



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



SOMMARIO

EDITORIALE

La produzione e il commercio degli strumenti 5
di Luigi Campanella

Le competenze scientifiche: un diritto troppo spesso negato 7
di Alessandro Cordelli

SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO

**Macro/Micro, un bivio cruciale che continua ad influenzare
la didattica delle scienze sperimentali** 15
di Fabio Olmi, Alessandro Pezzini, Daniela Sorgente,
Grazia Cosenza

Lavorando con GLUES: come si forma una nuvola? 41
Maria Maddalena Carnasciali, Emanuela De Negri, Daniela Di Dio,
Marina Fossati, Eldia Meschinelli, Marzia Modonesi, Laura Ricco

**Uno studio sulla Percezione della Chimica
e sulla Cultura chimico-scientifica nei giovani italiani** 55
di Giulia Chiocca, Valentina Domenici

Motivare gli studenti nelle discipline scientifiche 65
di Jack Holbrook, Miia Rannikmae, Liberato Cardellini

La produzione e il commercio degli strumenti

Eccetto la fabbricazione delle bilance, la produzione e il commercio degli strumenti ebbero origine da un'ampia gamma di altre attività, come l'orologeria, la tornitura, l'incisione e la fusione.

Nel Rinascimento, infatti, un ristretto gruppo di coloro che esercitavano queste arti si dedicò alla fabbricazione degli strumenti, dando così origine a una manifattura specializzata.

Fu questo un processo lento e l'associazione tra la fabbricazione degli strumenti e l'orologeria e, più in generale, la meccanica di precisione proseguì ben oltre il XVIII sec., poiché la fabbricazione degli strumenti condivideva con queste ultime non soltanto le tecniche e le conoscenze, ma anche una parte del suo oggetto. Ciononostante la tendenza alla specializzazione appare evidente.

Alla fine del XVI sec. troviamo un numero minore di artigiani che fabbricano strumenti e che nello stesso tempo costruiscono orologi o macchine per l'edilizia di quanti ve ne siano all'inizio del secolo. Questa evoluzione è interna alla logica di un'espansione dell'attività e riflette probabilmente anche un generale ampliamento delle specializzazioni delle funzioni nella matematica applicata.

Un commercio fiorente richiede una domanda stabile. Durante il Rinascimento, in tutta l'Europa, uno dei maggiori successi della fabbricazione degli strumenti è aver saputo soddisfare la crescita della domanda con la produzione di strumenti semistandardizzati, conservando, allo stesso tempo, la competenza necessaria a innovare e a sviluppare strumenti particolari per ordinativi speciali. Sebbene ci siano pervenute alcune testimonianze sulle quantità o partite prodotte, come, per esempio, quelle relative alla fabbrica di astrolabi di Georg Hartmann a Norimberga, è probabile che nel XVI sec., in laboratori più piccoli di quelli di Hartmann, di Christoph Schissler il Vecchio, di Hans Christoph Schissler il Giovane o di Walter Arsenius, le scorte disponibili fossero molto inferiori, e che anche gli strumenti prodotti in serie fossero fabbricati solamente su ordinazione.

Certamente ciò accadeva per gli strumenti di alta qualità, che possono essere suddivisi in due categorie, quelli proponenti nuove solu-

zioni, ideati da uno studioso e costruiti con la collaborazione di un artigiano, e quelli di grande effetto, ideati per essere presentati a un principe o a un personaggio autorevole e che quindi dovevano essere estremamente perfezionati e possedere un valore ornamentale simile a quello dei prodotti dell'oreficeria. Probabilmente Tobias Volkmer o Erasmus Habermel, che lavoravano per le corti di Brunswick e di Praga, ricevevano un maggior numero di richieste di questo genere rispetto agli artigiani occupati nelle attività commerciali di tutti i giorni, ma tutti quelli che costruivano strumenti di alta qualità potevano entrare in rapporto con la alta società.

