



Società Chimica Italiana
Divisione di Didattica
Chimica

Chimica:

*Cosa insegnare ai vari livelli scolastici,
metodologie didattiche (anche non formali),
approccio integrato all'insegnamento*

e-book della Scuola "U. Segre" 2019

SCUOLA DI DIDATTICA E RICERCA EDUCATIVA "U. SEGRE" 2019

L'XI edizione della Scuola di Didattica Educativa "Ulderico Segre", dedicata in particolare ai docenti universitari, si è tenuta presso il Convento di San Francesco in San Miniato (Pisa)



XI SCUOLA DI DIDATTICA E RICERCA EDUCATIVA "ULDERICO SEGRE"

2 - 4 Settembre 2019

**Convento Franciscano
Via San Francesco, 1
San Miniato (PI)**

dal 2 al 4 settembre 2019. Anche questa edizione, in continuità con la precedente, è stata dedicata ai Corsi di Didattica della Chimica strutturati in diverse Università italiane e nati in seguito al D.L. 107/2015 (La legge della "Buona Scuola") per la formazione degli insegnanti della scuola secondaria, in vista dei nuovi concorsi per la loro immissione in ruolo.

L'intento della Scuola è stato quello di fare una ricognizione di tali corsi affrontando in concreto gli argomenti trattati e l'approccio utilizzato. A tal proposito sono state individuate quattro tematiche che sono state introdotte dai coordinatori dei gruppi di lavoro:

1. *Metodologie didattiche e selezione degli argomenti da trattare in un corso di Chimica per la scuola secondaria di secondo grado* (Coordinatori: Valentina Domenici e Paola Ambrogio)
2. *I tre livelli della Chimica nella scuola secondaria di secondo grado* (Coordinatori: Eleonora Aquilini e Giovanni Villani)
3. *La Chimica nella scuola primaria e secondaria di primo grado* (Coordinatori: Francesca Turco e Maria Funicello)
4. *Approccio integrato all'insegnamento della Chimica per la scuola secondaria di secondo grado* (Coordinatori: Anna Maria Madaio e Anna Caronia)

La Scuola si è chiusa con la Tavola Rotonda "Quali prospettive per la formazione dei futuri insegnanti" che si è svolta in comune con la Scuola "Giuseppe Del Re", dedicata agli insegnanti delle scuole secondarie, e che ha rappresentato un importante momento di confronto tra questi due "attori" che lavorano per la formazione degli insegnanti.

Nel presente e-book, dopo una mia considerazione sull'insegnamento delle Scienze, sono riportati i contributi presentati nell'ambito della Scuola, divisi nelle quattro tematiche sopra menzionate, ciascuna delle quali è introdotta da una breve presentazione dei coordinatori.

Ringraziando i relatori, che hanno dedicato parte del loro prezioso tempo a tradurre in un articolo le presentazioni tenute durante la Scuola, e il Consiglio Direttivo DDSCI, che ha svolto l'egregio ruolo di Comitato Organizzatore e che ha coordinato i lavori nell'ambito delle tematiche, auguro a tutti buona lettura

Margherita Venturi
Presidente DDSCI

UNA CONSIDERAZIONE INTRODUTTIVA PERSONALE

Margherita Venturi

Presidente della Divisione di Didattica

People learn by doing and learn best what they want to know and need to know

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 disciplina Chimica e la scuola secondaria di secondo grado. Evidentemente nelle aule questa naturale e buona disposizione verso le discipline scientifiche viene 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, in particolare della Chimica, 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 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 e anche riviste scientifiche di grande prestigio, come *Science*, periodicamente dedicano interi fascicoli al modo più proficuo 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 [1] e Felder [2].

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

Come insegnare: people learn by doing

La prima grande rivoluzione nell'insegnamento delle materie scientifiche è iniziata 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. 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 e della Chimica, disciplina con una grande connotazione sperimentale, 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 assodato.

Allora perché ci troviamo ancora a discutere del significato dell'esperienza nell'apprendimento scientifico? Perché, nonostante siano passati più di 70 anni dall'inizio di

quella rivoluzione nell'insegnamento scientifico, 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?

Forse perché l'innovazione fa fatica a farsi strada. In questo caso, però, di innovazione ormai non si dovrebbe più parlare, dal momento che si tratta di qualcosa che è partito da quei favolosi anni '50 e che ha portato ad uno sviluppo fondamentale nel processo di rinnovamento dell'insegnamento scientifico: i risultati delle ricerche sulla formazione dei concetti, iniziati anch'essi in quegli anni con il contributo eccezionale di Piaget [3], hanno avuto infatti, con qualche decennio di ritardo, un enorme effetto sui fondamenti teorici della ricerca in didattica delle discipline scientifiche. È 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.

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. In mancanza di un'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 [4].

Affinché la conoscenza sia significativa è, pertanto, necessario utilizzare una didattica di tipo laboratoriale, che però 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 Learning (IBL)* [5], o metodo delle 6E, dal momento che consta di sei fasi ciascuna delle quali, in inglese, comincia con la lettera E: *Engage, Explore, Explain, Elaborate, Exchange, 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 nuova 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 [6], 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 [7].

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; 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 e oggetti, naturali o artificiali, 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 di approfondire le conoscenze in modo organico, così da far emergere le prime regole della disciplina. Gli esperimenti 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 [8]: *"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."*

Per quanto riguarda la Chimica il momento della riflessione è non solo importante, ma anche particolarmente delicato, perché è a questo punto che possono essere introdotti i tre livelli che caratterizzano la disciplina chimica. Ciò significa far capire agli studenti che i fenomeni osservati durante gli esperimenti (livello macroscopico) trovano la loro spiegazione in termini di atomi e molecole (livello ultramicroscopico) e che è possibile rappresentare sia un livello che l'altro mediante un appropriato linguaggio creato dai chimici (livello simbolico).

Il momento della riflessione, inoltre, è quello in cui si formulano le prime regole di carattere generale, andando a rivedere il cammino percorso. È quindi necessaria un'accurata

documentazione (che può usufruire di diversi strumenti che dovrebbero essere scelti liberamente dagli studenti) 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, cosa che permette di trasformare il sapere in competenza.

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 e il paradigma giusto per coinvolgere chi ha difficoltà di apprendimento [9]: *"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.

Inoltre, il laboratorio è l'ambiente dove gli studenti imparano a ricercare ed usare strumenti in situazioni di problem solving [10]: *"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: lo studente è il protagonista e deve essere messo 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.

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, inclusa ovviamente la Chimica, 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 temi che consentono anche di discutere in maniera critica il flusso di informazioni continuo, disordinato e spesso discordante proveniente da fonti eterogenee, cosa che è 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 (le così dette fake news).

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 di coniugare il locale con il globale, dove il "locale" fa riferimento ai saperi situati e contestualizzati, cioè legati agli essenziali spazi di formazione non 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; un tale approccio motiva in modo particolare le studentesse, spesso non attratte dalle scienze dure quali Fisica e Chimica, e porta ad una benefica e positiva riduzione della dispersione scolastica.

Sono temi che possono essere affrontati a diversi livelli di approfondimento e, pertanto, 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 storico-epistemologico e di tipo etico-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.

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 [11].

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. Riassumendo al massimo, la Commissione Europea con questo rapporto 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"; ma questo vuol anche dire 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 formazione 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 i 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.

Qualche considerazione finale

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

separare la cultura scientifica da quella umanistica. Secondo Charles P. Snow [12]: "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 un'armoniosa integrazione della cultura scientifica e della cultura umanistica che si origina vera cultura.

Occorre, pertanto, promuovere iniziative che non si fermano 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 (già citato), 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 velocemente e in maniera superficiale; (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, 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 dimostrazione 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 i 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, come già detto, 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 tagli che a prima vista potrebbero sembrare dolorosi per la sua sensibilità disciplinare, avendo bene in mente il famoso monito dei filosofi greci: "Insegnare non è riempire un vaso, ma accendere un fuoco".

Per un'applicazione "sul campo" di quanto finora esposto vedere il riferimento 13.

Riferimenti

- [1] Wood D., Bruner J., Ross G., The role of tutoring in problem solving, *Journal of child psychology and psychiatry*, 17, 89, **1976**.
- [2] Felder R. M., Silverman L. K., Learning and teaching styles, *Engr. Education*, 78, 674, **1988**.
- [3] Piaget J., *Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia*, Einaudi, collana Piccola biblioteca, Einaudi, Nuova serie, Torino, **2000**.
- [4] Freinet C., *Le mie tecniche*, La Nuova Italia, Firenze, **1969**.
- [5] a) Bybee R. W., *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), Springer, Dordrecht, **2006**; b) Bybee R. W., Taylor J. A., Gardner A., Van Scotter P., Powell J. C., Westbrook A., Landes N., *BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness* in http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf, **2006**; c) Bybee R. W., *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills* in http://itsisu.concord.org/share/Bybee_21st_Century_Paer.pdf, **2009**.
- [6] Dewey J., *Il mio credo pedagogico. Antologia di scritti sull'educazione*, La Nuova Italia, Firenze, **1999**.
- [7] Ausubel D., *Educazione e processi cognitivi. Guida psicologica per gli insegnanti*, Franco Angeli, Milano, **2004**.
- [8] Dewey J., *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, **1994**.
- [9] Cuomo N., *L'altra faccia del diavolo. Apprendere ed insegnare in stato di benessere: un atteggiamento sperimentale*, UTET, Torino, **1995**.
- [10] Gargantini M. (a cura di), *La cultura scientifica nella scuola*, Marietti 1820, Genova-Milano, **2006**.
- [11] Rapporto della Commissione Europea Science education for responsible citizenship in [2https://jcom.sissa.it/science-education-responsible-citizenship-report](https://jcom.sissa.it/science-education-responsible-citizenship-report), **2015**.
- [12] Snow C. P., *The two cultures*, Cambridge University Press, London, **1959**.
- [13] Venturi M. (a cura di), *L'avventura del progetto Irresistibile – Insegnanti, studenti ed esperti a confronto su temi di ricerca d'avanguardia e aspetti della Ricerca e Innovazione Responsabile nei curricula scolastici*, Bonomia University Press, Bologna, **2018**.

Tematica 1

*Metodologie Didattiche e
Selezione degli Argomenti da Trattare in un Corso di
Chimica per la Scuola Secondaria di Secondo Grado*

INTRODUZIONE ALLA TEMATICA

Coordinatori: **Paola Ambrogi e Valentina Domenici**

E-mail: paola.ambrogi2206@gmail.com; valentina.domenici@unipi.it

La prima parte della giornata dedicata a questa tematica ha coinvolto attivamente i partecipanti della Scuola in una serie di attività strutturate in modalità cooperativa, utilizzando domande stimolo esplicite quali: "Perché insegnare chimica?" e "Quali argomenti di chimica insegnare?" (Figura 1).

