



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

journal homepage: [www.elsevier.com/pisc](http://www.elsevier.com/pisc)



# DIDATTICA DELLA CHIMICA E TRASPOSIZIONE DIDATTICA Parte prima – I fondamenti teorici di una prassi

## CHEMISTRY TEACHING AND DIDACTIC TRANSPOSITION - Part one: theoretical foundations of a praxis



Elena Ghibaudi<sup>a,b,\*</sup>, Ezio Roletto<sup>b</sup>, Alberto Regis<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dip Chimica, Università di Torino, Via Giuria 7, 10125 Torino, Italy

<sup>b</sup> Gruppo SENDS (Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze), Torino, Italy

Ricevuto il 3 dicembre 2015; accettato il 10 marzo 2016

Available online 1 aprile 2016

### PAROLE CHIAVE

Trasposizione  
didattica;  
Situazione-problema;  
socio-costruttivismo;  
modello didattico  
allosterico;  
Sequenza di  
apprendimento-  
insegnamento

**Riassunto** Dopo una riflessione sulla differenza tra sapere, conoscenza e informazione e sull'equilibrio dei rapporti tra insegnante, allievo e sapere, che una didattica efficace deve garantire, questo lavoro affronta il problema della trasposizione didattica, inteso come il processo attraverso il quale il *sapere sapiente* può divenire *sapere insegnato*. Vengono discussi diversi aspetti inerenti la prassi della trasposizione didattica in ambito scientifico e, più specificamente, nella chimica. Tra essi, la trasposizione terminologica, la problematizzazione e la storicizzazione del sapere. In particolare, il lavoro discute criticamente il ruolo della situazione-problema come strumento imprescindibile dell'insegnamento delle scienze al fine di ottenere un apprendimento significativo.

© 2016 Pubblicato da Elsevier GmbH. Este artigo é de Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### KEYWORDS

Didactic  
transposition;  
problem situation;

**Summary** After a short reflection on the discrepancy between (learnt vs. transmitted) knowledge and information and some remarks on the relationships between teacher, student and knowledge, whose good balance should be granted by an effective teaching, the present work tackles the issue of didactic transposition, i.e. the process that translates the *scientific knowledge* into *knowledge taught in the classroom*. Different issues related with the praxis

\* Corresponding author at: Dip. Chimica, Università di Torino, Via Giuria 7, 10125 Torino, Italy. Tel.: +39 11 6707951; fax: +39 11 6707855. E-mail: [elena.ghibaudi@unito.it](mailto:elena.ghibaudi@unito.it) (E. Ghibaudi).

socio-constructivism;  
allosteric teaching  
model;  
learning-teaching  
sequence

of the didactic transposition of scientific knowledge - and, more specifically, of chemical knowledge - are discussed. Amongst them, terminological transposition, problematization, and the historical contextualization of knowledge. More in details, the present work reports a critical analysis of the role of 'problem situations' as a peculiar tool for science teaching.

© 2016 Published by Elsevier GmbH. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introduzione

Fra le discipline insegnate negli istituti di istruzione secondaria superiore, la chimica non gode certo di grande popolarità. È opinione diffusa fra la maggior parte di coloro che hanno frequentato tali istituti "che la chimica sia impossibile da capire e consista in una serie mostruosa di nozioni astruse da imparare unicamente a memoria" (Fochi, 2006). Le cause di questa situazione non sono certamente dovute al fatto che la chimica sarebbe una disciplina particolarmente difficile; esse sono di natura cognitiva e vanno ricercate nel modo di intendere l'apprendimento e, di conseguenza, di organizzare l'insegnamento.

È molto diffusa la convinzione che l'aver acquisito un certo grado di conoscenza della chimica, attestato da un diploma di laurea universitaria, sia condizione necessaria e sufficiente per potere insegnare la chimica. Tale convinzione è giustificata dal fatto che l'insegnamento tradizionale è fondato su un modello cognitivo implicito, che può essere denominato *modello cognitivo empirico*, basato su un presupposto fondamentale: esiste una base di razionalità comune, "il buon senso", che permette (in certe condizioni) a ogni allievo di interpretare in modo corretto il discorso dell'insegnante e quindi di apprendere in modo adeguato le diverse conoscenze che gli vengono proposte. Tale presupposto riposa su due ipotesi:

- La neutralità concettuale dell'allievo.
- La trasparenza della trasmissione diretta delle conoscenze, grazie alla chiarezza e al rigore dell'esposizione e all'abbondanza delle spiegazioni.

La prima ipotesi porta a concepire l'allievo come un vaso vuoto o come una pagina bianca, ossia un individuo privo di strutture cognitive personali preesistenti all'insegnamento. In questo caso, dopo l'insegnamento sarebbe possibile ritrovare inalterata nell'allievo la conoscenza che l'insegnante gli ha trasmesso. In base alla seconda ipotesi si ritiene che se i contenuti d'insegnamento sono ben organizzati dal punto di vista della coerenza logica, se le difficoltà sono ben graduate, l'allievo che si impegna non dovrebbe incontrare particolari difficoltà ad apprendere. In base al modello cognitivo empirico, l'insegnamento viene concepito secondo lo schema comunicativo "emittitore-ricettore": l'insegnante *trasmette* le conoscenze che possiede agli allievi che funzionano da ricevitori passivi. L'apprendimento è assimilato a un'impronta intellettuale che l'insegnante imprime nella mente dell'allievo con un insegnamento di tipo espositivo.

