

QUALI CONDIZIONI PER IL RINNOVAMENTO DEL CURRICOLO DI SCIENZE?

Carlo Fiorentini – segreteria nazionale del Cidi

E' diffusa tra gli esperti di didattica delle scienze, per lo meno da qualche decennio, la consapevolezza della crisi drammatica dell'insegnamento scientifico nella scolarità preuniversitaria. Sono state conseguentemente avanzate alcune proposte innovative, che non hanno, tuttavia, minimamente incrinato il paradigma dominante. Noi crediamo che ciò sia avvenuto anche a causa della debolezza teorica delle proposte stesse.

Il paradigma dominante è ben identificabile e robustamente resistente al cambiamento in quanto è, in modo totalitario, 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, sulla base di ovvie mediazioni didattiche tramandate dal senso comune di una tradizione didattica secolare.

Negli ultimi decenni, con la trasformazione della scuola in tutti i paesi industrializzati in scuola di massa, questo impianto 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 (il che cosa e il come insegnare alle varie età) adeguato ad una situazione economica, sociale e culturale incompatibilmente 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 sono collocate molte proposte innovative del passato.

E' entrata definitivamente in crisi l'idea che sia possibile **trasmettere in modo significativo** 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 fondo, non molte cose male e superficialmente", e che sia quindi indispensabile individuare "nuclei fondanti" (Maragliano, 1997). Questa è tuttavia un'operazione avventurosa perché postula le 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 di una scuola ormai da molto tempo non più selettiva ed elitaria.

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, con 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 degli ultimi decenni, e dall'altra, con la necessità di prospettare un modello psicopedagogico per l'insegnamento scientifico consapevole di ciò che rimane ancora oggi significativo – al di là delle mode e delle infatuazioni momentanee- dei contributi più alti della pedagogia e della psicologia dell'apprendimento di questo secolo.

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 hanno quasi sempre fatto riferimento alla rivoluzione epistemologica degli ultimi cinquant'anni, essendo consapevoli 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.

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, continuista 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. In questa è stata **totalmente messa da parte la nozione di verità assoluta** ed è stata posta 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, 1969).

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, 1962). L'immagine della scienza che si ricava dal dibattito epistemologico successivo alla pubblicazione del libro di Kuhn "Le 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, 1975).

Negli ultimi decenni, 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 (Grimellini Tomasini e Segrè, 1991). Conseguentemente sono state effettuate analisi epistemologiche molto interessanti di specifici concetti, o sono state prospettate significative proposte didattiche in riferimento a specifiche problematiche, ma riteniamo che generalmente delle precedenti considerazioni epistemologiche non sia stata evidenziato il *ruolo pedagogico-didattico fondante* per un rinnovamento significativo dell'insegnamento scientifico.

Noi pensiamo che uno degli obiettivi principali dell'insegnamento scientifico sia quello, di carattere trasversale alle specifiche discipline scientifiche, 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 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 astruse, esoteriche nei loro tecnicismi, risultano incomprensibili ai più e perspicue soltanto a pochi eletti.

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 (alla faccia del rigore 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 con un procedimento osservativo-sperimentale, 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.

I grandi scienziati che in modo creativo hanno proposto nuove ipotesi, e quindi nuovi concetti in un determinato campo disciplinare, conoscevano generalmente 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 sono non tanto le conoscenze di senso comune, ma i 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, 1962).

Discutere del *metodo scientifico* non è quindi una disquisizione accademica, ornamentale, da collocare, come fanno tutti i manuali nel primo capitolo, e ininfluenza 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: comprendere 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 che fanno sostanzialmente riferimento al senso comune. Occorrerebbe stupirsi non tanto di questi risultati, ma se essi fossero invece sostanzialmente diversi.

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 elementari dell'organizzazione specialistica* delle discipline scientifiche siano tutt'altro che elementari sul piano epistemologico e psicologico.

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, 1972). Mentre nella vecchia concezione, ogni concetto è di per sé evidente grazie alla sua collocazione nell'ordine deduttivo della disciplina, nella seconda, ogni concetto significativo può essere compreso nella misura in cui si colgono le connessioni e le discontinuità con le problematiche che ne hanno permesso l'invenzione (Bruner, 1996). Mentre la prima concezione contempla una struttura delle conoscenze scientifiche di tipo logico-deduttivo, grammaticale, linguistico, 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 politico, 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 quaranta 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 alcune considerazioni di Kuhn; egli afferma da una parte "che 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, 1962). 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 *Le 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.