Si capisce da questa breve introduzione che in un primo tempo la dimensione di uno strumento era quasi una questione di estetica o di finalità espositiva o di appealing. E' stato solo con l'Illuminismo che la dimensione è divenuta il prodotto di un'esigenza scientifica. Lo spazio era cioè condizionato dalle componenti tecniche dello strumento. Gli "armadi" sono stati per lunghi anni il prodotto di componenti strumentali a grande occupazione. Con la rivoluzione del transistor e poi dei circuiti integrati, dei computer e dei robot le dimensioni si sono ridotte consentendo di giungere alla fase di portabilità dello strumento scientifico, tanto preziosa, in quanto consente di risparmiare evitando trasferimenti di campioni, a volte anche molto ingombranti, e -forse la cosa più importante- evita che durante il trasferimento il campione si alteri con il risultato di rendere inutili tutte le spese sostenute nella missione.

Le competenze scientifiche: un diritto troppo spesso negato

Alessandro Cordelli

Liceo Classico – Linguistico “G. Carducci” Viareggio (LU)
a.cordelli@inwind.it

Riassunto

È un dato di fatto che le materie scientifiche (matematica in testa, ma anche discipline meno astratte come la chimica o la fisica) non hanno i più alti indici di gradimento tra gli studenti italiani. Sicuramente una delle cause di ciò è il carattere ansiogeno delle verifiche (siano esse compiti, test o interrogazioni), ma la maggiore responsabilità è forse da ascrivere a una certa immagine (ben presente nella mentalità comune e di certo non contrastata dalla scuola) di queste materie come estremamente difficili e molto lontane dalla realtà.

Lo stereotipo – così diffuso anche tra gli insegnanti – che per riuscire a capire e apprezzare certi concetti occorra una non meglio precisata predisposizione naturale, rappresenta un comodo alibi per un sistema didattico in larga parte ancora basato su pratiche inefficaci di trasmissione di nozioni.

In realtà, non sono gli argomenti a essere incomprensibili o troppo complessi, ma piuttosto sono i contesti in cui vengono presentati a nascondere la fitta rete di relazioni che li legano agli altri aspetti dell'esperienza, inibendo così la possibilità di quella visione di insieme che rende immediato e naturale ciò che altrimenti risulta astruso e arbitrario.

Abstract

It is well recognized that scientific disciplines (mathematics as first, but also the nearer to real world as chemistry and physics are not commonly enjoyed by Italian students

One reason is surely to be ascribed to the anxiety related to the evaluation tests in every way they are performed, but probably the most significant one is to be connected with the difficulties traditionally ascribed to these disciplines and poorly contrasted by school itself.

It is generally accepted, even among teachers, that to be successful a natural mind is needed, so creating an explanation to the unsuccessful transmission of the concepts in these disciplines..

The main reason is that the arguments and contents of scientific disciplines are exposed without any correlation to the contextual reality, so being inhibited a full vision able to avoid any conviction of arbitrary and abstract matter for these disciplines.

Introduzione

“Perché ti fa schifo la matematica?” Questa domanda – rivolta a molti tra studenti e adulti – è il punto di partenza di un recente saggio¹ sui motivi del rifiuto che tante persone manifestano nei confronti della matematica e – più in generale – delle discipline scientifiche. Un rifiuto che, in una società complessa e tecnologicamente avanzata come la nostra, equivale a un handicap. Eppure, per moltissime persone sembra che non vi sia scelta: «*So che sono cose importanti, ma non c'ho mai capito nulla... non ci sono portato... non riesco ad appassionarmi...*»; tutte cose che capita di sentirsi dire quando si entra nel discorso del cattivo rapporto sui banchi di scuola con numeri e equazioni.

Una analisi dei motivi del rifiuto porta a evidenziare alcuni vizi culturali della nostra società, come certi stereotipi, che purtroppo sono spesso rinforzati dalla scuola, anziché smontati. Scendendo più in profondità, si riesce poi a intravedere anche il perché dell'inefficacia della didattica tradizionale, qualora questa venga confrontata con i meccanismi alla base dei processi di formazione della conoscenza.