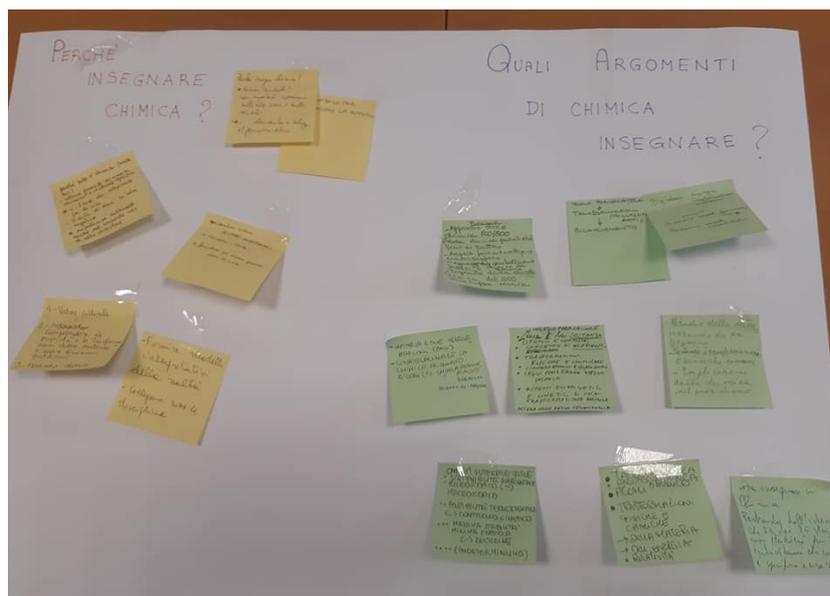


Figura 1. Fotografia dei materiali restituiti dall'attività cooperativa svolta con gli insegnanti

La condivisione e la discussione dei pareri emersi dai lavori in presenza è stata un utile arricchimento, una forte base per ancorare alcuni concetti presentati dalle coordinatrici del gruppo e dai quattro relatori della sessione, oltre ad aver offerto l'occasione ai partecipanti per conoscersi e rompere il ghiaccio (Figura 2).



Figura 2. Un momento del lavoro di gruppo con gli insegnanti

Le coordinatrici hanno sottolineato come la didattica di ogni disciplina, e quindi anche della Chimica, sia guidata dalle finalità del processo educativo e sono proprio queste che portano a scegliere i contenuti e i metodi che sono profondamente interconnessi (Figura 3). Lo Stato norma le finalità educative e queste condizionano sia i contenuti che le metodologie con cui verranno insegnati. In questo momento, più che su cosa un docente dovrebbe insegnare, il focus è su cosa lo studente dovrebbe dimostrare di saper fare con le sue conoscenze. Di solito nel proprio operato e nell'insegnamento si è inclini a riproporre le modalità di cui abbiamo esperienza (Soblizir, M., Ambrogi, P.; 2015). Le finalità educative sono cambiate e i docenti necessariamente devono tenersi al passo con i tempi. Inoltre, le fonti di educazione formale vengono sempre più affiancate da quelle informali (Domenici, V.; 2018) ed è utile accettare la sfida e farne un uso sinergico (Ambrogi, P.; 2018).

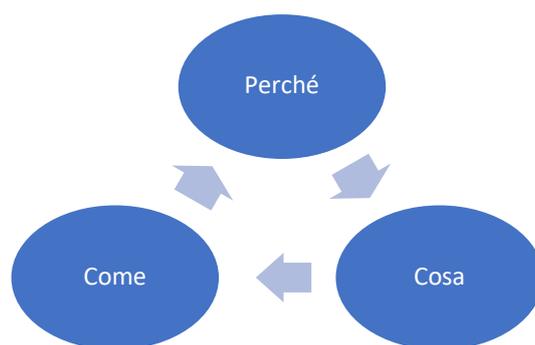


Figura 3. Insegnare Chimica nella Scuola Secondaria di secondo grado

Durante la seconda parte della giornata sono stati presentati alcuni contributi, di seguito riportati, che hanno affrontato possibili metodologie didattiche, tra le quali l'uso delle tecnologie dell'informatica e della comunicazione (TIC), hanno richiamato l'importante ruolo giocato dall'uso di modelli, dall'approccio storico, hanno sottolineato i nuclei fondanti della disciplina, la forza strategica della conoscenza pedagogica dei contenuti (PCK) e, non ultimo, hanno evidenziato alcune buone pratiche presenti a livello europeo.

Il cambio di paradigma vede il passaggio dall'uso di contesti opportuni, per motivare allo studio dei concetti fondanti della chimica, all'uso di argomenti di forte impatto sociale che necessitano di conoscenze di chimica per essere affrontati. Lo sviluppo sostenibile, tema dell'Agenda 2030, e i suoi 17 goal offrono moltissimi spunti di lavoro, come emerso dalla discussione finale.

Lo studio della chimica diventa, quindi, un mezzo necessario per orientarsi (Figura 4).

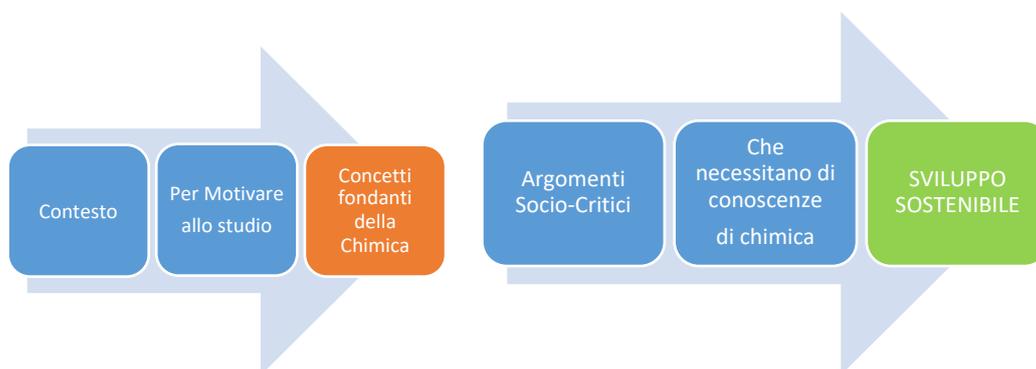


Figura 4. Cambio di paradigma nell'insegnamento della Chimica

Riferimenti

- Ambrogi, P. (2018). Formal and Informal Education: Italian experiences to promote content knowledge and ethics in the perspective of Sustainability. In Building Bridges Across Disciplines for Transformative Education and a Sustainable Future. I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Eds.), (pp. 129-140), Shaker, Aachen, Germany.
- Domenici, V. (2018). Lifelong learning e ambiti della didattica. In "Insegnare e apprendere chimica". Mondadori Università, Firenze.
- [EUChemS](https://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2018/09/2018_EuChemS_General_Assembly_EthicsChemistry_onlinecourse.pdf), online course: "Good Chemistry-Methodological, Ethical, and Social Dimensions" ECC7, General Assembly, Liverpool, august 26th 2018. https://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2018/09/2018_EuChemS_General_Assembly_EthicsChemistry_onlinecourse.pdf
- Phelps, A. & Lee, C. (2003). The Power of Practice: What Students Learn from what we Teach. Journal of Chemical Education, 829-832.
- Soblizer, M. & Ambrogi, P. (2015). Understanding and using Chemistry Curricula for Effective Teaching. In I. Maciejowska & B. Byers (Eds.) A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers, (pp.49-65), Jagellonian University, Krakow.

ALCUNE RIFLESSIONI PERSONALI

Angelo Natalucci

E-mail: angelonatalucci@gmail.com

Attualmente potremmo dire che esistono quattro tipologie di persone:

1. Giovani con meno di 19 anni ("**Nativi digitali**" o anche detti "*Generazione zero*")
2. "**Millennials**" (fascia d'età che varia dai 20 ai 30 anni; questa è la *generazione di transizione*)
3. "**Migranti digitali**" (età superiore ai 30 anni)
4. "**Ultra migranti digitali**" (età ancora superiore).

Iniziamo da questa classificazione di comodo perché serve per far capire che una delle "res-novae" e importanti di questa fase storica è l'evento di portata epocale che è appunto noto come *Quarta Rivoluzione Industriale* che comincia proprio con il nuovo secolo perché dagli anni '80 fino alla fine del secolo scorso c'era stata la *Terza Rivoluzione Industriale*: quella di "Internet" per intenderci, ed è solo con il nuovo secolo che si affermano le cosiddette "*Tecnologie Convergenti*" del gruppo N.B.I.C., un acronimo che vuol dire N = Nanotecnologie, B = Biotecnologie, I = Intelligenza artificiale, C = Scienze Cognitive (cioè le neuroscienze) per significare l'ingresso ormai non solo nell'attività produttiva, ma nell'intera società delle nuove tecnologie di comunicazione: cellulari, tablet etc., e questo sta veramente modificando il nostro contesto. Ci sono in tal senso varie implicazioni di questa novità (che citiamo soltanto) sul fronte ad esempio della Democrazia, sul fronte del giudizio etico da dare a circa l'uso dell'Intelligenza Artificiale e, più in particolare, del progetto *trans-umanista*: attenzione il progetto trans-umanista è più serio di quanto si crede ed è sbagliato sottovalutarlo perché gli altri stanno procedendo, es. gli americani della Silicon Valley, e fra non molto succederà qualcosa di serio. In particolare però parlando dei giovani c'è il tema delle "*mappe cognitive*" che in inglese è detto "*main set*", cioè è il modo in cui la nostra **mente** ragiona, in particolare il modo in cui soprattutto **osserviamo e guardiamo la realtà**; e allora qui il punto è esattamente il seguente: i "Nativi Digitali", cioè quelli che hanno meno di 19 anni (oggi è settembre 2019), sono diversi dagli altri, in mezzo ci sono i "Millennials" che evidentemente coprono quella fascia d'età che oggi va dai 20 ai 30 anni. In che senso sono diversi? (R) perché i Nativi Digitali hanno iniziato (Generazione Zero) dal momento in cui hanno acquisito l'uso della ragione a integrarsi appunto con il digitale: se diciamo Smartphone, High-Phone tutti capiscono. E questo sta ponendo dei problemi, quali? (R) Sono le mille difficoltà di dialogo tra le generazioni, e i genitori non riescono a capire i loro figli perché i genitori sono Migranti digitali, **non sono** ancora quelli della fase di Transizione la cui età va dai 20 ai 30 anni perché per noi "Migranti digitali" (poi ci sono gli Ultra migranti digitali) questi strumenti sono visti appunto come "**strumento**" ("dispositivo"), e comportano varie (almeno 5) implicazioni.

