

L'educazione scientifica e matematica

In questo paragrafo desideriamo chiarire la nostra concezione di fondo sulla questione generale della educazione matematica e scientifica ed il nostro modo di concepire e organizzare il lavoro con gli studenti. È difficile tuttavia presentare questi argomenti in maniera più semplice e più chiara di quanto è stato detto in varie occasioni da vari autori, e in particolare da uno degli autori del presente lavoro, ad esempio in (Arcà e Guidoni, 1987), (Arcà, Guidoni e Mazzoli) e (Gagliardi, Gallina, Guidoni e Piscitelli, 1989). Faremo perciò ampi riferimenti all'introduzione di quest'ultimo volumetto, appartenente ad una collana in cui sono illustrate attività per l'educazione scientifica nella scuola di base. La non facile reperibilità del testo ci suggerisce, per comodità del lettore, di citare da esso ampi passi. La scelta di fare riferimento ad un contesto così apparentemente diverso dal nostro (i bambini della scuola elementare e media da un lato, gli insegnanti in formazione dall'altro; l'educazione scientifica da un lato, quella matematica dall'altro) non è casuale, alla luce di quanto detto nel precedente paragrafo. Siamo infatti convinti della invarianza di fondo dei processi di apprendimento e quindi della necessità di progettare in modo unitario gli strumenti didattici più opportuni. E siamo altresì convinti, come diremo meglio in seguito, che i metodi per favorire l'apprendimento della Matematica non siano in sostanza diversi da quelli per esempio della Fisica. Naturalmente nel seguito metteremo in luce le analogie e le differenze più significative tra la nostra situazione e quella delle classi di una scuola elementare o media, e daremo conto delle scelte didattiche da noi operate.

(Gagliardi, Gallina, Guidoni e Piscitelli, 1989), pagg. 11-13.

“L’educazione scientifica [nella scuola di base]

[...] Svolgere attività di Educazione Scientifica nella scuola dell’obbligo significa guidare gli allievi in una progressiva modificazione dei loro modi di descrivere, interpretare, spiegare i fenomeni del mondo naturale, in modo che possano acquisire una conoscenza sempre più larga ed approfondita man mano che progrediscono nella carriera scolastica.

La conoscenza nasce infatti da un’interazione fra il soggetto conoscente e l’oggetto della sua attività conoscitiva e si traduce nella costruzione di rappresentazioni dell’oggetto stesso che possono essere dei tipi più svariati.

Il fatto che qualcosa abbandonato a se stesso cade può, per esempio, essere rappresentato da una sequenza cinematografica, da una successione di disegni tipo cartone animato, da una frase “qualcosa sta cadendo”; o anche da una tabella di misure di spazi percorsi e tempi impiegati a percorrerli, dall’equazione del moto naturalmente accelerato e via via ..., volendo, fino alla Relatività Generale. Anche un bambino che ancora non sa parlare deve avere una propria rappresentazione della caduta degli oggetti, se è in grado di spostarsi per non essere colpito! Queste rappresentazioni sono tutte diverse fra loro, e diverse da ogni singolo fenomeno di caduta.

Ognuna di esse *schematizza* gli eventi reali, nel senso che tiene conto solo di alcune loro caratteristiche, volta a volta differenti, e le riproduce in una forma diversa da quella originale.

L’essenziale è che, per ogni rappresentazione, ci sia modo di mettere in corrispondenza alcune delle connessioni che si pongono fra gli aspetti schematizzati con alcune delle connessioni che esistono fra le corrispondenti proprietà degli eventi reali, e che questo garantisca di poter ottenere gli scopi per il raggiungimento dei quali la schematizzazione stessa è stata costruita: dalla padronanza del reale necessario ad un bambino piccolo, fino alla possibilità di costruire aeroplani, satelliti artificiali ...

La corrispondenza fra gli eventi reali e le loro ricostruzioni può dunque situarsi a livelli molto diversi, in particolare se si confrontano le rappresentazioni comuni, che ogni individuo si costruisce per gestire la propria esperienza quotidiana, con quelle che la specie umana si è costruita, all’interno delle varie discipline.

Abbiamo accennato ad una serie di rappresentazioni della caduta di un oggetto con cui tutti abbiamo avuto a che fare ... (teoria della relatività esclusa, ovviamente!): di alcune, quelle preverbal, abbiamo perso ogni ricordo, altre le usiamo quotidianamente, altre le abbiamo “solo” studiate a suo tempo, sui libri di scuola; ma quanti ricordano di essersi soffermati a raffrontarne i significati, i rapporti reciproci, i legami con i fatti reali? Di più, chi di questi raffronti ha mai fatto oggetto specifico del proprio studio? Ebbene, secondo noi questo è un obiettivo dell’Educazione Scientifica.