Però l'esperienza mostra che i presupposti di questo modello sono falsi. Il discorso dell'insegnante ha un senso ed è chiaro per lui, perché egli lo interpreta nel campo delle proprie esperienze e lo produce riferendosi a un campo

concettuale che padroneggia. Poiché è poco probabile che gli allievi abbiano vissuto le stesse esperienze dell'insegnante e che facciano riferimento a un campo teorico simile al suo, è molto probabile che la loro interpretazione delle sue parole porti a malintesi (Galagovsky et al., 2014). Ciò è dovuto al fatto che l'allievo non è neutro dal punto di vista cognitivo e quindi non è assimilabile a un vaso vuoto nel quale versare il sapere. Egli dispone di conoscenze organizzate in un sistema esplicativo personale e funzionale di "concezioni" che sono già presenti al momento dell'insegnamento e che sono suscettibili di influenzare l'apprendimento. Negli ultimi decenni del secolo scorso, le concezioni degli allievi, anteriori all'insegnamento di una determinata nozione, sono state oggetto di numerose ricerche. (Astolfi, 1997a; Astolfi et al., 1997b).

L'emergenza di una riflessione sulle concezioni testimonia una maggiore attenzione nei confronti dell'allievo e delle sue strutture cognitive: l'allievo non è più considerato come il recettore passivo di un sapere trasmesso e le strategie d'insegnamento risultano inevitabilmente modificate. Al paradigma "trasmissivo" su cui è fondato l'insegnamento tradizionale, si è sostituito il paradigma "costruttivista" che può essere riassunto nella seguente formula: *I saperi non possono essere trasmessi: essi devono sempre essere "costruiti" o "ricostruiti" dall'allievo che apprende*. Per poter applicare il termine trasmissione all'insegnamento, bisognerebbe ammettere l'esistenza di un sapere che è posseduto dall'insegnante e che passerebbe all'allievo, nel quale esso si ritroverebbe identico al termine del processo di trasmissione (Prost, 1985). Però il termine "trasmissione" può essere applicato soltanto alle informazioni, non ai saperi scientifici. Secondo i costruttivisti, i contenuti della conoscenza chimica (concetti, modelli, teorie) non possono provenire inalterati dall'esterno: essi sono filtrati, reinterpretati e assimilati dal soggetto che apprende. Tale assimilazione è attiva: non esistono conoscenze che risultino da una semplice attività di registrazione di osservazioni o di informazioni, senza una ristrutturazione dovuta al soggetto che apprende. Si deve dunque ammettere che le conoscenze vengono costruite dal soggetto e questo implica una distinzione fra *sapere* e *conoscenza*.

## Sapere, conoscenza e informazione

Il sapere può essere pensato come un dato – un concetto, una procedura o un metodo – che esiste indipendentemente dal soggetto conoscente e che è generalmente codificato in testi di riferimento. Il sapere scientifico, in particolare, è l'espressione condivisa di una comunità costituita da soggetti dotati di competenze, credibilità e autorevolezza in specifici settori disciplinari. Ogni specifico sapere è dunque il prodotto della interazione intersoggettiva di soggetti appartenenti a una comunità che li include in quanto li

ricosce come soggetti competenti. Qualunque modificazione del corpus del sapere codificato implica il consenso della comunità di riferimento per quel sapere.

Contrariamente al sapere, la conoscenza è indissociabile da un soggetto conoscente; essa è interiore alla persona che la elabora grazie a un lavoro di personalizzazione e di contestualizzazione. Quando una persona interiorizza un sapere, lo trasforma in conoscenza: quest'ultima richiede dunque una partecipazione attiva del soggetto che apprende. L'acquisizione di un sapere è frutto di un processo continuo d'assimilazione e di organizzazione di conoscenza da parte della persona che apprende, la quale "ricostruisce" questa conoscenza. Quindi la conoscenza non è una semplice acquisizione di informazioni ricevute dall'esterno che possono essere immagazzinate in memoria, restituite, recitate.

Spesso gli allievi – e non sono i soli – pensano che imparare significhi accumulare informazioni. Questa illusione è molto diffusa nella società attuale qualificata come società dell'informazione e della comunicazione nella quale viene continuamente esaltata, come inesauribile sorgente di sapere, l'informazione alla quale si può accedere facilmente e rapidamente, grazie alla panopia di mezzi di informazione disponibili. Tuttavia esiste una differenza fondamentale fra conoscenza e informazione. L'informazione è caratterizzata dal suo carattere immediato e dalla facilità di accesso; l'accumulazione e la ritenzione di informazioni sono caratteristiche dell'*apprendimento mnemonico*. La conoscenza è il frutto dell'*apprendimento significativo* o *in profondità* che si identifica con la *comprensione*: un processo di riorganizzazione delle strutture cognitive per conformarle ai nuovi contenuti di conoscenza.

## La didattica della chimica

In base alla concezione costruttivista della conoscenza, le conoscenze "non derivano né dalla sola esperienza degli oggetti né da una programmazione innata e preformata nel soggetto, ma da costruzioni successive con costante elaborazione di strutture nuove" (Piaget cit. in [Liverta Sempio, 1998](#)). Sostenere che le conoscenze vengono costruite da chi apprende, non significa affermare che ogni allievo deve reinventare il sapere scientifico elaborato dalla società nel corso dei secoli; significa invece ritenere che qualsiasi apprendimento è frutto di un'attività mentale di riorganizzazione del sistema di pensiero e delle conoscenze esistenti di ciascuno. Senza questa attività, tanto invisibile quanto intensa e complessa, nessuno nuovo sapere può essere integrato nella struttura cognitiva di chi apprende. Tuttavia, rendere l'allievo attivo non è sufficiente: si può essere attivi senza nulla apprendere. Per favorire la costruzione di nuove conoscenze, il soggetto deve essere stimolato nella "zona ottimale di sviluppo" e gli devono essere proposte situazioni di apprendimento che diano agli allievi la possibilità di vivere un'esperienza autonoma di costruzione del sapere.

