

AII

Carlo Fiorentini

Rinnovare l'insegnamento delle scienze

Aspetti storici, epistemologici, psicologici, pedagogici e didattici





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVIII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 4551463

ISBN 978-88-255-1673-9

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: luglio 2018

Indice

Parte I

- 11 **Capitolo I**
La crisi dell'insegnamento scientifico
- 1.1. Il problema epistemologico nel rinnovamento dell'educazione scientifica, 15 – 1.2. I metodi della scienza, 16 – 1.3. Le discontinuità del curriculum, 19 – 1.4. Quale formazione iniziale degli insegnanti, 21 – 1.5. Presentazione del libro, 23.
- 25 **Capitolo II**
Il costruttivismo in didattica delle scienze
- 2.1. L'epistemologia, 25 – 2.2. La psicologia dell'educazione, 26 – 2.3. Le indicazioni metodologico-didattiche, 27 – 2.4. Riflessioni conclusive, 30.
- 33 **Capitolo III**
Il ruolo del paradigma vygotkiano nella individuazione di un modello educativo centrato sulla discussione
- 3.1. Il ruolo della mediazione semiotica, 34 – 3.2. Un modello per tutti gli ambiti disciplinari, 35 – 3.3. Il ruolo dell'insegnante, 36 – 3.4. L'approssimazione ai concetti scientifici, 37 – 3.5. Problemi irrisolti, 38.

Parte II

- 43 **Capitolo I**
Considerazioni epistemologiche
- 1.1. Il contributo scientifico e filosofico di Einstein, 43 – 1.2. Che cos'è la scienza?, 47 – 1.3. Nella scienza normale l'insegnamento è dogmatico, 49 – 1.4. Come si sviluppa la conoscenza scientifica?, 50 – 1.5. Le teorie sono incommensurabili?, 53 – 1.6. Il relativismo e il problema della verità, 54 – 1.7. L'irrazionalismo e l'idea di progresso, 57 – 1.8. Propaganda e retorica, 61 – 1.9. Gli ultimi scritti di Kuhn sull'incommensurabilità, 63 – 1.10. La matematizzazione della natura, 66 – 1.11. Tradizioni matematiche e tradizioni sperimentali, 68 – 1.12. Il riduzionismo, 71 – 1.13. Il problema delle due culture, 73.

Parte III

79 Capitolo I

Il contributo di Piaget

1.1. La teoria degli stadi, 80 – 1.2. Gli aspetti fondamentali della teoria piagetiana, 82 – 1.3. Il concetto di schema, 85 – 1.4. La conoscenza di sé e degli oggetti, 87 – 1.5. Dall'intelligenza senso-motoria al pensiero concettuale, 89 – 1.6. Azione ed operazione, 91 – 1.7. La rappresentazione del mondo nel fanciullo, 93 – 1.8. La genesi delle strutture logiche elementari, 97 – 1.9. Lo sviluppo delle quantità fisiche nel bambino, 102 – 1.10. Lo stadio delle operazioni formali, 106.

109 Capitolo II

Alcune riflessioni sul contributo di Vygotskij

2.1. Linguaggio egocentrico e linguaggio interno, 111 – 2.2. Lo sviluppo delle funzioni psichiche superiori, 114 – 2.3. Lo sviluppo del significato delle parole, 118 – 2.4. L'indagine sperimentale sullo sviluppo dei concetti, 122 – 2.5. Concetti spontanei e concetti scientifici, 125 – 2.6. Un esempio dell'utilizzo del costrutto vygotkiano, 134 – 2.7. Zona di sviluppo prossimale: quale relazione tra apprendimento e sviluppo, 136 – 2.8. *Fondamenti di difettologia*. Sviluppo sociale e percorsi indiretti, 139 – 2.9. L'illusione del passaggio spontaneo dalle forme naturali alle forme culturali, 142 – 2.10. Il deficit e i processi di compensazione, 143 – 2.11. I bambini sordomuti, 144 – 2.12. I bambini ciechi, 146 – 2.13. I bambini con ritardo mentale, 149 – 2.14. La teoria vygotkiana principale punto di riferimento della psicologia dell'educazione, 151.

155 Capitolo III

Considerazioni psicologiche e pedagogiche

3.1. I limiti della pedagogia di ispirazione piagetiana, 158 – 3.2. Il fallimento di una proposta pedagogica ispirata a Piaget, 161 – 3.3. Piaget uno dei principali punti di riferimento in ambito pedagogico-didattico, 163 – 3.4. L'insostituibile ruolo pedagogico-didattico della concezione vygotkiana, 167 – 3.5. La *psicologia culturale* bruneriana e il debito nei confronti di Vygotskij, 171 – 3.6. Il cambiamento di paradigma sul ruolo della cultura determina in Bruner una concezione profondamente innovativa del ruolo dell'educazione, 177 – 3.7. La complementarità tra Piaget e Vygotskij, 178 – 3.8. Riflessioni sul contributo di Ausubel, 179 – 3.9. Gli schemi e la percezione, 182 – 3.10. Lo sviluppo delle competenze percettive, 186 – 3.11. La teoria degli schemi, 187 – 3.12. Conoscenza schematica e *concetti* operativi, 189.

