, l'aggiunta di elementi grafici che fungano da stimoli all'interesse, sono aspetti che si ritrovano, ad esempio, nei testi di altri autori usati per questa comparazione. Si tratta di testi di origini alquanto diverse e per questo la comparazione è



interessante alla luce degli elementi comuni che prevalgono. Caforio-Ferilli (2010) è un testo molto semplice e introduttivo per i bienni dei licei scientifici; Cutnell-Johnson (2009) è un manuale per licei scientifici, ennesimo esempio di importazione dalla didattica americana dei *college* ed essendo dello stesso editore degli Amaldi, nonché dello stesso periodo, condivide con Amaldi (2009) non solo parte dello stile grafico, ma anche alcune schede di approfondimento aggiunte all'edizione italiana.

Per quanto riguarda Caforio-Ferilli (2010), ereditate alcune peculiarità dai testi precedenti degli autori, ad esempio l'uso più frequente, rispetto agli Amaldi, delle fotografie di strumenti di misura, il testo riferito ai bienni presenta in modo più marcato una differenziazione degli apparati didattici e l'utilizzo di vari strumenti a fianco della trattazione centrale, molti dei quali sono funzionali alla presentazione di una fisica interessante, talvolta divertente e sorprendente. Queste vere e proprie "rubriche" affiancano gli altri aspetti emersi in Amaldi (2009): pochissime immagini puramente astratte e geometriche, insieme a fotografie illustrative di contesti non strettamente scientifici che fungono da attrattori estetici, che sono raccordate alla spiegazione dei concetti fisici. Tra le varie rubriche, una intitolata "la fisica che stupisce" rappresenta un esempio di fisica non solo interessante, ma quasi spettacolare o affascinante, costruita intorno a esperimenti di facile realizzazione in cui si fa intervenire in maniera sostanziale un concetto trattato. La filosofia di questa rubrica è semplice ed efficace: si descrive con cura il materiale e la preparazione di un semplice esperimento da eseguire con oggetti di uso più o meno quotidiano; si descrive l'effetto che si osserva, vale a dire un fenomeno abbastanza sorprendente e inaspettato; si spiega a cosa è dovuto l'effetto e secondo quale ragionamento un particolare concetto fisico sia alla base del fenomeno "creato". Sebbene di natura pratica, queste attività non coinvolgono tanto competenze propriamente sperimentali – non comprendono aspetti quantitativi e procedimenti di misura – quanto il ragionamento di fronte a evidenze empiriche che, facilmente prodotte e inaspettate, favoriscono un atteggiamento positivo, aperto e "interessato" verso lo studio della fisica. Questo è solo un esempio in Caforio-Ferilli (2010) di una vasta classe di risorse propositive e motivanti rivolte all'attitudine degli studenti verso la fisica, attitudine che evidentemente viene considerata ancora più cruciale nel caso del primo approccio alla fisica nel biennio dei licei.

Un altro esempio di arricchimento pedagogico dei manuali, che rappresenta una strategia di motivazione e sollecitazione emotiva allo studio, è condiviso da Amaldi (2009) e Cutnell – Johnson (2009). Si tratta di un elemento piuttosto interessante perché, in questo caso, è ancora

più forte la relazione dell'aspetto motivazionale con quello strettamente didattico rivolto al ragionamento scientifico e allo sviluppo di competenze, ossia di veri e propri "comportamenti cognitivi".

Entrambi questi testi aprono i loro capitoli con un quesito tecno-scientifico; la soluzione di questo viene sviluppata alla fine della trattazione dei concetti fisici che intervengono in misura diversa nella stessa definizione del problema iniziale. Cutnell-Johnson (2009) espone all'inizio del manuale la natura di questi problemi; vengono chiamati "stime di Fermi" in quanto lo scienziato italiano riteneva che una capacità del fisico fosse quella di giungere a delle stime approssimative dell'ordine di grandezza di una certa quantità, ancor prima di fare misure, attraverso precise strategie di ragionamento e calcolo. I problemi riguardanti le stime di Fermi coinvolgono alcune capacità specifiche e generali. Lo schema fornito dal testo segue un certo ordine: modello e struttura del calcolo da compiere, la stime delle grandezze coinvolte, il reperimento di dati numerici e di relative fonti che permettano di sviluppare i calcoli che porteranno al risultato finale. La funzione principale di queste attività è inerente allo sviluppo delle capacità di calcolo, approssimazione, risoluzione di problemi e, inoltre, di ricerca di informazioni di varia natura (perlopiù su testi e in rete). Un effetto "collaterale", ma che contribuisce al senso dei quesiti, è proprio quello di essere dei generatori di curiosità, di senso per la ricerca di risposte scientifiche, di una scintilla iniziale rivolta all'attitudine emotiva verso lo studio di un certo capitolo di fisica. I temi toccati rafforzano la funzione didattica delle stime di Fermi; viene richiesto di stimare l'ordine di grandezza delle più svariate quantità secondo dei modelli che possono essere applicati a un problema scientifico, così come a una curiosità più banale come "quanti spaghetti contiene una confezione da 500 grammi", "quanto spazio occuperebbero gli italiani se si mettessero tutti vicini" o "quanti chilogrammi di monete da un euro è il debito pubblico che grava su ogni italiano". Al termine di ogni capitolo viene soddisfatta, per così dire, la curiosità inizialmente suscitata e sono coinvolti il ragionamento, così come la conoscenza dei concetti spiegati. Altri esempi sono le stime della durata di un viaggio verso la stella più vicina al Sole, dell'accelerazione centripeta di un martello lanciato nella relativa specialità sportiva, della benzina consumata durante un gran premio di Formula 1 o della forza agente su un automobilista senza cintura in un incidente stradale di un certo tipo.

Similmente, anche le ultime edizioni dell'Amaldi utilizzano problemi del genere. In Amaldi (2009)<sup>6</sup> il secondo dei problemi che aprono i capitoli riguarda proprio le stime di Fermi, nel

---

<sup>6</sup> Amaldi utilizza questa modalità di presentazione dei capitoli anche nell'analogica versione per licei scientifici

contesto dell'unità sulla misura, spiegate e applicate in questo caso a una stima del numero di lettere dello stesso volume di fisica. Gli altri problemi iniziali toccano temi e spiegazioni più diversificate, e non solo stime di ordini di grandezza, ma ricoprendo un ruolo del tutto analogo a quelle usate in Cutnell-Johnson (2009): formulare un quesito interessante che suscita motivi di curiosità, aprire con esso lo sviluppo di un certo tema di fisica, tornare al quesito alla fine del capitolo e, tramite una nuova nozione introdotta, risolverlo con l'ausilio di calcoli e dati ottenuti da una qualche fonte attendibile (anche in questo caso il ruolo della rete è elevato a strumento di ricerca e ad attività autonoma di documentazione). In questi manuali l'associazione tra la soluzione del problema iniziale e i concetti spiegati è ancora più stretta: effetti di terremoti e fenomeni di risonanza (capitolo su onde armoniche); Formula 1 e concetti di velocità media e istantanea (cinematica); luna park e fenomeni di accelerazione; esperienze di astronauti nello spazio e gravitazione; volo di un aereo e dinamica dei fluidi; calcolo balistico e quantità di moto, ecc.<sup>7</sup> E' evidente, anche in questo caso, che tali problemi servono non solo come esercizio e dimostrazione delle capacità esplicative della fisica, ma anche come leve della motivazione, in quanto introducono nei testi temi e curiosità che facilmente possono condurre a un'attitudine positiva verso la comprensione dei concetti, prima, e la loro applicazione "pratica", poi, nei più diversi contesti. Un'interessante peculiarità pedagogica di queste domande è proprio il loro rappresentare una sorta di *incipit* e di moventi iniziali per lo studio. La struttura didattica entro cui sono inserite ne fa delle specie di *escamotage* comunicativi in cui il modo di introdurre e presentare un tema gioca un ruolo molto importante per come quel tema sarà recepito e affrontato, anche dal punto di vista emotivo. Si tratta di una caratteristica pedagogica, comune a molte situazioni comunicative e didattiche, che può essere messa in relazione con l'aristotelica "meraviglia", origine della conoscenza e del filosofare. Queste domande forniscono lo spunto, la curiosità, la breccia emotiva iniziale per aprire un cammino faticoso di ragionamento, comprensione e, infine, di conoscenza della fisica e dei suoi strumenti cognitivi. L'inizio di un capitolo non è più fornito, come in qualche testo precedente, da una descrizione, un sommario o una presentazione in forma prosaica dei contenuti disciplinari che seguiranno, ma da una curiosità, da una situazione problematica, in parole brevi, da una "motivazione" per cui valga la pena intraprendere quel percorso di studio e applicazione intellettuale.

Nel caso di Amaldi (2009), le strategie rivolte all'attitudine verso la fisica sono esplicitamente evidenziate dall'autore e riportate nella scheda descrittiva allegata al testo: si parla di un

---

Amaldi (2007).

<sup>7</sup> Cfr. Amaldi (2009, I).

approccio “iconografico” che – si badi bene – “alleggerisce la teoria” e facilita la comprensione dei concetti, ma anche dei “riferimenti alla vita quotidiana”, come quelli nelle domande a inizio capitolo, che aiutano a “motivare gli studenti”.

Le dichiarazioni dell’autore e le intenzioni espresse per le nuove edizioni del testo suggeriscono che il curriculum di fisica – rappresentato dal manuale, dal lavoro degli autori e degli editori – è in consonanza con alcune delle idee più fondamentali che la ricerca e i documenti di *policy* internazionali hanno elaborato e che sembrano trovar riscontro almeno nei testi più diffusi nei licei italiani. Questo vale a grandi linee per i testi esaminati e sicuramente per l’Amaldi, che rappresenta mezzo secolo di fisica insegnata nelle scuole italiane.

Al termine di questo *excursus* sulle risorse e su alcuni elementi testuali elaborati per promuovere un’attitudine positiva verso la scienza scolastica, si può più facilmente riconoscere l’accordo tra i materiali didattici visti e alcune strategie discusse nel panorama accademico dagli studiosi di educazione scientifica.

Affermavano, per esempio, in un altro importante rapporto inglese, gli autori menzionati nel primo capitolo:

One of the major difficulties with the current science curriculum, which we identified earlier in this report, is the lack of sufficient variety in the kinds of activities in which learners engage. We feel, therefore, that it is important to emphasize our view that the science curriculum of the future should have much greater variety, not only in the types of learning activity involved but also in the pace of learning (Osborne, Millar, 1998: 23).

In seguito, a titolo di raccomandazione, ribadivano:

The science curriculum should encourage the use of a wide variety of teaching methods and approaches. There should be variation in the pace at which new ideas are introduced. In particular, case-studies of historical and current issues should be used to consolidate understanding of the ‘explanatory stories’, and of key ideas-about-science, and to make it easier for teachers to match work to the needs and interests of learners (*Ivi*).

I manuali, definiti qui “di nuova generazione”, hanno provveduto a questa diversificazione delle risorse e delle strategie di apprendimento giocando sul ruolo di diversi nuovi strumenti testuali, tra cui spiccano nuove “rubriche” con inediti problemi e il ruolo delle immagini quali congegni didattici per sostenere l’interesse e la motivazione degli studenti. A questi vanno aggiunti molti tipi di approfondimenti scritti che non intaccano lo sviluppo centrale dei contenuti, ma che servono a integrare la trattazione fisica canonica con, appunto, casi di studio sulla storia, la filosofia e altre discipline con cui la fisica ha stabilito dei collegamenti e degli scambi sempre più profondi e rilevanti.

Un secondo punto, centrale nella riorganizzazione dei manuali per la presentazione di una

fisica più interessante, è stato però soprattutto quello della rilevanza dei contesti in cui questa viene inserita, ovvero di quegli ambiti e quelle situazioni su cui immagini, esempi, problemi e approfondimenti fanno leva al fine di una miglior comunicazione didattica: esattamente il caso dei “riferimenti alla vita quotidiana” con cui gli ultimi Amaldi si sono rinnovati.

Anche in questo cambiamento, il ruolo di strumenti testuali aggiuntivi è stato preponderante, ma si è avuta una più profonda rivisitazione dell’approccio globale stesso alla spiegazione e alla presentazione dei temi centrali del curriculum.

#### *4.1.2. Motivazioni oggettive: tecnologie, società e vita quotidiana*

Che la scienza studiata a scuola debba essere rilevante per lo studente, ovvero dotata di senso e di un qualche tipo di utilità, o valore formativo, è un fatto lapalissiano. In pratica, però, il distacco dei concetti e dei temi della fisica dalla cultura e dal mondo di molti studenti è avvenuto per una serie di dinamiche diverse. Da una parte la stessa fisica è diventata una scienza sempre più teorica, astratta e in certi casi slegata dall’intuizione e dalla percezione, nonché, in apparenza lontana dai fenomeni più comuni. Dall’altra, il cambiamento epocale più volte chiamato in causa, che ha coinvolto la scuola e il suo esser diventata una strada formativa sempre più partecipata, meno rigidamente strutturata in segmenti chiusi, composta da studenti di attitudini e capacità eterogenee, ha complicato non poco il tipo di problemi che un insegnante di scienze può scoprire in una classe, non ultimo il fatto che la disciplina non è percepita non solo come interessante, ma neanche utile, rilevante e culturalmente dotata di senso e valore. Responsabili per questa spaccatura tra le materie scientifiche e gli studenti sono stati certamente alcuni modi di insegnarla, i limiti di certe pratiche didattiche scolastiche – ad esempio le scarse possibilità di sviluppare attività sperimentali stimolanti e significative – la tipologia e gli approcci dei libri di testo.

Già dalle note affermazioni di Kuhn sui libri di testo quali canali della scienza normale che poco rappresentano il vero lavoro degli scienziati e l’effettivo modo di svilupparsi della ricerca, si può dedurre che la presentazione accademica della disciplina non contempla la necessità di motivare il discente attraverso la sua sensibilità e cultura, né quella di illustrare la scienza anche attraverso il mondo sociale e culturale entro cui questa sorge ed evolve. Nella misura in cui i testi scolastici hanno un’impostazione accademica ed enciclopedica, quindi, sono meno propensi a inserire la conoscenza scientifica in contesti che siano rilevanti per un’educazione culturalmente efficace e che permettano quindi di elaborare una pedagogia per una vasta classe di studenti. Questa essenza dei libri di testo – non assoluta e indiscutibile, per

quanto spesso necessaria – è stata talvolta complicata da metodi di insegnamento incentrati sulle nozioni, sull’esercizio meccanico, sulla legge formale e la sua applicazione matematica. Questo è quanto da decenni si osserva per i testi e per le pratiche più deprimenti di insegnamento delle scienze, in Italia così come, lo si evince anche dai *report* internazionali, in altri paesi.

Vi è, dunque, un problema che si situa nel passaggio da un interesse soggettivo a uno oggettivo, e consiste nel fare leva sugli stimoli emotivi e motivazionali per creare un “senso” che dia rilevanza e valore culturale alla fisica. Questo passaggio è stato descritto, in altri termini, come transizione da un interesse “situazionale” a un interesse “personale” e dal “catturare” al “sostenere” la motivazione.<sup>8</sup> L’interesse che abbiamo definito soggettivo, quello situazionale, è spontaneo, passeggero e contestuale; l’interesse oggettivo, o personale, è invece durevole e strettamente legato alla percezione di senso e rilevanza da parte dell’individuo. Secondo il quadro concettuale di PISA 2006, la dimensione personale dell’attitudine include il ritenere il contenuto scientifico utile a comprendere le cose, utile per la vita adulta e sociale, insomma rilevante al di là delle mura scolastiche.

La prima classe di risorse esplorate nei testi è inerente più al “fare presa” sull’interesse situazionale e non implica la creazione di un’attitudine che persista e che sia fondata su moventi stabili e personali dell’apprendimento. Nel caso di chi non ha ancora una competenza minima in fisica, o non ha ancora costruito le basi di una “comprensione”, rimane difficile anche solo l’afferrare l’interesse e il cogliere una situazione particolare in cui si dia l’occasione per farlo. In parole povere, chi non comprende la fisica – chi ha avuto un’esperienza negativa al riguardo – perde l’interesse e la motivazione ancor prima di accedere alle possibilità e all’occasione di apprendimento (Lavonen, Juuti, Byman, Meisalo, 2006: 42).

Il passaggio tra i due tipi di interesse avviene grazie anche a delle risorse curriculari appropriate e «può essere sostenuto da opportuni curricula e testi che rendano il contenuto dell’apprendimento dotato di significato e rilevante dal punto di vista personale degli studenti» (Lavonen, Juuti, Byman, Meisalo, 2006: 49, trad. mia).

Riguardo a questo punto, una delle strategie principali, prospettata lungo decenni di ricerche e proposte curriculari, è basata sull’individuazione di contesti di presentazione e applicazione delle conoscenze fisiche che siano significativi per gli studenti, rispetto al quadro storico e degli altri saperi. Diversi ambiti di interesse sono stati individuati da varie ricerche empiriche,

---

<sup>8</sup> Lavonen, Juuti, Byman, Meisalo (2006).

tra cui la citata ROSE e altre indagini più circoscritte. Ciò che emerge da questi studi ha guidato anche l'elaborazione di approcci *STS* o, più in generale, “*context based*” in cui vita quotidiana, salute e medicina, tecnologie, questioni politico-sociali, sono i campi in cui un concetto o una teoria scientifici sono inizialmente inseriti o successivamente applicati per mostrarne le implicazioni.

Anche il report UNESCO si richiama a questa serie di approcci curriculari e sottolinea la necessità di presentare la scienza in contesti “intrinsecamente motivanti”.<sup>9</sup> Una particolare raccomandazione del documento concerne soprattutto le tecnologie: la percezione comune vede scienza e tecnologia come quasi coincidenti e i contesti tecnologici sono, quindi, quelli che più si prestano a fornire rilevanza alle materie scientifiche, sia per questa comune percezione diffusa, sia perché sempre più i due ambiti sono effettivamente interrelati e nodi di questioni anche culturalmente e socialmente cruciali. Secondo Fensham, questi approcci interdisciplinari apparivano promettenti, ma la strada intrapresa da molti curricoli di scienze in vari paesi è stata quella di una netta separazione tra scienza e tecnologia, con il risultato di una scienza scolastica meno rilevante, più astratta e, in qualche modo, fine a sé stessa.

Gli accorgimenti e le possibilità da considerare nel riproporre dei curricoli che leghino fortemente scienze e tecnologia – sempre secondo Fensham – sono molteplici. Innanzitutto in un curriculum integrato di scienza e tecnologia ci sono più occasioni di diversificare le attività di indagine scientifica a livello didattico, di fornire dei contesti motivanti e interessanti, di promuovere un apprendimento che sia trasferibile – proprio perché non astratto e sganciato dal mondo reale – di saggiare anche i limiti e i vincoli della conoscenza scientifica nella pratica reale che la contraddistingue. Vanno anche tenute presenti, però, la necessità di tralasciare e diminuire molti dettagli superflui solitamente affrontati dalla scienza scolastica – questione inerente a quello che si è definito “enciclopedismo” e “accademismo” – e di ripensare la preparazione dei docenti che necessitano delle risorse e delle competenze per padroneggiare un tal tipo di approcci interdisciplinari.<sup>10</sup>

In questo campo di problemi e raccomandazioni didattiche, il ruolo dei testi può essere comunque importante. In generale, i tre casi testuali citati in precedenza (Caforio-Ferilli, Cutnell-Johnson e Amaldi) mostrano tutti una notevole flessione verso una fisica più calata nel contesto e dotata di rilevanza culturale e “pratica”. Specialmente gli ambiti della tecnica e

---

<sup>9</sup> Si è menzionato (nella prima parte) il richiamo di Fensham al lavoro di Aikenhead (2005b), che presenta un approccio del genere, umanistico e legato alla vita quotidiana, come risultato di evidenze empiriche di efficacia e successo didattico.

<sup>10</sup> Si veda il punto D del documento Nuffield, “Che relazione c'è tra tecnologia e didattica delle scienze”, (Fensham, 2008: 22-24).

della vita quotidiana sono stati spesso sfruttati per rielaborare il modo di presentare e spiegare le conoscenze fisiche, sebbene si sia sempre mantenuto un profilo disciplinare distinto per le materie scientifiche e la tecnologia non è mai entrata, in quanto soggetto curricolare, nel canone dei licei italiani.

Anche per questo insieme di strategie didattiche si può stabilire un rapporto indiretto ben preciso con le ricerche educative e cognitive. Si deve ricondurre, infatti, l'insieme di nuove risorse testuali alla volontà di rendere più concreto e tangibile l'apprendimento della fisica. Le immagini, gli esempi, i riferimenti a oggetti e fenomeni comuni rappresentano un chiaro tentativo di sostenere l'apprendimento attraverso adeguati supporti didattici e una diversa declinazione dei contenuti. Tra i tanti studi, quello già citato di Sadoski (2001) ha indagato gli effetti, solitamente positivi, che l'utilizzo di elementi concreti, esempi raffigurabili e immagini esemplificative ha sulla comprensione di uno specifico contenuto più astratto.

Nelle intenzioni degli autori, quindi, troviamo delle strategie, più o meno consapevoli, che si rivolgono alla motivazione, prima, a facilitare l'apprendimento poi. Ci sembra, comunque, che la relazione dei testi con le ricerche cognitive sia molto indiretta; talvolta, il rapporto può essere stato anche inverso: il tipo di testi e strumenti didattici utilizzati e ideati dagli autori ha permesso ai ricercatori di comprendere alcune caratteristiche dell'apprendimento e di sondare certi effetti in specifici contesti sperimentali.

Non solo nel caso dell'Amaldi l'idea di rilevanza oggettiva (di interesse personale), oltre che soggettiva, della fisica, insieme all'intenzione esplicita di ampliare le possibilità di apprendimento, ha modificato sensibilmente l'approccio e la struttura del testo, ma anche in altri manuali si trovano elementi didattici analoghi.

Cutnell-Johnson (2009) è un esempio di fisica "situata" e fornisce un buon modello di mediazione tra contenuti disciplinari e contesti di rilevanza. Secondo alcuni, la peculiarità del testo sta nell'integrazione della dimensione umana con quella tecnologica.<sup>11</sup> Cutnell-Johnson (2009) è, come detto, un altro caso di un manuale americano per un corso di fisica rivolto a studenti del *college*. La versione italiana consiste in un riadattamento e nella traduzione di un testo che presenta tutta la fisica di base – con un approccio algebrico – in un corso di un anno, con una particolare attenzione, tra l'altro, agli studenti rivolti alle professioni bio-mediche. Molti degli esempi e delle applicazioni studiate nel testo originale americano sono rivolte infatti proprio a questo ambito: dallo scheletro umano e la trazione delle ossa, alle applicazioni mediche di raggi X, laser, radiochimica, ecc. Questo è uno dei contesti che le

---

<sup>11</sup>J. Lavonen, K. Juuti, R. Byman, V. Meisalo (2006: 50).



rilevazioni internazionali ritengono di una certa importanza al fine di dotare la fisica di rilevanza per gli studenti, e il testo in questione ha la capacità di far leva su un approccio che possiamo definire in parte *context-based*. Nei riferimenti alla vita quotidiana, specificamente elencati per ogni capitolo, si concretizza questa parziale attenzione a una “fisica nel contesto”. Nella trattazione della Meccanica, articolata in otto capitoli, vengono affrontati vent’otto temi di “fisica quotidiana”. Alcuni esempi sono:

- per il capitolo sull’applicazione dei principi della dinamica: lo scheletro umano (forze agenti sulla colonna vertebrale in un esercizio ginnico), l’attrito e vari tipi di attività come il camminare e l’arrampicarsi, la trazione di un piede in ortopedia, l’inclinazione di un aereo in virata e uno strumento che misura la massa corporea tramite il moto armonico di una molla;
- per il capitolo sulla gravitazione: la velocità orbitale del telescopio Hubble, il sistema di posizionamento GPS, il sistema di satelliti per la TV digitale, la velocità di un satellite in orbita intorno alla Terra e i fenomeni di assenza apparente di gravità.

Questi sono alcuni esempi di come il testo offra numerosi contesti in cui oggetti quotidiani, fenomeni ordinari, tecnologie e applicazioni rivelano il significato e l’utilità di leggi e concetti fisici. Molte esemplificazioni e diversi esercizi non si discostano da questo approccio, utilizzando sempre situazioni comuni o applicazioni tecnologiche della fisica.

A differenza di quegli elementi testuali rivolti all’interesse situazionale, ma anche delle varie schede di lettura che si aggiungono alla trattazione fisica nei manuali più recenti, gli esempi di tecnologie e fenomeni più o meno quotidiani vengono sempre integrati nello sviluppo principale dei concetti fisici, fungendo da esempio di applicazione dei principi studiati. Il loro studio e approfondimento, quindi, è parte integrante del testo, così come per l’Amaldi l’insieme di nuove immagini utilizzate non ha più una funzione secondaria o aggiuntiva, ma è un canale parallelo di spiegazione dei concetti a fianco della trattazione fisico-matematica principale.

La diffusione di questo approccio didattico ha avuto effetti visibili sulle pagine dei manuali e anche in Amaldi (2009) non solo le immagini, ma anche gli esempi e alcuni esercizi vengono sempre più basati su contesti analoghi, in particolare su oggetti e attività quotidiane.

E’ interessante vedere, da questo punto di vista, come sono cambiate anche le premesse allo studio della fisica fornite dai testi. Ci riferiamo a quelle premesse sulla natura della fisica che i manuali riportano in apertura del corso. Queste premesse sono una parte marginale nel quadro del testo e delle lezioni di fisica che l’insegnante costruirà, ma sono piuttosto istruttive per capire la visione degli autori, le intenzioni pedagogiche e culturali che si vogliono comunicare all’insegnante e allo studente.

A proposito di immagini e strategie ad effetto sulla motivazione, sia Cutnell-Johnson (2009), che Amaldi (2009) presentano la fisica, nelle sue ripartizioni disciplinari, come legata alla spiegazione dei fenomeni di tutti i giorni. Già dalle prime pagine, quindi, viene esplicitata l'importanza della fisica per capire l'ambiente che ci circonda, importanza su cui soprattutto molti testi e materiali divulgativi fanno usualmente leva, facendone spesso un tema principale al fine di appassionare il lettore alla scienza, soddisfacendo le sue curiosità.

Una cucina, nel primo caso, e un'automobile, nel secondo, vengono illustrate, assegnando a varie parti della figura un ambito della fisica che si rivelerà pertinente per comprendere i relativi fenomeni: la termologia aiuterà a comprendere il motore a scoppio e l'ebollizione dell'acqua; la meccanica, il moto dell'auto o l'equilibrio di un corpo; l'ottica, il colore degli oggetti; l'elettromagnetismo, il funzionamento di una batteria e un forno a microonde; la fisica atomica, la lampada al neon, e così via. Questa sorta di anticipazione dei riferimenti ricorrenti che si incontreranno nella trattazione concettuale è un nuovo modo di introdurre la fisica, almeno a livello più esplicito e a forte impatto comunicativo, per la creazione di un interesse personale, ossia di un legame tra la disciplina e il mondo dello studente. Queste illustrazioni, che riacordano la fisica e le sue ripartizioni accademiche agli oggetti della vita di tutti i giorni, sono un modo di catturare l'attenzione e, insieme, la presentazione del contesto che servirà a dare significato e rilevanza alle conoscenze fisiche trattate. Va notato che questa stessa suggestione con finalità motivazionali non è presente nella versione originale di Cutnell-Johnson da cui deriva l'edizione italiana: ciò rivela, ancora, l'assunzione di un insieme di strategie e approcci testuali comuni da parte della casa editrice che già da decenni pubblicava l'Amaldi e importava i testi americani nel panorama editoriale scolastico dell'Italia. I due testi condividono quindi alcune aggiunte allo sviluppo concettuale principale che sono funzionali all'arricchimento sul piano culturale e comunicativo della fisica liceale; evidentemente, la funzione di questi elementi supplementari è specificatamente calibrata per l'ambito scolastico italiano e diverso è l'approccio, per ovvie ragioni, quando i fruitori del manuale sono studenti del *college* orientati alle professioni bio-mediche.

Anche nel caso degli Amaldi, le illustrazioni ed esemplificazioni dei concetti, che una volta erano veicolate con immagini astratte e tramite la spiegazione degli apparati sperimentali e tecnici più importanti – si è detto – sono nei nuovi testi presentate in termini di applicazioni a oggetti e fenomeni comuni. Il cambiamento, per così dire, formale nel tipo delle immagini, che abbiamo descritto nel paragrafo precedente, è quindi reso possibile soprattutto dal contenuto delle stesse.

Anche nelle intenzioni espresse, si legge una ricerca di senso e rilevanza per lo studio della

fisica. Già nei primi capitoli, quelli sulla natura della fisica e sul metodo (misura, grandezze, ecc.), dagli anni Novanta, cioè da quando Ugo Amaldi diventa la firma del testo e altri collaboratori partecipano alla sua ri-edizione, un insieme di riflessioni culturali e epistemologiche aprono il corso di fisica, attraverso un nuovo modo di comunicare il valore della disciplina.

Amaldi (1997) introduce il corso per i licei scientifici con un invito alla scienza, chiedendo “perché di nuovo la fisica?”. L’autore fornisce tre motivazioni «in ordine di sofisticazione crescente» per lo studio di un insieme di temi di fisica: “perché il programma ministeriale lo prevede”, risposta superficiale – viene detto – a cui non si può più fare appello quando si devono trovare le vere ragioni per comprendere il significato della disciplina; per le applicazioni tecnologiche che caratterizzano l’età contemporanea e che magari sarà utile o necessario imparare a usare anche in una professione futura; infine, per cogliere le caratteristiche di una «visione del mondo scientifica» che l’uomo è andato elaborando nel tempo e che ha condotto a dei grandi cambiamenti epocali di ordine culturale.<sup>12</sup> Significativo è un inciso finale dell’autore che rivela una maggior consapevolezza del tipo di studenti a cui ci si rivolge in un quadro scolastico sensibilmente cambiato rispetto agli anni Settanta: «meno ci occuperemo di scienza nella nostra vita professionale, più è necessario usare ora l’occasione dello studio della fisica e delle altre scienze per costruirci un’immagine scientifica del mondo. Dopo sarà troppo tardi» (Amaldi, 1997, I: 5). In questa introduzione si coglie l’intenzione di promuovere una vera e propria cultura scientifica «parte di un’unica cultura», e basata su una visione del mondo scientifica; tale visione è ciò che «resta nella mente di colui che si è avvicinato alla conoscenza delle scienze naturali quando, passato un po’ di tempo, dimentica i dettagli degli esperimenti, i particolari dei sistemi studiati, le formule che rappresentano i fenomeni naturali» (Amaldi, 1997, I: 4). Si può accostare questa finalità pedagogica alla declinazione culturale, ma anche civica, della *scientific literacy*, basata anche su una minor aderenza all’insieme dei contenuti – che buona parte degli individui non continuerà a padroneggiare dopo la fine del ciclo scolastico – e su una forte componente attitudinale, intesa come atteggiamento cognitivo e visione del mondo. Per realizzare questa nobile prospettiva pedagogica, le risorse e i riferimenti interdisciplinari che il testo deve integrare all’interno del corso di fisica e del suo approccio accademico sono molteplici, e proprio su questo terreno l’evoluzione editoriale del testo degli Amaldi ha mostrato altri segni più evidenti di riflessione didattica, rispetto alla trattazione dei contenuti in quanto tali. Da un

---

<sup>12</sup> Amaldi (1997, I: 2-3).

certo punto di vista, però, Amaldi (1997) approfondisce alcuni aspetti concettuali della fisica, ma senza fornire in modo sistematico degli strumenti di contestualizzazione dei concetti fisici e lasciando taciti molti elementi storico-culturali estremamente rilevanti al fine di costruire una vera e propria cultura per tutti gli studenti. Dopo aver anticipato il senso e il valore pedagogico dello studio della fisica, Amaldi (1997) presenta il classico capitolo sul metodo scientifico, a cui seguiranno l'esposizione dei criteri per definire le grandezze e per le attività sperimentali di misura e calcolo. In questa parte del testo si trovano alcune considerazioni epistemologiche, assenti dai manuali precedenti, che non sembrano ancora essere rielaborate pedagogicamente per lo studente: difficilmente, ancor prima di aver studiato la fisica, possono risultare importanti le considerazioni sull'induzione, sulle definizioni operative, sulla struttura assiomatica di una teoria e sulle varie fasi del metodo scientifico: tutti elementi che appaiono più come un grande schema logico astratto – si vedrà più avanti – che viene prescritto per la comprensione del funzionamento della fisica. Questa trattazione del metodo scientifico, sebbene sia diventata un nuovo aspetto esplicitamente trattato dal testo, non rappresenta una risposta chiara al tentativo di elevare la visione scientifica del mondo a una vera e propria cultura, parte dell'intero sapere dell'uomo.

Amaldi (2009), in quanto testo per licei non-scientifici, rinuncia a un'illustrazione formale del metodo ed espone una ricognizione dei principali capisaldi metodologici in una forma più disposta a interagire con l'attitudine di uno studente non preventivamente rivolto in modo positivo alla fisica. Molte grandezze vengono mostrate all'opera, secondo il nuovo approccio didattico, in contesti reali e non solo definite come operazioni eseguite con strumenti sperimentali. Il problema del linguaggio matematico – certamente fondamentale nell'illustrare la natura della fisica, anche per Amaldi (1997) – necessita di un modo radicalmente diverso di essere affrontato in vista di studenti con una formazione matematica più debole. Il testo per i licei “umanistici” inizia la sua esposizione con un discorso lontano da quanto affermato nel manuale del '97. Albert Einstein appare in una didascalia a fianco al testo e viene introdotto per spiegare di cosa si occupa la fisica: dei fenomeni naturali attraverso la ricerca di leggi che pongano in relazione matematica delle grandezze misurabili. Sebbene la natura della fisica venga definita in maniera ancora più “cruda” rispetto alle premesse pedagogiche di Amaldi (1997), Einstein e la sua relazione massa-energia sono il primo esempio fornito dal testo, che illustra il significato della ben nota formula che verrà ripresa solo a una distanza di quasi tre anni dalla lettura di queste prime pagine. Alla fine del capitolo, un approfondimento su “come si legge una formula” torna sul problema del linguaggio matematico: nuovamente, Einstein e la sua immagine dominano la pagina del testo e un'eloquente citazione dello scienziato

tedesco rassicura lo studente in merito alle difficoltà matematiche: «Non preoccuparti per le tue difficoltà in matematica poiché le mie sono ancora più grandi» (Amaldi 2009: 17). E' comprensibile il riferimento a Einstein, anche se il suo valore è evidentemente quasi retorico; il testo non riuscirà davvero a dimostrare quanto la grandezza di Einstein non era, come si crede, nelle estreme capacità mentali di calcolo, ma nel suo strabiliante intuito fisico e nei principi regolatori ed epistemologici che guidarono la costruzione delle sue teorie più riuscite. In queste prime parti dei manuali, emerge comunque, sul piano delle attitudini e della comunicazione didattica, un crescente lavoro di riflessione e rielaborazione da parte dell'autore e dei collaboratori che hanno contribuito alla riedizione del vecchio *Corso di Fisica*.

Entrando nel caso di particolari concetti fisici e dei modi in cui i contesti di rilevanza hanno mutato la spiegazione vera e propria delle teorie, si può far riferimento sempre al caso della Statica.

Sia Amaldi (1997), che Amaldi (1970, 1972) appaiono privi di accorgimenti didattici per l'interesse personale che caratterizzano gli approcci *context-based*; il peso della teoria, della sua applicazione e dei suoi utilizzi tecnico-sperimentali è preponderante e non lascia spazio alla possibilità di spiegare come i concetti e le leggi fisiche siano immediatamente relazionabili ai più disparati fenomeni che quotidianamente si incontrano, anche quelli legati al mondo tecnologico. Non solo le immagini esemplificano i concetti dell'equilibrio, delle forze parallele e del momento di una forza, mostrando varie situazioni ordinarie (un castello di carte, il traino di una cassa in pendenza, il traino di una slitta, ecc.), ma è la spiegazione centrale stessa della fisica che parte da quei fenomeni per tornarvi una volta chiarita la sostanza fisica e formale di un concetto fisico. Già caduti in Amaldi (1997), i vecchi riferimenti alle applicazioni tecniche della Statica con le macchine semplici, Amaldi (2009) illustra, anche tramite quelle immagini che abbiamo chiamato "didattiche", svariati oggetti in cui i principi fisici appaiono all'opera e fondamentali al fine di comprendere come gli oggetti più comuni funzionano. Si è passati quindi da una fisica spiegata attraverso dei disegni con oggetti astratti e rappresentazioni vettoriali, a una trattazione dove invece i vettori vengono illustrati su oggetti reali; da una fisica che include la spiegazione delle macchine più comuni – in questo caso leve, carrucole, torchi e bilance – a una fisica che spiega gli oggetti della vita di tutti i giorni: forbici, pinzette, maniglie, mollette e schiaccianoci, per esempio, diventano le esemplificazioni del concetto di leva.

I riferimenti alla tecnologia, come già prefigurato, hanno subito uno slittamento di significato

notevole. Questi ultimi esempi testuali sono sorti in un quadro istituzionale dove vari programmi sperimentali convivevano con il curriculum tradizionale del liceo scientifico, che non era differente, se non nell'estensione, da quello del Classico. Il forte accento sulle applicazioni tecnologiche della fisica viene praticamente lasciato cadere dai manuali che propongono invece una nuova idea di relazione della disciplina con il mondo della tecnica. Gradualmente, il testo degli Amaldi si è distaccato da una concezione in cui le applicazioni erano fondamentali nel quadro sia di una "ottimismo tecnologico" – che certo i fisici non hanno perso, ma la cui visione pubblica si è fortemente complicata negli ultimi decenni – e di una "propedeutica" alle professioni tecniche. Le nuove edizioni, in particolare quelle firmate dal solo Ugo Amaldi, hanno visto crescere sia il carattere teorico della trattazione fisico-matematica, sia la sensibilità verso i fenomeni più comuni e le applicazioni più rilevanti dal punto di vista dello studente e non della disciplina accademicamente intesa. Questa concezione di alfabetizzazione scientifica, dove la tecnica ha un ruolo ma non in termini di rudimenti sul funzionamento delle macchine e degli apparati sperimentali, ha preso forma nei testi degli Amaldi degli anni Novanta e ha infine assunto le caratteristiche, nei manuali di nuova generazione, di una fisica contestualizzata, declinata nei suoi risvolti tecnici e quotidiani più noti e importanti nel mondo attuale. Un aspetto di questa evoluzione concerne il tipo di tecnologie descritte o impiegate a fini didattici. Rispettando il programma ministeriale degli anni Trenta, il vecchio testo degli Amaldi esaminato passava in rassegna quegli apparati più comuni nel campo delle professioni tecniche e della stessa ricerca fisica. Può sembrare in contraddizione con il peso dato dagli ultimi testi alla vita e agli oggetti quotidiani, il fatto che, paradossalmente, alcune delle tecnologie che vengono menzionate nei manuali più recenti sono talvolta meno di uso comune e alla portata di una conoscenza diretta e pratica da parte dello studente: satelliti, centrali nucleari, acceleratori di particelle, ecc. La ragione di ciò sta proprio in questo diverso ruolo delle tecnologie, che vengono chiamate in causa più per fornire esempi notevoli di applicazioni della fisica, centrali nell'attuale mondo economico e mediatico, che in quanto oggetti da utilizzare, o perlomeno comprendere, in vista di una professione e specializzazione. Nonostante le parole di Amaldi sul valore tecnologico della fisica, questo è quanto emerge da un esame comparativo e comunicativo delle edizioni del manuale. Le professioni tecniche, inoltre, non poggiano più saldamente le loro basi su una serie di congegni tecnici che ritmi più frenetici di evoluzione tecnologica hanno modificato in modo sostanziale, così come la stessa ricerca fisica e scientifica utilizza ormai apparati e tecniche sperimentali profondamente diverse da quelle degli anni Sessanta-Settanta, di una

complessità al di là di ogni ragionevole declinazione pedagogica pre-universitaria. Si è perso, quindi, nei manuali quel poco di alfabetizzazione strettamente tecnica che Amaldi (1970, 1972) promuoveva, e questo fatto non manca di aspetti negativi: quel mondo tecnologico non esercita più fascino sugli studenti e appare per certi versi anche obsoleto, ma i principi e il valore didattico di quelle applicazioni tecniche rimangono pressoché invariati. Come stiamo sostenendo, sono evidentemente cambiati i criteri di scelta e rilevanza per i contenuti tecnologici e interdisciplinari della fisica, nonché le esigenze formative assegnate alla disciplina scolastica, almeno al livello liceale.

Una strategia che punti a connettere una disciplina teorica e tecnica, come la fisica, al mondo attuale e al suo spessore tecnologico, insieme alla vita quotidiana, è risultata essere vincente alla luce dei materiali testuali visti. Così, un altro passo importante è stato fatto per passare da una trasposizione meccanica della fisica generale universitaria a una fisica pedagogicamente rielaborata e frutto anche di una riflessione culturale, se non proprio di una ricerca didattica scientificamente intesa.

Il legame della tecnologia con la scienza, così come percepito dal pubblico di non-esperti, e il ruolo sempre più fondamentale della scienza applicata sono due elementi che continuano a orientare gli autori dei testi, seppur con un'attenzione maggiore a quei nuovi criteri di rilevanza e senso per gli studenti.

Cutnell-Johnson (2009) fa una premessa interessante sulla natura della fisica, che rivela quanto il ruolo della tecnologia rimanga fondamentale per molti autori di manuali. La traduzione pedissequa del testo americano dice infatti:

Una delle caratteristiche più interessanti della fisica è la sua capacità di prevedere come si svolgerà un certo fenomeno naturale basandosi su dati sperimentali ottenuti studiandone altri. Questa capacità di previsione pone la fisica alla base della tecnologia moderna e quindi ha una grande influenza sul nostro modo di vivere (Cutnell-Johnson, 2009, I: 2).<sup>13</sup>

Di seguito vengono citati grandi esempi di applicazioni della fisica: da Newton a Maxwell, da razzi e satelliti all'industria dei trasporti, dall'elettricità alle applicazioni in campo medico.

Il testo italiano, ancora una volta, aggiunge però un'ulteriore considerazione che è caduta nell'ottava edizione in lingua inglese.

Oltre alle sue innumerevoli applicazioni pratiche, la fisica ha un ruolo di primaria importanza nella cultura moderna. Per esempio, l'analisi fisica di concetti quali lo spazio e il tempo, mediante i quali organizziamo la nostra esperienza quotidiana, ci permette di riflettere in modo approfondito sul significato stesso di «conoscenza». Grazie alla fisica, inoltre, esploriamo ambiti sempre più distanti dalla nostra esperienza quotidiana, dall'immensamente piccolo degli atomi all'immensamente

---

<sup>13</sup> La versione americana di riferimento è *Physics*, settima edizione, John Wiley, New York, 2007. Qui abbiamo utilizzato l'ottava edizione del 2009.

grande delle galassie, e elaboriamo spiegazioni sempre più semplici e sempre più generali dei fenomeni naturali (Cutnell-Johnson, 2009, I: 2).

Tale proposito culturale, per quanto programmatico, serve a bilanciare un fisica centrata sulle applicazioni, così come un testo americano introduttivo la propone a un insieme di studenti, molti dei quali intraprenderanno probabilmente degli studi scientifici specialistici, in minima parte di fisica. Anche l'edizione italiana di Cutnell-Johnson testimonia quanto sia maturata la consapevolezza pedagogica che la fisica liceale non si propone solamente di formare i futuri studenti di scienze ma anche di provvedere a un'educazione scientifica globale. In particolare, come è emerso anche nei programmi di fisica proposti nell'ultimo decennio, i raccordi con gli altri saperi del canone dei licei e soprattutto con quella che ancora è considerata "l'altra sponda" del sapere – le discipline umanistiche – costituiscono la risorsa principale per riportare la fisica nel mondo della cultura e dell'uomo, come il riferimento citato alla "conoscenza" suggerisce. La versione italiana di Cutnell-Johnson, come Amaldi (2009), tenta di mediare tra questi aspetti culturali e le tecnologie tramite la presentazione di alcune schede di lettura che, come detto, non vanno mai a intaccare la sostanza della disciplina presentata e quindi hanno poca presa sulla didattica che il manuale promuove.

Vale però la pena esaminare quali sono i riferimenti culturali della fisica scolastica così come codificata dai testi. Se, infatti, "tecnologie" e "vita quotidiana" sono stati i principali contesti proposti dai manuali più recenti per motivare e dare senso allo studio della fisica, questi non hanno ovviato però ad alcuni ostacoli attitudinali, specialmente per quella classe di studenti non orientata alle materie scientifiche. La tecnologia rischia anche di riproporre alcune visioni negative o problematiche presenti, oggi soprattutto, nel pubblico e negli studenti, di fronte ad alcuni effetti ed esiti talvolta più incerti del progresso scientifico. Inoltre, sebbene il legame scienza-tecnologia vada sviluppato e approfondito sul piano didattico, una visione che appiattisca la scienza sulle sue applicazioni e sulla tecnologia appare anche limitativa, culturalmente impoverita e storicamente parziale.

Questi contesti "di senso" perdono, almeno in parte, la loro efficacia quando si passa dalla meccanica e dalla fisica classica alle teorie moderne che oltrepassano, o sfidano, una comprensione e una percezione incentrata intorno agli oggetti della vita di tutti i giorni e all'uso delle tecnologie. Proprio in questa branca "scolastica" della fisica – le teorie del Novecento – di cui abbiamo descritto la progressiva entrata nel curriculum, sancita ufficialmente, ma cautamente, anche dagli ultimi programmi ministeriali, è quella che si presta ai legami con il mondo della cultura, a fornire un altro tipo di contesti e criteri di rilevanza per la spiegazione delle teorie fisiche, ancorché sia proprio nel Novecento che la



portata sociale e tecnologica della fisica assume le sue caratteristiche più evidenti.

In tal senso si farà un confronto implicito tra gli strumenti testuali rivolti ai concetti di interesse e motivazione, e gli approcci che fanno leva su un'idea più ampia di rilevanza della scienza – che definiamo, appunto, culturale – basata, a nostro avviso, sulla capacità di mettere la fisica in una prospettiva storica e “umanistica”. Solo alla fine di questo capitolo, faremo un'ipotesi sulle differenze tra questi due tipi di approcci innovativi ai contenuti disciplinari.

Per esaminare i legami della fisica dei testi con la storia, la cultura e il sapere umanistico, si dovrà però riprendere il filo storico dell'evoluzione dei manuali. Contestualmente a questa ricostruzione, si cercherà di caratterizzare meglio il contributo delle conoscenze storico-filosofiche all'educazione scientifica.

#### *4.2. La fisica nel contesto: il ruolo delle conoscenze storiche e filosofiche nel curriculum di fisica*

Se, entro un certo limite, si può affermare che i cambiamenti più recenti dei manuali possono essere messi in relazione con i problemi e i cambiamenti dell'educazione scientifica nell'attuale scenario politico-economico in materia di formazione, resta da comprendere in quale misura anche la finalità culturale dell'insegnamento delle scienze – la prospettiva pedagogica che pur i rapporti, le ricerche e i “discorsi” educativi hanno individuato – è stata recepita dagli autori e dalle qualità didattico-comunicative dei testi di fisica per le scuole.

Ciò che si è scelto di prendere in considerazione concerne la contaminazione della didattica delle scienze con i saperi umanistici, o meno genericamente, con quelle discipline che, in particolar modo nel Novecento, hanno studiato il pensiero scientifico, il metodo, le caratteristiche e le implicazioni di varia natura delle scienze naturali. Questa relazione non fa parte solo di un quadro interdisciplinare dei saperi, scolastici e non, ma è funzionale al comprendere la capacità stessa delle scienze scolastiche di costituire una cultura, quindi un sapere per definizione rilevante e significativo per l'individuo e la società.

Un esame del ruolo, della presenza e della tipologia delle conoscenze di storia della scienza e di epistemologia – o più in generale “filosofiche” – nei testi contribuisce alla comprensione di quanto e come la fisica è in grado di comunicare con gli altri saperi e, al contempo di alimentarli. La relazione della scienza con discipline quali la storia e la filosofia teoretica (con cui denotiamo un campo più generale che include l'epistemologia) è in grado di mettere in luce la portata educativa delle discipline scientifiche, dunque la loro funzione anche

“culturale”.<sup>14</sup>

Vista la vastità di un tema così importante per l’odierno quadro frammentato del sapere e per la crisi educativa – due scenari spesso descritti, guardando il mondo attuale – l’analisi verterà su un rapporto più ristretto e, per così dire, tecnico. Questo riguarda la fisica e le discipline “umanistiche”, quelle discipline in realtà tipicamente interdisciplinari o trasversali alle due culture, quali la storia e la filosofia della scienza: un tema che, come si è visto, ha radici nei dibattiti scientifici e pedagogici di diversi decenni fa.

L’esame di un aspetto così particolare dei testi di fisica manca nel panorama italiano della ricerca, sia questa educativa o storica. Alcune considerazioni sono state fatte da Marazzini, in modo rapsodico, nei lavori citati nel capitolo III, per i manuali adottati fino agli anni Sessanta: lo stesso autore – si vedrà – sollevava quattro decenni fa la “questione culturale” nell’introduzione al suo manuale di fisica.

Va tenuto presente che le ricerche e gli effetti delle riforme anglosassoni dell’insegnamento, fino al costituirsi di un vero e proprio campo accademico di ricerca in questo settore – sul cosiddetto approccio *HPS* – sono successivi alla metà degli anni Sessanta e si sono moltiplicati negli ultimi decenni, in concomitanza con il proliferare di studi sulla pedagogia delle scienze e con il delinearsi di un ruolo più importante della ricerca nel guidare i cambiamenti educativi e le sperimentazioni curriculari.

Molti dei concetti definiti nel capitolo I hanno una stretta relazione con gli studi storico-filosofici. La ricerca di una *literacy* scientifica dal contenuto anche culturale e non solo specialistico o “enciclopedico”, lo studio della natura della scienza, l’idea di un’educazione liberale, “disinteressata”, o intrinsecamente “umanistica”, e la consapevolezza della grande portata storica e conoscitiva della scienza – nel periodo della sua estrema tecnicizzazione e frammentazione – hanno richiesto un impegno, sul piano educativo e dei curricula scolastici, degli studiosi del pensiero e della ricerca scientifici.

Una parte consistente della comunità di ricerca internazionale sull’educazione scientifica ha affrontato alcuni aspetti di questa innovazione pedagogica e culturale delle scienze insegnate

---

<sup>14</sup> Non è possibile soffermarsi qui su una definizione e su una discussione del significato di “cultura” in merito alla pedagogia delle scienze. In un certo senso, con ciò si intende non tanto, o non solo, un sapere intellettuale, ma la “cultura” in senso antropologico, come fece Snow, nel suo ben noto saggio del 1959, parlando di cultura scientifica nel senso di complesso di valori, attitudini, assunzioni e, aggiungiamo, credenze. La rilevanza culturale dei saperi e l’essenziale dimensione pedagogica che lega questi alla struttura della società e alla formazione degli individui (sotto l’aspetto psicologico, etico e sociale) è stata discussa dai grandi pensatori contemporanei dell’educazione e non ci soffermeremo sulle importanti idee con cui questi hanno messo in relazione le discipline scolastiche con “la mente” e con le istituzioni formative delle società. Tra quelli più importanti, per questa ricerca, citiamo Gardner (1993, 1999) e Bruner (1997). Anche Elkana (1989), sostenitore di un approccio storico-filosofico per l’insegnamento delle scienze, ha elaborato una particolare prospettiva – un’antropologia della conoscenza – dove viene esaminata in modo originale la relazione scienza-cultura.

e, parimenti, diversi studiosi italiani hanno sondato temi di storia e filosofia della scienza per illuminare le loro ricerche e per arricchire il cambiamento delle pratiche di insegnamento.

Inoltre – per questo vale la pena andare a fondo anche dal punto di vista storico su queste relazioni interdisciplinari – su questo tema, e sulle molteplici linee di ricerca che lo hanno attraversato o con cui sono in relazione, si giocano alcune questioni chiave dell'educazione e delle riforme curriculari. Tra queste, il rapporto della ricerca con le politiche riformatrici, con l'elaborazione di materiali curriculari e con le realtà complesse delle istituzioni formative rappresenta un punto di estremo interesse storico-filosofico, oltre che strettamente pedagogico.

#### 4.2.1. *Riforme curriculari e ricerca accademica: origini storiche dell'approccio HPS*

Discusso da diversi esperti disciplinari, il rapporto dell'educazione e delle didattiche con la ricerca generalmente intesa – ovvero, in un certo senso, la dialettica tra conoscenza e azione, tra teoria e innovazione socio-educativa – è al centro anche delle problematiche inerenti all'educazione scientifica. Questa relazione dialettica è riassunta da alcune domande fondamentali: quanto deve e può essere guidata l'innovazione didattica dalla ricerca sistematica in campo accademico? Quanto la sperimentazione e il cambiamento dei curricula sono influenzati dalle proposte di studiosi appartenenti a un certo campo accademico? La relazione tra l'insegnamento e la “conoscenza” – o la ricerca – si esaurisce nel rapporto con lo specifico campo disciplinare inerente alla disciplina insegnata o coinvolge altri saperi, *in primis* quello educativo che si occupa specificatamente dell'insegnamento e dell'apprendimento, ma anche con il sapere storico-filosofico e con la ricerca in svariati campi – dalla linguistica all'antropologia – che possono contribuire al miglioramento della cultura e dell'educazione scolastiche?

Sul problema dell'interesse e delle attitudini verso la scienza – trattato in precedenza – si è già configurato questo nuovo quadro di relazioni dell'insegnamento scientifico con la ricerca. La progettazione di nuovi curricula e materiali didattici ha in qualche modo dovuto affrontare le evidenze – o presunte tali – derivanti dai dati empirici sulle vocazioni scientifiche, sull'atteggiamento degli studenti verso la scienza e le materie scientifiche, e ciò ha prodotto una crescente consapevolezza di dover ripensare i fini e i mezzi dell'educazione scientifica. Più nascosta, ma comunque assolutamente pertinente, è la relazione con la ricerca didattica e, nel caso specifico esaminato nei paragrafi precedenti, con la ricerca psicologica che ha tematizzato alcuni tipi di “interesse” e ne ha studiate le relazioni con altre variabili coinvolte nell'istruzione scolastica. I testi non hanno incorporato in maniera sistematica i risultati e le

indicazioni emerse da queste ricerche, peraltro sempre incerti e in divenire, ma dall'analisi di alcune linee di cambiamento dei manuali di fisica – sul piano comunicativo e stilistico *in primis* – è emerso comunque un ruolo più o meno consapevole dei concetti e dei problemi che diversi studi accademici hanno affrontato.

Come anticipato nel paragrafo 1.2.1., il senso di un supporto delle conoscenze storiche e filosofiche allo studio della fisica si basa essenzialmente sull'esigenza di dotare la disciplina scientifica di un significato culturale, inserendola nella sua naturale rete di relazioni con le altre discipline e soprattutto con l'evoluzione storica, con la dimensione umana e tecnologica entro cui si è sviluppata. Tale obiettivo deriva dalla constatazione che l'usuale didattica produce un'immagine impoverita delle scienze, privandole delle loro implicazioni per la cultura generale e dei legami con i cardini del sapere umanistico: l'uomo e la storia. Al di fuori di questi cardini, l'educazione e la formazione diventano puro addestramento, un'istruzione rigidamente disciplinare che ha senso solo in opportuni contesti istituzionali e psicopedagogici diversi dall'educazione scolastica di massa. Queste erano le premesse alle origini di progetti come quello di Harvard, guidato da Holton, Rutherford e Watson, più volte menzionato. Non mancava, a quel tempo, una presa di coscienza dei problemi che ancora oggi – si è potuto constatare – sono discussi da autori e ricercatori.