Sin dall’inizio della scolarità ci troviamo di fronte a bambini che si sono già costruiti delle proprie descrizioni del mondo, nel corso delle loro esperienze ed utilizzando le proprie modalità conoscitive. Interpretazioni e modelli di uno stesso fenomeno possono cambiare da bambino a bambino, ma in un numero di modi limitato, per quanto ricco: perché ci sono esperienze che sono le stesse per tutti i bambini, e perché la strategie cognitive di approccio alla realtà sono anch’esse molto varie, ma finite.

A scuola l’allievo deve anzitutto essere messo in grado di esplicitare le conoscenze che si è costruito e di cui spesso neanche lui si è mai reso completamente

conto; deve potersi accorgere che ci sono compagni che hanno opinioni diverse; deve poter confrontare con i fatti le diverse rappresentazioni, perché la classe nel suo complesso possa di volta in volta essere impegnata nella ricerca di nuove interpretazioni su cui si possa convenire tutti, che risultino dall'apporto delle abilità e delle conoscenze di ciascuno, e che siano giudicate più rispondenti alla descrizione dei fatti di quanto non lo fossero le idee iniziali dei diversi ragazzi.

Le necessità del confronto con i fatti e dell'aggancio a conoscenze e linguaggio degli allievi obbliga ad un itinerario che segua tappe diverse da quelle caratteristiche della didattica tradizionale. Questa è generalmente orientata alla costruzione del percorso più "economico" e più "semplice" possibile, dove economicità e semplicità vengono giudicate nei confronti dell'organizzazione propria delle singole discipline scientifiche già costruite. Si cerca di individuare una successione lineare di concetti, relazioni, principi ... tali che ognuno dipenda solo dai precedenti e sia necessario per costruire i successivi; e di approntare esperienze "costruite apposta" per illustrarli, verificarli, ricavarli ... a seconda dei casi. Questo conduce spesso al risultato di proporre e discutere in classe situazioni non confrontabili con quelle di cui si ha esperienza quotidianamente e sulle quali si è costruito il proprio bagaglio di conoscenze. Gli atomi e le molecole della Chimica, le cellule della Biologia, i punti materiali della Fisica ... non possono costituire punti di partenza di un'Educazione Scientifica nel senso che abbiamo illustrato, perché sono troppo lontani dalle evidenze percettive su cui si fonda la conoscenza comune, ed infantile, dei fenomeni naturali. Devono rappresentare invece uno dei punti di arrivo in un percorso tutt'altro che lineare, che nasce "a mezza strada" fra i postulati fondamentali di ogni disciplina e le sue ultime conseguenze e che prosegue in entrambe le direzioni, verso gli uni e le altre. Momento per momento si deve aver cura che gli allievi si rendano conto il più possibile delle connessioni fra i propri modi di guardare quello che succede, di intervenire operativamente sui fatti, di descrivere e rappresentare nei modi più vari (a parole e con disegni a tutte le età, con gesti per i più piccoli, con formule e grafici per i più grandi ...) quello che vedono, quello che fanno, quello che pensano. In particolare ciò permetterà loro di distinguere analogie e differenze fra i diversi tipi di rappresentazione e di capire caso per caso quale, o quali, sia il più adatto. Per esempio, potranno capire che il disegno si presta meglio a rappresentare situazioni statiche, in cui è necessario individuare più aspetti contemporaneamente presenti in un complesso (ad es. per confrontare deformazioni di corpi diversi provocate dall'azione dello stesso peso) e che il linguaggio si presta meglio a descrivere una trasformazione nel corso della quale le variabili che caratterizzano il fenomeno considerato cambiano continuamente ("La molla si sta allungando"). [...]

Nel corso dei diversi anni, lavorando via via su aree fenomenologiche diverse, riprendendo a volte a distanza di tempo lo studio degli stessi fenomeni a livelli via via più avanzati, l'allievo si costruirà metodi di indagine e criteri di conoscenza del mondo naturale sempre più raffinati; si renderà conto che la conoscenza avanza attraverso un'incessante costruzione di modelli interpretativi della realtà che non coincidono mai con la realtà stessa; che nuclei inizialmente separati di conoscenze possono via via, allargandosi ed approfondendosi, andare a collegarsi formando reti sempre più complesse; che, viceversa, da un unico nucleo iniziale possono dipartirsi, ad un certo livello di analisi, strade conoscitive completamente separate per cui aspetti che inizialmente appaiono inscindibilmente uniti nei fatti vengono poi studiati separatamente, con metodi diversi, rientrando in discipline diverse. In definitiva, l'allievo potrà rendersi conto contemporaneamente della possibilità umana di conoscere: delle regole cui la costruzione di conoscenza. in particolare scientifica.

obbedisce; dei limiti di arbitrarietà che la caratterizzano; del fatto che certe scelte siano funzionali più agli scopi che nel corso della sua storia l'uomo si prefigge, che a caratteristiche "oggettive" del mondo naturale."