Vediamo solo la prima: **Identità digitale**

Così come prima si usava la macchina da scrivere, adesso usiamo il computer etc, ma per i nativi digitali questi **non** sono "strumenti" come lo sono per noi perché fanno parte della loro Identità e sappiamo che "l'Identità" è una cosa seria, per es. spesso leggiamo che viene seguita la strategia del divieto, quello di porre impedimenti, e questo è un errore gravissimo perché i "nativi digitali" si ribellano in cuor loro, a volte lo fanno anche espressamente perché capiscono che i loro genitori, o anche i loro insegnanti, **non** li comprendono perché per es. oggi i nativi digitali non leggono più i libri perché quello di cui hanno bisogno lo trovano nel display di questo, o quell'altro strumento (dispositivo), etc. Allora molti adulti

dicono: ecco tu non studi!! Ma non è vero che non studiano, usano uno strumento diverso da quello tradizionale, e questo è solo un esempio. Allora il punto è: stando così le cose è inutile usare una strategia educativa di tipo **coercitivo** perché otterrebbe l'effetto contrario, quello che occorre fare è invece **educare**, cioè i genitori, gli insegnanti etc. **devono** educare all'uso saggio delle **nuove tecnologie** e, quando questo avviene, i ragazzi nativi digitali lo apprezzano perché **non** vedono che c'è una opposizione tra la loro condizione di vita e quella degli adulti. Educare però **non è facile**, non vuol dire formare, ad esempio, all'uso dei dispositivi cellulari: sarebbe una battaglia persa in anticipo, loro sono molto più svelti, ma simulando, per esempio, il bisogno di aiuto per effettuare una ricerca, possiamo trasmettere loro alcuni principi di **metodo**, il metodo educativo che sperabilmente conserveranno nel corso del tempo. È inutile quindi **demonizzare** perché si va inevitabilmente in un conflitto generazionale e superando certe soglie i guai sono garantiti, **si alterano i rapporti!!**

Ci sarebbero poi almeno altre quattro implicazioni che non saranno trattate ma citate soltanto:

1. L'aspetto dell'**individualismo libertario**
2. La questione **lavoro**
3. L'aspetto **politico**
4. Il principio di **laicità**

Queste tipologie di giovani dimostrano che siamo di fronte ad una trasformazione epocale che ha ripercussioni in molti settori.

Riguardo alle metodologie didattiche è lecito considerare, alla luce delle precedenti considerazioni, che anche altri modelli possono eventualmente vicariare e/o supportare quello della didattica frontale, pur sempre valido, fornendo però nuovi ed interessanti contributi.

Indipendentemente dalla scelta delle metodologie adottate è stato verificato che, prima dell'inizio del primo anno di corso della scuola secondaria superiore di secondo grado, fosse prioritario far svolgere agli studenti anche un test d'ingresso per conoscere in particolare il livello base delle conoscenze scientifiche possedute.

Riguardo alle metodologie didattiche specifiche, verranno illustrate per esempio:

1. Quella della didattica per progetti
2. La (integrated) flipped learning

Riguardo al primo caso viene riferito in merito al progetto integrato "Hydran-eLearning (Energia e Ambiente)".

Questo progetto, svolto nell'ambito dell'iniziativa MUSIS, è stato rivolto a quattro classi di biennio e una di triennio dell'indirizzo FASE (fisica ambientale e sanitaria) dell'istituto superiore di secondo grado E. Fermi di Roma, in cui sono stati coinvolti 125 studenti e impegnati 12 docenti di Biennio/Triennio.

- Il progetto è stato svolto per tutta la durata dell'anno scolastico.
- È stato di natura inter-disciplinare.
- Ha riguardato lo studio del petrolio, la sismologia e le prospezione geofisiche, l'ambiente (altopiano del parco nazionale delle Murge (MT) (fauna/flora)), la storia delle indagini petrolifere in Italia, il cinema (il caso Mattei), l'archeologia della regione Basilicata dove è stata svolta la visita d'istruzione presso il centro oli (minerali) di estrazione di Viggiano nella Val D'Agri (MT), l'informatica, l'elettronica (con la costruzione di un radar in miniatura), la matematica (studio statistico della variazione dei prezzi del petrolio negli ultimi trent'anni in Italia).

- Gli studenti hanno imparato a organizzare i contenuti, oggetto di studio, per strutturarli in un ipertesto che hanno poi trasferito in un sito web e su CD realizzati da loro stessi, ed infine si sono resi disponibili per tenere lezioni on-line, dopo un breve periodo di formazione in aula virtuale. In tal modo hanno illustrato i contenuti del loro lavoro a studenti di altre scuole interessati all'argomento ipertestuale. In base a queste modalità di lavoro, gli allievi hanno acquisito contenuti curriculari, connessi ai temi oggetto di studio, e competenze informatiche. A questo riguardo i ragazzi nel corso dell'anno si sono organizzati in gruppo e hanno lavorato in aula tradizionale e/o virtuale secondo la metodologia del cooperative-learning (di Keys); hanno cercato e organizzato le documentazioni scientifiche (anche scritte in inglese) sui temi in studio per raggiungere le finalità del progetto.
- Relativamente alle **competenze informatiche** l'istituto aveva incaricato "scuola virtuale", proprietaria della piattaforma elettronica, di tenere corsi agli studenti parte in presenza e parte on-line. Pertanto, al termine del progetto, il gruppo di ragazzi, ha raggiunto competenze in grado di progettare, produrre ed erogare servizi formativi, costituendosi in una comunità/gruppo di formazione.

Riguardo al secondo punto, la metodologia "integrated flipped learning" per la quale sono stati realizzati due siti web per le classi del biennio, vengono evidenziati i seguenti aspetti.

1. Il docente non svolge più l'attività di **ripetitore**, ma assume quella di **facilitatore**
2. Gli studenti, oltre ai manuali in adozione, possono accedere al sito web appositamente predisposto, dove trovano scritti, audio, immagini fotografiche e video che ampliano (considerevolmente) la documentazione a loro disposizione. In tal modo il processo di insegnamento/apprendimento, le attività di verifica e di eventuale recupero possono essere resi più mirati secondo le necessità e tutto il sistema educativo ne acquista in efficacia ed efficienza
3. Viene offerta agli studenti ampia possibilità di utilizzare e lavorare con i dispositivi multimediali che prediligono
4. Gli studenti che sono in condizioni di disagio e/o con bisogni educativi speciali (B.E.S.), dimostrano buone possibilità di compensazione e riescono spesso anche a competere positivamente con i compagni normodotati raggiungendo un soddisfacente successo formativo
5. È stata registrata una sensibile riduzione dell'abbandono scolastico
6. Esiti incentivanti sono stati riscontrati anche riguardo alle attività di cooperative-learning, di tutoring, di peer-education e della integrazione con altre attività collaterali (visite, indagini ambientali etc.)

Riguardo alle attività di laboratorio è stato realizzato un percorso favorevole (valido matching) mediante:

1. L'uso di schede di laboratorio compilabili anche in formato digitale con la possibilità di allegare foto, video e audio delle esercitazioni sperimentali organizzate
2. L'uso di kit per analisi ambientali
3. Lo strumento delle schede sperimentali che ha contribuito favorevolmente anche alle verifiche formative e sommative i cui risultati, implementati con il registro elettronico, hanno permesso di osservare significativamente il rendimento temporale di ogni singolo studente

LA CONOSCENZA PEDAGOGICA DEL CONTENUTO DEI FUTURI INSEGNANTI DI CHIMICA: L'ESPERIENZA DI NAPOLI NELL'AMBITO DEL PERCORSO PF24CFU-2018

Italo Testa,^a Francesco Ruffo,^b Roberto Centore,^b Oreste Tarallo^b

a. Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" Università degli Studi di Napoli Federico II – Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo - Via Cinthia, 21 - 80126 – Napoli; b. Dipartimento di Scienze Chimiche - Università degli Studi di Napoli Federico II – Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo - Via Cinthia, 21 - 80126 – Napoli.

E-mail: oreste.tarallo@unina.it

1. Introduzione e quadro teorico

Negli ultimi dieci anni, sono state lanciate dall'Unione Europea e dai ministeri dell'istruzione di molti paesi europei politiche volte a promuovere l'interesse degli studenti nelle materie scientifiche e a sostenere l'insegnamento delle scienze a livello di scuola secondaria [1]. Un obiettivo rilevante in queste politiche è coinvolgere gli insegnanti in attività di sviluppo professionale volte a migliorare le loro conoscenze disciplinari / interdisciplinari e la loro capacità di coinvolgere / motivare gli studenti nell'apprendimento delle scienze. Tuttavia, il ruolo strategico degli insegnanti nei processi di apprendimento merita maggiore attenzione sia da parte dei responsabili politici che della comunità scientifica italiana. La letteratura in didattica delle scienze suggerisce che un modo efficace per migliorare l'insegnamento della chimica potrebbe essere quello di sviluppare una conoscenza professionale adeguata degli insegnanti, per trasformare la loro conoscenza disciplinare in un sapere più adatto all'insegnamento. Il costrutto teorico della Conoscenza pedagogica del contenuto (Pedagogical Content Knowledge, PCK) è stato introdotto da Shulman come una forma specifica di conoscenza professionale per l'insegnamento (Figura 1) [2, 3]



Figura 1. Modello della conoscenza professionale dell'insegnamento introdotto da Shulman [2, 3]

La PCK è definita da Shulman come quella "speciale amalgama" di contenuti e pedagogia che è propria degli insegnanti, ovvero la loro specialità professionale. Mentre la conoscenza della disciplina include essenzialmente la conoscenza della disciplina e delle sue strutture organizzative, conoscere una disciplina per insegnare richiede qualcosa in più della mera conoscenza dei suoi fatti e concetti. L'insegnante deve infatti comprenderne i principi, le strutture organizzative e le regole per stabilire ciò che è legittimo fare o dire di un argomento. In particolare, l'insegnante non deve solo capire perché un particolare argomento è centrale per una data disciplina, ma anche quale altro argomento può essere

considerato marginale [2, 3]. Un punto chiave della teoria di Shulman è che l'efficacia delle strategie degli insegnanti per insegnare un argomento dipende dalla conoscenza di come gli studenti imparano quell'argomento in contesti specifici, dalla conoscenza delle loro idee ingenuie e dalla conoscenza di strategie e metodi di insegnamento specifici del dominio disciplinare (in questo caso la chimica) come analogie, esempi, spiegazioni e dimostrazioni alternative.