In questo contesto è nata e si è sviluppata la *didattica della chimica* con lo scopo di precisare gli obiettivi dell'insegnamento, di rinnovare le metodologie e di aiutare gli insegnanti a meglio prendere in considerazione, stimolare, inquadrare, riorientare l'attività mentale degli allievi indispensabile per apprendere. I tre protagonisti della didattica sono l'insegnante, l'allievo e il sapere i quali occupano i

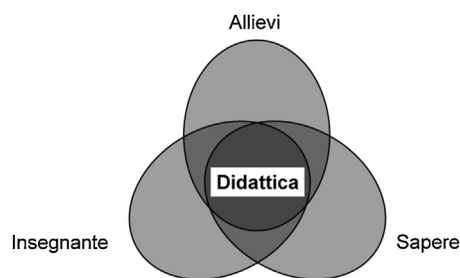


Figura 1 La struttura didattica.

vertici di un triangolo (Figura 1) con cui viene rappresentata la *struttura didattica* dove per "sapere" si intende quello ufficiale, universitario: si tratta del sapere della ricerca chimica, quello storicizzato, accademico.

Questo schema permette di evidenziare tre correnti di pensiero relative all'insegnamento e all'apprendimento in funzione dei segmenti che legano i poli del triangolo due a due:

1. La pedagogia tradizionale che privilegia la relazione insegnante-sapere e relega l'allievo in secondo piano, collocandolo a un "livello zero" di conoscenza. Si ritiene che la padronanza, da parte dell'insegnante, dei contenuti di sapere garantisca l'apprendimento da parte dell'allievo diligente. Un sapere strutturato viene imposto dall'esterno all'allievo dal quale se ne esige l'assimilazione e la restituzione.
2. La pedagogia relazionale che, come indica il suo nome, si preoccupa di gestire la relazione insegnante-allievo. L'insegnante si trova ogni giorno di fronte a situazioni relazionali (gestione di conflitti, difficoltà d'apprendimento, autonomia degli allievi, ecc.) che deve essere in grado di affrontare e gestire nel miglior modo possibile. L'insegnante diventa un animatore che deve disporre di strumenti concreti e adeguati per affrontare e gestire, nel miglior modo possibile, le situazioni relazionali della classe.
3. La pedagogia ispirata dalla psicologia dell'apprendimento che mette in relazione diretta l'allievo con il sapere. Essa rifiuta il carattere "inerte" della conoscenza e la figura dell'insegnante come fornitore esterno di sapere. L'insegnante occupa la posizione di "accompagnatore" dell'allievo il cui fine ultimo non è l'acquisizione di specifici contenuti prestrutturati, bensì la costruzione di un modello personale di spiegazione della natura. L'apprendimento è un processo attivo nel quale il soggetto che apprende usa dati percettivi a partire dai quali costruisce significati.

Esaminando queste differenti pedagogie, si può facilmente constatare che ognuna di esse è basata su una relazione privilegiata tra due elementi della struttura didattica (due vertici del triangolo), trascurando o rigettando il terzo elemento. In seguito all'avvento della concezione *didattica* del processo di insegnamento/apprendimento, si è sottolineata la necessità di abbandonare questa visione bipolare del rapporto educativo, attribuendo a ognuno dei tre poli un ruolo di eguale importanza. La *didattica delle discipline* ritiene infatti che qualsiasi relazione pedagogica

è allo stesso tempo un rapporto fra tre elementi: il sapere, l'insegnante e l'allievo. In questo sistema tripolare e dinamico, l'allievo diventa protagonista attivo della propria formazione.

Ciò che caratterizza la didattica della chimica è la presa di coscienza che esistono difficoltà di apprendimento che sono *intrinseche* al sapere chimico, difficoltà che devono essere diagnosticate e analizzate con grande cura per favorire l'apprendimento significativo o in profondità degli allievi. Quindi la didattica della chimica è un settore di ricerca caratterizzato da un rinnovato interesse per i contenuti d'insegnamento, ognuno dei quali deve essere oggetto di un'analisi epistemologica e storica al fine di:

- individuare i possibili ostacoli all'apprendimento che gli allievi potrebbero incontrare;
- precisare i livelli concettuali e i modelli che gli allievi dovrebbero affrontare per essere in grado di apprendere il contenuto d'insegnamento in modo appropriato;
- progettare situazioni d'insegnamento/apprendimento che riescano a far sì che i concetti e i modelli siano accettabili per gli allievi.

La didattica della chimica è un campo di studio e d'analisi dei fenomeni d'insegnamento/apprendimento che ha tre caratteristiche fondamentali:

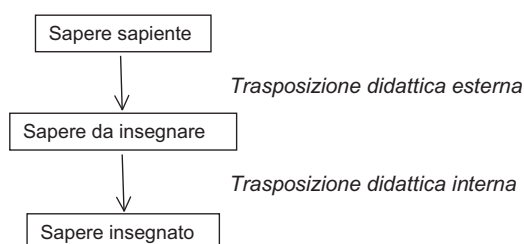
- Si focalizza l'attenzione su *campi concettuali delimitati* che vengono analizzati dal punto di vista epistemologico al fine di chiarire la metodologia della loro costruzione e di anticipare i problemi specifici che essi pongono dal punto di vista del loro insegnamento e del loro apprendimento. Si parla quindi di problemi didattici del modello particellare della materia, del concetto di elemento, dei concetti di trasformazione chimica e di reazione chimica, del concetto di legame chimico, del concetto di equilibrio, ecc.
- Si ritiene che l'apprendimento scolastico sia un processo dinamico e complesso nel quale costruttivismo e trasmissivismo appaiono come due posizioni unilaterali contrapposte, ognuna delle quali privilegia uno solo dei due termini dell'apprendimento:
  - Il costruttivismo pone l'accento sulla componente attiva dell'apprendimento;
  - il trasmissivismo ritiene che per promuovere l'evoluzione e la crescita del pensiero sia sufficiente l'acquisizione delle conoscenze codificate.
 Nel modello didattico d'apprendimento, la dicotomia viene superata:
  - si riconosce che i saperi codificati e formalizzati delle scienze sperimentali, esterni al soggetto che apprende, *non possono essere costruiti* da quest'ultimo, ma *devono essere insegnati* e *possono essere appresi in modo attivo*.
- Si ritiene che i *contenuti d'insegnamento* non siano forniti dai curricula o dai programmi ma *debbono essere costruiti*. Il sapere chimico codificato e formalizzato non fornisce direttamente un contenuto d'insegnamento che è sufficiente adattare, con opportune semplificazioni, a un determinato livello di scolarità. È indispensabile procedere a elaborazioni specifiche per ogni livello

d'insegnamento: si parla allora di *trasposizione didattica* del sapere chimico di riferimento.