Parte IV

- 193 **Capitolo I**
La nostra proposta sull'insegnamento scientifico
- 1.1. Sistematicità della scienza e significato dei concetti, 196 – 1.2. L'insegnamento scientifico nella scuola di base, 200 – 1.3. Il ruolo degli esperimenti, 204 – 1.4. La fondamentale importanza della scelta dei contenuti, 209 – 1.5. La discussione collettiva e il *fare ipotesi*, 211 – 1.6. Il contributo di Arons: le definizioni operative, 214 – 1.7. Competenze osservativo–logico–linguistiche e formazione del cittadino, 219.
- 221 **Capitolo II**
Il curriculum scientifico nella scuola di base
- 2.1. Il modello metodologico delle 5 fasi, 223 – 2.2. Le competenze di cittadinanza, 234 – 2.3. Una proposta di curriculum di educazione scientifica nella scuola del primo ciclo, 236 – 2.4. Percorsi curriculari di scienze, 240 – 2.5. Le soluzioni: un esempio di percorso e di una terza modalità di svolgimento della discussione collettiva, 244 – 2.6. Riconoscimento di tre polveri: sale, zucchero, polvere di marmo, 245 – 2.7. Le soluzioni, 248 – 2.7.1. *Proposta A*, 248 – 2.7.2. *Proposta B*, 252.
- 257 **Capitolo III**
L'insegnamento scientifico nella scuola dell'infanzia
- 3.1. Un equivoco di fondo: obiettivi educativi e didattici, 258 – 3.2. In principio era l'esperienza, 259 – 3.3. Da soli o in gruppo, 260 – 3.4. Dall'individuale al collettivo: quando, come, cosa?, 263 – 3.5. Una parola sull'errore, 264.
- 265 **Capitolo IV**
L'insegnamento scientifico nella scuola secondaria di secondo grado
- 4.1. Capacità scientifiche e cultura scientifica, 267 – 4.2. Il mito dell'insegnamento scientifico contenutisticamente aggiornato, 268 – 4.3. Le competenze scientifiche ed i manuali, 270 – 4.4. Di meno è di più, 271 – 4.5. Mondo macroscopico e mondo microscopico, 273 – 4.6. Il che cosa insegnare? Il caso della chimica, come esempio emblematico, 276 – 4.7. Il modello alternativo di insegnamento della chimica, 278 – 4.8. La centralità della narrazione anche nell'insegnamento scientifico, 281 – 4.9. L'esempio della legge di Proust, 285 – 4.10. L'insegnamento della biologia e il riduzionismo, 288 – 4.11. Ed infine: alcune considerazioni sull'insegnamento della fisica, 290.
- 297 **Capitolo V**
Il rinnovamento del curriculum della chimica
- 5.1. I cinque ambiti principali delle conoscenze chimiche, 297 – 5.2. Fenomenologia chimica e educazione scientifica nella scuola di base, 300 – 5.3. Il concetto fenomenologico di acido, 302 – 5.4. La nascita del concetto di gas, 305 – 5.5. Le

leggi macroscopiche della chimica, 307 – 5.6. I concetti fondamentali della chimica, 308 – 5.7. Il concetto di composto, 313 – 5.8. La chimica degli atomi, delle molecole e delle formule, 315 – 5.9. Qual è stata la grande novità dell'atomismo daltoniano?, 317 – 5.10. Il significato degli strumenti scientifici nell'apprendimento, 319 – 5.11. Il ruolo del laboratorio e degli esperimenti nell'insegnamento / apprendimento della chimica, 321 – 5.12. Metodologie quantitative e qualitative, 322.

Parte V

329 Capitolo I

La valutazione delle competenze scientifiche

1.1. Le competenze scientifiche e le indagini OCSE PISA, 329 – 1.2. Le Linee Guida per la certificazione delle competenze nel primo ciclo di istruzione, 330 – 1.3. Verso la valutazione delle competenze, 332 – 1.4. Qualche esempio di verifica, 333 – 1.5. Il quaderno di lavoro e l'osservazione sistematica del processo di apprendimento, 340.

345 Capitolo II

Autonomia scolastica e curricolo

2.1. Il curricolo, i progetti e le educazioni, 345 – 2.2. Il curricolo scientifico e l'educazione ambientale, 347 – 2.3. Le nuove indicazioni del primo ciclo, 350 – 2.4. Le nuove Indicazioni nazionali per il secondo ciclo, 354 – 2.5. L'istituzionalizzazione nelle scuole di laboratori di ricerca e sperimentazione. I laboratori del sapere scientifico promossi dalla Regione Toscana, 358 – 2.6. Neutralità della scienza o moralità della scienza?, 361.

363 *Bibliografia*

PARTE I

La crisi dell'insegnamento scientifico

È diffusa da alcuni decenni tra gli esperti di didattica delle scienze la consapevolezza della crisi drammatica dell'insegnamento scientifico nella scuola preuniversitaria. Sono state conseguentemente avanzate proposte innovative, che non hanno, tuttavia, incrinato il paradigma dominante. Questo è solidamente resistente al cambiamento perché è solidale con la formazione culturale di generazioni di insegnanti, caratterizzata dall'identificazione dei saperi accademici specialistici con i saperi che devono essere trasmessi nel corso della scolarità preuniversitaria.

Negli ultimi decenni, con la trasformazione della scuola in tutti i paesi industrializzati in scuola di massa, l'impianto tradizionale è entrato in crisi per una molteplicità di problemi, tutt'altro che riducibili a questioni di rinnovamento di tecniche didattiche. La crisi dell'insegnamento scientifico — e probabilmente dell'insegnamento della maggior parte delle discipline — o detto, in altre parole, il problema dell'individuazione di un curriculum adeguato a una situazione economica, sociale e culturale radicalmente diversa da quella di alcuni decenni fa, impone la necessità di ricercare soluzioni nuove su un terreno molto più complesso di quello su cui si erano collocate molte proposte innovative del passato (Fiorentini 2000, pp. 114–142).