Diversi autori hanno concettualizzato le sfaccettature del PCK in modo diverso, a seconda dei loro obiettivi e contesti educativi. Ad esempio, per quanto riguarda la didattica della matematica, Ball e colleghi [4] hanno proposto il modello mostrato in figura 2.

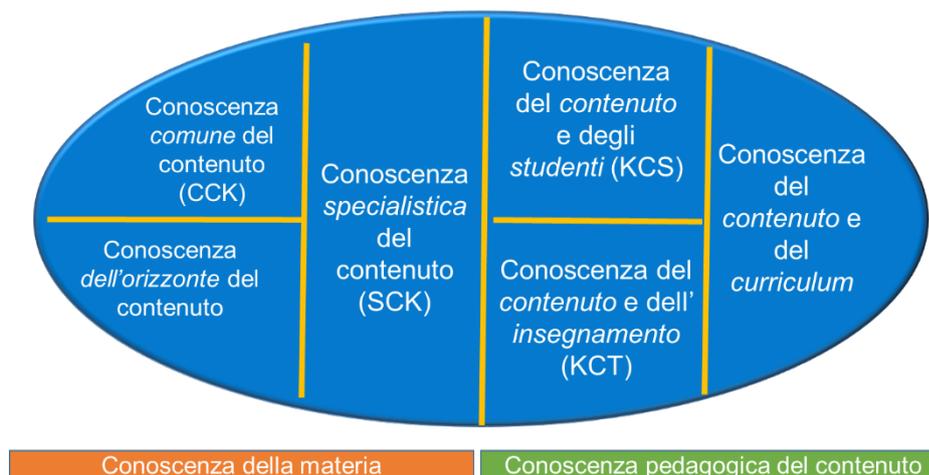


Figura 2. Aree della conoscenza pedagogica del contenuto [4]

La cosiddetta "conoscenza comune del contenuto" è costituita da conoscenze, abilità e competenze che anche altre persone posseggono, e quindi non è una conoscenza specifica per il lavoro dell'insegnante. La "conoscenza specialistica del contenuto" comprende conoscenze e abilità proprie dell'insegnamento: è una conoscenza non tipicamente necessaria per scopi diversi dall'insegnamento ed è peculiare di questo lavoro speciale, ponendosi quindi al confine tra conoscenza della disciplina e PCK. In questa categoria ricadono ad esempio i seguenti saperi:

- presentare i concetti della chimica rispondendo ai "perché" degli studenti;
- trovare esempi per chiarire punti specifici;
- valutare e adattare il contenuto dei libri di testo;
- modificare le attività in modo da renderle più facili o più difficili;
- valutare la plausibilità delle affermazioni degli studenti (spesso rapidamente);
- scegliere e sviluppare definizioni utilizzabili;
- usare notazioni e linguaggi specifici della materia.

La "conoscenza dell'orizzonte del contenuto" include la consapevolezza di come gli argomenti disciplinari siano correlati allo studio della disciplina nell'arco di tutto il curriculum. Ad esempio, gli insegnanti del primo ciclo potrebbero aver bisogno di sapere in che modo la chimica che insegnano è correlata alla chimica che gli studenti impareranno nel secondo ciclo, e così via.

La "conoscenza del contenuto e degli studenti" combina invece la conoscenza degli studenti e la conoscenza della disciplina. Secondo questo aspetto gli insegnanti devono saper anticipare ciò che gli studenti probabilmente pensano e ciò che troveranno confuso di un certo argomento. Inoltre, quando si sceglie un esempio, gli insegnanti dovrebbero prevedere ciò che gli studenti troveranno interessante e motivante, ascoltando e interpretando il pensiero, magari incompleto, degli studenti espresso nei modi in cui gli alunni usano il linguaggio. Ciascuna di queste attività richiede chiaramente un'interazione tra specifica comprensione disciplinare e familiarità con gli studenti e il loro modo di pensare. L'elemento centrale è quindi la conoscenza delle idee, misconcetti, preconcetti e concezioni alternative comuni degli studenti su particolari contenuti.

La "conoscenza del contenuto e dell'insegnamento" consiste nell'interazione tra la specifica comprensione disciplinare e la comprensione delle questioni pedagogiche che influenzano l'apprendimento degli studenti. In tal modo gli insegnanti possono progettare attività didattiche, scegliendo gli esempi da cui iniziare e quali utilizzare per approfondire i contenuti, valutando al contempo vantaggi e svantaggi didattici delle analogie, metafore e delle esemplificazioni utilizzate per insegnare un'idea specifica.

La "conoscenza del curriculum", infine, include la conoscenza di programmi progettati per l'insegnamento di particolari materie e argomenti ad un dato livello, della varietà di materiali didattici disponibili in relazione a tali programmi e dell'insieme di caratteristiche che servono sia da indicazioni che da controindicazioni per l'uso di particolari curriculum o materiali del programma in circostanze particolari. Tale aspetto si può dividere in:

- i) "conoscenza curricolare laterale", che collega la conoscenza del curriculum che viene insegnato al curriculum che gli studenti stanno imparando in altre classi o in altre aree tematiche;
- ii) "conoscenza curricolare verticale", che include la familiarità con gli argomenti e le questioni che sono stati e verranno insegnati nella stessa materia durante gli anni precedenti e successivi a scuola.

2. Il corso di Didattica della Chimica nel percorso PF24CFU

Il quadro teorico appena descritto ha costituito le fondamenta per la progettazione del corso di Didattica della Chimica nell'ambito del percorso PF24CFU nel 2018 che si è tenuto presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

I temi principali del corso sono stati:

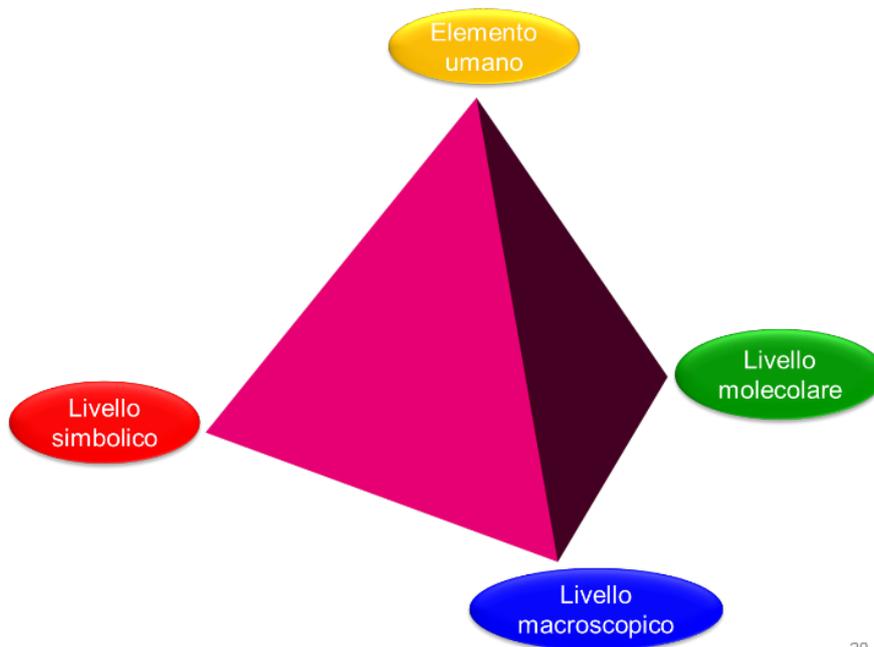
- utilizzo di contesti reali per parlare di chimica;
- didattica laboratoriale;
- consolidamento dei contenuti disciplinari in chimica;
- esempi di percorsi didattici innovativi sui seguenti temi: struttura atomica; reazioni chimiche; stati di aggregazione della materia; equilibrio chimico.

Dal punto di vista metodologico sono stati utilizzati il modello tetraedrico di Mahaffy [5, 6] per presentare gli argomenti disciplinari (Figura 3) e il ciclo dell'Inquiry-Based Learning per la realizzazione delle attività nella pratica scolastica.

La valutazione del corso è avvenuta attraverso un questionario con 15 quesiti a risposta multipla sulla conoscenza pedagogica del contenuto, suddiviso in 4 aree:

- A. conoscenza delle idee innate e misconcetti degli studenti;

- B. conoscenza di strategie didattiche innovative;
- C. conoscenza di contenuti specifici per l'insegnamento;
- D. conoscenza del contenuto.



20

Figura 3. Modello tetraedrico di Mahaffy [5, 6]

In Tabella 1, riportata in fondo, sono mostrati esempi per ogni area.

3. Risultati

Il questionario sulla PCK in chimica è stato sottoposto a 158 studenti.

In figura 4 riportiamo il punteggio medio per ogni area della conoscenza pedagogica del contenuto. Mediamente gli studenti hanno risposto correttamente alle domande in tutte le aree. Tale risultato è dovuto molto probabilmente al fatto che durante il corso sono state privilegiate in egual modo tutte le aree della PCK, in particolare quella relativa alla conoscenza di contenuti specifici per l'insegnamento (circa 90% di risposte corrette).

Si sono quindi confrontati i risultati ottenuti nel corso di chimica con quelli ottenuti nei corsi gemelli svolti in didattica della fisica (numero di studenti = 123), didattica della biologia (numero di studenti = 276) e didattica della geologia (numero di studenti = 175). I risultati sono anch'essi mostrati in figura 4.

Le differenze tra le aree disciplinari sono statisticamente significative per tutte le aree di PCK, tranne la conoscenza delle idee innate e misconcetti degli studenti ($F > 42.063$, $df = 728$, $p < 10^{-4}$, vedi figura 5). Tale risultato può essere dovuto al fatto che le domande somministrate al corso di fisica erano validate dalla letteratura e maggiormente discriminanti, mentre per le altre tre aree erano state sviluppate ad hoc per il questionario e quindi non ancora validate dal punto di vista psicometrico.

Si sta quindi pensando a validare le domande del questionario nelle aree di chimica, geologia e biologia in ambito nazionale in modo da selezionare le domande più efficaci nella misura della PCK.