Negli anni Sessanta, negli Stati Uniti, era evidente che il modo tradizionale di presentare la fisica come disciplina meramente tecnico-specialistica, per di più avulsa da qualsiasi contesto storico e interdisciplinare, produceva un'attitudine negativa degli studenti, con conseguente abbandono dei corsi di fisica delle *high school*. Il fattore attitudinale, quindi, insieme alle esigenze di una pedagogia della scienza più “democratica”, o meglio, consapevole di una popolazione scolastica più variegata e numerosa, erano quindi problemi già ben noti e affrontati negli studi e nei discorsi del movimento di riforma curricolare delle scienze durante la “*Golden Age*” della *Science Education*. L'obiettivo ambizioso del progetto di Harvard era, infatti, proprio quello di fornire un'educazione scientifica e le basi di una conoscenza della fisica a un insieme di studenti molto più vasto di quelli orientati alla scienza, dotati di un preciso profilo accademico-intellettuale. Questo avrebbe potuto certamente ovviare anche a quella contaminazione che si osservava tra la crisi delle vocazioni scientifiche nella scuola secondaria e l'accesso agli studi scientifici universitari (di recente molto discussa in Inghilterra); ciò avrebbe permesso anche di rispondere alle esigenze educative di un periodo storico in cui scienza e tecnologia erano percepite come sempre più importanti e in cui l'attenzione si spostava gradualmente sull'idea di una *literacy* universale, di una cultura e competenza minime, in campo scientifico. Un tale orientamento culturale, che rappresentava

simbolicamente una delle risposte più affascinanti e concrete date al problema delle due culture – ben presente agli intellettuali del tempo – andava di pari passo con uno sforzo di ricerca sistematico in campo educativo e con un imponente tentativo d'indagine e di analisi scientifica dei problemi dell'insegnamento e della sperimentazione curricolare.

Negli Stati Uniti, il tentativo di riformare i curricula scientifici era profondamente intrecciato con nuove prospettive e nuove strategie di ricerca. Si ritrovano nell'era americana della reazione allo Sputnik sovietico le origini dell'attuale movimento d'innovazione pedagogica e dell'idea di pratiche educative – e non solo – *evidence-based*, *research-based* o *research-informed*, alla base dei dibattiti e delle politiche dei paesi anglofoni che hanno dato luce agli importanti rapporti sull'educazione scientifica esaminati in questo lavoro.

Il primo dei grandi progetti curricolari che ha presentato un inedito rapporto tra ricerca ed educazione scolastica era stato proprio il *PSSC* guidato da Zacharias. La peculiarità dell'approccio adottato dal “Comitato di Studio per la Scienza Fisica” era stata l'introduzione di alcuni metodi di lavoro, per l'elaborazione di una nuova proposta curricolare, derivati dalla ricerca tecno-scientifica durante il secondo conflitto mondiale, sviluppati poi, con la guerra fredda, in alcuni progetti strategici per la difesa nazionale.

L'indagine storica ha ricostruito le caratteristiche peculiari del progetto del *Massachusetts Institute of Technology*, le cui basi non erano certo le idee dell'approccio *HPS* ma che, come cercheremo di sostenere, anticipava alcune caratteristiche importanti dei progetti curricolari per le scienze come il *PPC*. Riguardo al gruppo di lavoro del *PSSC*, scrive John Rudolph, studioso di aspetti storico-epistemologici dei curricula scientifici:

they adopted a systems view of education; sought to incorporate the latest technology into the classroom; were generously supported by the federal government; and were organized and developed by small, interdisciplinary groups of subject-matter specialists who were newcomers to education reform (Rudolph, 2002a: 213).

Diversi eventi storici concomitanti furono cruciali per lo sviluppo di una serie di materiali innovativi rivolti allo studio della fisica nella scuola secondaria: la promozione di attività educative e accademiche da parte della neo-nata *National Science Foundation* – chiamata in causa nel capitolo I – soggetto centrale nella ricerca sull'educazione scientifica negli USA, che sosteneva, soprattutto finanziariamente, i progetti di riforma curricolare del tempo; la guerra fredda e i diversi progetti di “sicurezza nazionale” e propaganda culturale americana; altri sviluppi del mondo accademico, sia sul fronte delle scienze, la cui configurazione istituzionale si era profondamente rinnovata con la seconda guerra mondiale, sia su quello della ricerca sociale, tra cui anche gli studi psicologici che presto assumeranno un ruolo

importante nei progetti educativi americani. Alcuni di questi cambiamenti storici erano stati decisivi nel plasmare il metodo di lavoro con cui il Comitato si era costituito e aveva, prima, individuato, poi, affrontato il problema dell'educazione scientifica scolastica nazionale, ritenuto strategico per le preoccupazioni politiche e sociali del tempo. I progetti tecnologici riguardanti i sistemi radar, ad esempio, fornirono a Zacharias e colleghi il *modus operandi* per le nuove questioni educative. Secondo la ricostruzione storica citata, «war laboratories...provided the managerial models, the technical expertise, and even the personnel for the establishment of postwar collaborative work».<sup>15</sup>

It is important to note that these newer scientific approaches were historically distinct from Taylorism and its allies. While scientific management was directed toward improving the efficiency of ongoing manufacturing processes in business and industry, the systems approach was applied to more finite, R&D type projects. It employed heterogeneous assemblages of experts, who variously drew on the research base of their respective disciplines in fashioning innovative solutions to the problems set before them (Rudolph, 2002a: 217).

Il *PPSC* fu caratterizzato quindi da questi nuovi approcci tecnici e organizzativi alla ricerca collaborativa e alla soluzione di problemi nazionali; come noto, il risultato furono dei materiali curricolari diversi dai tradizionali manuali scientifici, che anticipavano la multimedialità dei progetti più recenti, insistendo sulle attività laboratoriali, sulla struttura concettuale e metodologica portante della fisica e sull'utilizzo di varie risorse didattiche tra cui dei famosi "film" sulle esperienze di laboratorio. Il punto cruciale, secondo gli studiosi del periodo, fu la stretta collaborazione tra specialisti di vari settori, tra cui quelli provenienti dalle università, e i soggetti coinvolti nell'insegnamento scientifico scolastico. Anche se il ruolo delle scienze sociali andava maturando, gli esperti di educazione e pedagogia furono volutamente esclusi dal progetto: l'*expertise* che si riteneva fondamentale per innovare la fisica scolastica era quello disciplinare-accademico, quello multimediale e quello, appunto, manageriale.

Il legame problematico con la ricerca pedagogica emerse in quegli stessi anni, quando Zacharias prese parte allo storico incontro di Woods Hole nel 1959. L'incontro di psicologi, scienziati ed esperti di vari campi fu organizzato nello stile dei precedenti raduni collaborativi per la ricerca nazionale strategica e aveva come oggetto di interesse lo studio delle nuove riforme educative e dei loro principi. Qui, i temi della struttura delle discipline, delle ricerche psicopedagogiche e delle nuove tecnologie, tra cui potremmo includere l'uso di film, furono discussi da vari gruppi di lavoro. Come noto, Jerome Bruner coordinò i lavori e pubblicò, come suo sunto personale dell'incontro di più giornate, *The Process of Education*, una sorta di ma-

---

<sup>15</sup> Peter Galison cit. in Rudolph (2002a: 216-217).

nifesto della pedagogia contemporanea e del periodo delle riforme curriculari. Bruner (1978) aveva promosso una visione più armonica e culturalmente orientata di quell'evento, insistendo soprattutto su alcuni nuovi concetti psico-pedagogici: non mancavano opinioni divergenti dalle sue e, soprattutto, «Bruner's best-selling book, in the end, served only to cloak the technocratic, systems approach in the guise of disciplinary structure, not to dilute its ultimate extension as a blueprint for educational reform in the United States» (Rudolph, 2002a: 228).

Questa tensione tra pedagogia, o ricerca sociale, politica e scienze accademiche è un nodo nevralgico dell'innovazione didattica e dell'intero sistema educativo e accademico, che assume ruoli e forme diverse confrontando i paesi anglofoni con l'Italia e, ovviamente, il periodo di Woods Hole con gli ultimi due decenni.

Il *PSSC*, dunque, non aveva tanto mostrato un inedito rapporto dell'educazione scolastica e dell'ingegneria curricolare con la ricerca educativa, quanto nuovi modi di collaborazione tra esperti, tra cui gli accademici nel campo della fisica. Si potrebbe pensare che sia un'analoga versione di quanto per il caso italiano abbiamo osservato riguardo al ruolo degli accademici nella scrittura dei libri di testo. Tuttavia, come abbiamo sostenuto tramite le parole di Marazzini – nel suo manuale del 1972 – un'impresa collaborativa e concertata, fatta di più contributi professionali, come quella del gruppo americano del MIT, non aveva precedenti e non poteva essere imitata da singoli autori e studiosi; questa aveva invece proposto un nuovo approccio realmente innovativo per il paese di origine, così come per l'Italia, in cui il *PSSC* fu importato pochi anni dopo lo stesso Woods Hole e in cui, ancora oggi, i filmati didattici sono commercializzati.

Alcuni hanno giustamente notato che, però, il corso non era stato altrettanto innovativo sul piano strettamente educativo. Proprio nei fondamenti pedagogici del corso si trovava ancora un orientamento conservatore: la complessità e qualità dei materiali era meglio recepita dagli studenti più talentuosi e il corso finiva per re-iterare l'obiettivo tradizionale di preparare una minoranza di studenti alle carriere tecnico-scientifiche, nonostante questo non fosse esplicitamente il solo obiettivo di Zacharias e colleghi.<sup>16</sup> L'origine accademica e la stretta supervisione dei fisici sono le caratteristiche che hanno reso i valori educativi del *PSSC*, e anche degli analoghi progetti inglesi del tempo, meno innovativi e ancorati a una visione tradizionale dell'educazione scientifica, o comunque incapaci di promuovere una visione

---

<sup>16</sup> French (1986: 34). Diversa è l'opinione di N. Tomasini Grimellini che, introducendo una seconda edizione italiana del *PSSC* nel 1973, ha sostenuto che «gli esperimenti effettuati hanno dimostrato che il corso è del tutto adeguato alla capacità media d'apprendimento degli studenti delle scuole medie superiori. Si può, inoltre, affermare che esso ha dato buoni profitti anche con gli studenti meno dotati; ciò dipende dal fatto che il nuovo metodo muove i suoi passi dal laboratorio, dove tutti gli studenti possono osservare direttamente i fenomeni». [<http://images.catalogo.zanichelli.it/zanichelli/f/allegati/generici/PSSC%201973.pdf>; consultato in data 06/07/11]

culturale ed educativa per tutti nei riguardi della fisica.<sup>17</sup> Non a caso, già pochi anni dopo la pubblicazione del *PSSC*, un nuovo progetto fu finanziato dalla *National Science Foundation* e il problema del numero degli studenti frequentanti i corsi di fisica prima del *college* rimaneva praticamente inalterato, nonostante il corso di Zacharias fosse destinato ad avere un effetto prorompente anche nel panorama internazionale dell'insegnamento delle scienze. Più di un ventennio dopo l'uscita del progetto del MIT, lo stesso Zacharias ammetteva la necessità di meglio individuare e sostenere le attitudini verso la fisica della maggioranza degli studenti, ideando una fisica rilevante e situata nel contesto della vita e delle tecnologie quotidiane<sup>18</sup>, proprio nella direzione che – si è osservato – hanno tracciato i cambiamenti dei manuali più recenti.

Il caso del *PSSC* è fondamentale per comprendere in che clima sorse anche il *Progetto* di Fisica di Harvard. Quasi in concorrenza con quello di Zacharias del MIT, il *PPC* è ritenuto unanimemente il manifesto e la pietra miliare di un insegnamento della fisica culturalmente situato e informato dai principi che in seguito sono confluiti nell'approccio etichettato come "*HPS*". Il clima fu lo stesso per il progetto di Holton e colleghi. Con il *PSSC*, il progetto di Harvard condivideva le preoccupazioni iniziali per l'educazione scientifica scolastica e la struttura di finanziamenti e collaborazioni universitarie. Ancora la *National Science Foundation*, insieme con altre fondazioni private, aveva fornito un supporto alla progettazione di nuovi materiali curriculari, anche se il tipo di collaborazione tra esperti che si instaurò fu diverso dal precedente caso. I tre autori del corso erano, questa volta, uno storico della scienza, un ex-insegnante di fisica e un astronomo diventato esponente di spicco della ricerca educativa sulle scienze a Harvard. Anche in questo caso, la schiera di collaboratori fu vastissima e molti furono, non solo i fisici, ma anche storici e filosofi, esperti di media visivi e didattica (Ernest Nagel, Arnold Arons, Stephen Toulmin, ecc.) che contribuirono all'elaborazione dei materiali didattici. L'impronta culturale e pedagogica era molto più chiara in questa impresa e si presentava come ancora più decisivo il ruolo, non solo, degli esperti accademici, ma anche della sperimentazione, della ricerca educativa, della valutazione sistematica degli effetti dei materiali curriculari e, *last but not least*, degli insegnanti e delle classi coinvolte. Come ha riportato Holton in anni più recenti:

National Science Foundation was not pleased when it woke up to the fact that the course wasn't going to be only "pure" physics, and – horror upon horror – would be co-directed by a science teacher, even would eventually engage a large number of teachers in the revisions, tryouts and running institutes for teacher education (Holton, 2003: 781).

---

<sup>17</sup> Cfr. Turner (1984).

<sup>18</sup> French (1986: 34).



Il ruolo dei presupposti pedagogici, nonché del corpo di ricerche storiche e filosofiche sulla scienza – di cui Holton era garante nel progetto – era più marcato nell’ideazione e nell’implementazione del *PPC*. Tale impostazione era esplicitamente dichiarata nell’introduzione al corso, che descriveva con cura il quadro teorico e di ricerca tramite cui era stata condotta la stesura dei materiali.

Tre erano i propositi generali del corso:

- 1) To design a *humanistically oriented physics course*. Harvard Project Physics would show the science of physics in its proper light as a broadly intellectual activity that has firm historical roots and that *profoundly influences our whole culture*.
- 2) To develop a course that would attract a large number of high school students to the study of introductory physics. *Such a course must be meaningful not only to those who are already intent on a scientific career, but also to those who may not go on to college and to those who while in college will concentrate on the humanities or social sciences.*
- 3) *To contribute to the knowledge of the factors that influence science learning*. In addition to its long-term value, *this extensive educational research should supply information needed by teachers and administrators* in deciding whether to introduce the course and, if so, in what way and for *which students* (Holton, Rutherford, Watson, 1971: 3; corsivo nostro).

Come si evince da queste finalità, l’attualità del progetto, e il suo significato storico, non sono meno importanti delle novità introdotte dal *PSSC* e della pur maggiore influenza che questo ha avuto sulla didattica della fisica italiana.

Il *PPC* viene esplicitamente definito come un’approfondita “ricerca educativa” rivolta agli insegnanti e ai dirigenti scolastici. E’ indubbio – si è già notato – che la storia stessa del *Progetto*, oltre che a conoscere più a fondo le questioni sulla pedagogia delle scienze, ci ha permesso di comprendere meglio, a suo malgrado, le difficoltà e i vincoli dell’innovazione didattica e delle sperimentazioni curriculari. Come ha spiegato lo stesso Holton, con i tagli di Nixon ai fondi federali per la scienza, già nel 1973, mancarono le basi per sostenere tutta la portata didattica del corso, in primo luogo il *training* degli insegnanti.<sup>19</sup> Si è trattato – sostengono degli importanti studiosi italiani di didattica della fisica – di «un’imponente macchina didattica costretta, una volta realizzata, a decelerare bruscamente» (De Maria, Ianniello, 2004: 23).

Al fine dell’elaborazione del corso e delle sue basi pedagogiche, gli autori avanzavano diverse ragionevoli assunzioni, o constatazioni fattuali, sulle capacità e diversità degli studenti, sul ruolo centrale degli insegnanti, sulle ragioni e sui mezzi di un’educazione scientifica rinnovata.

L’orientamento umanistico, che in sostanza coincideva con lo spiegare la fisica anche attraverso le sue relazioni interdisciplinari e il suo significato storico-culturale, rimane

---

<sup>19</sup> Holton (2003: 784).

esemplare per gli approcci *HPS* più recenti e le innovazioni che si prefiggono le stesse finalità educative. Per quanto innovativo e sperimentale, tale approccio umanistico non era l'aspetto più rivoluzionario del *PPC*. Lo stesso Holton (1985) aveva già compiuto un'impresa didattica ed editoriale del genere con il suo *Introduction to concepts and theories in physical science*<sup>20</sup> del 1952. In questo testo, un'ampia sintesi storico-concettuale era utilizzata per l'introduzione alla fisica nei *college* e tale corso era inserito nell'ambito della già menzionata *general education* che, nella Harvard degli anni Cinquanta-Sessanta, con il contributo di James Bryant Conant, aveva visto generato uno stretto intreccio tra interessi educativi, istruzione scientifica di natura non-vocazionale e storia della scienza. Decenni dopo la prima edizione di quel testo, Stephen Brush ribadiva lo stretto legame tra questo approccio e la *general education*, in consonanza, quindi, con il secondo dei punti elencati sopra: proporre una fisica a una vasta classe di studenti dalle più disparate caratteristiche accademiche, cognitive e attitudinali. Holton, nella prefazione alla prima edizione, si appellava direttamente allo storico manifesto di Harvard "*General Education a Free Society*" del 1945, voluto dall'allora rettore Conant, il quale aveva avviato una sperimentazione di un apposito corso universitario, basato su casi di studio storici, per l'educazione scientifica degli studenti non rivolti alle carriere scientifiche. Le considerazioni svolte dal documento del 1945 avevano guidato l'attività didattica e direttiva di Conant e si adattavano parimenti ai propositi che Holton aveva trasmesso, dal suo vecchio corso per *college*, alla fisica del *PPC*. Riguardo ai tradizionali corsi di scienze, che erano pensati – al pari di quelli odierni, secondo i documenti visti nel capitolo I – per una ristretta schiera di studenti rivolta alle specializzazioni e alle professioni scientifiche, veniva detto:

[W]hat such courses frequently supply are only the bricks of the scientific structure. The student who goes on into more advanced work can build something from them. The general student is more likely to be left simply with bricks. [...] The body of science includes not only special knowledge and skills but conceptual interrelations, a world-view, and a view of the nature of man and knowledge, which together constitute the philosophy of science; a history which forms a continuous and important segment of all human history; and writings which include some of the most significant and impressive contributions to all literature (Harvard Committee, 1945: xii).<sup>21</sup>

Gli studi storico-filosofici e le ambizioni conoscitive da trasmettere alla scienza scolastica, ancora discussi nei progetti curriculari di tempi più recenti, giocavano un ruolo centrale nel periodo che da Conant giunge sino alle soglie degli anni Settanta. Alcuni fondamentali presupposti pedagogici condivisi da Conant e Holton – che si era formato sotto il rettorato del primo – sono ancora attuali sotto diversi punti di vista: le ricerche e il dibattito odierni sono

---

<sup>20</sup> La seconda edizione è stata rielaborata con il contributo di Stephen Brush nel 1973.

<sup>21</sup> Cit. anche in Holton (1985: 221-222).

ancora concentrati sul tipo di studenti, attitudini e finalità su cui l'educazione scientifica deve impegnarsi; in sostanza – potremmo dire – quelle riforme e quelle ricerche anticipavano i caratteri che oggi osserviamo pienamente dispiegati: una scuola massificata e una società permeata da scienza e tecnologia, ma anche da un estremo specialismo e da un problematico rapporto tra cultura generale e frammentazione del sapere.

Un punto nodale della prospettiva abbracciata da Holton, ribadita da Brush nel 1985, è importante dal punto di vista del discorso più generale di questa ricerca. «[T]he historical and philosophical aspects of the exposition are not merely sugar-coating to enable the reader to swallow the material as easily as possible, but are presented for their own inherent interests».<sup>22</sup>

Nei termini usati in precedenza, quello che Brush sostiene è che:

- 1) l'integrazione della storia e della filosofia della scienza nel curriculum non può e non deve rappresentare un modo di diluire i contenuti disciplinari, di impoverirne la dimensione contenutistica. Tale effetto sarebbe strettamente assimilabile a quel processo che abbiamo definito, insieme a Russo, di de-concettualizzazione della scienza: un concetto che può avere talvolta un certo grado di realtà alla luce di comparazioni storiche e geografiche dei curricula scolastici;
- 2) I nuovi aspetti concettuali, storici e culturali della fisica sono parte integrante della didattica della disciplina e ne rinforzano il fondamento e la dimensione epistemologica ed educativa.

L'attenzione alle attitudini degli studenti e alla varietà pedagogica dei metodi didattici degli insegnanti era al centro delle analisi teoriche e “sperimentali” del PPC.<sup>23</sup> Un valore portante dell'impresa curricolare del gruppo di Harvard era proprio quello di salvaguardare queste diversità, rappresentando una fisica dal contenuto culturale, oltre che tecnico, e fornendo un'ampia gamma di strumenti didattici su cui gli insegnanti – dotati però di una certa preparazione di partenza – avrebbero potuto esercitare libere scelte e opportune pianificazioni didattiche. Per quanto riguarda gli studenti, Holton (1976: 340) ha illustrato come fu individuato il *target* del PPC. Tra tutti i potenziali studenti del corso di fisica vi era certamente un 20% con interesse scientifico alto e rendimento ottimale (i “portati” per la fisica insomma) che non poneva grandi problemi didattici e pedagogici; oltre a un'altra simile porzione di studenti con interessi scientifici, ma basso rendimento o, viceversa, con buoni rendimenti ma scarso interesse, vi era una parte maggioritaria intermedia, di capacità e

---

<sup>22</sup> S. Brush in Holton (1985: viii).

<sup>23</sup> Holton, Rutherford, Watson (1971: 4-5); Holton (1969b: 24).

interessi culturali differenti. Il *PPC* fu pensato, oltre che per i futuri fisici di professione (lo 0,03% degli studenti laureandi del tempo), per chi non avrebbe intrapreso quella carriera, ma per cui l'insegnamento di fisica avrebbe potuto (e dovuto) essere comunque fruttuoso e formativo.

Il ruolo di presupposti teorici di varia natura e di un imponente sforzo di ricerca non aveva guidato solamente la progettazione *ex-ante* del corso di fisica, ma soprattutto la fase di sperimentazione e valutazione *ex-post*. L'architettura generale della ricerca che ha guidato l'implementazione del *PPC* è di notevole complessità e ricchezza. Tra gli obiettivi dello sviluppo del corso, e degli studi che ne hanno accompagnato la realizzazione e l'utilizzazione, c'era fin dal principio anche la possibilità di sviluppare delle tecniche di valutazione e sperimentazione di materiali curriculari. In particolare, furono discusse, provate e perfezionate tecniche e procedure di raccolta di dati su diverse aree di interesse tra cui: il numero degli studenti iscritti ai corsi di fisica nelle *high school*; le differenze di genere nello studio della fisica; i risultati su vari tipi di *test*, sia strettamente cognitivi e disciplinari, sia di tipo attitudinale e su altre variabili come le conoscenze sui procedimenti scientifici – sulla natura della scienza – e sulle relazioni della fisica con la tecnologia e alcune questioni sociali; le caratteristiche degli insegnanti di fisica e gli effetti, sulle loro qualità e attitudini, dei corsi di formazione estiva promossi dalla *National Science Foundation*, inclusi quelli in cui si usarono i materiali del progetto; la soddisfazione degli studenti per i materiali usati e i risultati sugli studenti che inizialmente non erano orientati alla frequentazione delle classi di fisica. Su questi ultimi due aspetti, in particolare, gli autori stessi si soffermavano nell'introduzione alla prima edizione americana del *PPC*, riportando l'insieme di ricerche che avevano accompagnato la sperimentazione del progetto.<sup>24</sup> Welch (1973) ha compiuto, al tempo, il vero e proprio lavoro di sviluppo di alcuni metodi valutativi, indicando le aree di interesse legate alla valutazione dei materiali e raccogliendo la diversità di ricerche che furono condotte sul *PPC*. Da questi tipo di rassegne emerge il legame del *Progetto* e del lavoro strettamente didattico e culturale con la forte tradizione americana di studi quantitativi e di sviluppo della metodologia di ricerca valutativa sui programmi curriculari ed educativi.<sup>25</sup> Anche Aikenhead – che abbiamo già citato proprio a proposito degli approcci umanistici, del movimento *STS*, e che ha sotto-intitolato un suo recente testo “*evidenced-based practice*” – lavorava in quegli anni allo sviluppo delle tecniche di valutazione e raccolta dei dati sulle sperimentazioni curriculari. Due suoi lavori, in particolare, hanno verificato i risultati della sperimentazione

---

<sup>24</sup> Holton, Rutherford, Watson (1971: 6-10).

<sup>25</sup> Si veda anche Welch, Walberg (1972).

del *PPC*, tentando, al contempo, di sviluppare delle tecniche di ricerca e, sebbene con largo uso di strumenti quantitativi, di introdurre elementi qualitativi nella valutazione dei programmi sperimentali e nella tradizione americana – più in generale anglosassone, vista anche la nazionalità canadese di Aikenhead – dei *test* standardizzati. Le conoscenze qualitative ottenute tramite l'utilizzo di varie forme di *test*, in aggiunta a quelli più tradizionali, aveva portato lo studioso a includere nella valutazione degli studenti proprio quegli aspetti e quelle capacità che il *PPC* includeva nello studio della fisica a differenza dei più canonici corsi di fisica per la scuola secondaria. I suoi risultati erano così riassunti:

[t]he HPP group significantly gained on twice as many items as the non-HPP group in the remaining three areas:

- (1) the aims of science;
- (2) the human needs within science;
- (3) the epistemology of science-including definitions, assumptions, general aspects of scientific knowledge, laws, theories, models, and observations (Aikenhead, 1974: 26).

Quindici anni dopo, lo stesso Brush – collega e collaboratore di Holton – in un articolo di ampio respiro sul ruolo della storia della scienza nella didattica, ha citato i risultati positivi di Aikenhead su quattro aree distinte dalla padronanza del tradizionale contenuto disciplinare strettamente inteso: strategia della scienza, valori, funzione istituzionale, relazioni con tecnologia e società. Anche un lavoro di Quattropiani, citato da Brush, confermava risultati incoraggianti sul fronte di una maggior consapevolezza e miglior comprensione delle relazioni tra scienza, tecnologia e società.<sup>26</sup> Diversi studiosi, quindi, hanno discusso i risultati ottenuti con l'utilizzo dei materiali del *PPC*: un aumento rilevante di studenti nei corsi di fisica; una miglior attitudine verso la disciplina sviluppata dal corso; risultati positivi per le altre componenti della *literacy* scientifica, così come intesa da Holton e colleghi; nessuna differenza sul piano dei contenuti disciplinari e dei *test* canonici di fisica (nella risoluzione di problemi) tra le classi che hanno adottato il *PPC* e le altre.

L'oggettività e affidabilità di questi risultati merita ancora oggi attenzione; non è stata sancita, comunque, la validità o opportunità definitiva di un corso come quello di Harvard. Brush, ad esempio, nonostante sia stato promotore dell'utilizzo di un approccio *HPS* per le scienze e dei risultati positivi mostrati, ha sostenuto, a differenza di Holton, che l'incremento del numero degli studenti non fu un dato assoluto ma strettamente correlato alla diminuzione di classi che utilizzavano gli altri corsi di fisica concorrenti.

Per quanto riguarda la ricezione italiana di questi materiali, si è visto che gli autori, come ad esempio Amaldi negli anni Novanta, hanno dato un certo peso a questi progetti americani. Tra

---

<sup>26</sup> Cfr. Brush (1989: 62).

i testi italiani esaminati, solo Amaldi (1991) cita esplicitamente il *PPC* (forse anche per motivi legati all'editore), mentre fin dagli anni Settanta veniva da tutti indicato il *PSSC* come esempio di una nuova didattica della fisica.

L'approccio storico-umanistico, seppur innovativo e magistralmente confezionato, non ebbe un altrettanto dirompente effetto nel contesto italiano. I curatori della prima edizione del *PPC* italiano sostenevano che, pur essendo un punto di forza del nuovo testo, la dimensione storico-culturale era in qualche misura già stata sviluppata da alcuni manuali italiani.<sup>27</sup> Marazzini (1972), ad esempio, lo aveva fatto in un modo che ritroviamo più nei manuali odierni, con delle sole "letture" dal contenuto storico-filosofico; vedremo un altro esempio particolare dello stesso periodo. In generale, comunque, i tentativi erano stati perlopiù deboli come, ad esempio, quello di Amaldi (1970, 1972), che pur affermando la bontà di una contestualizzazione storica ne faceva un uso molto limitato. Questa "strategia" didattica non aveva avuto un impatto significativo sull'insegnamento della fisica e sull'uso dei testi. Secondo l'analisi di Marazzini (2002), almeno fino al 1965, il ruolo delle conoscenze che il *PPC* inseriva abbondantemente nel curriculum di fisica era del tutto marginale e sporadico tra i manuali italiani.

I diversi fattori caratterizzanti i manuali di fisica che sono emersi nello studio della loro evoluzione, dal punto di vista dei contenuti e delle caratteristiche stilistico-didattiche, spiegano, forse, le ragioni di una scarsa contestualizzazione delle conoscenze fisiche e della loro presentazione, in parte, dogmatica. Accademismo, enciclopedismo e una pedagogia rivolta in gran parte alla formazione di studenti rivolti alle discipline scientifiche, con buone probabilità di intraprendere degli studi avanzati in campo tecnico-scientifico, hanno reso difficile una ricezione dei propositi del *PPC*, così come delle tematiche da questo magistralmente integrate nel corso di fisica. Il successo e la diffusione del corso americano furono marginali rispetto, ad esempio, all'impatto che il corso di Zacharias ha ottenuto nel panorama italiano.

Anche un'altra motivazione può essere addotta al riguardo e questa concerne proprio il legame con la ricerca educativa e con le sperimentazioni curriculari. Sia per il *PSSC* che per il *PPC* vi furono alcune sperimentazioni in Italia e l'utilizzo di alcuni classi pilota prima di diffondere l'adozione dei materiali nei licei e negli istituti tecnici. Ciò non era comunque paragonabile all'interazione profonda che si era creata negli Stati Uniti tra università, scuole, governo federale (tramite agenzie come la *National Science Foundation*) e perfino enti

---

<sup>27</sup> Prat Bastai, Quassiatì. Salio, Luisa, Stefancich (a cura di, 1977).

privati.<sup>28</sup> Né, tantomeno, la mole di ricerche e progetti curricolari e di sperimentazione era paragonabile, allora come oggi, tra i due paesi.

Sfogliando i resoconti delle vicende pluridecennali dell'editore italiano dei progetti americani, si trovano indizi di un orientamento culturale che, come visto, ancora caratterizza parte del dibattito pubblico e accademico sull'educazione scientifica e su quella scolastica *tout-court* – in Italia ma non solo – e che si è concentrato sul ruolo della ricerca nell'innovazione educativa e su quali saperi e metodi siano coinvolti nel cambiamento della didattica delle scienze, nella formazione degli studenti e degli insegnanti.

Fino al 1970 fu, infatti, direttore editoriale della Zanichelli Delfino Insolera, un ingegnere, che fu il promotore dell'importazione dei progetti americani in campo scientifico, all'interno di una tradizione editoriale in cui ci si appellava agli esperti disciplinari nell'ideazione di testi per la scuola, con scarsa considerazione per gli addetti all'educazione, alla ricerca didattica e metodologica. Il direttore editoriale, «al di là dei buoni rapporti personali con molti di loro, non aveva un'altissima considerazione culturale (cioè, per lui, scientifica) dei pedagogisti “ufficiali”» (Enriques, 2008: 26-27). Ciò ha dettato una politica editoriale e scientifica certamente di grande spessore, che era in linea con alcuni presupposti che avevano dato origine al *PSSC*, ma che incontrava qualche ostacolo culturale nel caso del *PPC*. Questo testo, di respiro anche umanistico e storico, «non piaceva affatto a Delfino Insolera (né gli piaceva che, in Italia, fossero stati dei pedagogisti a prendere a cuore l'iniziativa)» (Enriques, 2008: 186); secondo la stessa ricostruzione, infatti, Aldo Visalberghi – noto pedagogista italiano – aveva spinto per la pubblicazione del *Progetto* di Harvard in Italia. Come abbiamo sostenuto, però, alla base del corso americano vi era un'articolata sperimentazione educativa, non solo una rielaborazione didattica delle ricerche storico-epistemologiche sulla fisica, ma anche un'ampia disamina pedagogica dei problemi didattici concernenti l'insegnamento delle scienze nelle *high school*. Parte di quelle ricerche pedagogiche, inoltre, si prefiggeva di portare un approccio scientifico nella valutazione e nella progettazione dei materiali curricolari, e questo rimane un tema attuale che ancora divide il dibattito e la ricerca sull'educazione in generale e sulla didattica delle scienze.

Alla fine il *PPC* fu, nonostante tutto, pubblicato e ritenuto, comunque, un testo i cui contenuti, sia scientifici che umanistici, erano di buona qualità. La diffusione fu abbastanza limitata, nonostante il corso rimane ancora noto agli insegnanti la cui carriera è iniziata tra gli

---

<sup>28</sup> Anche in Italia, si potrebbe dire, fu importante l'intercessione di un ente privato nella promozione dei nuovi corsi di scienze. Nel caso italiano – si è già accennato – fu fondamentale il contributo dell'editore Zanichelli che curò l'adattamento, la riedizione e la divulgazione dei progetti americani (non solo per la fisica ma anche per la biologia e le scienze della terra).

anni Settanta e Ottanta. Dai pochi dati disponibili (pubblici), ci si può comunque rendere conto dell'impatto limitato sul panorama dei testi scolastici, sempre rifacendosi alla storia dell'editore. Il progetto, analogo del *PSSC*, per la biologia, il *Biological Sciences Curriculum Study*<sup>29</sup>, seppur non ebbe forse un'influenza analoga al gemello nel campo dell'innovazione didattica, fu caratterizzato da un maggior impatto quantitativo, stando ai numeri delle vendite: diecimila copie della prima edizione nei primi anni Settanta, una diffusione di oltre quarantamila nella seconda metà dello stesso decennio (seconda edizione); di trentacinquemila nei primi anni Ottanta (terza edizione), è andata scemando con la quarta e quinta edizione e il testo è finito ai margini del mercato nel corso degli anni Novanta. Dunque, se questi furono i numeri del progetto americano che più conquistò il panorama editoriale scolastico italiano, si può ben comprendere il tipo di diffusione che ebbe l'ancor meno diromponente *Progetto* di Harvard.

Come nel caso del *PSSC*, però, i numeri sulle adozioni e sulle vendite non rispecchiano l'influenza più sottile e profonda che ebbero i progetti americani per la fisica, soprattutto a livello culturale e pedagogico, sugli insegnanti più attivi e motivati e sugli studiosi di tematiche educativo-didattiche.

Tra gli anni Settanta e il decennio successivo – alcuni autori citati ne davano testimonianza – la “questione storica”, tra le altre, popolava ormai anche il dibattito e diversi studi italiani.

Secondo una recente retrospettiva, dai progetti americani emersero le innovazioni legate al laboratorio e alla storia come principali strategie didattiche; ritenute spesso contrapposte, ma in realtà complementari, entrambe hanno condiviso un simile andamento storico nel dibattito interno alla didattica della fisica: «enfasi spinta fino agli anni Settanta, critiche serrate negli anni Ottanta, *revival* e nuova attenzione dagli anni Novanta [...]» (De Maria, Ianniello, 2004: 9).

In Italia, le pubblicazioni più informate sulla questione risalgono ai primi anni Ottanta ed erano volte innanzitutto alla valorizzazione didattica della storia della scienza. L'origine dei lavori italiani che contengono il nocciolo dell'approccio *HPS* è rintracciabile in particolare nei dipartimenti di fisica e tra i fisici che avevano rivolto i loro sforzi investigativi alla storia della loro disciplina. In quegli anni, inoltre, si stava affermando una classe di studiosi e ricerche nel

---

<sup>29</sup> Va detto che dietro l'ideazione del corso di biologia americano vi erano Joseph Schwab e le sue idee sulla scienza presentata come “prodotto” o come “processo”, e quindi una prospettiva che intendeva innovare profondamente l'insegnamento scientifico. Schwab aveva curato la guida per gli insegnanti del *BSCS*; in questa aveva espresso alcune idee sulla contestualizzazione storica e sul “lato umano della ricerca”; si veda, per esempio, Matthews (1990: 221). Sebbene dal punto di vista editoriale e didattico ciò non ha avuto forse un grande impatto sull'implementazione italiana del corso di biologia, le idee di Schwab ebbero una certa influenza sugli studiosi italiani di didattica delle scienze.



campo delle didattiche – in particolare della fisica – e non mancavano tracce di lavoro interdisciplinare sui temi di pedagogia delle scienze: non solo fisici e storici della fisica, quindi, ma anche pedagogisti, psicologi dell'educazione e cognitivisti contribuirono al clima accademico e culturale in cui maturarono in Italia le idee sulla portata conoscitiva e culturale delle scienze al livello educativo.<sup>30</sup> Furono quindi gli stessi scienziati, gli storici della fisica e i pedagogisti rivolti alla didattica delle scienze i primi a trarre le implicazioni culturali più ampie dagli studi storici e filosofici sulla scienza. Non c'era ancora, tra gli anni Settanta e Ottanta, un assetto accademico vasto come quello odierno per gli studiosi e le associazioni rivolti alla filosofia della scienza; vi erano soprattutto quei pochi eminenti studiosi che contribuirono "all'importazione" e all'affermazione di tale campo disciplinare (Geymonat, Pasquinelli, Agazzi, ecc.), i quali ne apprezzavano il significato culturale ma non potevano certo svilupparne a pieno i risvolti pedagogici (scolastici) più ampi.

L'intreccio della storia e della filosofia con le discipline scientifiche riguarda, come detto, una più generale visione della cultura scientifica, che in Italia aveva trovato ostacoli notevoli nella prima metà del Novecento (con poche eccezioni) e che quindi si è affermata più a fatica nel mondo accademico e scolastico. Per tale motivo, le istanze tipiche di queste ricerche e le connesse proposte curriculari rimanevano dei casi abbastanza isolati e non erano state recepite dai programmi scolastici in vigore da diversi decenni. Tuttavia, analogamente a quanto si è osservato per altri motivi innovatori nel campo della fisica scolastica, nonostante l'accademismo e il carattere conservatore dei programmi fosse condiviso anche dai testi di fisica, quelle ricerche – soprattutto di storia della fisica – contribuirono a rinnovare il clima culturale in cui insegnanti e autori di manuali operavano. Seppur in un quadro culturale povero per le scienze, rispetto ad altri paesi, e fatto di relazioni piuttosto circoscritte tra ricerca accademica ed educazione scolastica, negli anni Ottanta apparvero alcuni esempi di materiali didattici con elementi di contestualizzazione storica integrati nella trattazione dei contenuti disciplinari.

Nel 1986 venne pubblicata la seconda edizione italiana del *PPC*, il *Progetto Fisica*, in cui i contenuti della seconda edizione americana erano stati rielaborati e adattati al curriculum italiano; l'edizione integrava i vari materiali del corso americano (testo, guida per lo studente e attività di laboratorio) in un solo testo e ribadiva, «sulla base dell'esperienza di questi anni di utilizzazione del corso nelle scuole italiane (per la valutazione dei materiali del *PPC* sono stati distribuiti, e controllati su scala nazionale, questionari agli insegnanti e test di profitto

---

<sup>30</sup> Per citare i più significativi, delle università di Roma "La Sapienza" e dell'università di Pavia, si vedano i già citati Ianniello, Tarsitan (1983) e Bevilacqua (a cura di, 1983).

agli studenti; sono stati inoltre organizzati seminari di lavoro e corsi di aggiornamento)», il carattere innovativo dell'originario progetto americano, anche per le scuole italiane (Prat Bastai *et al.*, a cura di, 1986). Anche gli altri autori, presi qui come casi emblematici per la didattica testuale della fisica in Italia, vale a dire Amaldi e Caforio-Ferilli, si erano rapportati in modi diversi a questo tipo di strategie, in modi più o meno innovativi, nella stesura dei loro testi.

Prima di esaminare alcuni esempi testuali di una certa importanza, si deve affiancare a questi e alla presente ricognizione storica un esame del ruolo e dei tipi di conoscenze storico-filosofiche e confrontarlo, a grandi linee, con quanto individuabile nei manuali adottati nei licei.

#### *4.2.2. La storia e la filosofia della scienza nella didattica: indagini comparative e alcuni sviluppi curricolari*

Non è difficile stabilire, a grandi linee, se un determinato curriculum o testo di fisica proponga una scienza contestualizzata dal punto di vista storico-culturale e, quindi, un'immagine della disciplina che non sia statica, astratta, dogmatica, slegata dai moventi storici e conoscitivi che l'hanno generata, nonché dalle sue più ampie ricadute di valore non solamente tecnologico. L'analisi dei programmi più recenti – svolta nel secondo capitolo – ha messo in luce un progressivo ampliarsi delle prospettive educative assegnate alla fisica, anche verso un debole richiamo all'evoluzione storica e alle relazioni con le altre discipline scolastiche.

Tuttavia, visto il carattere piuttosto conciso e generico dei programmi nazionali, una valutazione degli ideali e degli obiettivi formulati a titolo prescrittivo risulta, in fin dei conti, poco informativa sul generale processo che riguarda la formulazione del curriculum proposto e, tantomeno, sulle reali pratiche di trasposizione e implementazione didattica.

A tal proposito, sono state condotte alcune indagini comparative sui curricoli di scienze, in cui sono stati esaminati anche gli aspetti interdisciplinari e contestuali presenti nei programmi e nelle linee guida nazionali. Purtroppo, al fine di questa ricerca, le comparazioni internazionali fanno riferimento soprattutto ai cicli scolastici inferiori e si limitano a indicare la presenza o meno – a livello puramente “teorico” – di un certo tipo di strumenti concettuali o strategie didattiche.

In un quadro di confronto tra i paesi europei, alcuni dati sui programmi di scienze sono stati raccolti, ad esempio, da Eurydice, istituzione della Commissione europea legata ai ministeri e alle unità nazionali (come l'ex-Indire italiano), che è deputata alla cooperazione e alla ricerca

in campo educativo. Uno studio di Eurydice (2006) sulla didattica delle scienze ha confrontato diverse caratteristiche dei curricoli in Europa tra cui, appunto, l'inclusione di "dimensioni contestuali nell'insegnamento" attraverso due elementi: le "conoscenze storiche" e la discussione di "problemi contemporanei"; quest'ultimi sono rappresentati dal richiamo a questioni inerenti alla vita quotidiana e alle tematiche di rilevanza sociale. Le raccomandazioni e i programmi esaminati concernono il ciclo primario e secondario inferiore, mentre non è incluso nella ricerca il livello successivo – nella maggior parte dei paesi – alla scuola dell'obbligo. Per i curricoli italiani della scuola elementare e media, la strategia più diffusa, individuata nelle indicazioni nazionali, riguarda il secondo punto, che si trova espresso attraverso i due elementi "riferimenti alla vita quotidiana" e "tematiche sociali"; non compaiono, invece, raccomandazioni sulla storia delle scienze quale dimensione contestuale dell'insegnamento scientifico per entrambi i livelli di istruzione esaminati. In prospettiva comparata, emerge che pressoché tutti i paesi, soprattutto al livello di secondaria inferiore, includono nei programmi questo tipo di riferimenti didattici, sempre con una minor enfasi sulla storia delle scienze (Eurydice, 2006: 32-33).

Il limite di tale analisi è, dal nostro punto di vista, duplice. Innanzitutto – come accennato – un tal genere di esame delle indicazioni e dei contenuti previsti ha un valore puramente indicativo; inoltre, da uno studio della letteratura sull'approccio *HPS*, ma soprattutto dei progetti più interessanti e dei moventi originari di questa innovazione – con Conant, prima, e il *PPC* di Holton, poi – si evince che le possibilità più interessanti e realistiche per costruire una *literacy* scientifica estesa, dal contenuto culturale e interdisciplinare, sono collocate al livello pre-universitario, di scuola superiore nel contesto italiano, in analogia anche con l'educazione generale e la preparazione pre-specialistica dei *college* americani (dove, in sostanza, sono sorte le prime idee sull'utilizzo didattico della storia della scienza). Non tutti sarebbero probabilmente d'accordo con questa prospettiva, e non mancano casi di studio sulla storia della scienza nella scuola dell'obbligo. Lo stesso potrebbe essere detto, però, dei "problemi contemporanei", i più menzionati nei programmi del livello primario d'istruzione esaminati da Eurydice (mentre la storia della scienza ha più occorrenze nelle indicazioni per le scuole secondarie): sebbene diverse possibilità didattiche possano essere sviluppate anche a questi livelli dell'istruzione scientifica, seguendo i moventi originari dell'approccio *HPS* e limitandosi al caso delle scuole secondarie di secondo grado – oggetto di questo studio – riteniamo che il quadro dell'istruzione disciplinare "matura", così come si presenta nel post-obbligo nella maggior parte dei paesi europei e non solo, sia il più adatto per l'inclusione di elementi contestuali di tipo storico-filosofico, così come per un proficuo contatto con i temi

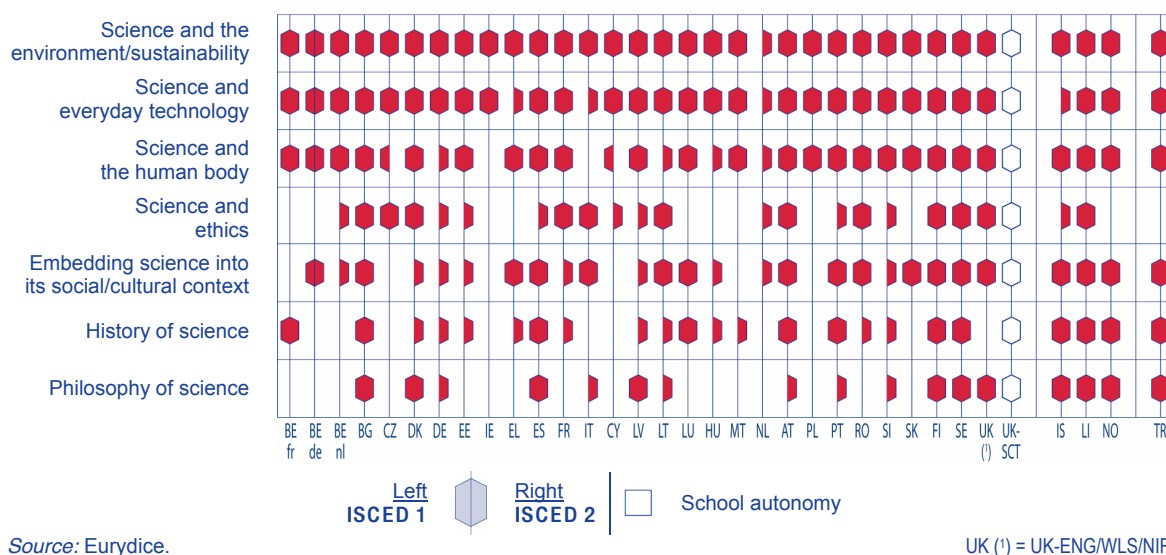
delle tecnologie e delle relazioni scienza-società. Come abbiamo sostenuto, inoltre, il canone dei saperi liceali presenta delle caratteristiche uniche in merito al sapere scientifico insegnato, alle sue relazioni con l'educazione "classica" e con le discipline umanistiche ed è quindi un luogo formativo ideale per creare delle feconde contaminazioni del sapere scientifico con la storia e la filosofia.

Quello che lo studio di Eurydice conferma è una tendenza più marcata verso i temi della vita quotidiana e della società: abbiamo osservato un'evoluzione dei testi in tal senso, esaminando il mutevole significato attribuito alle tecnologie e i "dispositivi" testuali per la rilevanza e l'interesse che anche i manuali per i licei italiani hanno sempre più utilizzato dagli anni Novanta in poi.

Nel 2011 Eurydice ha pubblicato un'altra indagine approfondita sull'insegnamento delle scienze in Europa. Sotto la rubrica "*context-based science teaching*" sono elencati una serie di aspetti contestuali utili alla didattica – in particolare gli approcci del tipo *STS* rivolti alla dimensione sociale e valoriale di scienza e tecnologia – ne viene evidenziato specialmente il ruolo motivazionale positivo e la consonanza con una funzione "civica" dei saperi scientifici (Eurydice, 2011: 64-67).

Le strategie contestuali si esemplificano tramite una serie di problemi specifici con cui sostanziare l'insegnamento delle scienze, molti dei quali sono ben visibili nei manuali recenti che abbiamo esaminato nelle pagine precedenti: questioni ambientali, riferimenti al corpo umano o a tecnologie di uso quotidiano, ecc.

A questi ambiti, tramite cui i testi visti hanno certamente tentato di bilanciare l'astrattezza della fisica, l'indagine Eurydice accosta la dimensione storica, sociale e filosofica delle scienze. Riportiamo la tabella riassuntiva, guardando in particolare quanto descritto per l'Italia.



**Fig. 1.** Dimensioni contestuali nell’insegnamento delle scienze nei documenti programmatici nazionali di diversi paesi europei. I livelli di istruzione sono, nel caso italiano, la scuola elementare e quella secondaria di primo grado (Eurydice, 2011: 67).

In accordo con la ricerca precedente, viene evidenziata la mancanza di indicazioni sulla storia della scienza, a cui però, secondo questa analisi, fanno da controparte i riferimenti a vari tipi di relazioni interdisciplinari o contesti applicativi (etica, contesto sociale, tecnologie quotidiane, ecc.); in Italia sarebbero presenti anche raccomandazioni didattiche sulla filosofia della scienza per la scuola secondaria di primo grado (ISCED 2). Purtroppo anche questo esame è limitato ai primi cicli d’istruzione: abbiamo esaminato nel capitolo II quanto affermano le recenti indicazioni per i licei e non abbiamo trovato riferimenti espliciti alla maggior parte delle strategie contestuali qui elencate, sebbene i testi ne abbiano sempre più sfruttato le potenzialità didattiche – specialmente di tipo comunicativo – in relazione ad esempio alle tecnologie (in una nuova prospettiva) e alla vita quotidiana. Un caso testuale (Cutnell-Johnson, 2009) riporta spesso riferimenti al corpo umano (ad esempio nei capitoli sulla Meccanica), pochi esempi si trovano su tematiche ambientali, mentre ricorrenti sono le esemplificazioni di taglio tecnologico. Né i programmi, né i testi per la secondaria di secondo grado – ci sembra – trattano gli aspetti etici e sociali del sapere scientifico. Qualche accenno viene fatto – nelle Indicazioni Nazionali del 2010 – alle relazioni interdisciplinari della fisica, ma tutti i precedenti richiami espliciti alla storia e alla filosofia (nei precedenti progetti di riforma e nelle prime bozze dei curricula del 2010) sono lasciati cadere.

Nel caso delle scuole superiori italiane, ci sono meno informazioni generali e comparate disponibili, ma vale la pena citare gli studi che hanno fatto riferimento alle indagini della IEA e ai dati raccolti specialmente con la prima ricerca TIMSS (1995) del nuovo ciclo di

comparazioni (in realtà la terza nella storia dell'IEA), che – come già detto – forniscono, con tutti i limiti del caso, una prospettiva comparata ed empirica unica nel campo dell'educazione scientifica. A differenza di PISA, infatti, e stando al modello concettuale cui ci siamo richiamati per l'analisi del curriculum di fisica, l'indagine TIMSS si propone anche di raccogliere una vasta quantità di informazioni sui curricoli e sulle caratteristiche di insegnanti e studenti che possano essere messe in relazioni con i risultati delle prove di apprendimento somministrate. Alcune di queste informazioni permettono di avere una visione d'insieme sull'estensione e sull'articolazione di conoscenze *HPS* (in un senso molto ampio) nei programmi, nei testi e persino nelle pratiche didattiche descritte dagli insegnanti. In un particolare studio (Wang, Schmidt, 2001), l'analisi si è concentrata sulla popolazione 2 delle indagini TIMSS, equivalente all'incirca all'ultimo anno della scuola media italiana. Nonostante questo, TIMSS 1995 ha fornito delle chiavi di lettura più estese su tutto il ciclo scolastico, e non solo sui contenuti didattici prescritti, fornendo anche una classificazione e degli strumenti d'indagine sulle conoscenze contestuali e interdisciplinari presenti nell'insegnamento delle scienze. L'Italia, che partecipò a TIMSS del 1995, non è inclusa nella popolazione due, ma vi sono dati più generali che la riguardano. Il primo, di dieci anni precedente a quelli di Eurydice, riguarda la presenza di temi *HPS* (e anche *STS*, cioè sui rapporti tecnologie, scienza e società) lungo tutto il ciclo scolastico. Vi sono alcune differenze, talvolta delle discrepanze con quanto osservato da Eurydice. Il confronto, tuttavia, è improprio, visto che negli anni della ricerca europea vi erano in corso delle riforme in Italia e i curricoli analizzati sono ovviamente diversi.<sup>31</sup>

Cinque sono le aree in cui è articolato l'insieme delle conoscenze di “storia, filosofia e sociologia della scienza”, secondo TIMSS (Wang, Schmidt, 2001: 53):

Influence of Science, Technology on Society;  
Influence of Society on Science, Technology;  
History of Science & Technology;  
Nature of Scientific Knowledge;  
The Scientific Enterprise.

Secondo quanto riportato dai riferenti nazionali, tramite cui si è raccolta la parte di dati sulle indicazioni e sui programmi, in Italia mancano riferimenti alla natura della scienza lungo tutto il curriculum; relazioni generalmente definite “*STS*” sono presenti a partire dalla scuola primaria fino alla fine della scuola media, ma sempre a titolo di indicazione e mai – questa è

---

<sup>31</sup> L'unità italiana di Eurydice ha infatti analizzato le nuove *Indicazioni nazionali per i piani di studio personalizzati*, per la scuola primaria e quella secondaria di primo grado, allegate al Decreto legislativo n. 59 del 19 febbraio 2004 “Definizione delle norme generali relative alla scuola dell'infanzia e al primo ciclo dell'istruzione”.

una specificità delle analisi TIMSS – quale oggetto di studio specifico, cioè come argomenti solo inclusi ma non “*focused*” all’interno del curricolo programmato (Wang, Schmidt, 2001: 58-62). Questo dato è in accordo con quanto ha descritto Eurydice riguardo ai “problemi contemporanei” nel decennio successivo. Per TIMSS, però, si ritrovano anche dei riferimenti alla storia della scienza e della tecnologia a partire dalla scuola primaria, dal “grado” 1 – ovvero dalla prima classe – fino a quello 8 (Wang, Schmidt, 2001: 58-62). Per i primi quattro anni della scuola superiore italiana (l’ultimo è escluso da questa rilevazione), riporta l’indagine del ‘95, non si ritrovano raccomandazioni su nessuna delle cinque tematiche generali. Dall’esame di alcuni materiali testuali, l’indagine TIMSS, da cui anche in questo caso è esclusa l’Italia dall’approfondimento sul curricolo del grado 8 – la popolazione “2” dell’indagine IEA – emerge che una parte consistente dei manuali più adottati è rivolta più a informazioni di tipo storico, che agli altri ambiti esaminati.