È entrata in crisi l'idea che sia possibile trasmettere in modo efficace l'enciclopedia dei saperi scientifici, linearizzati dalla secolare pratica scolastica di adeguamento dei pacchetti di verità scientifiche, purificate dalle scorie della complessità della reale ricerca scientifica, che meritavano di essere trasmesse alle nuove generazioni. Ormai da molto tempo viene prospettata la necessità di un approccio totalmente diverso, basato sull'assunto che sia necessario « scegliere e concentrarsi », insegnare « alcune cose bene e a fondo, non molte cose male e superficialmente », e che sia quindi indispensabile individuare « nuclei fondanti » (Maragliano 1997, p. 78). Questa è tuttavia un'operazione particolarmente impegnativa perché postula la necessità di destrutturare i saperi tramandati dalla tradizione manualistica e di iniziare a costruire nuove architetture di conoscenze scientifiche che possano entrare in consonanza con le strutture cognitive e motivazionali degli studenti. Queste nuove ipotesi di curriculum dovranno indubbiamente

essere caratterizzate da determinate metodologie didattiche, diversamente articolate in relazione sia all'età dei discenti che alla specificità dei saperi disciplinari. Ma tutto ciò, per non ricadere nell'illusione didatticistica delle innovazioni passate, dovrà saldarsi, da una parte, a un profondo ripensamento epistemologico del sapere scientifico scolastico, tuttora ancorato ad una visione cumulativa e dogmatica della scienza, alla luce dei contributi della filosofia e della storia della scienza del Novecento, e dall'altra, alla necessità di prospettare un modello psicopedagogico per l'insegnamento scientifico consapevole di ciò che rimane ancora oggi significativo, di là delle mode e delle infatuazioni momentanee, dei contributi più alti della pedagogia e della psicologia dell'educazione degli ultimi cento anni.

La consapevolezza della crisi dell'insegnamento scientifico è diventata generale di fronte al calo drammatico delle iscrizioni ai corsi di laurea a carattere scientifico. Il Gruppo di lavoro per lo sviluppo della cultura scientifica e tecnologica, presieduto da Luigi Berlinguer, che è stato costituito nell'agosto del 2006 per iniziativa di quattro ministri, ha individuato come una delle cause principali il fatto che « in Italia la scienza è oggetto di apprendimento scolastico prevalentemente cartaceo, normativo, deduttivistico. Non è adeguatamente applicato il metodo scientifico sperimentale » (Gruppo di lavoro 2007, p. 4). Carlo Bernardini aveva affermato a questo proposito, durante i lavori della Commissione dei Saggi, nel 1997: « L'insegnamento delle scienze della natura, così come è ancora oggi, non mostra alcuna parentela stretta con forme generali del pensiero razionale. [...] I veri programmi li fanno gli editori, che si basano su un modello di insegnante molto conservatore in vista delle adozioni e dei conseguenti profitti (basterebbe citare il caso dei manuali di 1000 e più pagine/anno, concepiti con l'idea che così gli insegnanti li trovano completi avendo un margine di scelta personale per le 100 pagine che effettivamente impiegheranno) » (Bernardini 1997, pp. 252, 120).

Durante i lavori del gruppo di scienze della commissione De Mauro, nel gennaio 2001, discutendo animatamente, avanzammo, nella prima fase, proposte e riflessioni divergenti su quasi tutto, tranne che su due o tre aspetti; uno di questi, su cui l'accordo fu unanime, fu la valutazione sullo stato dell'insegnamento scientifico usuale: « Si constata, tuttavia, sia nella popolazione adulta che tra i giovani, un sempre più diffuso *analfabetismo scientifico*, rinforzato da una profonda demotivazione all'approfondimento e alla partecipazione. Non si tratta solo di preoccupanti carenze logico-linguistiche, ma anche di un'evidente incapacità di orientamento culturale di base in ambito scientifico, che spesso degrada in atteggiamenti superficiali ed ingenui¹ ».

1. Si tratta di un documento, che non è stato alla fine pubblicato, redatto dal gruppo di scienze costituito da circa venti esperti, in rappresentanza di tutte le associazioni di didattica delle scienze e di alcune associazioni professionali.

Considerazioni analoghe erano state fatte, negli anni precedenti, da molti esperti che, sulla base di ricerche sulle conoscenze scientifiche, avevano evidenziato che molti studenti di diciannove–venti anni, dopo molti anni di insegnamento scientifico, continuavano a utilizzare soltanto le loro conoscenze di senso comune². Queste ricerche, effettuate sia da pedagogisti e psicologi, sia da esperti di didattica delle scienze, costituiscono una pietra miliare per la rifondazione pedagogica dell'insegnamento scientifico. Diversamente dalla maggioranza delle ricerche piagetiane esse erano rivolte in generale a soggetti di maggiore età, a studenti della scuola secondaria di primo e secondo grado, dell'università ed anche ad adulti. I risultati mostrano l'insignificanza delle metodologie didattiche più diffuse dell'insegnamento scientifico e confermano nelle linee generali, pur partendo molte volte da presupposti pedagogici diversi, le critiche che la tradizione deweyana–piagetiana aveva rivolto all'insegnamento tradizionale. Le ricerche hanno, infatti, mostrato che molti studenti alla fine della scuola secondaria, nonostante molti anni d'insegnamento scientifico formalizzato, continuano a condividere concezioni derivate dal senso comune e alternative alle conoscenze accreditate e continuano ad adottare strategie cognitive di tipo prescientifico; si comportano e pensano, cioè, come se non avessero ricevuto alcun insegnamento scientifico. Le spiegazioni che, generalmente, vengono fornite dei risultati di queste ricerche sono le seguenti: quando le conoscenze formali sono presentate in modo prematuro, come generalmente avviene, esse non sono in grado di interagire con le conoscenze spontanee degli studenti e non sono quindi capaci di modificarle né di contribuire all'evoluzione delle loro strutture cognitive. Conoscenze scientifiche e conoscenze spontanee si strutturano così in due mondi totalmente separati: mentre le prime finiscono per essere necessarie soltanto durante le ore di scienze per andare bene a scuola, le seconde continuano invece a essere gli unici strumenti utilizzati per interpretare la realtà.