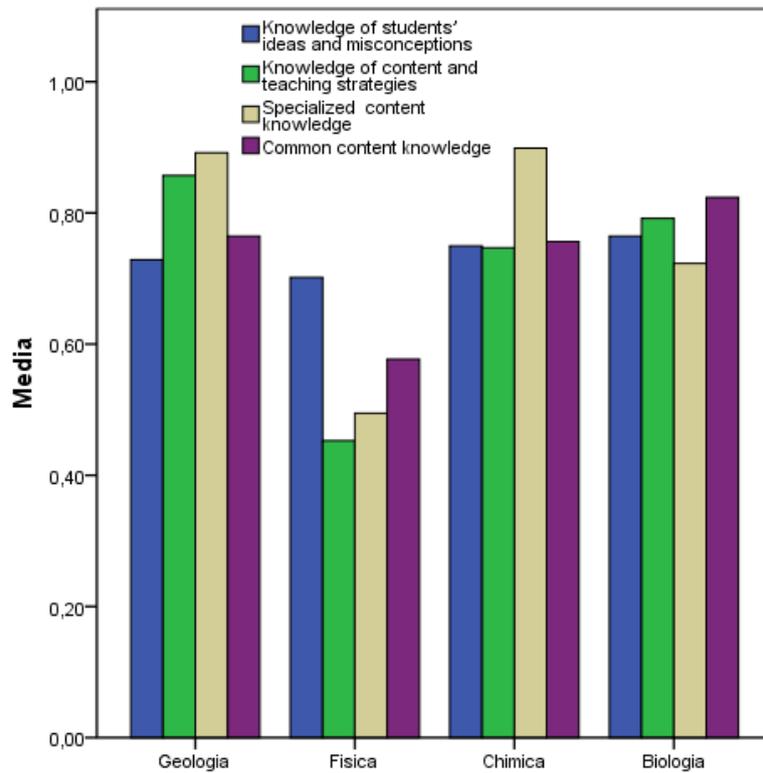


Figura 4. Distribuzione dei punteggi nelle aree della PCK per le 4 aree disciplinari indagate (geologia, fisica, chimica, biologia)

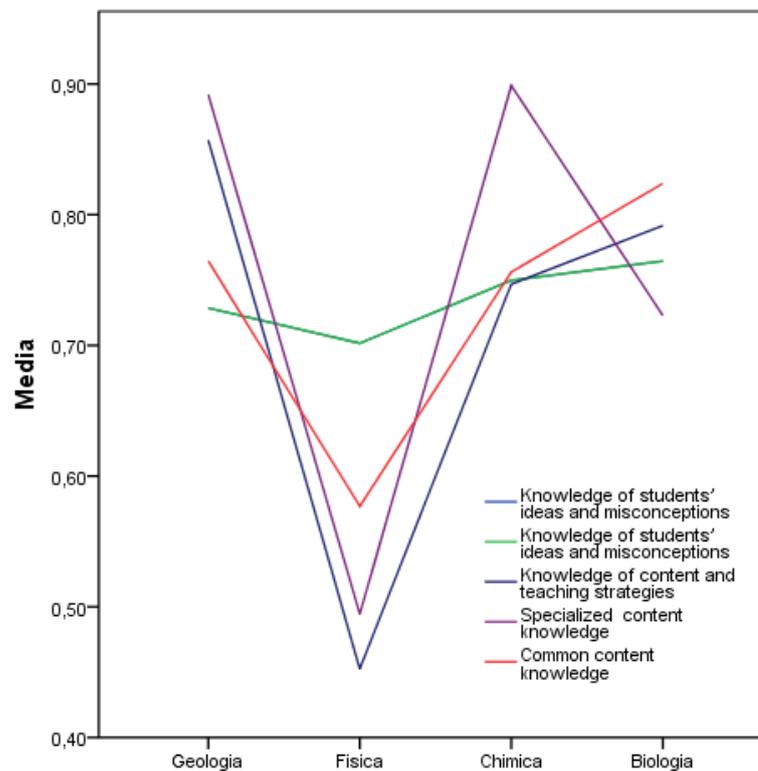


Figura 5. Confronto tra i punteggi medi nelle aree della PCK per le 4 aree disciplinari

4. Conclusioni

In questo studio si è utilizzato un approccio di ricerca che integra gli aspetti pedagogici con la conoscenza disciplinare per progettare un corso di didattica della chimica e allo stesso tempo uno strumento di valutazione delle conoscenze acquisite durante il corso stesso.

In particolare, si sono identificate e caratterizzate quattro possibili componenti della PCK degli insegnanti di chimica basandosi sulla letteratura in didattica delle scienze.

Lo sviluppo futuro di questo lavoro sarà il coinvolgimento di insegnanti di scuola esperti in ambienti di lavoro / ricerca collaborativi, che chiameremo "Communities of Learners" (CoLs), composto da ricercatori universitari interessati all'insegnamento partendo da diverse prospettive (chimica/fisica/matematica, pedagogia, psicologia, sociologia, informatica) e gli stessi insegnanti. Il lavoro delle CoL inizierà da una revisione del curriculum di chimica nelle scuole medie e superiori e dei modelli internazionali di formazione insegnante. Le CoL avranno anche il compito di revisionare il questionario utilizzato nel corso di didattica della chimica basandosi anche su osservazioni di attività didattiche in classe, interviste e focus group con gli insegnanti. Sarà così possibile la somministrazione del questionario a un campione più ampio di insegnanti che ci consentirà di ottenere risultati sulla natura, le caratteristiche e la dimensionalità della PCK in chimica. I risultati saranno utilizzati per progettare e testare nelle classi di insegnanti delle CoL una serie di sequenze di insegnamento / apprendimento relative ad aree specifiche del curriculum di chimica. I risultati delle sperimentazioni saranno quindi analizzati per trarre conclusioni sull'affidabilità del modello della PCK in chimica. La somministrazione del questionario ad un campione ancora più ampio di insegnanti pre ed in servizio consentirà di identificare possibili differenze tra le componenti della PCK in chimica.

Bibliografia

- [1] (a) Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*, Brussels: European Commission.
(b) Rapporto <http://www.eun.org/resources/detail?publicationID=1561>
- [2] Shulman, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Ed. Res.*, **1986**, 15, 2, 4-14.
- [3] Shulman, L. S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harv. Ed. Rev.*, **1987**, 57, 1-22.
- [4] Loewenberg Ball D., Hoover Thames M., Phelps G., Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *J. of Teach. Ed.*, **2008** 59, 389-407.
- [5] Mahaffy P. J. The Future Shape of Chemistry Education, *Chem. Ed. Res. Pract.*, **2004**, 5, 229-245.
- [6] Mahaffy P. J. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education, *Chem. Ed.*, **2006**, 83, 49-55.

Tabella 1. Esempi di quesiti a risposta multipla somministrati ai frequentanti il corso PF24CFU nel 2018 che si è tenuto presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Area	Domanda	Proposte alternative
A	Un tuo collega appassionato di storia ti racconta che lui introduce la chimica parlando dell'evoluzione storica, ad esempio illustrando la teoria del Flogisto. Tu non sei d'accordo in quanto potrebbe generare difficoltà nello studente. Ad esempio, seguendo un ragionamento storico, lo studente potrebbe erroneamente pensare che in seguito alla combustione di un pezzetto di magnesio, il peso del residuo:	<ul style="list-style-type: none"> i) aumenta ii) diminuisce iii) nessuna delle prime due risposte va bene
	Nel nuovo libro di testo leggi che acqua e sale formano una soluzione incolore. Decidi quindi da proporre semplici domande agli studenti su questo argomento ma molti hanno sbagliato nel descrivere le proprietà di tale soluzione. Quale tipico errore potrebbero aver commesso gli studenti nel descriverla?	<ul style="list-style-type: none"> i) la definiscono bianca ii) la definiscono trasparente iii) nessuna delle prime due risposte va bene
B	Volendo far comprendere in modo concettuale la reazione tra azoto molecolare e idrogeno molecolare per produrre ammoniaca, un tuo collega ti presenta le seguenti rappresentazioni. Quale, secondo te, è la più adatta?	
C	Nel proporre agli studenti l'aufbau degli atomi polielettronici, un tuo collega ti suggerisce che è conveniente tracciare alla lavagna il progressivo riempimento degli orbitali atomici, piuttosto che presentare il diagramma direttamente sul lucido. Dopo, tornato a casa, controlli su un libro di testo ed effettivamente trovi conferma che tale strategia può essere utile in quanto aiuta a rispettare:	<ul style="list-style-type: none"> i) il principio di Avogadro ii) la neutralità dell'atomo iii) la regola di Hund e il principio di esclusione
D	Sei appena arrivata in una nuova classe ed uno studente ti chiede di aiutarlo a capire perché il collega di fisica gli ha messo 4 ad una interrogazione. Ti fai mostrare l'esercizio che recita: Una certa quantità di gas ideale, subisce una trasformazione in cui raddoppiano il volume e la pressione mentre dimezza la quantità di gas. La temperatura finale è: A. 433 °C; B. 2071 °C; C. 160 °C; D. 20 °C; E. Non determinata. Lui ti dice che ha risposto C. Ti fai mostrare dallo studente il suo ragionamento e lui scrive queste equazioni: $T = \frac{P \cdot V}{n \cdot R} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{P_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot R}}{\frac{P_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot R}} = \frac{\frac{2P_1 \cdot 2V_1}{\frac{n_1}{2}}}{\frac{P_1 \cdot V_1}{n_1}} = 8$ Con $T_1 = 20 \text{ °C}$; $T_2 = 8 \times T_1 = 160 \text{ °C}$. Cosa rispondi allo studente?	<ul style="list-style-type: none"> i) che ha fatto bene l'esercizio e deve andare dal collega di fisica a farsi cambiare il voto ii) che ha fatto solo qualche errore di calcolo e deve andare dal collega di fisica a farsi cambiare il voto iii) che ha ragione il collega di fisica perché la risposta è la E perché non sai il numero esatto di moli iv) che ha ragione il collega di fisica perché la risposta è la B in quanto nella legge di stato dei gas perfetti la temperatura deve essere espressa in Kelvin

METODI E CONTENUTI PER UN CORSO DI CHIMICA NEL PRIMO BIENNIO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI SECONDO GRADO

