

Insegnare Scienze: qualche considerazione metodologica, ma non solo

**Margherita Venturi
Marianna Marchini**

Abstract – *Even if science stimulates the curiosity of young people because it has the charm of discovery and the unknown, the teaching/learning of scientific disciplines is in crisis at national and international level, particularly as far as high school is concerned. Obviously, in the classrooms, the natural disposition of young students towards scientific disciplines is not maintained, or even totally lost. There is, therefore, the need to reflect on ways of looking at the teaching of scientific disciplines and how to see the role that the students can play during their school experience. In other words, it is necessary to reconsider professional choices in the light of explicit awareness and reference models. In order to ensure that students understand the language and the ways of operating science, both scientific and pedagogical literature suggests: 1) exploiting hands-on inquiry-based learning, b) addressing issues associated with the daily realities in the social context, and c) using an interdisciplinary approach. These three aspects will be discussed in the present contribution.*

Riassunto – *Nonostante le Scienze incuriosiscano i giovani perché hanno il fascino della scoperta e dell'ignoto, il loro insegnamento/apprendimento è in crisi a livello nazionale ed internazionale, in particolare nella scuola secondaria di secondo grado. Evidentemente nelle aule non si mantiene, o addirittura si perde, questa naturale disposizione degli studenti verso le discipline scientifiche. Emerge, quindi, l'esigenza di riflettere sui modi di guardare al loro insegnamento e sul modo di vedere il ruolo che lo studente può svolgere durante la sua esperienza scolastica; in altre parole, è necessario ri-vedere le scelte professionali alla luce di consapevolezza e modelli di riferimento espliciti. Le indicazioni fornite dalla letteratura, sia scientifica che pedagogica, per far sì che gli studenti si appropriino del linguaggio e dei modi di operare della scienza possono essere riassunte nei tre aspetti discussi nel presente contributo: 1) usare la metodologia didattica laboratoriale di tipo inquiry-based; 2) affrontare temi di rilevanza sociale e vicini al quotidiano degli studenti; 3) utilizzare un approccio interdisciplinare.*

Keywords – Science teaching/learning, inquiry-based learning approach, choice of the scientific topics to be addressed, skills development, interdisciplinary approach

Parole chiave – insegnamento/apprendimento delle Scienze, apprendimento per scoperta, argomenti da affrontare, sviluppo di competenze, didattica trasversale

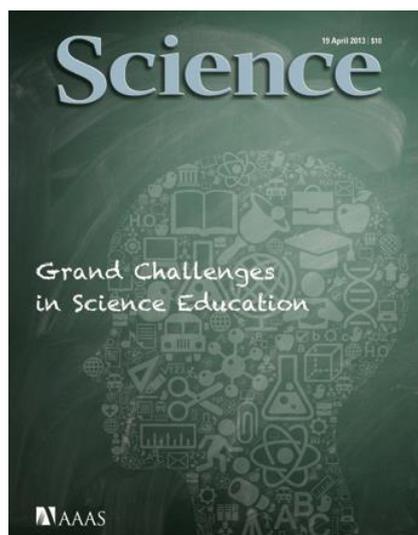
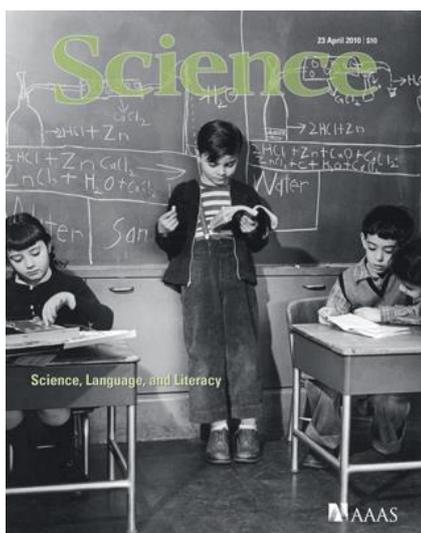
Margherita Venturi è Professore Ordinario di Chimica all'Università di Bologna. La sua attività di ricerca riguarda la chimica applicata alla nanotecnologia ed in particolare lo sviluppo di congegni e macchine a livello molecolare, come limite estremo di miniaturizzazione. Da sempre si interessa dei problemi legati alla didattica e alla divulgazione della Scienza, tanto che nel 2000 ha realizzato, presso il Dipartimento “G. Ciamician”, lo spettacolo *Suoni, luci, colori ed altri effetti speciali* per promuovere l'immagine della Chimica. È autrice di oltre 240 pubblicazioni scientifiche, uscite sulle riviste internazionali più quotate e di oltre 40 pubblicazioni a carattere didattico, fra cui il libro *Chimica! Leggere e scrivere il libro della natura* (Scienza Express, 2012), tradotto in inglese dalla Royal Society of Chemistry nel 2014.

Marianna Marchini ha concluso il Dottorato in Chimica presso il Dipartimento “G. Ciamician” dell’Università di Bologna nel dicembre 2016 svolgendo, nel gruppo di ricerca della Prof.ssa Paola Ceroni, una tesi dal titolo *Photoactive molecules in supramolecular architectures and photoredox reactions*. Dal 2017 è Assegnista di ricerca e nell’ambito del progetto progetto “ERC PhotoSi”, coordinato sempre dalla Prof.ssa Ceroni, si interessa dello studio fotofisico ed elettrochimico di sistemi supramolecolari e molecole fotoattive. Dal 2015 svolge attività di tutorato per gli insegnamenti di *Elementi di Chimica ed Ecologia*, corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria e di *Chimica di Coordinazione con Laboratorio*, corso di laurea in Chimica e Chimica dei Materiali.