Le discipline scientifiche sui banchi di scuola: un'esperienza fallimentare

I motivi che portano molti studenti a subire più che apprezzare le materie scientifiche sono molteplici. Sicuramente buona parte è giocata dall'ansia indotta dalle verifiche. Che si tratti di compiti in classe, test o interrogazioni, il fatto di dover dare una risposta quantitativa frutto di calcolo e di ragionamento logico, spesso mette a disagio lo studente. È fin troppo facile il confronto con altre materie in cui c'è un più ampio spazio di manovra e vengono valutate anche interpretazioni e considerazioni personali, commenti e analogie. Con i numeri no, non è così. C'è un'unica possibile risposta esatta e un'unica possibile strada per arrivarci: ti perdi un dettaglio ed è la rovina. Eppure la scienza – quella vera – non potrebbe essere più lontana da una tale impostazione. Il cammino storico che ha portato alle grandi scoperte (e che quotidianamente si ripete nei laboratori di tutto il mondo) è un percorso tortuoso fatto di ipotesi, ripensamenti, errori, analogie...

Ma non è solo una questione di stress da compito in classe. Poiché l'insegnamento scientifico spesso procede dalla spiegazione di principi generali alla loro applicazione in esercizi costruiti ad hoc o alla loro verifica sperimentale in laboratorio, molti studenti non vedono la motivazione di

ALESSANDRO CORDELLI, *Nessuno è escluso (perché ancora troppe persone rifiutano la matematica)*, disponibile sia in formato e-book (ISBN: 978-88-909880-2-8) che in formato cartaceo (ISBN-13: 978-1514685099), entrambi reperibili all'URL: <http://www.amazon.it/gp/product/1514685094>

quello che viene loro insegnato, né la rilevanza nelle questioni che essi avvertono come importanti. Non riuscendo a comprenderne il senso, è estremamente difficile entrare nella struttura concettuale di una disciplina e acquisire quelle competenze fondamentali che permettono di muoversi all'interno delle situazioni problematiche. Così, il livello della sufficienza viene (eventualmente) raggiunto solo a prezzo di molta fatica, e ciò innesca e sostiene il meccanismo perverso degli stereotipi. Lo studente si sente inadeguato, come per una sorta di limitazione congenita, cosicché tutte le sue scelte e azioni saranno sempre più conformi a questa convinzione, rinforzata anche dalla famiglia e dalla scuola che in questo modo si autoassolve, scaricando su una non meglio definita "predisposizione naturale" la responsabilità di fallimenti che in realtà sono in massima parte da ascrivere al sistema educativo stesso. Di fatto, il cervello umano è un organo estremamente plastico il cui funzionamento non è basato su forma, potenza o dimensioni come i muscoli, ma piuttosto su complesse reti di connettività tra neuroni che si creano e si dissolvono in continuazione durante tutto l'arco della vita. È quindi davvero discutibile imputare le differenze di rendimento tra due individui sani a qualche ipotetico fattore biologico determinato dalla nascita.

Dunque, gli stereotipi sono in gran parte conseguenza della difficoltà ad appassionarsi a una materia scientifica, cosa che a sua volta non è dovuta alla disciplina stessa ma al modo in cui essa viene usualmente insegnata. Per rendersi conto di come un certo tipo di approccio didattico possa essere inadeguato ad agganciare l'interesse e l'attenzione degli studenti, basti pensare alla struttura di una tipica lezione organizzata in maniera tradizionale.

Solitamente, dopo avere ottemperato agli obblighi burocratici (firmare il registro e annotare gli assenti) la prima fase è quella dell'interrogazione. È un dato di fatto che una buona metà del tempo scuola è occupata da questa pratica di dubbia rilevanza ed efficacia. Le domande vertono su definizioni o procedimenti visti in classe o che sono sul libro. In tal caso – ammesso che lo studente abbia studiato a dovere – la probabilità di una risposta corretta è molto alta. Ma quali sono le sue competenze effettive? Difficile dirlo. Si richiede all'alunno che ripeta le nozioni impartite e replichi i procedimenti su cui è stato addestrato: non vi è traccia della libertà di movimento e dell'indeterminazione tipica dei problemi della vita reale.

Dopo che quasi metà dell'ora è trascorsa interrogando, è pratica comune che il docente corregga gli esercizi dati come compito per casa la lezione precedente. Nelle materie come fisica o chimica questo momento può prevedere l'analogo sperimentale dell'esercizio, vale a dire una esercitazione di laboratorio in cui si verifica o si applica una legge precedentemente studiata. La comunicazione è comunque asimmetrica (dal docente alla classe) e segue

il registro sintattico (cioè quello delle procedure anziché delle idee): «*si fa così... questo vuol dire che... facciamo questa sostituzione...*». Viene mostrato come svolgere un compito seguendo un procedimento e vengono impartite nozioni. È lecito domandarsi se la comprensione di un concetto possa davvero avvenire in tal modo.