Le discontinuità del curricolo

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 13-14 anni) e nella seconda fase (fino a 18-19 anni). Per quest'ultima, che coincide con la scuola secondaria superiore, le conseguenze culturali e metodologiche sono immediatamente ricavabili dalle considerazioni precedenti. E' necessario mettere da parte l'impostazione specialistica, lineare ed 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 2-3 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 alcuni concetti, 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 abbiamo cercato di delineare nei paragrafi precedenti. 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 del 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, e rimandare al triennio le teorie di questo secolo, 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 curricolo 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 di determinate competenze operativo-logico-linguistiche, e dall'altra, contemporaneamente, l'acquisizione di specifiche conoscenze e competenze di tipo fenomenologico.

Pensiamo che sia indispensabile un curricolo longitudinale all'interno di una prospettiva di continuità educativa, ritenendo superato ormai da molto tempo il curricolo tradizionale (e non solo per le scienze sperimentali) caratterizzato dalla discontinuità fasulla attualmente esistente tra i 3 gradi scolastici. E immaginiamo la continuità educativa connessa al curricolo 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 e che, d'altra parte, caratterizzano anche il materiale di studio.

Nello specifico del curricolo longitudinale delle scienze sperimentali, noi pensiamo che siano necessarie alcune discontinuità, e che indubbiamente quella più rilevante si dovrebbe realizzare nel passaggio tra scuola media e scuola secondaria superiore. 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, cioè, che le scienze sperimentali continuano ad avere nella scuola elementare e media (2 ore alla settimana), nonostante le riforme significative che hanno caratterizzato questi gradi scolastici.

Una proposta metodologica per la scuola di base

Abbiamo già in più occasioni indicato che cosa intendiamo per impostazione fenomenologica. In questi articoli abbiamo anche evidenziato le discrasie esistenti tra i manuali – e i sussidiari – e gli innovativi programmi di educazione scientifica della scuola elementare e media (Fiorentini, 1999). Facendo riferimento a queste riflessioni, ci proponiamo ora di approfondire alcuni aspetti.

Preliminarmente una questione terminologica, tutt'altro che marginale. Per indicare l'impostazione dell'educazione scientifica adeguata alla scuola di base ci sembra più appropriato parlare di *impostazione fenomenologico-operativa*, fenomenologica in relazione al contenuto, e operativa in riferimento alla metodologia didattica.

Abbiamo già indicato precedentemente in alcuni fenomeni scientifici l'oggetto dell'insegnamento. Il fatto di aver escluso dalla scuola di base anche i concetti più elementari della struttura delle discipline dovrebbe già rappresentare un'indicazione chiara; tuttavia, ci rendiamo conto che il campo rimane molto vasto ed ambiguo in quanto i fenomeni che potrebbero essere proposti potrebbero essere i più disparati in relazione alla loro accessibilità cognitiva ed alla loro significatività. La riflessione epistemologica ha anche da molto tempo sottolineato la teoreticità dei fatti sperimentali, l'intreccio costante, cioè, che si realizza nello sviluppo scientifico tra teorie ed osservazioni sperimentali.

Si apre qui un ambito fondamentale di ricerca e sperimentazione didattica, dove è necessario che si confrontino diverse ipotesi curriculari in relazione alla individuazione delle fenomenologie più significative

che siano indipendenti dalla struttura specialistica delle discipline, ed alla loro collocazione più adeguata nel curriculum della scuola dai 6 ai 14 anni, tenendo conto sia della loro elementarità psicologica che di eventuali relazioni di propedeuticità.

Questa ricerca, come abbiamo già altrove argomentato, è contemporaneamente ardua e fondamentale. E' ardua perché si situa sul terreno della complessità: L'individuazione delle problematiche più adeguate alle varie età presuppone un'attività di ricerca e sperimentazione sui saperi disciplinari – o pluridisciplinari – di tipo interdisciplinare con l'utilizzo delle competenze scientifiche, di quelle storico-epistemologiche e di quelle delle scienze dell'educazione. Questa ricerca è fondamentale, perché sono essenzialmente le scelte curriculari che possono realizzare e verificare l'adeguatezza educativa di finalità e principi pedagogico-metodologici generali, che possono, in altre parole, permettere l'incontro sinergico tra due mondi tradizionalmente disgiunti, quello delle conoscenze disciplinari e quello della pedagogia.