1. Introduzione

Nonostante le Scienze incuriosiscano i giovani perché hanno il fascino della scoperta e dell’ignoto, il loro insegnamento/apprendimento è in crisi a livello nazionale ed internazionale, soprattutto per quanto riguarda la scuola secondaria di secondo grado. Evidentemente nelle aule non si mantiene, o addirittura si perde, questa naturale e buona disposizione verso le discipline scientifiche sostituita da un atteggiamento, da parte degli studenti, disinteressato e poco motivato alla curiosità e alla conoscenza. Emerge, quindi, l’esigenza di riflettere sui modi di guardare all’insegnamento delle discipline scientifiche e sul modo di vedere il ruolo che lo studente può svolgere durante la sua esperienza scolastica; in altre parole, è necessario rivedere le scelte professionali alla luce di consapevolezze e modelli di riferimento espliciti.

La letteratura su come affrontare e tentare di risolvere questo problema (che in realtà è una vera e propria emergenza se si pensa che la nostra attuale società attinge a piene mani ai risultati della ricerca scientifica e ai prodotti della tecnologia) è vastissima; anche riviste scientifiche di grande prestigio, come *Science*, periodicamente dedicano interi fascicoli al modo più proficuo per insegnare le Scienze e, quindi, per appassionare e coinvolgere gli studenti.



Ciò che emerge da questa letteratura, sia scientifica che pedagogica, è che il processo di coinvolgimento degli studenti deve cominciare subito, già a partire dalla scuola primaria, se non addirittura da quella dell'infanzia, e che *"People learn by doing, not by just watching and listening and they learn best what they want to know and need to know"* (Le persone imparano facendo, non guardando o ascoltando, e imparano meglio quello che desiderano o devono conoscere), come sottolineato da Bruner (Wood *et al.*, 1976) e Felder (Felder e Silverman, 1988).

In sintesi, per far sì che gli studenti si appropriino dei linguaggi e dei modi di operare della scienza e anche della tecnologia, intesa come applicazione dei risultati della scienza, sono due le indicazioni fondamentali: adottare una didattica laboratoriale (people learn by doing) e affrontare temi collegati alla realtà quotidiana e al contesto sociale (they learn best what they want to know and need to know).

2. Come insegnare (people learn by doing) e come valutare

La prima grande rivoluzione nell'insegnamento delle materie scientifiche è iniziato alla fine degli anni '50 del secolo scorso. L'impulso principale è arrivato dal mondo anglosassone e una delle caratteristiche principali del movimento di rinnovamento è stato il ruolo fondamentale assegnato alle attività sperimentali condotte in prima persona dagli allievi. Non a caso uno dei motti diventati celebri all'epoca è la famosa frase di Confucio "Se ascolto dimentico, se vedo ricordo, se faccio imparo".

Ma che cosa significa mettere l'esperienza al centro dell'insegnamento/apprendimento nell'area scientifica?

A prima vista sembrerebbe una scelta ovvia: le discipline scientifiche, intese in senso moderno, hanno da sempre avuto come riferimento la realtà dei fatti e le speculazioni teoriche hanno dovuto fare i conti con i dati sperimentali. Questo sembrerebbe portare come naturale conseguenza che anche l'apprendimento delle scienze debba avvenire mediante una sistematica esperienza del mondo che ci circonda. D'altra parte, che la conoscenza si sviluppi fin dai primi mesi di vita attraverso l'esperienza diretta è fatto assolutamente evidente ed associato. Allora perché ci troviamo ancora a discutere del significato dell'esperienza nell'apprendimento scientifico?

Innanzitutto perché, nonostante siano passati più di 50 anni dall'inizio di quella rivoluzione nell'insegnamento scientifico, dobbiamo constatare che nelle nostre scuole troppo spesso si studiano ancora le materie scientifiche prevalentemente sul libro di testo, invitando quindi gli studenti a ricordare piuttosto che a capire. Non si tratta solo di scelte dovute ai limiti strutturali della scuola italiana (mancanza di laboratori, di personale tecnico, limiti di orario scolastico), molto più spesso si tratta di limiti nella formazione degli insegnanti che non hanno essi stessi potuto sperimentare in prima persona quel processo di costruzione di conoscenza che auspichiamo avvenga negli allievi.

In secondo luogo, dobbiamo tener conto del fatto che a partire da quei favolosi anni '50 è avvenuto uno sviluppo fondamentale nel processo di rinnovamento dell'insegnamento scienti-

fico: i risultati delle ricerche sulla formazione dei concetti, iniziati anch'essi in quegli anni con il contributo eccezionale di Piaget (Piaget, 2000), hanno avuto infatti, con qualche decennio di ritardo, un enorme effetto sui fondamenti teorici della ricerca in didattica delle discipline scientifiche. Si tratta di quell'importante filone di ricerca che si proponeva di indagare le concezioni spontanee (o alternative) degli studenti con lo scopo di individuare strategie opportune per "conciliare" le rappresentazioni spontanee della realtà costruite dagli individui con le teorie accreditate in campo scientifico. Tali ricerche hanno messo in luce elementi di continuità e di discontinuità tra i modi spontanei di guardare il mondo e quelli tipici delle diverse discipline e, pertanto, hanno sperimentato diverse proposte di intervento educativo a partire dai primi livelli scolastici.