Verso la fine dell'ora arriva il momento della spiegazione. L'insegnante è alla lavagna, parla e scrive. Gli alunni sono attenti e prendono appunti. Ancora una volta la comunicazione si svolge in una sola direzione. Talvolta una domanda, ma raramente. Di fatto non c'è feedback. Se l'insegnante si ferma un attimo e chiede: «*Avete capito?*» è facile che tutti annuiscono. Se però chiede a bruciapelo a uno studente qualsiasi di ripetere un concetto appena espresso, è molto probabile che questi rimanga interdetto in silenzio, o legga quello che ha scritto sul quaderno, o restituisca il concetto in maniera più o meno distorta.

Al termine della lezione, poco prima del suono della campanella o quando la campanella sta già suonando, il docente indica alla classe le pagine del manuale su cui ritrovare le cose appena spiegate, nonché alcuni esercizi di applicazione da svolgere a casa. In tutto ciò – le interrogazioni, gli esercizi, la spiegazione, lo studio pomeridiano sul libro di testo – non c'è un solo momento che veda lo studente in posizione attiva. È un percorso complicato, fatto di regole e convenzioni apparentemente arbitrarie, in cui non vi è alcuna possibilità di aggancio a ciò che è rilevante nella vita reale. A peggiorare le cose, poi, vi è talvolta un cattivo rapporto con l'insegnante basato sulla reciproca frustrazione: questi si sente svalutato dallo scarso interesse mostrato dagli alunni per la materia, quelli vengono confermati da tutta una serie di messaggi – verbali e non – nella loro posizione di rifiuto della materia. Di conseguenza, la dinamica che si instaura è quella classica dei giochi di potere: il docente ottiene considerazione solo attraverso il ricatto del voto, gli studenti si concentrano soprattutto su strategie di sopravvivenza di basso profilo: copiare, suggerire, memorizzare unicamente nozioni e procedure finalizzate alle verifiche, studiare solo in prossimità di compiti e interrogazioni.

Ma c'è di più. La mancanza di un contesto di senso è un formidabile fattore di ostacolo alla formazione della conoscenza non solo per questioni meramente psicologiche («*È una materia noiosa e non la voglio studiare...*») ma anche e soprattutto perché va a interferire con gli aspetti più fondamentali della conoscenza stessa. Vediamo come.

Sapere e conoscere

Nessun insegnante sceglierebbe mai deliberatamente di essere poco efficace. Il motivo per cui alcuni lo sono è perché agiscono coerentemente con una determinata visione del ruolo della scuola nella società, conseguen-

za a sua volta di concezioni ancora più basilari sulla natura stessa della conoscenza. Insomma, per essere significativa, una riflessione sulle modalità di insegnamento della matematica e delle scienze della natura dovrebbe prendere le mosse dalla domanda fondamentale: “cos’è la conoscenza?”, in particolare quella scientifica.

L’uomo è immerso per l’intero corso della sua vita nella dimensione del problema, come del resto tutti gli esseri viventi. Ciò che fa la differenza tra *Homo Sapiens* e le altre specie animali e vegetali è la maniera di affrontare e risolvere i problemi. Mimetismo, velocità, artigli, veleno, forza fisica... tutte cose di cui l’Uomo non è dotato o lo è solo in piccola parte rispetto agli altri animali con cui si è trovato a competere fin dall’inizio della sua avventura su questo pianeta. Eppure, è la specie che ha avuto il maggior successo che la storia naturale ricordi (un successo di tali proporzioni in termini di crescita demografica e sfruttamento di risorse da mettere a rischio i delicati equilibri della biosfera). Il fatto è che di fronte a una minaccia o a una opportunità gli altri animali esibiscono una reattività immediata, istintiva e individuale, mentre l’Uomo si affida a una valutazione razionale degli esiti delle possibili scelte fatta in base a modelli di realtà che si è costruito a partire da osservazioni e deduzioni e che sono in massima parte frutto di uno sforzo collettivo. Il legame tra problema e modello del mondo è alla radice della conoscenza. Di fatto, la scienza nasce quando la relazione non osservata direttamente ma ottenuta come frutto di un ragionamento si rivela a posteriori corretta: la realtà si comporta davvero così. Ora, ciò che può essere previsto può anche essere in qualche misura controllato, la minaccia arginata, il vantaggio amplificato. I modelli della realtà diventano quindi lo strumento principe per neutralizzare l’angoscia che viene dall’ignoto. È per questo motivo che avere un modello – anche se poco soddisfacente – è sempre meglio che non averne affatto. In questo senso, tanto le grandi cosmologie mitologiche dell’antichità quanto la scienza moderna rappresentano il tentativo di una mente razionale di portare i confini della spiegazione a coincidere con ciò che l’intuizione riesce a concepire.