Nel caso dell'insegnamento scientifico, vi è stato spesso, in relazione al metodo, sovrapposizione e confusione tra il significato didattico e quello scientifico specialistico. Abbiamo scelto non casualmente il termine fenomenologico piuttosto che sperimentale. Nei decenni passati, infatti, proprio le proposte innovative hanno prospettato metodologie sperimentali in contrapposizione all'insegnamento tradizionale, identificando la portata innovativa delle scienze nel così detto *metodo sperimentale*. In questo modo, queste proposte sono generalmente rimaste nello stesso orizzonte epistemologico dell'insegnamento libresco che criticavano, arrivando conseguentemente a fare proposte didattiche improntate spesso al totale pressapochismo, purché fossero sperimentali. Inoltre, anche ammettendo che il metodo sperimentale abbia il ruolo che loro gli attribuiscono, gli attivisti e gli sperimentalisti ingenui compiono un errore categoriale, in quanto traducono senza mediazioni in metodologia pedagogico-didattica una metodologia della disciplina specialistica, ricadendo così nello stesso errore, seppure sul lato opposto, dell'insegnamento enciclopedico tradizionale, in un atteggiamento adultistico.

Le metodologie didattiche trovano, invece, la loro fondazione innanzitutto all'interno della riflessione pedagogica, e più in generale delle scienze dell'educazione. Nel nostro caso, quello delle scienze sperimentali nella scuola di base, il riferimento pedagogico-metodologico fondamentale è costituito dal costruttivismo (Boscolo, 1986), movimento che, da una, parte è il prodotto della ricerca psicopedagogica più recente, e dall'altra, rappresenta anche la sintesi delle riflessioni dei psicopedagogisti più significativi di questo secolo, quali Dewey, Piaget, Vygotskij e Bruner (Calvani, 1998).

Per il costruttivismo l'apprendimento si può realizzare se lo studente è posto al centro del processo di costruzione della sua conoscenza, se lo studente è attivo sul piano cognitivo e se il processo di insegnamento-apprendimento tiene conto delle complesse dinamiche relazionali che possono facilitare o ostacolare la costruzione della conoscenza. Il costruttivismo ha rielaborato, realizzandone una sintesi felice, i punti di forza del contributo pedagogico di quei grandi pensatori, e lasciando invece cadere gli aspetti più effimeri.

Il costruttivismo costituisce il quadro pedagogico-metodologico generale entro cui si sviluppa la nostra proposta metodologica per l'insegnamento scientifico, di tipo fenomenologico-operativo. Alla luce delle precedenti considerazioni, *operativo* sta a significare sostanzialmente un'operatività cognitiva e non un'attività manuale (Ferreiro, Teberosky, 1979): la metodologia didattica deve sviluppare quanto è più possibile le condizioni che permettano a ciascun studente di costruire la conoscenza, e non tanto di poter effettuare in prima persona il maggior numero possibile di esperimenti. Lo sperimentalismo e l'attivismo hanno invece sempre accentuato questo secondo aspetto, ed hanno così anche per questo motivo determinato la loro marginalità educativa, non riuscendo minimamente a tradurre in proposta didattica plausibile la presunta centralità del metodo sperimentale della ricerca scientifica specialistica.

La riflessione e la sperimentazione, che stiamo conducendo da molti anni, ci hanno portato a prospettare un modello metodologico per l'educazione scientifica nella scuola di base, che non va assunto come un dogma, ma appunto come un modello che deve essere adattato costantemente sia all'oggetto della conoscenza che alle condizioni reali della costruzione della conoscenza. Questo modello, che si articola in cinque fasi, nella sua indicatività, permette di evidenziare le condizioni complesse del processo di concettualizzazione.