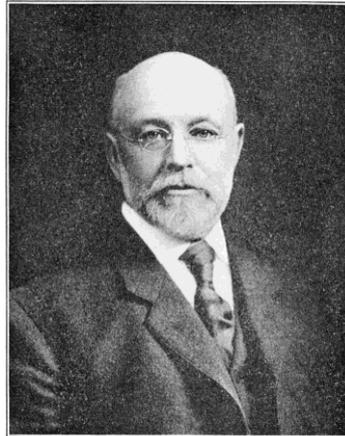
Si è venuto così chiarendo anche il ruolo svolto dall'esperienza nell'apprendimento significativo di conoscenza scientifica. L'esperienza della realtà è il primo passo verso la costruzione di conoscenza, ma già la semplice esperienza è in qualche modo carica di un contenuto "teorico", cioè di una rielaborazione di esperienze precedenti, naturalmente in forme diverse a seconda dell'età e della formazione scolastica ricevuta.

Nel percorso individuale verso la conoscenza scientifica è dunque indispensabile la conoscenza concreta ed interattiva degli oggetti e dei fenomeni naturali, perché questa esperienza ha un ruolo fondamentale per stimolare i processi cognitivi e l'apprendimento. L'osservazione diretta e la percezione sensoriale aiutano a costruire immagini reali della natura e dei suoi fenomeni, favorendone la comprensione e suscitando domande, motivazioni ed interessi. In mancanza della possibilità di osservare, manipolare, interrogarsi, confrontare, verificare e riflettere non si sviluppa un vero senso della Scienza. Senza esperienza diretta è particolarmente difficile poter ricollegare i concetti teorici con i fenomeni reali, con la pratica quotidiana e con l'osservazione del mondo circostante (Freinet, 1969).

Quanto questo sia vero è ben descritto in un articolo della letteratura chimica americana di cui è protagonista il giovane Ira Remsen, diventato poi un autorevole chimico, ben noto per la sintesi della saccarina, e di cui una libera traduzione è qui di seguito riportata (Shakhashiri, 1983).

"Leggendo un testo di Chimica arrivai alla frase – l'acido nitrico agisce sul rame. Mi stavo stancando di leggere cose così assurde e allora decisi di vedere quale fosse il significato reale di quella frase. Il rame era per me un materiale familiare, perché a quei tempi le monete da un centesimo erano in rame. Avevo visto una bottiglia di acido nitrico sulla tavola dell'ufficio del dottore dove mi mandavano per passare il tempo. Non sapevo le proprietà dell'acido nitrico, ma ormai lo spirito di avventura era sceso su di me. Così, avendo rame e acido nitrico, potevo imparare cosa significassero le parole "agisce sul". In questo modo, la frase "l'acido nitrico agisce sul rame" sarebbe stata qualcosa di più che un insieme di parole. Al momento, lo era ancora. Nell'interesse della scienza ero persino disposto a sacrificare uno dei pochi centesimi di rame che possedevo. Ne misi uno sul tavolo, aprii la bottiglia dell'acido, versai un po' di liquido sulla monetina e mi preparai ad osservare quello che accadeva. Ma cos'era quella magnifica cosa che stavo osservando?"

Il centesimo era già cambiato e non si poteva dire che fosse un cambiamento da poco. Un liquido verde-blu schiumava e fumava dalla moneta e l'aria tutt'intorno si colorava di rosso scuro. Si formò una gran nube disgustosa e soffocante. Come potevo fermarla? Provai a disfarmi di quel pasticcio prendendolo con le mani per buttarlo dalla finestra. Fu così che imparai un altro fatto: l'acido nitrico agisce non solo sul rame, ma anche sulle dita. Il dolore mi spinse ad un altro esperimento non programmato. Infilai le dita nei calzoni e scoprii un altro fatto: l'acido nitrico agisce anche sui calzoni. Tutto considerato, quello fu l'esperimento più impressionante e forse più costoso della mia vita. Fu una rivelazione e mi spinse a desiderare di imparare di più su quel rimarchevole agisce sul”.



J. A. Remmen



Affinché la conoscenza sia significativa è pertanto necessario utilizzare una didattica di tipo laboratoriale, che non significa spiegare la teoria e poi proporre un'attività pratica che di solito consiste nel fatto che gli studenti duplicano pedissequamente una ricetta, ma significa far nascere nello studente domande e curiosità che lo invogliano a sapere. La Comunità Europea e molti esperti di didattica delle scienze suggeriscono di adottare l'apprendimento per scoperta, detto anche Inquiry-Based Science Education (IBSE) (Bybee, 2006; Bybee *et al.*, 2006; Bybee, 2009), o metodo delle 5E, dal momento che consta di cinque fasi ciascuna delle quali, in inglese, comincia con la lettera E: *Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*.

Questo approccio laboratoriale può essere visto come la versione didattica della ricerca scientifica, perché fa salire lo studente su quella meravigliosa giostra che comincia a muoversi per effetto della curiosità e che si alimenta di domande per rispondere alle quali si organizzano esperimenti. Dai risultati degli esperimenti deriva la conoscenza che genera stupore e da questo nascono nuove curiosità e nuove domande. Allora, si parte per un secondo giro di giostra, alla fine del quale, inebriati dal fascino della scoperta, non si vorrebbe più scendere.