Mentre condividiamo totalmente quest'analisi, siamo più cauti quando si passa a prospettare le soluzioni pedagogiche. Si afferma in generale, infatti, che occorre contemporaneamente tener conto maggiormente delle concezioni spontanee degli studenti e attuare un avvicinamento più graduale alle conoscenze formali. E fin qui nulla da eccepire, concordiamo completamente; i problemi, tuttavia, sorgono quando si passa all'attuazione di queste due indicazioni. Ci sembra, infatti, che in molti casi vi sia una sopravvalutazione della prima indicazione. Cerchiamo di spiegarci meglio: l'impressione è

2. I risultati delle ricerche effettuate in Italia sono in consonanza con quelle effettuate nel contesto internazionale. Fra le pubblicazioni italiane sono particolarmente preziose le seguenti due: N. GRIMELLINI TOMASINI, G. SEGRÈ, *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, Firenze 1991; G. CAVALLINI, *La formazione dei concetti scientifici*, La Nuova Italia, Firenze 1995.

che molti esperti di didattica, nonostante condividano il principio di un approccio più graduale alle conoscenze formalizzate e siano quindi disposti a rimandare l'apprendimento dei concetti più *duri* della scienza, continuano, tuttavia, a pensare che molti altri concetti specialistici siano accessibili già nella scuola primaria e sicuramente nella scuola secondaria di primo grado, a condizione che essi siano insegnati non in modo trasmissivo, a condizione di farli interagire con le concezioni spontanee degli studenti, con le loro ipotesi. Sono emblematiche di questa proposta pedagogica le seguenti considerazioni della Driver:

L'insegnamento deve collegarsi a ciò che è familiare ai bambini non solo riguardo all'ambito degli eventi e delle esperienze ma anche riguardo a quello delle loro idee. Se li si incoraggia ad esplicitare maggiormente le loro teorie, queste possono essere indagate e verificate in classe senza ostacoli. In effetti le idee personali dei bambini possono fornire la materia grezza necessaria per esemplificare la natura pluralistica della teoria scientifica, e funzionare come punto di partenza per gli alunni nella progettazione di prove cruciali allo scopo di cogliere in che cosa si diversificano interpretazioni differenti (Driver 1988, p. 75).

Con questa proposta non concordiamo; pensiamo, infatti, che i concetti della struttura specialistica delle discipline possano essere affrontati nella scuola secondaria superiore, perché, altrimenti si finisce, al di là delle intenzioni, nel ricadere in un insegnamento formalistico. Ci rendiamo perfettamente conto della discutibilità di queste nostre considerazioni: sulla base delle argomentazioni che svilupperemo in questo lavoro e rifacendoci indubbiamente all'analisi piagetiana del pensiero del fanciullo, riteniamo che nella scuola di base l'approccio debba essere soltanto operativo. Per lo studente della scuola secondaria di primo grado la situazione è più problematica, ma pensiamo che la fascia di età compresa tra undici e quattordici anni sia tutt'altro che quella delle operazioni formali. D'altra parte, come sottolineeremo, questo è proprio uno degli aspetti più criticati della teoria piagetiana, ed è uno degli aspetti che Piaget stesso ha rivisto negli ultimi anni. Vi è poi in Italia, rispetto agli USA ed all'Inghilterra una specificità tutt'altro che irrilevante: l'insegnamento scientifico ha una presenza nel curriculum della scuola di base molto minore; le ore a disposizione sono al massimo due ore alla settimana, due ore per affrontare problematiche connesse ad ambiti fenomenologici molto diversi, quali quelli della chimica, della fisica, della biologia, della geologia, ecc. Non capiamo questa brama di specialismo precoce tenendo conto che lo spazio orario a disposizione è ben poca cosa rispetto alla grande quantità di conoscenze operative e fenomenologiche scientifiche adeguate alla scuola di base.

1.1. Il problema epistemologico nel rinnovamento dell'educazione scientifica

La maggior parte degli esperti che hanno avanzato negli ultimi decenni nuove proposte per l'insegnamento scientifico ha quasi sempre fatto riferimento alla rivoluzione epistemologica della seconda metà del Novecento, nella consapevolezza che essa ha generato *una nuova visione della scienza*, radicalmente diversa da quella usualmente presente nell'insegnamento scientifico. Generalmente, tuttavia, il nodo epistemologico non è stato da loro considerato centrale nel ripensamento culturale e pedagogico-didattico dell'insegnamento scientifico, ad eccezione di alcuni, quali Rosalind Driver, alle cui riflessioni dedicheremo il prossimo capitolo. La nostra visione è invece opposta: riteniamo che sia necessaria una rivoluzione copernicana nell'insegnamento scientifico, perché esso è ancora spesso ancorato ad una visione della scienza di stampo ottocentesco, di tipo cumulativo e dogmatico, che costituisce, a nostro parere, la causa fondamentale della sua inefficacia formativa.

Le rivoluzioni scientifiche dei primi decenni del Novecento (relatività e meccanica quantistica) e la successiva rivoluzione epistemologica (Bachelard, Popper, Kuhn, ecc.) hanno fornito una nuova concezione della scienza che ha messo totalmente da parte la nozione di verità assoluta per porre al centro la dimensione dell'ipotesi, non solo in riferimento al contesto della scoperta ma anche a quello della giustificazione. Nella nuova visione della scienza, anche le teorie più solide devono essere considerate ipotesi: scienza è continua rimessa in discussione anche delle conoscenze più consolidate, è atteggiamento critico, è critica della tradizione. La scienza rappresenta, d'altra parte, il tentativo di spiegare il noto per mezzo dell'ignoto, di spiegare il comune mondo dell'esperienza quotidiana per mezzo di congetture che sono quasi sempre molto al di là o addirittura in contraddizione con le conoscenze di senso comune. Lo sviluppo della scienza è quindi costantemente caratterizzato da elementi di discontinuità (Popper 1972).