- 1) La prima fase è generalmente quella della sperimentazione-osservazione. Riteniamo che nella scuola di base, come abbiamo più volte indicato, l'impostazione debba essere fenomenologica. Da ciò ne consegue che ogni percorso didattico significativo debba svilupparsi sulla base di fenomenologie che si sperimentino e/o osservino, e non che vengano, invece, raccontate o descritte dal libro o dall'insegnante (Dewey, 1933).
- 2) La seconda fase è quella della verbalizzazione scritta individuale. Effettuare e/o guardare delle esperienze può rappresentare, di per sé un'attività più o meno ludica, ma non realizza la costruzione della conoscenza, o usando un'altra terminologia, il processo della concettualizzazione (Dewey, 1933). Ciò che dei fenomeni deve principalmente interessare, al di là del primo momento, quello dello stupore, non è il loro aspetto estetico, magico, ma la loro logica fenomenologica, la rete di connessioni che può essere costruita. Ciò non è nella immediatezza dell'esperienza, ma nella riflessione sull'esperienza, che non può essere realizzata che per mezzo della mediazione del

linguaggio. E' soltanto il linguaggio che permette l'effettuazione di quelle attività cognitive – descrivere, rappresentare, individuare differenze e somiglianze, individuare relazioni e connessioni causali, classificare e definire – che possono produrre consapevolezza delle relazioni significative che caratterizzano una determinata fenomenologia (che permettono quindi di concettualizzarla). Ed è in particolare il linguaggio scritto che ha queste caratteristiche, ed a maggior ragione in classi che sono costituite da 20 e più bambini.

Prevediamo che questa centralità del linguaggio scritto possa suscitare molte perplessità sia di tipo teorico (prima l'oralità) che di tipo pratico (i bambini non vogliono scrivere, si annoiano). Il linguaggio scritto a cui facciamo riferimento deve essere il più libero possibile dagli impacci della forma, deve essere pensiero direttamente in azione. Ciò che deve interessare è la sua adeguatezza cognitiva. Se la consegna fosse, ad esempio, la descrizione di un fenomeno, l'adeguatezza consisterebbe nell'evidenziazione degli aspetti significativi, collocati nella loro successione spaziale e temporale. Tuttavia, pur avendo messo da parte la correttezza linguistica, pensiamo che non sia semplice per la maggioranza degli studenti, non abituati ad osservare la realtà (non solo in ambito scolastico), fornire una descrizione adeguata di fenomeni benché elementari. E' proprio in questo caso, ancora più importante, che tutti gli studenti siano impegnati nell'iniziare, con la descrizione, a dare un ordine alla porzione di mondo che si sta indagando. Ed è fondamentale che ogni studente sia, sulla base delle proprie strutture cognitive, impegnato nel tentativo. L'obiettivo della seconda fase non è, infatti, la concettualizzazione adeguata; è, invece, quello di far sì che tutti gli studenti inizino il processo di concettualizzazione.

Rispetto alle perplessità del secondo tipo, e cioè che agli studenti non piacerebbe scrivere, la sperimentazione effettuata nel corso di molti anni ci ha fatto cogliere una realtà più complessa. In molti casi abbiamo constatato il coinvolgimento degli studenti anche nelle attività di scrittura perché ne hanno interiorizzato, nel corso del tempo, la motivazione cognitiva (avevano compreso che gli era essenziale per capire). In alcuni casi, è stata evidenziata, insieme all'utilità cognitiva, anche la fatica; ad esempio i ragazzi di una terza media, alla fine dell'anno scolastico, commentarono nei seguenti termini l'attività effettuata per la prima volta con la nuova metodologia: lavorare in questo modo a scuola è molto più faticoso, ma ci piace molto di più perché ci sentiamo coinvolti e ci permette di capire effettivamente i vari argomenti.

L'insegnante deve gestire la seconda fase con molta competenza ed intelligenza. In realtà ciò vale per tutte le fasi, per la conduzione di tutta l'attività. Con metodologie costruttiviste il ruolo dell'insegnante cambia radicalmente: non trasmette più conoscenze, ma è il regista del processo di costruzione della conoscenza. E questo è un ruolo molto più complesso perché presuppone grandi competenze epistemologiche sui materiali con cui deve essere costruita la conoscenza e grande competenza psicologica-pedagogica-relazionale per coinvolgere consapevolmente tutti gli studenti nel processo.