Il lavoro in laboratorio è importante anche perché costituisce non solo un momento di osservazione diretta, ma anche di analisi, di problematizzazione, di confronto e di verifica, di

formulazione di interpretazioni e previsioni, di invenzione di attività; aiuta quindi a capire, stimola le attività di pensiero, promuove l'elaborazione attiva e personale delle conoscenze. In altre parole la didattica laboratoriale, già rintracciabile nella pedagogia di Dewey (Dewey, 1999) e raccomandata dalle "Indicazioni per il curricolo per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione" (2012), si fonda su un'educazione che parte dai bisogni propri di chi apprende, insegna la cooperazione per organizzare esperienze trasformandole in competenze, sfrutta percorsi flessibili riconosciuti dallo studente, significativi per se stesso e spendibili nella realtà e genera un apprendimento duraturo. Inoltre con le attività laboratoriali vengono recuperate le pre-conoscenze degli studenti che rappresentano lo sfondo e lo scenario dal quale partire per costruire le nuove conoscenze; infatti, se si volesse condensare in un unico principio l'intera psicologia dell'educazione, si troverebbe che il fattore a influenzare maggiormente l'apprendimento è rappresentato dalle conoscenze che lo studente già possiede per sua esperienza personale (Ausubel, 2004).

Affinché le esperienze di laboratorio siano significative è però fondamentale una programmazione accurata e consapevole del lavoro, dei suoi obiettivi e delle tecniche da proporre agli studenti. Albert Einstein era solito paragonare l'uomo che si occupa di scienza a un detective che deve procedere con "metodo": ciò significa che deve raccogliere tutti i possibili indizi per spiegare il fenomeno che sta osservando. Inoltre deve essere molto preciso nella raccolta dei dati e, una volta scoperto un possibile legame tra i fatti, deve formulare delle supposizioni, o ipotesi, e cercare di verificarle raccogliendo delle prove.

La sperimentazione inizia pertanto dall'osservazione, ne è parte integrante e comporta una serie di operazioni mentali e manuali in ordine logico, così come chiaramente indicato dalla già citata metodologia didattica IBL e in accordo con il modo di procedere della ricerca scientifica. Osservare vuol dire "guardare con attenzione", in modo da mettere in evidenza particolari che altrimenti sfuggirebbero e fissarli così nella memoria. L'osservazione attenta e controllata del mondo circostante è il passo necessario per iniziare a comprenderlo, ma non basta guardare; per osservare più a fondo è necessario "toccare con mano", lavorare, trasformare qualcosa con le mani. La manipolazione di sostanze, materiali, oggetti o elementi naturali aiuta a sviluppare, attraverso l'esplorazione sensoriale e il riconoscimento delle differenze percettive, la conoscenza della realtà concreta e le sue possibili trasformazioni, permette di consolidare la relazione tra processi e prodotti e stimola la creatività come trasformazione del noto o dell'esistente in forme nuove e impreviste.

È dalla vivacità dell'esperienza che nasce la necessità di fare ordine fra le molte scoperte e approfondire le conoscenze in modo organico così da far emergere le prime regole della disciplina. Gli esperimenti ci permettono, infatti, di esaminare un fenomeno in condizioni controllate ed eventualmente di riprodurlo più volte per essere certi dei risultati. Se i risultati degli esperimenti sono in accordo con l'ipotesi, questa viene confermata; diversamente occorre ritornare all'ipotesi di partenza, modificarla o sostituirla con una nuova ipotesi e realizzare altri esperimenti. Solo quando l'ipotesi è confermata, si potrà trarre una conclusione.

Nel momento conclusivo, attraverso la discussione, vengono fissate le scoperte fatte nelle attività di osservazione e manipolazione diretta. È il momento della riflessione, che è molto importante per evitare che lo studente, invece di assimilare concetti, abbia in realtà imparato

solo parole (Dewey, 1994): *“Le parole possono isolare e conservare un significato solo allorché esso è stato in precedenza implicato nei nostri contatti con le cose. Tentare di dare un significato tramite la parola soltanto, senza una qualsiasi relazione con la cosa, significa privare la parola di ogni spiegazione intelligibile... Vi è la tendenza a credere che ovunque vi sia una definita parola o forma linguistica vi sia anche un’idea definita: mentre, in realtà, sia gli adulti che i fanciulli, possono adoperare formule verbalmente precise, avendo solo la più vaga e confusa idea di ciò che significano”*.

Il momento della riflessione è anche quello in cui si formulano le prime regole di carattere generale, andando a rivedere il cammino percorso. È, quindi, necessaria un’accurata documentazione per “concretizzare” ciò che è stato fatto, far memoria dell’esperienza, capire cosa si è imparato e mettere in ordine i nessi tra le cose e le informazioni essenziali; quest’ultimo è un passo fondamentale per far sì che gli studenti acquisiscano la capacità di riconoscere quanto è stato appreso anche in contesti differenti da quello affrontato specificatamente. La documentazione può usufruire di diversi strumenti che dovrebbero essere scelti liberamente dagli studenti di volta in volta e in relazione al livello scolastico: cartelloni murali per riportare dati e le diverse fasi del lavoro svolto, fotografie per fissare lo sviluppo logico-temporale delle attività e registrazioni delle conversazioni collettive utili per ricordare le osservazioni, le domande, i dubbi e gli interrogativi rimasti aperti. Per quanto riguarda la Scuola dell’Infanzia e la Scuola Primaria le attività di laboratorio devono essere coinvolgenti e presentate sotto forma di gioco, aspetto che non va sottovalutato perché il gioco fa parte del naturale approccio dei bambini con la realtà (Venturi, 2006).