In questa visione comparata d’insieme, però, si ritrova il limite emerso in precedenza, ovvero la genericità degli elementi che costituiscono la base di queste rilevazioni, le quali lasciano indeterminati la natura e il ruolo di queste conoscenze, in particolare all’interno dei manuali. Ripetiamo, però, che il quadro comparato emerso da queste indagini ha il suo interesse specifico e fornisce alcuni elementi di riflessione; tra quelli sottolineati da Wang e Schmidt (2001: 68): i paesi con più alti risultati nei test di apprendimento, non sono tra quelli con una forte propensione a includere elementi *HPS* nell’insegnamento. Tale conclusione non sorprende e si trova in linea con la relativa indipendenza – emersa in diversi studi – tra apprendimento dei contenuti/competenza disciplinare e gli elementi della più ampia *literacy* scientifica che la conoscenza *HPS-STC* serve a realizzare e a rappresentare.

Nel dibattito internazionale sull’educazione scientifica, così come in una parte considerevole delle ricerche e degli studi che si sono occupati di innovazione del curricolo e dei preziosi strumenti pedagogici offerti dagli studi storico-filosofici, il *National Curriculum* inglese del 1989 e vari documenti americani – a partire dalla fine degli anni Ottanta – sono stati presi come modello e riferimento per la riqualificazione dell’insegnamento delle scienze.

E’ importante, da una parte, non sottovalutare questi progetti curriculari che hanno avuto una grande risonanza internazionale e che hanno sicuramente giocato un ruolo fondamentale nel costituire l’assetto odierno di problemi e proposte che costituiscono il campo di ricerca della *Science Education*; dall’altra, va tenuta ben presente la differenza socio-culturale che separa i movimenti di riforma anglosassoni dal caso italiano. Il curricolo nazionale inglese nasce dall’esigenza di avere una base comune di contenuti e obiettivi didattici in un sistema fortemente localistico e attraversato da un’offerta scolastica la cui differenziazione è parte

integrante dell'architettura istituzionale del sistema formativo inglese stesso. Nel decennio successivo, in Italia, dopo decenni di burocrazia e centralismo statalista, si cercherà di introdurre nel sistema di istruzione il motivo opposto, attraverso l'autonomia scolastica, ancorché non sia mai venuto a mancare il ruolo ministeriale nel fornire delle linee guida e degli *standard* a livello nazionale. Analogo è il fondamento del riformismo pedagogico che ha attraversato gli Stati Uniti negli anni Novanta: l'esigenza di fissare degli obiettivi, dei contenuti condivisi e dei "livelli di prestazione essenziali" (così verranno chiamati in Italia nelle ultime riforme scolastiche) che temperassero un sistema formativo ancor più differenziato e frammentato di quello inglese. Nel periodo in cui maturavano il dibattito e l'implementazione dei nuovi programmi educativi in Inghilterra e negli Stati Uniti, in Italia non sono mancate proposte di riforma che riguardavano l'intero assetto dell'istruzione (in particolare quella superiore e universitaria). I principi dell'innovazione della didattica delle scienze nei progetti di riforma italiani, però, differivano dalle prospettive anglosassoni specialmente per un motivo di fondo che qui ci interessa: non miravano a ideare e promuovere una nuova educazione scientifica per tutti e le basi di una *literacy* aggiornata e dal valore socio-culturale. Per gli Novanta si sono esaminati, nel secondo capitolo, i due principali disegni di riforma che riguardavano l'istruzione scientifica delle scuole secondarie, in particolare i licei; sia il Piano Nazionale Informatica, che il progetto Brocca hanno avviato un regime di sperimentazione e differenziazione ancora più marcato, senza istituire un nuovo quadro istituzionale "ordinario" e, come visto, introducevano elementi di qualificazione della didattica delle scienze nel senso di una *literacy* che potremmo definire "specialistica", basata sulla metodologia sperimentale, sull'introduzione del calcolatore nello studio della matematica, sull'estensione della fisica al biennio e su pochi cenni sporadici a un insegnamento culturalmente più ricco e meno accademico delle materie scientifiche (suddivisione in temi portanti, integrazione con la chimica, ecc.). Si possono difendere diversi punti in merito alla bontà di quei disegni di riforma, ma i risultati negativi delle rilevazioni internazionali – guardati sempre più seriamente da politici e *media* – l'esigenza di introdurre una riforma globale della scuola secondaria di secondo grado e il dibattito europeo e mondiale sempre più votati a una nuova educazione scientifica hanno finito per ridurre l'impatto culturale e pedagogico.

Si vuole porre l'accento, in queste considerazioni, innanzitutto sulle differenze tra il contesto istituzionale italiano e i progetti curriculari che sono stati il modello per la ricerca contemporanea sull'innovazione didattica nelle scienze.

Matthews, alla guida del nascente movimento *HPS*, descriveva all'inizio dell'età della



cosiddetta “*Standard-Based Science Education*”<sup>32</sup>, i contenuti delle riforme anglosassoni che ben si accordavano con l’uso didattico della storia e della filosofia della scienza.

Il carattere innovativo, che distingue così nettamente quanto avvenuto in ambito anglosassone dalle concomitanti riforme italiane, sta nella tematizzazione esplicita sia dei rivolti pedagogici di discipline come la storia della scienza, sia dei caratteri di una nuova *scientific literacy*. Ad esempio, l’ultimo obiettivo posto dal *National Curriculum* inglese per le scienze era centrato sulla “natura della scienza” che – come illustrato – se intesa in senso ampio, coinvolge lo sviluppo storico della scienza nel suo ambiente sociale e culturale, il suo volto istituzionale e culturale lungo diverse fasi storiche. A tal fine, la contestualizzazione storica e l’uso di casi di studio storicamente situati permetterebbero lo sviluppo di diverse capacità essenziali per un’educazione scientifica rinnovata. In particolare, per la fine dell’istruzione obbligatoria, quindi per un analogo dei bienni delle scuole superiori italiane, era previsto che si conducessero gli studenti: a distinguere affermazioni scientifiche basate su dati ed evidenze da quelle che tali non sono; a cogliere lo sviluppo di un’idea scientifica anche in relazione all’ambiente socio-culturale in cui questa è maturata; a studiare esempi di controversie scientifiche al fine di comprendere come le conoscenze cambiano (Cfr. Matthews, 1990: 222-223).

Ancora più forte è stato il ricorso dei documenti americani alla qualificazione in senso culturale e “filosofico” dell’insegnamento delle scienze.

A partire da *Science for all Americans* del 1989, primo documento del *Project 2061* dell’*American Association for the Advancement of Science* (AAAS), il movimento americano di innovazione dell’educazione scientifica ha portato al centro del dibattito sulle riforme e sui curricula di scienze il concetto di “natura della scienza” e l’importanza delle conoscenze storiche quali strumenti pedagogici fondamentali per una nuova alfabetizzazione scientifica. Lo studio delle trame storiche della conoscenza scientifica serve, secondo questo famoso manifesto, innanzitutto a rendere concrete le cognizioni sulla natura della scienza, vista in tutta la sua complessità conoscitiva e sociale; in secondo luogo, nel segno della finalità culturale assegnata al rinnovamento della didattica delle scienze, gli episodi storici hanno la funzione di palesare e approfondire la portata culturale dirompente di alcune conquiste scientifiche fondamentali, da Galilei e Copernico, da Darwin a Pasteur, quali momenti chiave per la civiltà occidentale e non solo.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Così definita in Wang, Marsh (2002: 170-171).

<sup>33</sup> Si veda il capitolo dieci del documento [<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>; consultato in data 08/10/11]. Si veda il commento di Matthews (1990: 223-224).

Negli anni successivi, altri due documenti fondamentali sulla riforma dei curricula di scienze sono stati pubblicati negli Stati Uniti. La stessa AAAS ha stilato i *Benchmarks for Science Literacy*<sup>34</sup>: si tratta di uno “strumento”, o guida, che può servire agli insegnanti per costruire un curriculum di scienze attraverso i dodici gradi dell’istruzione scolastica, al fine di implementare e raggiungere gli obiettivi che il documento del 1989 aveva fissato per la promozione di un concetto ampio di educazione scientifica. La stesura dei *Benchmarks* è stata condotta attraverso una fase di elaborazione e discussione che ha visto una stretta sinergia tra ricercatori, scienziati e insegnanti delle scuole; il ruolo assegnato a discipline quali la storia della scienza e, più implicitamente, l’epistemologia ricalca quanto fissato nella fase precedente del Progetto 2061. Infine, quale emblema della fase storica rivolta a fissare degli *standard* condivisi per l’educazione scientifica, nel 1996 è uscito un altrettanto importante rapporto: i *National Science Education Standards* del *National Research Council* che, oltre a contenuti e obiettivi di apprendimento, fornisce indicazioni per la valutazione, per la qualificazione professionale degli insegnanti e per la coordinazione dei diversi attori dell’educazione scientifica, riproponendo inoltre diversi temi sollevati dalla AAAS. Tra questi, è importante segnalare l’immagine generale della scienza e dell’educazione scientifica che viene dipinta: più dinamica, epistemologicamente ragionata, culturalmente e pedagogicamente elaborata e al cui servizio possono mettersi discipline come la storia della scienza.<sup>35</sup> Questi documenti sono quindi l’esempio più significativo di una riflessione culturale sulle scienze che vuole elaborare le nuove immagini del sapere scientifico prodotte dalla ricerca, dagli *Science Studies* e dagli ultimi sviluppi storico-sociali, e che intende farne un manifesto e un programma concreto di politica educativa al servizio della scienza scolastica.

Non sono mancate le critiche a questo movimento di riforma degli anni Novanta.<sup>36</sup> La più elementare, ma da non sottovalutare, è rivolta alla grande ambizione con cui questi progetti intendevano rinnovare i curricula di scienze, attraverso grandi temi e propositi pedagogici la cui mediazione con il reale contesto educativo è sicuramente problematica. D’altra parte, la diffusione e l’impatto del movimento *standard-based* sono stati notevoli negli Stati Uniti, con una discreta influenza sulle direttive curriculari dei singoli stati e distretti scolastici. Nel

---

<sup>34</sup> <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?home=true>; consultato in data 10/11/11.

<sup>35</sup> L’ottava categoria per gli *standard* dei contenuti è intitolata “storia e natura della scienza”. Si veda il capitolo sesto “*Science Content Standards*”. La pubblicazione è reperibile sul sito della *National Academies Press* [<http://www.nap.edu/>; consultato in data 02/03/12].

<sup>36</sup> Alcuni hanno visto aspetti di un insegnamento positivista e tradizionale – che ignora i criteri di rilevanza per lo studente – anche in questi manifesti di riforma dell’insegnamento delle scienze. Aikenhead (2003: 29) riporta questi studi in un’ampia rassegna di ricerche sugli approcci umanistici all’educazione scientifica.

panorama accademico e culturale americano alcuni critici hanno attaccato la visione scientifico-filosofica, talvolta troppo relativista e costruttivista, che emerge in alcune pagine dei documenti citati e che ha ravvivato, al cuore dei problemi educativi del ventunesimo secolo, il dibattito sulla cultura post-moderna e sulle *science wars*.<sup>37</sup> Molte accuse riecheggiano, ancor più nettamente, nelle vedute “tradizionaliste” di diversi studiosi italiani e probabilmente anche in una parte consistente di insegnanti, decisamente contrapposti a qualsiasi esito relativista, costruttivista e troppo “pedagogicamente sofisticato” delle scienze scolastiche.

Va tenuta in considerazione la singolarità di queste iniziative rispetto al caso italiano, dove analoghi disegni di riforma sono stati guidati sempre dal governo nazionale e in cui la fusione tra educatori, politici e ricerca – ben rappresentata anche nel caso di questi ultimi progetti e rapporti americani – non ha mai raggiunto la forma e la vivacità culturale degli esempi d’oltre oceano. Le dichiarazioni contenute in questi progetti curriculari, in merito ai vari aspetti della didattica delle scienze e alla necessità di costruire una scienza basata sui criteri di rilevanza – oggettiva e soggettiva, nei termini usati in precedenza – appaiono marcatamente distanti dalle magre concessioni fatte dalle riforme italiane, pur innovative, che nello stesso periodo rivedevano i principi dell’insegnamento scientifico: si ricordino, in particolare, le brevi affermazioni sulla storia della scienza e sui raccordi interdisciplinari, che compaiono nelle indicazioni ministeriali a partire dai programmi Brocca e sopravvivono in forma rapsodica nelle ultime riforme del sistema scolastico italiano, e l’accenno, sempre nell’originario progetto Brocca, ad alcuni elementi che possiamo accostare alla *science for all* e alla scienza rilevante e culturalmente elaborata dei documenti statunitensi, come il tema energia e ambiente proposto per il biennio di fisica-chimica. E’ evidente, insomma, la distanza politico-culturale che separa il contesto italiano di riforma dell’educazione scientifica negli anni Novanta dai paralleli dibattiti e processi decisionali che avvenivano in Inghilterra e negli Stati Uniti.

La ricerca accademica e l’ambiente culturale italiani erano destinati però a recepire maggiormente le idee che diedero origine al movimento di riforma curricolare degli anni Novanta. Come è emerso nel corso dell’analisi testuale, il “passaggio” di idee e il diffondersi di stili di ricerca e approcci innovativi sono parte del processo di codifica del curriculum così come rispecchiato dai testi. Potremmo definire questi elementi – relativi all’interazione con l’ambiente culturale e accademico – come “esogeni” al processo strettamente educativo così

---

<sup>37</sup> Good, Shymansky (2001).

come rappresentato, ad esempio, dallo schema del curricolo nelle indagini TIMSS. Tra le intenzioni, o le direttive nazionali del ministero, e il curricolo potenzialmente attuato, una serie di processi di mediazione, di elaborazione culturale e professionale contribuisce all'evoluzione degli autori di manuali, così come alla stesura dei libri di testo, su cui anche il ruolo giocato dagli editori (dalle loro posizioni culturali e spinte innovative) ha un peso determinante. Per quanto il testo di scienze non esaurisca la complessità del curricolo e dell'insegnamento delle discipline scientifiche, considerando inoltre la progressiva sofisticazione dei materiali e degli strumenti didattici, da più parti è stata affermata l'estrema importanza che ancora i manuali scolastici rivestono nella didattica scolastica delle scienze. Per le innovazioni che abbracciano una prospettiva *HPS*, inoltre, il ruolo dei testi e dei materiali curriculari è ancora ritenuto cruciale per il cambiamento della pedagogia dei saperi scientifici. Diversi studiosi, non a caso, hanno studiato il legame tra curricoli, pedagogie e innovazioni umanistiche specialmente nel panorama internazionale.<sup>38</sup>

Per ovviare all'incompletezza delle analisi comparative viste è infatti necessario entrare nel dettaglio dei contenuti e delle strategie comunicativo-didattiche impiegate dai testi, così come in parte si è fatto per l'analisi più generale dei manuali di fisica nel capitolo precedente. Uno dei pochi studi italiani che ha approfondito lo *status* dei libri di testo per le scienze è stato compiuto da una società di editoria e informazione scientifica. Zadigroma (2004) ha esaminato i manuali di scienze, sempre in riferimento alla scuola primaria e secondaria inferiore, descrivendo la struttura contenutistica e "formale" dei testi. Parte di questo studio, sono anche l'immagine della scienza che viene comunicata e questioni quali la natura, anche sociale e epistemologica, dell'indagine scientifica.

Non ci interessano qui tanto le conclusioni e i risultati ottenuti di questa indagine, quanto rilevare il fatto che, su questi ultimi punti, l'analisi dei testi italiani è stata guidata dai documenti americani, i quali hanno fornito una sorta di griglia concettuale sia per i contenuti, sia per la parte riguardante l'immagine della scienza. In particolare, i *National Science Education Standards* hanno dettato l'indice tematico dei contenuti per quattro aree: scienze fisico-chimiche, scienze della vita, scienze della terra e dello spazio, la scienza nella prospettiva personale e sociale.

I temi essenziali per ogni area, stilati dal documento americano, sono stati impiegati come strumento guida per l'analisi di frequenza e ripartizione contenutistica dei testi scolastici. Va segnalata la quarta area, visto anche quanto indicavano le indagini come quella di Eurydice

---

<sup>38</sup> Aikenhead (2003: 30 e sgg)

sulla contestualizzazione delle scienze, che è servita a comprendere in che misura sono inserite nei testi le tematiche che convogliano la rilevanza sociale e personale della scienza, valori portanti della *Standard-Based Science Education* americana: la salute, gli ambienti naturali, le risorse ambientali e le popolazioni, i rischi e i benefici delle tecnologie, le ricadute più ampie di scienza e tecnologia sulla società e altre ancora. Tutti questi temi di rilevanza sociale sono stati individuati in misure diverse nei testi, ancorché con percentuali abbastanza basse. Un altro punto interessante di questa ricerca è l'aver chiarito l'atteggiamento dei libri di testo di scienze verso la natura e i valori della scienza. Si tratta di un elemento, per sua natura, più sfuggente e legato anche al profilo degli insegnanti, ed è quindi scarsamente affrontato dai testi – sostengono i ricercatori (Zadigroma, 2004: 15) – nonostante sia stato posto al centro dei tentativi, qui descritti, di qualificare maggiormente l'insegnamento delle scienze e la sua portata culturale.

In merito al “discorso sulla scienza” presente nei testi, la ricerca italiana fa riferimento anche a *Science for All Americans*, usando tre categorie generali e una serie di assunzioni condivisibili sul come funziona l'indagine scientifica: visione scientifica del mondo (la scienza è razionale e durevole, al contempo rivedibile, mutevole, non assoluta, ecc.), metodo scientifico (ruolo delle prove sperimentali, ruolo concomitante di logica e immaginazione, funzioni esplicative e predittive, ecc.), scienza come impresa sociale (*ethos* e ricerca, moventi individuali e sociali della ricerca, istituzioni e organizzazione della comunità scientifica, ecc.). Per i livelli scolastici esaminati dall'indagine, risultano scarsamente affrontati questi temi, con differenze sensibili (ovviamente) tra scuola elementare e media, con parti più significative dedicate al metodo e con meno riferimenti realistici alla dimensione sociale.

E' chiaro quanto queste categorie, che articolano il “discorso sulla scienza” e che rappresentano quella parte di conoscenze (e consapevolezze) situate al centro della cultura scientifica scolastica che si vorrebbe costruire (della *scientific literacy*), chiamano in causa anche le ricerche “umanistiche” sui saperi scientifici. Va sottolineato, a tal proposito, quanto emerge dallo studio dei testi in questa ricerca, in merito alla storia della scienza.

La dimensione storica della scienza è spesso marginale o manca completamente, soprattutto nei testi di scuola elementare. Gli "agganci" alla storia delle scienze hanno spesso carattere anedddotico, si riferiscono all'opera di singoli scienziati e sottolineano un'idea di progresso che vede scienziati di tempi antichi "sbagliare" di più rispetto a quelli moderi. Non emerge in modo significativo come si è evoluta la figura dello scienziato né un'idea della scienza come costruzione continua (Zadigroma, 2004: 47).

Si potrebbe estendere questo giudizio a quanto emerge da una prima visione globale dei manuali di fisica che abbiamo citato in questo studio. Sarà opportuno, però, descrivere più da

vicino il tipo di conoscenze contestuali utilizzate da questi testi e inserirle nel quadro già descritto fin qui.

Le diverse indagini citate si collocano all'incirca entro un decennio di riforme, o tentativi di riforma, del sistema scolastico italiano e, come si vede, non conducono sempre a conclusioni molto coerenti; probabilmente, in un periodo all'incirca di cinque anni si possono notare cambiamenti rilevabili, ma in fondo non cruciali, sia nei programmi, che nei testi. Da qui le diverse valutazioni che fanno le indagini TIMSS, Eurydice e Zadigroma e, soprattutto, la necessità di una profondità storica maggiore per comprendere l'evoluzione dei curricula di scienze.

Per ovviare ai limiti strutturali insiti nel tipo di ricerche comparate citate e a certe discordanze (tra indagini o periodi diversi), sarà necessario richiamarsi a quanto alcuni studi più specifici hanno affermato sui ruoli e sulle finalità dell'approccio *HPS*. Da un'analisi della letteratura pertinente e da una sorta di tassonomia che cercheremo di ricavare, si potranno sviluppare ulteriormente le considerazioni sul ruolo delle discipline storico-filosofiche nel curriculum e completare la ricostruzione storico-pedagogica dei testi di fisica per i licei italiani. Come nell'ultimo caso citato, alcuni riferimenti a ricerche e programmi anglosassoni possono guidare un esame approfondito del caso italiano e dei relativi materiali didattici, tenendo ben presenti le sostanziali differenze istituzionali e culturali emerse nel capitolo I e in questi ultimi paragrafi.

#### *4.2.3. Ricerche sull'utilizzo di approcci storico-filosofici nella didattica delle scienze: un riesame*

Sebbene lo studio di innovazioni interdisciplinari e umanistiche per l'educazione scientifica sia stato spesso promosso da singoli studiosi (da Mach a Conant, da Holton a Matthews), o nel contesto di iniziative e di gruppi ristretti, dagli anni Novanta questo orientamento ha assunto una fisionomia specifica e un profilo accademico più distinto e omogeneo. L'istituzionalizzazione di un campo di ricerca così particolare, interdisciplinare e legato anche ai singoli contesti educativi comporta una serie di rischi e problemi. L'uniformità di linguaggio, interessi, metodi di ricerca e di concettualizzazione (non assoluta ma sicuramente frutto del profilo accademico della *Science Education* e dell'approccio *HPS*), infatti, non si concilia facilmente con la natura locale e parziale delle concrete iniziative che quotidianamente affrontano l'innovazione dell'insegnamento scientifico. Ovviamente tale problema è più generale e concerne la natura stessa delle innovazioni pedagogiche e della ricerca in questo campo, la quale si trova ad affrontare la diversità dei sistemi educativi e

culturali, nonché la “complessità”<sup>39</sup> insita nelle innovazioni educative e negli approcci didattici.

Come è chiaro nel caso italiano, gli studi storico-filosofici applicati all’insegnamento delle scienze sono nati a opera di fisici, storici ed educatori grazie a singole iniziative accademiche e culturali, rileggendo le ricerche e la letteratura anglosassoni e solo in un secondo momento si sono inseriti nel panorama internazionale e all’interno dei gruppi che abbracciavano una stessa prospettiva. Tuttavia, la maggior parte dei progetti informati dall’approccio *HPS*, hanno una natura locale, frammentata e isolata, che male si concilia con il respiro generale e trans-istituzionale che i fondamenti dell’approccio assumono sulle riviste accademiche e nei convegni internazionali.

E’ necessario, dunque, tenere in considerazione lo iato che separa le ricerche dalle iniziative singole di innovazione del curriculum e i principi generali, dalle particolari esemplificazioni di approcci *HPS*. A tal fine verrà condotta nel seguito una sintesi di alcuni studi sull’approccio storico-filosofico nella *Science Education*; raccordare queste ricerche e i diversi aspetti dell’approccio con il curriculum di fisica italiano, così come rappresentato dai programmi e dai testi, servirà a completare il presente esame dei manuali di fisica e, soprattutto, di una parte del problema dell’innovazione pedagogica nel quadro di alcuni elementi comparativi che abbiamo discusso fin dall’inizio.

Un punto controverso, già menzionato, concerne proprio il carattere scientifico di questi studi pedagogici. Sul piano della ricerca, si è tentato, fin dalle origini (vedi paragrafo 4.2.2.), di utilizzare una metodologia rigorosa e di testare i risultati di programmi basati sull’approccio *HPS*. Nonostante ciò, il carattere definitivo e oggettivo delle ricerche empiriche sull’utilità della prospettiva che stiamo esaminando è parte integrante del problema dell’innovazione didattica e del contesto istituzionale entro cui questa si colloca.

Tra i lavori che vale la pena citare, quello di Teixeira, Greca e Freire (2009) ben rappresenta queste caratteristiche metodologiche assunte dalla declinazione accademica dell’approccio *HPS*. L’articolo in questione si basa innanzitutto, come anche altri studi di scienze sociali, su una meta-analisi scientifica in cui si raccolgono i risultati di più ricerche, riassumendoli e

---

<sup>39</sup> Un vasto filone di studi, sviluppatosi negli ultimi anni, concerne l’utilizzo degli strumenti della teoria della complessità nelle scienze sociali e, in particolare, in campo educativo. In Italia, l’INVALSI (Istituto nazionale per la valutazione del sistema scolastico) ha svolto degli studi su questo tema, esplorandone le diverse applicazioni in vari campi di ricerca e sperimentazione educativa (Abbona, Del Re, Monaco, a cura di, 2008). Non riconducibile direttamente a questi approcci, sono altri studi che evidenziano comunque l’insieme di fattori e problemi insiti nel cambiamento delle pratiche e delle concezioni educative. Questo tema del cambiamento educativo, secondo tale prospettiva multi-fattoriale e socio-pedagogica è stato posto, non a caso, da studiosi e ricercatori di origine anglosassone. Fondamentale, a tal proposito, è Fullan (2001).

comparandoli,<sup>40</sup> e utilizza quindi un metodo desunto dalla ricerca medico-scientifica. Tipico di queste procedure analitiche, inoltre, è anche l'autoreferenzialità, ovvero il fondare uno studio su altre ricerche affini le quali sono, in sostanza, selezionate dalle sole principali riviste accademiche in lingua inglese. In qualche modo, ci pare, la problematicità dell'innovazione educativa e dei molti attori coinvolti risulta oscurata dalla procedura tipicamente accademica di citazione degli articoli e indicizzazione delle riviste, se si rimane confinati entro la sola ricerca accademicamente accreditata secondo degli *standard* internazionali restrittivi. Infatti, il primo limite – ovvero quello linguistico – viene esplicitamente riconosciuto dagli autori, in quanto esclude una gran parte dei lavori pertinenti per l'approccio *HPS* – solitamente in lingue nazionali – ma al contempo è considerato come una prima selezione qualitativa in ragione dell'appartenenza dei lavori citati a riviste internazionali basate sul *peer-reviewing* (Teixeira, Greca e Freire, 2009: 3).<sup>41</sup>

A parte questi problemi più generali, tramite alcuni criteri specifici (sperimentazione in classe, fisica come disciplina di riferimento, ecc.) gli autori dell'articolo citato selezionano undici studi e li analizzano sulla base del metodo, dei risultati e dei propositi in merito all'utilizzo di un approccio *HPS*. L'iniziale selezione di 152 articoli, dal 1948 al 2008, rivela la distribuzione nel tempo delle pubblicazioni riguardanti la prospettiva *HPS*, con una crescente concentrazione di tali studi a partire dagli anni Novanta, proprio in concomitanza con la fondazione della rivista dedicata a questo campo di ricerca – *Science and Education* – e con la contemporanea rinascita di interesse verso l'impiego didattico degli studi sulla scienza (storia, filosofia, sociologia).<sup>42</sup>

Lo scopo finale del lavoro citato è proprio quello di verificare la qualità delle ricerche *HPS*, nel senso di valutare quali risultati hanno prodotto, in che modo e con quali procedure empiriche di sperimentazione didattica. Questa ricerca, soprattutto, insieme alle altre che citiamo in questo paragrafo, ci permette di compilare un elenco dei benefici didattici assegnati all'approccio *HPS* e alle sue diverse declinazioni.

Come detto nel paragrafo 1.2.1, ciò che contraddistingue le possibili ricadute degli studi storico-filosofici sull'insegnamento scientifico è la varietà di finalità, strategie e livelli formativi che sono stati tematizzati e sperimentati.

Guardando agli studi che hanno esplorato l'approccio storico-filosofico, come gli undici

---

<sup>40</sup> Il dibattito anglosassone (in particolare britannico) sulla necessità di dotare di basi empiriche e sistematiche la ricerca sociale ed educativa ha spesso chiamato in causa questo tipo di meta-analisi e le possibili differenze e comunanze con la pratica medica e scientifica in senso stretto. Si veda, per esempio, Evans, Benefield (2001).

<sup>41</sup> (Teixeira, Greca e Freire, 2009: 3).

<sup>42</sup> *Ivi*.



selezionati da Teixeira e colleghi, si possono elencare i diversi obiettivi didattici discussi e individuati. I tre principali benefici esplorati nelle ricerche esaminate riguardano:

- la comprensione dei contenuti, o *conceptual understanding*: l'utilizzo di unità o materiali *HPS* in varie forme è concepito come un supporto alla comprensione di certi concetti e di teorie fisiche; talvolta vi è un richiamo all'idea cardine del cambiamento concettuale e di analogie, più o meno metaforiche, tra lo sviluppo storico e la costruzione individuale della conoscenza scientifica (la cosiddetta analogia ontogenesi-filogenesi);
- la natura della scienza, quale obiettivo di apprendimento, nella sua dimensione epistemologica e storica: costruire, come più volte detto, un'immagine ragionata, profonda e complessa del funzionamento della scienza attraverso lo studio delle sue componenti filosofiche e del suo sviluppo storico-epistemologico;
- la componente attitudinale: le conoscenze *HPS* esplorate in queste ricerche sono spesso viste come strumenti utili alla comunicazione di un'immagine positiva della scienza e alla costruzione di attività di apprendimento più motivanti e coinvolgenti per gli studenti.

Queste sono i tre principali campi di applicazione didattica dell'approccio *HPS*, che non si escludono a vicenda e che sono affrontati da pressoché tutte le ricerche sull'approccio in questione.

Anche Galili e Hazan (2001) compilano una tassonomia simile di benefici didattici, estrapolandola in questo caso da una esame delle concezioni di una classe di esperti composta da insegnanti, scienziati e ricercatori che si occupano di educazione scientifica. Le ragioni sostenute dai soggetti consultati dagli autori toccano gli stessi punti evidenziati nella letteratura accademica citata: promuovere l'apprendimento di concetti e teorie (con riferimenti al citato parallelismo filogenesi-ontogenesi), costruire un'immagine della scienza culturalmente e storicamente valida (ciò concerne, quindi, anche la natura dell'indagine scientifica), incentivare motivazioni e interessi positivi tramite attività stimolanti e aspetti solitamente rimossi dall'insegnamento tradizionale. Gli autori riportano, sulla base delle loro interviste, anche un tipo di argomenti che sostiene l'utilità dell'approccio *HPS* per promuovere la scienza come professione, fornendo immagini e storie di scienziati e della ricerca al fine di comunicare il carattere umano del lavoro scientifico. Su questo punto, un obiettivo tipico dell'approccio umanistico – in sostanza quello di “umanizzare” la scienza, mostrandone le concrete basi storiche e “antropologico” – si coniuga con uno dei problemi centrali per l'educazione scientifica: la crisi delle vocazioni e la necessità di innalzare qualità

e quantità della formazione in campo scientifico-tecnologico. Anche alcuni importanti storici, più di un secolo dopo di Mach, hanno sostenuto questa comunanza di intenti, specialmente tra la storia della scienza e l'insegnamento ai futuri scienziati.

[Students] can learn key *skills* that might not be so readily attained in the science curriculum. These might include the ability to read and interpret primary sources [...], [to] develop confidence in critical thinking of the sort required to evaluate secondary scholarship [...], they can learn to formulate, marshal, and defend a cogent argument, such as that required in a senior thesis. [...] But for those who want to keep in sight of their main discipline, what better way of developing these skills than helping them to build on the science that they already know, into areas of history that are actually germane to their professional development? [...] Arguably most important is the understanding of the broader processes of science that studying its history can uniquely offer. The key role of history here is characterizing the complexities of how science *changes*. So many science textbooks unhelpfully – and above all inaccurately – cultivate a rather static image of scientific disciplines, as if they were completed with comprehensive certainty. [...] But faced with the textbook spectacle of such an apparently unalterable monolith, is it any wonder that students can have difficulty conceiving how they might ever contribute to science? (Gooday, Lynch, Wilson, Barsky, 2008: 325-326).

Con queste parole, gli storici rispondono, oltre trent'anni dopo, a un articolo del già citato Brush (1974), che aveva sollevato una critica fondamentale al metodo storico nella didattica delle scienze. La complessità scoperta dagli studi storico-sociali sulla scienza solleva diversi dubbi sull'obiettività e valutatività del metodo scientifico, mettendo in luce il percorso tortuoso della ricerca e persino il peso di fattori extra-scientifici. Confrontandosi anche con i tesi, molti hanno infatti notato la scarsa verosimiglianza storica dei modelli razionali elaborati dall'epistemologia e solitamente incorporati a fini didattici nei manuali e nelle presentazioni canoniche delle discipline scientifiche. Tale lavoro di critica della ragione scientifica e dei fondamenti della scienza, così come rappresentati dalla didattica, non coincide con un atteggiamento anti-scientifico, ma può rappresentare certamente un ostacolo, se non un forte deterrente, per l'innovazione della didattica nel senso indicato dalla prospettiva che qui ci interessa. Come lo stesso lavoro di Brush ha testimoniato, questa critica non ha indebolito l'interesse verso il metodo storico e le altre possibilità di problematizzare la scienza scolastica, ma ha semmai reso necessario un esame attento del tipo e della quantità di storia che è opportuno utilizzare nei corsi di scienze, tenendo presente, inoltre, che il valore di queste osservazioni è ben diverso a seconda del contesto formativo – di studenti che hanno già definito, o meno, il loro orientamento accademico verso le scienze – a cui si rivolgono. Per di più, queste precauzioni servono anche a spiegare in parte l'atteggiamento verso la storia della scienza nei manuali. Da una parte è vero che non possano essere interamente trasposti nel curriculum di fisica la complessità e l'insieme di fattori che hanno plasmato lo sviluppo della scienza; a ciò consegue la tendenza dei testi e delle ricostruzioni didattiche a

falsare la storia, a renderla una narrazione finzionale, a piegarla a fini retorici e pedagogici, finendo col comunicare in maniera fuorviante anche alcuni punti fondamentali del procedere scientifico e del reale processo di costruzione delle conoscenze.<sup>43</sup> Sulla scorta di queste considerazioni, è chiaro come si debba cercare una buona mediazione tra storiografia (e studi sulla scienza) e storia della scienza nella didattica, ammettendo che non sia del tutto biasimabile l'elaborazione di ricostruzioni *ad hoc* e a posteriori per finalità pedagogiche.<sup>44</sup>

Si possono citare anche altri lavori, piuttosto significativi all'interno del corpo di ricerche *HPS*, che ribadiscono le principali finalità pedagogiche individuate. Tra questi Höttecke, Silva (2011) e Irwin (2000), presentano un'analisi abbastanza puntuale degli usi didattici della storia e della filosofia della scienza; ciò che va sottolineato è il ricorrere degli stessi obiettivi che abbiamo esposto sopra, sulla base di considerazioni ed esperienze diverse. Höttecke e Silva (2011) riconducono la loro ricerca al progetto europeo HIPST<sup>45</sup> e quindi a un lavoro, esteso nel tempo e attraverso *partnership* europee, di confronto con vari attori coinvolti nell'innovazione didattica e di produzione di materiali *HPS* implementabili a livello scolastico. Irwin (2000), invece, ha condotto una sperimentazione di unità *HPS* in classe, confrontando i risultati attraverso un gruppo di controllo.

Nel presentare il senso didattico della prospettiva in esame, questi autori fanno riferimento ad alcuni programmi e concezioni diffuse nel panorama internazionale. Irwin (2000: 6), ad esempio, menziona sia il *National Curriculum* inglese, che richiede uno studio del ruolo complementare di creatività ed evidenze nella scienza e delle relazioni delle idee scientifiche con il mutevole contesto storico-sociale, sia una ricerca sul concetto di *scientific literacy* dove si elabora un'idea culturalmente e pedagogicamente estesa dell'educazione scientifica.<sup>46</sup>

Questo rappresenta un altro segno della presenza di un quadro abbastanza coerente e unitario, per quanto geograficamente e istituzionalmente differenziato, in cui si muovono gli studi sull'innovazione pedagogica e sulla prospettiva *HPS*, quadro che, come premesso, prescinde dalle condizioni particolari, locali e contestuali dell'innovazione didattica.

Höttecke e Silva (2011: 293) espongono un elenco di benefici tratti da molteplici studi sull'argomento; li riportiamo direttamente dall'articolo:

teaching and learning about science as a process;

---

<sup>43</sup> Questo tema è stato esaminato da Whitaker (1979a 1979b).

<sup>44</sup> Ammettono una possibilità del genere, uno scienziato-storico come Russo (1998: 107) e gli studiosi di didattica della fisica citati, De Maria e Ianniello (2004: 26).

<sup>45</sup> HIPST è un progetto di ricerca europeo condotto dal 2008 al 2010, chiamato *History and Philosophy in Science Teaching*. Si vedano Höttecke, Henke, Riess (2010) e Höttecke (2012) Il sito del progetto è <http://hipst.eled.auth.gr/> (consultato in data 20/03/12).

<sup>46</sup> Irwin (2000: 7). Il riferimento è a Bybee *et al.* (1991).

promoting conceptual change and a deeper understanding of scientific ideas;  
supporting learning about the nature of science (NoS);  
fostering public understanding of science;  
positively impacting students' attitudes and interests toward science.

Anche in questo caso, ci sono alcuni ulteriori scopi educativi, oltre a quelle individuati da più studiosi. «History of science can also provide role models of female scientists to enhance girls' attitudes towards science». «Since science education is also a part of general education, arguments have been made that the history of science contributes to science for citizenship» (Höttecke, Silva, 2011: 294).

Un'altra pubblicazione piuttosto importante per l'orientamento *HPS*, co-firmata da uno degli autori del rapporto Nuffield esaminato nel primo capitolo, è quella di Monk e Osborne (1997). In questo studio è stato dato ampio risalto, alla dimensione strettamente cognitiva e contenutistica degli apprendimenti scientifici. In particolare questi studiosi hanno sottolineato il ruolo della giustificazione epistemologica nel processo di costruzione delle conoscenze scientifiche. Integrare, e non semplicemente giustapporre o aggiungere, le conoscenze storico-filosofiche nel curriculum di scienze è il metodo didattico principale per implementare questa dimensione epistemologica nell'insegnamento. Secondo questo "modello", l'approccio *HPS* rende possibile un'efficace esplorazione di più punti di vista sui fatti scientifici, di più teorie elaborate in diversi periodi storici, entro diverse prospettive filosofiche o attingendo a fonti diverse (a diversi dati empirici, al senso comune, ecc.), facilitando il processo giustificativo e l'esplicitazione delle concezioni degli studenti. In questo contesto didattico, l'analogia – per Monk e Osborne, il parallelismo formale – tra storia e apprendimento ha un ruolo positivo nella fase di confronto e giustificazione di concezioni diverse e nella costruzione di un corpo di conoscenze scientificamente accreditate. A tal proposito, è implicito il riferimento all'abbondante quantità di studi, specialmente di didattica delle fisica, sulle "misconcezioni", sul costruttivismo e sul cambiamento concettuale.<sup>47</sup> Richiamandosi ad altri studi, questi autori affermano, però, che dal punto di vista degli insegnanti la prospettiva *HPS* è invece vista spesso come metodo di intervento sulla sola componente emotiva e motivazionale dell'apprendimento, mentre – ribadiamolo – in un paragrafo eloquentemente intitolato "Science as a product and the neglect of epistemological justification", Monk e Osborne, per dirla con uno slogan, asseriscono che "l'epistemologia è ciò che conta" (Monk, Osborne, 1997: 409). Nuovamente, si potrebbe far riferimento al corpo di ricerche didattiche, ad

---

<sup>47</sup> Per parte di queste ricerche, in questo lavoro, abbiamo fatto riferimento specialmente a: diSessa (2006), Nersessian (1989), Villani (1992), Duit (2007), Whitaker (1983), Greiffenhagen, Sherman (2008), Grimellini Tomasini, Segrè (a cura di, 1991).

esempio nel campo della fisica, che ben hanno dimostrato in quali e quanti casi, gli aspetti concettuali ed epistemologici hanno un ruolo cruciale nell'apprendimento, come ostacoli, così come fattori chiarificanti e illuminanti nella costruzione delle teorie e dei concetti fisici.

Una visione sintetica inclusiva dei vari benefici didattici elencati si trova in uno studio di Wang e Marsh (2002). Sebbene tale studio si concentri sugli orientamenti di un ristretto gruppo di insegnanti americani in merito all'utilizzo didattico della storia della scienza, il titolo di questo articolo si riferisce a un più vasto approccio umanistico all'educazione scientifica e il *framework* analitico elaborato per lo studio sul campo ha – crediamo – un valore abbastanza generale. Inoltre, tale quadro di analisi deriva da un precedente lavoro di dottorato compiuto da Wang (1998) sulla storia della scienza in alcuni manuali scolastici americani di fisica, su cui torneremo; ciò rende la tripartizione che segue ancora più rilevante al fine della presente ricerca.

E' possibile racchiudere i vari piani di efficacia didattica dell'approccio *HPS* in tre ampie categorie:

*conceptual understanding, procedural understanding, contextual understanding*. La prima dimensione concerne il piano contenutistico e concettuale già menzionato e si realizza attraverso l'arricchimento della presentazione canonica dei temi del curriculum tramite le conoscenze storico-filosofiche emerse negli ultimi decenni. Da tale punto di vista hanno una certa rilevanza i temi sollevati da Kuhn, Conant e Schwab – riferimenti fondamentali, a partire dagli anni Sessanta, per l'innovazione dell'educazione scientifica – sulle strategie della ricerca, sul cambiamento di teorie e sui presupposti interpretativi alla base dei fatti scientifici; a questa dimensione si può ricondurre una parte consistente delle ricerche sugli apprendimenti svolte dagli esperti di didattica della fisica. Sul piano procedurale, si colloca anche il concetto di natura della scienza, specialmente per ciò che riguarda il suo significato metodologico e sintattico. Anche in questo caso le riflessioni di Conant e Schwab possono essere utili per cogliere il senso di una didattica che non disconosce l'importanza dei contenuti, ma che pone l'accento sugli aspetti metodologici fondamentali della scienza, spesso stereotipati o ignorati dall'insegnamento. Il significato della comprensione procedurale è quello di bilanciare un insegnamento scientifico per fatti, prodotti e verità, con attività didattiche basate sull'indagine, sugli esperimenti, sui tratti fondamentali della ricerca scientifica quale procedura per costruire conoscenze e non in quanto mero corpo di conoscenze certe e definitive. Ovviamente, se si guarda, ad esempio, la ricerca didattica in campo scientifico, i due piani – il contenuto e il metodo – non possono mai essere del tutto separati.

L'ultimo gruppo di benefici riguarda la dimensione contestuale, articolata in fattori

psicologici, sociali e culturali (Marsh, Wang, 2002: 177-179). In questo caso, la storia della scienza – ma anche un generale orientamento umanistico – può rivelare le componenti individuali e sociali, legate a singole culture o a differenze di genere, che hanno avuto un ruolo importante nell'evoluzione della scienza. Mostrare, nella didattica delle scienze, questi fattori all'opera può sortire effetti positivi sull'immagine della scienza, sugli orientamenti intellettuali degli studenti e sulle motivazioni soggettive. Come si vede, il ventaglio di possibilità e finalità racchiude sempre quei benefici che abbiamo individuato come fondamentali. Al di là di queste varie distinzioni, ci sembra opportuno ricondurre quest'ultima dimensione più che ai contesti nazionali, etnici o alle differenze di genere (come la intendono gli autori), al significato culturale più ampio dell'idea di una "scienza nel contesto". L'esigenza di dotare la scienza di contenuto "umanistico" può essere ricondotta, infatti, proprio all'idea di comprensione "contestuale", in cui sono inclusi, oltre quello sociale, economico e tecnologico, anche il contesto culturale e intellettuale entro cui si sono sviluppate le conoscenze scientifiche.

E' chiaro, comunque, quanto le tre dimensioni descritte da Wang e Marsh racchiudano l'idea di problematicità della conoscenza scientifica e dell'evoluzione storica, così come discusse dagli studi storico-filosofici nell'ultimo secolo.

Per completare un'analisi del senso e dei fondamenti filosofico-pedagogici dell'approccio *HPS* si deve esaminare il senso più generale del rapporto tra scienze e *humanities*.

Per esempio, alcune interessanti riflessioni al riguardo sono state compiute da Martin Eger (1989). In una raccolta di contributi pubblicata negli anni in cui andava rinnovandosi l'interesse per l'applicazione delle discipline umanistiche all'insegnamento delle scienze,<sup>48</sup> Eger ha compiuto un'ampia riflessione filosofica sull'interesse e sulla rilevanza dell'educazione scientifica, sintetizzando le diverse sfaccettature della prospettiva *HPS* e andando al cuore anche del problema "attitudinale" per l'innovazione della pedagogia delle scienze.

La riflessione filosofica proposta da Eger, piuttosto articolata, fornisce, nei suoi tratti essenziali, un'interessante motivazione per ripensare i curricula di scienze tramite il contributo interdisciplinare degli studi storico-filosofici.

Il contesto problematico da cui parte l'autore è quello che abbiamo discusso attraverso le pagine precedenti di questa ricerca: sembra esserci una crisi di motivazione e interesse verso lo studio delle discipline scientifiche – anche se abbiamo sostenuto la problematicità delle

---

<sup>48</sup> Ci riferiamo a *Synthese*, 80 (1), 1989, curato da M. R. Matthews.

evidenze che sostengono questa affermazione – in particolare se si guarda al peso degli studi scientifici nella formazione universitaria. D'altra parte, nota Eger, la nascita di un "terzo genere" di letteratura scientifica di qualità, che non coincide con la divulgazione di più basso livello, né con una letteratura strettamente specialistica (vengono citati autori come Gould, Monod, Weinberg, Prigogine, Wilson, ecc.), rivela sia l'esistenza di un pubblico interessato al sapere scientifico, sia la volontà dei grandi scienziati di offrire un certo tipo di comunicazione scientifica (Eger, 1989: 84).

Le differenze tra la rilevanza degli studi scientifici per gli studenti e l'interesse suscitato dalla letteratura divulgativa di un certo spessore – il discorso sarebbe diverso per i vari contesti informali di comunicazione scientifica – risiedono nel diverso orientamento conoscitivo dei registri epistemologici usati.

Rileggendo Habermas e il lavoro di Mary Hesse, quindi due importanti emblemi della produzione filosofica contemporanea in campo ermeneutico ed epistemologico, Eger tematizza diversi tipi di interesse e di finalità conoscitive dei saperi. L'interesse del sapere scientifico, chiamato "*interest of science*", grossomodo ciò che abbiamo definito in precedenza "rilevanza oggettiva", concerne l'utilità e l'efficacia delle scienze naturali. Questa efficacia ha un significato perlopiù pragmatico ed è evidente a chi ottiene una formazione con il fine di intraprendere una carriera in campo tecno-scientifico. Tale rilevanza del sapere scientifico non è, banalmente, di tipo solo applicativo, ma coincide con la formazione che Kuhn aveva osservato nei manuali e nelle fasi ordinarie della ricerca: rappresenta quindi il cuore della comunità scientifica e delle sue dinamiche di trasmissione e formazione generazionale.

La ragione filosofica del sapere così inteso, dice Eger riprendendo Habermas, è però di tipo essenzialmente pragmatico, in quanto pone in relazione una forma di indagine conoscitiva con "l'azione", con il raggiungimento di finalità utilizzabili e in grado, inoltre, di espandersi indefinitamente. Sempre seguendo Habermas, le discipline umanistiche si basano su una finalità diversa, non puramente tecnica, ma di tipo ermeneutico: studiare la storia, la filosofia o l'antropologia, ha come fine quello di una comprensione dell'umano, che per Habermas coincide con una comprensione reciproca e quindi anche con una finalità comunicativa. Una miglior comprensione dei fatti umani e una miglior comunicazione sarebbero così alla base delle discipline umanistiche.

Thus, the natural sciences channel thought toward the manipulation of materials object; the "human sciences" on the other hand, dealing with persons and speech, have as their *telos* the orientation of the human being in a social environment (Eger, 1989: 86).

Il limite e la rigidità di questa distinzione sono evidenti a Eger che però sfrutta questa analisi per estendere le sue considerazioni. E' evidente, infatti, che grandi scienziati, tra cui gli autori della letteratura scientifica citata, hanno anche una finalità conoscitiva e filosofica nella loro attività, sia questa di indagine vera e propria o di riflessione e comunicazione. Ciò significa che la ricerca scientifica ha una componente ermeneutica che, come nel caso nei saperi umanistici, è orientata alla comprensione e alla rilevanza delle sue conseguenze per la società e la cultura umana. In sostanza, la tesi di Eger è che la tradizionale educazione scientifica oscura completamente questa parte del sapere scientifico, restringendo l'interesse alla sola componente di "interesse palese" derivante dall'utilità e dalle possibilità immediate offerte dalla scienza.

Le finalità e i diversi rapporti teoria-azione così espresse, hanno un analogo sul piano delle conoscenze e dei loro tipi epistemologici.

Mary Hesse insists on the important distinction between relatively direct, empirical knowledge on the one hand, and on the other, *high-level* theory. The former is, so to speak, a locally anchored residue, which remains invariant when high level theories undergo revolution. As Stephen Gould is fond of saying, apples continued to fall down from trees (at the usual rate) while the theory of gravitation changed drastically from the Newtonian to the Einsteinian paradigm. In contrast, the important thing about high level theories is precisely that they are not so strongly anchored; for in the aftermath of Kuhn and Feyerabend, there is greater awareness today that these are always underdetermined by the empirical evidence (Eger, 1989: 89).

Si darebbe, perciò, un continuo dalle conoscenze empiriche e di utilità più immediata, a quelle più astratte, o di alto livello, di carattere interpretativo, che si sovrappongono a quanto descritto da altri, come Holton e Schwab, in termini di ipotesi interpretative o presupposti tematici, i quali fanno certamente parte di questa componente strettamente conoscitiva ed ermeneutica della scienza.

Da tali considerazioni Eger deriva uno schema che tripartisce la scienza in tre componenti: tecnica, metodologica, cosmologica. Quest'ultima è quella che racchiude l'attività costruttiva e riflessiva dell'indagine scientifica, che si attua attraverso l'elaborazione teorica di ipotesi interpretative, di "visioni filosofiche" e che presenta una scienza quale attività conoscitiva che costruisce immagini del mondo. L'interesse di queste diverse componenti è rappresentato dal valore strumentale (tecnica) e da quello riflessivo (cosmologica); la metodologia – che rientra nella comprensione procedurale definita in precedenza, e costituisce parte della "natura della scienza" – condivide entrambi questi valori: ha un significato strumentale di applicazione e utilizzazione delle conoscenze scientifiche, così come un interesse riflessivo, o filosofico, in quanto rappresenta anche un modello di razionalità e di indagine trasferibile a contesti diversi. Nello schema di Eger, le tre componenti hanno un corrispettivo sul piano dell'azione: da



quella strumentale-razionale (tecnica-metodologica) a quella ermeneutica-comunicativa (che vale in particolar modo per la rilevanza cosmologica del sapere scientifico).<sup>49</sup>

La conclusione di Eger è quindi che i curricoli di scienze, anche attraverso i testi, rimuovono una parte consistente del sapere scientifico che non è esaurito dalle sole conoscenze empiriche, competenze tecniche e dalla sola rilevanza oggettiva e “teleologica” delle scienze naturali. Questa categorizzazione spiegherebbe anche il valore della letteratura dei grandi scienziati citati sopra, che usano certi canali comunicativi per esprimere gli aspetti “cosmologici”, conoscitivi o culturali delle loro ricerche. Da ciò consegue, per Eger, la necessità di immettere nell’insegnamento la componente filosofica e interpretativa coinvolta nelle più importanti teorie e nei grandi dibattiti scientifici: il nocciolo della prospettiva *HPS*.

Il quadro filosofico così delineato da Eger fornisce dunque il senso e una prospettiva generale su cui basare il genere di innovazioni pedagogiche oggetto del presente lavoro. Le idee esposte attribuiscono all’approccio *HPS* la possibilità di intervenire sulle componenti, per così dire, soggettive e oggettive dell’apprendimento delle scienze. Infatti, portare al centro dell’insegnamento anche l’attività interpretativa e la portata culturale del sapere scientifico rappresenta una strategia utile per le diverse aree problematiche delineate. La comprensione concettuale non può che trarre beneficio da una presentazione più completa della fisica che includa gli aspetti di fondamenti coinvolti nelle teorie più importanti, le ipotesi interpretative e le questioni storico-epistemologiche centrali per la disciplina (un esempio fatto da Eger, sicuramente emblematico, è quello dei fondamenti e delle interpretazioni della meccanica quantistica). Anche gli aspetti procedurali e quelli riguardanti le attitudini degli studenti sono incluse nell’idea di educazione scientifica che incorpora la dimensione ermeneutica nell’apprendimento delle scienze, proprio in ragione del concetto più ampio di rilevanza su cui questa si fonda. La storia e l’epistemologia ricostruiscono le peculiarità metodologiche dell’indagine scientifica e permettono dunque la costruzione di attività didattiche basate sugli aspetti procedurali. Inoltre, nella misura in cui la stessa metodologia non è un insieme di norme confezionate e rigidamente applicabili, né la scienza è un solo elenco di conoscenze certe, ma un campo problematico di domande-ricerca-nuove risposte, il concetto di interesse assume un significato più generale che non ricalca il solo interesse pratico dell’utilizzazione delle conoscenze scientifiche così come è perlopiù inteso nei curricoli e nei testi tradizionali. Dal punto di vista dell’analisi di Eger, il problema attitudinale sta proprio nell’aver rappresentato, nell’insegnamento tradizionale, una rilevanza oggettiva delle scienze che, per

---

<sup>49</sup> Per questo schema e una sua discussione cfr. Eger (1989: 92-94).

quanto fondamentale, non esaurisce il campo di finalità del sapere scientifico; né, tantomeno, l'aver compreso solo una parte dell'interesse della scienza ha permesso di comunicare il suo senso a quella classe di studenti vasta e differenziata che più volte abbiamo chiamato in causa e che è parte stessa degli odierni problemi educativi.

Avanzati i possibili benefici e il senso generale dell'approccio *HPS*, rimangono alcune questioni aperte. La prima concerne il metodo usato per integrare un approccio innovativo del genere nella didattica delle scienze, nel caso qui specifico, della fisica.

I lavori citati forniscono una tipologia di usi e declinazioni didattiche a cui è bene fare riferimento. La maggior parte dei lavori visti presenta due peculiarità: innanzitutto, come forse è già emerso, l'approccio *HPS* viene nella maggior parte dei casi applicato soprattutto tramite l'utilizzo della storia della scienza. Questo non sorprende, vista la pluridecennale esperienza che ormai si è ottenuta in questo settore. Anche gli studi recenti offrono spesso un'analisi generale di fini e mezzi didattici, ma al centro del lavoro didattico sperimentale e della valutazione dell'approccio viene sempre posto il metodo storico.

Inoltre, le considerazioni svolte dagli studiosi citati sono rivolte all'utilizzo didattico generalmente inteso di conoscenze storico-filosofiche, sia questo attraverso materiali didattici o altre forme sperimentali.