## La trasposizione didattica

Il concetto di trasposizione didattica, ormai di uso corrente nelle scienze dell'educazione, è stato sviluppato da Yves Chevallard nel contesto dell'insegnamento della matematica (Chevallard, 1985) e da Arzac, Develay, Martinand e Tiberghien nel contesto delle scienze naturali (Arsac et al., 1989, 1994). Esso è stato oggetto di numerose elaborazioni critiche successive (Wilson and Shulman, 1987; Chamizo and García, 2010; Parga Lozano and Mora Penagos, 2014; Mora and Parga, 2008; Chittleborough, 2014; Perafán Echeverri, 2013). In base a questo concetto si sostiene che il sapere chimico codificato e formalizzato (*sapere sapiente* o *sapere esperto*) non può essere trasmesso tal quale agli allievi, a causa per esempio delle numerose relazioni fra concetti. Per essere insegnato, il sapere chimico sapiente subisce un insieme di trasformazioni adattative che lo rendono accessibile agli allievi. Il "lavoro" mediante il quale un oggetto del sapere chimico esperto viene trasformato in oggetto di insegnamento prende il nome di *trasposizione didattica*. Non si deve confondere la trasposizione didattica con la divulgazione scientifica: questa cerca di rendere la scienza più accessibile, più comprensibile per il grande pubblico e i processi utilizzati ricorrono ai mezzi specifici della comunicazione che sacrificano spesso il rigore scientifico all'attrattività e al senso comune.

La trasposizione didattica è una vera costruzione, ossia un processo complesso di trasformazione, interpretazione e rielaborazione del sapere sapiente per trasformarlo in oggetto di insegnamento, in funzione del luogo, del pubblico e delle finalità educative che ci si pone. Si potrebbe dire che la trasposizione didattica è un'operazione legittimata dalla specificità propria del processo d'istruzione, una delle sue proprietà intrinseche; essa fa parte della natura profonda dell'insegnamento. Il processo di trasposizione didattica può essere schematizzato in questo modo:



Per "*sapere sapiente*" si intende un corpus che si arricchisce continuamente di nuove conoscenze, riconosciute come pertinenti e valide dalla comunità scientifica specializzata. Il sapere sapiente è il sapere validato, prodotto in un certo luogo e in certe condizioni da ricercatori riconosciuti dai loro pari ossia dalla comunità scientifica che legittima questi saperi.

Il "*sapere da insegnare*" è quello che si trova descritto e precisato nei testi ufficiali (programma ministeriale d'insegnamento della chimica) i quali definiscono dei contenuti, delle norme, dei metodi.

Il "*sapere insegnato*" è quello che l'insegnante costruisce e mette in opera nella classe. A partire dai programmi,

gli insegnanti organizzano le loro sequenze d'insegnamento godendo di una relativa libertà nel loro operato ma sottostando anche a svariati vincoli (tipo di scuola, libro di testo, ecc.).

La trasposizione didattica è quindi l'attività mediante la quale il sapere chimico "sapiente" viene trasformato in modo da poter essere insegnato ad allievi più o meno principianti nei confronti della chimica. Il concetto di trasposizione didattica presuppone l'esistenza di legami privilegiati fra il corpus di conoscenze prodotte dai ricercatori chimici e la corrispondente disciplina scolastica, e mira a precisare le tappe della trasformazione dei saperi di riferimento in seguito alla loro integrazione nella sfera scolastica, la loro introduzione nei programmi scolastici, la loro appropriazione da parte degli insegnanti, la loro assimilazione da parte degli allievi. Inoltre questo concetto non riguarda soltanto l'introduzione nell'insegnamento dei saperi chimici frutto della ricerca più recente. In effetti, i saperi ritenuti trasponibili sono stabili e consensuali: si tratta dei noccioli duri della disciplina che si sono affermati nel corso del tempo in seguito a un processo più o meno lungo.

### I due stadi della trasposizione didattica

Nella trasposizione didattica si distinguono due stadi: quello che porta dal sapere "sapiente" al sapere "da insegnare" e quello che porta al sapere chimico realmente "insegnato" nelle classi.

1. Il primo stadio prende il nome di "**trasposizione didattica esterna**" poiché avviene *fuori dal sistema d'insegnamento, fuori dalla classe*. Questo stadio è gestito dall'insieme delle persone che indicano, a livello generale, i contenuti d'insegnamento: gli universitari che si interessano dei problemi d'insegnamento, i rappresentanti del sistema d'insegnamento (per esempio le associazioni disciplinari), gli ispettori scolastici, i rappresentanti del mondo politico (il ministro dell'istruzione e i suoi capi servizio). Il sapere da insegnare non si ritrova soltanto nei programmi ufficiali d'insegnamento: infatti un programma deve essere interpretato. Il sapere da insegnare è dunque quello che l'insegnante trova interpretato nei libri di testo e nelle abitudini che si consolidano con il tempo.
2. Il secondo stadio prende il nome di "**trasposizione didattica interna**" e consiste nell'adattare e nel trasformare il sapere da insegnare, presente nel programma ufficiale e nei libri di testo, in contenuti effettivi dell'insegnamento, ossia in sapere insegnato. In effetti, il testo di un programma richiede un'interpretazione e "*il sapere insegnato è ciò che l'insegnante ritiene di dover insegnare quando i libri di testo pubblicati e le abitudini acquisite hanno fissato, in maniera quasi definitiva, l'interpretazione del programma*" (Arsac et al., 1989).