Le attività di tipo ludico-esplorativo rappresentano pertanto l’inizio di una conoscenza scientifica che potrà poi passare a forme più strutturate. Inoltre, un’acquisizione ludica del procedere del processo scientifico può, molto più che l’acquisizione nozionistica, aiutare i bambini a fare propria una capacità di critica delle informazioni, aumentandone la sensibilità scientifica fondamentale per l’interpretazione del mondo che ci circonda. Ciò appare di particolare importanza in un’era come l’attuale in cui, a fronte dei progressi nelle conoscenze, la cultura comune appare sempre più affidata a supporti tecnologici che mancano spesso delle adeguate fonti informative, così da essere sempre più diffuse conoscenze errate ed opinioni non scientificamente supportate.

L’ambiente del laboratorio è in qualche modo assimilabile a quello della bottega rinascimentale, dove tutto partiva dalla sperimentazione creativa e nella quale gli apprendisti imparavano facendo e vedendo fare, comunicando fra loro e con i maestri, rubando con gli occhi quello che poi sarebbe diventato tecnica: le attività di laboratorio favoriscono l’apprendimento nella forma “fa’ e impara”, a cui sottende una forte motivazione del soggetto a impegnarsi per costruire/ricostruire il proprio modello di realtà, e insegnano a sfruttare in modo positivo anche l’errore che diventa così un efficace mezzo per maturare la propria conoscenza.

Un altro aspetto particolarmente interessante di questo approccio didattico riguarda il fatto che il lavoro in laboratorio è normalmente organizzato in gruppi e quindi l’esperienza di apprendimento è vissuta in un contesto relazionale, proprio come avveniva nella bottega rinascimentale. Ciò significa che il “fa’ e impara” viene integrato con il “confrontati e impara”, portando alla costruzione di modelli condivisi di rappresentazione e di esplorazione della realtà. È

l'ambiente di apprendimento dove gli studenti imparano ad aiutarsi a vicenda, il paradigma giusto per coinvolgere chi ha difficoltà di apprendimento e chi, provenendo da diverse nazioni, può avere problemi nella comprensione della lingua (Cuomo, 1995): *“Una pedagogia che propone l'integrazione deve avere come obiettivo, valore principale il rispetto delle diverse intelligenze, originalità e potenzialità cognitive ed affettive di ciascuno. Nel gruppo, in un rapporto di reciprocità, le difficoltà di apprendimento degli “altri” divengono un problema che “noi” dobbiamo risolvere”*.

Il laboratorio è allora il luogo e l'ambiente per maturare competenze sociali, perché durante un lavoro cooperativo entrano sempre in gioco abilità comunicative, di leadership, di soluzione negoziata, di gestione dei conflitti e soprattutto di soluzione di problemi.

È inoltre l'ambiente dove gli studenti imparano a ricercare ed usare strumenti in situazioni di problem solving (Gargantini, 2006): *“Proporre un percorso di educazione scientifica significa introdurre all'arte del domandare e non fornire soluzioni a problemi mai posti... Sottolineare il ruolo dei problemi equivale a porre l'accento sulla persona che se li trova di fronte ed è invitata a mettere in gioco tutte le sue risorse di razionalità, creatività, ingegno per risolverli. Ciò vale per i ricercatori impegnati in problemi complessi; ma altrettanto per lo studente alle prese con qualsiasi capitolo del programma di fisica, chimica o biologia, che andrebbero visti come problemi da risolvere piuttosto che come contenuti da assimilare”*.

Non è difficile capire che, adottando questa metodologia didattica, studenti e insegnanti rivestono ruoli ben definiti che invertono le idee guida della tradizione didattica trasmissiva e mettono lo studente-protagonista al centro della relazione e del processo di insegnamento-apprendimento, mentre il docente si colloca in secondo piano, quale organizzatore, guida e facilitatore nei percorsi didattici. L'insegnante è un regista che deve saper creare l'atmosfera giusta e allestire un palcoscenico didattico all'interno del quale ogni studente è invitato a mettere in gioco tutte le sue risorse di razionalità, creatività e ingegno, esattamente come fanno i ricercatori impegnati nel risolvere i loro problemi complessi.

Ovviamente in questo contesto cambia anche il concetto di valutazione e il modo di valutare gli studenti. Fermo restando che la valutazione tradizionale da parte dell'insegnante è imprescindibile ed ha un fondamentale ruolo formativo di accompagnamento dei processi di apprendimento e di stimolo per gli studenti a migliorare, è importante valutare gli studenti coinvolgendoli in attività di tipo informale, quali preparazione di festival della scienza, mostre ed exhibit per divulgare presso altri studenti, le famiglie e la cittadinanza temi di particolare interesse e rilevanza sociale affrontati nel corso dell'anno scolastico. Queste attività stimolano moltissimo gli studenti, soprattutto quelli che generalmente non hanno prestazioni scolastiche buone, e permettono di sviluppare nuove competenze quali autonomia, creatività e abilità di comunicazione. Viene anche potenziata la capacità critica e autocritica perché, inevitabilmente e spontaneamente, gli studenti sono portati a dare una valutazione sia del proprio lavoro che di quello dei compagni.

3. Cosa insegnare (people learn best what they want to know and need to know)

La seconda indicazione che deriva dalla letteratura sull'insegnamento/apprendimento delle Scienze è quella di affrontare temi collegati alla realtà quotidiana e al contesto sociale. In questo caso la scelta è molto vasta, ma sicuramente temi come energia, salute, cibo, acqua e ambiente sono particolarmente adatti per svariati motivi.