Ai fini del presente lavoro, perciò, dovremo utilizzare queste ricerche per esaminare i soli libri di testo di fisica e per un esame che includa l'approccio storico e gli studi filosofici sulla scienza in un'unica prospettiva integrata. L'integrazione della storia e dell'epistemologia non è un'operazione priva di problemi, in particolare dopo che i due campi hanno assunto profili accademici ben distinti e, in molti casi, finalità e orientamenti assai diversi. Ad esempio, spesso la filosofia della scienza è rimasta legata alla classica distinzione tra contesto della scoperta e contesto della giustificazione, basando il proprio lavoro su un esame logico-metodologico delle conoscenze che accentuava, piuttosto che temperare, la decontestualizzazione del sapere scientifico. Il metodo storico, invece, ha spesso criticato l'esistenza di un piano astratto di sviluppo delle conoscenze e ha fatto delle analisi contestuali e della negazione di una separazione netta tra conoscenze scientifiche e fattori concreti di sviluppo (storici, tecnologici, sociali, istituzionali, ecc.) il punto di forza del proprio metodo di indagine. Rimangono tuttavia, specialmente nel loro valore didattico, alcuni esempi mirabili in cui le finalità del metodo storico ben si conciliano con un esame delle conseguenze e dei presupposti filosofici delle teorie fisiche. Tra questi vanno sicuramente citati Kuhn e Holton; quest'ultimo, in particolare, rappresenta una fonte importante, vista anche

l'esemplificazione di un metodo *HPS* integrato nella stesura del *PPC*.<sup>50</sup>

Compiendo una sorta di generalizzazione ed estensione delle analisi offerte dai lavori di ricerca visti, riprendiamo una classificazione del tipo di usi didattici delle conoscenze *HPS*.

Dallo studio di Teixeira, Greca e Freire (2009), emergono alcune distinzioni. La prima riguarda il metodo di implementazione e distingue:

- gli approcci che integrano la storia della scienza (e la filosofia) con il contenuto del curriculum ordinario; in tal caso lo sviluppo storico, o alcune questioni fondamentali epistemologiche o in più generalmente filosofiche accompagnano, orientano o strutturano la presentazione dei contenuti e delle teorie fisiche.
- Modalità che separano le unità *HPS* dalla lezione tradizionale, utilizzandole come supplementi e aggiunte alla didattica usuale.<sup>51</sup>

Tale distinzione ben si presta a un esame dei libri di testo e dei modi con cui, eventualmente, le conoscenze storico-epistemologiche sono da questi rappresentate e utilizzate.

Vi è poi il problema delle strategie utilizzate sul piano didattico concreto. Anche queste hanno un interessante corrispettivo nei manuali di fisica. Nella letteratura esaminata, abbiamo reperito due classificazioni simili.

Teixeira, Greca e Freire (2009) esaminano il tipo di strategie utilizzate in materiali didattici di varia natura: struttura narrativa storica, biografie di scienziati, replicazione di esperimenti storici, esercizi su problemi concettuali storicamente situati, documentari sugli sviluppi di un'idea scientifica, brevi storie sulla vita di scienziati.

Galili, Hazan (2001) offrono una classificazione più generale:

- esperimenti storici,
- memorie e testi storici,
- storie-aneddoti occasionalmente inseriti nelle lezioni o nei testi,
- integrazione sistematica e coerente di contenuti *HPS* nell'intero piano dei contenuti del curriculum,
- informazioni basilari del tipo "nomi e date" fondamentali, approccio riconducibile al concetto di *cultural literacy*,<sup>52</sup> tipicamente rintracciabile nei manuali di fisica.

---

<sup>50</sup> La produzione storica e filosofica di Holton rimane esemplare anche dal punto di vista delle possibili ricadute pedagogiche. Il riferimento implicito al suo lavoro, visto anche nei risvolti didattici dallo stesso Holton sottolineati, è alla base dell'idea di integrazione tra storia e filosofia sposata nella presente ricerca. I principali riferimenti per l'opera dello storico americano sono Holton (1995, 1991, 1985, 1973); si vedano anche diversi articoli, spesso riproposti nelle pubblicazioni citate, nell'*American Journal of Physics* e in altre riviste a partire dai primissimi lavori, tra cui Holton (1956, 1960).

<sup>51</sup> Teixeira, Greca e Freire (2009: 18).

<sup>52</sup> Hirsch (1988).

Come già emerso nel bilancio del *PPC*, anche i risultati ottenuti dall'applicazione di tali strategie, quando investigati in maniera sistematica, non sono mai di facile e definitiva lettura. A dispetto delle procedure "scientifiche" che molti studi educativi, inclusi quelli che abbiamo esaminato, cercano di costruire e utilizzare, non è evidentemente possibile ottenere dei risultati chiari sull'efficacia di un'innovazione didattica che si basa su presupposti culturali di largo respiro e che, nonostante sia stata implementata e studiata secondo alcuni criteri semplici e analizzabili in maniera relativamente indipendente, rimane vincolata a molteplici fattori contestuali che ne precludono un trattamento "sperimentale" canonico e conclusivo. Ad esempio, limitandosi agli studi più recenti e alla selezione operata da Teixeira, Greca e Freire (2009), basata proprio sulle ricerche che hanno realmente messo in pratica e valutato le innovazioni *HPS*, le conclusioni cui si è giunti sono piuttosto deboli e talvolta contrastanti, anche se offrono una valutazione globalmente positiva di ciò che le sperimentazioni hanno prodotto. Sul piano contenutistico, si sono osservati degli effetti positivi ma senza consenso pieno tra ricerche differenti, specialmente in merito al problema del cambiamento concettuale su cui gravano, inoltre, discordanze e difficoltà legate a una sua chiara definizione teorica e operativa; risultati più univoci si sono ottenuti per quanto riguarda le conoscenze sulla natura della scienza – come era emerso anche nella valutazione del *PPC* attraverso strumenti di valutazione, però, diversi dall'usuale *problem solving* – su cui sembra esserci più accordo trasversale tra diversi contesti di sperimentazione; anche sul piano attitudinale, tra gli undici studi esaminati da questi autori, non pare esserci una chiara evidenza su effetti positivi riguardanti l'interesse e la motivazione degli studenti (Teixeira, Greca e Freire, 2009: 20-23). Si parla in certi casi di un risultato didattico emerso già negli studi sul *Progetto* di Harvard. Irwin (2000) ha ottenuto una sostanziale uguaglianza nei risultati delle prove tradizionali di apprendimento tra due classi, una delle quali ha seguito un'unità didattica costruita sul modello dei casi di studio di Conant. Alcune sostanziali differenze, tuttavia, possono talvolta essere individuate nelle varie prove di valutazione finale, in tal caso in merito alla natura della scienza: un esempio abbastanza significativo è la posizione di realismo ingenuo abbracciata da molti studenti del gruppo di controllo, nel caso specifico in merito alle entità atomiche, mentre gli studenti della classe sperimentale mostrano una maggior consapevolezza critica sul metodo e sul linguaggio scientifico. Tale risultato può suggerire due conclusioni. La prima difende la bontà dell'approccio *HPS* nel raggiungere gli *standard* minimi di apprendimento della disciplina, nonostante un maggior dispendio di sforzi e tempo per lo sviluppo di contenuti "aggiuntivi"; la seconda rileva comunque un effetto positivo sulla comprensione procedurale ed epistemologica dei temi scientifici trattati (Irwin, 2000: 21-23).

Un bilancio della questione è stato proposto anche in Italia tramite alcune sperimentazioni. Un buon esempio è quello di Dibattista e Morgese (2012), che hanno implementato un approccio storico-filosofico basato su dei casi di studio per diverse discipline scientifiche, in alcune scuole italiane su un campione di 418 studenti, soprattutto di scuola secondaria di secondo grado. Sebbene, come si potrebbe esigere in questi casi, gli autori non abbiano controllato i risultati delle ordinarie valutazioni degli insegnanti – non confrontate sistematicamente con quelle di gruppi di controllo – è stata indagata la percezione delle unità didattiche sperimentate. Diverse conclusioni positive sono state tratte alla fine della sperimentazione: le unità didattiche sono, dal punto di vista degli studenti, più stimolanti, efficaci e utili per la comprensione stessa dei contenuti disciplinari e per la costruzione di un'immagine della scienza più interessante e rilevante. La storia della scienza usata nella didattica scolastica è ritenuta uno strumento importante per stabilire dei legami tra i contenuti usuali, la società e le reali possibilità di comprensione dei fenomeni e della scienza stessa, possibilità che spesso non riesce a offrire la scienza dogmatica e astratta che i curricoli e la pedagogia ordinari propongono. Come visto nel paragrafo 1.3.1, tuttavia, queste conclusioni sono molto parziali e poco significative per la qualità e l'efficacia della sperimentazione. Anche l'impressione degli insegnanti è positiva, alla luce di risultati comunque buoni nelle valutazioni finali. Inoltre – in accordo con la questione, sollevata più volte, del rapporto dell'innovazione didattica con la ricerca – gli autori hanno anche verificato la bontà del loro approccio nello stabilire una collaborazione e un fecondo scambio tra le scuole (gli insegnanti) e i ricercatori universitari; a quest'ultimi spettava il compito di elaborare dei materiali di storia della scienza che si integrassero nei curricoli scientifici di un particolare livello scolastico.

Il lavoro di Dibattista e Morgese è anche un utile riferimento per comprendere lo spazio e la diffusione nel panorama italiano dell'approccio *HPS*. Questi studiosi sono ben consapevoli, infatti, della scarsa attenzione che ricevono nella didattica italiana delle scienze le potenzialità di una qualificazione dei contenuti e dei metodi nella direzione indicata dalle varie ricerche citate e dalle diverse sperimentazioni compiute, inclusa “La storia della scienza va a scuola” da loro stessi implementata e valutata. Come comprensibile, il richiamo è alle ricerche che abbiamo già menzionato, per quanto riguarda l'Italia, in particolare al lavoro delle scuole di storia e didattica della fisica di Roma, Pavia e Bologna, nonché alle attività promosse dall'AIF che – si è già detto – ha contribuito al costituirsi di una comunità interessata a riqualificare l'insegnamento della fisica nel senso di una più ampia riflessione culturale e anche di un'interazione con gli studi epistemologici e storici.

Si è già notato che, in tempi recenti, il ruolo delle conoscenze storiche e filosofiche per

l'insegnamento delle scienze è stato ripreso nel programma di formazione degli insegnanti delle scuole secondarie: Dibattista e Morgese hanno sviluppato la loro ricerca proprio attraverso delle attività strutturate entro questi corsi di formazione in cui la sinergia tra scuole e università ha trovato un canale istituzionale di sviluppo. Dunque, gli elementi positivi di riflessione che emergono da questa sperimentazione vanno certamente rintracciati nell'unione di nuovi materiali e conoscenze con il piano dell'azione pedagogica e del supporto all'insegnante e alla sua professionalità.

Nonostante l'importanza e la centralità della formazione-aggiornamento degli insegnanti nel processo di innovazione della didattica scolastica, non è, tuttavia, venuta meno l'esigenza di comprendere le caratteristiche del curricolo e in particolare dei materiali didattici. Inoltre, il modello di formazione degli insegnanti delle Scuole di Specializzazione per l'insegnamento secondario è stato profondamente messo in discussione negli ultimi anni, a tal punto da venir sospeso e rimpiazzato da un percorso più breve di solo praticantato nelle scuole. Queste vicende hanno anche messo nuovamente in secondo piano l'interazione tra ricerca e insegnamento, un nodo fondamentale delle idee e dei problemi discussi fin qui.

Già da molti anni, fin dagli inizi della ricerca pedagogica sui temi inerenti all'insegnamento delle scienze, è comunque chiara la centralità dell'insegnante nell'innovazione del curricolo. A testimonianza di ciò, diversi decenni fa un noto pedagogista inglese scriveva per un convegno svoltosi in Italia:

se noi inglesi abbiamo qualche esperienza di "progetti", se, dopo quindici anni di sviluppo dei curricoli, da noi qualcosa è stato dimostrato, è questo: a lungo termine, sviluppo del curricolo significa sviluppo dell'insegnante. Non si arriva da nessuna parte, per quanto splendidi possano essere i testi e i materiali, se non si ottiene un corrispondente aumento dei livelli di competenza professionale e abilità pratica da parte degli insegnanti (Richmond 1979: 319).

Era evidente dunque agli stessi studiosi inglesi, che avevano avviato il rinnovamento dei curricoli scolastici, il ruolo cruciale degli insegnanti e lo scarso impatto che i soli materiali didattici dei grandi progetti avevano avuto.

Tuttavia, specialmente gli studiosi dell'approccio *HPS* sono tutt'oggi convinti dell'importanza dei libri di testo per comunicare una certa immagine della scienza e per dotare l'esperienza didattica di strumenti interdisciplinari al fine di restituire un significato culturale alle scienze, nonché un insieme di stimoli e strategie per un miglior apprendimento agli studenti.

Per tali ragioni, il presente lavoro intende rendere esplicite le caratteristiche dei manuali di fisica per quanto riguarda le immagini storico-filosofiche della scienza che sono trasmesse e gli strumenti riconducibili all'approccio *HPS* utilizzati dagli autori dei testi, pur tenendo

presente le difficoltà pedagogica emerse e il ruolo degli insegnanti nel determinare le sorti dell'innovazione didattica e di nuovi materiali curricolari.

#### 4.2.4. *Immagine e storia della scienza nei libri di testo: un quadro complessivo*

Il carattere enciclopedico di tutti i manuali di scienze ha sempre rivelato le intenzioni degli autori di riferirsi non solo agli studenti, ma di offrire uno strumento didattico anche agli insegnanti. Potremmo aggiungere che il ruolo centrale del manuale è da più parti ribadito, specialmente per quel che concerne le discipline scientifiche scolastiche; in taluni casi, ad esempio per gli insegnanti che operano al di fuori della loro classe di laurea originaria, o per quelli giovani e alle prime esperienze professionali, il testo può rappresentare uno strumento imprescindibile, che assiste nella pianificazione didattica e che al contempo comunica una certa immagine della scienza e del suo insegnamento. Rimane indiscutibilmente importante, dunque, il tipo di materiali didattici disponibili agli insegnanti e il rapporto di queste risorse con la ricerca e l'innovazione pedagogica. Non a caso, uno dei più recenti progetti di ricerca nel campo della prospettiva *HPS* ha individuato nell'elaborazione di materiali nuovi e interdisciplinari una delle strategie fondamentali per aiutare gli insegnanti e per colmare un'evidente mancanza di risorse utilizzabili.<sup>53</sup> Proprio sulla scorta di questa ricerca, gli autori già citati affermano quanto riassunto sopra.

Usually, in school science, the textbooks are the main source of knowledge, provide the majority of instructional material and activities and strongly influence curricular decisions. In addition, textbooks count as one of the most reliable source of knowledge for students and teachers. For those teachers, who do not attend vocational training course, textbooks serve as the most important means for communicating curricular innovations to them and are a source for their own professional development.

The historical and philosophical content and consequent views on the NoS [Nature of Science] conveyed by textbooks are likely to shape teaching science. Historical-philosophical aspects contribute to promote contextual science teaching, however, their absence or even their misrepresentation generates distorted views on the NoS. [...] The vast majority of textbooks include some historical content reduced in the form of dates, names and timelines. Approaches like that have a strong whiggish influence and there are many more pseudo-historical narratives than transpositions of good historical studies (Höttecke, Silva, 2011: 12).

Verificheremo direttamente in alcuni manuali liceali di fisica quanto sia corretta la caratterizzazione di questi autori del rapporto tra storia/filosofia della scienza e libri di testo, specialmente in merito alla constatazione che a prevalere sia una conoscenza, frammentata e separata dai contenuti della fisica, incentrata su nomi e date quali “fatti” storici, e su l'uso di uno stile più o meno aneddótico (Höttecke, Silva, 2011: 13).

---

<sup>53</sup> Ci riferiamo qui al già citato progetto europeo HIPST che proprio nella progettazione di materiali storico-filosofici ha trovato una delle sue linee di azione didattica concreta. Si veda Höttecke, Henke, Riess (2010).

Secondo questa analisi, la maggior parte dei libri di testo incorpora un'immagine antitetica a quella costruita dalla ricerca *HPS*: una visione storico-epistemologica della natura della scienza che non esclude gli aspetti sociali del sapere scientifico si contrappone all'immagine trasmessa dai testi solitamente di tipo empirista/induttivista che ignora qualunque fattore contestuale e sociale. Anche sul piano didattico c'è una spaccatura: un approccio che utilizza conoscenze *HPS* efficaci e realmente significative, in modo coerente e integrato rispetto ai contenuti del curriculum, si contrappone al tipico utilizzo da parte di manuali delle sole conoscenze aneddotico-biografiche, separate e isolate rispetto alla trattazione concettuale principale. Inoltre, solitamente, i testi non offrono nessuna attività direttamente rivolta alla natura della scienza e agli aspetti procedurali; andrebbero, forse, rintracciati qui i primi segni di un approccio che ha condotto agli scarsi risultati ottenuti sull'applicazione delle competenze a nuovi contenuti non prettamente curricolari (è il caso delle prove PISA). Infine, anche sul piano dell'elaborazione dei testi, la provenienza degli autori gioca un ruolo importante: la maggior parte dei manuali esclude una collaborazione con storici e filosofi nella stesura dei contenuti e di opportune attività di apprendimento; il PPC è stato, da questo punto di vista, un caso isolato che non ha eguali nel contesto italiano.

Considerazioni analoghe a quelle esposte sopra si ritrovano in diversi studi, sia italiani che stranieri.

Il punto centrale, sollevato da più studiosi, è sempre la disparità che sussiste tra la presentazione delle materie scientifiche nei libri di testo e la reale complessità, o problematicità, della storia della scienza. Ciò non significa che la scienza della scuola vada messa totalmente in questione e privata del carattere saldo e acquisito di molti suoi principi o concetti; talvolta, le discipline storico-filosofiche servono invece a dare un significato culturalmente e storicamente elaborato a questo corpo di nozioni e procedure.

Notoriamente, il libro di testo è visto, da Kuhn in poi, come un canale per comunicare i “fatti” scientifici stabiliti e le procedure *standard* di ricerca. Da ciò conseguirebbe il naturale approccio lineare, e *whiggish*, con cui i manuali ricostruiscono talvolta la storia della disciplina e la sua immagine.<sup>54</sup> Per alcuni, questa naturale “dogmaticità” dei manuali non va del tutto ripudiata e l'utilizzo di una prospettiva culturale più ampia, come quella storico-filosofica, andrebbe integrata con la tradizionale didattica testuale, affiancando i manuali con opportune risorse aggiuntive come, ad esempio, le memorie storiche originali.<sup>55</sup> In

---

<sup>54</sup> Una discussione di questi problemi e delle posizioni di Kuhn è condotta da Kindi (2005).

<sup>55</sup> Su questa posizione si trova una delle piccole sperimentazioni compiute in Italia, riportata in Galdabini, Rossi (1993).



quest'ultimo caso, ciò che emergerebbe dal confronto tra tipi di testi diversi è proprio il carattere non neutrale del manuale, che occulta i percorsi storici con cui le conoscenze e le teorie sono state elaborate, così come i vari presupposti filosofici, tematici ed epistemologici abbracciati dagli scienziati. Esplicitare questi aspetti sarebbe un giusto completamento e arricchimento dell'immagine della scienza monolitica, a volte perfino artificiosa, costruita dai libri di testo (Grimellini Tomasini, Levrini 2005).

L'analisi dei manuali, dal punto di vista dell'approccio *HPS*, può essere svolta a due diversi livelli. Il primo concerne il rapporto implicito, o latente, del testo con le conoscenze storico-filosofiche. Tale rapporto si manifesta su alcuni punti chiave al crocevia tra scienza e ricerche storico-filosofiche.

Due sono, in particolare, gli elementi che concorrono a formare l'immagine della scienza ricostruita e comunicata dai testi, sia indirettamente, sia attraverso delle opportune strategie retoriche e didattiche che sono funzionali al contesto formativo cui i testi si rivolgono.

Il primo punto di intersezione tra la didattica delle scienze, l'approccio *HPS* e le innovazioni pedagogiche discusse nel primo capitolo riguarda il metodo scientifico.

La presentazione del metodo scientifico nei manuali viene riservata sempre a una parte iniziale della trattazione e assume dei tratti tipici che sono stati posti spesso in discussione dalla ricerca, dagli storici e dai filosofi della scienza. L'immagine del metodo usata dai testi assume una fisionomia logico-matematica e meccanica che trova riscontro nel tipo di esercitazioni numeriche e applicazioni richieste dai testi più tipici degli ultimi decenni.

Si possono trovare diverse lacune nell'immagine astratta e univoca del metodo proposta dai manuali. Ad esempio, l'utilizzo di un concetto ingenuo di dato empirico, che ignora la natura parzialmente teorica dell'esperimento, o il ruolo dei presupposti tematici e filosofici che guidano la ricerca di dati ed esperienze sembrano essere un tratto comune a diversi manuali di fisica. Ciò che assume un carattere artificioso è il procedimento di costruzione delle scoperte così come descritto in passi e operazioni meccaniche. Questi problemi sono ben spiegati da Bevilacqua (1983) che, riprendendo Schwab, spiega il carattere quasi finzionale del metodo di scoperta e verifica spiegato dai testi.

Una 'ipotesi' viene definita una promettente congettura. La 'teoria' è definita come la congettura sorretta da prove che soddisfano molti, ma non la maggior parte degli scienziati. Allorché le prove risoltesi con successo si fanno abbastanza numerose da soddisfare praticamente tutti gli scienziati, la teoria diventa un 'fatto' (o in qualche caso un 'principio') (Schwab cit. in Bevilacqua, 1983: 3).

Nella maggior parte dei casi, quindi, non viene opportunamente colta la «'tensione essenziale' dell'impresa scientifica tra tradizione e innovazione» (Bevilacqua, 1983: 7), quindi il

processo stesso di modifica e ampliamento, o rifondazione, delle teorie. Riprendendo Kuhn, Bevilacqua discute il modello epistemologico tipico usato dai manuali: una sorta di calcolo matematico, di algoritmo in cui, tramite le leggi e i dati iniziali, si ottengono delle predizioni numeriche, il cui confronto con i dati sperimentali è, peraltro, normalmente omesso nel contesto didattico. «Del pari non è valida la funzione spesso attribuita ai dati di essere punti di partenza per delle generalizzazioni, come se la macchinetta potesse funzionare all'indietro e produrre delle leggi attraverso la manipolazione logico matematica di dati empirici. Infatti non esiste una logica induttiva della scoperta scientifica» (Bevilacqua, 1983: 6). Secondo Bevilacqua, dunque, la “problematica della scoperta e della verifica” sono usualmente omesse dalla spiegazione che i manuali danno del metodo scientifico.<sup>56</sup>

Su questo tema, Blachowicz (2009) ha sviluppato un'analisi epistemologica più accurata, selezionando settanta manuali di diverse discipline scientifiche, un sesto dei quali per la scuola secondaria e la restante parte per il livello *undergraduate*. Considerazioni analoghe a quelle già viste emergono in questo confronto dei manuali con i temi centrali della filosofia della scienza. Da questo punto di vista, tre principali ordini di problemi sono importanti: la demarcazione tra scienza e non-scienza, le componenti del metodo (deduzione, induzione, ipotesi, teorie e leggi) e la struttura logica del procedere scientifico. Il fine dello studio citato è, innanzitutto, quello di raccogliere un buon numero di informazioni sulle caratteristiche dei manuali in merito a questi temi e, in ultima istanza, di mostrare dove e come la ricerca filosofica può essere utile per l'educazione scientifica e la stesura dei testi di scienze. Alcune considerazioni di questo studio possono essere messe a confronto con i testi di riferimento citati nel presente lavoro. Tra i primi posti di una graduatoria stilata da Blachowicz (2009: 309) sui temi più ricorrenti nel campione da lui studiato, si trovano alcuni concetti che è interessante esaminare nei più importanti manuali di fisica italiani. Tre di questi temi sono – a nostro avviso – attraversati da importanti relazioni: il metodo scientifico nella vita quotidiana, il diagramma sequenziale o lo schema logico che rappresenta il metodo, l'idea di “un metodo” scientifico per eccellenza. Il primo concerne l'idea di metodo scientifico come estensione e affinamento di un naturale procedimento razionale, in relazione con il senso comune. Questa concezione, che Blachowicz ritrova con una certa insistenza nei manuali esaminati, non ci sembra esplicitamente all'opera nei testi di fisica, che invece insistono più su un metodo formalizzato, in cui il linguaggio matematico è fondamentale e delle precise regole per l'uso

---

<sup>56</sup> Bevilacqua sostiene che la filosofia neopositivista rintracciabile nel procedimento descritto sopra e nei testi sia stata derivata proprio dall'analisi dei manuali stessi, ignorando parte della produzione scientifica innovativa e diversi elementi storici essenziali per comprendere l'impresa scientifica. Tali considerazioni sono riprese esplicitamente da Elkana (1970).

di strumenti quantitativi compongono un ricettario pratico per raggiungere una conoscenza scientifica dei fenomeni. Spesso, coerentemente con parte della ricerca didattica, la fisica antica viene assimilata al senso comune e il metodo galileiano rappresenta un superamento, perfino un ribaltamento, della conoscenza sensibile e immediata.<sup>57</sup> Sembra, non a caso, che la concezione quasi naturalistica o “continuista” del metodo sia più ricorrente nei testi di altre discipline scientifiche diverse dalla fisica (Blachowicz, 2009: 335). Riteniamo connessa alla diversa concezione espressa dai fisici l’altra idea evidenziata da Blachowicz, ossia quella di un metodo scientifico per eccellenza. E’ la stessa rappresentazione logica del metodo (il terzo elemento sottolineato) che rafforza, nei manuali di fisica, l’immagine di un metodo scientifico rigidamente definito e unico. Blachowicz discute l’aspetto problematico delle posizioni più comuni: da una parte gli autori cercano una definizione logica del metodo che lascia taciuti i molti aspetti problematici che la ricerca epistemologica ha discusso e ciò è, in parte, inevitabile nel contesto dei manuali. Un tal genere di definizioni, proprio per la loro natura rigida e logica, non racchiudono la complessità e varietà dei metodi della scienza. Questo non sarebbe un problema, se gli autori non sposassero l’assunzione, più forte, che questa procedura è unica, tipica delle sole scienze naturali e fornisce, quindi, anche un criterio di demarcazione per le conoscenze scientifiche. Dal punto di vista di Blachowicz: o non esiste un solo metodo scientifico, ma un insieme di strategie e metodi diversi; o esiste un metodo razionale che però diverse discipline, anche quelle solitamente definite come “umanistiche”, condividono. I manuali di fisica, invece, forniscono talvolta un diagramma sequenziale per rappresentare il metodo e ritengono che questo sia “il metodo” delle scienze e il criterio che distingue queste dagli altri saperi, dalla metafisica e dal senso comune.

Blachowicz cita il lavoro di Rudolph (2005), il quale ha fornito una preziosa ricostruzione storica dell’idea di metodo nell’educazione scientifica. Secondo Rudolph (2005: 362-373; 2002b: 68-71), si deve a Dewey l’elaborazione psico-pedagogica dell’idea di metodo scientifico articolata in passi sequenziali. Successivamente l’idea di Dewey è stata declinata in una forma logicamente definita e formalizzata nei termini dell’epistemologia contemporanea. Il punto fondamentale, tuttavia, è che Dewey intendeva rappresentare un metodo di indagine razionale più generale, non la metodologia scientifica detenuta dalle sole scienze naturali (Rudolph, 2005: 305). La posizione di Dewey, all’interno del dibattito del suo tempo sull’educazione e sul ruolo delle scienze, era rivolta a combattere un insegnamento della metodologia che si era limitato e ridotto alle sole norme dell’attività laboratoriale (cfr.

---

<sup>57</sup> Diversa è la questione, sollevata in alcuni esempi visti, dell’utilizzo della fisica per comprendere i fenomeni e gli oggetti quotidiani.

Rudolph, 2005). Come noto, inoltre, il cuore dell'idea dell'indagine scientifica deweyana era proprio quello di una metodologia per problemi che prescindesse dal contenuto e che si esemplificasse negli ambiti più svariati: il nocciolo, potremmo dire, dell'idea di de-concettualizzazione della scienza e dell'educazione progressiva. Dunque, la tematizzazione del metodo deweyana – che potrebbe essere alla base delle ricostruzioni didattiche del metodo scientifico – era intimamente legata all'idea di un'indagine razionale, trasversale alle discipline e ai contenuti, non ridotta a un ricettario da laboratorio ma, al contrario, esercitabile nella conoscenza quotidiana. Un fatto ancora più importante è che Dewey aveva promosso il metodo scientifico contro un'educazione incentrata sull'acquisizione di nozioni e sull'addestramento specialistico che era in contrasto con la crescente importanza socio-culturale delle scienze e con la prima fase di massificazione dell'istruzione scolastica in America (cfr. Rudolph, 2005).

Queste considerazioni pongono la formalizzazione e la concezione del metodo scientifico presente nei manuali di fisica in una posizione problematica. I caratteri del metodo così come emergono dai manuali sono, infatti, solitamente ridotti alle procedure sperimentali e alle regole dell'attività laboratoriale e non denotano affatto un metodo razionale più generale. Ammesso ciò, la visione del metodo nei manuali di fisica diventa allora restrittiva, talvolta scorretta sul piano storico e di scarso valore didattico, essendo completamente appiattita su una metodologia sperimentale perlopiù de-contestualizzata.<sup>58</sup> Questa concezione del metodo è più assimilabile a quella espressa da Schwab, confrontata da Rudolph con quella di Dewey rispetto a due assunzioni antitetiche. La prima sostiene che il metodo è strettamente legato ai contenuti e quindi specifico di una particolare disciplina; di conseguenza – secondo punto – è necessario un esame attento delle specifiche procedure sperimentali e metodologiche nel contesto disciplinare (Rudolph, 2002b: 72).

I manuali di fisica sembrano essere molto più in accordo con questa concezione del metodo, ma non accolgono alcune idee con cui Schwab sosteneva le implicazioni didattiche del rapporto stretto tra procedure e conoscenze. Una di queste è stata riportata sopra e concerne la critica dell'immagine del metodo presentata dai testi. Rudolph (2002b: 71) parla di una più generale tendenza del movimento curricolare post-bellico a mettere in discussione questa immagine artificiale, logica e sequenziale, ritenuta impropria dagli stessi esperti disciplinari. Il metodo va contestualizzato, dunque, nel campo specifico delle conoscenze scientifiche – si vedrà un esempio nel seguito – e una delle strategie per fare ciò era per Schwab l'utilizzo dei

---

<sup>58</sup> La qualità e la diffusione dell'insegnamento laboratoriale in Italia, delle quali si è spesso discusso in termini negativi, rischiano di aggravare questa predominanza delle tecniche sperimentali codificate dai testi.

documenti scientifici originali e di ricostruzioni storiche dove reperire degli «esempi di buone ricerche che producono quelle conoscenze scientifiche che vale la pena possedere».<sup>59</sup>

Per le considerazioni che seguono, vanno tenuti ben presente questi due aspetti: la peculiarità del metodo nel contesto delle specifiche conoscenze disciplinari – contro l’idea di un algoritmo logico-razionale universale per produrre conoscenze scientifiche – e il legame delle procedure con gli effettivi sviluppi storici della scienza.

In tempi più recenti, sembra che la riflessione metodologica degli autori di manuali abbia accolto alcune istanze sollevate dalla ricerca epistemologica. La rappresentazione del metodo fornita, comunque, raccoglie in modo poco coerente diverse prospettive rintracciabili nella filosofia della scienza. Ad esempio, una posizione falsificazionista sulla giustificazione della conoscenza scientifica è spesso unita a un tipico induttivismo abbracciato da molti manuali: un aspetto contraddittorio che anche Blachowicz (2009: 337) ritrova in alcuni casi.

Lo schema generale del metodo, stando agli esempi più rappresentativi che abbiamo selezionato (Amaldi, 1997; Caforio-Ferilli, 2001), è il seguente:

- osservazione
- scelta delle grandezze
- ipotesi
- esperimento per verifica
- formulazione legge

In entrambi i casi, il procedimento è arricchito da una circolarità o un da *feedback* tra ipotesi di partenza ed esperimento. Caforio-Ferilli (2001: 5-7) parla esplicitamente di verifica della legge o di un ipotesi. La legge fisica sarebbe, perciò, sostenuta induttivamente dalla raccolta di un numero limitato di evidenze sperimentali. La falsificazione di un’ipotesi o delle conseguenze di una teoria ha valore probatorio, ammettono gli autori, mentre nessuna verifica sarà mai definitiva.

Nello schema del metodo, la formulazione dell’ipotesi precede l’esperimento, ma non è chiara la relazione tra l’ipotesi stessa e l’osservazione iniziale: «si richiedono una mente critica e la capacità di separare i fatti essenziali da quelli di disturbo» (Caforio-Ferilli, 2001: 4).

Manca dunque, in questa spiegazione, una distinzione fondamentale della filosofia della scienza che contestualizzerebbe la validità dello schema stesso: quella tra contesto della scoperta – che non può essere spiegato da un manuale, o da un’analisi formale – da quello, a cui lo schema si riferisce, della giustificazione. Quest’ultima, inoltre, assume la validità di un procedimento induttivo nella costruzione delle leggi sperimentali.

Amaldi (1997) cerca di spiegare più a fondo le caratteristiche del metodo della fisica dal

---

<sup>59</sup> Cit. in Rudolph (2002: 71, trad. nostra).

punto di vista filosofico. Anche in questo caso, si ammette la validità di un procedimento di generalizzazione induttiva e al contempo si sostiene che non sia possibile verificare, in senso stretto, una teoria. Dunque, per l'autore, non si parla di teorie vere, al massimo di teorie provvisorie; la falsificazione di una teoria porta a ridiscutere i suoi principi o, come succede in molti casi, a prendere atto dei confini del suo campo di applicabilità (Amaldi, 1997: 21). Pur descrivendo un procedimento induttivo, Amaldi inserisce nella sua discussione del metodo alcune acquisizioni del più recente dibattito filosofico. L'autore sostiene, infatti, che teorie, grandezze pertinenti e leggi sono invenzioni e costruzioni che servono per rendere conto delle evidenze e per spiegare i fatti. Ciò sembra essere, in parte, poco in accordo con il processo basato su una generalizzazione induttiva su cui sono fondate le leggi secondo le introduzioni metodologiche di Amaldi e di altri manuali. Inoltre, Amaldi (1997: 22) riporta, alla fine della spiegazione sul metodo, la nota lettera di Einstein a Solovine, dove chiaramente viene affermato che la relazione tra assiomi ed esperienze, e tra i concetti delle proposizioni dedotte (dagli assiomi) e le esperienze, non è di natura strettamente logica. Quest'ultima relazione garantisce il valore conoscitivo dell'attività inventiva e teorica alla base della scienza, ma Einstein sottolinea il processo costruttivo che genera le conoscenze scientifiche e le teorie, insieme all'impossibilità di "fondare" logicamente queste sulle esperienze: ciò non è perfettamente in accordo con lo schema metodologico induttivista ed empirista illustrato da questi manuali.

Questa breve parentesi epistemologica vuol solo indicare in che misura la rappresentazione del metodo scientifico sia stata problematizzata dagli autori di manuali, specialmente alla luce delle ricerche filosofiche. Certamente, questo è in parte avvenuto rispetto ai testi di fisica dei decenni precedenti, e si vedrà come in anni recenti il testo degli Amaldi abbia inserito parte del dibattito epistemologico nelle pagine del testo. Tuttavia, la natura problematica del metodo scientifico non è interamente accettabile da parte dei testi con finalità didattiche e il carattere aperto del dibattito epistemologico stride con alcune certezze e punti di riferimento degli scienziati (Blachowicz, 2009: 339).

La problematizzazione di questo tema è in stretta relazione con alcune finalità dell'approccio *HPS*: approfondire la natura della scienza, cogliere le sue relazioni interdisciplinari (che possono riguardare anche la generalità o specificità del metodo e dell'indagine razionale), fornire un'immagine dell'attività scientifica che non sia "imbrigliata" nella retorica che il manuale solitamente usa a fini didattici e che può comportare degli effetti negativi per la percezione dell'importanza del sapere scientifico.

Un'altra questione discussa da Blachowicz (2009: 315-317) è la contestualizzazione storica

del metodo della scienza moderna e la disponibilità dei testi a individuare esempi di procedimenti scientifici nell'antichità. Su questo, va detto che i manuali di fisica che abbiamo esaminato non faticano a riconoscere esempi di attività scientifiche nel lontano passato, nonostante siano tutti unanimemente convinti che il metodo scientifico, il linguaggio matematico e l'indagine sperimentale siano nati solo nel Seicento.

Di grande interesse didattico e culturale sono, perciò, anche le ragioni storiche e filosofiche del nascere della scienza moderna, e da questo punto di vista l'approccio *HPS* chiama in causa un'immagine più completa e culturalmente situata del metodo scientifico. Questa andrebbe integrata e confrontata con lo schema logico fornito dai testi, o interamente aggiunta all'introduzione di quei manuali che esauriscono le "regole" del conoscere scientifico, per la fisica, con una serie di nozioni e procedure (definizione delle grandezze, strumenti e misure, errori sperimentali, notazione scientifica, ecc.).

Da questa intersezione tra metodo e storia si evince l'altro elemento chiave che concorre a formare l'immagine della fisica presente nei testi, a un livello perlopiù implicito: lo sviluppo storico della scienza. Questo, insieme al problema del metodo scientifico, rappresenta un punto fondamentale di ciò che è stata definita "la natura della scienza", intendendo non solo – va ribadito – la metodologia della ricerca scientifica ma anche le dinamiche del suo cambiamento e la sua collocazione nel quadro degli altri saperi.

Il secondo "artificio" usato a fini comunicativi e didattici è rappresentato dunque dal tipo di storia del sapere scientifico che i manuali riportano. E' chiaro che a scopo didattico non è possibile riprodurre la complessità della storia della scienza, così come quella dell'epistemologia, specialmente dopo decenni di ricerche avanzate in questi campi. Il carattere progressivo, *whiggish* e finzionale della storia dipinta dai testi è quindi parte del loro ruolo retorico e istruttivo.

Una ricostruzione storica fittizia, però, può essere usata per sistemare logicamente la teoria o per facilitare il modo di presentare e introdurre dei concetti. Spesso, contrariamente a un'ipotesi massimalista di analogia ontogenesi-filogenesi, l'ordine logico e quello storico sono molto distanti e, solitamente, l'esigenza didattica di mediare tra i due va a scapito del secondo. Se ciò si rivelasse scorretto solo sul piano dell'accuratezza storiografica, il problema sarebbe più velleitario, posto che il testo non vuole presentare una storia della disciplina. Il punto è che, in alcuni casi, la distorsione o l'approssimazione storica producono un'immagine parziale, fuorviante o artificiale della conoscenza scientifica, del come si produce e dei contesti entro cui si genera. Ci sono alcuni esempi significativi tratti dalla fisica contemporanea, presa qui come un riferimento importante per comprenderne le dinamiche di

cambiamento dei manuali e le possibili relazioni con l'approccio *HPS*. Soque (1987: 81-83) ha discusso un esempio sui modelli atomici, mostrando come la linearizzazione storica usata nei testi comporta alcuni fraintendimenti. Uno su tutti, nel suo studio, è quello che vede le figure di scienziati isolati che operano senza alcuna connessione e interazione degna della comunità scientifica all'inizio del Novecento (il riferimento è a Thompson, Rutherford e Bohr). Per quanto ristretto, questo effetto ha un certo peso nell'immagine della scienza irrealistica che spesso è ritrovata nella percezione comune e a cui talvolta si imputano le responsabilità per la disaffezione degli studenti. Altre inesattezze, sull'attribuzione dei modelli "a panettone" e "planetario" hanno, in questo caso, un ruolo più marginale, ma sono comunque segni di un utilizzo approssimato e strumentale delle vicende storiche. Questi esempi sono importanti per la comprensione della scienza sul piano strettamente storico, dal punto di vista del contesto sociale e istituzionale. La questione storica, però, riguarda anche la dimensione strettamente contenutistica e procedurale della fisica.

Ormai è noto, ad esempio, il problema dell'esperimento cruciale. Tale problematica è rilevante per diversi temi di fisica: uno su tutti potrebbe essere la nascita della relatività ristretta. Anche in questo caso, le esigenze della logica e della ricostruzione storica funzionale al discorso hanno dato un peso eccessivo, sia dal punto di vista euristico che da quello epistemologico, all'esperimento di Michelson e Morley, oscurando alcuni fatti importanti: il reale procedimento di Einstein nella costruzione della relatività, il peso di altri fattori come la simmetria e la ricerca di invarianze, l'articolata posizione epistemologica del padre delle teorie relativistiche, la quantità non trascurabile di ipotesi e teorie che si avvicinavano all'idea relativistica stessa e che l'avevano preceduta.<sup>60</sup>

In alcuni manuali principali si osserva il ruolo predominante dell'esperimento di Michelson e Morley (Grimellini Tomasini, Levrini 2005). Specialmente, nel nostro caso, Amaldi (1997) e Cutnell-Johnson (2009) utilizzano un approccio strettamente empirico per presentare la relatività ristretta, basato su due risultati: l'assunzione, elevata a "fatto", derivante dall'elettromagnetismo, che la velocità della luce sia una costante universale; la verifica sperimentale dell'impossibilità di rilevare il moto della terra rispetto all'etere. Anche Caforio-Ferilli (1987: 318-327) segue questa modalità tipica di introdurre la relatività, sebbene fornisca un quadro concettuale e storico più completo per contestualizzare il problema dell'invarianza delle leggi fisiche e la nascita della relatività di Einstein. Amaldi (1997, II: 357) è consapevole, in realtà, del fatto che Einstein aveva per buona parte ragionato a

---

<sup>60</sup> Si vedano, per esempio, Holton (1969a, 1973, 1991) e Resnick (1980).



prescindere dal risultato sperimentale dei colleghi americani, basandosi soprattutto su un criterio di semplicità delle leggi fisiche e assumendo la validità del principio di relatività: un procedimento diverso da quello empirico rappresentato nell'esposizione didattica.

Dal punto di vista dell'approccio *HPS*, ciò che colpisce è la poca insistenza dei manuali sul carattere rivoluzionario della teoria di Einstein e sull'impatto che i nuovi concetti di spazio e tempo ebbero sui fondamenti della fisica. Anche l'aspetto operativo della prima relatività, quindi l'esigenza di una definizione più accurata delle misure di tempo e del concetto di simultaneità, appare predominante sui diversi fattori epistemologici che caratterizzarono la ricerca einsteiniana, anche alla luce della relatività generale. Solo una ricostruzione empirica a posteriori e una serie di nuove regole di calcolo sono poste al centro della teoria relativistica, così come è trattata nei manuali. In questo esempio paradigmatico, vi è un profondo intreccio tra l'analisi storica e la comprensione epistemologica di diversi approcci alla costruzione di teorie; questo è quanto, ad esempio, Holton ha messo in evidenza nei suoi studi sull'opera di Einstein. Nonostante Amaldi (1997) avesse preso come testo esemplare per spiegare la metodologia scientifica proprio la famosa lettera di Einstein, dove sono discusse le basi dell'approccio "per principi" utilizzato per la relatività, nei testi manca solitamente una visione completa del cambiamento e della nascita delle teorie che ne metta in luce i risvolti filosofici, sul piano dei concetti fondamentali della fisica, ma anche su quello della teoria della conoscenza e dei suoi rapporti con la visione della natura. I problemi didattici ed epistemologici della relatività non possono, ovviamente, essere ridotti a queste poche considerazioni.<sup>61</sup> Alcuni studi, comunque, hanno evidenziato proprio la possibilità di mettere sotto nuova luce le scelte e le conoscenze dei testi tramite un'analisi storico-epistemologica più accurata dei modi in cui la relatività è introdotta e sviluppata (Grimellini Tomasini, Levrini, 2005).

Scopo di questo paragrafo è indicare solo alcuni tratti generali del rapporto tra le conoscenze storico-filosofiche e gli approcci dei manuali. Questo rapporto, specialmente per i temi più importanti della fisica, indica la profondità con cui i testi affrontano la portata culturale della disciplina. In questo caso, il valore culturale della fisica è rappresentato dai cambiamenti più importanti che questa ha prodotto nella visione del mondo, nei concetti principali che compongono questa visione e, in particolare, nelle modalità del conoscere scientifico. Il pensiero e la ricerca di Einstein sono, da questo punto di vista, uno degli esempi più

---

<sup>61</sup> Per alcune ricerche didattiche, sulla relatività speciale e generale, si vedano gli altri studi di Levrini (1999, 2002a, 2002b); De Ambrosis, Levrini (2007); Villani, Arruda (1998). Diversi studi sono stati condotti da E. Fabri e un'ampia analisi storico-didattica è presente in Bordoni (1995).

importanti.

Un caso analogo è quello dell'opera di Galilei e, nello specifico, del ruolo dell'esperimento nella comprensione della caduta di gravi. Anche in tale caso, uno dei "dogmi" messi in discussione dalla critica storica e filosofica, quello dell'*experimentum crucis*, viene parzialmente riproposto dal modo di presentazione delle conoscenze usato nel testo, dove l'esperienza del piano inclinato e la verifica sperimentale di una relazione matematica sono predominati. Tale esempio è utile per comprendere come le strategie comunicative dei testi siano talvolta scorrette, o imprecise, sul piano storico ed epistemologico. Anche in questo caso, l'omissione è funzionale all'immagine fortemente empirista e induttivista condivisa da molti manuali di fisica.

Ancor più che nell'esempio precedente, i fondamenti della fisica classica coinvolgono in maniera unitaria le vicende storiche sulla nascita della scienza moderna e le caratteristiche del metodo scientifico. Una trattazione esemplare di questo intreccio, non a caso, è fornita dal *Progetto* Harvard, che ha fatto dell'unione dell'analisi storica con quella epistemologica il suo punto di forza. La peculiarità dell'approccio del *PPC* appare chiaramente nella modalità con cui viene introdotta la fisica attraverso i primi concetti cinematici e le qualità distintive di un procedimento scientifico. Esaminando la prima edizione originale del *PPC*, ciò che risalta, al confronto con i manuali italiani più recenti, è l'assenza di una presentazione canonica del metodo scientifico. Una spiegazione del metodo viene infatti "calata" nel contesto delle conoscenze fisiche a partire dell'inizio del corso e questo vale anche per le varie tecniche riguardanti gli esperimenti e la notazione scientifica, su cui tutti i manuali odierni si concentrano ancor prima di affrontare un fenomeno, un problema o un concetto fisico. L'insieme di scelte didattiche di Holton e colleghi appare, dunque, molto vicino alla concezione originale di Schwab a cui abbiamo fatto riferimento.

Dopo una trattazione qualitativa e i primi principi per una definizione quantitativa dei concetti fondamentali della cinematica, il *PPC* si concentra sull'analisi del moto di Galilei e, soprattutto, sul problema della caduta dei gravi. I contenuti di questo secondo capitolo del corso sono strutturati attraverso un ordine storico-argomentativo in cui è dato grande risalto agli argomenti originali di Galilei e al contesto scientifico-filosofico in cui egli operò.

Nel capitolo in questione, esposta la teoria aristotelica del moto, come sempre avviene, si dà grande importanza alla diversa impostazione epistemologica con cui Galilei affrontò il problema della caduta tramite una sorta di "critica" dell'esperienza immediata, una diversa comprensione della natura degli "impedimenti", un'analisi delle grandezze significative per comprendere il fenomeno, ecc.

Una ricostruzione storica più stringente, però, orienta il modo in cui il testo giunge alla legge di caduta dei gravi. Questa è funzionale a illustrare una serie di principi del procedere scientifico, i quali sono messi in luce all'interno del contesto che spiega il fenomeno della caduta e la sua trattazione corretta dal punto di vista fisico. Ciò che usualmente viene ignorato dai testi, a cui invece il *PPC* dà grande rilevanza, è l'insieme dei fattori che hanno contribuito alla ricerca galileiana. L'analisi di questi è sostenuta da diverse considerazioni sul ragionamento galileiano che emergono lungo lo sviluppo del tema in questione:

- una prima confutazione, da parte di Galilei, della teoria aristotelica della caduta attraverso la *logica* e l'*esperimento concettuale* dei due corpi legati;
- la consapevolezza – il presupposto – che il ruolo del mezzo sia determinante, ma nel senso di essere “un accidente” rispetto allo svolgersi del fenomeno del moto; quindi l'inversione del procedimento conoscitivo, che dal caso semplice e ideale deve tornare poi a quello complesso e reale;
- l'individuazione di alcune proprietà matematiche semplici e la consapevole rinuncia ad andare a fondo sulle cause del fenomeno, a “tentare le essenze”;
- l'elaborazione dell'idea di moto uniformemente accelerato insieme alla difficoltà di un esperimento che misurasse direttamente gli incrementi di velocità; da qui l'ipotesi della proporzionalità quadratica tra spazio e tempo e l'idea di testarla attraverso il piano inclinato, in una sorta di procedimento al limite;
- non è certa la misura in cui Galilei riuscì ad avere dei dati chiari sull'accelerazione dei corpi sul piano inclinato; tuttavia gli esperimenti, insieme al fatto logicamente provato dell'indipendenza del moto dalla massa dei corpi, riuscirono a condurlo a una nuova visione del fenomeno della caduta e delle leggi del moto.

In conclusione del processo che conduce alla legge di caduta e alla ricostruzione dell'intero ragionamento galileiano, Holton e colleghi affermano:

The basis of this procedure is a cycle, repeated as often as necessary, entirely or in part, until a satisfactory theory has emerged: general observation - hypothesis - mathematical analysis or deduction from hypothesis - experimental test of deduction - modification of hypothesis in light of test, and so forth.

While the steps in the mathematics are often determined mainly by "cold logic", this is not for the other parts of the process. A variety of paths of thought can lead to the hypothesis in the first place. [...] Finally note that while experiment has an important place in this process, it is not at all the only or even the main element. On the contrary, experiments are worthwhile only in conjunction with other steps in the process.

The general cycle of observation, hypothesis, deduction, test, modification, etc, so skillfully demonstrated by Galileo in the seventeenth century, commonly appears in the work of scientists today. Though there is no such thing as the scientific method, some form of this cycle is almost always present in the scientific research (Holton, Rutherford, Watson, 1970: 58).

Non manca quindi, neanche nel *PPC*, l'idea del metodo sequenziale. Il fatto è che l'analisi storica ha rivelato la complessità dei fattori coinvolti, il ruolo dell'esperimento a fianco di altri elementi, l'impossibilità di ridurlo a uno schema universale di tipo induttivistico e, quindi, a un solo "algoritmo logico-epistemologico" di costruzione della conoscenza scientifica.

Il punto fondamentale che emerge dal confronto dei manuali più diffusi con la ricerca storico-filosofica e con l'esempio magistrale del *PPC* riguarda la capacità dei testi dare significato ai concetti scientifici e, in generale, alla conoscenza scientifica (le teorie e le procedure). Il senso profondo dell'approccio galileiano risiede nel rapporto tra i vari elementi che l'analisi fornita dal *PPC* ha messo in luce: non solo le nuove conoscenze e le leggi del moto, dunque, ma anche le qualità del nuovo atteggiamento verso la natura e le sue conseguenze di ampia portata. Il valore conoscitivo della fisica, insieme al significato di alcuni temi e vicende storiche che oltrepassano il solo corpo di conoscenze della disciplina, è il vero punto di incontro tra i due tipi di rilevanza tematizzati da Eger: quella pratica-strumentale, quella interpretativa-cosmologica.<sup>62</sup>

Se si guarda ai manuali correntemente adottati nei licei italiani, come si è fatto in questo lavoro, si deve prendere atto dell'insuccesso, o meglio della scarsa influenza, dell'approccio con cui il *PPC* aveva diversamente affrontato il metodo e i fondamenti della fisica. Il modo con cui molti manuali più diffusi affrontano il metodo scientifico è, in sostanza, l'opposto di quello del *Progetto*: una procedura logica rigidamente definita e fortemente decontestualizzata, insieme a un corpo di tecniche matematiche e sperimentali. Da questo punto di vista, il *PPC* ha dato prova della possibilità di condurre un'analisi corretta e puntuale dei contenuti della fisica, insistendo però più sul significato culturale, storico e conoscitivo dei temi trattati e del metodo scientifico. Le istanze tecniche rappresentate dalle norme dell'attività sperimentale e del calcolo numerico vengono messe in secondo piano, dando la precedenza, appunto, alla costruzione del senso delle conoscenze fisiche: come e perché sono state prodotte, quali cambiamenti hanno apportato alla visione del mondo e della conoscenza, ecc. Non mancheranno, nello sviluppo del corso americano, le occasioni specifiche per spiegare anche quelle tecniche a cui i manuali odierni danno, in sostanza, la precedenza.

Rimane comunque esemplare l'approccio del *PPC*; vedremo come qualche testo italiano abbia ripreso alcune idee del corso di Holton. Nella misura in cui si vogliono affrontare oggi i problemi della rilevanza, dell'interesse, del valore culturale della scienza e – *last but not least*

---

<sup>62</sup> Si veda a pagina 234.

– di un’educazione scientifica generale che prescindendo dalla specializzazione tecnica e accademica, le riflessioni disciplinari e pedagogiche contenute nel *PPC* possono ancora avere un ruolo nel curriculum di fisica.

A conferma di quest’ultima considerazione, Arons (1992) – in un testo piuttosto importante per la ricerca odierna in didattica della fisica – ha espresso una posizione simile, proprio partendo dal piano dei contenuti della fisica e commentando l’opera di Galilei.

Anche per Arons, che non può essere annoverato tra i sostenitori di un vero e proprio “approccio” *HPS*, la storia è un punto di partenza per integrare l’analisi concettuale con quella procedurale. «Ciò che conta non è la priorità della scoperta o il definire una successione nello sviluppo della scienza; l’analisi storica include altri elementi, oltre la cronologia» (Arons, 1992: 49). Commentando le stesse questioni galileiane che abbiamo individuato nel *PPC*, Arons aggiunge che il «richiamo di Galileo all’evidenza sperimentale viene presentato spesso in maniera distorta e semplicistica affermando che lo studio della discesa di una sfera lungo il piano inclinato fu il “primo esperimento”». Questa imprecisione storica e quelli che sembrano problemi puramente epistemologici, legati a particolari concetti della fisica, rimandano invece, come abbiamo sostenuto, a un più generale rapporto dei testi e della fisica insegnata con la cultura e l’educazione. Arons giunge a una conclusione molto simile quando sottolinea «l’incredibile ricchezza del contesto» e la fecondità di un intreccio tra storia e analisi scientifica.

Lo sviluppo di queste idee costituisce almeno una parte della componente di cultura «generale» o «liberale» di un corso di scienze e, come tale, è altrettanto importante per scienziati e ingegneri quanto lo è per gli studenti di facoltà non scientifiche. Questa è una delle componenti, sebbene non la totalità, della cultura scientifica. Io sono del parere che una delle più gravi deficienze di molti corsi di fisica introduttiva sia l’incapacità di inserire un esame di questi contributi intellettuali (Arons, 1992: 53).

La funzione dell’approccio *HPS* non è, quindi, quella di tecnicizzare l’aspetto filosofico, o di rendere filologica la storia usata nel manuale, quanto quella di cogliere la conoscenza scientifica tramite i molteplici fattori che concorrono alla sua costruzione. In tal senso, la storia deve fornire il “contesto” della scoperta – il campo intellettuale e materiale – entro cui è comprensibile il formarsi delle conoscenze.<sup>63</sup>

Individuati questi due capisaldi dei manuali, il metodo e la storia, che mostrano l’immagine della scienza all’opera nella spiegazione dei contenuti e in alcune parti deputate alla riflessione sulla disciplina, il ruolo del sapere storico e filosofico è centrale nella comprensione di questa immagine e nelle possibili innovazioni di questi elementi testuali.