Quanto detto sopra, palesemente ispirato ad una concezione costruttivista di stampo vygotskiano dell'educazione scientifica, ed in linea con le più recenti acquisizioni della ricerca in didattica, ci sentiamo di sottoscriverlo per ogni tipo di apprendimento, come invariante sia rispetto all'età di chi impara sia rispetto alla disciplina scientifica in esame, fatte salve le differenze "locali" legate ai diversi stili cognitivi. In particolare la Matematica, pur nella sua specificità disciplinare, non può che soggiacere allo stesso modello di apprendimento, sia quando è vista come disciplina autonoma, sia quando di essa si vuole mettere in risalto il suo collegamento "genetico" con le altre scienze (aspetto troppo spesso trascurato o ridotto all'utilizzo di una semplice valigetta di esempi di tipo applicativo).

In modo particolare ci sembra rilevante quanto detto a proposito del raccordo tra conoscenza adulta e contenuta nei manuali e nella storia dell'umanità ed esperienze primarie di ciascuna persona e sull'importanza del confronto e dell'evoluzione di rappresentazioni e forme di linguaggio.

Nel nostro caso abbiamo di fronte studenti che hanno alle spalle storie scolastiche differenti, ma prevalentemente negative per quanto riguarda l'atteggiamento verso la matematica. E poiché l'atteggiamento del docente si propaga quasi inevitabilmente agli studenti, è di capitale importanza cercare di interrompere questo circolo perverso, che tende a confermare il diffuso cattivo rapporto che hanno con la matematica bambini, adolescenti, insegnanti della scuola di base in formazione e in servizio. Il nostro corso si propone proprio questo ambizioso obiettivo: agire su questo anello della catena, per rompere tale circolo vizioso.

(Gagliardi, Gallina, Guidoni e Piscitelli, 1989), pagg. 13-15

“Come lavorare in classe

Il modello di Educazione Scientifica esposto richiede che l'attività in classe soddisfi delle precise richieste. Poiché non si vuole che i bambini imparino qualcosa di già confezionato dall'esterno in una forma già giudicata opportuna per loro ma occorre che costruiscano gradualmente nuove conoscenze utilizzando i propri mezzi, va da sé che essi siano i principali protagonisti delle attività di classe. La didattica deve essere quindi fortemente interattiva, centrata sulla discussione e sulle esperienze. La discussione consente di far venir fuori le problematiche, permette l'esplicitazione di quello che si pensa ed il confronto dei diversi modi di vedere e delle diverse interpretazioni, serve a far progredire le capacità di ragionamento e di produzione linguistica, suscita interesse ed attenzione, qualche volta anche accanimento. Può servire ad introdurre un argomento nelle situazioni in cui l'insegnante ritiene opportuno partire da quello che gli allievi pensano piuttosto che da esperienze proposte; può accompagnare l'osservazione e l'esecuzione delle esperienze stesse, indicando in che modo andare avanti; può seguire una fase anche lunga di attività per “tirare le fila” al termine di un lavoro. È in definitiva il principale strumento di crescita collettiva della classe, rispetto a tutte le dimensioni che abbiamo individuato nel paragrafo precedente.

L'esecuzione di esperienze è altrettanto cruciale. È con i fatti così come succedono che vanno confrontate le diverse opinioni, interpretazioni, ricostruzioni, ed è il confronto con i fatti che consente di cogliere il senso delle schematizzazioni e di affinare i metodi di indagine. Le esperienze in classe devono essere di vario tipo: alcune direttamente collegabili alle esperienze quotidiane, con tutto il loro carico di complessità ed ambiguità, per introdurre alla definizione delle aree fenomenologiche che si vogliono indagare; altre più schematizzate, costruite a partire dalle prime nel momento in cui ci si rende conto che, per approfondire il livello di conoscenza dei fenomeni che si vogliono indagare, è necessario limitare il campo di indagine, separare tipologie di comportamenti che appaiono ordinariamente sovrapposti creando situazioni in cui essi possono essere separatamente studiati. I ragazzi devono poi avere occasioni per lavorare sia tutti insieme, sia a gruppi limitati, sia individualmente. Non ci sembra il caso di dilungarci sui vantaggi e gli svantaggi di questi tre modi di lavorare, di cui si è già tanto parlato, quanto di insistere, perché essi non siano visti come alternative mutuamente escludentisi, ma come strumenti complementari, che si completano l'un l'altro sia dal punto di vista cognitivo che da quello psicologico e pedagogico.