Sono i grandi temi di oggi e, ancor di più, saranno i grandi problemi di domani; sono inoltre gli argomenti di punta della ricerca scientifica, basti pensare agli attuali studi sulle fonti energetiche alternative e agli sviluppi nanotecnologici correlati, alle indagini sui cambiamenti climatici e ai risvolti ambientali che ne conseguono e alle innovazioni in ambito diagnostico e medico. Sono infine temi che permettono di discutere in maniera critica il flusso di informazioni continuo, disordinato e spesso discordante proveniente da fonti eterogenee.

Sono temi che motivano gli studenti, sia perché sono vicini alla loro realtà, sia perché dimostrano che la scienza non è solo qualcosa da studiare sui libri, ma pervade ogni aspetto della vita; affrontare questi temi permette inoltre alla scuola di aprirsi al confronto con le problematiche vissute dagli allievi, a cominciare dal contatto con i contesti territoriali nei quali essi costruiscono ed esprimono le proprie esperienze. Permettono anche di coniugare il locale con il globale, dove il "locale" fa riferimento ai saperi situati e contestualizzati, cioè legati agli essenziali spazi di formazione in cui i saperi non sono separati dalla concretezza del soggetto conoscente, dai suoi tempi, dai suoi luoghi e dalle sue radici, e dove il "globale", invece, riguarda la partecipazione responsabile allo sviluppo della propria comunità e del proprio territorio, in una prospettiva di sostenibilità e di attenzione al futuro del mondo intero.

Sono temi complessi e, quindi, per essere capiti nella loro globalità necessitano di un approccio inter- e trans-disciplinare, coinvolgendo tutta la comunità dei docenti, che motiva in modo particolare le studentesse, spesso non attratte dalle Scienze dure quali fisica e chimica, e che porta ad una benefica e positiva riduzione della dispersione scolastica.

Possono essere affrontati a diversi livelli di approfondimento e, quindi, sono adatti per sviluppare un curriculum verticale; sono inoltre tutti strettamente connessi per cui, indipendentemente dal tema dal quale si decide di partire, si possono affrontare, a ricadere, anche tutti gli altri.

Infine, permettono di andare oltre il teaching to the test, discutendo aspetti di tipo etico e sociale, quali la ricerca e l'innovazione responsabile per affrontare l'attuale emergenza energetica e ambientale, le disuguaglianze sociali e di genere, il libero accesso ai risultati della ricerca, il coinvolgimento di tutti i partner (ricercatori, politici, cittadini) per un armonioso sviluppo tecnologico e sociale.

4. Le indicazioni della Commissione Europea per l'educazione scientifica

Quanto finora esposto è perfettamente in linea con le indicazioni riportate nel documento *Science education for responsible citizenship* redatto nel 2015 dalla Commissione Europea

(Rapporto della Commissione Europea, 2015). Nonostante questo documento sia alquanto corposo, andrebbe letto tutto con estrema attenzione perché le linee guida in esso descritte sono veramente molto importanti e interessanti, non solo per gli insegnanti e i ricercatori in didattica delle Scienze, ma anche per tutti i partner sociali, cittadini compresi.

Nel documento sono individuati in maniera chiara e dettagliata gli obiettivi che l'insegnamento delle Scienze si deve porre e vengono suggeriti anche i modi per raggiungerli. In breve, con questo rapporto la Commissione Europea vuole promuovere quanto segue.

Obiettivo 1: assicurare a tutti un'adeguata e continua educazione scientifica

Questo obiettivo può essere raggiunto inserendo obbligatoriamente per tutti gli studenti e a qualsiasi livello scolastico l'insegnamento di discipline scientifiche, ma anche e soprattutto motivando gli studenti ad apprendere adottando metodologie didattiche inquiry-based.

Obiettivo 2: focalizzare l'educazione scientifica sulle competenze piuttosto che sui contenuti

Questo significa che occorre privilegiare l'interdisciplinarietà che è l'unico approccio per arrivare a comprendere a fondo i nuclei essenziali della Scienza e per affrontare i problemi complessi e le sfide sociali. In altre parole ciò vuol dire "imparare le Scienze studiando le altre discipline e imparare le altre discipline studiando le Scienze". Ad esempio, partendo dallo studio dell'arte si può facilmente arrivare ad affrontare concetti fisici e chimici, quali il colore, l'interazione luce-materia, pigmenti naturali ed artificiali con l'eventuale preparazione di alcuni pigmenti usati in passato riproponendo antiche ricette. Tutto ciò permette di comprendere molto meglio le tecniche pittoriche e la loro evoluzione con il passare del tempo. Naturalmente è altrettanto possibile il percorso inverso e cioè partire dalle discipline scientifiche per approdare a quelle artistiche. Altri temi particolarmente adatti per collegare in maniera sinergica i vari ambiti del sapere sono l'energia e la luce. La prima, infatti, dà la possibilità di spaziare da aspetti più propriamente fisici e chimici (il concetto di energia e lavoro) a quelli economici (economia lineare ed economia circolare; disuguaglianze sociali) e ambientali (inquinamento; risorse, sostenibilità). Fra l'altro il concetto di sostenibilità mette molto bene in evidenza che lo sviluppo scientifico e tecnologico non può prescindere dal prendere in considerazione tutti gli aspetti della vita e i valori comuni di equità e rispetto per gli altri, per le generazioni future, per la diversità, per l'ambiente, per le risorse della Terra. Analogamente la luce può essere vista da molti punti di vista: cosa è e cosa fa la luce, domande tipiche in ambito scientifico, come si è evoluto con il passare del tempo il concetto di luce e i grandi scienziati che hanno contribuito a svilupparlo, aspetti che riguardano la storia della scienza, ma anche il significato di luce dal punto di vista filosofico e religioso. Un approccio trans- e inter-disciplinare permette, quindi, di rafforzare i rapporti e le sinergie fra scienza, creatività, impresa e innovazione.