Proprio per questa dimensione “esistenziale” dei modelli di realtà, quando l’individuo ne acquisisce uno nuovo o ne modifica uno che ha già, cambiano anche – tanto o poco – i suoi giudizi, i suoi parametri di valutazione, le sue decisioni. È ragionevole quindi associare ad ogni apprendimento un grado di significatività secondo il principio che gli apprendimenti meno significativi sono quelli che lasciano una persona sostanzialmente uguale a come era prima, mentre quelli più significativi ne cambiano maggiormente i modelli e, di conseguenza, i giudizi e i criteri di scelta. Pertanto, tra tutte le informazioni acquisite o le relazioni concettuali che vengono riconosciute, solo quelle più significative possono essere considerate vera conoscenza; le altre sono solo notizie e ricadono nella più ampia categoria del “sapere”.

Insomma, la conoscenza è tale quando suscita emozioni, quando la si sente anche nella carne, quando un concetto diventa realmente un nodo di quella inestricabile maglia di miriadi di idee che è il panorama mentale di ogni individuo.

Dal punto di vista dell'insegnante, spostare l'accento dalle cose sapute alla loro significatività implica un ripensamento rispetto all'idea di conoscenza convenzionale (potremmo dire accademica) che guida in gran parte la pratica didattica nelle scuole. Usualmente, infatti, si tende a vedere la conoscenza come un corpus di nozioni e procedimenti separato dallo studente, il quale può solo interagire con esso in maniera asimmetrica e passiva, cioè acquisendone delle parti. Naturalmente, questo corpus non è statico, poiché viene modificato quotidianamente; ma coloro che lo modificano – scienziati, artisti, scrittori, ecc. – hanno un ruolo chiaramente distinto e separato da quelli che lo acquisiscono. Si può acquisire conoscenza e creare conoscenza, ma chi acquisisce e chi crea sono due persone diverse (o, se sono la stessa persona, lo sono in ruoli e momenti diversi). Inoltre, la conoscenza acquisita si può misurare quantitativamente, in termini di quello che si sa e di quello che si sa fare. È così che viene realizzato il processo di valutazione a ogni quadrimestre, a ogni fine di anno scolastico, a ogni esame di maturità: maggiore è la quantità di informazione rigurgitata, più alta è la votazione. A questo proposito, un'immagine che bene descrive in forma di analogia la concezione accademica della conoscenza è quella della biblioteca. Una enorme biblioteca silenziosa, con corridoi lunghissimi, pavimenti puliti, fruscii di pagine sfogliate, bisbigli e l'inconfondibile odore della carta stampata. Una fortezza, in un certo senso, che conserva e protegge la conoscenza universale, in cui le persone vanno per accrescere la loro conoscenza particolare conformando quest'ultima a quella universale, nella maniera più rigorosa e precisa possibile. Ora, le biblioteche – o la loro evoluzione nell'era del web – sono indubbiamente luoghi di conoscenza, ma può la conoscenza essere solo prelevata e assorbita così com'è, senza che il processo soggettivo di acquisizione abbia un ruolo nel darle forma? Se accettiamo il carattere "esistenziale" della conoscenza, attribuendo alla significatività un ruolo determinante nel caratterizzare il panorama cognitivo dell'individuo, la risposta a questa domanda è no. Riguardo alla valutazione, poi, nell'interazione con gli studenti si manifestano tante e tali sfumature e gradazioni di conoscenza, che non è possibile ridurle alla misura lineare del numero di nozioni e procedure apprese. Piuttosto, è importante osservare come vengono affrontati i problemi e, più in generale, come l'individuo reagisce alle sollecitazioni dell'ambiente. Considerare la persona logicamente distinta dalle cose che sa è una semplificazione comoda, ma sbagliata. Non ci sarà mai un modo per interagire solo con le conoscenze di una persona (come con i suoi sentimen-