Le considerazioni precedenti delineano gli aspetti più significativi della scienza rivoluzionaria, ma vi è anche una scienza normale che ha caratteristiche ben diverse e per molti aspetti opposte (Kuhn 1969). L'immagine della scienza che si ricava dal dibattito epistemologico successivo alla pubblicazione del libro di Kuhn *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* è indubbiamente più articolata e complessa di quella delineata da Popper. Tuttavia, il dualismo scienza normale-scienza rivoluzionaria, e più in generale questo dibattito, non hanno minimamente indebolito la caratteristica della discontinuità. Anzi, gli epistemologi che hanno preso le distanze dalla visione di Popper, ritenendola idilliaca, hanno vieppiù accentuato l'aspetto della discontinuità tra le varie teorie, fino ad arrivare a sostenere l'incommensurabilità tra i diversi paradigmi (Feyerabend 1979).

Negli ultimi decenni, come abbiamo già detto, molte ricerche hanno evidenziato l'inefficacia dell'insegnamento scientifico e ne hanno individuato la causa principale nella lontananza tra le conoscenze scientifiche che vengono insegnate e le concezioni spontanee e le strutture cognitive degli studenti. Conseguentemente sono state effettuate analisi epistemologiche molto interessanti di alcuni concetti, o sono state prospettate significative proposte didattiche in riferimento a specifiche problematiche, ma riteniamo che generalmente delle precedenti considerazioni epistemologiche non sia stato evidenziato il *ruolo pedagogico-didattico fondante* per un rinnovamento significativo dell'insegnamento scientifico.

Noi pensiamo che uno degli obiettivi principali dell'insegnamento scientifico, di carattere trasversale alle specifiche discipline scientifiche, sia quello di costruire un'immagine la più adeguata possibile della scienza. E un aspetto importante di questa immagine aggiornata è indubbiamente costituito dal superamento della concezione lineare e dogmatica della conoscenza scientifica. Se ciò, tuttavia, costituisse soltanto una pur importante esigenza culturale, ma estrinseca alle dinamiche psicologiche dell'apprendimento, probabilmente essa continuerebbe a rimanere una buona intenzione pedagogica, d'altra parte inutilmente proclamata da moltissimo tempo. Riteniamo, invece, che la *causa fondamentale* dell'inefficacia dell'insegnamento scientifico tradizionale risieda proprio nella sua *impostazione epistemologica*, sostanzialmente ancora tardo ottocentesca, contraddistinta da molteplici aspetti tra loro solidali, quali il dogmatismo, l'enciclopedismo, il riduzionismo, il formalismo e il continuismo.

La deriva scienziata è approdata a degli esiti paradossali sul piano pedagogico-didattico, in quanto ha contribuito a sviluppare in molti studenti un'immagine della scienza opposta a quella che ha ispirato i grandi scienziati degli ultimi quattro secoli, ad identificare nella scienza una nuova scolastica o una moderna magia: infatti molte conoscenze scientifiche sono così astruse, esoteriche, nei loro tecnicismi, da risultare incomprensibili ai più e perspicue soltanto a pochi eletti.

1.2. I metodi della scienza

Fanno parte del senso comune alcuni slogan sul metodo della scienza, spesso etichettato come metodo galileiano o metodo sperimentale. E nonostante che la riflessione epistemologica abbia da molto tempo evidenziato una maggiore complessità del problema, non risulta molto più sofisticato il senso comune generalmente presente nella formazione universitaria e nella manualistica scientifica. Spesso la descrizione che viene fornita del metodo scientifico è sostanzialmente quella del procedimento induttivo anche in

quei casi in cui si fa ricorso, avendo evidentemente captato per lo meno qualche termine dal dibattito epistemologico, all'etichetta di procedimento ipotetico-deduttivo, come metodo caratteristico della scienza sperimentale. Ci troviamo di fronte ad un nodo di fondo, perché le metodologie di tipo induttivo sono cosa radicalmente diversa dai procedimenti ipotetico-deduttivi. C'è anche chi confonde il metodo ipotetico-deduttivo con il procedimento deduttivo. Il senso comune misconosce tutto ciò, miscela brandelli di nozioni eterogenee ed in modo magico ripropone l'ormai mitico metodo scientifico; ma soprattutto, e a maggior ragione, neanche immagina le conseguenze pedagogico-didattiche di queste distinzioni. La diversità non sta nel fatto che il metodo ipotetico-deduttivo sia la riproposizione di un modo di fare scienza pregalileiano, ma consiste nel ritenere che molti concetti scientifici non siano stati ricavati principalmente con procedimenti osservativo-sperimentali, ma con attività di tipo creativo. Il procedimento induttivo presuppone, invece, che una mente sgombra da pregiudizi individui un certo problema, inizi a fare osservazioni e arrivi quindi alle ipotesi, per poi trovare gli esperimenti adatti per verificarle o confutarle. Lo sviluppo della scienza sarebbe quindi avvenuto in modo cumulativo e lineare attraverso attività di osservazione sistematica della natura.

Ovviamente i grandi scienziati che in modo creativo hanno proposto nuove ipotesi, e quindi nuovi concetti e teorie in un determinato campo disciplinare, conoscevano a fondo quel problema sia sul piano teorico che osservativo-sperimentale; tuttavia, le nuove conoscenze scientifiche significative sono emerse per mezzo di processi inventivi che andavano molto al di là dell'esperienza, del quotidiano, del percettivo, delle conoscenze consolidate, dove il quotidiano per lo scienziato è rappresentato non tanto dalle conoscenze di senso comune, quanto dai paradigmi dominanti. Nuove teorie emergono dalla capacità di alcuni scienziati di andare oltre i paradigmi accettati e di creare ipotesi che le teorie consolidate non fanno neppure immaginare, e che le osservazioni, di per sé, non fanno percepire. Quasi tutti i concetti fondamentali delle diverse discipline scientifiche hanno rappresentato una *rottura*, una *discontinuità* rispetto alle concezioni accreditate nelle diverse comunità scientifiche in un determinato periodo storico. In molti casi, la discontinuità è stata di tale portata da impedire la comunicazione tra gli innovatori e gli scienziati più anziani. La storia della scienza fornisce infatti innumerevoli esempi di affermazione delle nuove teorie solo dopo la morte dei sostenitori dei paradigmi precedenti. È stato introdotto il concetto di riorientamento gestaltico per indicare il fatto che i nuovi concetti spesso non si siano limitati ad ampliare la conoscenza, ma abbiano determinato un modo radicalmente diverso di percepire la realtà (Kuhn 1969).