Obiettivo 3: potenziare l'apprendimento migliorando la qualità della didattica

Questo obiettivo, con il quale l'attenzione si sposta dallo studente al docente, può essere raggiunto valorizzando il prestigio professionale degli insegnanti, migliorando la loro formazio-

ne e puntando su un continuo e concreto aggiornamento che si può realizzare solo con una stretta collaborazione fra scuola e centri di ricerca in didattica.

Obiettivo 4: instaurare una stretta collaborazione fra il mondo della scuola e le realtà imprenditoriali e sociali

Questo tipo di collaborazione si può stabilire solo aprendo le porte della scuola al mondo esterno (open schooling), coinvolgendo le famiglie e i professionisti di varie estrazioni, mettendo gli studenti di fronte ad esperienze di vita vissuta e facendoli lavorare su progetti concreti.

Obiettivo 5: affrontare in classe i concetti alla base di una ricerca e innovazione responsabile (RRI)

Raggiungere questo obiettivo vuol dire discutere con gli studenti dei risvolti etici e sociali del progresso scientifico e dello sviluppo tecnologico e, quindi, parlare anche della responsabilità della scienza e degli scienziati. Ovviamente e necessariamente occorre preparare gli insegnanti ad affrontare questi aspetti che sono nuovi e quasi mai considerati nei curricula scolastici.

Obiettivo 6: collegare innovazione ed educazione scientifica

Questo significa affrontare nell'insegnamento delle Scienze temi di ricerca di grande attualità e importanti dal punto di vista ambientale e sociale; affrontare questi temi vuol anche dire parlare delle strategie adottate sia a livello locale che nazionale, europeo e globale per guardare responsabilmente al futuro dell'umanità e del pianeta.

5. Considerazioni conclusive

L'obiettivo prioritario della formazione a qualsiasi livello scolastico è che lo studente deve imparare a imparare. Questo significa sviluppare nello studente gli atteggiamenti necessari per interrogarsi e misurarsi con l'idea di molteplicità e problematicità del reale che si realizza attraverso l'integrazione e il dialogo fra le varie discipline. Occorre, cioè, offrire gli strumenti per far sì che i giovani siano in grado di analizzare criticamente le proposte che vengono dalla comunità scientifica e tecnologica in merito alla soluzione di problemi che riguardano ambiti codificati (fisico, chimico, biologico e naturale) e aree di conoscenza al confine tra le discipline, come ad esempio la salvaguardia della biosfera. L'asse scientifico-tecnologico, evidenziando il legame fra scienza e tecnologia e la loro correlazione con l'ambiente culturale e sociale, ha quindi il fine ultimo e importante di offrire una cassetta di attrezzi utili al futuro cittadino per operare scelte consapevoli ed autonome nei molteplici contesti, individuali e collettivi, della vita reale.

Tutto ciò permette di raggiungere un altro obiettivo, strettamente legato al precedente e non meno importante del precedente: far capire l'unità del sapere e quanto sia sbagliato sepa-

rare la cultura scientifica da quella umanistica. Secondo Charles P. Snow (1959) *l'attuale frattura fra queste due culture si deve al fatto che gli scienziati hanno per loro natura il futuro nel sangue, mentre gli umanisti hanno gli occhi rivolti al passato*. Sono due atteggiamenti che potrebbero sembrare contrastanti e che, invece, sono perfettamente complementari perché si può pensare responsabilmente al proprio futuro solo conoscendo molto bene il proprio retroterra; è, quindi, da una armoniosa integrazione della cultura scientifica e della cultura umanistica che si origina vera cultura.

Occorre pertanto promuovere iniziative che non si fermino al solo specifico disciplinare, ma che tocchino aspetti trasversali. Infatti, se ciascuna disciplina è importante perché rappresenta una specifica chiave interpretativa della realtà, solo quando è integrata con le altre discipline permette di vedere il mondo nella sua complessità e globalità. Ciò, in altre parole, significa adottare una didattica inter- e trans-disciplinare in cui tutti i docenti, sia di area scientifica che di area umanistica, sono coinvolti con pari dignità. Per quanto riguarda le Scienze è molto facile sviluppare attività integrate con italiano, storia, filosofia, arte, musica, scienze motorie, geografia, economia, matematica, religione e diritto alla cittadinanza; questo, ad esempio, è il caso dell'educazione ambientale che dovrebbe essere affrontata ad ogni livello scolastico per creare un cittadino responsabile nei confronti del pianeta e dell'umanità.

È inoltre importante notare che per creare competenza, definita come la "capacità di orientarsi e di agire in maniera consapevole" e, quindi, per realizzare vero apprendimento non è sufficiente far acquisire agli studenti abilità e conoscenze; è infatti necessario che esse vengano interiorizzate a tal punto da essere spendibili in contesti anche molto diversi fra di loro. Per il raggiungimento di questo obiettivo la metodologia didattica gioca un ruolo fondamentale: quella che si è rivelata più proficua sfrutta l'approccio Inquiry-Based Learning o apprendimento per scoperta, che parte da una domanda stimolo su cui far lavorare, sia sperimentalmente che concettualmente, gli studenti.