ti, o il suo carattere). L'essere umano si presenta sempre tutto insieme nella sua complessità non riducibile. Noi non possediamo le nostre conoscenze, noi siamo le nostre conoscenze. In altri termini, è il contesto esistenziale che definisce l'importanza degli elementi di conoscenza, e il contesto non può essere imposto dall'alto, ma è frutto della storia personale di ogni individuo.

Ciò comporta una formidabile sfida per l'insegnante. Una rivoluzione copernicana per cui il centro del processo di creazione della conoscenza non è più la disciplina – o peggio il docente – come nella didattica tradizionale, bensì lo studente, il suo mondo, il suo contesto. È da lui che bisogna partire, dai suoi valori, dalla sua mappa della significatività. È assurdo (e fallimentare) pretendere che cambi i suoi riferimenti per arrivare ad apprezzare sinceramente una qualsiasi materia insegnata secondo standard generali. Piuttosto, nel momento in cui certi aspetti della disciplina si innesteranno nel suo contesto personale, allora verrà favorito un processo di crescita e arricchimento che potrebbe anche comportare una ridefinizione dei valori costituenti il sistema di riferimento dello studente, in modo che alla fine vengano viste sotto una luce diversa le parti più astratte ed evolute della disciplina.

Conseguenze

Il riconoscere che la ricerca del coinvolgimento emotivo dello studente non è per l'insegnante una mera questione di gusti, ma la condizione necessaria affinché il percorso scolastico porti alla costruzione di reali conoscenze (anziché all'effimera memorizzazione di nozioni e procedimenti autoreferenziali), ha delle implicazioni ben precise nella scelta degli stili didattici. Come infatti abbiamo già avuto modo di osservare, l'essere umano è quotidianamente immerso nella dimensione del problema, e la costruzione di modelli della realtà è lo strumento privilegiato per affrontare e risolvere i problemi. L'aggancio alla dimensione esistenziale – indispensabile per innescare il processo di costruzione della conoscenza – si realizza quindi esclusivamente prendendo le mosse da problemi che siano il più possibile realistici e significativi, e giungendo al riconoscimento di principi e relazioni attraverso un percorso di scoperta lento e consapevole che passa dalla valorizzazione dell'errore e dalla discussione critica su qualsiasi aspetto emerga nel corso della discussione.

Dal punto di vista dell'insegnante, l'adottare una prospettiva "esistenziale" comporta la rinuncia non solo alla didattica trasmissiva, ma anche a qualsiasi modello eccessivamente statico e strutturato. Infatti, per sua stessa natura, una tale prospettiva non può essere codificata se non a grandi linee. Così ogni lezione – anche quelle sugli argomenti più basilari e semplici – ha sempre un certo carattere di novità e imprevedibilità. Pertanto, l'insegnante-sperimentatore è costantemente sollecitato a inventare nuove

strade misurandone l'efficacia mediante l'attenta osservazione delle dinamiche nella sua classe-laboratorio, riconoscendo con onestà la presenza di eventuali ostacoli potenzialmente in grado di far naufragare l'intero processo e correggendo opportunamente la rotta quando è il caso. Non è facile, ma ne vale la pena. In effetti – a dispetto dell'eccessiva burocrazia, degli stipendi bassi, dell'inadeguatezza delle strutture – quella dell'insegnante è una splendida professione proprio per questo carattere di avventura e continua scoperta. Senza di esso, rimane solo l'ansia per gli adempimenti burocratici, la frustrazione della comunicazione difficile con un'altra generazione, la noia di riproporre anno dopo anno sempre i soliti argomenti.