Discutere del *metodo scientifico* non è quindi una disquisizione accademica, ornamentale, da collocare, come fanno tutti i manuali nel primo

capitolo, e ininfluyente rispetto alla trattazione successiva delle varie problematiche. Comprendere la centralità, nello sviluppo della scienza, del metodo ipotetico–deduttivo, pur senza arrivare alle posizioni popperiane di antinduttivismo radicale, significa prendere consapevolezza della centralità nella scienza della discontinuità e delle connesse *implicazioni pedagogico–didattiche*. Qui sta il bandolo della matassa: capire effettivamente le considerazioni precedenti, e cioè il nesso inscindibile tra procedimento ipotetico–deduttivo e discontinuità, permette di fornire una spiegazione generale ai risultati delle ricerche, già menzionate, sulle concezioni degli studenti. Dalle ricerche emerge che la maggioranza degli studenti alla fine della scuola secondaria superiore ha conoscenze inadeguate nei vari ambiti disciplinari ed un atteggiamento prescientifico; entrambi (conoscenze e atteggiamento) fanno sostanzialmente riferimento al senso comune. Viste le premesse, occorrerebbe stupirsi non tanto di questi risultati, ma se essi fossero invece sostanzialmente diversi (Borsese, Fiorentini, Roletto, 1995, pp. 524–527).

La mancanza di comprensione si riferisce anche ai concetti più elementari della struttura delle varie discipline scientifiche e non solo a quelli più formalizzati. Ora è sufficiente pensare a quale riorientamento gestaltico abbiano dato origine, per esempio, le teorie di Galileo, Newton, Lavoisier e Darwin, per rendersi conto come i *concetti basilari dell'organizzazione specialistica* delle discipline scientifiche siano tutt'altro che elementari sul piano epistemologico e psicologico. Ad esempio, l'attrazione gravitazionale di Newton per quasi un secolo venne percepita da molti scienziati continentali come la riproposizione del pensiero magico (Rossi 1997), e la teoria dell'evoluzione non è da molti accettata neppure oggi.

Mentre nella concezione tradizionale della scienza, dogmatica e lineare, ogni nuovo concetto appare come un ovvio ampliamento di quelli precedenti, nella nuova concezione, ogni nuovo concetto significativo è il prodotto del superamento di un *ostacolo epistemologico* (Bachelard, 1975). Per la vecchia concezione, ogni concetto è di per sé evidente grazie alla sua collocazione nell'ordine deduttivo della disciplina, nel nuovo approccio, ogni concetto può essere compreso nella misura in cui si colgono le connessioni e le discontinuità con le problematiche che ne hanno permesso l'invenzione (Bruner 1997). Mentre la prima concezione contempla una struttura delle conoscenze scientifiche di tipo logico–deduttivo, grammaticale, la seconda ipotizza una organizzazione delle conoscenze di carattere problematico, contestuale e semantico, grazie all'utilizzo della storia e dell'epistemologia.

Dovrebbe esser nata da tempo la domanda del perché l'insegnamento scientifico più diffuso continui ad essere quello tradizionale, ispirato ad una visione della scienza superata, nonostante i risultati catastrofici sul piano formativo. Le motivazioni sono sia di carattere generale, culturale e po-

litico, che di carattere specifico. Le motivazioni generali, che riguardano non soltanto l'insegnamento scientifico, ma tutte le discipline scolastiche, consistono nella sfasatura storica che si è verificata in Italia negli ultimi cinquanta anni tra la realizzazione della scuola di massa e la comprensione delle condizioni di carattere culturale, pedagogico, curricolare e conseguentemente istituzionale che avrebbero potuto effettivamente garantirne la qualità formativa. La scuola italiana è diventata da molti decenni di massa, ma l'insegnamento scientifico è ancora oggi improntato ad un modello di scuola selettiva ed elitaria, nel quale l'obiettivo fondamentale non è quello di utilizzare alcune conoscenze significative delle scienze per contribuire alla formazione di tutti i cittadini, ma è quello di individuare i pochi eletti che saranno in grado di comprendere sofisticati formalismi e potranno quindi continuare la ricerca nei vari ambiti specialistici.

I limiti ed i punti di forza dell'insegnamento scientifico tradizionale erano stati evidenziati più volte nel passato. È sufficiente ricordare le considerazioni di Kuhn quando afferma che, da una parte « si tratta di un'educazione rigida e limitata, forse più rigida e limitata di ogni altro tipo di educazione, fatta eccezione della teologia ortodossa », e dall'altra, « che prepara lo studente a diventare membro della particolare comunità scientifica. [...] Per la ricerca all'interno della scienza normale, per risolvere rompicapo all'interno della tradizione definita dai manuali lo scienziato viene preparato quasi alla perfezione » (Kuhn 1969, p. 199). In Italia, i dati nuovi, di grande rilevanza rispetto al 1962, che è casualmente l'anno sia della riforma della scuola media che della pubblicazione del libro di Kuhn *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, sono la radicale modifica con la scuola di massa del contesto scolastico e la constatazione dell'inefficacia formativa del modello tradizionale dell'insegnamento scientifico.