Le consegne devono infatti essere non ambigue ed essenziali rispetto agli obiettivi che si vuole perseguire. Ad esempio, siamo stati per molto tempo in un atteggiamento di rifiuto aprioristico nei confronti dell'utilizzo di griglie di osservazione e tabelle di registrazione, in quanto pensiamo che l'utilizzo non meditato di questi strumenti non permetta agli studenti di sviluppare, con i tempi necessari, le proprie capacità osservative e di costruire consapevolmente le proprie conoscenze; ciò che deve essere osservato è già nello strumento proposto dall'insegnante, mentre l'attività dello studente consiste nel mettere passivamente crocette. Successivamente, la riflessione intorno a problemi emersi durante la sperimentazione ci ha portati a modificare la nostra posizione quando è necessario confrontare contemporaneamente più di 2-3 esperimenti. E' in questi casi un compito troppo impegnativo per lo studente riuscire ad individuare, confrontando la descrizione degli esperimenti, le somiglianze che permettono di classificare e definire. Prendiamo come esempio il percorso delle soluzioni, da noi proposto all'inizio del secondo ciclo della scuola elementare: occorre effettuare un certo numero (6-7) di esperimenti di mescolamento di materiali (quali sale, zucchero, solfato di rame, polvere di marmo, ecc.) con acqua. Effettuati i primi esperimenti (2-3) con le relative descrizioni di come appare l'insieme dopo mescolamento, prima di procedere con gli altri, riteniamo indispensabile l'introduzione di una tabella a doppia entrata, che riporti in verticale l'elenco dei materiali ed in orizzontale le varie caratteristiche che si osservano dopo il mescolamento. Successivamente, quando si fanno gli altri esperimenti, si chiede ai bambini di non effettuare più le descrizioni, ma di segnare con crocette le proprietà osservate. Con questo strumento, che viene introdotto dopo una fase di osservazione libera, il confronto tra gli esperimenti diventa molto più semplice. Inoltre, la tabella va fornita ai bambini già "belle e pronta" o deve essere da loro costruita? La sperimentazione che abbiamo effettuato ci ha mostrato che per la maggioranza dei bambini è una impresa troppo ardua la costruzione della tabella, nonostante che tabelle a doppia entrata siano spesso utilizzate dai bambini fin dal primo ciclo. Ma una cosa è limitarsi ad impiegare una tabella, altra cosa è comunque tentare di costruirla: questa seconda attività presuppone la presa di coscienza della funzione di un tale strumento, e sviluppa una maggiore consapevolezza nel suo impiego.

Riteniamo conseguentemente che vada proposto ai bambini la costruzione della tabella, di trovare, cioè, una qualche soluzione che permetta in modo più evidente, più schematico, il confronto tra le miscele, pur nella consapevolezza che in questo caso l'intervento dell'insegnante dovrà essere più decisivo.

Infine, in determinati casi, il linguaggio principale per rappresentare la realtà potrà essere costituito da un disegno o da uno schema grafico. Ad esempio, nella osservazione di piante, il disegno ha un ruolo cognitivo fondamentale; la sola descrizione verbale di tali oggetti rischia, infatti, di far perdere di vista ciò cui si riferisce, e di essere quindi senza significato.

3) e 4) La terza fase è quella della discussione collettiva, del confronto; la quarta fase è quella dell'affinamento della concettualizzazione. La terza fase è quella più consolidata sia sul piano teorico che sul quello pratico. Indubbiamente, infatti, questa fase è impiegata da molti insegnanti elementari, anche se raramente con piena padronanza epistemologica e tecnica della metodologia. Nel dibattito teorico italiano, rilevanti sono i contributi forniti da Clotilde Pontecorvo nell'evidenziare, rifacendosi al cognitivismo americano di ispirazione vygotskiana, il grande significato motivazionale, cognitivo e comportamentale del confronto e della discussione in classe (Pontecorvo, Ajello, Zucchermaglio, 1991). Non abbiamo nulla da aggiungere a queste riflessioni nei loro aspetti generali di proposta pedagogico-metodologica adatta a tutti gli ambiti disciplinari. L'unica considerazione che riteniamo necessario sviluppare è in riferimento all'educazione scientifica: la terza fase ha, anche a nostro parere grande importanza, ma non di per sé, e solo nella misura in cui è connessa alle prime due, solo in quanto, cioè, contribuisce in modo determinante con l'intervento dei pari all'affinamento, con correzioni e completamenti, della costruzione della conoscenza che ciascun studente ha già realizzato.