Dal punto di vista dell'insegnante, la trasposizione didattica interna consiste nel costruire le proprie lezioni attingendo dalla fonte del sapere, tenendo conto delle orientazioni fornite dalle istruzioni e dai programmi (sapere da insegnare), per adattare ogni oggetto d'insegnamento alla

propria classe: livello degli allievi, obiettivi perseguiti. Essa rientra nell'ambito del margine d'interpretazione e della creatività dell'insegnante e dipende dalle sue conoscenze e dalle proprie concezioni dell'insegnamento.

Si può tuttavia presumere che il sapere insegnato è necessariamente differente dal sapere sapiente perché non ha né la stessa origine, né la stessa funzione, né la stessa destinazione. Sarebbe incongruo che un ricercatore in didattica, dopo aver esposto i risultati delle proprie ricerche, proponesse ai suoi uditori dei compiti da fare a casa. La sua funzione è di ricercare, di trovare se possibile, e non di insegnare. L'insegnante, al contrario, dovrà immaginare delle attività educative, mettere a punto degli esercizi, realizzare dei documenti di sostegno. La sua funzione è aumentare la probabilità d'appropriazione delle conoscenze da parte degli allievi.

La distanza che separa il sapere sapiente dal sapere insegnato può quindi essere molto grande. Ecco un esempio:

1. Un ricercatore comunica i risultati di una sua ricerca sul concetto di "elemento chimico" ai suoi pari pubblicando un articolo in un periodico specializzato.
2. Un formatore dei corsi d'aggiornamento per insegnanti di chimica redige un documento per diffondere i risultati della ricerca.
3. L'autore di un libro di testo di chimica fa riferimento alla pubblicazione precedente.
4. Un insegnante di chimica prende spunto dal libro di testo per montare una sequenza didattica sull'oggetto dell'articolo del ricercatore.

Tra le trasformazioni che il sapere insegnato opera sul sapere esperto si possono citare le seguenti:

- I termini tecnici, generalmente riservati agli specialisti, vengono evitati e sostituiti con termini del linguaggio quotidiano. La trasposizione terminologica consiste dunque nel parlare in modo diverso della stessa cosa. Con il rischio che l'insegnante venga meno a uno dei suoi compiti che è d'arricchire progressivamente il vocabolario degli allievi.
- Il sapere insegnato si limita sovente a presentare i risultati delle ricerche come verità, o come fatti reali e veri mentre invece il sapere sapiente, al quale fa riferimento, è il prodotto precario e provvisorio di una riflessione su un determinato problema che potrebbe e potrà avere altre soluzioni. Quindi il sapere insegnato non sarebbe oggetto di discussione, mentre il sapere sapiente è sovente oggetto di accesi dibattiti.

L'elaborazione del sapere da insegnare e del sapere insegnato non può limitarsi a una semplice riduzione discendente di un sapere sapiente. Il sapere insegnato è una *ricostruzione* originale del sapere sapiente; questa è necessaria e inerente all'insegnamento. Quindi il problema non è di fare o non fare la trasposizione didattica, ma di fare una buona o una cattiva trasposizione. Una delle preoccupazioni della didattica consiste anche nello studiare le condizioni della trasposizione didattica, i suoi vincoli, gli scogli da evitare, le precauzioni da adottare affinché il sapere insegnato non renda impossibile il passaggio ulteriore al sapere sapiente.

Un esempio di cattiva trasposizione didattica è dato dall'adozione, da parte dell'insegnante, del metodo assiomatico di presentazione del sapere. In questo modo, si ha l'impressione che le conoscenze acquisite dagli allievi siano poco distanti dal sapere esperto. Però questo modo di procedere cancella la storia della costruzione di un determinato sapere, occulta le difficoltà e i problemi che a esso hanno portato e nasconde il vero modo di procedere della scienza, impossibile da comunicarsi e descriversi fedelmente dall'esterno, e gli sostituisce una genesi fittizia.

## Trasposizione didattica e insegnamento

La costruzione del sapere chimico è un'attività *personalizzata*: è il ricercatore che sceglie il problema di cui occuparsi, gli strumenti concettuali ai quali ricorrere e la strategia di ricerca da adottare. Inoltre, l'attività di ricerca è *contestualizzata*: il ricercatore può commettere errori che lo portano a imboccare strade senza sbocchi, può avere dei ripensamenti e le conclusioni alle quali perviene possono essere diverse da quelle previste. *Personalizzazione* e *contestualizzazione* sono dunque due caratteristiche del sapere chimico nell'atto della sua produzione. Un sapere chimico (modello, concetto, teoria) nuovo, per essere ritenuto accettabile, deve essere vagliato dagli specialisti della disciplina. A questo fine, i risultati delle ricerche vengono diffusi tramite le riviste scientifiche professionali e i trattati specialistici. Questo significa che un ricercatore il quale propone un oggetto di sapere chimico nuovo deve obbligatoriamente spiegare ai suoi pari l'adeguatezza e la pertinenza della sua proposta. Per convincere, il discorso deve essere chiaro. Il problema dello scienziato è che se egli volesse esporre il reale progredire della propria ricerca, la sua proposta sarebbe incomprensibile.