---

<sup>63</sup> Si veda anche Stinner (1989).

Esplorati i risvolti storici e metodologici di tipo implicito presenti nei manuali, un secondo livello di analisi, invece, può basarsi sulla descrizione dei riferimenti espliciti alle discipline storico-filosofiche, tramite il tipo, la quantità e la qualità delle conoscenze “meta-scientifiche” presenti.

#### 4.3. *Gli aspetti storici e filosofici della scienza nei manuali di fisica*

Nella letteratura dedicata all’innovazione dei curricula di scienze e, in particolare ai manuali, è piuttosto diffuso un approccio che consiste nell’individuazione e nella classificazione delle diverse componenti della conoscenza scientifica rappresentate nel curriculum e, nel caso specifico, all’interno dei testi. Tale metodo di analisi è stato sfruttato, in buona parte, per le sue caratteristiche quantitative, evidenziando il peso dei diversi tipi di “conoscenze”. Gli esempi più noti si riferiscono, non a caso, al concetto di *scientific literacy*. Una serie di studi ha utilizzato un concetto articolato di *literacy* scientifica per esaminare le parti dei testi che si riferiscono a diversi aspetti della scienza, indagando, in particolare, quattro diverse componenti dell’apprendimento: scienza come corpo di conoscenze, scienza come procedura investigativa, scienza come attitudine cognitiva generale (“*as a way of thinking*”), interazioni tra scienza, tecnologia e società.<sup>64</sup> Queste conoscenze e attitudini sono parte del più ampio concetto di alfabetizzazione scientifica, così come è stato discusso da diversi studiosi, e lo scopo di queste analisi è comprendere in che misura i testi forniscano le opportunità di apprendimento e gli strumenti per un tale tipo di comprensione della scienza. Su questa linea di ricerca si collocano anche alcune analisi sul rapporto tra conoscenze *HPS* e manuali di scienze. E’ utile, a nostro avviso, guardare non tanto, o non solo, al risultato prodotto da questi studi, quanto ai loro principi di base. Infatti, le conclusioni ottenute, per quanto abbiamo un certo valore indicativo, si riducono a delle sole descrizioni quantitative inserite in specifiche “griglie” concettuali; come nel caso delle ricerche comparative viste in precedenza, non si analizzano gli specifici contenuti storico-filosofici, il loro legame con quelli scientifici e con il contesto di apprendimento. Il valore dei risultati quantitativi è, da questo punto di vista, abbastanza limitato. Ovviamente, essendo tali analisi condotte in maniera abbastanza rigorosa e affidabile, si possono trarre da queste delle considerazioni più generali, specialmente se si vuole comprendere come e quanto i testi rispondano a specifiche

---

<sup>64</sup> Una volta che questa nozione è articolata in diverse categorie, e che queste a loro volta sono esemplificate con descrittori più specifici, vengono isolati degli elementi del testo ritenuti autonomi o parti della trattazione globale; tramite delle procedure incrociate, solitamente svolte in modo parallelo da più ricercatori (e insegnanti), viene costruito, infine, un quadro quantitativo delle categorie investigate. Uno degli studi originali in cui si è tematizzato e applicato questo metodo all’analisi dei libri di testo è Chiappetta, Fillman (1991). Questa analisi è stata ripresa, tra gli altri, da Wilkinson (1999).

direttive, siano queste dei programmi di innovazione o magari, come nel caso del curriculum italiano di fisica, delle intenzioni espresse nelle linee guida nazionali per l'insegnamento. Detto ciò, è utile riprendere, casomai, un quadro concettuale che orienti la descrizione dei contenuti storico-filosofici presenti nei testi. Utilizzeremo tale quadro per fini puramente qualitativi e descrittivi, cercando però di fornire più dettagli sugli elementi testuali esaminati. Una classificazione usata per la storia della scienza nei libri di testo, ripresa anche in Italia per la didattica della fisica<sup>65</sup> è quella di Leite (2002), la quale ha condotto uno studio su alcuni testi di scienze portoghesi.

La classificazione di Leite permette di esaminare nel dettaglio le caratteristiche delle informazioni storiche presenti nei testi e di descriverne il ruolo all'interno della struttura testuale, attraverso otto categorie analitiche suddivise a loro volta in vari descrittori particolari. Illustriamo una versione modificata di questo schema, che accompagnerà l'esame di alcuni esempi testuali, ridotto a cinque macro-categorie.<sup>66</sup>

- Tipo e organizzazione dell'informazione storica:
  - riferimenti alla vita degli scienziati (biografici, caratteriali e aneddotici) e alle loro caratteristiche (intelligenza, vicende professionali, ecc.);
  - evoluzione della scienza (scoperte, controversie, confronti tra periodi storici contigui o lontani) e soggetti coinvolti (singoli scienziati, gruppi di ricerca, comunità scientifica).
- Materiali usati:
  - immagini di scienziati o strumenti, documenti originali, fonti secondarie, scritti degli autori dei manuali, descrizione di esperimenti storici, altri.
- Contestualizzazione dell'informazione storica:
  - l'informazione concerne il contesto scientifico, filosofico, tecnologico, sociale, politico o religioso.
- Status del contenuto storico:
  - ruolo delle conoscenze storiche (fondamentali, complementari);
  - attività di apprendimento (obbligatorie, facoltative; tipologia; livello di difficoltà e di approfondimento).
- Consistenza interna del testo:

---

<sup>65</sup> De Maria, Ianniello (2004: 41-42).

<sup>66</sup> Abbiamo eliminato alcune parti della classificazione di Leite (2002) e aggregato alcuni elementi con qualche piccola modifica. Utilizziamo anche la traduzione delle otto categorie fatta da De Maria, Ianniello (2004).

- grado di omogeneità del tipo di informazioni storiche usate;
- livelli di integrazione-separazione dei contenuti storici rispetto alla trattazione disciplinare principale.

Tale schema di analisi è stato ideato per le informazioni storiche e per il ruolo della storia della scienza ma, soprattutto in merito al tipo di riferimenti contestuali utilizzati e alla relazione con la trattazione principale – essenzialmente le ultime tre categorie descritte – le conoscenze filosofiche possono essere incluse in tale quadro descrittivo.

Seguendo l'ideale di una spiegazione della conoscenza scientifica che ne chiarisca, al contempo, la dimensione storica e le matrici filosofiche, esamineremo alcuni passi testuali – alcuni particolari “temi” in pochi esemplari manuali – in cui si danno le condizioni per un proficuo scambio tra la prospettiva strettamente disciplinare – il tradizionale modo di presentare le conoscenze tra esperienza, teoria e matematica – e gli aspetti contestuali e concettuali solitamente trascurati. Oltre a questa procedura selettiva, si cercherà anche di fornire un quadro generale delle conoscenze di storia e di filosofia della scienza presenti nei manuali, articolando e arricchendo lo schema di classificazione riportato sopra.

#### 4.3.1. *Gli anni Settanta e Ottanta: alcuni esempi*

Per applicare in maniera più sistematica le categorie e le classificazioni viste ad alcuni manuali di fisica, si può tentare di completare il quadro storico già delineato nel terzo capitolo, riprendendo lo sviluppo dei testi a partire dagli anni Settanta.

Proprio nel periodo di più intensa revisione dell'insegnamento della fisica, prima nei paesi anglofoni e poi anche in Italia, le immagini storiche e filosofiche del sapere scientifico nei manuali cominciano ad arricchirsi di nuove considerazioni che – si pensi al caso del testo di Silva visto nel precedente capitolo – erano praticamente ignorate dai fisici della prima metà del secolo.

I casi più interessanti per cogliere l'atteggiamento degli autori verso le conoscenze storico-filosofiche importanti per la scienza contemporanea riguardano alcuni capitoli centrali per la didattica di base della disciplina. Per individuare i primi elementi su cui indagare questa relazione è opportuno far riferimento soprattutto ai temi della Meccanica (e dell'Astronomia), da una parte, alla teoria atomica e alla fisica contemporanea, dall'altra.

Questa scelta è ovviamente mirata, poiché sono questi i temi che più si prestano all'integrazione di conoscenze storiche ed epistemologiche, basti pensare ai dibattiti scientifici e filosofici del Seicento, o a quello del Novecento, che hanno accompagnato la fisica.



Il fatto più interessante è, in realtà, che questi capitoli di fisica rappresentano, nel primo caso, il nocciolo della disciplina come storicamente si è evoluta e come didatticamente viene introdotta, nel secondo, le attuali concezioni scientifiche sulla natura, ma anche sugli stessi strumenti conoscitivi che sono andati cambiando e affinandosi nel tempo. Questi temi di fisica sollevano proprio il problema, elaborato dalla ricerca didattica, di “cambiamento concettuale”, di costruzione di una conoscenza-competenza scientifica di base o, in casi più specifici, di comprensione e accettazione di certe teorie avanzate.

Nella prima parte dedicata allo studio dei manuali, si è citato il riferimento degli Amaldi (1970, 1972) all'importanza di fornire informazioni storiche per contestualizzare la fisica e, soprattutto, per cogliere il carattere dinamico della conoscenza scientifica. Per i caratteri già descritti dei testi degli Amaldi, queste conoscenze contestuali sono, nelle edizioni di questo periodo, abbastanza limitate. In Amaldi (1970, 1972) la storicizzazione si concretizza in pochi riferimenti a Galilei, Newton e al confronto delle prime teorie scientifiche dell'età moderna con il corpo di conoscenze perlopiù aristoteliche. Stando al primo volume del *Corso di Fisica* (Amaldi, 1970, I), gli stessi autori indicano i temi che sono stati arricchiti da alcune considerazioni storiche; i principali sono – ripetiamolo – la concezione cosmologica di Aristotele nel capitolo sulla gravitazione universale, la teoria corpuscolare della luce nello studio dell'Ottica, la teoria del calorico nella trattazione della conservazione dell'energia.

Si può però andare più a fondo di quanto riconosciuto dagli autori stessi e caratterizzare meglio le conoscenze storiche individuabili. L'esame degli “strumenti *HPS*” presenti in queste edizioni dell'Amaldi ci consente, inoltre, di approfondire ulteriormente le qualità di queste conoscenze nei testi e nella didattica.

Innanzitutto, Amaldi (1970, 1972) svolge le considerazioni storiche all'interno del testo principale, solitamente in apertura di un particolare tema o capitolo di una certa importanza, in brevi paragrafi di tipo discorsivo. Quindi, secondo le categorie dello schema di Leite visto in precedenza, i riferimenti storici sono “fondamentali” per il testo, integrati con la trattazione principale e omogenei, nel senso di ricorrere, all'incirca, sempre nella stessa forma.

La ricerca compiuta da Wang (1998) sulla storia della scienza nei testi di fisica americani si è servita di una metodologia di analisi piuttosto sofisticata per l'individuazione e la classificazione degli elementi testuali e del tipo di conoscenze storiche utilizzate. Uno dei punti interessanti di questo metodo è che distingue “unità” povere da quelle ricche di contenuto storico o, in maniera ancora più articolata, fa uso di una tripartizione inerente alla “forza” dei riferimenti storici in un certo elemento testuale: limitata, moderata, estesa (Wang, 1998: 120 e sgg.). Questa tripartizione si basa sulla pertinenza delle informazioni storiche per

i concetti e per gli specifici temi di fisica affrontati.

Rielaborando l'analisi sistematica di Wang, per il caso dell'Amaldi si possono fare alcune distinzioni analoghe. La principale, ci sembra, è quella tra "informazione" e "conoscenza". Un'informazione storica ha solitamente poca pertinenza per la comprensione fisica vera e propria, ma può avere scarso significato anche per gli altri piani di efficacia dell'approccio *HPS*, siano questi quello procedurale, contestuale, strettamente cognitivo o di tipo motivazionale. La "conoscenza storica" non ha, invece, carattere puramente informativo, ed è solitamente in grado di connettersi ai problemi concettuali specifici, o comunque di estendere la portata e il significato dei temi scientifici trattati.

Esemplifichiamo alcuni passaggi testuali in Amaldi (1970, I). Elementi storici puramente informativi son individuabili nei seguenti capoversi.

La più antica documentazione storica circa la bilancia ci è giunta attraverso Archimede; ma essa esisteva già in Oriente, nell'età neolitica (intorno al 6000 a. C.); di lì passò nelle isole di Cipro e Creta: si è trovata una tavoletta scritta del II Palazzo di Cnosso (prima della metà del II millennio a. C.) nella quale vi è il segno geroglifico della bilancia. Ben preciso è il disegno delle bilance egiziane in rilievi e papiri funerari (1600-1100 a. C.). Bilance greche sono note attraverso rappresentazioni figurate: tra le più antiche è la coppa cirenaica detta di Arcesilao (560 a. C.) (Amaldi, 1970, I: 123).

Il 21 ottobre del 1803, il chimico inglese John Dalton (1766-1844), dinanzi ai membri della Società Letteraria e Filosofica di Manchester, lesse una memoria nella quale per la prima volta esponeva i principi della sua teoria atomistica della materia, alla quale era giunto partendo dalle leggi ponderali delle combinazioni chimiche. La sua teoria, completata e precisata, ha costituito la base del successivo sviluppo degli studi sulla costituzione della materia (Amaldi, 1970, I: 215).

Sono quindi presenti nell'Amaldi alcuni esempi di collocazione storica delle idee o degli sviluppi scientifici e tecnologici pertinenti per la fisica. Una questione importante, però, è il rapporto tra la ricchezza dell'informazione storica e la pertinenza di questa per i tre tipi di comprensione o finalità che, a grandi linee, diverse ricerche hanno tematizzato. In questi esempi, i riferimenti storici sono di tipo informativo, talvolta puramente nozionistico, come può essere il menzionare luoghi e date; nonostante l'informazione sia, nei termini del metodo usato da Wang, di contenuto storico ricco (come nel primo passo riportato), la portata dell'elemento testuale analizzato può essere comunque limitata, o moderata, per la sua relazione con i concetti e le procedure fisiche che sono oggetto delle spiegazioni del testo. Maggiore può essere la portata sulla comprensione contestuale, quindi inerente all'evoluzione sociale e tecnologica che concorre allo sviluppo della fisica, ma anche in questo caso ci può essere una relazione più o meno pertinente con i problemi e le conoscenze fisiche strettamente intese. In questi esempi, comunque, c'è relazione variabile, di indipendenza o talvolta di proporzionalità indiretta, tra la ricchezza dell'informazione storica e la rilevanza concettuale e

disciplinare.

Nel volume degli Amaldi in questione, sono reperibili circa dieci elementi con queste caratteristiche: informativi, dal contenuto storico più o meno ricco, di impatto limitato sull'apprendimento della fisica o sulla sua collocazione e interpretazione "culturale".

Vi sono poi altri esempi di tipo diverso, che potremmo descrivere come "conoscenze" storiche. Anche in questo caso, la portata di queste conoscenze può essere variabile e indipendente dalla ricchezza del contenuto storico presentato. Si può affermare, addirittura, che i passaggi testuali che utilizzano queste conoscenze sono talvolta di contenuto strettamente storico più povero: vi sono meno riferimenti temporali, non vi sono molte informazioni sul contesto e non è presente un senso stringente dell'evoluzione temporale. Tuttavia, la portata delle conoscenze storiche così espresse è talvolta "estesa", vale a dire è strettamente collegata alla trattazione concettuale e all'elucidazione delle procedure di costruzione delle conoscenze scientifiche. Amaldi (1970, 1972) fa ricorso a queste strategie di presentazione, non a caso, proprio nei capitoli più importanti per la costruzione della visione meccanica del mondo e quindi per la trattazione dei principi fondamentali della fisica classica. Gli esempi sono pochi: il confronto tra le concezioni di Aristotele e Galilei sul moto; le procedure di Galilei nello studio del piano inclinato, del pendolo e del moto parabolico; la distinzione tra fisica terrestre e celeste nel passaggio dalle concezioni aristoteliche a quelle moderne, fino a Newton. Maggiori informazioni strettamente storiche, ma sempre rilevanti per la trattazione concettuale, sono presenti in altri capitoli del testo. Solitamente, ma non in tutti i casi, la forma di questi esempi è quella dell'esperimento storico, individuato dalle ricerche didattiche come caso paradigmatico di simbiosi tra storia e apprendimento disciplinare: gli esperimenti sulla determinazione della velocità della luce, le concezioni sulla natura della luce nel loro sviluppo attraverso diverse evidenze sperimentali, l'avviò della spettroscopia di Kirchhoff, ecc.

E' presente dunque nel testo degli Amaldi una diversificazione graduale tra elementi di tipo più informativo – o nozionistico – ed elementi che promuovono una comprensione più profonda e sofisticata dei concetti fisici. Gli stessi esempi riportati dagli autori nell'introduzione appartengono a questa seconda tipologia. La caratteristica principale di quest'ultimi è quella di confrontare concezioni alternative su uno specifico campo di problemi fisici come la natura del moto, la cosmologia, la natura della luce, la conservazione dell'energia. In molti casi è quindi una sorta di procedura comparativa che svolge il ruolo di problematizzare le conoscenze e mostrare il passaggio dalle precedenti a quelle correnti e accettate.

La finalità principale degli autori è quella di comunicare la natura dinamica della conoscenza fisica, attraverso una sorta di dialettica tra concezioni accreditate e concetti o teorie fisiche del passato. Tale strategia è stata sviluppata in tempi più recenti, in modo più sistematico, da Igal Galili – che abbiamo già citato e che è uno dei principali promotori dell’approccio *HPS* – il quale ha elaborato un quadro concettuale dove l’esame delle concezioni fisiche alternative, attraverso il contributo della storia e della filosofia, serve a creare una sorta di risonanza cognitiva con le idee degli studenti e, soprattutto, a far emergere il corpo di conoscenze che costituisce il nucleo di una specifica teoria (ad esempio la meccanica classica), attraverso il confronto con quanto è in contraddizione con il nucleo stesso ma che questo ha dovuto affrontare per la sua stessa affermazione.<sup>67</sup> Si ritrovano, sebbene non in modo sistematico, alcuni punti di questa strategia negli esempi principali di utilizzo delle conoscenze storiche nel testo degli Amaldi.

I passi del testo dove una contestualizzazione delle idee fisiche è sfruttata più a fondo sono quelli dove non è tanto l’informazione storica a prevalere, ma il suo legame con la comprensione dei concetti e delle procedure disciplinari. E’ a questo livello che si può individuare anche un’integrazione tra storia ed epistemologia. Abbiamo, infatti, parlato perlopiù di storia della fisica nel testo in esame, ma come lo stesso lavoro di Galili suggerisce, l’esame delle concezioni alternative e la ricostruzione storica di alcuni concetti servono a illuminare il procedimento di costruzione di una specifica conoscenza fisica, mettendola in relazione a particolari aspetti epistemologici o, in certi casi, a più generali teorie filosofiche e cosmologiche di riferimento.

Gli esempi si ritrovano ancora nel testo stesso. Nella costruzione della legge di inerzia, tramite il confronto con la teoria aristotelica del moto, si analizza parte del ragionamento di Galilei (seppur non in modo completo e del tutto soddisfacente). Come già detto, in questo confronto è fondamentale la relazione con l’esperienza comune – che darebbe ragione ad Aristotele – la quale viene diversamente interpretata alla luce di esperimenti razionalmente pianificati in cui Galilei si avvale della capacità di astrarre dagli “accidenti”, o impedimenti, individuando così le variabili pertinenti per la descrizione del moto e la corretta relazione tra forza e velocità. L’utilizzo di alcuni spunti storici, non tanto attraverso date e riferimenti temporali, quanto tramite il ricorso ad antiche concezioni e, ad esempio, attraverso gli stessi scritti galileiani è funzionale a spiegare gli aspetti procedurali della fisica strettamente

---

<sup>67</sup> Il professor Galili ha sviluppato queste idee in diversi lavori, ad esempio in Galili (2011). Tra le tante occasioni, ha presentato la sua teoria del cambiamento concettuale in un seminario tenuto all’Università di Bologna: «Discipline-culture framework of implementing the history and philosophy of science into science teaching – development within the HIPST project», Dipartimento di Fisica, 6 maggio 2010.

intrecciati con quelli più squisitamente concettuali o “contenutistici”. Il caso della legge d’inerzia e di quella di caduta dei gravi sono da questo punto di vista emblematici proprio perché, attraverso questi, i testi si trovano ad affrontare una spiegazione “dell’atteggiamento scientifico” e la costruzione di un metodo razionale ed empirico. Si è ben visto questo nel caso del *PPC*.

Nel capitolo sulla gravitazione, invece, si trova un richiamo al ruolo determinante di concezioni filosofiche e cosmologiche più generali. La distinzione tra fisica terrestre e celeste di Aristotele è contrapposta alle conoscenze che, da Copernico a Newton, portarono al rovesciamento dell’antica cosmologia, alla costruzione di una nuova immagine dell’universo e – potremmo aggiungere – della conoscenza. Ovviamente, queste implicazioni generali della fisica sono solo abbozzate, o talvolta implicite, nel testo degli Amaldi che tuttavia mostra, in alcune parti di questa sua prima revisione agli inizi degli anni Settanta, un’alternanza tra lo stile espositivo tradizionale, formale e assertorio, e una presentazione più incline a contestualizzare la conoscenza fisica, specialmente sui temi portanti della disciplina.

Nel decennio successivo, il manuale degli Amaldi (1983, 1984) – come si è già avuto modo di osservare – verrà riproposto praticamente immutato nelle due versioni per il liceo classico e scientifico. Il cambiamento più evidente, per la presente analisi, è l’aggiunta di approfondimenti scritti separati dal testo principale. Questo è avvenuto in concomitanza con l’aggiunta del terzo autore – Ugo Amaldi – che prenderà in mano la stesura delle edizioni successive. La natura degli approfondimenti testuali è varia: dai temi tecnologici a quelli più strettamente fisici; solamente alcune letture hanno un contenuto più storico e filosofico, con un peso comunque minore rispetto all’insieme (si veda l’appendice 4.1). L’intento di tali strumenti testuali – si è già avuto modo di osservare – è più quello di illustrare il mondo della fisica nei suoi risvolti sociali, professionali e tecnologici, esibendo la gamma di problemi e campi in cui la conoscenza fisica è centrale. Non è quindi preponderante il ruolo delle conoscenze storiche e filosofiche in questi approfondimenti.

Stando sempre al decennio in cui si colloca il primo manuale degli Amaldi visto, si possono illustrare brevemente altri due esempi in merito all’integrazione delle conoscenze storico-filosofiche nel testo di fisica. Uno di questi è il già citato *Forza, energia e movimento* di Marazzini del 1972-1974. Un altro esempio, abbastanza *sui generis*, che però rende conto anche dell’affermazione dei curatori dell’edizione italiana del *PPC*, i quali avevano notato che altri testi italiani dell’epoca includevano la prospettiva storica nella presentazione dei contenuti disciplinari, è il *Corso di Fisica* di Cini, De Maria e Gamba (1975).

Questi manuali degli anni Settanta sono dei casi abbastanza isolati e non possono essere

ritenuti rappresentativi, quanto l'Amaldi, della didattica della fisica del periodo. Tuttavia, il fatto di essere presenti sul mercato editoriale e l'importanza degli autori rendono un esame del tipo di contenuti *HPS* di questi testi abbastanza significativo dal punto di vista comparativo e storico.

Vanno sottolineate, innanzitutto, la provenienza e l'impostazione culturale degli autori. Se, infatti, la regola per la manualistica italiana del tempo era – si è detto – la provenienza accademica degli autori, su questi esempi vanno aggiunte alcune considerazioni. Nel caso di Marazzini, si è già detto della sua provenienza scolastica che gli permetteva di avere una visione lievemente diversa dell'insegnamento della fisica e del tipo di problemi e strumenti con cui un testo per i licei poteva confrontarsi. Inoltre, sebbene in tempi successivi, l'autore affiancherà in modo più netto all'attività didattica e manualistica l'indagine storica sulla fisica, proprio all'interno del gruppo dell'università di Pavia che ha avuto un ruolo importante nell'scambio tra le ricerche storico-epistemologiche e quelle didattiche.<sup>68</sup>

Per quanto riguarda l'altro manuale, va posto l'accento sull'attività di Michelangelo De Maria e di Marcello Cini: entrambi, da fisici, si sono occupati di storia e fondamenti della fisica; nel 1976 firmarono con altri autori un testo controverso, dove applicavano l'analisi del materialismo storico allo sviluppo della scienza, enfatizzando quindi il legame della conoscenza scientifica con il contesto sociale, tecnologico ed economico. Riguardo ai tempi più recenti, abbiamo già citato un'importante pubblicazione di De Maria sul rapporto tra storia e didattica della fisica e anche l'attività di Cini è continuata attraverso lo studio dei fondamenti della fisica, esteso poi anche ai problemi della complessità e dell'etica scientifica.<sup>69</sup> In un breve articolo, in tempi recenti, Cini (1995) ha anche preso posizione sul rapporto delle più recenti analisi storico-sociologiche della scienza con la didattica e ha basato un suo corso universitario di fondamenti della meccanica quantistica sulle implicazioni di questo rapporto, assimilabili, in parte, all'approccio di Galili "per concezioni alternative" comparate storicamente.

Queste poche informazioni, ancorché ricostruite a posteriori, sono molto importanti per comprendere il diverso approccio di questi autori alla scrittura del manuale di fisica.

La principale caratteristica anticipata dai manuali citati è quella delle schede di lettura. In Marazzini (1972, 1974) queste letture supplementari rappresentano gli unici strumenti per contestualizzare lo sviluppo delle conoscenze fisiche e della disciplina. Dal punto di vista

---

<sup>68</sup> Per le attività e i materiali prodotti dal gruppo, si vedano: per la ricerca storica ed epistemologica il sito <http://fiscavolta.unipv.it/percorsi/> (consultato in data 12/10/11), per quella strettamente didattica <http://fiscavolta.unipv.it/didattica/ricerca.html> (consultato in data 12/10/11).

<sup>69</sup> De Maria, Ianniello (2004); Cini (1994).

delle distinzioni esaminate nel paragrafo 4.2.4., le conoscenze storiche e filosofiche sono sistematicamente separate dalla trattazione principale, hanno un carattere quindi complementare e, in linea teorica, facoltativo; non intervengono, dunque, sullo sviluppo principale della trattazione concettuale. Vanno distinte, inoltre, le letture su argomenti specifici compilate dall'autore stesso, dai passi di testi originali come quelli di Galilei o qualche autore dell'antichità che esula dal campo della fisica. La tipologia didattica, infine, di questi strumenti testuali è varia. Alcuni esempi sono classificabili nel modo che segue.

- Comprensione contestuale. Vengono discussi i passaggi storici e i pensatori, quindi soprattutto i contesti culturali e filosofici in cui sono collocate le conoscenze scientifiche, che condussero alla visione moderna della scienza: “L'evoluzione del pensiero scientifico” (dall'antichità ai pensatori moderni e Galilei); “Il problema del dei moto dei corpi e le sue leggi fondamentali” (Aristotele, Buridano, Galilei, Newton, ecc.); “La fisica di Democrito e l'imitazione che ne fa Epicuro”, “Teorie antiche sull'origine e la costituzione dell'universo” (in cui Cicerone discute le teorie greche sulla materia e sull'universo).

- Comprensione concettuale. Tali letture affrontano specifici concetti fisici: “Sul concetto di energia e sul teorema di conservazione” (dal testo di Einstein e Infeld, *L'evoluzione della fisica*); “La caduta dei gravi secondo la visione galileiana” (passi galileiani sulla discussione della caduta dei gravi e sulle critiche alla teoria aristotelica); “Relatività galileiana” (viene riportato il testo galileiano sull'esperimento mentale del “gran naviglio”); “Il principio di indeterminazione di Heisenberg” (in cui causalità e determinismo sono discussi dal fisico francese Louis De Broglie).

Non mancano, d'altra parte, anche approfondimenti sugli sviluppi tecnologici riguardanti le radiotrasmissioni (con un testo di Marconi), la pila elettrica (con passi dai testi di Volta) e gli acceleratori di particelle.<sup>70</sup>

Quello che si evince dal tipo di letture è che l'autore vuole comunicare una visione globale della fisica, ben connessa all'evoluzione storica della cultura, così come della tecnica. Seppur implicitamente, la storia delle idee e della fisica vengono utilizzate anche per illustrare le connessioni con il sapere filosofico o la portata più generale delle scoperte della fisica; il carattere supplementare e limitato delle letture non può, ovviamente, sviluppare fino in fondo questo legame tra storia e filosofia. Nonostante ciò, questi strumenti si rivolgono ugualmente alla storia e all'epistemologia della fisica – al passato come al presente, verrebbe da dire – e il fine ultimo di Marazzini è quello di «realizzare un contatto diretto con la storia

---

<sup>70</sup> Gli approfondimenti sono stati estrapolati da due volumi del manuale (Marazzini, 1972, 1974).

dell'evoluzione del pensiero scientifico», o di «vivificare il problema della correlazione fra le “scienze esatte” e le scienze dello spirito» (Marazzini, 1972: 8).

Il *Corso di Fisica* di Cini, De Maria e Gamba, del 1975, fa un uso ancora più esteso dello strumento “letture supplementari” e introduce le conoscenze storico-filosofiche con gli stessi criteri didattici di Marazzini. Il tipo di testi incorporati è lievemente diverso: gli autori si servono o dei documenti originali (Galilei, Pascal, Eulero, Faraday), o di fonti secondarie e delle più importanti ricostruzioni storiche e filosofiche del pensiero scientifico (Koyré, Kuhn, Bernal, I. B. Cohen, P. Rossi, ecc.). Anche in questo caso l'intento è di andare al cuore del valore storico, conoscitivo e culturale della fisica; le letture toccano praticamente tutti e tre i tipi di comprensione tematizzati da Wang che abbiamo riportato nel paragrafo 4.2.3.: dall'arricchimento della presentazione dei concetti e dei loro risvolti epistemologici, all'illustrazione storica di esperimenti e procedure scientifiche, fino alla discussione delle condizioni socio-culturali entro cui le conoscenze fisiche hanno preso forma. Proprio su quest'ultimo livello il testo presenta però alcune specificità. La prospettiva su cui si fonda il lavoro di questi autori è di tipo fortemente storicista e materialista: su questa si basava il controverso testo di un anno successivo al manuale e di cui si anticipavano alcune pagine tra le letture stesse. Sebbene pochi storici, filosofi e scienziati sarebbero disposti oggi a sottoscriverla in pieno, il risultato di questa impostazione ha avuto un impatto profondo sulla struttura narrativa del testo. La dimensione contestuale, nei suoi diversi risvolti storico-sociali, viene infatti sviluppata nel testo principale. Anche in questo caso, vi è spesso una proporzionalità indiretta tra il contenuto storico – tra la ricchezza delle informazioni storiche fornite – e la relazione di questo con la dimensione strettamente disciplinare (contenutistica e procedurale). A parte questo, il grado di contestualizzazione delle conoscenze scientifiche è di un livello comparabile solo a quello del *Progetto* di Holton e colleghi, altro testo che utilizza la storia e la filosofia della scienza per spiegare i contenuti fisici, ma che si preoccupa anche di inserire questi nel quadro più ampio della storia sociale e della cultura. Oltre al piano strettamente contestuale – tecnologico e socio-culturale – gli autori utilizzano anche diverse conoscenze storiche utili alla comprensione concettuale e procedurale, anche se queste ricevono maggior attenzione nei problemi toccati dalle letture alla fine di ogni capitolo. Per illustrare la ripartizione di queste componenti, abbiamo approssimativamente suddiviso i contenuti storico-filosofici del testo nelle tre categorie di Wang, facendo riferimento solo alla trattazione principale (escludendo letture e immagini) e al primo volume del *Corso*.

- Contestuale: “La nascita della scienza moderna” (pp. 1-6); “Sviluppo della meccanica e suo contesto storico” (pp. 71-78); “Crisi della società feudale” e affermazione dell'eliocentrismo



(pp. 145-151); astronomia di Keplero e Galilei (pp. 155-157), studio del suono (pp. 325-329).

- Procedurale: legge d'inerzia (pp. 83-86), produzione del vuoto (pp. 258-260); "Natura e propagazione della luce" (pp. 333-337); ottica fisica (pp. 407-414).

- Concettuale: natura del moto (pp. 31-32); storia dell'ipotesi atomica (pp. 167-171).

Una delle questioni sollevate dall'analisi del testo è la difficoltà oggettiva nel separare chiaramente le tre diverse componenti. Il legame tra queste era evidente fin dall'inizio, anche se la ricerca si è sforzata di definire meglio, a fini di discussione e studio, la diversità dei piani che sono coinvolti nell'apprendimento della scienza. Il problema dell'isolare gli elementi testuali e dell'inserirli in una delle tre categorie è la ragione per cui gli studi del genere, citati anche in precedenza, solitamente si avvalgono di più soggetti, i cui risultati dell'analisi dei testi vengono incrociati e controllati.

L'esempio visto non vuole, pertanto, stabilire oggettivamente il peso delle tre componenti nel testo. E' importante, ci sembra, casomai indicare una tendenza, o quale sia la strategia più diffusa all'interno del manuale, allo stesso tempo sottolineando la stretta interdipendenza tra i diversi tipi di conoscenze sulla scienza. Alcuni passi testuali, è innegabile, presentano una sovrapposizione di conoscenze riconducibili al contesto storico, alla metodologia così come è all'opera nella storia della scienza, ma razionalmente ricostruita a posteriori, e al livello pertinente per i concetti fisici. Diventa quindi artificioso, oltre un certo limite, separare in maniera troppo rigida i diversi tipi di comprensione; d'altro canto, il punto di forza dell'approccio *HPS* può essere proprio questa capacità di tenere uniti e collegare la spiegazione dei concetti, le procedure e le condizioni socio-culturali che concorrono a formare il sapere scientifico di una particolare disciplina.

Esistono, tuttavia, dei tratti specifici delle conoscenze storiche ed epistemologiche presenti nel testo di Cini e colleghi che rendono la tripartizione di Wang e le analisi simili non del tutto superflue. Ci sono degli esempi più caratteristici dei diversi modi di approfondire e arricchire la presentazione dei temi scientifici. La dimensione contestuale è quella più utilizzata nel testo e un'esemplificazione dell'approccio degli autori è quella fornita dal paragrafo "crisi della società feudale", in cui la nascita della scienza moderna e la rivoluzione astronomico-scientifica del Seicento sono introdotte tramite l'illustrazione, per quanto sintetica, del contesto storico e sociale che ha accompagnato il sorgere dell'età moderna e di saperi con nuove qualità epistemologiche. L'interpretazione di questi cambiamenti storici è data in termini materialistici, ma ciò che conta è il tipo di contestualizzazione offerta, in cui la nascita del nuovo sapere scientifico viene posta in relazione con i grandi cambiamenti storici del Rinascimento, del colonialismo, della crisi del sistema feudale e delle nuove visioni

antropologiche dell'Umanesimo.

Per esempio, tra i passi dal contenuto contestuale più generale ci sono i seguenti due:

E' molto probabile che le leggende sulle invenzioni di ingegnosiissime macchine belliche (specchi ustori, catapulte, ecc.) da parte di Archimede (287-212 a. C.) abbiano un fondamento reale, anche se, come scrive Plutarco, «egli considerò ignobile e volgare il lavoro dell'ingegnere e tutto ciò che serviva alle necessità della vita». Senza pretendere di stabilire fino a che punto sia vera quest'affermazione di Plutarco, possiamo convenire che nella scienza del periodo alessandrino coesiste un dualismo irrisolto fra la concezione della scienza come «contemplazione statica» della natura, distaccata dai problemi pratici, che aveva caratterizzato la società greca, e una concezione del tutto nuova della scienza come elemento indispensabile per lo sviluppo delle forze produttive (Cini, De Maria, Gamba, 1975, I: 73).

Va sottolineato che una trattazione quantitativa della meccanica fu resa possibile dall'enorme sviluppo della matematica (algebra, trigonometria, geometria analitica, calcolo differenziale) ad opera di Tartaglia, Cardano [...]. Mentre in un primo periodo, culminato con la morte di Giordano Bruno sul rogo (1600) e la condanna di Galileo da parte della Chiesa (1633), le idee della scienza nuova stentaronο ad affermarsi, nei quarant'anni compresi fra il 1650 e il 1690 la scienza acquistò una posizione di rilievo in tutti i paesi dell'Europa Occidentale, e divenne un'istituzione di cui si comprendeva il ruolo fondamentale per lo strutture produttive della società (Cini, De Maria, Gamba, 1975, I: 76).

Questo utilizzo delle conoscenze storiche e filosofiche non ha una rilevanza diretta per il piano strettamente concettuale, ma serve a inquadrare dal punto di vista sociale, antropologico e storico le peculiarità del sapere scientifico, almeno al tempo della sua prima affermazione. I contesti utilizzati non sono sempre della stessa natura: da qui il significato analitico della terza categoria dello schema per la storia della scienza elaborato dalla Leite per i testi di fisica. Alcune parti del testo si servono maggiormente di una ricostruzione storica che fa leva sugli aspetti tecnologici e sociali; altre, invece, riportano, sempre con stringenti necessità di sintesi, le relazioni storiche più importanti sul piano delle idee, delle concezioni scientifiche e sono, in ultima istanza, funzionali anche alla spiegazione dei concetti fisici, i quali vengono messi in prospettiva, analizzati secondo i diversi significati che hanno assunto e tramite l'insieme di procedure usate per costruirli (esempi interessanti sono quelli che riguardano il suono e i problemi astronomici).

Quando gli autori si soffermano sulle antiche concezioni del moto, la storia strettamente intesa lascia spazio a un confronto dialettico tra concezioni antiche e quelle moderne, mostrando come si sono andati definendo i problemi della scienza e lo studio dei vecchi concetti "scientifici". In questo caso, pur seguendo uno stile narrativo, la funzione epistemologica della contestualizzazione e l'analisi filosofica assumono una finalità didattica strettamente concettuale, di spiegazione e comprensione dei concetti fisici principali. Molte letture – come si è detto – sono rivolte a questo obiettivo.

E' difficile, tuttavia, trovare nel testo esempi ideali di questi elementi di rilevanza esplicativa

e contenutistica. Nell'introduzione alla trattazione del moto si nota, appunto, un esempio non tanto rivolto al contesto storico vero e proprio, quanto a un suo utilizzo per una finalità squisitamente concettuale. Infatti, è una premessa filosofica sulla definizione del moto e i suoi problemi ad aprire il secondo capitolo del testo. Attraverso la discussione di uno dei paradossi di Zenone, gli autori ammettono la rilevanza, o la "significanza", di un problema – potremmo dire – "metafisico" di definizione dell'essenza del moto, tipicamente escluso dal dominio della scienza.

Noi risolviamo facilmente questo paradosso perché sappiamo, dal calcolo infinitesimale, che la somma di una successione infinita di termini può essere finita. Ma ciò era del tutto inconcepibile per Zenone e i pensatori del suo tempo. Sarebbe quindi sbagliato considerare l'esempio di Zenone semplicemente come un pseudo-ragionamento privo di valore scientifico, in quanto sottolinea efficacemente le difficoltà che si presentano nel trattare il concetto apparentemente intuitivo di movimento, quando si deve scomporre un intervallo di tempo o lo spazio percorso in tale intervallo (Cini, De Maria, Gamba, 1975, I: 31-32).

Ci sono anche esempi più vicini alla dimensione strettamente procedurale che, parimenti, si sovrappongono alle altre funzioni delle conoscenze *HPS*. In questi casi, il riferimento è spesso agli esperimenti compiuti nel passato: esperimenti fondamentali nella storia della fisica, che inseriti anche nei dibattiti sulle idee e nell'evoluzione delle teorie, illuminano il modo di procedere della fisica nell'affrontare i problemi e il suo evolvere per aggiustamenti e cambi di prospettiva più o meno radicali.

Riportiamo parte di uno dei paragrafi che menziona varie esperienze che contribuirono all'evoluzione delle concezioni in un determinato campo della fisica, in tal caso l'ottica. In altri casi, che sarebbe lungo riportare, si trovano esperimenti storici, e relative ricostruzioni descrittive, di tipo più sofisticato.

In questo suo trattato Alhazen descrive un'esperienza eseguita con la «camera oscura» per dimostrare come luci provenienti da differenti sorgenti possano interferire senza alterarsi. Egli pose diverse candele accese davanti al foro di una camera oscura, ne osservò le immagini sulla parete di fronte e arrivò a concludere che «se si copre una candela, scompare anche sulla parete osservata la luce corrispondente; se si toglie la copertura ritorna la luce. E questo può essere provato in ogni momento; onde, se le luci si mescolano nell'aria, si mescolerebbero anche nell'aria del foro e lo attraverserebbero mischiate e dopo il foro non si distinguerebbero. Ma noi troviamo che non è così, quindi le luci non si mescolano». E chiaro da questo brano che Alhazen aveva effettuato diverse esperienze con la camera oscura osservando il capovolgimento delle immagini [...] (Cini, De Maria, Gamba, 1975, I: 335).

Abbiamo individuato questo tipo di funzione all'opera nel caso del concetto di vuoto, della natura della luce e della legge di inerzia; quest'ultima, ancora una volta, è un esempio paradigmatico di concetto fisico che, analizzato anche dal punto di vista storico, rivela i caratteri della nascente metodologia scientifica riassunta dalla formula "sensate esperienze e certe dimostrazioni".

Il testo di Cini, De Maria e Gamba è un esempio abbastanza isolato e singolare nel panorama editoriale della fisica scolastica, che tuttavia anticipava alcune questioni didattiche dei decenni successivi. Gli autori, nell'introduzione, parlano del loro approccio come un antidoto contro l'immagine della fisica solitamente fornita dai testi, come disciplina avulsa da qualsiasi contesto storico e priva di significato culturale. Sottoscrivendo le affermazioni di Kuhn sull'utilità della storia della scienza per avere un'immagine più profonda della conoscenza scientifica e della sua dimensione storico-sociale, la "storicizzazione" – scrivono – ha il ruolo principale di «sfuggire al tempo stesso alla superficialità dell'approccio empirico-pratico e al dogmatismo accademico tradizionale» (Cini, De Maria, Gamba, 1975, I: VI), due tratti della fisica nella scuola che abbiamo già individuato. Esplicito è anche il richiamo alla relazione con altre discipline come la storia, la filosofia e le diverse scienze.

Tre osservazioni generali ci sembrano emergere da questa ricognizione. La prima riguarda il ruolo degli autori. Per modificare alcuni tratti dell'insegnamento tradizionale servivano autori di testi con interessi e formazioni differenti. Da Marazzini a Cini, le attività di insegnamento, ricerca e riflessione didattica hanno accompagnato la stesura di materiali alternativi ai canonici corsi di fisica di stampo accademico, "intrappolati" tra una fisica sperimentale e applicativa, da una parte, e una presentazione dogmatica e formale delle leggi, dall'altra.

E' quindi il tipo di attività svolte dagli autori di manuali ad alimentare le loro alternative prospettive didattiche e culturali che informano la scrittura dei testi scolastici. Non si può dire, per riprendere le osservazioni sui testi riportate nel paragrafo 4.2.4., che storici e filosofi abbiano contribuito direttamente alla stesura dei manuali, ma gli stessi fisici hanno cercato di rielaborare un corpo di ricerche che potesse coadiuvare la didattica.

Le relazioni con i saperi umanistici e il tentativo di contribuire all'elaborazione di una cultura scientifica vera e propria anticipavano, inoltre, quanto espresso dai programmi e dalle indicazioni nazionali per la fisica più recenti. Non esisteva, negli anni Settanta, alcun vincolo o suggerimento a livello programmatico nazionale su questi temi e l'insegnamento della fisica era guidato da un solo elenco prescrittivo di contenuti, privo di elaborazione pedagogica e di riflessioni per la trasposizione didattica della disciplina. I tentativi di variare il contenuto e la pedagogia dei testi dovevano mediare tra i programmi e gli originali presupposti culturali degli autori, che mostravano una certa indipendenza – talvolta un distacco – dalle politiche curriculari espresse al livello nazionale.

Da questo punto di vista, l'insegnamento della fisica presenta, quindi, quella complessità – di fattori e influenze – di cui si è fatto cenno in precedenza; non è facile racchiudere questo complesso quadro di influenze e cambiamenti nello schema curricolare delle indagini TIMSS

e in altri modelli pedagogici che intendono raffigurare il processo di trasmissione delle conoscenze, ma che rischiano di ignorare i molteplici fattori culturali che guidano il costituirsi dei saperi scolastici. Torneremo su questo punto alla fine del capitolo.

Infine, va sottolineato che l'ultimo caso visto anticipava di poco l'uscita del *PPC* in Italia. Questo testimonia, per certi versi, una maggior indipendenza degli autori italiani dalle idee didattiche d'oltre oceano, che pur avranno un effetto importante sulla didattica italiana. Già nel 1975 alcuni studiosi italiani – più uomini di scienza che filosofi, nel caso specifico – avevano colto l'importanza delle idee di Kuhn e delle ricerche storiche, arrivando a riconoscere il loro valore didattico. Si è detto, non a caso, che il *PPC* era stato innovativo quasi più per altre caratteristiche che per il solo metodo storico-filosofico, ancorché l'approccio di Holton e colleghi rappresenterà ugualmente un caso emblematico e “radicale” di testo informato dalla ricerca storica e da nuove idee sul sapere scientifico. Il testo di Cini, De Maria e Gamba, infatti, era per certi versi improntato a presentare un'immagine della fisica culturalmente e filosoficamente più ricca – i contenuti storici e gli approfondimenti costituiscono un quarto del testo nel primo volume – ma presentava alcuni limiti specifici: era basato su un rigido storicismo materialista che talvolta si soffermava su dettagli storici meno rilevanti per la disciplina stessa; non coglieva ancora a pieno le potenzialità didattiche vere e proprie delle conoscenze *HPS* e non aveva potuto anticiparne la rilevanza per i contenuti fisici che le ricerche successive e il testo americano metteranno in luce. Il caso della fisica contemporanea è, a tal proposito, abbastanza eloquente. Il modo in cui questi contenuti sono trattati è ambivalente: vengono, ad esempio, contestualizzati i problemi aperti per la disciplina alla fine dell'Ottocento e viene così introdotta la meccanica quantistica; la relatività non riceve particolare attenzione, sebbene alcuni concetti relativistici si trovino nei capitoli inerenti alla meccanica, come estensioni delle leggi classiche. Manca tuttavia – se per via del programma o per scelta culturale e didattica, è difficile dirlo – una consapevolezza sulle questioni di fondamenti sollevate sia dalla relatività, che dalla meccanica quantistica. Non è presente nessuna trattazione, più o meno breve, né dei nuovi concetti di spazio e tempo, né del principio di indeterminazione e delle conseguenze epistemologiche della nuova meccanica. Le relative schede di lettura di capitoli finali del *Corso* non sono rivolte in modo particolare alle questioni della “nuova fisica”, e ciò testimonia una maggior attenzione all'analisi storica generale rispetto all'approfondimento delle implicazioni e della struttura delle nuove teorie. In questo caso – ci sembra – erano il clima culturale e la ricerca storico-filosofica a mancare, almeno nella forma che prenderanno nei decenni successivi quando il dibattito sulla filosofia e sui fondamenti della fisica assumerà delle dimensioni, pubbliche e accademiche,

decisamente più rilevanti. Non potevano entrare ancora a pieno nelle intenzioni didattiche degli autori la volontà di esplorare i nuovi temi e la loro portata culturale, ancorché questi fossero ben presenti a personalità come Cini e De Maria. Non erano ancora maturi la ricerca e la riflessione culturale sulla fisica contemporanea, elementi che influenzano in modo decisivo, oltre il programma e il sapere accademico, la trasposizione didattica operata nei manuali scolastici.

Nei due manuali visti, ci sono comunque segni di una consapevolezza del ruolo positivo degli altri saperi e delle ricerche sulla scienza per rinnovare l'insegnamento della fisica, che storicamente hanno anticipato lo sviluppo delle collaborazioni e delle linee di ricerca più sistematiche sull'innovazione della didattica delle scienze.

Sul finire del decennio e negli anni Ottanta, però, il metodo storico, la ricerca didattica e i progetti anglosassoni sull'insegnamento delle scienze avevano modificato ormai il dibattito culturale e accademico italiano sull'insegnamento della fisica.

Nel terzo capitolo si sono già esaminati i presupposti didattici degli autori di due manuali che rappresentano la fisica testuale degli ultimi decenni. Caforio-Ferilli (1987) e Amaldi (1983, 1984) sono i due esempi di riferimento per il decennio che arriva fino all'inizio degli anni Novanta. Come riportato nel paragrafo 3.6., nel primo caso, gli autori insistevano sul ruolo della contestualizzazione storica per ovviare ai limiti dell'attività sperimentale in sede scolastica – mostrando quindi quegli esempi magistrali di indagine scientifica di cui parlava Schwab – per sopperire al carattere storico e dogmatico delle usuali trattazioni didattiche della fisica, per insegnare ai giovani lo spirito della ricerca tramite la curiosità e gli elementi formativi tipici delle discipline umanistiche. Il ruolo della storia era, perciò, quello di fornire dei collegamenti interdisciplinari, ma anche strettamente didattico: mostrare l'evoluzione della fisica, la natura delle scoperte e il cambiamento delle conoscenze.

Anche un valore morale, tipicamente pedagogico, era assegnato alla storia: esibire i grandi ingegni della scienza e il valore delle imprese intellettuali che ne hanno segnato le vicende.

Dal punto di vista dei contenuti e dei metodi con cui l'approccio storico (e, in una certa misura, filosofico) è declinato nel testo, si può dire che Caforio-Ferilli (1987) è l'esempio di una discreta integrazione della conoscenze *HPS* nella trattazione concettuale. La storia, ad esempio, informa la trattazione principale che in molti punti assume una struttura narrativa poco incline alla sola enunciazione delle leggi e alla loro dimostrazione-applicazione.

La funzionalità della struttura narrativa storica è evidente in particolar modo nei capitoli sulle teorie fisiche del Novecento. E' soprattutto in questo periodo, infatti, che le modalità di presentazione della "nuova" fisica assumono alcuni tratti caratteristici, che Amaldi (1970,

1972) e il testo di Cini e colleghi avevano, in parte, già sfruttato. I fenomeni determinanti per la nascita della meccanica quantistica non si trovano più divisi tra le aree di indagine che li riguardano – come in parte era nei testi precedenti – ma vengono collocati in un continuo temporale e logico che portò alla necessità di rivedere i fondamenti della fisica classica. La storia assume la forma, in questo caso, di ordinatore logico e sequenziale degli sviluppi sia teorici, che sperimentali, e fondamentale diventa anche l'illustrazione di alcuni esperimenti che furono decisivi per l'evoluzione della fisica verso le nuove teorie.

Per quanto riguarda Caforio-Ferilli (1987), si può dire quindi che: le conoscenze storico-filosofiche sono profondamente integrate nel testo, e quindi fondamentali sul piano didattico; inerenti soprattutto all'evoluzione dei concetti e delle teorie (non mancano tuttavia le usuali biografie di scienziati a fianco del testo); rivolte, in sostanza, alla comprensione sostanziale dei contenuti del programma. Il riferimento alla storia della fisica non è di tipo solo informativo e dunque, secondo le distinzioni fatte in precedenza, alcune parti del testo sono caratterizzate da un contenuto storico "esteso", basato non solo su riferimenti cronologici o aneddotici, ma ricco di significato concettuale.

Si deve sottolineare quanto, in forma perlopiù implicita, l'idea di paradigma e di cambiamento concettuale influenzi la modalità storica di presentare la fisica del Novecento. La strategia didattica principale è, infatti, proprio quella di mettere in crisi i fondamenti del paradigma classico attraverso alcuni rompicapo, o problemi essenziali, che saranno anche la base su cui costruire le nuove teorie, attraverso dei presupposti fisici ed epistemologici radicalmente diversi. La strutturazione storica, o para-storica, dei contenuti mira a comunicare il senso di questo evolvere dinamico, per certi versi rivoluzionario, della disciplina, cercando al contempo di mantenere un senso di continuità con le conoscenze del passato: un valore fondamentale per la fisica e per gli autori, che sarà poi la trattazione formale a mantenere intatto tramite i cosiddetti principi di corrispondenza. Vale la pena illustrare la sequenza di paragrafi che scandisce questo ritmo temporale dei contenuti fisici, alternando una sequenzialità storica a quella logica. Anche in quest'ultimo caso, quando viene sospeso o invertito l'ordine temporale, diventa comunque preponderante l'illustrazione di esperimenti storici, in cui scienziati, luoghi e date accompagnano la spiegazione dei concetti fisici.

Una simile strategia di presentazione della meccanica quantistica è condivisa da molti testi, in modo più marcato da quelli recenti. L'ordine dei contenuti estrapolabile da Caforio-Ferilli (1987), seguendo i paragrafi del testo, è riportato nel riquadro.

Origini della teoria dei quanti: il problema del corpo nero
La prima realtà dei quanti: effetto fotoelettrico
"Urto" fotone-elettrone: effetto Compton
Lo spettro dell'atomo di idrogeno
La teoria di Bohr dell'atomo di idrogeno
Esperienza di Frank-Hertz
La scoperta dei misteriosi raggi X
Diffrazione dei raggi X
Lo spettro dei raggi X
Assorbimento dei raggi X
Critica alla teoria di Bohr-Sommerfeld: punto di partenza della meccanica quantistica
Dualità onda-corpuscolo della materia nei fenomeni microscopici
Le prime verifiche sperimentali della teoria di De Broglie
Il dualismo onda-corpuscolo e il modello di Bohr
L'equazione d'onda di Schroedinger
Principio di indeterminazione di Heisenberg

La storia, quindi, nella sua duplice veste di ordinatore logico-temporale dei contenuti e di fonte delle scoperte e degli esperimenti fondamentali viene largamente impiegata in quei luoghi del testo dove il cambiamento concettuale e la revisione dei principi della disciplina diventano più importanti e, quindi, per dei temi didatticamente rilevanti ma delicati.

Il richiamo implicito a Kuhn e al legame tra storia e logica della fisica ci permette di affermare che l'analogia psicogenesi-ontogenesi dei concetti, discussa dalla ricerca e da alcuni approcci *HPS*, gioca quasi un ruolo inconsapevole e celato nelle modalità di presentazione della fisica del Novecento, nel testo visto ma anche in altri esempi testuali. A questa caratteristica portante di Caforio-Ferilli (1987), coerentemente con le intenzioni degli autori che abbiamo descritto nel capitolo precedente, si aggiungono alcuni approfondimenti di natura filosofica che accompagnano i temi principali delle nuove teorie fisiche.

Questo testo, dunque, è il primo tra quelli qui esaminati che intende portare alla luce in sede didattica, in chiusura della trattazione della meccanica quantistica, le conseguenze filosofiche della teoria. Sono discussi, sul piano concettuale, i seguenti punti centrali della ricerca sui fondamenti della meccanica quantistica:

- il principio di complementarità di Bohr;
- il rapporto tra determinismo e indeterminismo e la loro natura fisica ed epistemologica;
- la ri-definizione di entità "osservabili" e la natura di un oggetto fisico;
- la realtà fisica e come cambia la sua concezione.



Tali temi vengono sviluppati anche grazie a un ricorso ai testi e al pensiero dei principali fisici coinvolti nello studio della meccanica quantistica e ciò permette agli autori di affermare alcuni meta-principi culturali e disciplinari essenziali per la fisica:

- alcune posizioni filosofiche contraddistinguono gli scienziati;
- non vi è completo accordo sui fondamenti filosofici della teoria quantistica, nonostante il più ampio consenso sul suo valore fisico e sulle sue evidenze sperimentali;
- concetti ritenuti evidenti e fondamentali possono essere messi in discussione, andando quindi alla radici stesse della conoscenza scientifica;
- come la storia della fisica quantistica dimostra, la «scienza non è prodotta da pochi geni isolati ma da un numero molto grande di studiosi» (Caforio, Ferilli, 1987: 365).