Il ruolo dell'insegnante in questo quadro è quello di una guida cognitiva che aiuta ogni ragazzo, attraverso la riflessione individuale, la discussione collettiva, il riscontro con l'esperienza, a progredire nella costruzione personale di conoscenza. Egli deve spingere gli alunni a confrontare il proprio modo di pensare e le proprie convinzioni con quelle degli altri, a fare, di fronte ad un “fatto”, la propria scelta di opinione e a discuterla con le scelte degli altri, senza timore, con la consapevolezza che tutte le scelte hanno la stessa dignità perché in genere fondate su buoni motivi (anche se parziali). Deve aiutare i ragazzi ad esprimersi con un linguaggio semplice, ma sempre più rigoroso, e, quando il linguaggio non è più sufficiente, a passare ad altri codici più potenti, più precisi, ma nello stesso tempo meno versatili, come quello della Matematica, rendendosi conto delle loro potenzialità e dei loro limiti. È poi fondamentale guidare gli alunni e costruire relazioni e confronti tra le varie aree di fenomeni naturali, aiutandoli a scoprire i legami e le analogie, ma anche le differenze; suggerendo come utilizzare le informazioni ricavate ed i modelli costruiti nell'analisi

di una certa area per indagarne un'altra e come applicare i metodi di indagine e gli strumenti concettuali e formali sviluppati in un settore ad altri campi. In questo modo la conoscenza diventa una costruzione (o ricostruzione) che cresce come un sistema sempre più organizzato.

I bambini dovrebbero poter acquisire anche l'abitudine "educata" a imparare, dalla lettura e dalla riflessione sulle cose, in modo autonomo. È questo un aspetto della creatività che viene spesso ignorato, considerando quest'ultima, riduttivamente, solo come manifestazione di capacità espressiva. L'attività didattica deve pertanto essere condotta in modo da lasciare motivazione, spazio e tempo anche all'analisi individuale delle conoscenze adulte, e deve contenere i necessari elementi di flessibilità per adeguarsi alle esigenze dei singoli alunni, e di volta in volta della particolare classe con cui si ha a che fare. Ognuno dovrebbe sentirsi incoraggiato ad apprendere, momento per momento, secondo il suo stile di ragionamento ed attraverso i suoi stessi "errori", dalla raggiunta consapevolezza che i modelli esplicativi che si è costruito risultano insufficienti/inadeguati per spiegare e comprendere un fenomeno o un insieme di fenomeni.

Anche il senso della valutazione cambia. Per quanto riguarda il bambino non si tratta più di giudicare se la risposta, verbale o scritta che sia, sia ogni volta quella "giusta", cioè coincidente con quanto è stato detto dall'insegnante durante la spiegazione, o si trova scritto sul libro. In un libero, ma impegnato, parlare su fatti, situazioni, opinioni ... è molto difficile che esista una "risposta giusta", commisurata non all'interpretazione disciplinare già fatta, ma a quelle che in quel momento sono le possibilità del bambino e le eventuali evidenze della situazione. In genere ci possono essere più risposte, tutte "sensate", cioè coerenti con ciò che si vede, ciò che si fa, ciò che già si sa. Come ce ne possono essere altre più o meno "insensate", perché non coerenti da qualche punto di vista. L'intervento dell'insegnante deve mirare ad aiutare i bambini a distinguere fra questi due tipi di risposte, prima, ed a spingerli a trovare altri modi sensati per andare avanti, poi. Cioè aiutare i bambini a immaginare quali altre esperienze elaborare, di quali altri fatti tenere conto, di quali altre conoscenze già costruite ricordarsi ... per inventare modi di procedere che consentano di confrontare fra loro le varie "risposte sensate". Ogni bambino potrà così essere valutato per quella che è la sua crescita cognitiva durante il percorso scolastico: cioè per come, e quanto, il suo comportamento operativo, il suo stile di ragionamento, le sue capacità espressive, il suo personale aumento di conoscenza *procedono*. Ad una valutazione di stati di conoscenza, misurata per di più sul solo comportamento verbale, va sostituita una valutazione di processi, che tenga conto di tutte le dimensioni che sono coinvolte nell'attività cognitiva quando essa è applicata alla ricostruzione scientifica del mondo naturale. Dalla valutazione di come procedono i bambini nel loro complesso l'insegnante potrà poi trarre, di riflesso, una valutazione del suo stesso lavoro che lo orienti nel definire volta a volta quali attività proporre.