1.3. Le discontinuità del curriculum

Le considerazioni precedenti sul metodo ipotetico-deduttivo e sulla discontinuità hanno delle implicazioni divergenti sull'impostazione dell'insegnamento scientifico nella prima fase della scolarità (fino a 14-15 anni) e nella seconda fase (fino a 18-19 anni). Per quest'ultima, che coincide con la scuola secondaria di secondo grado, le conseguenze culturali e metodologiche sono immediatamente ricavabili dalle considerazioni precedenti. È necessario mettere da parte l'impostazione specialistica, nozionistica e enciclopedica usuale ed iniziare a porre come variabile fondamentale il contesto entro cui è inserita una qualsiasi disciplina scientifica. Mentre oggi ci troviamo di fronte all'insegnamento della stessa struttura concettuale, in realtà della stessa enciclopedia di nozioni, in alcuni indirizzi nel biennio ed in altri nel

triennio, in determinati casi in un solo anno scolastico con due o tre ore settimanali, ed in altri per più anni, in futuro, occorrerà, invece, ribaltare tale logica, partendo primariamente dal contesto, nella consapevolezza della necessità di tempi lunghi per potere comprendere qualsiasi problematica importante, per non limitarsi più soltanto alla memorizzazione di nozioni scientifiche senza significato per lo studente.

L'insegnamento dovrebbe essere caratterizzato da un'impostazione di tipo problematico e contestuale, che permetterebbe di affrontare molte delle conoscenze generalmente presenti anche nell'impostazione tradizionale, seppur in una prospettiva completamente diversa, quella che cercheremo di delineare nei capitoli dedicati alla scuola secondaria di secondo grado. L'obiettivo fondamentale dovrebbe essere quello di realizzare la comprensione dei concetti elementari della struttura specialistica delle varie discipline. Aspetti più specialistici potrebbero essere affrontati soltanto in corsi pluriennali nel triennio. Per esempio, nel caso della chimica, nel biennio occorrerebbe trattare le teorie ed i concetti della chimica classica, quali il concetto di elemento, composto, di trasformazione chimica, le leggi classiche, ecc., e rimandare al triennio le teorie del Novecento, quali quelle del legame chimico.

Per la prima fase della scolarità, le implicazioni curriculari delle precedenti considerazioni epistemologiche sono invece quelle di non includere nel curriculum neppure i concetti elementari della struttura specialistica delle discipline scientifiche (da rimandare al biennio come si è già detto) in quanto la loro comprensione presuppone, da una parte, lo sviluppo nello studente di determinate competenze operative, logiche e linguistiche, e dall'altra, contemporaneamente, l'acquisizione di specifiche conoscenze e competenze di tipo fenomenologico.

Pensiamo che sia indispensabile un curriculum longitudinale all'interno di una prospettiva di continuità educativa, ritenendo superato ormai da molto tempo il curriculum tradizionale, e non solo per le scienze sperimentali, caratterizzato dalla discontinuità fasulla attualmente esistente tra i tre gradi scolastici. E immaginiamo la continuità educativa connessa al curriculum verticale, non tanto come una melassa indistinta, ma come la progettazione di una proposta educativa maggiormente in consonanza con le discontinuità reali che si realizzano durante la crescita del soggetto. Nello specifico del curriculum longitudinale delle scienze sperimentali, noi pensiamo che siano necessarie alcune discontinuità, e che indubbiamente quella più rilevante si dovrebbe realizzare nel passaggio tra scuola secondaria di primo grado e scuola secondaria di secondo grado. I motivi che ci portano ad individuare questa età sono innanzitutto di tipo teorico (psicologici, pedagogici ed epistemologici), ma vi è anche un aspetto più pragmatico, legato alla tradizione culturale e scolastica italiana, lo spazio limitato che le scienze

sperimentali continuano ad avere nella scuola del primo ciclo, nonostante le riforme significative che hanno caratterizzato questi gradi scolastici.

1.4. Quale formazione iniziale degli insegnanti

Abbiamo iniziato questo capitolo indicando nella formazione iniziale, soltanto di tipo disciplinare, degli insegnanti di scuola secondaria di primo e secondo grado, uno degli ostacoli principali al cambiamento. Rappresenta invece un'antica consapevolezza la necessità per l'insegnamento, oltre alle conoscenze disciplinari specifiche, di conoscenze di psicologia dell'apprendimento, di pedagogia e più in generale di scienze dell'educazione. Tristano Codignola, padre della riforma della scuola media, per parte sua aveva visto con chiarezza come nessuna riforma di struttura potesse funzionare senza una corrispondente trasformazione delle competenze professionali di quanti avrebbero dovuto realizzarla. Già durante gli anni sessanta avanzava proposte di riforma dell'Università tendenti a formare anche professionalmente all'origine i futuri insegnanti, per evitare il probabile rischio di riscontrare a distanza di qualche decennio il fallimento della riforma della scuola media.

Se l'insegnante non dà a sufficienza, è l'organizzazione della nostra scuola la responsabile di questo stato di fatto, sia perché tende a mortificare la capacità creativa sia perché non li forma, non li sceglie, non li prepara, non li aggiorna se non sulla base di quella cosiddetta spontaneità che ricorda molto da vicino la spontaneità della economia liberale, una spontaneità che germina sulla costrizione del censo, del caso, della fortuna. [...] È a livello universitario che i giovani indirizzati alla scuola devono essere assunti in carica dallo Stato, indirizzati al completamento della cultura, ma anche attrezzati ad applicare la cultura alla professione, perché insegnare non è solo trasmettere, ma soprattutto liberare; ed esistono metodologie, conoscenze psico-pedagogiche, strumenti didattici da applicare. Si dia a questi giovani una certezza economica, si offra loro una sicura prospettiva già nel momento in cui iniziano la carriera di insegnante, li si sottragga all'avvilente pratica dei concorsi, si immettano nell'insegnamento coloro che siano risultati validi in istituti post-universitari destinati appositamente alla creazione di personale insegnante e li si considerino già a pubbliche spese nel momento della loro preparazione professionale (Codignola 1987, p. 40).