Antonio Testoni

E-mail: ajteston@tin.it

Prima di formulare proposte in ambito metodologico e contenutistico, è opportuno chiarire ed esplicitare quale è l'idea di educazione scientifica a cui ci ispiriamo. Definire qual'è l'orizzonte e la direzione verso cui procedere non è una questione secondaria, soprattutto quando si affronta una problematica vasta e complessa com'è quella relativa a contenuti e metodologie. Una visione che, comunque, non può non tener nella dovuta considerazione i cambiamenti che sono intervenuti a livello normativo. Vent'anni fa, ad esempio, sarebbe stato più semplice affrontare questo tema, perché i contenuti erano stabiliti per legge: avevamo il cosiddetto "programma". Poi dal 2000, con l'entrata in vigore del "Regolamento recante norme in materia di autonomia delle istituzioni scolastiche",¹ le cose sono cambiate. Si è passati dalla scuola del programma a quella del curriculum e delle competenze, tant'è che quello che prima era prescrittivo ora non lo è più. Ciò che è diventato vincolante sono innanzitutto le competenze: competenze riferite a quattro assi culturali e competenze chiave di cittadinanza, entrambe volte alla formazione culturale del "cittadino". È indubbio che, nel tempo, l'attenzione si è sempre più spostata verso gli aspetti culturali e formativi delle discipline e si è abbandonata la logica enciclopedica del "programma". Questo ci pone di fronte, oggi più di ieri, ad un problema di non poco conto, che riguarda l'insegnamento scientifico: *come può la conoscenza scientifica diventare cultura per tutti? Come può la scienza contribuire, insieme alla cultura umanistica, alla formazione di tutti i cittadini?*

Proprio per questo, riteniamo che l'idea di educazione scientifica a cui ci si deve ispirare sia quella di un processo di costruzione di conoscenza che, partendo da modi ingenui di guardare gli eventi naturali caratteristici della conoscenza comune, porti gli allievi, gradualmente e sempre più consapevolmente, ad appropriarsi di nuovi modi di leggere il mondo oltre le apparenze, propri della conoscenza scientifica. Tale costruzione, per avere uno spessore culturale ed essere formativa, deve consentire il raggiungimento esplicito di una visione della scienza come una delle tante forme di conoscenza elaborate dalla specie umana nel corso della sua storia, caratterizzata da finalità e metodi specifici di descrizione/interpretazione della realtà.

Ragion per cui, nell'insegnamento di una disciplina scientifica, come la chimica, vanno considerate non solo le conoscenze/competenze disciplinari specifiche, ma anche la conoscenza delle strategie utilizzate per la costruzione del sapere: il "sapere come", cioè la conoscenza metodologica, dove l'essenza del metodo è il "metodico", cioè lo scrupolo costante per la razionalità e la verità. Quindi ciò che più importa non è tanto trattare le teorie più recenti, ma bensì quelle che sono più comprensibili, più adatte allo sviluppo cognitivo del ragazzo, quelle che sono realmente in grado di incrementare la capacità di interpretazione dei fenomeni senza che queste, peraltro, vengano poi considerate verità immutabili. Non tutto e subito, ma gradualità e lentezza, una lentezza necessaria per pensare, ragionare, capire. Diversamente vengono meno le condizioni indispensabili non solo per sviluppare competenze (che richiedono tempo!), ma anche una vera e propria cultura scientifica, cioè una cultura che richiede la capacità di un ragionamento logico- astratto. In questo senso, non va dimenticato che il problema principale dell'insegnamento scientifico è l'accesso ai significati dei concetti scientifici disciplinari. *"Senza il conferimento*

1 DPR n. 275 del 8 marzo 1999

di un significato non ci può essere linguaggio, né mito, né arte – e non ci può essere cultura... I significati permeano le nostre percezioni e i nostri processi di pensiero in un modo che non esiste in nessun'altra parte del regno animale... Benché i significati siano nella mente, hanno origine e rilevanza nella cultura in cui sono stati creati. È questa collocazione culturale dei significati che ne garantisce, in ultima analisi, la comunicabilità... Per capire bene il 'significato' di qualcosa è indispensabile la consapevolezza dei diversi significati che possono essere attribuiti alla cosa stessa, indipendentemente dal fatto che si concordi o meno con essi...".² Di conseguenza, "fare significato" comporta situare gli "incontri con il mondo" nel loro contesto culturale appropriato, cioè in un insieme strutturato di conoscenze, al fine di sapere "di che cosa si tratta in definitiva". Il significato di un concetto è relativo, non assoluto, in quanto dipende dall'insieme di tutti i suoi collegamenti con concetti già noti. Un primo passo in questa direzione, cioè verso una conoscenza di significati, consiste nel tenere nella dovuta considerazione le matrici culturali delle singole discipline e, conseguentemente, la loro storia. Pertanto, non possiamo decontestualizzare il sapere, dividerlo dalla sua origine e dalla rete di problematiche che l'hanno generato. È la contestualizzazione storica che dà vita a leggi, teorie e modelli, perché permettere di comprendere quelle relazioni concettuali che ne determinano il significato. Dare un'immagine della scienza come un fatto essenzialmente storico in cui la verità di ieri diventa l'errore di oggi e in cui la verità di oggi sarà verosimilmente l'errore di domani, mostrare che la scienza è frutto di tentativi ed errori, di congetture e di confutazioni e che progredisce proprio perché apprende dai propri errori è fondamentale non solo dal punto di vista culturale e formativo, ma anche sul piano cognitivo motivazionale. Le teorie sono sempre risposte a problemi, sono formulate in funzione dei problemi e dunque prima i problemi, prima le domande poi le teorie e le domande della scienza nascono dal flusso della storia della scienza. Tale visione, per essere pienamente e consapevolmente costruita, richiede tempi lunghi e un'accurata selezione e organizzazione dei contenuti. Contenuti che devono essere significativi da due punti di vista; devono essere fondamentali in relazione alla cultura, alle discipline e, nello stesso tempo, adeguati alle strutture motivazionali e cognitive dello studente. Nella scuola secondaria di secondo grado, seppure con gradualità, si passa da un approccio fenomenologico/operativo – caratteristico della scuola di base – ad un'impostazione più teorica, che tenga conto del fatto che le metodologie prevalenti dello sviluppo scientifico sono di tipo ipotetico-deduttivo; di conseguenza, quando si ha che fare con le grandi teorie scientifiche, dalla rivoluzione galileiana in poi, la contestualizzazione storica diventa, a maggior ragione, una scelta metodologica fondamentale. Per ciò che riguarda i contenuti si focalizzerà il lavoro sulle leggi classiche della chimica macroscopica, e sull'atomismo chimico ottocentesco. Innanzitutto, perché queste costituiscono conoscenze fondamentali della chimica, poi perché permettono un passaggio graduale (che permette di comprendere il significato dei concetti) dalle concezioni di senso comune agli aspetti più formalizzati della chimica. Inoltre, dobbiamo tener anche presente che c'è molta chimica prima della teoria atomica. Una chimica fenomenologica, ma, al tempo stesso, ricca di concetti e generalizzazioni. La capacità di dare spiegazioni dei fenomeni non è certo nata con le modellizzazioni microscopiche, anche se è indubbio che tali teorie hanno enormemente accresciuto il nostro potere conoscitivo. È pure importante, in sede didattica, non sottovalutare la profonda frattura epistemologica e psicologica esistente fra il livello macroscopico, fenomenico e concreto dove è possibile la pratica scientifica, e quello microscopico/submicroscopico, astratto, puro oggetto di pensiero, sede delle teorie più significative della struttura disciplinare della chimica. A tal

2 J. Bruner, *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, 1997, pp. 127, 79

riguardo, riteniamo che l'atomismo daltoniano sia un modello che per semplicità e potere esplicativo è unico e insostituibile.³

D'altro canto, dal punto di vista dell'insegnamento/apprendimento, questa chimica (la chimica dei Lavoisier, dei Proust, dei Dalton...) viene, molto spesso, considerata marginale (viene trattata in modo sbrigativo e superficiale) e, purtroppo, non viene colta la ricchezza e la fecondità che essa offre. Gli esempi che si possono fare sono tanti e mi limito ad una citazione. Una citazione che è d'obbligo e riguarda la chimica di Lavoisier, che è la chimica dell'aria, dell'acqua, della gerarchia compositiva, del concetto di elemento/composto, della teoria degli acidi, della riforma della nomenclatura ... mi riferisco, in sostanza, alla chimica del "Traité élémentaire de chimie", che è tutt'altra cosa rispetto a quanto viene solitamente riportato nei libri di testo che si limitano ad una scarna ed arida enunciazione della legge di conservazione della massa, che è, senza alcun dubbio, una legge fondamentale della chimica, ma priva di significato se è avulsa da quel contesto teorico e sperimentale che ha permesso la sua enucleazione e le ha dato vita. Viene completamente ignorato il fatto che la legge di conservazione della massa costituì, innanzitutto, una "rivoluzione di metodo" e non un semplice risultato di esperimenti precisi. La chimica diventò scienza quando, in un contesto problematico specifico, Lavoisier fu in grado di individuare alcuni principi fondamentali, tra i quali quello che afferma che nelle trasformazioni chimiche tutto cambia tranne la massa totale. Con la teoria chimica di Lavoisier, la massa delle sostanze, che in precedenza era stata considerata una variabile irrilevante nella comprensione dei fenomeni chimici, diventa la grandezza fondamentale della chimica e la bilancia lo strumento principale. Anche per la chimica, come era già avvenuto nel secolo precedente per la fisica, il superamento della fase prescientifica si realizzò con l'individuazione di concetti quantitativi ed in particolare di un principio quantitativo, il principio di conservazione della massa. Anche per la chimica, pur nella sua specificità, la matematizzazione costituì il passaggio decisivo. Questo aspetto relativo alla matematizzazione della natura permette anche di chiarire ed arricchire di significato il concetto di "misura". È con la misura, che poniamo in relazione (biunivoca) il mondo degli oggetti reali e il mondo degli "oggetti immaginari" della matematica, e questa è la prima fondamentale astrazione del ragionamento scientifico. Astrazione che è necessaria proprio per poter usare lo strumento matematico, senza il quale non sarebbe possibile alcuna articolazione, alcun linguaggio, alcuna legge scientifica.

Sviluppare questi ragionamenti dal punto di vista didattico implica, innanzitutto, che si debba prestare particolare attenzione non tanto all'ampiezza, ma alla profondità dei contenuti. L'alternativa non è tra insegnare poco o molto, ma tra insegnare tante nozioni superficiali e insignificanti, seguendo la logica enciclopedica del programma, oppure una quantità di conoscenze compatibili con il tempo che si ha disposizione, che consentano uno scandaglio in profondità, tale da renderle significative.

3 Il mito dell'insegnamento contenutisticamente aggiornato porta, invece, a ritenere che le spiegazioni valide siano sempre quelle "ultime", riconducibili alle teorie microscopiche elaborate nel Novecento, e a sottovalutare che la comprensione di tali teorie richiede solide basi anche in fisica e in matematica, al di fuori della portata di uno studente del primo biennio.