Si tratti di aspetti, a nostro avviso, sostanziali, non solo per la ricerca degli ultimi decenni sui fondamenti, ma anche, in sede didattica, per rappresentare integralmente la portata conoscitiva della fisica, la sua relazione con altri campi (come quello filosofico) e le caratteristiche più importanti, insieme a quelle teoriche ed empiriche, della teoria scientifica più rivoluzionaria del secolo scorso. Solo esaminando queste interconnessioni e questi elementi concettuali è possibile realizzare quella portata culturale della fisica e quindi ampliare il senso del suo insegnamento, verso quel significato di educazione scientifica che abbiamo discusso nelle pagine di questa ricerca. Gli autori sono ben consapevoli di questa questione.

A nostro avviso, solo mediante un «umanesimo scientifico», ottenuto ponendo in stretta connessione le più importanti teorie fisiche con la storia e con le tendenze filosofiche che le hanno influenzare, si può con efficacia formativa (da molti erroneamente attribuita solo alle cosiddette discipline umaniste) inserire la fisica nel flusso dello sviluppo culturale. Solo collegando il pensiero scientifico con quello storico filosofico si possono evidenziare e comprendere il valore spirituale, lo sforzo costante e la natura del travaglio che hanno originato le conoscenze umane (Caforio, Ferilli, 1987: 363).

La portata culturale e interdisciplinare della fisica, quindi, si ottiene andando al cuore delle teorie fisiche, discutendone la genesi e la portata in un quadro più ampio; questo, come l'esempio discusso mostra, non impedisce, casomai rafforza, la possibilità di comprendere e approfondire i tratti concettuali più importanti delle teorie stesse, specialmente quando queste rappresentano la natura e la conoscenza in modi del tutto nuovi e ricchi di significato scientifico.

#### 4.3.2. *Gli anni Novanta e i testi odierni*

L'immagine della scienza e il ricorso alle conoscenze storico-filosofiche, nei manuali del periodo che va dagli anni Novanta alla prima decade del ventunesimo secolo, vanno visti nel

quadro dei cambiamenti già messi in evidenza per quanto riguarda lo stile comunicativo e alcune dinamiche editoriali dei testi di fisica.

Sebbene si sia parlato di *revival* del metodo storico (De Maria, Ianniello, 2004) e, in questo periodo, parte della ricerca didattica si sia maggiormente focalizzata sugli effetti e sulle peculiarità di un insegnamento che sfruttasse gli studi sulla scienza – e, quindi, l'immagine del sapere scientifico più ricca e problematica fornita da questi studi – i testi principali di fisica dei licei italiani, qui presi come casi di riferimento, non hanno mostrato discontinuità o cambiamenti molto evidenti.

Per i due principali testi di fisica qui esaminati – Caforio-Ferilli e Amaldi – la continuità con le edizioni precedenti, per quanto riguarda la relazione con i saperi umanistici, non è affatto interrotta. Alla metà degli Novanta, Caforio-Ferilli (1994) si è riproposto, da questo punto di vista, invariato nella nuova edizione. Vanno segnalati alcuni mutamenti avvenuti anche in accordo con i nuovi programmi sperimentali, a cui i testi hanno dato certamente una risposta immediata e ben rintracciabile. Si pensi, ad esempio, all'estensione dei capitoli sulla fisica del Novecento, che arriva a includere anche la cosmologia, e all'utilizzo sempre più diffuso delle tecnologie e dei contenuti informatici. La struttura narrativa e gli approfondimenti filosofici rimangono, tuttavia, in questa edizione gli stessi visti per quella più vecchia di circa un decennio. Un altro spunto comparativo si ottiene confrontando l'edizione ancora successiva del testo di Caforio-Ferilli (2001), rivolta ai licei classici.

Non vi sono differenze rilevanti tra le diverse edizioni, se non l'ampiezza dei contenuti inseriti: uno dei pochi elementi che distingue i testi per i diversi tipi di licei. L'approccio storico, alternato a quello più sperimentale, continua a contraddistinguere il testo di questi autori e l'aggiunta di approfondimenti, tratto tipico di tutti i manuali più recenti, estende il valore dell'analisi storica, specialmente sul piano contestuale e informativo, tramite il racconto della vita e dell'opera di grandi scienziati.

Nel caso di Amaldi, il discorso è lievemente differente. Negli anni Novanta, Ugo Amaldi diventa la firma principale, e unica, del testo. Nonostante la continuità con la tradizione del manuale, questo cambiamento, insieme alla completa rivisitazione editoriale del testo, rende le nuove edizioni significativamente diverse sotto certi punti di vista. Per ciò che concerne l'integrazione di conoscenze storiche e filosofiche nel manuale, la discontinuità è più debole. Amaldi (1997) esaurisce la contestualizzazione storica con quei pochi cenni che anche le edizioni dei decenni precedenti avevano usato in alcune parti del testo: Galilei e la legge di inerzia, la nuova astronomia e gli esperimenti più importanti della storia della fisica.

Le sole vere informazioni storiche fornite in modo sistematico sono quelle, poco pertinenti

per qualsiasi finalità didattica e culturale, di tipo biografico che si accostano alla trattazione principale. Le biografie sono presenti in molti manuali di fisica, anche nel testo di Caforio e Ferilli (2001), ma in alcuni casi non esauriscono le risorse tramite cui la fisica viene inserita in un quadro storico e culturale più ampio. Nel caso di Amaldi (1970, 1972), i pochi cenni storici, sottolineati dagli autori, erano un elemento innovativo, per quanto di impatto limitato sul testo intero. Negli anni Novanta, dopo che l'autore aveva anche chiamato in causa e decantato l'influenza dei passati progetti americani – tra cui il *PPC* – nell'introduzione alla nuova edizione, le potenzialità di una fisica culturalmente più situata sono ignorate. Anche in questa edizione, una nuova serie di approfondimenti e schede supplementari affianca il testo principale. Queste sono suddivise in tre aree principali: matematica, scienza e tecnologia e idee della fisica. Pochi sono gli approfondimenti di natura epistemologica e storica. Come nell'edizione dei primi anni Ottanta, l'accento è posto soprattutto sulla tecnologia. Inoltre, essendo questo un testo per i licei scientifici, una certa importanza viene data all'estensione e all'approfondimento degli strumenti matematici. Da una parte quindi, il carattere specialistico della conoscenza scientifica viene accentuato, affinando conoscenze e strumenti particolari, dall'altra è già avvenuto quel cambiamento nei confronti delle tecnologie di cui si è parlato, e la principale via per dare alla fisica un contesto di senso è quella delle tecnologie quotidiane e dei campi più rilevanti nel mondo contemporaneo (l'esplorazione spaziale, i computer, ecc.). Compagnano, in realtà, anche poche schede dedicate alla storia della fisica che, insieme a quelle sulle idee della fisica, esauriscono i contenuti interdisciplinari del manuale. Come negli altri casi visti, la natura di questi ausili didattici separati dal testo è sempre complementare e facoltativa; dunque, la capacità di incidere sull'immagine della fisica comunicata dal testo e sulle strategie di apprendimento utilizzate è – in fin dei conti – limitata, specialmente se la presenza degli approfondimenti non è, come in questo caso, sistematica e diffusa, né, tantomeno, i contenuti delle letture sono suddivisi e distribuiti in modo chiaro e omogeneo. Detto ciò, la natura delle letture a carattere storico ed epistemologico è sempre di tipo concettuale e rivolta alla spiegazione di una nozione fisica: l'inerzia, il neutrone, il moto browniano, il ruolo dei modelli atomici, il rapporto tra macroscopico e microscopico, ecc.

La storia della fisica è utilizzata anche come sorta di deposito delle idee errate e queste sono messe in contrasto con le attuali conoscenze scientifiche: è il caso, in particolare, del calorico e dell'etere. Come visto, questa è una strategia esplorata da alcune ricerche didattiche, ma un passaggio testuale lascia intravedere anche una visione riduttiva della storia, come se questa fosse il solo deposito degli errori. Parlando del calorico, viene detto infatti: «esso è diventato un modello del tutto inutile e, non più impiegato come concetto teorico, è uscito dalla ricerca

fisica ed è entrato nella storia di questa disciplina» (Amaldi, 1997, II: 163). Ma non è la storia anche un campo di problemi e soluzioni costruttive che sono state fondamentali per l'odierna visione fisica del mondo? Davvero la storia e la ricerca fisica sono dei campi così contrapposti?

Nei capitoli sulla “crisi della fisica classica” e su “la teoria quantistica” la storia “ri-emerge”, specialmente nei termini che abbiamo visto all'opera nel testo di Caforio-Ferilli, ancorché la trattazione non abbia una vera e propria struttura narrativa come in quel caso. Tuttavia, anche in questo manuale, il riferimento alle tappe e agli esperimenti fondamentali che portarono all'elaborazione della nuova meccanica sono ripercorse in ordine quasi cronologico. Quest'ultimo fornisce un criterio di sistemazione logica e didattica dei contenuti. Valgono le stesse considerazioni fatte nel caso analogo già visto, anche se il grado di contestualizzazione e approfondimento sul piano epistemologico sono più deboli nel testo degli Amaldi. Non stupisce, per quanto negativo sia dal punto di vista dell'approccio *HPS*, la completa assenza, a differenza del testo del 1987 degli altri autori, di un qualsiasi ragionamento sui fondamenti della teoria quantistica, sulle sue implicazioni epistemologiche e sul dibattito filosofico che, si può dire, è giunto sino ai giorni nostri.

E' innegabile, comunque, che il nuovo autore porti nel testo un'apertura anche verso i nuovi temi della fisica. Questi vengono trattati nei capitoli finali del corso e in quelli (citati nel paragrafo 3.6.) dedicati alle frontiere della ricerca, dove si toccano argomenti quali le simmetrie, il caos e alcuni problemi fondamentali ancora centrali nell'indagine fisica (il *big bang*, la simmetria, ecc.). Si può discutere, ovviamente, sulla scelta di moltiplicare gli argomenti e i capitoli del corso – come noto, la questione dell'estensione dei contenuti e del tempo di insegnamento è il vero problema che grava sul curriculum effettivo – senza invece utilizzare conoscenze e approfondimenti, di grande rilievo didattico, sui concetti portanti della fisica e sulle teorie fondamentali. La lettura dell'introduzione allo studio della fisica di Amaldi (1997) – discussa nel paragrafo 4.1.2. – ha messo in luce l'intenzione di promuovere una cultura scientifica e una *literacy* incentrata non tanto sull'insieme di nozioni fisiche, quanto sulla visione del mondo che la fisica costruisce. Da questo punto di vista, ribadiamo che l'approccio del testo non ricorre ai legami interdisciplinari e alle conoscenze che altri autori avevano utilizzato per dare alla disciplina un significato culturale all'interno della storia sociale e intellettuale, e per sottrarla all'immagine tecnicista e arida che spesso minaccia di privarla della sua rilevanza soggettiva e oggettiva.

L'utilizzo di strumenti *HPS* in questa edizione dell'Amaldi è, perciò, molto limitato. Questi sono integrati nella trattazione principale in maniera molto sporadica e con un impatto

marginale sulla spiegazione fisica; tutte le informazioni non strettamente fisiche, sia quelle biografiche, sia quelle che sarebbero rilevanti anche per la comprensione contenutistica e procedurale, sono separate dal testo centrale.

Un esempio che chiarisce la portata “debole”, o molto limitata, e il contenuto povero (in questo caso vi è una proporzione diretta tra le due qualità) delle conoscenze storiche in Amaldi (1997) potrebbe essere rappresentato dal modo di presentare il capitolo sulle origini e sui principi della teoria atomica, un tema che tipicamente si intreccia con diversi aspetti storici e filosofici.

L'autore esordisce con un'informazione storica povera e limitata.

Agli inizi dell'Ottocento il chimico inglese John Dalton (1766-1844) riprese l'idea della struttura atomica della materia costruendo, a partire da essa, una teoria scientifica che spiegava i risultati di numerosi esperimenti sulle trasformazioni delle sostanze (Amaldi, 1997, II: 37).

A questo unico riferimento storico, segue una presentazione di fatti sperimentali e delle leggi, in cui il contesto e l'origine delle idee non hanno più alcuno spazio. Si tratta, insomma, di una strategia ben precisa, comprensibile e da un certo punto di vista, forse, anche efficace, ma che denota un preciso rapporto “negativo” con l'approfondimento delle questioni storiche ed epistemologiche. Possiamo affermare, però, che tale approccio non è in linea né con le iniziali intenzioni pedagogiche di Amaldi né, tantomeno, con l'ideale espresso nei rapporti internazionali di qualificare l'educazione scientifica in un senso culturalmente più ricco ed elaborato.

L'esempio più importante, tra i manuali di questo periodo, di integrazione tra i diversi piani di significato e valore conoscitivo della fisica, in una trattazione completa e coerente, è quello di Bergamaschini, Marazzini e Mazzoni. Questo testo ha avuto una fortunata storia editoriale a partire dagli anni Novanta e le continue ri-edizioni fino alle attuali versioni (per diverse scuole e per bienni/trienni) testimoniano la buona ricezione delle sue proposte didattiche e culturali. Non si può non sottolineare la presenza di Marazzini che, dopo la solitaria impresa editoriale degli anni Settanta, torna a contribuire a un manuale più esteso e frutto di un fecondo lavoro collaborativo con altri autori. Non poteva non avere effetto sulle scelte didattiche compiute in questo manuale una maturazione delle riflessioni e delle proposte che l'autore aveva condotto fin da quel primo manuale.

L'analisi complessiva del testo mostra, più che in ogni altro caso esaminato, il quasi perfetto equilibrio tra analisi teorico-formale, attività sperimentali, strumenti didattici di supporto (riassunti, mappe, problemi, ecc.) e approfondimento storico-epistemologico: quattro elementi fondamentali della didattica della fisica. Per quanto riguarda la struttura del testo, l'accurata

pianificazione didattica è sostenuta: da una precisa scansione per temi dei contenuti; dalla presenza ricorrente di mappe concettuali che mostrano il percorso da compiere e l'articolazione dei concetti spiegati; dallo svolgimento testuale che riprende continuamente il filo generale della trattazione, andando dai particolari delle nozioni al quadro generale della conoscenza fisica raggiunta.

Nella trattazione principale, gli autori cercano un equilibrio “perfetto” tra esperimenti e analisi teorica. Questo si attua tramite il livello chiaro, ma sofisticato, che riescono a raggiungere sia le analisi formali dei concetti, sia la presentazione di apparati sperimentali. L'uso sistematico di schede di laboratorio alla fine di ogni unità rafforza l'idea di un contributo parallelo e fondamentale di teorie ed esperimenti.

Da questo punto di vista, si tratterebbe di un testo come altri, su cui le sole preferenze degli insegnanti e le valutazioni degli esperti (di fisica e di didattica) possono esprimere un giudizio, se non fosse che anche una precisa immagine della fisica e della sua dimensione culturale riceve particolare attenzione nelle pagine del manuale.

Secondo le categorie usate, possiamo definire il tipo di utilizzo delle conoscenze *HPS* in questo esempio testuale. Queste sono rivolte all'evoluzione delle idee e dei concetti fisici (categoria 1), tramite il confronto tra periodi diversi, solitamente contigui; ciò avviene non solo tramite l'esame delle concezioni errate, ma anche attraverso una ricostruzione dei procedimenti che hanno condotto all'elaborazione di particolari modelli e idee.

Riguardo agli strumenti usati e ai tipi di materiali didattici (categoria 2): vi è un intreccio tra illustrazione di esperimenti storici, l'uso di una narrazione evolutiva sui concetti e il ricorso ai documenti originali dei fisici più importanti.

Il tipo di contesto fornito (categoria 3) non è solitamente sociale o tecnologico, ma concerne soprattutto quello culturale e filosofico che, da un certo punto di vista, astrae dalla complessità storica – si tenga presente il problema, visto nel paragrafo 4.2.4. del “realismo” storico e della sua “pericolosità didattica” – ma, dall'altro, fornisce una preziosa chiave di lettura per comprendere il ruolo storico e conoscitivo della fisica, anche in relazione agli altri saperi.

Riguardo allo stato delle conoscenze *HPS* e alla consistenza interna del testo (categorie 4 e 5), la trattazione principale è ricca di contenuto storico, che quindi si presenta come fondamentale per lo svolgimento del testo; il ricorso sistematico ai documenti e alla ricostruzione storico-epistemologica è omogeneo e integrato con gli altri livelli didattici di spiegazione; altri approfondimenti supplementari (sia quelli interdisciplinari, che quelli sperimentali) sono presentati sempre in modo ricorrente e coerente con lo sviluppo dei temi

principali.

Come si evince dall'applicazione dello schema di Leite, il testo in questione è un esempio paradigmatico di un approccio che, pur senza rinunciare a una trattazione scientifica esaustiva e corretta, intende innalzare il contenuto culturale e il valore pedagogico della fisica tramite una fitta rete di relazioni disciplinari e concettuali.

Si possono aggiungere due caratterizzazioni ulteriori, dal punto di vista delle conoscenze *HPS*, che sono intimamente correlate. Nei termini dell'analisi di Wang del contenuto storico dei manuali di fisica americani, il presente esempio utilizza la storia e la filosofia della scienza in modo esteso, quindi non con sole informazioni cronologico-biografiche o contestuali fini a sé stesse, ma attraverso dei solidi legami con il piano concettuale. Il ricorso ai documenti e a uno stile narrativo dona ad alcune parti del testo un contenuto storico ricco, non di informazioni isolate, bensì di grande significato didattico. I benefici che gli autori sperano di ottenere attraverso tale approccio si situano, ovviamente, sui due piani principali della competenza disciplinare: quello concettuale, attraverso uno stretto legame tra storia ed epistemologia dei concetti fisici; quello procedurale, tramite una ricostruzione dei procedimenti teorici e sperimentali sostenuta dall'analisi storico-filosofica delle conoscenze.

A titolo esemplificativo, si può ricostruire la trattazione di un tema del testo, specialmente dal punto di vista delle conoscenze che qui ci interessano.

Come già spiegato, i temi su cui questo tipo di analisi rivela degli aspetti didattici interessanti sono quelli che si situano in zone, per così dire, di confine tra teorie alternative, tra visioni del mondo diverse, tra l'esperienza comune e la costruzione di una teoria fisica. Al livello avanzato, questo avviene con le teorie della fisica del Novecento; al livello introduttivo, questo passaggio si attua nella costruzione dei principi chiave della meccanica che, storicamente e didatticamente, coincide con la comprensione di un sapere scientifico – della sua “natura” – innovativo e con specifiche qualità epistemologiche.

Ripercorriamo, in forma schematica e prosaica, la struttura del testo sul tema “I fondamenti della meccanica classica”.<sup>71</sup>

- Premessa al tema: passi galileiani e discussione del passaggio dalla fisica antica ai caratteri epistemologici del nuovo sapere scientifico. Il contenuto di questa premessa è rivolto al comprendere la natura della scienza così come si configura all'inizio dell'età moderna e nell'opera di Galilei. Tra gli aspetti fondamentali, ci sono da sottolineare il rifiuto del principio di autorità nella conoscenza razionale, il diverso approccio non metafisico, ma

---

<sup>71</sup> Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni (1996).

sperimentale e matematico della scienza fisica; la lettura più sofisticata (dipinta quasi come un rifiuto) dell'esperienza comune dei sensi. In termini moderni viene anche affermata una distinzione essenziale tra sapere scientifico e quello filosofico, e tra sapere veritativo (assoluto) e sapere oggettivo (controllabile). Queste prime pagine servono a fornire, quindi, una cornice epistemologica e il contesto storico-culturale entro cui sono sorte le prime conoscenze della scienza fisica. Un tale tipo di introduzione arricchisce "l'antefatto" sul metodo, aggiungendosi a un primo capitolo sulla tecniche di misura e di trattamento dei dati; questo manuale, dunque, insiste anche sulle peculiarità filosofico-epistemologiche della scienza, più che su una "logica della scoperta scientifica" (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 76-80).

- Prima descrizione cinematica del moto: si conclude con un ritorno alle idee di Galilei, viste nel loro evolvere storico, soffermandosi su due punti chiave delle sue "scoperte". Un passaggio fondamentale, ovviamente, nella cinematica e nella definizione del moto è l'individuazione delle variabili rilevanti per una descrizione scientifica. Storicamente, il procedimento di Galilei fu sì sperimentale, ma non privo di elementi logico-matematici determinanti: l'analisi proposta dal *PPC* ha mostrato, in parte, questo fatto. Coerentemente con tale acquisizione, in modo simile a quanto aveva fatto il *PPC*, gli autori riportano la discussione di Galilei della caduta dei gravi in due passi: l'analisi logica della teoria aristotelica che conduce a una contraddizione nell'esperimento concettuale dei due corpi legati; il moto sul piano inclinato che aiuta Galilei a formulare la legge di caduta che correla lo spazio percorso al quadrato del tempo: una descrizione, appunto, cinematica (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 104-108).

- Sistemi di riferimento e relatività galileiana. Per quanto il tema della relatività sia fondamentale, anche dal punto di vista moderno delle simmetrie e delle teorie di Einstein, non sempre a questo è assegnato un ruolo centrale nella trattazione della meccanica. La peculiarità del capitolo in questione è una stringente contestualizzazione di questo concetto. Sebbene non venga detto esplicitamente nel testo, il punto in esame, nel confronto tra Galilei e la vecchia fisica, coglie un aspetto fondamentale della natura della conoscenza scientifica. Infatti, per scardinare una visione del mondo millenaria, profondamente interconnessa e unitaria (per quanto non priva di revisioni e stratificazioni storiche), la nuova scienza doveva essere in grado di ristrutturare tutte le conoscenze fisiche, non solo di dimostrare la validità di un nuovo sistema cosmologico. In parole povere, l'affermazione di una visione cosmologica e la comprensione di alcuni fatti più elementari, come le leggi del moto, sono due aspetti profondamente collegati: le teorie, in termini tecnici, hanno una natura olistica; le conoscenze



non sono tra loro slegate ma costituiscono una rete, o un sistema, di connessioni, dal nucleo centrale a quelle empiriche meno generali o più facilmente modificabili. Anche questa idea si trova espressa nel *PPC*, dove si mette in relazione lo studio della fisica “terrestre” da parte di Galilei, con la necessità di “fondare” la nuova astronomia. E’ interessante quindi il procedimento degli autori che, partendo dall’esperienza dei due cannoni (rivolti in direzioni opposte rispetto alla rotazione terrestre), la quale sembrava mettere in crisi l’idea di una rotazione terrestre a sua volta legata a quella di una rivoluzione intorno al sole, giungono all’enunciazione della relatività galileiana. Quest’ultima rende conto (in realtà solo approssimativamente) di quella esperienza e del perché due palle di cannone in rotazione con la terra compiano lo stesso tragitto in direzioni opposte. Dunque, i principi fisici fondamentali della nuova fisica sono le basi su poggiare una rivoluzionaria visione astronomica del mondo. La relatività, pilastro della moderna visione fisica del mondo, viene enunciata e discussa anche in termini formali, ma è sempre Galilei – in tal caso col celebre passo del “grande naviglio” – a dare corpo alle ragioni e al senso di questa conoscenza fisica (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 121-124, 130-132).

- La descrizione dinamica del moto: si tratta di un capitolo dal contenuto strettamente fisico, data la fondamentale natura del tema, che necessita di un’ampia trattazione formale. Solo qualche cenno a Newton e a Kant contribuisce a comprendere la nuova visione di spazio, tempo e materia che costituisce il pilastro della meccanica classica.

- L’equilibrio dei corpi. Anche in questo caso prevalgono le analisi fisiche dei concetti e delle leggi della Statica. Una scheda di lettura, però, fornisce le ragioni storiche e teoriche che hanno portato al corpo di conoscenze inerenti all’equilibrio statico (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 234-236).

- Lavoro, potenza, energia. In questo capitolo è la complessità, non solo fisica, ma anche storica e filosofica del tema a limitare la portata della contestualizzazione; questa viene fornita in pochi “cenni storici sulla nascita del principio di conservazione” (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 275-278).

- Il moto circolare viene approfondito anche con un’ampia serie di integrazioni a fine capitolo: queste toccano specifici fenomeni ed esperimenti, ma anche una questione di fondamenti – toccata anche nell’Amaldi – come quella del legame tra simmetrie e principi di conservazione. Non manca neanche qui, dopo la trattazione più formale, un ritorno al contesto storico, specialmente sul problema di inquadrare nel sistema newtoniano il moto circolare e le orbite planetarie.

- La gravitazione. Ultimo capitolo dei fondamenti della meccanica, è quello che ha più

relazioni con la nascita della fisica moderna e della nuova cosmologia. Lo stretto legame, di cui si è detto, tra piano empirico-teorico e piano storico-epistemologico è perfettamente riassunto dalla trattazione dei modelli astronomici antichi, dove un elemento chiave, che cerca di rendere conto anche della validità e del cambiamento stesso dei modelli, è il fenomeno del moto “retrogrado” dei pianeti che, come noto, fu di grande importanza nello studio dei moti celesti. Questa parte del testo ricorre alla narrazione storica, insieme all’esposizione dei vari modelli e delle ricerche astronomiche fino a Galilei. Seguono poi la trattazione teorica del moto gravitazionale e la deduzione formale della relativa legge, insieme alla definizione dei concetti di massa inerziale e gravitazionale. Infine, i dati e le leggi sono rappresentati anche attraverso alcune simulazioni grafiche e numeriche del moto gravitazionale: esempio che testimonia l’integrazione didattica tra teoria, esperimento e analisi storico-filosofica (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1996: 357-387).

Chiudono il volume e l’unità una serie di letture tratte da documenti, da Keplero a Einstein. Queste sono rivolte alla discussione di alcune caratteristiche centrali della conoscenza fisica come gli esperimenti, gli esperimenti concettuali, l’ideazione di ipotesi, il metodo ipotetico-deduttivo, tutti elementi chiave della “natura della fisica” vista anche in prospettiva storica. Ai tratti epistemologici della fisica, infine, si aggiunge anche il rapporto con altri saperi e una visione del corso della sua affermazione storica; non a caso, gli autori decidono di chiudere il volume con tre documenti che descrivono il “caso Galileo” e le vicende che videro lo scienziato pisano finire sotto il verdetto dell’inquisizione cattolica.

Le peculiarità di questo approccio emergono allo stesso modo nell’altro tema di estrema rilevanza concettuale e storica: la meccanica quantistica. Sebbene il modo di presentare la fisica dei quanti sia, a grandi tratti, condiviso da tutti i testi recenti e ricalchi in parte lo svolgimento già visto per Caforio-Ferilli, in questo caso il ruolo delle conoscenze storico-filosofiche è ancora più evidente. In particolare, ciò che si osserva è che la storia non è solo un criterio, più o meno affidabile, per ordinare i concetti e per guidare un cambiamento concettuale tracciando dei parallelismi tra l’evoluzione della disciplina e la strutturazione didattica dei contenuti. Come nel caso della meccanica classica, gli autori ricorrono alla narrazione storica per definire i problemi e i concetti che furono essenziali per costruire un nuovo campo di conoscenze. L’alternarsi di analisi formale, sperimentale e storica fornisce, indubbiamente, gli elementi per una comprensione più profonda dei concetti e del metodo della fisica. I dettagli storici più importanti sono in questo caso:

- le esperienze fondamentali di Thomson, Rutherford, Millikan, Planck, Einstein, Franck-Hertz, Compton;

- le idee principali in merito all'ipotesi atomica (Dalton, Faraday, Boltzmann, Mach), all'ipotesi corpuscolare sulla radiazione, al dualismo onda-corpuscolo e alle conseguenze del principio di indeterminazione.

Analogamente al testo di Caforio-Ferilli (1987, 1994), il discorso storico sulla fisica va di pari passo con quello epistemologico e di fondamenti che, nel caso della meccanica quantistica, arriva a toccare anche alcune questioni di natura strettamente filosofica. Il ricorso sistematico ai testi originali dei fisici più importanti rende, però, l'approccio di Bergamaschini e colleghi ancora più stringente sul piano argomentativo e filosofico.

Analogamente all'unità sulla meccanica classica, il grado di integrazione dell'approccio storico-filosofico con quello fisico-sperimentale è di un livello superiore a quello presente negli altri esempi visti. Come nel caso del moto retrogrado, anche l'unità sulla fisica atomica ha un suo esempio paradigmatico che gli autori sfruttano a pieno. Fu lo stesso Feynman, e la gran parte dei filosofi della fisica odierni concorderebbe, ad affermare che nell'esperimento delle due fenditure si celano tutti i misteri e le questioni della meccanica quantistica. Che sia vero o meno, è certo che un'esperienza del genere, sul piano sperimentale e su quello concettuale, ha sicuramente un valore didattico che non è possibile ignorare nel manuale e che, anzi, è opportuno sfruttare in tutta la sua ricchezza concettuale e fenomenologica. Così fanno, in parte, gli autori di questo testo (Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni, 1993: 310 e sgg.).

E' quindi proprio nell'alternarsi dei diversi piani didattici che le stesse conoscenze storiche e filosofiche sulla scienza acquistano maggior significato ed efficacia; il testo in esame lo dimostra.

Come gli autori hanno affermato nell'introduzione a questo manuale, l'utilizzo dei percorsi storici è rivolto a ben precisi obiettivi:

- analizzare i nodi problematici che consentono di mettere a confronto i dati sperimentali con i modelli e le ipotesi che cercano di interpretarli;
- presentare i documenti originali per avere un contatto diretto con i fisici che hanno contribuito in modo determinante all'evoluzione della scienza;
- descrivere gli esperimenti storici di grande importanza.<sup>72</sup>

Queste finalità servono a realizzare un obiettivo pedagogico più generale che sta alla base delle scelte degli autori citati: capire come la fisica si collochi «accanto ad altre forme di conoscenza con le quali interagisce perdendo ogni pretesa di assolutizzazione», in quanto

---

<sup>72</sup> Bergamaschini, Marazzini, Mazzoni (1996: 10).

«avventura culturale» sostenuta da «domande di senso», in cui contano le «ragioni» e non solo i contenuti tecnici e applicativi». <sup>73</sup>

«La razionalità scientifica infatti, colta nel suo costituirsi storico, trova un suo specifico e particolare posto dentro tutta la complessa avventura dell'umano conoscere, che richiede una pluralità di modi parziali di conoscenza, nessuno dei quali esaustivo». <sup>74</sup>

Sono questi i valori portanti dell'approccio *HPS*, che costituiscono la cosiddetta finalità culturale che abbiamo tematizzato in apertura di questa ricerca, i quali sono resi concreti e operanti da opportune strategie e scelte didattiche.

Anche l'approccio e le opzioni didattiche di quest'ultimo testo rappresentano, tuttavia, un caso abbastanza isolato nel panorama editoriale degli ultimi due decenni.

La tendenza che ci è stato possibile ricostruire, attraverso la storia dell'Amaldi e il confronto con alcuni manuali di diversa impostazione, indica lo spostamento del linguaggio e degli strumenti testuali verso una direzione diversa da quella indicata dalle ricerche e dalle proposte riconducibili all'approccio *HPS*.

Questa tendenza è riassumibile in alcuni tratti condivisi dai testi odierni:

- i contesti di senso e rilevanza della fisica sono sempre più riferiti alle tecnologie, ai fenomeni e agli oggetti più comuni;
- le dimensioni storiche e interdisciplinari della fisica vengono sempre più racchiuse in strumenti testuali appositi, quali schede e rubriche separate dal testo centrale e dalla spiegazione vera e propria dei contenuti principali.

Come visto, questo non è il caso dell'ultimo esempio, dove la fisica mantiene ancora un saldo rapporto soprattutto con le tecnologie sperimentali dal valore didattico, sempre raffigurate e affiancate alla trattazione, e dove non vi è un particolare accento sulle applicazioni della fisica ai fenomeni e agli oggetti quotidiani.

Gli esempi già visti nel capitolo precedente e nel paragrafo 4.1., dunque i testi più recenti, presentano le caratteristiche evidenziate sopra. La nostra ipotesi è che questo ha comportato, in certa misura, un minor peso delle conoscenze *HPS* nello svolgimento principale dei testi, che si sono rivolti più a quelli che abbiamo definito come dei criteri di rilevanza oggettiva e stimoli motivazionali per l'apprendimento, a discapito del significato strettamente culturale e interdisciplinare sollevato dalle analisi storico-filosofiche. Si tratta in fin dei conti di scelte, appunto, di natura culturale e didattica: molte ricerche individuano anche nelle conoscenze di storia e filosofia le basi per dotare la fisica di rilevanza oggettiva e per fornire gli studenti

---

<sup>73</sup> *Ivi.*

<sup>74</sup> *Ivi.*

delle opportune motivazioni allo studio. Lo stesso quadro concettuale di Eger – discusso nel paragrafo 4.2.3. – sottolinea proprio questo: l'interesse della fisica dal punto di vista delle discipline umanistiche o, più propriamente, per lo scopo conoscitivo e interpretativo tipicamente assegnato a queste è celato dalla tradizionale didattica e può venir messo in luce dagli studi storici e dalla portata filosofica che gli stessi scienziati e divulgatori hanno ben presente nei loro scritti di più ampio respiro.

La nostra seconda ipotesi al riguardo è che alcuni contesti di senso siano più deboli dal punto di vista disciplinare: lo sono i riferimenti a tecnologie di vario tipo, agli oggetti quotidiani e ai fenomeni più comuni o più curiosi, per quanto sia indubbiamente utile e efficace il ricorso a queste esemplificazioni. Altre conoscenze, invece, si situano più al cuore della disciplina stessa; come abbiamo voluto sostenere nell'esaminare i precedenti esempi testuali, questo è il caso della storia e dei fondamenti filosofici delle teorie fisiche.

Si tratta, in realtà, di due classi diverse di problemi e riferimenti, non certo incompatibili. Da una parte, si forniscono degli esempi di rilevanza oggettiva delle conoscenze fisiche, degli stimoli per l'apprendimento e un insieme di applicazioni/esemplificazioni molto utili a rendere concreta l'astrattezza della fisica e a testare la sua portata conoscitiva su casi particolari. Le risorse da cui attingere per questo genere di strategia, si è visto, sono molteplici: usare la fisica per spiegare l'energia nucleare, una gara di formula uno, la sicurezza stradale, l'esplorazione spaziale, le tecnologie mediche, ecc. Il ricorso a queste risorse fa parte delle strategie e delle ricerche elaborate in questi decenni in risposta ai problemi dell'interesse, dell'immagine pubblica della scienza e di una scienza scolastica rivolta a un numero crescente di studenti. Si è già sottolineato come lo spostamento dalle tecnologie più tradizionali e dagli apparati sperimentali a quelle più evolute o di rilevanza quotidiana faccia parte, infatti, di un processo di rielaborazione didattica della fisica e di rivisitazione dei suoi tratti accademici.

Nel caso delle conoscenze *HPS*, sebbene permanga un'attenzione a quegli stessi problemi, si fa leva più sul valore culturale della fisica – non su quello a tratti spettacolare, divulgativo o tecnologico – che si esplicita nelle sue relazioni con gli altri saperi, scientifici e umanistici, e nell'esame della sua portata per la storia umana e sociale, per l'immagine dell'uomo e della natura che il sapere costruisce e modifica nel tempo. Questo viene fatto, però, seguendo gli studi sulla scienza che ne approfondiscono la dimensione disciplinare, certo allargandone le implicazioni e le fonti, ma esaminando più a fondo le matrici storiche e intellettuali della fisica. Si tratta, dunque di risposte diverse a problemi solo in parte comuni. Il proposito principale, rispetto ai problemi dell'interesse e della rilevanza – lo abbiamo sostenuto

implicitamente – è anche di tipo cognitivo e meta-cognitivo, rivolto quindi all'apprendimento della fisica in un quadro di discipline interconnesse e, insieme, di riflessione sui saperi e sulla loro natura.

Alcune delle dinamiche citate si sono individuate nei testi, già visti, di Amaldi e Cutnell-Johnson, pubblicati tra il 2007 e il 2009. Come si è detto in precedenza riguardo a questi manuali, uno stesso stile editoriale li accomuna, insieme alla riproposizione di alcuni approfondimenti che sono stati aggiunti all'edizione italiana del testo americano.

L'utilizzo didattico delle conoscenze storiche è pressoché identico in questi due esempi testuali. Per Amaldi va fatta la considerazione aggiuntiva che nel decennio precedente era incominciato un processo di cambiamento del testo più vistoso; ciò ha comportato un introduzione nel manuale di sempre più temi e spunti interdisciplinari. Sarà quindi proprio il nuovo autore a portare il classico manuale degli Amaldi verso le nuove risorse didattiche, tra cui quelle multimediali, e anche verso un nuovo rapporto con gli studi storico-filosofici. Questo emerge dalla tipologia di approfondimenti che accompagnano le ultime edizioni, anche se non è mutato il rapporto della trattazione principale con la dimensione storica ed epistemologica. Sono infatti solo delle risorse supplementari, tra un capitolo e l'altro, a sopperire a questa mancanza del testo, che invece si presenta ben più rinnovato dal punto di vista dei mezzi espressivi, dei riferimenti agli oggetti quotidiani e tecnologici, delle qualità didattiche delle immagini. Racchiuse in queste schede aggiuntive, le conoscenze storiche e le implicazioni filosofiche della fisica perdono gran parte delle loro possibilità di interazione con i contenuti fisici e con la comprensione concettuale. Un discorso del tutto analogo si può fare per il testo americano. In appendice (4.2.), riportiamo i titoli di alcuni approfondimenti presenti nei due testi.

Ciò che accomuna entrambi i manuali è, in particolare, la declinazione didattica delle conoscenze *HPS*. Queste sono sempre separate dalla trattazione; in linea teorica, di natura complementare e facoltativa; le conoscenze racchiuse in queste letture sono inoltre di tipo abbastanza disomogeneo, nel senso che sono un insieme di informazioni storiche, racconti biografici, ricostruzioni concettuali e analisi filosofiche, spesso integrate in uno stesso approfondimento.

Guardando alla prima categoria dello schema della Leite e alle sue suddivisioni, le conoscenze racchiuse in queste letture, ad esempio di natura strettamente storica, concernono, da una parte, la vita, l'opera e i caratteri degli scienziati, dall'altra, l'evoluzione dei concetti e delle teorie. Spesso – ripetiamolo – questi due tipi di informazioni sono presentate in modo congiunto. Anche i tipi di comprensione cui si rivolgono implicitamente tali materiali sono,

dunque, di vario tipo: dalla comprensione dei tratti storico-epistemologici principali di un concetto o una teoria fisica, e l'illustrazione di particolari procedure scientifiche (è il caso di Galilei, Cavendish e altri), all'utilizzo di vari riferimenti contestuali più ampi, solitamente di tipo biografico o filosofico.

A giudicare dal numero e dai temi degli approfondimenti, sembrerebbe esserci un ampio ricorso alle conoscenze che stiamo cercando nei manuali di fisica. Tuttavia, anche per la tipologia di questi strumenti testuali, il loro valore è limitato dalla naturale sinteticità e dall'andamento rapsodico delle letture. Un tal tipo di utilizzo degli approfondimenti storici e filosofici non può che restare a margine del curriculum di fisica; la profondità analitica non è, per delle precise ragioni didattiche, comparabile con un testo che integri fortemente i vari aspetti in una trattazione unica.

D'altra parte, è innegabile una minima ma crescente disposizione di questi manuali a ricorrere alle connessioni interdisciplinari, alle problematiche e agli studi che la fisica, di ieri e di oggi, ha alimentato nel campo storico, filosofico e generalmente culturale.

Se si pensa al caso degli Amaldi, si nota questa graduale apertura, a partire dagli anni Novanta, verso nuovi temi e nuovi strumenti didattici, fino a includere problemi di pertinenza della filosofia della scienza contemporanea, ma di grande rilevanza per la fisica stessa.

Era impensabile per i vecchi testi degli Amaldi racchiudere nel manuale di fisica il problema della natura della scienza – discusso attraverso le posizioni degli epistemologi e dei fisici del Novecento – così come alcune questioni di fondamenti. Infatti, sempre in misura ridotta e complementare, anche i temi filosofici e la ricerca sui fondamenti della meccanica quantistica trovano menzione all'interno del nuovo Amaldi. Edoardo Amaldi, che nelle pagine dei suoi manuali sembrava accettare le conseguenze più problematiche della teoria quantistica, senza problematizzare nessuno dei suoi risvolti filosofico-epistemologici, non sarebbe stato forse ben disposto a riportare in apertura di una pagina del testo la frase di Bohr: “coloro che non restano sconcertati quando vengono in contatto per la prima volta con la teoria quantistica sicuramente non l'hanno capita”.<sup>75</sup> Così Ugo Amaldi, invece, apre l'approfondimento su “teoria quantistica e realtà”. Degno di nota è il riferimento – questa è la vera differenza con l'approccio del “vecchio” Amaldi – ai due problemi fondamentali dell'interpretazione della meccanica quantistica, ancora discussi: il collasso della funzione d'onda, da una parte, l'*entanglement* e il risultato dell'esperimento di tipo EPR condotto da Aspect e colleghi anni dopo il dibattito Einstein-Bohr, dall'altra. In chiusura del capitolo sulla meccanica quantistica,

---

<sup>75</sup> Cit. in Amaldi (2007, III: 433).

va aggiunto, la risposta al quesito di inizio capitolo (si veda il paragrafo 4.1.2.) concerne anche il paradosso di Schroedinger, che appunto riporta al problema della funzione d'onda e del suo collasso. Come detto, la lettura delle posizioni filosofiche del testo è, per i manuali recenti, più difficile, perché va inserita in delle dinamiche editoriali e collaborative più articolate; in queste edizioni dell'Amaldi, ad esempio, alcuni collaboratori sono specificatamente deputati all'inclusione di materiali e approfondimenti storico-filosofici. Anche questo contribuisce a un'immagine della fisica parzialmente modificata, ad esempio, per le questioni meta-scientifiche come la natura della scienza (problematizzata dalle schede di carattere filosofico) e per i fondamenti della teoria quantistica, che vengono in qualche modo rimessi in discussione, rispetto alle precedenti edizioni, alla luce dei più recenti dibattiti.

Insomma, i temi storici e filosofici sono entrati in modo più evidente nel manuale di fisica, con tutti i limiti del caso e con una minor portata rispetto alle nuove strategie comunicative e didattiche: abbiamo individuato pochi esempi ma, comunque, non del tutto insignificanti. Questo, almeno, è avvenuto per due testi di una certa importanza nell'attuale panorama della manualistica scolastica per la fisica, con due diverse origini, ma riconducibili a una stessa impronta editoriale. Per l'Amaldi abbiamo considerato unitamente la versione per licei scientifici e quella per i classici. In quest'ultima, è ancora più evidente la volontà di instaurare dei legami tra la fisica e le discipline umanistiche: tra gli approfondimenti compaiono anche un buon numero di letture rivolte ai rapporti tra scienza e letteratura, dove l'attenzione è rivolta in particolare al linguaggio e alle parole di contenuto scientifico. Proprio per il tipo di studenti a cui si rivolge il testo, impegnati in studi umanistici e linguistici, tali approfondimenti evidenziano i significati di certi termini scientifici e il loro uso in contesti diversi da quelli strettamente pertinenti. Un punto che differenzia tali letture da quelle a contenuto storico-filosofico, e che mancava in queste ultime, è la proposta di brevi attività didattiche incentrate sul contenuto del testo: solamente in questo modo, gli autori possono spingere i lettori (e gli insegnanti) all'utilizzo di questi strumenti testuali e ad assegnare una certa rilevanza alla riflessione interdisciplinare, cosa che non avviene per le analisi storiche e filosofiche (in entrambe le edizioni del testo). Come per Caforio-Ferilli (2001), quindi, è l'aggiunta di pochi approfondimenti, o attività didattiche supplementari, a differenziare i testi per due indirizzi scolastici in cui la fisica ha un peso molto diverso.

Quest'ultimo punto ci permette di riprendere le fila dell'analisi generale dei manuali, arricchita dall'esame delle conoscenze racchiuse nella formula "*History and Philosophy of Science*", e di fare un bilancio globale conclusivo sul rapporto tra i manuali, le innovazioni



pedagogiche e i problemi dell'educazione scientifica discussi nel primo capitolo.

#### 4.4. *Osservazioni pedagogiche conclusive sui manuali di fisica*

Nonostante la presente analisi non abbia esaminato in maniera esaustiva tutto il panorama dei manuali di fisica, specialmente per i due principali indirizzi liceali, riteniamo di aver individuato alcune dinamiche particolari relative ai casi più importanti per la scuola secondaria di secondo grado.

Abbiamo tenuto in stretta relazione due tematiche che hanno guidato lo studio dei materiali curricolari: l'aggiornamento dal punto di vista contenutistico, attraverso l'inclusione di temi di fisica contemporanea nel curriculum, e l'arricchimento del curriculum attraverso le conoscenze interdisciplinari e disciplinari riconducibili alla ricerca storica ed epistemologica.

L'aggiornamento e l'innovazione del curriculum di fisica riguardano, infatti, anche l'inclusione di una prospettiva storica ed epistemologica sulle conoscenze fisiche, che solo in tempi più recenti ha raggiunto una maturità tale da poter concretamente fornire un supporto didattico e culturale alla stesura dei testi. D'altro canto, l'inclusione di contenuti aggiornati e delle teorie fisiche della prima metà del Novecento – quindi di quelle teorie che, in realtà, appartengono ormai saldamente al canone della fisica scolastica – solleva numerose questioni didattiche più specifiche, così come un corpo di conoscenze filosofiche e storiche irrinunciabili per l'odierna cultura scientifica.

Un punto da ribadire concerne il rapporto tra programmi, testi e innovazioni pedagogiche nel campo della fisica. L'ammodernamento dei contenuti è un processo iniziato alla metà del secolo scorso, continuato fino a tempi più recenti, estendendosi a diversi nuovi campi della fisica del Novecento: la cosmologia e l'astrofisica, la fisica delle particelle e i modelli unificati.

Le stesse teorie simbolo della fisica contemporanea – relatività e meccanica quantistica – anche per il loro carattere, per certi versi, ancora aperto (almeno per quanto riguarda i fondamenti della seconda e il confronto tra le due), hanno subito diverse modifiche dal punto di vista della loro didattica, in particolare nel periodo intorno agli anni Settanta e Ottanta. Questo è avvenuto nel quadro di un programma tradizionale di fisica che non era stato ancora riscritto e rielaborato anche alla luce dei nuovi contenuti. Soprattutto le implicazioni e i problemi di natura filosofica sono stati menzionati e brevemente illustrati solo recentemente nei manuali liceali più importanti.

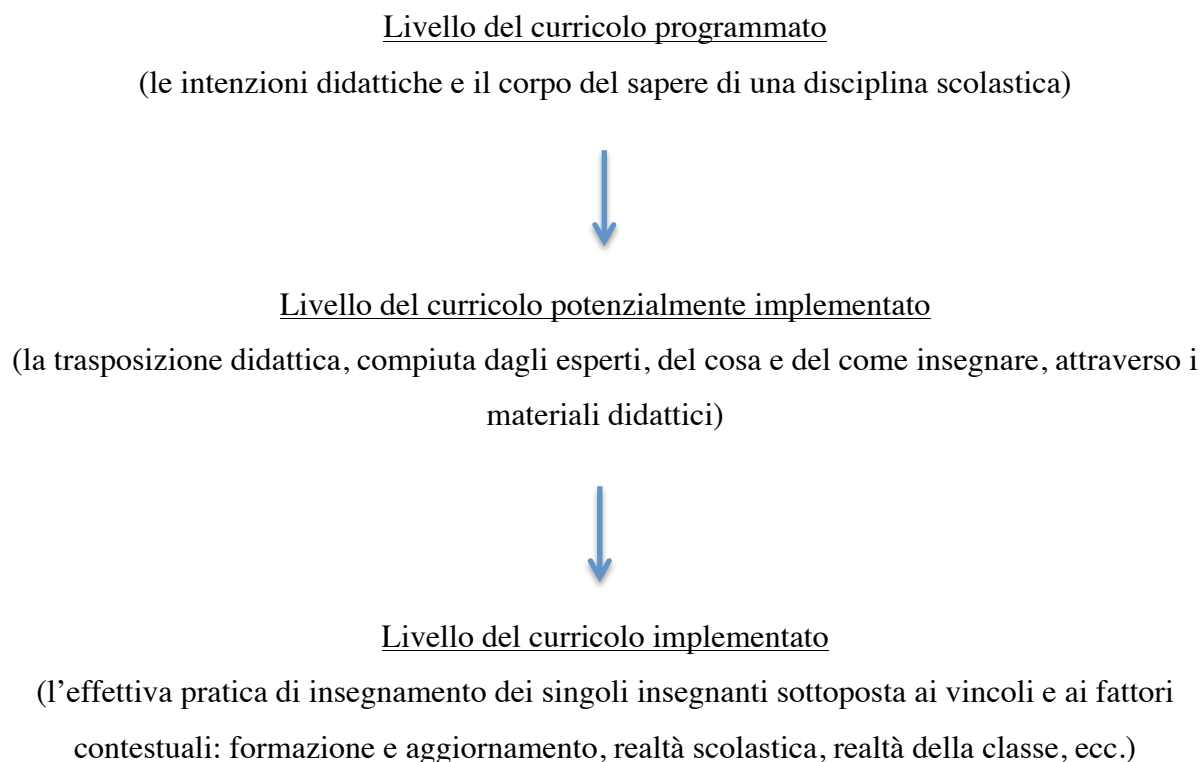
Tuttavia, l'utilizzo delle conoscenze che la ricerca storica e filosofica ha elaborato nel corso dell'ultimo secolo è iniziato qualche decennio prima che nuove indicazioni programmatiche

per la fisica fossero formulate e rese operative, in forma sperimentale o a titolo di curriculum “ordinario”.

Alcuni autori di testi, dai più importanti e diffusi ai meno noti e “ortodossi”, hanno apportato dei cambiamenti alla struttura e alle caratteristiche dei testi ben prima che programmi e linee guida nazionali richiedessero nuovi contenuti o l’impiego di nuove strategie didattiche e culturali.

Abbiamo, dunque, la necessità di rileggere il complesso dell’esperienza pedagogica, almeno nel campo della fisica e delle scienze, così come illustrato, ad esempio, dalle ricerche TIMSS. Secondo una concezione diffusa, infatti, vi sarebbe un processo, più o meno lineare, di “traduzione” e implementazione che va dal livello generale e “teorico”, a quello particolare e “pratico”. Questa dinamica è estrapolabile dallo schema più articolato degli studi comparativi TIMSS (riportato a pag. 109), che include, inoltre, l’oggetto principale delle ricerche valutative, ovvero l’apprendimento degli studenti.

Il processo di insegnamento che emerge dalla concezione delle indagini TIMSS e dagli studi citati nel primo capitolo<sup>76</sup> sembra avere una natura lineare. In questa ricerca abbiamo toccato i primi due livelli del seguente schema.



---

<sup>76</sup> Osborne, Dillon (1008: 23); Osborne, Duschl, Fairbrother (2002).

Anche se la lettura “*top-bottom*” di questo schema è certamente corretta, specialmente se si vogliono comprendere i risultati di apprendimento alla luce delle opportunità educative fornite da un certo sistema, il presente lavoro intende leggere questa relazione anche in senso inverso, al fine di esaminare la genesi dei diversi livelli del curriculum scolastico.

Nel caso specifico che abbiamo approfondito: gli autori di testi – e gli editori – rispondono non solo ai programmi, ma anche alle esigenze degli insegnanti, creando materiali che soddisfino le loro consuetudini e necessità, in ragione anche degli obiettivi economici cui è sottoposta la produzione manualistica per le scuole. Allo stesso tempo, è chiaro come la formulazione dei programmi e delle indicazioni didattiche avviene attraverso il contributo degli stessi esperti e degli insegnanti che concorrono a definire una forma di curriculum elaborata culturalmente e sul piano didattico effettivo. Quest’ultima relazione inversa avviene in diverse forme che si sono viste all’opera nella storia della manualistica di fisica italiana. Un caso è, ad esempio, quello che ha visto incrinarsi l’idea di un’elaborazione puramente accademica del sapere da insegnare, di una semplice trasposizione che riducesse complessità e ampiezza dei contenuti. Ciò è avvenuto tramite le scelte culturali di diversi autori vicini alla realtà scolastica o impegnati sul fronte pedagogico e dell’innovazione didattica.

Il ruolo di nuovi autori di testi, di insegnanti che hanno impiegato la loro esperienza didattica per la scrittura (o per la modifica) di testi informati da una più consapevole riflessione pedagogica e culturale, così come la creazione di associazioni e di una cultura didattica e scientifica, soprattutto per una parte – piccola ma significativa – della classe docente, sono stati fattori che hanno marcatamente modificato l’insegnamento della fisica così come si presentava fino agli anni Sessanta circa. In tutto questo, anche nuove forme di relazione tra il sapere scolastico e quello accademico hanno sicuramente giocato un ruolo importante. I casi che dimostrerebbero questa “complessità culturale” del sapere scolastico sono quelli dell’inclusione della fisica del Novecento nel curriculum, così come dell’evoluzione della sua trattazione, e dell’apertura a nuove conoscenze, in particolare a quelle di significato “umanistico”. Tali cambiamenti sono avvenuti – si è cercato di dimostrare – in gran parte all’infuori dei programmi scolastici nazionali.

Queste dinamiche hanno, evidentemente, un significato più generale che non è ristretto alla fisica, e che riguarda l’evoluzione del sistema scolastico, accademico e culturale nella sua globalità. Il caso qui esaminato dei testi di fisica e di alcune particolari innovazioni pedagogiche, però, ha messo in luce degli esempi abbastanza concreti, mostrando, inoltre, alcune interessanti specificità. Queste si ritrovano nell’altra indicativa “variazione” dello schema unidirezionale rappresentato sopra. A tal proposito, abbiamo definito alcuni fattori

pedagogici come “esogeni” al processo educativo strettamente inteso, in quanto l’elaborazione da parte degli autori dei contenuti e di nuovi strumenti didattici è influenzata da fattori culturali e professionali di vario tipo. Tali “scambi” hanno riguardato l’interazione con gli insegnanti, le associazioni, le riviste e le ricerche che, nel caso della fisica, hanno avuto una crescente rilevanza a partire proprio dagli anni Sessanta; molto importanti sono stati, poi, le ricerche e i progetti curriculari internazionali come, nel caso storicamente più importante, per quanto è avvenuto con i materiali didattici americani tra gli anni Sessanta e Settanta. Successivamente a questo periodo, una più ampia rielaborazione delle ricerche accademiche e dei progetti curriculari stranieri ha certamente avuto un effetto visibile sull’insegnamento della fisica in Italia.

Questa non è una critica diretta al modello pedagogico delle ricerche TIMSS, le quali, per opportune ragioni metodologiche e relative all’oggetto degli studi comparativi, hanno indagato un tipo di relazione tra i vari livelli di definizione del curricolo di una disciplina. Abbiamo cercato, però, di mostrare la complessità dei fattori coinvolti nella costituzione e nell’elaborazione del sapere scolastico, soprattutto in merito alle scelte effettuate dagli autori e dagli editori. A queste andrebbero aggiunte le molteplici dimensioni contestuali e “nascoste” che determinano le reali pratiche di insegnamento, le quali possono essere comprese più a fondo e, anche in questo caso, secondo un ordine causale diverso rispetto al processo tematizzato dagli studi della IEA.