Abbiamo già detto che il raccordarsi con le possibilità e i percorsi dei bambini richiede flessibilità nell'itinerario didattico: non è possibile preventivare a priori una particolareggiata ed esatta sequenza di lezioni. Si dovrebbe avere ben chiaro cosa si vuole studiare, e dove si vuole arrivare: si dovrebbe avere preventivamente un'idea dei problemi che i bambini possono incontrare, dei tipi di esperienze che potrebbero loro essere proposte, delle grandi linee su cui appare essenziale lavorare, perché si possa costruire un'effettiva comprensione dell'area fenomenologica che si è deciso di studiare. È infatti rispetto agli obiettivi prefissati ed alle aspettative che ci si era costruiti che va giudicato quanto avviene in classe di volta in volta, per poter decidere esattamente cosa fare la volta successiva. E può succedere che si debbano modificare

in maniera più o meno sensibile le linee generali del piano di lavoro preventivato, di fronte a comportamenti inaspettati della classe.

Una gestione di classe di questo genere non è semplice, e richiede ad un insegnante un impegno diverso da quello di una gestione tradizionale. L'insegnante si deve infatti costruire varie competenze specifiche, e deve cambiare la visione del proprio ruolo. Può essere per esempio difficile decidere, di fronte alla miriade di cose che i bambini sanno farsi venire in mente, quali sono importanti e devono costituire oggetto di un successivo lavoro di approfondimento; quali sono importanti in sé, ma marginali rispetto a quello che si sta facendo, per cui possono essere lasciate come problemi aperti da affrontare più in là (od anche eventualmente mai), o divenire oggetto di una digressione estemporanea più o meno approfondita; quali sono abbastanza marginali in sé per poter essere liquidate seduta stante con un minimo di discussione o di risposta adulta ... I bambini spesso si attendono risposte immediate e risolutive ai problemi che pongono, da parte degli adulti in generale e degli insegnanti in particolare. Ci vuole un lavoro lungo perché arrivino ad accettare che certe risposte devono costruirsele pian piano essi stessi, e che comunque rimarranno sempre dei problemi aperti. Infatti le domande che ci si riesce a fare sono sempre più delle risposte che si riesce a trovare: nella conoscenza dei fatti, ogni nuova risposta porta con sé nuove domande. Ci vuole anche, per una didattica di questo tipo, una preparazione disciplinare più approfondita di quanto di solito non sia quella di un insegnante della scuola elementare ed anche media (dove la laurea copre sempre solo una parte degli argomenti da trattare nell'ambito delle Scienze M. C. F. N.). Soprattutto una preparazione più "critica" di quella usualmente impartita, e presente nei manuali, che permetta di considerare le discipline scientifiche con la flessibilità necessaria per costruire un loro raccordo con il pensiero comune.

Se tutto ciò può essere difficile, non è però impossibile. [...] Ci vuole impegno e pazienza: se non passa un po' di tempo non si riescono a vedere i risultati, su se stessi e sui bambini. Se però non ci si lascia scoraggiare dalle difficoltà iniziali si possono ricavare grosse soddisfazioni sia dalla risposta dei bambini che dal continuare, in prima persona, ad imparare sempre cose nuove. E, magari per la prima volta, ci si può rendere conto che anche l'arido mondo della "scienza" che ci si ricorda dagli anni di scuola può trasformarsi in un universo affascinante che chiede di essere esplorato."

Anche circa le modalità di lavoro in classe ci sentiamo di sottoscrivere tutto quanto detto. Si tratta spesso di affermazioni che giungono in contemporanea e qualche volta in anticipo rispetto a quanto detto da molti altri autori. Ci riferiamo in particolare:

- all'importanza della discussione e del suo utilizzo con diverse caratteristiche in vari momenti dell'attività didattica;
- all'impiego di esperienze sia in fase iniziale di ricerca dell'oggetto di studio, sia in fase di approfondimento di aspetti specifici su cui indagare (e secondo noi anche rispetto a questa modalità la matematica non si distingue dalle scienze sperimentali);
- alla valenza complementare del lavoro nel grande gruppo, nel piccolo gruppo e individuale;
- al ruolo dell'insegnante;
- al ruolo degli "errori";
- alla necessità nella valutazione di tenere conto dei processi e non dei prodotti;
- alla impossibilità di prevedere in dettaglio lo sviluppo delle lezioni:

- infine alla necessità di riconoscere fino in fondo che processi di insegnamento/ apprendimento efficaci si realizzano se alla crescita degli allievi corrisponde la nostra continua crescita come insegnanti.