Abbiamo preferito aggiungere una quarta fase, nonostante che l'affinamento della conoscenza si realizzi essenzialmente nella terza, perché c'è bisogno anche di un momento in cui ciascun bambino corregga, modifichi e integri, alla luce della discussione collettiva, la sua precedente concettualizzazione.

5) Anche la quinta fase, infine, quella della sintesi collettiva, è strettamente connessa alla terza, ma abbiamo ritenuto recentemente necessario evidenziarla per la seguente motivazione: l'insegnante alla fine dell'attività, utilizzando tutto il materiale prodotto e condiviso dagli studenti, ne realizza una sintesi scritta graficamente chiara e linguisticamente corretta, che deve poi essere fotocopiata per tutti i bambini e incollata nel loro quaderno. Ci siamo convinti di questa necessità, perché, da una parte, le modalità con cui i bambini realizzano l'affinamento della concettualizzazione sono troppo diversificate, anche nella chiarezza grafica, e perché dall'altra, è necessario che il quaderno, che rappresenta il resoconto del processo di costruzione della conoscenza, contenga anche delle sintesi di questo processo comuni a tutti gli studenti.

Se le cinque fasi del modello metodologico proposto sono tutte necessarie e tra loro strettamente interdipendenti, indubbiamente quelle più innovative sono, a nostro parere, la seconda e la quarta, quelle, cioè, che postulano, all'interno di un processo di costruzione della conoscenza scientifica caratterizzato significativamente dalle dimensioni fenomenologica, sociale e relazionale, anche delle attività cognitivo-linguistiche individuali. Infatti se queste due fasi fossero saltate, l'attività procederebbe indubbiamente in modo molto più spedito e sarebbe quindi possibile affrontare molte più problematiche, ma la concettualizzazione non sarebbe generalmente realizzata da nessun bambino; la sintesi collettiva sarebbe in questo caso effettuata, non solo graficamente, soltanto dall'insegnante che la realizzerebbe componendo in una struttura organica le impressioni atomiche esplicitate ora dall'uno ed ora dall'altro studente. Prendendo ancora, ad esempio, la descrizione di un esperimento, la concettualizzazione non consiste nell'indicare qualche aspetto disorganico del fenomeno, ma nel coglierne gli aspetti significativi nella loro successione spaziale e temporale; la concettualizzazione non consiste, cioè, in un'elencazione atomica di aspetti percettivi, ma nella loro concatenazione in una trama narrativa.

Gli obiettivi trasversali dell'educazione scientifica

Abbiamo lasciato questo nodo pedagogico per ultimo non casualmente. In relazione all'importanza che gli attribuiamo avremmo dovuto invece trattarlo per primo. Abbiamo fatto questa scelta per voler evidenziare l'autonomia culturale delle considerazioni e delle proposte rispetto a finalità politiche e pedagogiche, di per sé ineccepibili, ma che potrebbero, tuttavia, risultare estrinseche ad una fondazione solida di tipo epistemologico e metodologico-didattico adeguata al sapere scientifico. Ci interessa particolarmente, alla fine di questo nostro contributo, cogliere la convergenza fra i due piani del discorso.

Sia i programmi della scuola elementare che della scuola media indicano come obiettivi fondamentali dell'educazione scientifica obiettivi di carattere generale, quali il contribuire allo sviluppo nello studente di competenze osservative-logico-linguistiche. E questi obiettivi vengono in generale indicati, non solo per le scienze ma per tutte le discipline, come per tutti gli insegnamenti viene indicata come finalità fondamentale quella di contribuire alla formazione democratica dell'uomo e del cittadino. Tuttavia, spesso questa finalità e

questi obiettivi rimangono delle proclamazioni di intenti, che non trovano nessuna realizzazione nell'impostazione tradizionale dell'insegnamento, e ciò non tanto per cattiva volontà degli insegnanti, quanto per l'impossibilità epistemologica e psicopedagogica di conferire una dimensione educativa, in una scuola di tutti, a modelli di saperi che sono stati strutturati per formare le élite.