SCIENTIX: BUONE PRATICHE DALL'EUROPA PER LA DIDATTICA DELLA CHIMICA

Maria Zambrotta

IIS Santorre di Santarosa di Torino & Scientix Ambassador

E-mail: maria.zambrotta@santorre.it

Scientix è la comunità per l'educazione scientifica in Europa, ed è stata creata per facilitare la regolare diffusione e condivisione del know-how e delle migliori pratiche nell'insegnamento delle scienze. La comunità è visibile su facebook come Science Teachers in Europe e sui canali social di Twitter e Instagram.

Il progetto è nato originariamente come iniziativa della Commissione Europea e, sin dall'inizio, è coordinato da European Schoolnet, un consorzio con base a Bruxelles di trenta ministeri dell'istruzione. Scientix è aperto a insegnanti, ricercatori, responsabili politici, genitori e chiunque altro sia interessato all'educazione scientifica, ed è un motore trainante per l'innovazione nell'insegnamento e apprendimento e che promuove la collaborazione di scuole e insegnanti a livello pan-europeo. Nella sua prima fase (2009-2012), la direzione del progetto ha creato un portale online per raccogliere e presentare progetti europei di educazione STEM (Science, Technology, Engineering and Maths) e i loro risultati ed ha organizzato numerosi workshop per insegnanti. Il principale evento di networking è stato il convegno internazionale svoltosi a maggio 2011 a Bruxelles. L'obiettivo della seconda fase del progetto (2013 - 2015) è stato quello di ampliare questa comunità. Tramite una rete di Punti nazionali di Contatto (per l'Italia è INDIRE), Scientix ha raggiunto le comunità nazionali di insegnanti e contribuito ad una più ampia adozione di approcci innovativi nell'insegnamento delle scienze. Questa attività è continuata nella terza fase di Scientix (2016-2019), grazie ad un finanziamento dal programma Horizon 2020 dell'Unione europea per la ricerca e l'innovazione ed il coinvolgimento di docenti che, dopo adeguata formazione, sono diventati Scientix Ambassador nel proprio Paese.

IL PORTALE

Il portale Scientix è raggiungibile al link: <http://www.scientix.eu/home>.

L'accesso al portale è libero e anche la consultazione delle risorse lo è, solo la partecipazione agli eventi formativi richiede la registrazione (sempre gratuita). Esso raccoglie materiale didattico e rapporti di ricerca di progetti europei di educazione scientifica finanziati dall'Unione Europea nell'ambito del 6 e 7 Programmi Quadro di ricerca e sviluppo tecnologico (direzione generale Ricerca) e nell'ambito del programma di apprendimento permanente (Direzione generale Istruzione e cultura).

Il portale consta di diverse sezioni:

- **Scientix Live** – dove sono presenti informazioni su Workshop, Webinar e Moodle.
- **Community** – in cui sono riportati eventi di networking per progetti di educazione scientifica,
- **Forum** – Comunità per la diffusione di buone pratiche in campo scientifico, Chat e Blog in cui i diversi docenti possono tenersi in contatto.
- **Notizie** – sezione in cui vengono pubblicate informazioni su tutti i progetti in partenza e che richiedono il coinvolgimento dei docenti, su concorsi aperti agli studenti ed eventi formativi.
- **Progetti** – banca dati in cui sono archiviati i materiali prodotti in più di 200 progetti sviluppati negli ultimi anni a livello nazionale ed internazionale su tematiche attinenti le discipline scientifiche, matematica e tecnologia.

- **Risorse** – partizione in cui è possibile reperire materiali didattici (oltre 2500), relazioni (oltre 750), lezioni derivanti da corsi di formazione (63).

Sulla home sono presenti i link per l'accesso ai Webinar, Corsi Moodle e blog.

Il portale può essere usato per reperire progetti su tematiche di interesse, per reperire unità di apprendimento o conoscere colleghi con cui confrontarsi ed avviare attività comuni. Le risorse sono presenti in Inglese o in altre lingue comunitarie ma possono essere tradotte nelle lingue di interesse facendone richiesta.

Scientix può anche essere utilizzato per la disseminazione di attività di interesse: è possibile infatti richiedere che un progetto di rilevanza scientifica, in via di svolgimento o già terminato, venga inserito al suo interno e con esso le unità didattiche prodotte, oppure è possibile semplicemente segnalare eventi locali o nazionali di particolare interesse.

Link CHI SIAMO

Si possono consultare i Punti nazionali di Contatto (PNC) che per Italia è INDIRE e le mail di tutti i docenti che sono stati nominati come Scientix Ambassador e che possono essere consultati per esigenze specifiche e per presentazioni.

Diversi sono i progetti europei attualmente presenti sul portale che stanno coinvolgendo insegnanti:

- StemAlliance: connessioni tra scuola ed azienda per una didattica delle stem
- BLOOM: introduzione alle tematiche della bioeconomy
- Europea: uso delle fonti iconografiche per l'insegnamento delle Stem. Alcune unità di apprendimento
- OpenSchoolsOpenSocieties: una scuola aperta al territorio.

OSSERVATORIO

Tra le varie attività avviate dal progetto, è stato allestito l'osservatorio Scientix che fornisce regolarmente i risultati di indagini condotte su diverse tematiche importanti per l'educazione scientifica. Di particolare interesse sono i risultati dell'ultimo sondaggio, effettuato da Scientix nel 2018 (1), relativo alle pratiche educative STEM (Science, Technology, Engineer and Maths) in Europa, basato sull'analisi di 3.780 risposte (che rappresentano oltre 4.500 classi) pervenute da educatori di 38 paesi europei. Scopo del lavoro è fornire una prospettiva di base, a livello europeo, su come gli insegnanti STEM organizzano il loro insegnamento in termini di risorse e approcci pedagogici, sullo stato attuale dello sviluppo professionale degli insegnanti e sulle loro opinioni e attitudini.

Sono emerse informazioni interessanti su diversi punti.

Approcci pedagogici

L'approccio tradizionale di tipo trasmissivo rimane quello più elevato ed il suo utilizzo aumenta leggermente nelle classi che prevedono più di tre ore a settimana, (seppur sia disponibile più tempo in classe, questo non viene utilizzato per proporre approcci più innovativi).

Utilizzo di risorse e materiali

Gli insegnanti di scienza e tecnologia indicano un insufficiente accesso a laboratori sperimentali, il che fornisce l'indicazione di ridotte opportunità, per gli studenti, di svolgere attività pratiche come parte del loro apprendimento. Ad eccezione delle materie TIC, essi segnalano, inoltre, un ampio uso di materiali cartacei, insieme, principalmente, ai sussidi multimediali di presentazione (presentazioni di diapositive e materiale audio o video); un risultato in linea con l'elevato utilizzo di un approccio laboratoriale in cui le attività sono guidate dall'insegnante mediante istruzioni operative e molto poco Inquiry Based.

Sviluppo professionale e formazione per gli insegnanti STEM

La maggior parte degli insegnanti STEM intervistati ha dichiarato di non aver svolto alcuna formazione professionale, né in campo TIC, né relativa ad un approccio innovativo delle discipline STEM. Dichiarano inoltre che quando effettuano la formazione, essi tendono ad aggiornare le proprie conoscenze online e durante il tempo libero. In termini di gruppi di supporto, la maggior parte fa affidamento sui colleghi della stessa disciplina per l'incremento delle conoscenze, anche se il 38% degli insegnanti STEM dichiara che ha ricevuto un supporto scarso o nullo.

Esperienza ed innovazione nella didattica delle STEM

Gli insegnanti con più esperienza, sono più disposti ad integrare nelle loro attività, un approccio pedagogico costruttivista e limitare l'uso della lezione frontale. Con l'avvicinarsi degli esami nazionali di fine anno dell'istruzione secondaria, aumentano le ore dedicate all'insegnamento tradizionale a scapito delle attività di Inquiry Based Learning.

Attitudini degli insegnanti ed influenza dell'ambiente

Tre degli insegnanti intervistati su quattro condividono un giudizio positivo verso un insegnamento condiviso con i colleghi ed il capo di istituto e sono disposti a collaborare con partner esterni per migliorare l'insegnamento e l'apprendimento.

ESEMPIO DI RISORSE

Nella banca dati di Scientix, è possibile reperire diverse unità didattiche sull'insegnamento della chimica, da una semplice indagine risultano circa 300 materiali didattici. Non è possibile riportarli tutti ma a titolo di esempio sono stati scelti alcuni.

Una fonte interessante sono le 36 lezioni di Scientix che sono state sviluppate durante il MOOC "**Le STEM sono ovunque**", il primo corso online finanziato e condotto esclusivamente da Scientix e ospitato sul sito di EUN Academy. L'obiettivo del corso è stato collegare le lezioni STEM (scienze, tecnologia, ingegneria e matematica) alla vita reale e aiutare gli insegnanti a integrare problemi reali nelle loro lezioni e pratiche STEM. (in allegato una lezione dal titolo A NATURAL PHARMACY AROUND US) (2)

Dal progetto **Establish** (<http://www.establish-fp7.eu/>) viene allegata l'unità didattica "Cosmetici" (3), ma nello stesso documento sono riportate diverse esperienze che coinvolgono diversi aspetti della chimica con un approccio integrato.

Un altro interessante contributo è fornito dal progetto: **Chemistry is all around us** con diverse unità didattiche divise per macro-argomenti.

Il progetto **TEMI** (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated) è stato finanziato dall'UE ed ha riunito esperti di formazione di tutta Europa per aiutare i docenti a introdurre con successo nelle classi l'apprendimento basato sull'indagine e migliorare il coinvolgimento e le competenze degli studenti. La metodologia TEMI integra quattro innovazioni chiave: in primo luogo, l'uso di misteri per catturare l'immaginazione degli studenti e per motivarli; in secondo luogo il ciclo delle 5E per aiutare gli alunni a esplorare e a valutare il proprio apprendimento; in terzo luogo, l'incremento delle competenze di presentazione per fare sentire gli insegnanti a proprio agio nel presentare i misteri in classe e infine un metodo per trasferire la responsabilità dell'apprendimento in modo graduale dall'insegnante allo studente, capovolgendo il tradizionale canale didattico (5).

Anche le unità didattiche del progetto **SAILS** (6) sono state sviluppate con l'obiettivo di supportare gli insegnanti nell'adozione di un approccio basato sull'indagine (IBSE) a livello di scuola secondaria (studenti nella fascia di età 12-18). Il consorzio SAILS era formato da oltre 60 partner in rappresentanza di 13 organizzazioni, comprendenti università, piccole medie imprese e multinazionali.