Tuttavia, la proposta della formazione professionale degli insegnanti ha dovuto attendere più di trenta anni, nonostante che essa sia stata fatta oggetto fin dagli anni sessanta di studi e di sperimentazione pedagogiche in diverse università. Soltanto nel 1990 è stata approvata una legge che istituiva la laurea per i maestri ed un corso biennale di specializzazione post-laurea per gli insegnanti di scuola secondaria; essa è rimasta per molti anni inapplicata fino al decollo nell'anno accademico 1998/99 dei primi corsi di laurea per

insegnanti di scuola primaria e dell'infanzia, e nel 2000 dei corsi delle SSIS (scuole di specializzazione dell'insegnamento secondario) che, tuttavia, dopo alcuni anni sono stati interrotti. Successivamente sono state formulate nuove ipotesi, e finalmente nella legge 107 del luglio 2015 è stata inserita una delega sulla formazione degli insegnanti della scuola secondaria dove sono formulate delle proposte molto interessanti (Luzzatto 2015), che è diventata legge con la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale, a metà maggio del 2017: prevede, dopo un concorso pubblico nazionale, indetto su base regionale o interregionale, un successivo percorso triennale di formazione iniziale, tirocinio e inserimento nella funzione docente, ed infine la procedura di accesso ai ruoli a tempo indeterminato.

Negli ultimi decenni si è d'altra parte maggiormente compreso che accanto alle conoscenze psicopedagogiche sono indispensabili le conoscenze di carattere epistemologico e didattico disciplinare.

Chi ha esperienza di ricerca in didattica disciplinare sa che i riferimenti propri della didattica generale presentano gravi limiti, e risultano in larga misura inattendibili di fronte alla specificità dei singoli problemi che si devono affrontare nell'insegnamento. Di fronte a compiti conoscitivi e didattici specifici, occorre rivedere molti dei modelli e delle teorie della pedagogia, e della psicologia della conoscenza e dell'apprendimento, generali. Si incontrano problemi e aspetti ignorati dalla ricerca psicologica e pedagogica generale, che così finisce per risultare lacunosa e generica (Cavallini 1991, p. 23).

D'altra parte, gli interventi degli esperti del settore delle scienze dell'educazione, scissi da quelli degli esperti della didattica disciplinare, finiscono col rappresentare occasioni in cui si esprimono intenzioni su cui si è tutti d'accordo, ma che non cambiano, di fatto, il comportamento del docente in classe (Borsese 1990, p. 3).

Nella scuola preuniversitaria, a nostro parere, non ci sono fasi, come la scuola dell'infanzia e primaria, dove sarebbero più importanti la pedagogia e la psicologia, ed altre fasi, come la scuola secondaria di primo e secondo grado, dove dovrebbero essere fondamentali soltanto i contenuti disciplinari. Gli uni e le altre sono essenziali sempre, per potere formulare delle ipotesi razionalmente fondate su "che cosa, come e con quali relazioni insegnare" nelle varie fasi del processo educativo. D'altra parte a chi rilevasse criticamente una certa astrattezza nel proporre certe discipline psicopedagogiche, va osservato che soltanto esse possono fornire indicazioni sulle finalità e sugli obiettivi fondamentali del processo educativo, sui caratteri cognitivi, affettivi, motivazionali della personalità nella varie fasi evolutive, sugli aspetti generali delle varie metodologie didattiche. Esse non sono però in grado, da sole, di tradurre in proposte didattiche operative questo essenziale patrimonio di conoscenze. Sono le altre competenze, quelle epistemologiche e quelle relative alle didattiche disciplinari, che, realizzando una mediazione tra le scienze dell'educazione e le singole discipline, possono permettere

di enucleare ipotesi di un curriculum longitudinale adeguato alla formazione culturale, morale, sociale della personalità degli alunni. Spesso, la traduzione didattica immediata di teorie pedagogiche o psicologiche ha prodotto risultati tutt'altro che innovativi, perché la mancanza di mediazioni epistemologiche e didattiche specifiche ha portato ad assumere, generalmente in modo implicito, le discipline, nella loro tradizionale organizzazione scolastica, come la certezza, come qualcosa di immodificabile che andava accettato o rifiutato in toto. Se ripercorressimo la storia della pedagogia e della didattica negli ultimi cinquant'anni ritroveremmo innumerevoli esempi ricorrenti dell'uno o dell'altro atteggiamento.

1.5. Presentazione del libro

Ci proponiamo con questo libro di approfondire i vari aspetti che abbiamo indicato in questa introduzione, di dedicare, quindi, i primi capitoli agli aspetti epistemologici, psicologici e pedagogici e i successivi capitoli alla delineazione della nostra proposta. I prossimi due capitoli completano la prima parte del libro, quella introduttiva, ponendo all'attenzione due contributi importanti degli ultimi decenni che si situano, il primo, nell'ambito della didattica delle scienze ed il secondo, nell'ambito della riflessione psico-pedagogica-didattica. La seconda parte del libro è dedicata ad un approfondimento epistemologico. Nella terza parte saranno affrontati alcuni aspetti importanti delle concezioni di Piaget, di Vygotskij e di altri psicologi e pedagogisti. Nella quarta parte verrà presentata la nostra proposta per l'insegnamento scientifico per i vari livelli della scuola preuniversitaria, per la scuola dell'infanzia e primaria, e per la scuola secondaria di primo e secondo grado. Nella quinta parte saranno, infine, affrontati la problematica della valutazione delle competenze scientifiche e alcuni aspetti strutturali del sistema scolastico italiano.