La lettura più sofisticata dello schema pedagogico riportato può essere utile anche per comprendere alcune specificità dei sistemi educativi, ampliando lo stesso punto di vista comparativo affrontato dalle indagini internazionali.

Per quanto riguarda i manuali di fisica e l’impatto dei progetti americani sulla didattica italiana si possono, infatti, avanzare delle ulteriori considerazioni. Nella ricezione e implementazione delle finalità e delle strategie didattiche dei grandi progetti come il *PSSC* e il *PPC* non solo le condizioni istituzionali e contestuali tra l’Italia e gli Stati Uniti erano, e sono, diverse; ciò che era strettamente legato ai materiali didattici erano i presupposti culturali e accademici che ne avevano guidato l’elaborazione e l’adozione. Di fronte a uno stesso corpo di materiali didattici, di “curricolo potenzialmente implementato”, l’insieme di fattori, attori e scelte che ne stabiliscono l’uso può variare in ragione, appunto, dei contesti storico-geografici. Sicuramente questo fu il caso del *PSSC*, che era nato attraverso un’innovazione “manageriale” nella collaborazione accademica che originò un nuovo approccio alla stesura dei testi e all’elaborazione di proposte curriculari. Guidato, nel paese di origine, da precise condizioni storiche ed esigenze nazionali, il corso fu riadattato in Italia attraverso le politiche

editoriali e culturali di una specifica casa editrice. Così, da un progetto curricolare nazionale che era rivolto a specifici fini culturali e politici, il *PSSC* divenne un modello innovativo di didattica destinato ad avere un effetto duraturo, limitato alla fisica, sull'insegnamento scolastico. A cambiare furono soprattutto le premesse pedagogiche, come si evince da un altro racconto di Rudolph (2006), il quale parla di "un conflitto culturale" nazionale, prima che di quello internazionale politico, che fu determinante per le scelte del Comitato americano e riporta l'affermazione di uno degli autori il quale ammetteva: «I was oppressed by the feeling of the early fifties that science and intellectual reason itself were not being given a fair chance in the schools and in public life» (Rudolph, 2006: 2). Anche un altro presupposto è emerso dalle scelte degli autori del *PSSC*.

Although it wasn't the intention of Zacharias and his *PSSC* group to produce more scientists, it didn't mean they weren't targeting an elite sub-group of the high school population. Zacharias recalled that "we had to establish a first-class collection of stuff for the intellectual elite of the country, no question." But it was clear as well that this group represented the "non-scientific" elite – those who would go on to become the lawyers, business leaders, doctors, and, most importantly, government leaders, people who would be the decision makers of the next generation (Rudolph, 2006: 2-3).

Dieci anni dopo, in Italia, questi presupposti non potevano essere ripresi alla lettera insieme ai materiali didattici: da una parte, il corso era rivolto a quanti più studenti possibile in una scuola superiore sempre più massificata, dall'altra, specialmente nei licei, l'obiettivo di coltivare le vocazioni scientifiche e preparare alle specializzazioni rimaneva, in fin dei conti, in primo piano rispetto all'obiettivo culturale più generale che il *PSSC* si era prefisso nel paese di origine.

Se questa nostra ipotesi è plausibile, si vede allora come la pluralità e l'eterogeneità di fattori che accompagnano l'elaborazione, l'adattamento e l'implementazione dei materiali curricolari può avere un peso decisivo nel determinarne le diverse declinazioni pedagogiche, anche alla luce di uno stesso corpo di contenuti e strumenti didattici. Secondo lo schema TIMSS, a cambiare questi valori sono, evidentemente, il livello programmato del curricolo e il contesto istituzionale ma – vogliamo sostenere – i libri di testo e gli autori sono "immersi" in una rete più complicata di relazioni culturali e professionali (le università, le associazioni disciplinari e pedagogiche, le case editrici, ecc.).

Come più volte ricordato, il primo grande progetto statunitense per la fisica ebbe un effetto importante sulla didattica e sugli insegnanti italiani. Questo non fu il caso del *Project Physics Course*, su cui si potrebbero, però, fare delle considerazioni simili. In tal caso, ci è sembrato che alcune prospettive di ricerca pedagogico-didattica e un insieme di scelte culturali ed epistemologiche furono in primo piano nell'ideazione e nella creazione del testo. Anche da

questo punto di vista, il rapporto con la ricerca e l'utilizzazione a fini socio-educativi dell'indagine pedagogica erano, tra i due paesi, radicalmente diversi. Una debole somiglianza si ritrova, casomai, nello scetticismo che, da una parte, aveva manifestato la *National Science Foundation* verso il coinvolgimento diretto degli insegnanti nella stesura del corso, in un periodo in cui gli esperti accademici avevano preso in mano le redini del riformismo curricolare, e dall'altra, il direttore italiano della casa editrice che curava i progetti statunitensi aveva espresso nei confronti di un testo di fisica che sembrava pensato e voluto dagli esperti di pedagogia. Tra le caratteristiche innovative, quella che fu più difficilmente recepita nel contesto italiano, infatti, non fu la contestualizzazione storico-culturale della fisica, quanto la prospettiva pedagogica di una scienza riformulata e adattata ai fini di un'alphabetizzazione generale e scientifica più comprensiva.

Vi era stata un'ampia riflessione alla base del *PPC*; il corpo di ricerche che accompagnarono la sua costruzione e la sua valutazione era, dal punto di vista italiano, piuttosto innovativo. L'impostazione principale del *Progetto*, a cui le conoscenze storiche e culturali contribuivano tuttavia in modo determinante, era proprio la presentazione di una fisica diversa dai corsi propedeutici su cui costruire poi le successive conoscenze scientifiche o professionali. Questa impostazione pedagogica si evince – abbiamo visto un esempio fondamentale – dal ricorso alla contestualizzazione storica, alla storia delle idee, all'analisi filosofica e culturale delle conoscenze scientifiche, dal modo in cui il problema del metodo scientifico è affrontato, dal ruolo assegnato alla formalizzazione matematica e, in fine, dal carattere non enciclopedico del corso di fisica proposto.

Tutte queste opzioni didattiche, a sostegno di una più generale prospettiva pedagogica e culturale, non possono essere spiegate né dalle intenzioni programmatiche a cui i testi danno risposta, né ridotte a un semplice arrangiamento della disciplina ai fini di utilizzazione didattica diretta; al contrario, l'utilizzazione del corso presupponeva una certa preparazione supplementare e la capacità di orientarsi tra i contenuti e gli strumenti offerti (cosa a cui, secondo le ricerche TIMSS, dovrebbero provvedere già i testi stessi).

Stupisce, dunque, la parziale affermazione del *Progetto* di Harvard nel contesto scolastico italiano. Da una parte la dimensione storico-culturale del testo ben si integrava con il canone dei saperi liceali, dall'altra, la sua struttura "formale" e contenutistica non potevano assicurargli una lunga permanenza tra i materiali di un curriculum di fisica, per certi versi, sempre più "specialistico", comunque orientato alla matematizzazione, all'espansione dei contenuti e a una trattazione "accademica" delle conoscenze fisiche. Soprattutto la diversità pedagogica su cui si basava il *PPC* ha precluso una ricezione duratura delle sue scelte

didattiche fondamentali. L'idea alla base del lavoro di Holton e dei suoi colleghi era, infatti, quella di rielaborare la fisica scolastica per renderla accessibile e rilevante per la maggior parte degli studenti, in particolare per quelli non orientati alle scienze. Come nel caso del *PSSC*, il proposito non era esplicitamente o direttamente quello di risolvere la crisi delle vocazioni scientifiche, ma casomai di andare anche alla radice di questo, investendo sulla cultura scientifica di un pubblico più vasto. La diversa trasposizione didattica della fisica accademica compiuta dal *PPC* era certamente di tipo più democratico rispetto alle intenzioni "elitarie" del corso di Zacharias.

Si può ben comprendere l'estraneità di questa prospettiva pedagogica al contesto italiano, anche nel panorama attuale, non tanto dal punto di vista della sua pedagogia inclusiva, quanto per il suo principio di differenziazione degli strumenti didattici e delle finalità formative della fisica.

Un altro punto di interesse dell'analisi dei testi è rappresentato, non a caso, dalla differenziazione pedagogica tra i diversi livelli formativi e tra diversi indirizzi scolastici. Questo elemento caratterizzante la fisica scolastica è stato sottolineato da Marazzini nel quadro storico-didattico dei manuali da lui esaminati. Seguendo l'autore – che abbiamo più volte, e per ragioni diverse, citato – si è cercato di descrivere gli aspetti più importanti di ciò che abbiamo definito "accademismo"; proprio in relazione a questo, sembra rilevante il grado di differenziazione della fisica scolastica.

A grandi linee per i manuali visti fino agli anni Novanta può ancora valere quanto ha osservato Marazzini (2002: 218) per un periodo che terminava circa tre decenni prima, ovvero che le «differenze tra i testi rivolti ad allievi del triennio e ad allievi del biennio si riducono essenzialmente al taglio di qualche formalismo matematico». «La manualistica di quei tempi era caratterizzata da un'estrema rigidità che impediva di tenere conto dei diversi contesti culturali e dei diversi livelli di interesse e di capacità di acquisizione degli allievi». Al tempo, l'unico esempio di fisica per il biennio era, in sostanza, quello degli istituti tecnici; dagli anni Novanta sono state avviate le prime sperimentazioni su larga scala e, se ci limitiamo al primo esempio visto, ovvero ad Amaldi (1991) che intendeva rivolgersi anche ai bienni, l'affermazione citata è ancora valida. Con il susseguirsi delle diverse proposte curriculari viste (capitolo II) e l'estensione definitiva e generalizzata della fisica al biennio del liceo scientifico, la disciplina è stata, in qualche modo, rielaborata, non solo dal punto di vista del formalismo matematico. La soluzione italiana alla formazione biennale nel campo della fisica, radicalmente diversa, per esempio, dal caso delle scuole comprensive inglesi (come il corso *Twenty-First Century Science*), si è basata su due elementi:

- lo studio del linguaggio e delle specificità metodologiche di base della fisica;
- una selezione dei temi portanti e fondanti della disciplina, basati sulla definizione delle grandezze, sulle esperienze e sulla fenomenologia fondamentali della fisica.

In questo caso, è facile riconoscere il processo di modifica dei programmi e il susseguente adattamento dei testi alle nuove linee guida, anche se rimane la convinzione che nella genesi delle nuove idee pedagogiche e dei nuovi principi di trasposizione didattica vi siano più fattori e influenze reciproche di quanto l'idea di implementazione "dall'alto al basso" non suggerisca.

Dunque il primo livello di differenziazione si è attuato in Italia attraverso una sorta di "alfabetizzazione propedeutica" dove, ad esempio, il laboratorio e la fisica di base (cinematica, ottica geometrica, ecc.) sono stati ritenuti fondamentali dai diversi progetti di riforma.

Abbiamo riconosciuto questa nuova struttura della fisica per bienni in due esempi affini che fanno riferimento a quadri curricolari diversi (rispettivamente alla riforma Gelmini e al PNI): Caforio-Ferilli (2010), Bergamaschini-Marazzini-Mazzoni (2002). Proprio quest'ultima versione del testo di Marazzini e colleghi, su cui non ci siamo soffermati nell'esame più specifico dei contenuti, è costruita secondo la nuova concezione della fisica per i bienni, la quale fa leva un'analisi approfondita dello sperimentalismo e della sintassi della conoscenza fisica. Un primo volume dedicato, appunto, a "metodo e linguaggio" della fisica, suggerisce che i principi dell'analisi storica e culturale delle conoscenze fisiche, visti all'opera nel manuale dei trienni, non intervengono più nella discussione del metodo, almeno per quanto riguarda la sua trattazione introduttiva e generale. Tale concezione della fisica per il biennio acquisisce un senso solo all'interno di un curriculum ampliato, "diluito" nel tempo e costruito verticalmente per tutto il ciclo scolastico.

Anche nel caso di Caforio-Ferilli (2010) – un altro testo che nella versione per trienni aveva un discreto grado di contestualizzazione e discussione critica delle conoscenze fisiche – si è visto che l'analisi filosofica ed epistemologica, evidentemente anche per motivi di difficoltà, non sia una strategia ritenuta ottimale per il biennio introduttivo.

La fisica del biennio, dunque, presenta ancora i tratti tipici della concezione accademica della fisica scolastica, tra cui la verticalità del curriculum e una trattazione del metodo di tipo "sistematico" e propedeutico; nel quadro di un curriculum strutturato per un periodo di cinque anni, l'accento si è spostato sul linguaggio della fisica e su un insieme ristretto di domini e temi fisici posti al centro dell'insegnamento per gli ultimi due anni della scuola dell'obbligo. Un punto fondamentale è che, in concreto, i bienni dei licei sono pensati come strettamente



legati ai successivi trienni, nonostante l'obbligo scolastico non preveda il completamento degli studi quinquennali; non è evidentemente seriamente presa in considerazione, dal punto di vista pedagogico, l'ipotesi – che talvolta diventa realistica per quanto scongiurata – che uno studente interrompa la propria istruzione scolastica dopo un biennio liceale. Dunque, si potrebbe dire, la struttura del curriculum di fisica (e, forse, di altre discipline) non è completamente coerente con un tale sistema dell'obbligo scolastico e con una naturale idea di educazione trasversale e “completa” che dovrebbe accompagnarlo. Quest'ultimo – ripetiamolo – è, invece, il caso del sistema inglese di istruzione secondaria, dove è contemplata un'autonoma educazione scientifica di base fino al compimento dell'obbligo scolastico, a cui seguono corsi più specifici rivolti anche alla preparazione pre-universitaria. Guardando proprio quest'ultimo livello dell'istruzione scientifica nella scuola secondaria, in particolare il sistema dei trienni liceali, si notano altre caratteristiche della differenziazione pedagogica della fisica scolastica. Anche in questo caso, quanto ha sostenuto Marazzini per i vecchi manuali può valere per la fisica insegnata fino alla fine del ventesimo secolo.

Le differenze di contenuto ed espositive fra i testi dedicati al liceo scientifico e al liceo classico sono del tutto trascurabili. Un confronto dei manuali degli Amaldi mette in evidenza un diverso ordine espositivo degli argomenti (per adeguarsi alle indicazioni del programma ministeriale) ma trascurabili differenze di contenuto [...] (Marazzini, 2002: 218).

Il caso è analogo a quello dei bienni. In concomitanza con una maggior differenziazione della disciplina per il biennio, anche la fisica dei due indirizzi liceali assume alcuni tratti differenti più evidenti, anche se, in sostanza, le maggiori diversità si rintracciano nella scansione e nella quantità di contenuti (dipendenti dal programma) e dal livello del formalismo matematico utilizzato.

Nel caso dell'Amaldi, per cui si sono confrontate le recenti edizioni per Classici e Scientifici, si notano alcune deboli differenze sul piano di quanto è stato aggiunto alla trattazione principale. Da Amaldi (2009) si evince una minima attenzione alla diversità di studenti che hanno scelto un indirizzo di studio rivolto alle discipline umanistiche, anche se attraverso delle parti del testo abbastanza marginali. Una differenza che abbiamo individuato riguarda, ad esempio, l'utilizzo di approfondimenti interdisciplinari rivolti al linguaggio scientifico e al rapporto con la letteratura, e si è già detto che strumenti del genere non hanno, probabilmente, un effetto rilevante sulla pedagogia del manuale. Un segno più evidente, ma in fin dei conti sempre poco incisivo sulla didattica complessiva strutturata dal testo, è rappresentato da una diversa impostazione del discorso introduttivo alla fisica. Si sono descritte, a tal proposito, le prime pagine di Amaldi (2009) in cui l'introduzione ha un taglio meno sofisticato dal punto di

vista epistemologico e in cui vengono attentamente illustrati il ruolo e il significato del linguaggio matematico, il principale ostacolo per comprendere la fisica da parte di studenti rivolti alle discipline umanistiche.

Un corso come il *PPC*, invece, rappresenta un modello ideale per insegnare la fisica a studenti che, almeno sulla carta, hanno scelto una formazione incentrata sui saperi umanistici, proprio per le sue qualità interdisciplinari e didattiche. Tuttavia, l'orientamento accademico di tutta la fisica liceale comporta l'utilizzo – alcuni testi lo hanno mostrato – di un approccio più tradizionale con solo qualche accortezza in più sul piano del linguaggio e degli strumenti rivolti alle motivazioni degli studenti.

L'uniformità pedagogica della fisica liceale è suggerita anche dal fatto che l'utilizzo delle relazioni con i saperi umanistici rilevanti per la scienza – la storia e la filosofia – sia ritenuto valido nella stessa misura e con le stesse finalità per i diversi indirizzi. Riferendoci ancora all'esempio paradigmatico del *PPC*, si può notare come la concezione pedagogica fosse, in quel caso, chiara: una trattazione ricca di elementi culturali e interdisciplinari è rivolta principalmente alla formazione generale e agli studenti fuori dai canali della formazione scientifica avanzata. Non essendo possibile individuare in Italia questi studenti, non prima delle loro scelte universitarie e non in modo univoco, a differenza degli Stati Uniti o dell'Inghilterra, un approccio più interdisciplinare alla fisica non può essere sviluppato fino in fondo e, tanto più, in un particolare indirizzo scolastico. Da ciò consegue che la varietà e la ricchezza delle risorse storico-filosofiche per la fisica non sono sfruttate ed esplorate in modi diversi all'interno di canoni culturali liceali comunque alternativi in merito al sapere scientifico.

Va detto che testi come il *PPC*, almeno contestualmente al periodo della sua maggiore diffusione editoriale, e – unico esempio più simile – quello di Bergamaschini e colleghi, hanno dimostrato che è possibile coniugare le esigenze disciplinari della fisica liceale con la concezione di una fisica meno accademica e rielaborata dal punto di vista pedagogico culturale. Non si può dire, infatti, che questi casi testuali abbiano comportato un impoverimento della disciplina e della sua dimensione concettuale e metodologica essenziale. Viceversa, abbiamo sostenuto, che l'approccio storico-filosofico oltre a fornire un'immagine della scienza e una fisica di maggior rilevanza culturale e pedagogica, siano anche parte di una serie di innovazioni didattiche rivolte a migliorare la comprensione concettuale e procedurale della disciplina.

Ci chiediamo, tuttavia, in conclusione: questa diversa impostazione dell'insegnamento della fisica, una sua trasposizione in senso meno accademico, richiede un indebolimento della

dimensione disciplinare? Che rapporto c'è tra le innovazioni pedagogiche, cui abbiamo fatto riferimento, e l'idea di de-concettualizzazione delle scienze che diversi critici hanno visto all'opera in molti lavori di pedagogia, così come nelle riforme e nei canoni disciplinari di alcuni paesi come quelli anglofoni così importanti per l'insegnamento delle scienze e la ricerca accademica?

Una prima risposta l'abbiamo già data e riguarda l'importanza della dimensione filosofica e storica nell'insegnamento delle scienze. L'esito di questa prospettiva dipende, poi, dal tipo di impostazione didattica e di utilizzo che di queste conoscenze viene fatto. Rimangono validi non solo gli esempi testuali citati, ma anche un crescente corpo di ricerche che può essere utilizzato per migliorare l'uso dei testi, le strategie didattiche per le lezioni scolastiche, la cultura e le abilità degli insegnanti.

D'altra parte, è innegabile che parte del processo che ha portato, nei manuali recenti, a una fisica più rielaborata e meno speculare a quella accademica, rispetto ai testi antecedenti agli anni Settanta, ha ridimensionato la struttura logica e tematica della fisica della scuola.

Questo si è osservato riguardo al sempre più ampio ricorso a un nuovo linguaggio che sia in grado di interessare, motivare e coinvolgere gli studenti. A differenziare maggiormente la fisica dei manuali attuali dalla sua immagine che emerge dai testi universitari sono, oltre il livello formale e contenutistico, vari tipi di strategie comunicative: immagini, esempi e strumenti rivolti alla rilevanza della fisica, ai fenomeni e agli oggetti più svariati, alla vita quotidiana e alle tecnologie più diffuse o spettacolari. Questo – richiamandosi a quanto detto nel paragrafo 1.2. sull'approccio *STS*, sul suo senso e sulle sue difficoltà “epistemologiche” – ben si adatta alla descrizione, che da molti viene fatta, di un insegnamento scientifico la cui struttura logica e tematica si è “indebolita”. Dobbiamo, tuttavia, ribadire quanto emerso dall'esame dei testi. In gran parte, l'impostazione accademica rimane pressoché uniforme tra gli autori adottati in Italia e la struttura disciplinare della fisica appare intatta sul piano dei contenuti e su quello didattico.

Due esempi, fatti da Russo (1998) per sostenere la sua descrizione negativa dell'insegnamento delle scienze nella scuola superiore italiana, possono essere confrontati con quanto si è visto nell'esame dei manuali.

Nel primo esempio, Russo si riferisce proprio al manuale di Caforio-Ferilli per i classici (in un'edizione del 1996), dove si trova una breve discussione sulla fusione fredda. «Il testo stesso precisa opportunamente che si tratta di risultati “fantomatici”, ma evidentemente i manuali scolastici debbono ormai seguire una logica non troppo lontana da quella dei settimanali scandalistici; anche le “bufale” vanno riportate, pur di non apparire meno

aggiornati della concorrenza» (Russo, 1998: 35). A prescindere dal caso specifico, il riferimento potrebbe essere assimilato anche all'uso della storia della scienza e delle teorie erronee che, come visto, hanno un preciso ruolo didattico e cognitivo. Inoltre, diversi episodi del genere possono contribuire a una discussione sul funzionamento, anche anomalo, della ricerca scientifica e delle dinamiche più generali, della comunità e della comunicazione scientifiche, che la contraddistinguono. A parte questo, che non vuol giustificare l'esempio particolare fatto da Russo, questa critica male si adatta al testo nella sua globalità, ricco di contenuti solidi e di valore culturale, né, ancora più in generale, agli altri manuali diffusi nei licei italiani.

La seconda critica è più importante. Secondo Russo l'introduzione nella scuola della fisica del Novecento e, in particolare, della meccanica quantistica comporta una serie di problemi didattici e concettuali; alla base dell'aggiornamento dei programmi in tal senso ci sarebbe, per Russo, un insieme di scelte culturali e pedagogiche rischiose e con un impatto negativo sulla solidità disciplinare della fisica scolastica.

Sembra quindi che anche in questo caso, come avevamo visto per la geometria, il metodo scientifico scompaia dall'insegnamento, grazie alla sottrazione di uno dei due termini (concreto-astratto o teoria-esperimento) il cui rapporto caratterizza la scienza. In realtà accade anche di peggio, poiché i due elementi scompaiono entrambi. Quelli descritti non sono veri "fenomeni", in quanto agli studenti non possono essere mostrati quark, salti quantici o un Big Bang (per usare solo alcuni dei tanti termini che infarciscono gli attuali manuali). Si deve quindi rinunciare sia a effettuare gli esperimenti che a studiare le teorie; ciò che resta è solo una serie di termini usati per denotare entità presentate come oggetti concreti ma inaccessibili allo studente, la cui esistenza deve essere accettata sulla base dell'autorità degli "iniziati" in grado di entrare in contatto con essi (Russo, 1998: 36).

Questa critica – cui abbiamo già fatto riferimento all'inizio del secondo capitolo – è, da una parte, troppo severa per i manuali, dall'altra, presenta comunque una sua plausibilità e validità dal punto di vista epistemologico.

Una simile descrizione di come viene trattata la meccanica quantistica si adatta meglio, forse, ai manuali più vecchi, ad esempio a quello di Silva cui si è fatto riferimento per il periodo antecedente agli anni Settanta; non è del tutto accurata, invece, se si guardano i manuali più recenti in cui vengono esaminati gli esperimenti più importanti, sono delineati gli sviluppi concettuali principali e, in alcuni casi, si fa cenno ai risvolti epistemologici della fisica atomica. Non si può certo dire che la meccanica quantistica si riduce a dei fatti "crudi", o all'uso di termini incomprensibili e privi di riferimento reale, né che un alone di mistero e di magia pervada l'atteggiamento dei manuali verso questa teoria. D'altro canto, rimane vero il fatto che è difficile, al livello scolastico, costruire una conoscenza operativa, e non puramente verbale e dichiarativa (cfr. Arons, 1992), dei concetti della nuova fisica. Esistono degli

ostacoli sperimentali e, soprattutto, teorici con cui la didattica di questa parte della fisica si deve confrontare.

Russo critica alcuni lavori sulla didattica della fisica contemporanea – nel caso specifico le idee di Fabri (citato nel capitolo III) per la meccanica quantistica – ma negli ultimi anni diverse ricerche importanti sono state fatte in questo ambito.<sup>77</sup> La sostanza epistemologica della critica di Russo va comunque tenuta in considerazione e si applica bene, casomai, all’exasperazione dell’aggiornamento e per quella stessa classe di termini a cui Russo fa riferimento, dai quark ai buchi neri.

Un’idea che abbiamo cercato di rintracciare nei testi e sostenere sulla base di alcune ragioni pedagogiche è che le conoscenze storiche e filosofiche possono avere un ruolo molto importante proprio dove gli usuali strumenti della didattica (esperimento e trattazione formale) appaiono essere limitati (per varie ragioni). Così sarebbe per la meccanica quantistica, ad esempio, in cui a fianco della presentazione testuale più tradizionale, un’analisi storica e filosofica della teoria e dei suoi problemi può dare sostanza e significato alle conoscenze fisiche, anche se non è in grado di risolvere interamente il problema didattico evidenziato. Altre risorse – su cui gli esperti di didattica della fisica lavorano – potranno intervenire per costruire un’esperienza didattica più completa della fisica atomica (tra queste, certamente, c’è il computer).

Dunque, il problema dell’aggiornamento dei contenuti, e di un curriculum più rilevante dal punto di vista culturale e del pensiero scientifico contemporaneo, può essere affrontato in modi innovativi e interdisciplinari grazie al contributo di un approccio HPS, in misura ancora più incisiva rispetto a quanto già fatto dai manuali liceali visti.

Russo, oltre a muoversi su un orizzonte avverso alla pedagogia e agli ultimi vent’anni di riformismo della scuola, abbraccia una prospettiva profondamente conservatrice sull’insegnamento scolastico e, in particolare, sull’insegnamento scientifico; questo lo pone, simbolicamente, in netto contrasto con le maggiori ricerche educative e didattiche a cui abbiamo fatto riferimento e – vorremmo aggiungere – con gli ideali culturali e pedagogici abbracciati da molti progetti di rinnovamento e generalizzazione dell’educazione scientifica. Quest’ultima, sembra sostenere l’autore, è intrinsecamente legata alla formazione di scienziati e di tecnici qualificati, la cui penuria in Italia – egli osserva – è profondamente legata alla de-qualificazione dell’educazione scolastica.

Secondo questa visione, la geometria e la fisica classica devono rimanere alla base del canone

---

<sup>77</sup> Per esempio, alcuni lavori si trovano in Bernardini, Tarsitani, Vicentini (a cura di, 1995) e Guidoni, Levrini (a cura di, 2008).

della scienza scolastica; nessuna teoria più attuale e nessuna conoscenza scientifica di grande rilevanza culturale ed epistemologica potranno mai raggiungerne il valore didattico. Vi è insomma una divergenza tra l'idea di un'educazione classica, tradizionale e rivolta alle conoscenze di base che milioni di studenti nei licei italiani hanno appreso nel secolo scorso, e quella di un canone rinnovato che voglia comunque affrontare i temi e le discipline più importanti nel mondo attuale, all'interno di un sistema culturale e scolastico drasticamente mutato. Su questo si basano, essenzialmente, le diverse vedute in merito alla fisica contemporanea. Può essere in parte vero che la fisica del Novecento proposta nella scuola comporti la rinuncia a contenuti più immediati e a competenze tecniche più "spendibili", ma è indiscutibile – come i grandi progetti di rinnovamento didattico della fisica hanno riconosciuto – che alcune idee della fisica contemporanea sono indispensabili per una visione culturalmente rilevante della natura e della conoscenza scientifica.

Nonostante la parziale validità epistemologica delle affermazioni di Russo, emerge il senso politico e pedagogico fondamentale che è alla base di una diversa concezione del canone culturale della scuola.

Tale contrasto valoriale e pedagogico, in sostanza, ha attraversato questa ricerca fin dall'inizio, quando abbiamo descritto alcune questioni al centro del dibattito e della ricerca sull'educazione scientifica: il problema dell'insegnamento delle scienze e dell'innovazione pedagogica va letto alla luce dei dati sulla crisi delle vocazioni, dell'interesse e dell'immagine pubblica della scienza, o all'interno delle nuove relazioni tra i saperi nel mondo contemporaneo, e quindi da una prospettiva pedagogica e culturale che sappia rinnovare, estendere e migliorare la cultura scientifica impartita nelle scuole?

## CONCLUSIONI

L'orizzonte, in senso lato, "comparativo" utilizzato in questo studio presenta delle peculiarità che, ci pare, aggiungono nuovi elementi al problema della cultura scientifica e delle sue basi educative.

Innanzitutto, vi è il rapporto dell'educazione scientifica scolastica, nello specifico caso della fisica liceale, con le proposte e le analisi fornite da numerose di ricerche, le quali hanno esaminato vari problemi legati alla scienza scolastica, nella loro dimensione generale e in casi storicamente situati: il legame con l'economia e il lavoro (il problema delle vocazioni scientifiche), la percezione pubblica della scienza e le motivazioni nei confronti del sapere scientifico (le attitudini degli studenti verso scienze e tecnologia), la struttura dei sistemi educativi e gli esiti della formazione scientifica (le indagini PISA e TIMSS), la comprensione delle scienze e l'innovazione didattica (la ricerca didattica in fisica e il contributo delle discipline storico-filosofiche), le caratteristiche e gli esiti di nuovi curricula e programmi innovativi (il caso dell'approccio *HPS* e dei progetti anglosassoni).

Leggere questi problemi nell'ambito delle concrete dinamiche storico-pedagogiche del curriculum di fisica ha posto sotto nuova luce l'insegnamento delle scienze, proprio perché, nello scenario italiano, il sapere scolastico e l'evoluzione della scuola hanno una debole relazione con il mondo della ricerca e la loro comprensione si è poggiata, il più delle volte, solo sui più tradizionali punti di vista della pedagogia e della storia dell'educazione. Crediamo che la ricerca sull'educazione scientifica, invece, richieda diverse chiavi di lettura e il contributo di diversi approcci culturali e metodologici, da quelli sociologici di tipo quantitativo, a quelli filosofico-pedagogici sui fondamenti dei saperi e sulle scelte che costituiscono i canoni dell'educazione. Si è tentato, in questo lavoro, di individuare un raccordo tra questi diversi ordini di problemi, attingendo a quanto è già stato discusso su entrambi i fronti.

Uno degli aspetti indagati si colloca più specificamente sul piano della fisica insegnata nelle scuole. Un punto di vista interdisciplinare – tra pedagogia, storia ed epistemologia – ci consegna un'immagine più ricca e complessa dello sviluppo della fisica liceale, in cui non solo la scuola e la disciplina insegnata dettano l'evoluzione dell'educazione scientifica, ma anche il rapporto con la ricerca, con l'editoria e con la situazione internazionale gioca un ruolo importante nel cambiamento del sapere insegnato e delle finalità educative della scienza scolastica.

Per fare un bilancio generale di questo studio, si devono riprendere i temi e i problemi

affrontati nel primo capitolo, alla luce delle considerazioni conclusive emerse dall'analisi del curriculum di fisica liceale.

Come si colloca quest'ultimo rispetto alle problematiche discusse dai rapporti internazionali e dal vasto corpo di ricerche educative sui saperi scientifici?

Le tre finalità principali dell'educazione scientifica, discusse all'inizio del primo capitolo, possono servire per comprendere sia lo *status* della fisica insegnata nelle scuole italiane – sempre limitando il discorso al caso importante, ma non esaustivo, dei principali indirizzi liceali – sia i valori alla base dell'evoluzione del curriculum e del sapere scientifico scolastico.

Come detto, queste finalità – economica, civica, culturale – rappresentano degli argomenti, dal valore anche retorico, molto diffusi nei discorsi di politica e di ricerca educativa; allo stesso tempo si tratta anche di importanti moventi, di concrete dinamiche di cambiamento, che esercitano pressioni sulle istituzioni formative.

Semplificando il discorso, si potrebbe quasi dire che il senso pedagogico fondamentale del curriculum di fisica abbia attraversato queste diverse finalità dell'educazione scientifica: da un curriculum orientato principalmente alla formazione scientifica funzionale al costituirsi di una classe di professionisti e tecnici qualificati, a un insegnamento delle scienze inserito in un progetto formativo-culturale più ampio e maggiormente “disinteressato”. I due processi storici paralleli alla base di questo cambiamento educativo sono, da una parte, lo sviluppo di una scuola di massa e l'indebolirsi della rigidità sociale e professionale degli indirizzi scolastici secondari (a cui si aggiungono la liberalizzazione degli accessi universitari, la parziale perdita del valore formativo dell'istruzione scolastica nei confronti degli studi terziari e del mondo del lavoro, ecc.), dall'altra, il modificarsi del sapere scientifico scolastico attraverso una maggior rielaborazione pedagogica, verso l'idea di un'educazione democratica e parzialmente selettiva. Se si guarda al mondo scolastico degli anni Cinquanta-Sessanta, infatti, si deve ammettere che l'educazione scientifica sia cambiata in tal senso, e che il ruolo dell'istruzione scientifica sia stato pensato sempre più in termini formativo-culturali, e meno di riproduzione socio-professionale. Anche la fisica, dunque, in quest'ottica, ha perso alcune delle sue caratteristiche tradizionali che ne facevano un'immagine “ridotta” dell'insegnamento universitario e uno studio preparatorio a una carriera in campo tecnico-scientifico.

Diversi elementi empirici a sostegno di questo cambiamento storico sono riscontrabili nell'evoluzione del curriculum “programmato” di fisica.

Le direttive nazionali dello Stato, da un corpo di contenuti fissi prescritti, hanno assunto sempre più la forma di una cornice didattica e pedagogica in cui sono inseriti i contenuti, ma volta all'orientamento della pratica e delle scelte degli insegnanti. Le più recenti indicazioni



nazionali per l'insegnamento si riferiscono più al valore formativo della fisica, che alle sue potenzialità professionali e alla sua importanza dal punto di vista delle applicazioni e degli utilizzi sociali. A fatica – abbiamo osservato – si è affermata anche l'idea di un valore culturale della fisica, specialmente per quel che riguarda le sue relazioni con gli altri saperi. Questo è indice non tanto della richiesta di un nuovo approccio al suo insegnamento, talmente sono interpretabili e marginali le concessioni dei più recenti “programmi”, quanto di una diversa idea dei saperi scolastici, visti sempre più come parti di un unico progetto formativo e culturale, sicuramente diverso da quello dei primi decenni di vita del liceo scientifico. Anche gli autori di testi, tra gli anni Sessanta e Settanta, testimoniano una maturazione di questa consapevolezza, parlando, ad esempio, di rinnovamento dell'insegnamento scientifico, dando segni di una riflessione pedagogica che sempre più accompagna la didattica delle discipline scolastiche, e fornendo nuovi strumenti testuali per dare senso pedagogico a un'immagine più culturale e formativa della fisica.

Questi elementi mancavano, per buona parte, tra gli autori dei manuali della prima metà del secolo scorso, e i cambiamenti sociali della scuola e del mondo economico sono stati, da questo punto di vista, fondamentali.

A tal proposito, sono indicative le affermazioni citate di uno degli autori fondamentali di testi di fisica – Ugo Amaldi – che per via della sua stessa storia (della sua famiglia in particolare) ha attraversato e osservato questo passaggio “epocale” della scuola e del sapere scientifico; nel presentare le edizioni ammodernate dei più longevi testi di fisica dei licei italiani era chiaro, all'autore e all'editore, il ruolo della massificazione della scuola, con tutto l'insieme di corollari che questo comportava: un progetto di un'educazione e una cultura scientifiche più ampio, la necessità di una più vasta classe di risorse e canali per l'apprendimento, un nuovo modo di mettere in relazione la fisica con il mondo e l'esperienza degli individui.

A questa lettura, che mette in luce una cesura storica nel mondo dell'educazione scientifica e della scuola, se ne accosta un'altra maggiormente “continuista”: nonostante la progressiva modifica di un modo tradizionale e accademico di intendere la fisica per i licei, alcuni suoi tratti caratteristici sono sopravvissuti fino a tempi recenti e hanno attraversato indenni l'evoluzione del mondo sociale e del canone dell'educazione scolastica.

Dalle considerazioni con cui abbiamo chiuso il capitolo precedente, si deduce che è in parte vero quanto hanno affermato i documenti internazionali esaminati, ovvero che la scienza scolastica è ancora strutturata come lo era più di mezzo secolo fa, per un'istruzione con delle finalità e dei valori ben diversi, nonostante i drastici mutamenti dei saperi e della società intercorsi negli ultimi decenni. Si sono viste, in più punti dell'analisi dei manuali, quali sono

le caratteristiche di tale concezione della fisica nella scuola e su quali fronti ci sono stati, invece, alcuni rilevabili cambiamenti.

Il confronto con alcuni casi di origine anglosassone – che, anche implicitamente, è stato fondamentale per comprendere le specificità italiane – dimostra quanto l’immagine della fisica che emerge dal curriculum dei licei non sia un’innocua fotografia del sapere così come detenuto dalle università e dalla comunità scientifica, quanto il risultato di un insieme di fattori specifici: la cultura degli autori di testi, la struttura del sistema italiano d’istruzione secondaria, il rapporto con le ricerche pedagogiche e scientifiche, la presenza di associazioni e canali professionali per gli insegnanti, e altri ancora.

C’è stato comunque – si diceva, in termini grossolani – un passaggio da una “scienza per il lavoro”, e una formazione liceale per le classi dirigenti (anche tecnico-scientifiche), a una scienza, almeno nelle intenzioni, “per la cultura” e per un’educazione scolastica moderna e inclusiva. Tuttavia, si sono individuati diversi limiti per una finalità culturale, e “liberale”, delle scienze nei licei italiani. L’indice principale che abbiamo utilizzato per comprendere in che misura i testi e i programmi hanno tentato di costruire un’immagine della fisica rilevante dal punto di vista educativo, contestualizzata nella cultura e nel sapere contemporaneo, è stato, il rapporto con le ricerche di storia e filosofia della scienza, le quali hanno ben compreso l’importanza culturale e conoscitiva del sapere scientifico, e il loro utilizzo didattico. Una maggior disposizione dei manuali e dei programmi a stabilire un tal genere di relazioni interdisciplinari è parte di quel progetto complessivo di rinnovamento dell’educazione scolastica e di ammodernamento del canone dei licei.

I segni di cambiamento, da questo punto di vista, sono stati deboli ma crescenti nel tempo. Le indicazioni derivanti dalle politiche educative sono state oscillanti su questa questione e, per motivi didattici comprensibili, il problema è sempre stato demandato al concreto lavoro delle scuole, alla professionalità e alla preparazione culturale degli insegnanti. Sviluppi più concreti si sono individuati per quanto riguarda i manuali. Anche in questo caso, a un ripensamento generale degli strumenti e delle strutture testuali hanno fatto da controparte un’omogeneità della fisica nella scuola e una sua resistenza a una profonda riformulazione a fini pedagogici.

In sostanza, dunque, il curriculum di fisica non ha attraversato un cambiamento inequivocabile da una scienza accademica – tradizionale, specialistica, assertoria e de-contestualizzata – a una disciplina per una vera e propria alfabetizzazione scientifica dal valore eminentemente formativo e valida per una scuola “democratica”.

Se si guarda come sono cambiati gli stili comunicativi, le intenzioni espresse dagli autori e la diversità di strumenti didattici elaborati, appare chiaro che la fisica dei testi odierni non è più

solo quell'insieme di leggi, tecniche sperimentali e applicazioni tecniche che si trovava nei manuali, all'incirca fino agli anni Settanta.

Soprattutto il rapporto con le tecnologie e con il lato applicativo della fisica, ci è parso, rivela un'importante revisione delle finalità pedagogiche della fisica. Nel capitolo IV si è cercato di mostrare come da una "fisica per il progresso tecnico", dove le tecnologie più importanti per le professioni tecniche e le più note applicazioni della disciplina rivestivano un ruolo non trascurabile, si sia giunti a una fisica per i fenomeni e gli oggetti della vita quotidiana. Un punto interessante è che una "fisica per la vita quotidiana", nell'età dell'informazione e della multimedialità, ha significato anche una fisica dei fenomeni più spettacolari o delle tecnologie avanzate (navicelle spaziali, computer, satellitari, bombe all'idrogeno e quant'altro), che hanno un grande significato nel mondo contemporaneo e per gli studenti, ma non sono certo riconducibili a una conoscenza di base e allo sviluppo di effettive capacità di mettere all'opera le competenze disciplinari. E' quindi vero, in questo senso, che la disciplina così come intesa nella formazione tradizionale si è incrinata; maggiore si è fatta la distanza dal mondo delle professioni e da quella fisica per il progresso ormai perduta anche nell'immaginario collettivo.

L'evoluzione dei manuali di fisica, dunque, è indicativa dell'impatto che i mutamenti storici descritti hanno avuto sulle basi del curriculum. Come ben discusso nel primo capitolo, soprattutto i temi della crisi delle vocazioni scientifiche e delle attitudini verso la scienza hanno catturato le attenzioni degli esperti negli ultimi vent'anni. Nonostante sia riconoscibile un diverso significato pedagogico per la fisica liceale attuale, e il suo inserirsi in un ideale formativo più "liberale" e non-vocazionale, la finalità economica dell'educazione scientifica è, oggi più che mai, ritenuta di primaria importanza. Non solo i problemi e le specificità dell'odierno contesto storico rendono urgente una tale declinazione della formazione scientifica; potremmo spingerci ad affermare che è forse proprio una coscienza della perdita di quel legame diretto della scienza scolastica con le carriere scientifiche a dare priorità politica al valore economico dell'istruzione scolastica.

Da questo punto di vista, appare perciò quasi contraddittoria questa specie di rinuncia della fisica liceale a formare direttamente le basi per una classe di professionisti in campo tecnico-scientifico. In realtà non si tratta di una rinuncia ma, appunto, di una nuova e più ampia concezione di rilevanza della scienza per l'individuo e di formazione culturale.

Nel primo capitolo, abbiamo espresso, inoltre, una valutazione sul problema delle vocazioni scientifiche e sulla sua difficile lettura nel caso italiano. Posto che vi sia una carenza di esperti in campo tecnico-scientifico, ci sono tante ragioni per ritenere che questa non sia così

facilmente riconducibile al problema delle scienze scolastiche, ma che faccia parte, invece, di un processo più grande che comprende gli investimenti nella ricerca, la formazione universitaria, il mercato del lavoro e gli equilibri globali in campo scientifico-tecnologico. Ammesso questo, non è certo biasimabile l'attenzione rivolta da alcuni gruppi politico-accademici ai metodi di insegnamento delle scienze e alle risorse scolastiche, nonostante rimanga tutta da dimostrare la relazione di questi con il problema globale delle carriere scientifiche.

I manuali, tuttavia, sono andati alla radice del problema che accompagna la crisi delle vocazioni: le attitudini verso la scienza e l'immagine della ricerca scientifica comunicata. Nuovi stili editoriali, un linguaggio modificato e vari strumenti testuali hanno cercato di rispondere alla perdita di motivazioni e interessi degli studenti verso le scienze. Anche su questa questione, abbiamo espresso un certo scetticismo sulle evidenze empiriche riguardanti il rapporto degli studenti con le materie scientifiche, o perlomeno sul peso delle discipline scolastiche stesse su una disaffezione degli studenti verso il sapere scientifico. I testi, tuttavia, hanno certamente accolto alcune evidenze e tendenze su tale tema, rispondendo, come ampiamente discusso, sul piano del tipo di riferimenti ed esempi a cui ricorrere nella didattica della fisica, e su quello dei nuovi stili grafici ed espressivi, arricchendo i manuali con sempre più nuove risorse e tattiche comunicative.

Il concetto di rilevanza delle scienze, analizzato e articolato nel capitolo IV, è alla base sia del problema attitudinale, che della questione di una scuola di massa e di un'educazione scientifica generalizzata. Infatti, solo per una massa di studenti dalle più svariate capacità e propensioni, in un quadro meno positivo di supporto pubblico alla scienza, in un periodo in cui il sapere scientifico è fondamentale, ma al contempo sempre più complesso e distante dall'esperienza comune, vanno definiti un nuovo concetto di rilevanza degli studi scientifici e delle finalità più inclusive per la pedagogia delle scienze. I manuali hanno assunto alcuni caratteri riconducibili a un nuovo senso di utilità ed efficacia delle scienze scolastiche, che appare lontano da quello che i manuali antecedenti agli anni Ottanta comunicavano.

Anche le ricerche storico-filosofiche e la loro applicazione didattica hanno toccato il tema della rilevanza del sapere scientifico, dandone una definizione culturale di contributo all'immagine del mondo e dell'uomo. Nei testi di fisica questa declinazione ha avuto una certa diffusione – per gli esempi esaminati, tra gli anni Ottanta e Novanta – grazie a certi autori e a certe scelte editoriali. Negli ultimi anni, il concetto di rilevanza culturale degli studi scientifici e la sua genuina dimensione interdisciplinare sono finiti in secondo piano, soppiantati dal nuovo linguaggio “multimediale” e da strategie didattiche che fanno leva su

quanto è, in apparenza, più lontano dalla conoscenza scientifica formale (per esempio, il mondo degli studenti e l'esperienza quotidiana).

Un diverso equilibrio tra i nuovi elementi dei testi e l'impianto tradizionale delle conoscenze – ripetiamolo – non ha intaccato profondamente la fisica così come viene proposta per i licei italiani.

Alcune peculiarità di questa resistenza del curriculum di fisica al cambiamento sono emerse nello studio del problema della differenziazione pedagogica tra livelli formativi e indirizzi scolastici. Tale questione ci permette di rispondere al problema principale della finalità culturale del sapere scientifico e, soprattutto, alla sua implementazione concreta in un progetto di alfabetizzazione scientifica per tutti, al centro delle ricerche internazionali esaminate.

Soprattutto nell'analisi dei programmi, si è brevemente illustrato il problema dei bienni e della costruzione di una scienza trasversale a tutti gli indirizzi all'interno del ciclo formativo dell'obbligo. Non esiste nel sistema italiano lo spazio curricolare per tale declinazione pedagogica di una "scienza per tutti": lo dimostrano la struttura articolata della scuola superiore, le differenze curricolari e pedagogiche che questa comporta per il sapere scientifico, i valori e le scelte che guidano gli autori di testi, così come gli estensori dei programmi scolastici.

La fisica per il biennio del liceo scientifico non è intesa né dai testi, né dalle indicazioni nazionali come disciplina imprescindibile adatta anche alla formazione generale e culturale, ma appare semplicemente come propedeutica alla fisica di un particolare percorso caratterizzante e selettivo. Nell'esame dei manuali, si sono visti tali caratteri propedeutici della fisica per il biennio, a cui vanno aggiunte la scarsa contestualizzazione storico-culturale – una strategia ritenuta più opportuna per il triennio – e l'assenza in tutti gli altri indirizzi liceali della fisica quale fondamento di un'alfabetizzazione scientifica di base.

Dopo aver discusso questi problemi generali nel primo capitolo, abbiamo fornito più elementi empirici per affermare che l'idea di un'alfabetizzazione scientifica trasversale e "liberale", dunque non preparatoria e specifica di un particolare orientamento formativo, non è contemplata, né praticabile nel sistema d'istruzione secondaria italiano.

Anche la scarsa differenziazione del curriculum tra i due principali indirizzi liceali ha, nel sistema scolastico italiano, una sua specifica ragione pedagogica. Da una parte, nuovamente, va osservata la concezione accademica, pre-universitaria, della fisica liceale; dall'altra, vi è una peculiarità educativa e culturale che pone la fisica della scuola italiana in una situazione inedita in altri sistemi scolastici in cui sono formulati molti problemi generali

dell'innovazione pedagogica e delle riforme dell'educazione scientifica. Immaginando, a fini esplicativi, un modello "astratto" di scuola secondaria comprensiva (assimilabile a diversi sistemi reali, specialmente dei paesi anglosassoni), si può illustrare in che modo le questioni della diversificazione dei bienni e dei trienni specialistici siano riconducibili a quest'unica peculiarità strutturale dei sistemi educativi.

In un sistema comprensivo di istruzione secondaria, in cui magari vige anche un principio di scelta di insegnamenti opzionali, vi è un forte accento sulla trasversalità dell'educazione fino al raggiungimento dell'obbligo, a cui corrisponde una più marcata differenziazione e personalizzazione dei percorsi terminali della formazione scolastica. Questo è, come detto, il caso dell'istruzione secondaria inglese, in cui al *General Certificate of Secondary Education*, obbligatorio, segue il cosiddetto *General Certificate of Education/Advanced-level* in un certo numero di discipline, pre-requisito alla formazione universitaria.

Il sistema italiano non prevede né una diversificazione così accentuata tra le due fasi dell'istruzione, né un carattere così vincolante (rispetto agli studi terziari) per il corso di studi terminale, nonostante questo sia strutturato in indirizzi alternativi basati su canoni formativi diversi.

Nel caso italiano, il sistema dei bienni è già per sua natura ben diversificato e non è basato essenzialmente su un'educazione scientifica comune. La fisica non rappresenta, perciò, una disciplina che faccia parte del canone dell'educazione per tutti, né quindi il sapere fondamentale alla base di un'educazione scientifica generale e trasversale. Diverse ragioni pedagogiche e filosofiche ci spingono a ritenere questa scelta culturale discutibile, alla luce delle caratteristiche disciplinari della fisica e, a maggior ragione, per le sue componenti interdisciplinari e formative che abbiamo esaminato in questa ricerca.

Come già affermato, a una natura parzialmente "selettiva" dei bienni, si aggiunge un'omogeneità pedagogica dei trienni dei licei italiani. Nonostante talvolta sia stato proposto, in modo piuttosto generale, un principio di diversità pedagogica per la fisica dei licei, i trienni liceali non possono operare delle scelte radicalmente alternative nei confronti del sapere scientifico, ad esempio diversificando in modo netto, dal punto di vista pedagogico, la fisica di un indirizzo umanistico da quella di uno scientifico. Entrambi gli indirizzi scolastici, infatti, hanno un'impronta "accademica" (come gli *A-levels* inglesi), ma senza precludere le possibili scelte successive al diploma di maturità. Un punto determinante, dunque, è il seguente: non è possibile prevedere, per così dire, la ripartizione delle vocazioni scientifiche tra i diversi canali dell'istruzione secondaria e, quindi, assegnare a priori orientamenti verso la scienza già definiti e alternativi. Nel caso dei due licei principali, rimangono perciò

fondamentali, sebbene maggiormente implicite e indirette, le esigenze di preparare gli studenti alla formazione scientifica avanzata. Si è detto che il liceo classico è stato per molti anni il canale principale di formazione dei futuri esperti scientifici e, anche se oggi il suo apporto alle facoltà di scienze si è ridotto di molto, ciò non comporta, nel complesso, una sua scarsa rilevanza per le vocazioni e le professioni scientifiche. Un problema diverso, ma al centro della questione accennata del canone culturale della scuola secondaria, è quanto sia il sapere scientifico e la qualità della sua didattica a sostenere l'importanza per le scienze del liceo classico.

Da questo ragionamento, si deduce comunque l'impossibilità di strutturare i corsi di scienze nei licei secondo dei metodi e delle scelte pedagogico-culturali troppo diversificate, così come viene fatto attraverso particolari curricula (ne abbiamo citati e esaminati alcuni) nelle scuole secondarie e nei *college* di alcuni paesi di lingua inglese. La nostra ipotesi, emersa nel capitolo precedente, sostiene che questa sia la ragione "sistemica" e pedagogica fondamentale che preclude la possibilità di costruire nei licei una *literacy* scientifica così come tematizzata da alcune ricerche educative; questa difficoltà ha un peso decisivo nel limitare la portata culturale e il grado di contestualizzazione storico-filosofica delle scienze scolastiche dei licei e, quindi, la validità di programmi innovativi come il vecchio *PPC* di Harvard o i corsi inglesi basati su una *literacy* scientifica generale.

Concetti pedagogici come quelli di alfabetizzazione scientifica, rilevanza, motivazione, contestualizzazione e interdisciplinarietà, sulla base dei quali abbiamo esplorato alcuni tratti dei manuali di fisica, richiedono perciò una "critica" e una revisione della fisica accademicamente intesa. La realizzazione di un progetto culturale più ampio per la fisica della scuola richiede l'accettazione di alcuni principi di differenziazione pedagogica e, insieme, di uniformità per la scuola dell'obbligo, o in una forma compatibile con le peculiarità del sistema scolastico italiano, o intervenendo, cosa attualmente poco immaginabile, su una radicale revisione del sistema stesso.

La proposta di una *literacy* scientifica così riformulata per il sistema liceale italiano e, soprattutto, di un ruolo centrale della fisica per un tale progetto di educazione scientifica solleva anche il problema del rapporto tra un curriculum rinnovato e generalizzato con l'impianto contenutistico tradizionale dell'istruzione scientifica.

In merito a tale "dilemma", abbiamo discusso criticamente, specialmente alla fine del precedente capitolo, una posizione che vede l'insegnamento delle scienze in Italia sottoposto a un processo di continua de-qualificazione, in cui, addirittura, le influenze della pedagogia e delle scienze dell'educazione hanno giocato un ruolo decisivo e, si potrebbe aggiungere,

rispetto al quale anche il rapporto con i riformismi e le ricerche dei paesi anglofoni ha un effetto deleterio. In Italia, questa posizione si ritrova, nel dibattito pubblico, nelle opinioni di alcuni insegnanti e in alcuni intellettuali interessati ai problemi educativi.

Per la fisica, è in parte vero che la disciplina, come tradizionalmente insegnata, ha subito delle modifiche non irrilevanti. Dal presente esame del curriculum di fisica, tuttavia, non si deduce una vera e propria de-qualificazione dell'insegnamento della fisica, un suo impoverimento concettuale, o un suo snaturamento sulla base di qualche teoria pedagogica, come alcuni hanno sostenuto per l'effetto dell'insiemistica sulla matematica o del costruttivismo e dell'attivismo sulle scienze naturali. Abbiamo anche sostenuto, attraverso l'approccio *HPS*, che esiste un corpo di conoscenze su cui fare affidamento per rinnovare e insieme qualificare la scienza nella scuola.

Se la fisica della scuola italiana rimane, per buona parte, una disciplina accademicamente strutturata, non poi così diversa da quella insegnata qualche decennio fa entro una scuola e una società diverse, e se il canone dei licei fa di questo accademismo e della scarsa innovazione pedagogica un punto di forza dell'istruzione scolastica, rimane da comprendere meglio, allora, il significato delle valutazioni negative delle indagini internazionali. Queste vanno forse riviste e confrontate alla luce di valutazioni nazionali e di criteri di giudizio, per così dire, interni al canone delle scuole italiane. I negativi risultati culturali e di apprendimento per la scuola italiana – a cui solo sporadicamente abbiamo voluto far riferimento – vanno messi in relazione con il piano concreto dei metodi didattici, della qualità degli insegnanti e delle risorse scolastiche. E' proprio in questi fattori – che abbiamo deliberatamente messo in secondo piano in questa ricerca storico-filosofica sul curriculum – che si devono individuare, forse, alcune criticità principali per l'insegnamento delle scienze in Italia, nel confronto con altri paesi.