L'obiezione comune che viene fatta a questo tipo di didattica è che comporta una forte dilatazione dei tempi; la cosa è certamente vera, ma non deve spaventare per i seguenti motivi: (a) è meglio affrontare meno argomenti in maniera approfondita, che molti argomenti in maniera superficiale e velocemente; (b) basta utilizzare un tale approccio in uno o due casi per far sì che lo studente impari ad apprendere personalmente; (c) la didattica laboratoriale può essere efficacemente combinata con le metodologie didattiche tradizionali, aspetto estremamente importante tenuto conto che non tutti gli obiettivi di apprendimento devono (o possono) essere perseguiti con l'approccio laboratoriale.

Non deve neanche spaventare il fatto di non avere a disposizione in ambito scolastico un laboratorio opportunamente attrezzato, perché il problema può essere facilmente superato sfruttando tutte le opportunità che il territorio offre, come ad esempio i dipartimenti universitari, i centri di ricerca e i musei scientifici.

È infine importante sottolineare che la didattica laboratoriale non riguarda in modo specifico le discipline scientifiche, ma è piuttosto da intendersi come un approccio che, utilizzando la metodologia della ricerca e della risoluzione dei problemi, mira all'acquisizione di competenze invece che all'accumulo di nozioni. In quest'ottica, il lavoro di laboratorio può essere concepito con diverse e più ampie prospettive e non esclusivamente, o prevalentemente, come dimo-

strazione delle attività degli scienziati e del loro modo di procedere e ragionare: è la metafora di come dovrebbe avvenire tutto l'apprendimento, non solo uno spazio chiuso e attrezzato in cui poter svolgere con gli studenti un certo numero di esperimenti e dimostrazioni, ma l'insieme di tutte le opportunità che consentono di esercitare osservazione, progettazione e sperimentazione. Si tratta, quindi, di un luogo in cui non solo si elaborano saperi, ma da cui si possono ricavare tutte le opportunità formative trasversali di carattere osservativo, logico, linguistico, utili per produrre nuove conoscenze e sviluppare nuove competenze nel pieno rispetto dei diversi stili di apprendimento. È, pertanto, la metodologia che, nell'ottica di una didattica inter- e trans-disciplinare, permette di accumunare tutte le discipline.

In conclusione, con questo approccio didattico l'azione educativa si sposta dall'insegnamento all'apprendimento, cioè ai processi del far apprendere e del riflettere sul fare, allo scopo di rendere gli allievi consapevoli del processo che vivono. Tutto ciò si inquadra perfettamente in quelli che sono i compiti formativi della scuola: promozione dell'apprendimento (istruzione), ma anche e soprattutto accompagnamento al saper stare al mondo (educazione), ricordando che l'istruzione non può e non deve mirare ad essere enciclopedica e che la regola dovrebbe essere quella di insegnare alcune cose bene e a fondo, non molte cose male e superficialmente. In altre parole il docente deve avere il coraggio di selezionare, scegliere, eliminare argomenti, anche operando scelte che a prima vista potrebbero sembrare dolorose per la sua sensibilità disciplinare. In fin dei conti, come dicevano i filosofi greci, *insegnare non è riempire un vaso, ma accendere un fuoco*.

6. Riferimenti bibliografici

Ausubel, D. (2004). *Educazione e processi cognitivi. Guida psicologica per gli insegnanti*. Milano: FrancoAngeli.

Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education* (Eds. L. Flick, N. Lederman). Dordrecht: Springer.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., Landes, N. (2006). *BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness* in http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf.

Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills* in http://itsisu.concord.org/share/Bybee_21st_Century_Paer.pdf.

Cuomo, N. (1995). *L'altra faccia del diavolo. Apprendere ed insegnare in stato di benessere: un atteggiamento sperimentale*. Torino: UTET.

Dewey, J. (1994). *Come pensiamo*. Firenze: La Nuova Italia.

Dewey, J. (1999). *Il mio credo pedagogico. Antologia di scritti sull'educazione*. Firenze: La Nuova Italia.

Felder, R. M., Silverman, L. K. (1988). Learning And Teaching Styles In Engineering Education. *Engr. Education*, 78(7), 674-681.

Freinet, C. (1969). *Le mie tecniche*. Firenze: La Nuova Italia.

Gargantini, M. (a cura di) (2006). *La cultura scientifica nella scuola*, Genova-Milano: Marietti 1820.

Indicazioni per il curricolo per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione, settembre 2012.

Piaget, J. (2000). *Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia*. Torino: Einaudi, collana Piccola biblioteca Einaudi, Nuova serie.

Rapporto della Commissione Europea (2005). *Science education for responsible citizenship* in <https://jcom.sissa.it/science-education-responsible-citizenship-report>

Shakhashiri, B. Z. (1983). *Chemical demonstrations – A handbook for teachers of chemistry*, vol. 1. Madison: The University of Wisconsin Press.

Snow, C. P. (1959). *The two cultures*. London: Cambridge University Press.

Venturi, M. (a cura di) (2006). *Il laboratorio di Scienze*. Napoli: Tecnodid.

Wood, D., Bruner, J., Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17, 89.

Received October 10, 2017

Revision received November 27, 2017/November 27, 2017

Accepted December 19, 2017