Il *sapere sapiente* è quello che un ricercatore porta a conoscenza della comunità scientifica al termine delle sue ricerche. Per comunicare agli altri ricercatori il sapere che ha prodotto, lo trasforma:

- “In primo luogo, sopprime tutto ciò che si potrebbe chiamare l'infanzia della sua ricerca: le riflessioni inutili, gli errori, i progressi tortuosi, troppo lunghi, a volte sfocianti in vicoli ciechi. Egli inoltre sopprime tutto ciò che rientra nell'ambito delle motivazioni personali. L'insieme di queste soppressioni viene indicato con il termine **spersonalizzazione**” (Arsac et al., 1989).
- “In seguito egli sopprime la storia anteriore (tentativi, piste false) che ha condotto a questa ricerca, la distacca eventualmente dal problema particolare che egli intendeva risolvere e ricerca il contesto più generale nel quale il risultato è vero. Tutto ciò viene designato con il termine **decontestualizzazione**” (Arsac et al., 1989).

Si può dunque ritenere che la trasposizione didattica abbia inizio già in occasione della diffusione dei risultati delle ricerche: ben prima di affacciarsi nelle aule scolastiche, il sapere scientifico è stato trasformato, ha subito una prima trasposizione didattica. Infatti, il sapere chimico sapiente è un sapere *spersonalizzato* e *decontestualizzato* dalle sue condizioni originali di produzione, e queste caratteristiche si ritrovano nel sapere da insegnare, il quale è

anche *linearizzato* nel programma ufficiale per facilitare il processo d'insegnamento (Perafán Echeverri, 2013). Il compito di una buona trasposizione didattica interna—passaggio da sapere da insegnare a sapere insegnato—dovrebbe consistere nella ricostruzione storica del processo di costituzione di un oggetto del sapere chimico, privata però di tutte le fasi di regresso che fanno normalmente parte dei percorsi di sviluppo del sapere.

Contrariamente a quanto si potrebbe comunemente pensare, il problema degli scienziati che cercano di fare accettare i nuovi saperi da loro costruiti e quello del professore che insegna sono molto vicini. In effetti, in entrambi i casi si tratta di mostrare l'utilità di concetti, modelli e teorie, talvolta in sostituzione di concezioni preesistenti, per rendere conto di certi fenomeni. Però il compito del professore presenta una complessità supplementare. Il ricercatore si rivolge a una comunità che, a priori, condivide gli stessi centri d'interesse. In una classe, la situazione è molto diversa. Gli allievi non sono a priori consci dei problemi scientifici: i loro centri di interesse sono diversi da quelli degli uomini di scienza che hanno costruiti i saperi che vengono insegnati. Quindi il professore di chimica si trova di fronte ad allievi i quali non sono necessariamente motivati a interessarsi della disciplina. Di conseguenza, il discorso del professore deve non soltanto convincere, ma anche interessare.

A questo fine, nella fase di messa a punto delle sequenze d'insegnamento/apprendimento si dovrebbe procedere a un'analisi della disciplina assumendo la *problematizzazione*, la *storicizzazione* e il *livello di formulazione* dei concetti come criteri di progettazione didattica. Il criterio di problematizzazione consente di circoscrivere intorno a problemi lo specifico modo di pensare e di agire della chimica, e di costruire intorno a essi attività mentali ed esperienze grazie alle quali gli allievi possono acquisire in modo attivo concetti e modelli della disciplina. A sua volta, il criterio di storicizzazione, evidenziando quei problemi che hanno permesso di costruire o di rigettare certi elementi del sapere chimico (concetti, modelli, teorie), favorisce lo sviluppo di una *mente critica*: una mente che riconosce nel sapere chimico qualcosa di costruito storicamente e socialmente tramite la condivisione di significati e di regole metodologiche. In questo modo, il sapere chimico si configura come un sapere essenzialmente storico, dunque dinamico e non dogmatico. Infine, per quanto riguarda il livello di formulazione, si deve tenere presente che questo risulta dall'articolazione di due fattori: un'analisi del sapere insegnato e la presa in conto delle strutture cognitive degli allievi. Dal punto di vista del sapere, per determinare un livello di formulazione, è necessario individuare un problema scientifico in relazione con il concetto in questione.

Se si considerano le strutture cognitive degli allievi, si deve tenere presente che queste evolvono con il progredire del livello di scolarità e che l'appropriazione di un sapere richiede una strutturazione personale e non una semplice archiviazione di informazioni. Un concetto non è una definizione da imparare a memoria, ma una riorganizzazione dei saperi già disponibili. Dato che uno stesso concetto può essere formulato in modo diverso a seconda del livello di scolarità, ogni formulazione dovrà essere in relazione con una situazione problema adeguata allo sviluppo cognitivo e al registro linguistico padroneggiato dagli allievi.

L'apprendimento e la comprensione di un concetto lungo un percorso scolastico passano attraverso formulazioni parziali che permettono la riorganizzazione dei saperi già disponibili e la costruzione di modelli interpretativi sempre più evoluti.

## Problemi e apprendimento

Nelle discipline scientifiche, i problemi scolastici costituiscono tradizionalmente un mezzo per valutare le acquisizioni degli allievi. Però il loro ruolo non può essere limitato a strumenti di verifica, poiché qualsiasi ricerca scientifica ha come punto di partenza un tentativo di risoluzione di un problema. Purtroppo, una persistente concezione empirista della scienza porta molti autori di libri di testo e molti insegnanti a sostenere l'idea che gli scienziati mettano in pratica il cosiddetto "metodo scientifico" riassumibile nelle seguenti tappe:

1. Osservazione
2. Ipotesi
3. Esperimento
4. Risultati
5. Interpretazione
6. Conclusione

Nel metodo scientifico viene data una grande importanza all'osservazione, intesa come atto iniziale del processo di produzione del sapere scientifico. Però il lavoro degli scienziati non consiste in primo luogo nell'osservare, nell'accumulare dati sperimentali per ricavarne una teoria. Ecco cosa scrive Popper a questo proposito:

*"La convinzione che la scienza proceda dall'osservazione alla teoria è così diffusa e così radicata che il negarla suscita incredulità [...] Tuttavia, l'idea che sia possibile partire unicamente da osservazioni, senza che intervenga niente di simile ad una teoria, è davvero assurda [...] L'osservazione è sempre selettiva [...] Essa ha bisogno di un oggetto determinato, di uno scopo preciso, di un punto di vista, di un problema. [...] È innegabile che ogni ipotesi presa in esame sarà stata preceduta da osservazioni, per esempio quelle stesse che l'ipotesi deve spiegare. Ma queste presuppongono a loro volta che sia adottato un quadro di riferimento, una griglia di previsioni, un quadro teorico. Per uno scienziato sono determinanti i suoi interessi teoretici, il particolare problema affrontato, le congetture, le anticipazioni e le teorie che egli accetta come presupposti. In altre parole, il suo quadro di riferimento o "orizzonte di aspettative" (Popper, 1972).*

Di conseguenza, i problemi trovano il loro posto non soltanto nello stadio finale dell'apprendimento ma già alla sua origine. Tre sono le funzioni didattiche che può assumere il problema scientifico (Astolfi, 1997a; Astolfi et al., 1997b):

1. Il problema è il *criterio dell'apprendimento*: esso consente di verificare, al termine di una sequenza d'insegnamento, che una nozione è stata effettivamente assimilata dagli allievi. Si parla, in questo caso, di "pedagogia della risposta" nella quale l'insegnante fornisce spiegazioni collegate in modo corretto che

permetteranno agli allievi di risolvere problemi di tipo scolastico.

2. Il problema è il *movente dell'apprendimento*: esso permette di fare riferimento a situazioni reali, di motivare l'allievo impegnandolo in attività di carattere funzionale. Si parla allora di "pedagogia del problema".
3. Il problema diventa il *mezzo dell'apprendimento*: esso permette di impegnare l'allievo in una risoluzione che lo porterà a costruire, cammin facendo, gli strumenti intellettuali necessari. In questo caso si parla di "pedagogia della situazione-problema".

Molte situazioni-problema possono essere ricavate dai problemi che furono effettivamente affrontati e risolti dai chimici nel corso del tempo e quindi la situazione-problema è lo strumento didattico che meglio consente di problematizzare e storicizzare l'insegnamento/apprendimento della chimica. Essa è diversa dal problema perché richiede un'indagine più approfondita e più globale nel corso del processo d'analisi e di risoluzione che porta alla formazione della conoscenza perseguita. Ne risulta quindi che la conoscenza è *ricontestualizzata*, in quanto soluzione di un problema particolare. Inoltre, essendo questa nuova conoscenza frutto dell'impegno personale dell'allievo, essa è *ripersonalizzata*. La ricontestualizzazione e la ripersonalizzazione della conoscenza devono essere l'obiettivo del lavoro dell'insegnante. Non si tratta di ricostituire l'origine storica della costruzione di questo sapere come pure delle difficoltà che l'hanno accompagnata, ma di progettare una scorciatoia verso la conoscenza. *"La situazione-problema si trova così al centro della riflessione didattica, in quanto essa articola il livello delle concezioni e delle rappresentazioni degli allievi e il livello dell'organizzazione concettuale degli apprendimenti"* (Cornu and Vergnoux, 1992).

Problematizzare l'insegnamento della chimica ha un effetto importante sull'idea che si fanno gli allievi della natura del sapere chimico e sul tipo di relazione che essi avranno con questo sapere. Nel caso in cui l'insegnamento non sia problematizzato, l'apprendimento è con ogni probabilità di tipo mnemonico e orientato alla riproduzione, mentre nel caso di un insegnamento problematizzato si tratta piuttosto di un apprendimento in profondità.

## Caratteristiche della situazione-problema

L'insegnamento basato sulle situazioni-problema è una strategia educativa che ritiene importante situare l'allievo al centro del processo di apprendimento facendone un partner attivo, responsabile della propria formazione, orientato verso una comprensione approfondita e concettuale, anziché alla semplice memorizzazione. Questa strategia d'insegnamento mira a organizzare l'interazione fra allievo e sapere in modo che, nella risoluzione del problema, si realizzi l'apprendimento. *"A questo fine, devono essere soddisfatte due condizioni: che esista un problema da risolvere e che sia impossibile risolvere il problema senza apprendere"* (Meirieu, 1988). Si possono così riassumere le caratteristiche di una situazione-problema (Astolfi, 1997a; Astolfi et al., 1997b):

1. Si è in presenza di una situazione-problema, se l'allievo affronta un problema nuovo che all'inizio non sa risolvere.
2. L'allievo deve poter proporre una soluzione formulando *ipotesi e congetture* a partire dalle sue concezioni o dalle sue conoscenze anteriori.
3. L'allievo deve percepire la situazione che gli è proposta come un *vero enigma da risolvere* che egli è in grado di affrontare. Questa è la condizione perché funzioni la *devoluzione*: l'allievo deve potersi appropriare del problema e farlo suo anche se questo è stato proposto inizialmente dall'insegnante.
4. All'inizio, l'allievo non dispone dei mezzi per risolvere il problema. È il bisogno di pervenire alla soluzione che porta l'allievo a elaborare gli, o ad appropriarsi degli, strumenti necessari per costruire una soluzione.
5. La situazione non deve essere troppo facile, ossia tale che l'allievo possa risolverla con le conoscenze di cui dispone. Essa deve offrire una resistenza adeguata, tale da indurre l'allievo a utilizzare le sue conoscenze anteriori disponibili e le sue concezioni in modo da rimetterle in gioco e pervenire ad elaborare nuove idee.
6. D'altra parte, la situazione non deve essere percepita dall'allievo come troppo difficile e fuori dalla sua portata. L'attività dell'allievo deve collocarsi nella *zona di sviluppo prossimale* definita da Vygotskij (Liverta Sempio, 1998).
7. La situazione-problema deve coinvolgere tutti gli allievi, impegnandoli in un *dibattito scientifico* all'interno della classe che stimoli i *conflitti socio-cognitivi* potenziali.
8. La situazione-problema deve permettere all'allievo di decidere se una soluzione è corretta o meno. Quindi la validazione della soluzione non deve essere esterna, ossia non deve venire dall'insegnante: l'allievo deve disporre dei mezzi per verificare se la soluzione è accettabile e deve assumersi la responsabilità della sua validazione.