Deve essere, evidentemente, l'insieme di questi elementi a far sì che l'Italia abbia una posizione considerevolmente più bassa in tutte le valutazioni internazionali – se di queste ci possiamo fidare – rispetto, per esempio, a quei paesi dove realmente la ricerca e le scienze dell'educazione hanno un ruolo importante e un'influenza diretta su insegnanti, curricula e politiche nazionali. Proprio in tali paesi, come l'Inghilterra e gli Stati Uniti, sono continuamente prodotti nuovi curricula e nuovi approcci pedagogici, dai più prorompenti, come i progetti americani di quarant'anni fa, a quei programmi attualmente oggetto delle critiche anti-pedagogiche più conservatrici. Questo deve far riflettere, nonostante le profonde diversità che abbiamo messo in evidenza, sulle caratteristiche dell'istruzione scolastica e delle scienze insegnate.



Dunque, lo studio comparato dell'educazione scientifica è fondamentale per comprendere, nel bene e nel male, le qualità dell'insegnamento delle scienze in Italia, nonostante le specificità contestuali e nazionali pongano dei seri limiti alle proposte e ai discorsi che popolano il dibattito internazionale sull'educazione scientifica. Tuttavia dobbiamo riconsiderare più a fondo questi discorsi e queste proposte se vogliamo comprendere come e perché cambiare l'educazione scientifica. L'analisi del sapere insegnato e il quadro problematico di questa ricerca può suggerire, in parte, alcune ragioni e scelte per effettuare un certo tipo di cambiamento. All'interno di questa immagine del curriculum e dell'educazione scientifica, inoltre, si può comprendere più a fondo il ruolo delle altre componenti pedagogiche del cambiamento, come gli insegnanti, insieme ai punti di forza e alle criticità dell'insegnamento scientifico in Italia.

## **APPENDICE 1.**

### **Diversità del curriculum di scienze nella scuola secondaria di secondo grado: un confronto tra i quadri orari**

L'esame dei quadri orari dei diversi indirizzi liceali e degli istituti tecnici, nell'ambito della nuova struttura (2010) della scuola secondaria di secondo grado, evidenzia innanzitutto le disparità a livello di biennio, per cui sarebbe richiesta uniformità educativa in ragione dell'obbligo scolastico esteso. Questo vale almeno nel caso della Fisica, se si assume che questa possa rappresentare per i vari indirizzi il pilastro disciplinare di un'educazione scientifica di base e uniforme.

Un'educazione scientifica estesa a tutti i bienni avviene invece nell'ambito delle scienze naturali integrate. Una necessaria comparazione con i diversi trienni, però, suggerisce che per il primo livello biennale d'insegnamento si stabiliscono implicitamente delle finalità e una portata divergenti in vista dell'educazione scientifica fortemente eterogenea che caratterizzerà il corso triennale dei vari indirizzi: nel numero di ore per quanto riguarda i Licei, nel tipo di insegnamenti forniti, nel caso dei Tecnici.

Per la Fisica:

solo i licei scientifici e tecnologici presentano un insegnamento biennale, che sarà propedeutico a un triennio specifico della disciplina (1.1.). Nel caso dei Tecnici (1.2.), l'insegnamento di scienze integrate comporta una diversa caratterizzazione, più sperimentale e coordinata con la chimica, a cui non seguirà un curriculum triennale specialistico, a parte degli insegnamenti di chimica applicata a vari ambiti.

Per tutti gli altri licei compare solo l'insegnamento triennale di Fisica, senza le basi del biennio (1.3.); ma, appunto, la questione è: quanto sono diversificati, nella sostanza e nel metodo, i curricula triennali di fisica tra lo Scientifico e gli altri licei? I testi mostrano che la risposta a questa domanda è "poco", o "niente".

Per le altre scienze: le scienze integrate, che vengono d'altra parte distribuite negli anni secondo le tradizionali divisioni disciplinari, rappresentano l'unico candidato al biennio uniforme di base, a cui segue anche un triennio abbastanza omogeneo nel caso dei licei (1.4.). Nei Tecnici, a un biennio di scienze naturali integrate (1.5.), segue un triennio senza alcun insegnamento scientifico di base, ma fortemente caratterizzato da materie tecniche, applicative e di indirizzo (1.6.). "Scienze naturali" dovrebbe esaurire tutta l'educazione scientifica di base degli Istituti Tecnici insieme a fisica-chimica le quali, però, devono invece preparare, coordinando insieme le attività laboratoriali del biennio, alle materie e alle competenze tecniche dei differenti trienni.

### 1.1. FISICA NEI BIENNI (ore annuali totali)

<b>INDIRIZZI</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
Liceo Artistico	--	--
Liceo Scienze Sociali	--	--
Liceo Linguistico	--	--
Liceo Musicale	--	--
Liceo Classico	--	--
Liceo Scientifico (e opz. Applicate)	66	66
Istituti Tecnici I*	66	--
Istituti Tecnici II**	99	99

\* Indirizzi settore economico: amministrazione, finanza, marketing, turismo.

\*\* Indirizzi settore tecnologico: meccanica e mecatronica, elettronica e elettrotecnica, trasporti e logistica, informatica e telecomunicazioni, grafica, costruzioni, chimica e biotecnologie, agraria.

### 1.2. FISICA NEI BIENNI DEGLI ISTITUTI TECNICI (ore annuali totali)

<b>INDIRIZZI</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Istituti Tecnici I</b>	66 (scienze integrate/ fisica)	--
<b>Istituti Tecnici II</b>	99 (scienze integrate/ fisica)	99 (scienze integrate/ fisica)

### 1.3. FISICA NEI TRIENNI DEI LICEI (ore annuali totali)

<b>INDIRIZZI LICEALI</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Artistico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Scienze Umane</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Linguistico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Musicale</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Classico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Scientifico</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>
<b>Scientifico (scienze applicate)</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>

### 1.4. SCIENZE NATURALI NEI LICEI (chimica, biologia, scienze della terra) (ore annuali totali)

<b>INDIRIZZI LICEALI</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Artistico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>(66)*</b>	<b>(66)*</b>	<b>-</b>
<b>Scienze Umane</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66**</b>	<b>66**</b>	<b>66**</b>
<b>Linguistico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Musicale</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Classico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<b>Scientifico</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>
<b>Scientifico (scienze applicate)</b>	<b>99</b>	<b>132</b>	<b>165</b>	<b>165</b>	<b>165</b>

\* Presenti solo in alcuni indirizzi

\*\* Per indirizzo economico, “scienze naturali” non è presente nel triennio

**1.5. ALTRE SCIENZE NEI BIENNI DEI TECNICI (ore annuali totali)**

<u>INDIRIZZI</u>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Istituti Tecnici I</b>	<b>66</b> <b>(scienze naturali)</b>	<b>66</b> <b>(scienze naturali)</b>
<b>Istituti Tecnici II</b>	<b>66</b> <b>(scienze naturali)</b> <b>99</b> <b>(scienze integrate/ chimica)</b>	<b>66</b> <b>(scienze naturali)</b> <b>99</b> <b>(scienze integrate/ chimica)</b> <b>99</b> <b>(scienze e tecnologie applicate)</b>

**1.6. ALCUNE MATERIE TECNICO-SCIENTIFICHE: ESEMPI DI ORARI ALTERNATIVI PER DIVERSI INDIRIZZI TECNICI NEL TRIENNIO (ore annuali totali)**

<b>INSEGNAMENTI</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Meccanica, macchine e energia</b>	<b>132/165</b>	<b>132/165</b>	<b>132/165</b>
<b>Elettrotecnica, elettronica, automazione</b>	<b>66/231</b>	<b>66/198</b>	<b>66/198</b>
<b>Chimica organica e biochimica</b>	<b>165/132</b>	<b>165/132</b>	<b>99/132</b>
<b>Biologia, microbiologia,...</b>	<b>198/132</b>	<b>198/132</b>	<b>198/132</b>
<b>Biotecnologie agrarie</b>	<b>--/66</b>	<b>66/66</b>	<b>99/--</b>
<b>Telecomunicazioni</b>	<b>99/198</b>	<b>99/198</b>	<b>--/198</b>

## APPENDICE 2.

### Programmi di studio per la fisica

#### 2.1. Programma di fisica del liceo scientifico di ordinamento (1952-2010)

<p>III Classe</p> <p><u>Meccanica</u>: concetti di velocità e accelerazione (scalari e vettoriali), tipi di moto, forze e equilibrio, le tre leggi di Newton, concetti di massa e peso, gravitazione e moti connessi (piano inclinato, proiettili,...), concetti di lavoro e potenza, energia e conservazione, attrito e resistenze del mezzo, moto nei fluidi e concetto di pressione.</p>
<p>IV Classe</p> <p><u>Termologia</u>: temperatura e termometri, quantità di calore, calore specifico, dilatazione termica nei solidi e nei liquidi, equazione caratteristica dei gas perfetti, temperatura assoluta, cambiamenti di stato, 1° principio della termodinamica, equivalente meccanico della caloria, cenni sul 2° principio.</p> <p><u>Acustica</u>: vibrazioni sonore e loro propagazione, velocità del suono, altezza e intensità di un suono semplice, timbro, eco, risonanza, interferenza.</p> <p><u>Ottica</u>: luce e sua propagazione, riflessione, specchi piani e specchi sferici, rifrazione e riflessione totale, lastre e prismi, lenti e costruzione delle immagini relative, colori, dispersione della luce, spettro e cenni sui raggi infrarossi e ultravioletti, cenni sulla velocità della luce e sulla sua natura ondulatoria, frequenza e lunghezza d'onda.</p>
<p>V Classe</p> <p><u>Elettricità e Magnetismo</u>: cariche elettriche e loro mutue azioni, legge di Coulomb, conduttori ed isolanti, principali fenomeni di elettrostatica. Poli magnetici e legge di Coulomb per il magnetismo, calamite e campo magnetico terrestre. Corrente elettrica, elettrolisi, legge di Ohm, calore prodotto dalla corrente.</p> <p>Campo magnetico prodotto da una corrente, induzione elettromagnetica. La corrente nei gas, raggi catodici e raggi X. Cenni sui fenomeni di radioattività. Cenni sulle onde elettromagnetiche e sulla teoria elettromagnetica della luce. Cenno sulla costituzione della materia: molecole, atomi, nuclei, elettroni.</p>

**2.2.** Applicazioni tecniche prescritte dal programma di fisica del liceo scientifico di ordinamento (1952-2010)

Macchine semplici (bilancia)  
Moto di un solido in un fluido (navi, dirigibili e velivoli)  
Fonografo  
Motori termici  
Strumenti ottici più comuni  
Condensatori  
Macchine elettrostatiche  
Bussola  
Pila di Volta  
Applicazioni del campo magnetico e del calore prodotti da una corrente  
Telefono  
Alternatori, motori, dinamo e trasformatori statici  
Cenni su produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica  
Raggi catodici e raggi X  
Radiotelegrafia e radiotelefonìa

**2.3.** Programma di fisica per i trienni dei licei classico e scientifico secondo i piani di studio della Commissione Brocca

Liceo scientifico/scientifico-tecnologico	Liceo classico
Tema n° 1 – Fondamenti della meccanica	Tema n° 1 – Interazioni gravitazionali
Tema n° 2 – Forze e campi (Parte I e II)	Tema n° 2 – Interazioni elettromagnetiche
Tema n° 3 – Oscillazione e onde	Tema n° 3 – Quanti, materia, radiazione
Tema n° 4 – Termodinamica e modelli statistici	Tema n° 4 – Relatività
Tema n° 5 – Quanti, materia, radiazione	Tema n° 5 – Astrofisica e cosmologia
Tema n° 6 – Relatività	
Tema n° 7 – Universo fisico	

### APPENDICE 3.

#### Indici di alcuni manuali di fisica

3.1. Indice della sezione conclusiva – di fisica atomica – del testo di Silva (1963).

Il problema della fisica atomica Sostanze radioattive
<b>COSTITUZIONE DELL'ATOMO</b>
Atomo e suo complesso Regione periferica
<b>IL NUCLEO ATOMICO</b>
Il nucleo atomico Il modello atomico
<b>TRASFORMAZIONI ATOMICHE</b>
Le trasformazioni atomiche Massa e energia Cenni di relatività ristretta

3.2. Capitolo che differenzia la trattazione dell'Acustica tra Amaldi (1997, II) e Caforio-Ferilli (2001, II), manuali, rispettivamente, per il liceo scientifico e per quello classico.

<b>Amaldi (1997): Le onde armoniche</b>	<b>Caforio-Ferilli (2001): Propagazione delle onde</b>
Onde periodiche (equazione)	Riflessione
Caratteristiche delle onde (grandezze tipiche)	Rifrazione
La velocità di un'onda	Diffrazione
L'energia di un'onda	Principio di Huygens
Principio di sovrapposizione	Interpretazione teorica dei fenomeni di propagazione visti
L'interferenza	Interferenza
Il principio di Huygens	Onde stazionarie



### 3.3. Confronto dei contenuti dell'Acustica tra Amaldi (1970, 1972) e Amaldi (1997).

#### Amaldi (1970-1972)

Introduzione al concetto di onda (pp. 5/6)

- la propagazione per onde
- onde elastiche/ onde elastiche periodiche
- onde longitudinali e trasversali

Acustica

- onde acustiche/ suono/velocità del suono/ udibilità/lunghezza d'onda/caratteri distintivi (pp. 8)
- propagazione del suono: riflessione (eco), risonanza, interferenza, battimenti, effetto Doppler (pp. 9)
- note e scale musicali, diapason normale, corde vibranti e suoni armonici, strumenti musicali, voce e udito, decibel (pp. 7)

Applicazioni

- il grammofono, sondaggio acustico, acustica architettonica, ultrasuoni (pp. 4)

#### Amaldi (1997)

Introduzione al concetto di onda

- oscillatore armonico (con equazione oraria)/oscillatore smorzato/ oscillatore forzato/risonanza/formazione e propagazione delle onde/onde trasversali e longitudinali/fronti d'onda (un capitolo, pp. 15)
- onde periodiche (equazione)/ caratteristiche onde/ velocità, energia e potenza di un'onda/ sovrapposizione/interferenza/principio di Huygens (un capitolo, pp. 14)

Il suono (capitolo)

- onde sonore/velocità in mezzi diversi/udibilità/caratteri distintivi/analisi e sintesi armonica/riflessione (eco)/onde stazionarie(modi normali e frequenza), battimenti (con equazione)/effetto Doppler (due casi) (pp. 20)
- note e scale musicali, inquinamento acustico (lettura di approfondimento)

### 3.4. Indice complessivo di Caforio-Ferilli (2010) per il biennio del liceo scientifico.

#### Introduzione alla fisica

- La misura: il fondamento della fisica
- Elaborazione dei dati in fisica
- Gli spostamenti e le forze: grandezze vettoriali

#### Le forze e l'equilibrio

- L'equilibrio dei solidi
- L'equilibrio dei fluidi

#### Il movimento e l'energia

- Il moto rettilineo
- I principi della dinamica
- La composizione dei moti
- Il moto circolare uniforme e il moto armonico
- Il lavoro e l'energia

#### Fenomeni termici

- La temperatura
- Il calore
- I cambiamenti di stato della materia
- La conservazione dell'energia nei sistemi termodinamici

#### Fenomeni luminosi

- Onde e luce
- L'ottica dei raggi

**3.5.** Confronto tra l'indice generale di Amaldi (1972, I) e Marazzini (1972, I). In corpo normale sono riportate le sezioni interne dei capitoli (quando presenti).

Amaldi

Che cosa è la Fisica

Misure e errori di misura

Leggi della Fisica e loro rappresentazione

MECCANICA

Generalità

Cinematica

Statica (equilibrio delle forze nelle macchine)

Dinamica (esempi di problemi dinamici, lavoro ed energia)

Gravitazione

Costituzione e proprietà della materia

Meccanica dei fluidi (statica dei liquidi, statica dei gas, dinamica dei fluidi)

Marazzini

Premesse ad un discorso sulla fisica

Cinematica

Primo e secondo principio della dinamica

Conservazione della quantità di moto

Lavoro e potenza

Energia

Applicazione dei principi della dinamica. Il moto armonico

Il moto planetario

Sistemi di riferimento e forze inerziali

Dinamica e statica del corpo rigido

Struttura e proprietà delle sostanze solide, liquide e gassose

Statica e dinamica dei fluidi

## **APPENDICE 4.**

### **Alcuni approfondimenti proposti dai manuali di fisica**

#### **4.1. Schede di lettura in Amaldi (1983, 1984)**

##### Vol. I

- 1.** Il sapere, le scienze e la fisica
- 2.** Regolarità rotazione terrestre e misura tempo
- 3.** Natura e portata delle leggi fisiche
- 4.** Matematica e fisica
- 5.** I moti dei pianeti, del sole e della galassia
- 6.** Il cemento armato
- 7.** Il problema energetico
- 8.** Il sistema solare e la sua esplorazione
- 9.** Le molecole
- 10.** Le zolle della crosta terrestre
- 11.** I terremoti
- 12.** L'espansione dell'universo
- 13.** L'arcobaleno
- 14.** L'osservazione dell'Universo
- 15.** Il laser

##### Vol. II

- 16.** Il calore terrestre
- 17.** Gas: perfetti, reali, degeneri
- 18.** Il rumore di fondo
- 19.** L'elio e la superfluidità
- 20.** Transizioni di fase e fenomeni critici
- 21.** L'evoluzione stellare
- 22.** Entropia e la freccia del tempo
- 23.** L'energetica dei processi biologici
- 24.** Accuratezza e significato delle leggi di Newton e Coulomb
- 25.** Fenomeni elettrici dell'atmosfera
- 26.** Gli acceleratori di particelle
- 27.** I cristalli
- 28.** La superconduttività
- 29.** Il plasma e la fusione
- 30.** I rivelatori di radiazioni
- 31.** Il sole
- 32.** Il campo magnetico terrestre e i fenomeni magnetici nello spazio interplanetario
- 33.** Pulsar, nane bianche, buche nere
- 34.** Reattori nucleari costruiti/trovati in natura
- 35.** Radiazioni elettromagnetiche dalle onde radio ai raggi gamma
- 36.** Cibernetica, informatica, scienza dei sistemi
- 37.** La teoria della relatività generale
- 38.** Radiochimica, applicata e utilizzo delle radiazioni dei corpi radioattivi
- 39.** Le costanti universali

#### 4.2. Schede di lettura di contenuto storico e filosofico in Amaldi (2007, 2009) e Cutnell-Johnson (2009)

##### Amaldi

##### Che cos'è la scienza?

- Galilei e Feynman: metodo sperimentale e senso delle cose
- La scienza è verificabile: i Neopositivisti.
- La scienza è falsificabile: Popper
- La scienza è basata su paradigmi: Kuhn
- Modelli predittivi e utili

##### Idee della fisica

- L'evoluzione del concetto di forza
- La conservazione dell'energia: da Descartes a Feynman
- Evoluzione della teoria atomica
- Sviluppo storico dell'idea di calore
- Lo sviluppo storico dei modelli sulla luce
- Sintesi, modernità e innovazione: l'idea di campo
- Teoria quantistica e realtà

##### I fisici

- Galileo Galilei e il metodo scientifico
- Isaac Newton
- Albert Einstein
- Enrico Fermi

##### Cutnell-Johnson

##### I fisici

- Galileo Galilei
- Isaac Newton
- Albert Einstein

##### Storia di un'idea

- Il moto da Aristotele a Galileo
- Il moto da Galileo a Newton
- Newton e la scoperta della gravitazione universale
- La natura della luce: onda o corpuscolo?
- L'energia e la sua conservazione
- Primi sviluppi della termodinamica
- La teoria cinetica dei gas da Bernoulli a Boltzmann
- Il campo elettromagnetico
- La teoria della relatività
- Dalla meccanica classica alla meccanica quantistica
- Il modello atomico da Rutherford a Bohr
- Enrico Fermi: dalla fisica atomica alla fisica nucleare e delle particelle

## BIBLIOGRAFIA

- ABBONA, Francesco, Giuseppe DEL RE, Guglielmo MONACO, a cura di, 2008: *Complessità dinamica dei processi educativi: aspetti teorici e pratici*, Milano: Franco Angeli.
- AGENO, Mario, 2002: 'Alcune considerazioni sull'insegnamento della fisica nelle scuole secondarie'. *Giornale di Fisica*, 43 (2), 105-122.
- AIKENHEAD, Glen S. 1974: 'Course evaluation II: interpretation of student performance on evaluative tests'. *Journal of Research in Science Teaching*, 11 (1), 26.
- AIKENHEAD, Glen S., 1997: 'Exploring Ideologies: STS and HPS'. Presentato alla conferenza dello *International History, Philosophy and Science in Science Teaching Group*, Calgary (Canada), 21-24 giugno.
- AIKENHEAD, Glen S., 2003: 'Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula'. Presentato alla conferenza della *European Science Education Research Association Conference*, Noordwijkerhout (Olanda), 19-23 agosto.
- AIKENHEAD, Glen S., 2005a: 'Research into STS science education'. *Educación Química*. 16, 384-397.
- AIKENHEAD, Glen S., 2005b: *Science for Everyday Life*. New York : Teachers College Press.
- AIKENHEAD, Glen S., Alan G. RYAN, 1992: 'The development of a new instrument: "views on science-technology-society" (VOSTS)'. *Science Education*, 76 (5), 1992, 477-491.
- ALMALAUREA, 2010: *Profilo dei laureati 2009. L'istruzione universitaria nell'ultimo decennio. All'esordio della European Higher Education Area*. [[http://www.almalaurea.it/universita/profilo/profilo2009/premessa/pdf\\_indice.shtml](http://www.almalaurea.it/universita/profilo/profilo2009/premessa/pdf_indice.shtml)]; consultato in data 10/12/10].
- AMALDI, Ugo, 1999: *Cinquant'anni di Amaldi : il secondo principio della termodinamica nelle edizioni dal 1952 al 1998*. Bologna: Zanichelli.
- ARONS, Arnold B., 1992: *Guida all'insegnamento della fisica*. (Trad. e adattamento di G. Melegari) Bologna: Zanichelli. Ed. orig. *A guide to introductory physics teaching*. New York: Wiley, 1990.
- BERNARDINI, Carlo, Carlo TARSITANI, Matilde VICENTINI, a cura di, 1995: *Thinking physics for teaching*. New York: Plenum Press.
- BEVILACQUA, Fabio, 1983: 'Storia della fisica e didattica'. In Id., a cura di, *Storia della fisica: un contributo per l'insegnamento della fisica*. Milano: Franco Angeli.
- BEVILACQUA, Fabio, Enrico GIANNETTO, Michael R. MATTHEWS, a cura di, 2001: *Science Education and Culture*. Dordrecht: Kluwer.
- BLACHOWICZ, James, 2009: 'How Science Textbooks Treat Scientific Method: A Philosopher's Perspective'. *British Journal of Philosophy of Science*, 60 (2), 303-344.
- BORDONI, Stefano, 1995: *Eleveremo questa congettura... : percorso storico verso la teoria della relatività ristretta*. Pavia: La Goliardica Pavese.
- BRUNER, Jerome (1978), *Dopo Dewey: il processo di apprendimento nelle due culture*. (Trad. it. di A. Armando), terza ed., Roma: Armando. Ed. orig. *The process of education*, Cambridge: Harvard University Press, 1960.
- BRUNER, Jerome, 1997: *La cultura dell'educazione: nuovi orizzonti per la scuola*. (Trad. it. di L. Cornalba) Milano: Feltrinelli, 1997. Ed. orig. *The culture of education*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1996.
- BRUSH, Stephen, 1974: 'Should the History of Science Be Rated X? The way scientists behave (according to historians) might not be a good model for students'. *Science*, 183 (4130), 1164-1172.
- BRUSH, Stephen J., 1989: 'History of science and science education'. *Interchange*, 20 (2), 62.
- BYBEE, Rodger, *et al.*, 1991: 'Integrating the history and nature of science and technology in science

- and social studies curriculum'. *Science Education*, 75 (1), 143-155.
- CAMMELLI, Andrea, 2005: 'Physics: from school to the job market. The Italian job market in Physics'. [<http://www.almalaurea.it/en/universita/altro/fisica2005/>; download in data 01/06/10]
- CAMMELLI, Andrea, 2006: 'Le lauree scientifiche e tecnologiche. Dall'accesso all'Università alla prova del mercato del lavoro'. [[http://www.almalaurea.it/universita/altro/lauree\\_scientifiche/lauree\\_scientifiche.pdf](http://www.almalaurea.it/universita/altro/lauree_scientifiche/lauree_scientifiche.pdf); download in data 10/12/10].
- CAMMELLI, Andrea, 2007: 'Caratteristiche e condizione occupazionale dei laureati scientifici', Progetto Lauree Scientifiche, Modena, 16 marzo. [[http://www.almalaurea.it/universita/altro/lauree\\_scientifiche/lauree\\_scientifiche2.pdf](http://www.almalaurea.it/universita/altro/lauree_scientifiche/lauree_scientifiche2.pdf); download in data 31/01/11]
- CAVALLI, Alessandro, Gianluca ARGENTIN, a cura di, 2010: *Gli insegnanti italiani: come cambia il modo di fare scuola : terza indagine dell'Istituto IARD sulle condizioni di vita e di lavoro nella scuola italiana*. Bologna: Il mulino.
- CHIAPPETTA, Eugene, David A. FILLMAN, Godrej H. SETHNA, 1991: 'A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks'. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8), 713-725.
- CINI, Marcello, 1994: *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*. Milano: Feltrinelli.
- CINI, Marcello, 1995: 'Epistemology in science education'. In Bernardini, Tarsitani, Vicentini (a cura di, 1995: 107-115).
- Commissione Europea, 2004: *Europe Needs More Scientists*. Bruxelles: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology. Bruxelles [[http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/final\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/final_en.pdf); download in data 10/11/10].
- Commissione Europea, 2007: *Towards a European Research Area. Science, Technology and Innovation. Key Figures*. Bruxelles. [[http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download\\_en/keyfigures\\_071030\\_web.pdf](http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/keyfigures_071030_web.pdf); download in data 11/01/11].
- Confindustria, 2006: *Cruscotto Education*. [[http://www.jobbe.it/file.html?\\_id1=1&\\_id2=0000000208.pdf](http://www.jobbe.it/file.html?_id1=1&_id2=0000000208.pdf); download in data 19/05/12].
- DE AMBROSIS, Anna, Olivia LEVRINI, 2007: 'Insegnare relatività ristretta a scuola: esigenze degli insegnanti e proposte innovative'. *Giornale di Fisica*, 58 (4), 255-276.
- DEBOER, George E., 2000: 'Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform'. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.
- DE MARIA, Michelangelo, Maria Grazia IANNIELLO, 2004: *Storia e Didattica della Fisica. Strumenti per Insegnare*. Roma: Aracne.
- DIBATTISTA, Liborio, 2004: *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche*. Roma: Armando.
- DIBATTISTA, Liborio, a cura di, 2008: *Gli spaghetti di Mendel e altri racconti*. Bari: Cacucci Editore.
- DIBATTISTA, Liborio, Francesca MORGESE, 2012: 'Introducing History (and Philosophy) of Science in the Classroom: A Field Research Experience in Italy'. *Science & Education*, online, 1-34.
- DISESSA, Andrea A., 2006: 'A history of conceptual change research: Threads and fault lines'. In Sawyer K., a cura di, *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- DUIT, Reinder, 2007: 'Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research'. *Eurasia Journal of Mathematics Science Technology Education*, 3 (1), 3-

15.

- EGER, Martin, 1989: 'The "interests" of science and the problems of education'. *Synthese*, 80 (1), 81-106.
- ELKANA, Yehuda, 1970: 'Science, Philosophy of Science and Science Teaching'. *Educational Philosophy and Theory*, 2 (1), 15-35.
- ELKANA, Yehuda, 1989: *Antropologia della conoscenza*. Roma-Bari: Laterza.
- ENRIQUES, Federico, 2008: *Castelli di carte. Zanichelli 1959-2009: una storia*. Bologna: Il Mulino.
- Eurobarometro, 2008: *Young people and science. Analytical report*. Studio condotto dalla Gallup Organization per la Commissione europea [[ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_239\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf); download in data 28/01/11].
- EURYDICE, 2006: *L'insegnamento delle scienze in Europa. Politiche e ricerca*. Bruxelles. [[http://www.indire.it/lucabas/lkmw/file/eurydice///Science\\_teaching\\_IT.pdf](http://www.indire.it/lucabas/lkmw/file/eurydice///Science_teaching_IT.pdf); download in data 24/07/10]
- EURYDICE, 2011: *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Bruxelles. [[http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/133EN.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133EN.pdf); download in data 29/02/12]
- EVANS, Jennifer, Pauline BENEFIELD, 2001: 'Systematic Reviews of Educational Research: Does the medical model fit?'. *British Educational Research Journal*, 27 (5), 527-541.
- FABRI, Elio, 1977: 'Che cosa è il rigore logico in fisica?'. In AIF, 1995: *Guida al laboratorio di fisica*. Bologna: Zanichelli.
- FENSHAM, Peter J., 2004a: *Defining an Identity The Evolution of Science Education as a Field of Research*. Dordrecht: Kluwer.
- FENSHAM, Peter J., 2004b: 'Increasing the Relevance of Science and Technology Education for All Students in the 21<sup>st</sup> Century'. *Science Education International*, 15 (1), 7-26.
- FENSHAM, Peter J., 2008: *Science Education Policy-Making: Eleven Emerging Issues*. Parigi: UNESCO - Section for Science, Technical and Vocational Education.
- FRENCH, Anthony P., 1986: 'Setting New Directions in Physics Teaching: PSSC 30 Years Later'. *Physics Today*, 39 (9), 30-34.
- FULLAN, Michael, 2001: *The new meaning of educational change*. (III ed.) New York: Teachers College Press.
- GALDABINI, Silvana, Ornella ROSSI, 1993: 'Using historical papers in ordinary physics teaching at high school'. *Science & Education*, 2 (3), 239-242.
- GALILI, Igal, Amnon HAZAN, 2001: 'Experts' views on using history and philosophy of science in the practice of physics instruction'. *Science & Education*, 10 (4), 345-367.
- GALILI, Igal, 2011: 'Fisica come cultura nella didattica della fisica'. *Giornale di Fisica*, 52 (2), 89-102.
- GARDEN, Robert A. et al., 2006: *TIMSS Advanced 2008 Assessment Frameworks*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Chestnut Hill (Mass.): Boston College.
- GARDNER, Howard, 1993: *Educare al comprendere. Stereotipi infantili e apprendimento scolastico*. (Trad. it. di R. Rini) Milano: Feltrinelli. Ed. orig. *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*. New York: Basic Books, 1991.
- GARDNER, Howard, 1999: *Sapere per comprendere. Discipline di studio e disciplina della mente*. (Trad. it. di R. Rini) Milano: Feltrinelli. Ed. orig. *The Disciplined Mind. What All Students Should Understand*. New York: Simon & Schuster.
- GASPERONI, Giancarlo, a cura di, 2008: *I risultati della ricerca OCSE-PISA 2006 in Emilia-Romagna. Le competenze dei quindicenni scolarizzati*. MIUR – Ufficio Regionale Scolastico Emilia Romagna. [[storage.istruzioneer.it/file/Testo-Pisa-ER-maggio-2008.pdf](http://storage.istruzioneer.it/file/Testo-Pisa-ER-maggio-2008.pdf); download in data 12/01/10].
- GENTILI, Claudio, 2007: *Umanesimo tecnologico e istruzione tecnica. Scuola, impresa e*



- professionalità*. Roma: Armando Editore.
- GIULIANI Giuseppe., Francesca PASSERA, 2000: 'La fisica in Italia: 1890-1940', in AA.VV., *Una difficile modernità. Tradizioni di ricerca e comunità scientifiche in Italia. 1890-1940*. Pavia: La Goliardica Pavese, 176-196.
- GOOD, Ron, James A. SHYMANSKY, 2001: 'Nature-of-Science Literacy in *Benchmarks and Standards*: Post-Modern/Relativist or Modern/Realist?'. *Science & Education*, 10 (1/2), 173-185.
- GOODAY, Graeme, John M. LYNCH, John K. WILSON, Constance BARSKY, 2008: 'Does science education need the history of science?'. *Isis*, 99 (2), 322-330.
- GREIFFENHAGEN, Christian, Wendy SHERMAN, 'Kuhn and conceptual change: On the analogy between conceptual changes in science and children'. *Science & Education*, 17 (1), 1-26.
- GRIMELLINI TOMASINI, Nella, Giorgio SEGRÈ, a cura di, 1991: *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*. Firenze: La Nuova Italia.
- GRIMELLINI TOMASINI, Nella, Olivia LEVRINI, 2005: 'L'Elettrodinamica dei corpi in movimento e i libri di testo: riflessioni sul significato culturale della relatività ristretta'. *La Fisica nella Scuola*, 38 (1), 108-117.
- GUIDONI, Paolo, LEVRINI, Olivia, a cura di, 2008: *Approcci e proposte per l'insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario* (Dal Progetto PRIN «F 21»). Udine: Forum Edizioni.
- Harvard Committee, 1945: *General Education in a Free Society*. Introduzione di James B. Conant, Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- HIRSCH Jr, Eric D., 1988: *Cultural Literacy. What Every American Needs to Know*. New York: Vintage Books.
- HIRSCH Jr, Eric D. 1996: *The Schools We Need and Why We Don't Have Them*. New York: Doubleday.
- HOLBROOK, Jack, Miia, RANNIKMAE, 2009: 'The Meaning of Scientific Literacy'. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 275-288.
- HOLTON, Gerald, 1956: 'Johannes Kepler's Universe: Its Physics and Metaphysics'. *American Journal of Physics*, 24 (5), 340-351.
- HOLTON, Gerald, 1960: 'On the Origins of the Special Theory of Relativity'. *American Journal of Physics*, 28 (7), 627-636.
- HOLTON, Gerald, 1969a: 'Einstein, Michelson, and the "Crucial" Experiment'. *Isis*, 60 (2), 132-197.
- HOLTON, Gerald, 1969b: 'Harvard Project Physics A report on its aims and current status'. *Physics Education*, 4 (19), 19-25.
- HOLTON, Gerald, 1973: *Thematic origins of scientific thought: Kepler to Einstein*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- HOLTON, Gerald, 1976: 'Sulla filosofia educativa del Project Physics Course'. In HOLTON (1983).
- HOLTON, Gerald, 1983: *L'immaginazione scientifica: i temi del pensiero scientifico*. Torino: Einaudi.
- HOLTON, Gerald, 1985: *Introduction to concepts and theories in physical science*. II ed. aggiornata da Brush Stephen G., Princeton: Princeton University Press.
- HOLTON, Gerald, 1991: *Einstein e la cultura scientifica del XX secolo*. Bologna: Il mulino.
- HOLTON, Gerald, 1995: *Einstein, history, and other passions*. Woodbury: American Institute of Physics Press.
- HOLTON, Gerald, 2003: 'The Project Physics Course, Then and Now'. *Science & Education*, 12 (8), 781.
- HOLTON, Gerald, James F. Rutherford, Fletcher G. Watson, 1971: *About the Project Physics Course. An Introduction to the Teacher Resource Book*. New York: Holt, Rinehart And Winston.
- HÖTTECKE Dietmar, Andreas HENKE, Falk RIESS, 2010: 'Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST

- Project'. *Science & Education*, online, 1-29.
- HÖTTECKE, Dietmar, Cibelle C. SILVA, 2011: 'Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles'. *Science & Education*, 20 (3-4), 293-316.
- HÖTTECKE, Dietmar, 2012: 'HIPST—History and Philosophy in Science Teaching: A European Project'. *Science & Education*, online, pp. 1-4.
- IRWIN, Allan, 2000: 'Historical case studies: Teaching the nature of science in context'. *Science Education*, 84 (1), 5-26.
- ISRAEL, Giorgio, 2008: *Chi sono i nemici della scienza? Riflessioni su un disastro educativo e culturale e documenti di malascienza*. Torino: Lindau.
- KINDI, Vasso, 2005: 'Should Science Teaching Involve the History of Science? An Assessment of Kuhn's View'. *Science & Education*, 14 (7-8), 721-731.
- LAVONEN, Jari, K. JUUTI, R. BYMAN, V. MEISALO, 2006: 'How can we make upper secondary-school physics interesting for students?'. *Giornale di Fisica*, 47 (1), 41-52.
- LAUGKSCH, Rudiger C., 2000: 'Scientific Literacy: A Conceptual Overview'. *Science Education*, 84 (1), 71-94.
- LEITE, Laurinda, 2002: 'History of science in science education: Development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks'. *Science & Education*, 11 (4), 333-359.
- LEVRINI, Olivia, 1999: 'Relatività ristretta e concezioni di spazio'. *Giornale di fisica*, 40 (4), 205-220.
- LEVRINI, Olivia, 2002a: 'Reconstructing the basic concepts of General Relativity from an educational and cultural point of view'. *Science & Education*, 11 (3), 263-278.
- LEVRINI, Olivia, 2002b: 'The substantivalist view of spacetime proposed by Minkowski and its educational implications'. *Science & Education*, 11 (6), 601-617.
- MACH, Ernst, 1977: *La meccanica nel suo sviluppo storico critico*. Torino: Boringhieri.
- MARAZZINI, Paolantonio, 1996: *Nuove radiazioni, quanti e relatività in Italia (1896-1925)*. Pavia: La Goliardica Pavese, 1996.
- MARAZZINI, Paolantonio, 2002: 'L'insegnamento della fisica: 1945-1965'. In Giuseppe Giuliani, a cura di, *Per una storia della fisica italiana (1945-1965)*. *Fisica della materia, fisica teorica, insegnamento della fisica*. Pavia: La Goliardica, 192-331.
- MARAZZINI, Paolantonio, 2008: 'Riflessioni su alcuni obiettivi dell'insegnamento della fisica nella Scuola Secondaria Superiore italiana'. *Giornale di Fisica*, 49 (2), 59-71.
- MARAZZINI, Paolantonio, 2010: 'Didattica della Fisica nella Scuola Secondaria Superiore dal 1870 al 1940: Analisi dei libri di testo'. *Giornale di Fisica*, 40 (1), 39-92.
- MAYER, Michela, 2008: 'Il concetto di *literacy* scientifica e le indagini internazionali'. In Maria Teresa Sinalcalco *et al.*: *Le valutazioni internazionali e la scuola italiana*. Bologna: Zanichelli, 279-395.
- MATTHEWS, Michael R., 1990: 'History, Philosophy and Science Teaching: current British, American and Australian developments'. *Research in Science Education*, 20, 220 – 229.
- MATTHEWS, Michael R. 1994: *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- MCCOMAS, William F., Hiya ALMAZROA, Michael P. CLOUGH, 1998: 'The Nature of Science in Science Education: an Introduction'. *Science and Education*, 7 (6), 511-532.
- MCCOMAS, William F., 2005: 'Teaching the Nature of Science: What Illustrations and Examples Exist in Popular Books on the Subject?'. Presentato a una conferenza dello *International History, Philosophy and Science in Science Teaching Group*, Leeds (Regno Unito), 15-18 luglio.
- MILLAR, Robin, 2006: 'Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation

- of a Scientific Literacy Approach in School Science'. *International Journal of Science Education*, 28 (13), 1499-1521.
- MILLAR, Robin, 2008: 'Taking scientific literacy seriously as a curriculum aim'. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9 (2), 1-18.
- MILLAR, Robin, 2009: 'Twenty First Century Science encourages more students to continue the study of science'. [<http://www.21stcenturyscience.org/data/files/survey-report-for-c21-website-10300v2-10306.pdf>; download in data 17/01/11].
- MILLER, Jon D., 1998: 'The measurement of civic scientific literacy'. *Public Understanding of Science*, 7, 203-223.
- MILLER, Jon D., 2007: 'The public understanding of science in Europe and the United States'. Presentato all'incontro annuale della *American Association for the Advancement of Science*, San Francisco.
- Ministero della Pubblica Istruzione, 1991: *Piani di studio della scuola secondaria superiore e programmi dei primi due anni. Le proposte della Commissione Brocca*. In *Studi e documenti degli annali della pubblica istruzione*, 56, Firenze: Le Monnier.
- Ministero della Pubblica Istruzione, 1992: *Piani di studio della scuola secondaria superiore e programmi dei trienni. Le proposte della Commissione Brocca*. In *Studi e documenti degli annali della pubblica istruzione*, 59-61, Firenze: Le Monnier.
- Ministero della Pubblica Istruzione, 1995: *Liceità e sperimentazione*. In *Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione*, 72, Firenze: Le Monnier.
- MIUR, 2009: *La scuola in cifre 2008*. Roma: Rotoform.
- MIUR, 2011: *La scuola in cifre 2009/2010*. Roma: Rotoform.
- MIUR, Confindustria, Con.Science, 2004: *Progetto Lauree Scientifiche*. [[http://www.istruzione.it/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/4ae77900-dbac-4a88-a77b-6b96fa16f447/PLS\\_Activita\\_orientamento\\_tutorato.pdf](http://www.istruzione.it/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/4ae77900-dbac-4a88-a77b-6b96fa16f447/PLS_Activita_orientamento_tutorato.pdf); download in data 26/01/11]
- MONK, Martin, Jonathan OSBORNE, 1997: 'Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy'. *Science Education*, 81 (4), 405-424.
- MULLIS, Ina V.S. et al., 2009: *TIMSS Advanced 2008 International report: Findings from IEA's study of achievement in advanced mathematics and physics in the final year of secondary school*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Chestnut Hill (Mass.): Boston College.
- National Science Council, 1996: *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- NERESINI, Federico, Stefania CROVATO, Barbara SARACINO, a cura di, 2010: *Scienza e nuove generazioni. I risultati dell'indagine internazionale ROSE*. Vicenza: Ed. Observa - Science in Society.
- NERSESSIAN, Nancy J., 1989: 'Conceptual change in science and in science education'. *Synthese*, 80 (1), 163-183.
- NOTT, Mick, Jerry WELLINGTON, 1993: 'Your Nature of Science Profile: an activity for science teachers'. *School Science Review*, 75 (270), 109-112.
- OCSE, 2006a: *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A framework for PISA 2006*. Parigi [[www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf); download in data 22/02/11].
- OCSE, 2006b: 'Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report'. [<http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>; download in data 21/01/11]
- OCSE, 2007: *Executive Summary PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World*. [<http://www.oecd.org/dataoecd/15/13/39725224.pdf>; download in data 25/02/11].
- OCSE, 2010: 'Risultati dell'esame PISA 2009. Quali sono i livelli di conoscenze e competenze raggiunti dagli studenti?'. [<http://www.oecd.org/dataoecd/34/61/46619643.pdf>; download in data 15/02/11].

- OSBORNE, Jonathan, Robin MILLAR, 1998: *Beyond 2000: Science education for the future. A report with ten recommendations*. Londra: King's College.
- OSBORNE, Jonathan, Richard DUSCHL, Robert FAIRBROTHER, 2002: *Breaking the mould? Teaching Science for Public Understanding*, Londra: Nuffield Foundation.
- OSBORNE, Jonathan, Justin DILLON, 2008: *Science Education in Europe: Critical Reflections. A report to the Nuffield Foundation*. Londra: Nuffield Foundation.
- PERSICO, Enrico, 2006: 'Il valore educativo della Fisica'. *Giornale di Fisica*, 47 (4), 337-343.
- PERUCCA, Eligio, 2006: 'Il problema dell'insegnamento della Fisica nelle nostre Scuole Secondarie oggi'. *Giornale di Fisica*, 47 (2), 201-205.
- PREDAZZI, Enrico, 2004: 'La crisi delle vocazioni scientifiche in Italia'. Conferenza nazionale dei presidi delle facoltà di Scienze e Tecnologie.  
[<http://www.dottorato.it/documenti/altri/2004/20041013-vocazioni.pdf>; download in data 31/01/11].
- RESCALLI, Gianfranco, 1995: *Il cambiamento nei sistemi educativi. Processi di riforma e modelli europei a confronto*. Firenze: La Nuova Italia.
- RESNICK, Robert, 1980: 'Misconceptions about Einstein: His work and his views'. *Journal of Chemical Education*, 57 (12), 854-862.
- RICCI, Renato A., 2002: 'Le ultime lezioni di Fermi'. In BERNARDINI, Carlo, Luisa BONOLIS, a cura di, *Conoscere Fermi*, Bologna: edizioni SIF, 290-317.
- RICHMOND, Kenneth, 1979: 'Insegnanti ed esperti: una divaricazione tra teoria e pratica'. In PONTECORVO, Clotilde, Paolo GUIDONI, a cura di, *Scienza e scuola di base*. Roma: Istituto dell'Enciclopedia italiana fondata da G. Treccani.
- ROTH, Kathleen, Helen GARNIER, (2006): 'What Science Teaching Looks Like: An International Perspective'. *Educational Leadership*, 64 (4), 16-23.
- RUDOLPH, John L., 2002a: 'From World War to Woods Hole: The Use of Wartime Research Models for Curriculum Reform'. *Teachers College Record*, 104 (2) 212-241.
- RUDOLPH, John L., 2002b: 'Portraying epistemology: School science in historical context'. *Science Education*, 87 (1), 64-79.
- RUDOLPH, John L., 2005: 'Epistemology for the masses: The origins of "The Scientific Method" in American schools'. *History of Education Quarterly*, 45 (3), 341-376.
- RUDOLPH, John L., 2006: 'PSSC in Historical Context: Science, National Security, and American Culture during the Cold War'. [<http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Rudolph.pdf>; download in data 18/10/10].
- RUSSO, Lucio, 1998: *Segmenti e bastoncini. Dove sta andando la scuola?*. Milano: Feltrinelli.
- SADOSKI, Mark, 2001: 'Resolving the effects of concreteness on interest, comprehension, and learning important ideas from text'. *Educational Psychology Review*, 13 (3), 263-281.
- SCHMIDT, William H. et al., 1996: *Characterizing pedagogical flow: an investigation of mathematics and science teaching in six countries*. Dordrecht: Kluwer.
- SCHMIDT, William H. et al., 2002: *Many visions, many aims. Vol 2. A cross-national investigation of curricular intentions in school science*. Dordrecht: Kluwer.
- SCHREINER, Camilla, Svein SJØBERG, 2004: *Sowing the seeds of ROSE*. Acta Didactica 4, Oslo University.
- SHAMOS, Morris H., 1995: *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press.
- SOUQUE, Jean P., 1987: 'Science education and textbook science'. *Canadian Journal of Education*, 12 (1), 74-86.
- STINNER, Arthur, 1989: 'The teaching of physics and the contexts of inquiry: From Aristotle to Einstein'. *Science Education*, 73 (5), 591-605.

- TEIXEIRA, Elder S, Ileana GRECA, Olival FREIRE, 2009: 'The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A research synthesis of didactic interventions', *Science & Education*, online, 1-26.
- TURNER, David, 1984: 'Reform and the Physics Curriculum in Britain and the United States'. *Comparative Education Review*, 28 (3), 444-453.
- UNESCO, 2000: *Science for the Twenty-first Century. A New Commitment*. Parigi. [<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001229/122938eo.pdf>; download in data 28/05/11].
- TURNER, Steven, 2008: 'School science and its controversies; or, whatever happened to scientific literacy?'. *Public Understanding of Science*, 17 (1), 55-72.
- VAILATI, G., 1987: 'Sull'importanza delle ricerche relative alla Storia delle Scienze' (1897). In QUARANTA, Mario, a cura di, *Giovanni Vailati, Scritti*. Vol. II, Bologna: Arnaldo Forni, 3-17.
- VALVERDE, Gilbert A., Leonard J. BIANCHI, Richard G. WOLFE, William H. SCHMIDT, Richard T. HOUANG, 2002: *According to the Book: Using TIMSS to Investigate the Translation of Policy into Practice Through the World of Textbooks*. Dordrecht: Kluwer.
- VICENTINI, Matilde, Michela MAYER, a cura di, 1996: *Didattica della Fisica*. Firenze: La Nuova Italia.
- VILLANI, Alberto, 1992: 'Conceptual change in science and science education'. *Science Education*, 76 (2), 223-237.
- VILLANI, Alberto, Sergio M. ARRUDA, 1998: 'Special relativity and conceptual change'. *Science & Education*, 7 (1), 85-100.
- WADE, Suzanne. E., 2001: 'Research on importance and interest: Implications for curriculum development and future research'. *Educational Psychology Review*, 13 (3), 243-261.
- WANG, Hsingchi A., 1998: *Science in historical perspectives: a content analysis of the history of science in secondary school physics textbooks*. Dissertazione di Dottorato, University of Southern California.
- WANG, Hsingchi A., William H. SCHMIDT, 2001: 'History, philosophy and sociology of science in science education: results from the third international mathematics and science study'. *Science & Education*, 10 (1/2), 51-70.
- WANG, Hsingchi A., David D. MARSH, 2002: 'Science Instruction with a Humanistic Twist: Teachers' Perception and Practice in Using the History of Science in Their Classrooms'. *Science & Education*, 11 (2), 169-189.
- WELCH, Wayne W., Herbert J. WALBERG, 1972: 'A National Experiment in Curriculum Evaluation'. *American Educational Research Journal*, 9 (3), 373-383.
- WELCH, Wayne W., 1973: 'Review of the research and evaluation program of Harvard project physics'. *Journal of Research in Science Teaching*, 10 (4), 365-378.
- WHITAKER, M. A. B., 1979a: 'History and quasi-history in physics education - part I'. *Physics Education*, 14 (2), 108-112.
- WHITAKER, M. A. B., 1979b: 'History and quasi-history in physics education - part 2'. *Physics Education*, 14 (4), 239-242.
- WHITAKER, Robert J., 1983: 'Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion'. *American Journal of Physics*, 51 (4), 352-357.
- WILKINSON, John, 1999: 'A quantitative analysis of physics textbooks for scientific literacy themes'. *Research in Science Education*, 29 (3), 385-399.
- ZADIGROMA, 2004: *Le immagini e le pratiche della scienza nei libri di testo della scuola primaria e della scuola secondaria di primo grado*. Progetto Miur 2000, Roma: Zadigroma srl.

## Manuali di fisica

Testi principali usati per l'analisi (viene citato l'anno principale di riferimento e riportata in parentesi, quando presente, la data di uscita dell'ultimo volume che compone il manuale).

AMALDI Edoardo, Ginestra AMALDI, 1970: *Corso di Fisica per i licei classici*. II voll., Bologna: Zanichelli.

AMALDI Edoardo, Ginestra AMALDI, 1972 (1974): *La Fisica per i licei scientifici*. III voll., Bologna: Zanichelli.

AMALDI Edoardo, Ginestra AMALDI, Ugo AMALDI, 1983 (1984): *La Fisica per i licei scientifici*. III voll., Bologna: Zanichelli.

AMALDI Edoardo, Ginestra AMALDI, Ugo AMALDI, 1984: *Corso di Fisica per i licei classici e le altre scuole medie superiori*. II voll., Bologna: Zanichelli.

AMALDI, Ugo, 1991: *Il mondo della fisica*. Bologna: Zanichelli.

AMALDI, Ugo, 1997 (1999): *La fisica per i licei scientifici*. III voll., Zanichelli, Bologna.

AMALDI, Ugo, 2007 (2008): *La fisica di Amaldi. Idee e esperimenti*. III voll., Bologna: Zanichelli.

AMALDI, Ugo, 2009: *Immagini della fisica di Amaldi*. III voll., Bologna: Zanichelli.

BERGAMASCHINI, M. Elisa, Paolantonio MARAZZINI, Lorenzo MAZZONI, 1993, *Fisica per i licei scientifici 3*. Milano: Carlo Signorelli.

BERGAMASCHINI, M. Elisa, Paolantonio MARAZZINI, Lorenzo MAZZONI, 1996: *Fisica 1*. Milano: Carlo Signorelli.

BERGAMASCHINI, M. Elisa, Paolantonio MARAZZINI, Lorenzo MAZZONI, 1997: *Fisica 2*. Milano: Carlo Signorelli.

BERGAMASCHINI, M. Elisa, Paolantonio MARAZZINI, Lorenzo MAZZONI, 2002: *L'indagine del mondo fisico. Metodo e linguaggio*. Milano: Mondadori Education.

CAFORIO, Antonio, Aldo FERILLI, 1987: *Physica. Per i licei scientifici 3*. Firenze: Le Monnier.

CAFORIO, Antonio, Aldo FERILLI, 1994: *Physica. Per i licei scientifici 3*. Firenze: Le Monnier.

CAFORIO, Antonio, Aldo FERILLI, 2001: *Dalla meccanica alla costituzione della materia (per il liceo classico)*. II voll., Firenze: Le Monnier.

CAFORIO, Antonio, Aldo FERILLI, 2010: *Fisica! Per il I° biennio dei Licei*. Milano: Le Monnier Scuola (Mondadori Education).

CINI, Marcello, Michelangelo DE MARIA, Luisa GAMBA, 1975: *Corso di Fisica. Per il liceo classico*. II voll., Firenze: Sansoni.

CUTNELL, John D., Kenneth JOHNSON, 2009: *Fisica*. III voll. Ed. it. a cura di Claudio Romeni, Bologna: Zanichelli. Ed. orig. *Physics*. New York: John Wiley and Sons, 2007.

RUTHERFORD, James F., Gerald HOLTON, Fletcher G. WATSON, 1970: *Project Physics Course Text*. New York: Holt, Rinehart And Winston.

MARAZZINI, Paolantonio, 1972 (1974): *Forza, energia e movimento. Testo di fisica per i licei scientifici*. III voll., Bergamo: Atlas.

SILVA, Pietro, 1963: *Fisica Elementare. Per i licei Classici*. II voll., Torino: Paravia.

Testi citati, confrontati o usati indirettamente.

FEYNMAN, Richard P., 2000: *Sei pezzi facili*. Milano: Adelphi.

FEYNMAN, Richard P., 2004: *Sei pezzi meno facili*. Milano: Adelphi.

FEYNMAN, Richard P., Robert LEUGHTON, Sands MATTHEW, 1964: *The Feynman Lectures on Physics*. III Voll., Reading (Mass.): Addison Wesley, Reading.

- HALLIDAY, David, Robert RESNICK, 1989 (1990): *Fondamenti di Fisica*. 3 voll., Trad. it. di P. Pasti *et al.*, Bologna: Zanichelli (Casa Editrice Ambrosiana, 1984). Ed. orig. *Fundamental of Physics*. New York: John Wiley and Sons, 1981.
- HECHT, Eugene, 1999: *Fisica*. II voll., Bologna: Zanichelli.
- PRAT BASTAI, Antonella, Brunilde QUASSIATI DE ALFARO, Giovanni SALIO, Luisa SILVESTRO, Maria G. STEFANCICH, a cura di, 1977: *The Project Physics Course*. II voll., Bologna: Zanichelli.
- PRAT BASTAI, Antonella, Brunilde QUASSIATI DE ALFARO, Paolo VIOLINO, a cura di, 1986: *Progetto Fisica*. 2 voll., Bologna: Zanichelli.
- PSSC, 1963: *Fisica*. 2 voll., Bologna: Zanichelli.
- ROLLER, Duane E., Ronald BLUM, 1984: *Meccanica, onde, termodinamica*. Bologna: Zanichelli.
- UNIVERSITY of YORK Group, NUFFIELD CURRICULUM Centre, 2006: *Twenty- First Century Science: GCSE Physics*. Oxford: Oxford University Press.