Le proposte epistemologiche e metodologiche effettuate possono, a nostro parere, effettivamente contribuire alla formazione democratica e allo sviluppo di competenze trasversali di carattere osservativo-logico-linguistico. E lo possono fare perché gli obiettivi specifici di conoscenza (conoscenze fenomenologiche) proposti per la scuola di base sono soltanto quelli che possono essere acquisiti per mezzo della metodologia da noi prospettata di carattere, appunto, osservativo-logico-linguistico. Gli obiettivi generali possono essere effettivamente realizzati perché sono stati trasformati, in modo non estrinseco, nella modalità usuale, costante di conduzione dell'attività didattica.

Considerazioni simili possono essere effettuate per il contributo alla formazione democratica. Anzi già lo sviluppo delle competenze trasversali precedentemente indicate costituisce un aspetto fondamentale nella formazione dell'uomo e del cittadino, in quanto viene facilitata la realizzazione di uno sviluppo sinergico ed armonico sia della componente culturale che di quella comportamentale. Ed in particolare la proposta metodologica prospettata permette costantemente di sviluppare, di nuovo in modo non estrinseco, alcuni aspetti centrali della formazione democratica, quali: 1) l'apertura mentale, 2) l'importanza del confronto e del dialogo, 3) un atteggiamento non dogmatico e rigido, 4) il coinvolgimento emotivo, 5) l'adeguatezza cognitiva del materiale oggetto di studio, ecc (Rorty, 1982-1989).

Abbiamo più volte evidenziato l'inutilità cognitiva della proposta culturale dell'insegnamento scientifico tradizionale, in quanto i contenuti proposti risultano generalmente incomprensibili. Alla fine del nostro contributo vogliamo sottolinearne il significato educativo: sviluppare negli studenti, nell'arco di molti anni, comportamenti opposti a quelli indicati precedentemente, abituarli ad impegnarsi, a studiare e memorizzare delle nozioni di cui non si conosce il significato hanno indubbiamente un ruolo educativo, contribuiscono, infatti, a non realizzare una formazione democratica.

Bibliografia

- Bachelard, G. (1972) *Il materialismo razionale*. Tr. it.: Dedalo, Bari 1975.
- Boscolo, P. (1986) *Psicologia dell'apprendimento scolastico. Aspetti cognitivi*. UTET, Torino.
- Bruner, J. (1996) *La cultura dell'educazione*. Tr. it.: Feltrinelli, Milano 1997.
- Calvani, A. (1998) *Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie*. In: Bramanti, D. (a cura di) *Progettazione formativa e valutazione*. Carocci, Roma.
- Dewey, J. (1933) *Come pensiamo*. Tr. it.: La Nuova Italia, Firenze, 1961.
- Feyerabend, P. K. (1975) *Contro il metodo*. Tr. it.: Feltrinelli, Milano 1979.
- Ferreiro, E., Teberosky, A. (1979) *La costruzione della lingua scritta nel bambino*. Tr. it: Giunti, Firenze 1985.
- Fiorentini, C. (1999) "Fare scienze". In: Sasso, A., Toselli, S. *Il sapere della scuola. Proposte e contributi*. Zanichelli, Bologna.
- Grimellini Tomasini, N. e Segrè, G. (1991) *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*. La Nuova Italia, Firenze.
- Kuhn, T. S. (1962) *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Tr. it.: Einaudi, Torino, 1969.
- Maragliano, R. (a cura di) (1997) *Sintesi dei lavori della Commissione tecnico-scientifica incaricata dal Ministro della Pubblica Istruzione di indicare <<le conoscenze fondamentali su cui si baserà l'apprendimento dei giovani nella scuola italiana dei prossimi decenni>>*. Annali della Pubblica Istruzione, 78, Le Monnier, Firenze.
- Pontecorvo, C., Ajello, A. M., Zucchermaglio, C. (1991) *Discutendo si impara*. La Nuova Italia Scientifica, Roma
- Popper, K. R. (1969) *Congetture e confutazioni*. Tr. it.: Il Mulino, Bologna 1972.
- Rorty, R. (1982-1989) *Scritti sull'educazione*. Tr. it.: La Nuova Italia, Firenze, 1996.