Come risulta da queste caratteristiche, la situazione-problema è molto strutturata dal punto di vista cognitivo e metodologico, ma dal punto di vista pedagogico essa permette all'allievo ampia libertà d'azione e privilegia l'impegno personale. Si deve notare che, dal punto di vista epistemologico, questo dispositivo mira a costruire un rapporto con l'esperimento più conforme all'attuale pratica scientifica. In effetti, esso si appoggia sul primato del teorico sullo sperimentale, abbandonando quindi la visione empirista della scienza ancora molto diffusa tra gli insegnanti. Così, il fatto di porsi degli interrogativi, di proporre delle ipotesi, di verificarle costruendo esperimenti all'interno di un quadro teorico iniziale (vale a dire le concezioni degli allievi) permette di comprendere cosa sia un problema scientifico. Inoltre, il lavoro in gruppi permette agli allievi di farsi un'idea della pratica scientifica. Da una parte, il prodotto della ricerca di un gruppo si condivide con l'insieme della comunità di ricercatori. D'altra parte, la conoscenza è un processo di costruzione che ha bisogno della comunicazione e della validazione fra individui (Boilevin, 2005).

## Conclusioni

Il mestiere di professore di chimica non si riduce all'operato di un laureato in chimica che insegna la disciplina basandosi sulla struttura del sapere chimico codificato e formalizzato, e la chimica che si insegna non è la copia semplificata della disciplina universitaria. Da un punto di vista didattico questa opzione è insostenibile perché sfocia in una esposizione della chimica che inizierebbe con le nozioni più formali e più difficili da comprendere (l'atomo e la sua struttura, la molecola, il legame chimico, ecc.). Con una forzatura storico-epistemologica, i fenomeni più comuni e appariscenti sarebbero relegati in secondo piano dando per scontata l'idea, del tutto estranea al senso comune, di una struttura particellare della materia. In altre parole, sarebbero ritenute non essenziali le conoscenze dalle quali prese avvio la riflessione degli studiosi che hanno elaborato il sapere chimico.

Il ruolo dell'insegnante in classe consiste nel guidare l'azione degli allievi, ossia fare in modo che le attività degli allievi siano organizzate e produttive dal punto di vista cognitivo. Il compito fondamentale dell'insegnante consiste nel fare in modo che gli allievi possano apprendere. Egli non può farsi carico dell'apprendimento, che rimane fuori dal suo potere e dipende unicamente dall'allievo, ma deve preoccuparsi di creare le condizioni che rendono possibile l'apprendimento. Se si ritiene che questo sia il ruolo dell'insegnante di chimica, allora la trasposizione didattica basata sulla situazione-problema è la strategia d'insegnamento che favorisce l'impegno degli allievi e l'acquisizione non solo del sapere chimico ma anche di un modo di procedere scientifico.

## Competing interests

No conflict of interest.

## Riferimenti bibliografici

- Arsac, G., Develay, M., Tiberghien, A., 1989. *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. IREM de Lyon e IIRDIS, Lyon.
- Arsac, G., Chevillard, Y., Martinand, J.-L., Tiberghien, A., 1994. *La transposition didactique à l'épreuve*. La Pensée Sauvage Éditions, Grenoble.
- Astolfi, J.-P. (Ed.), 1997a. *Mots-clés de la didactique des sciences*. De Boeck & Larcier, Paris-Bruxelles.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., Toussaint, J., 1997b. *Pratiques de formation en didactiques des sciences*. De Boeck & Larcier, Paris-Bruxelles.
- Boilevin, J.M., 2005. *Enseigner la physique par situation-problème ou par problème ouvert*. Aster 40, 13–37.
- Chamizo, J.A., García, A. (Eds.), 2010. *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Autónoma Nacional de México, Mexico City.
- Chittleborough, G., 2014. *The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry*. In: Devetak, I., Glazar, S. (Eds.), *Learning with Understanding, in the Chemistry Classroom*. Springer Science.
- Chevillard, Y., 1985. *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Cornu, L., Vergnioux, A., 1992. *La didactique en question*. Hachette, Paris.



- Fochi, G., 2006. *Il segreto della chimica*. TEA, Milano.
- Galagovsky, L.R., Bekerman, D., Di Giacomo, M.A., Alí, S., 2014. *Algunas reflexiones sobre la distancia entre "hablar química" y "comprender química"*. *Ciênc. Educ.*, Bauru 20, 785–799.
- Liverta Sempio, O., 1998. *Vygotskij, Piaget, Bruner: Concezioni dello sviluppo*. Raffaello Cortina, Milano.
- Meirieu, P., 1988. *Apprendre ... oui, mais comment*. ESF, Paris.
- Mora, W., Parga, D., 2008. *El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de tramas de contenido histórico–epistemológicas con las tramas de contexto aprendizaje*. *Tecné, Episteme y Didaxis* 24, 56–81.
- Parga Lozano, D.L., Mora Penagos, W.M., 2014. *Educ. quím.* 25, 332–342.
- Perafán Echeverri, G.A., 2013. *La transposición didáctica como estatuto epistemológico fundante de los saberes académicos del profesor*. *Folios, Segunda época* 37, 83–93.
- Popper, K., 1972. *Congetture e confutazioni*. Il Mulino, Bologna.
- Prost, A., 1985. *Éloge des pédagogues*. Seuil, Paris.
- Wilson, S., Shulman, L., 1987. *150 ways'' of knowing: representations of knowledge in teaching*. In: Calderhead, J. (Ed.), *Exploring teacher thinking*. Eastbourne, UK.