Bibliografia

- 1 Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N. & Mihai, G. (2018) Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Practices in Europe. Scientix Observatory report, December 2018, European Schoolnet, Brussels
- 2 <http://www.scientix.eu/resources/details?resourceId=24475>
- 3 <http://www.establish-fp7.eu/sites/default/files/general/Chemistry.pdf>
- 4 <https://chemistry.pixel-online.org/>
- 5 http://teachingmysteries.eu/wp-content/themes/temi/pdf/TEML_BookOfScienceMysteries.pdf
- 6 Sails http://files.eun.org/scientix/resources/SAILS-unit_Proof-of-the-pudding-cc.pdf

Allegato 1: Unità di apprendimento *Cosmetici* dal progetto ESTABLISH

Nuclei della metodologia IBSE:

- pianificare un'indagine, discutere le procedure, cercare informazioni pertinenti
- sviluppare capacità di argomentazione e/o prendere decisioni giustificate, oltre all'acquisizione della scienza concettuale,
- progettare il prodotto e sviluppare test per prendere una decisione sull'accessibilità del prodotto,
- discutere con i compagni

Contenuti pedagogici dell'unità

La parte più difficile per gli studenti sarà probabilmente la comprensione della relazione tra la struttura della materia e le proprietà della materia: cosa rende una molecola idrofobica o idrofila; come scegliere il giusto solvente per una particolare sostanza, ecc.

Il compito dell'insegnante sarà quello di far comprendere che c'è una scienza abbastanza sofisticata dietro i cosmetici, la conoscenza della scienza può contribuire alla produzione di prodotti migliori, esiste una importante industria cosmetica.

Obiettivi/competenze generali:

Aver appreso i concetti di sostanze idrofobe ed idrofile, legame chimico, sostanze polari e non polari, principi di solubilità, emulsione, emulsionante, grassi, struttura e funzioni della pelle.

Essere inoltre in grado di:

- Comprendere i principi generali che stanno alla base degli ingredienti del cosmetico (emulsione) creme; in base alla sua conoscenza scientifica essere in grado di spiegare quale ruolo giocano gli ingredienti nella crema e spiegare il loro effetto sulla pelle.
- Proporre idee sul perché dovremmo creare prodotti cosmetici da soli e quali sono i pro e i contro relativi.
- Ricercare informazioni pertinenti da Internet e dalle risorse della biblioteca.
- Analizzare criticamente gli ingredienti dei prodotti cosmetici e prendere decisioni sulla loro qualità.
- Preparare una crema emulsione da ingredienti semplici per conto tuo
- Lavorare come una squadra nella ricerca di informazioni, analisi, pianificazione
- Utilizzare la terminologia corretta relativa all'argomento sia per via orale che scritta
- Essere consapevole delle carriere relative all'industria dei cosmetici

Portale di SCIENTIX



SCIENTIX LESSON PLAN

Title

A NATURAL PHARMACY AROUND US

Author(s)

Roberto Figueroa Suárez

Licenses



Attribution CC BY. This license lets others distribute, remix, tweak, and build upon your work, even commercially, as long as they credit you for the original creation. This is the most accommodating licenses offered. Recommended for maximum dissemination and use of licensed materials.

Subject

Biology, Chemistry, Technology

Aim of the lesson

During the lesson, students will be able to:

- ✓ Identify the most common plants in their environment.
- ✓ Use new technologies and scientific methods to solve real situations.
- ✓ Relate the use of medicines found in nature with the need to preserve the environment, and in particular plants.
- ✓ Value the contribution of plants to their health.

Age of students

13-16 years old.

Time

Preparation time:

Teacher: 3 hours; Students: 2 hours.

Teaching time: ½ hour of explanation of objectives and tools; 3-4 hours.

Teaching material

Online:

- <https://identify.plantnet-project.org/> (app)
- <http://ww2.bgbm.org>
- <https://eunis.eea.europa.eu/species-names.jsp>
- <http://www.anthos.es/>
- <https://www.google.com/maps/d/u/0/> or Google Earth
- online exchange platform



The work presented in this document has received funding from the European Union's H2020 research and innovation programme – project Scientix 3 (Grant agreement N. 730009), coordinated by European Schoolnet (EUN). The content of the MOOC is the sole responsibility of the organiser and it does not represent the opinion of the European Commission (EC), and the EC is not responsible for any use that might be made of information contained.

Offline:

- Plant field guides, Binocular loupes, Paper and pens, Wood presses, Diary paper, Tweezers
- Laptops, Mobile phones (students)

21st century skills

- science literacy
- use of technology
- collaboration
- environmental education
- communication

Lesson Plan

Name of activity	Procedure	Time
Collection of plants	Students will collect specimens of common plants around the areas where they live or study and will take pictures of the plants and their habitat with their mobile phones. Each photo must be referenced by a location application (Google Maps) with the mobile phone. They exchange their photos in the work group through an online platform and comment.	2 h
Identification and pressing	Students are split into 4 or 5 groups. Then, they identify the plants they have brought using the field guides, the reference websites (see the online teaching materials above) and the app. Next, they press the plants using the presses and newspaper to dry them. Finally, they make a herbarium.	1 h
Research and information search	Each group seeks information about their plants using laptops. The information is collected in a file, which includes the name of the plant in different languages, habitat, abundance and its medicinal properties (active principle, use, traditional use, part of the plant, etc.). They also have to relate the plant to a medicine or traditional use of the plant. With this information, a presentation is prepared using any computer tool (offline or online).	1 h
Presentation of the results	Each group presents its results to the rest of the class and the information is collected in a report that is uploaded on social networks.	1 h
Evaluation	Evaluation and self-evaluation through rubric.	0,5 h

Assessment

The rubric for the students includes the following categories:

- Collection of plants compatible with the preservation of the environment.
- Sharing of information in the group's forum.
- Correct identification at the genus level of the plants using information sources.

- Correct use of classroom-workshop material.
- Elaboration of the herbarium.
- Correct interpretation of the medicinal use of the collected plants.
- Writing the report.
- Use of technologies appropriate to the objective.
- Teamwork.

The levels of the rubric (columns) are the following from 0 to 3: unsatisfactory; partially satisfactory; satisfactory; excellent

Student feedback

Students can interact with the teacher and other classmates in the following aspects and forms:

- Online forum for the exchange of ideas during the realization of activities (the educational platform of the school).
- Proposed alternatives during the realization of the practice to improve the content of the lesson.
- Final evaluation of the activity with the use of the rubric for the improvement of the teaching-learning process.

About Scientix

Scientix promotes and supports a Europe-wide collaboration among STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) teachers, education researchers, policymakers and other STEM education professionals. If you need more information, check the [Scientix portal](#), or contact either the [Scientix National Contact Point](#) or Scientix Ambassadors in your country.

Tematica 2

*I Tre Livelli della Chimica
nella Scuola Secondaria di Secondo Grado:
come insegnare a pensare l'invisibile osservando il visibile e ad
usare il linguaggio chimico per descrivere il visibile e l'invisibile*

INTRODUZIONE ALLA TEMATICA

Coordinatori: *Eleonora Aquilini e Giovanni Villani*

E-mail: ele.aquilini6@gmail.com; giovanni.villani@pi.iccom.cnr.it

I tre livelli di approccio chimico al mondo materiale sono quelli del **triangolo di Johnstone**¹:

a) macroscopico, b) submicroscopico e c) simbolico:

- il livello macroscopico è quello fenomenologico, delle proprietà e della reattività delle sostanze chimiche
- il livello submicroscopico è quello degli atomi, delle molecole e della cinetica (ripresi direttamente da Johnstone)
- il livello simbolico è quello della rappresentazione e, cioè, quello dei simboli, delle equazioni, della stechiometria e della matematica (ripresi direttamente da Johnstone)

Questo approccio ha alcune criticità di seguito riportate.

- 1 *Ambiguità*: i primi due livelli riguardano enti materiali, mentre il terzo livello consta di enti concettuali, a meno di non considerare atomi e molecole non come realtà, ma come concetti.
- 2 *Difficoltà didattiche*: le connessioni tra i primi due livelli non sono banali perché ci sono proprietà specifiche di un livello e proprietà comuni ai due livelli.
- 3 *Presenza di più sottolivelli*: il secondo livello deve essere affrontato con differenti approcci; c'è infatti quello elettronico, atomico, molecolare (ioni) ai quali occorre aggiungere gli aspetti cinetici che sono una rappresentazione meccanica (fisica) delle reazioni chimiche.
- 4 *Complessità del terzo livello*: questo livello mescola tutto quello che non è materiale, dal linguaggio chimico e quello linguaggio matematico, con l'aggiunta della stechiometria (mancano le problematiche sulla nomenclatura).
- 5 *Interpretazione delle formule molecolari*: esse appartengono al terzo livello, ma danno informazioni sul primo livello e possono anche dare informazioni più o meno dettagliate in uno o più sottolivelli del secondo livello.

Oltre al modello sopra descritto c'è il **modello di Mahaffy tetraedrico**² che aggiungendo un quarto livello (elemento umano, suddiviso in più sottolivelli) rappresenta la contestualizzazione della chimica nella società e nella storia.

Osservare il visibile

Nella chimica moderna si intende quasi sempre osservare il risultato di una strumentazione, cioè un "dato" carico di teoria. L'idea semplice di dati sperimentali e di teoria che li interpretano deve lasciare il posto ad un intreccio teorico-sperimentale con momenti e accentuazioni che privilegiano ora un aspetto ora l'altro.

Problema didattico: (a) Laboratorio e spiegazione teorica? (b) Teoria ed esemplificazione in laboratorio? Il problema del realismo ingenuo.

1 Alex H. Johnstone, The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand, *J. Chem. Edu.*, **1993**, 70, 701-705.

2 Peter Mahaffy, Moving chemical education in 3D: a tetrahedral metaphor for understanding chemistry, *J. Chem. Edu.*, **2006**, 83, 49-55.

A questo proposito è importante sottolineare l'importanza delle leggi macroscopiche della chimica nell'insegnamento, in primo luogo perché costituiscono conoscenze fondamentali della disciplina, in secondo luogo perché consentono di realizzare un passaggio graduale dai concetti di senso comune agli aspetti più formalizzati della chimica. Questi argomenti inoltre sono essenziali per cogliere le caratteristiche dei diversi livelli di descrizione e di organizzazione della materia (livelli fra loro in relazione ma non completamente riducibili l'uno all'altro), in particolare la distinzione fra l'aspetto macroscopico, dove è possibile la pratica scientifica e quello microscopico, astratto dove risiedono le teorie più importanti della chimica.

Le leggi della chimica classica sono legate ad esperimenti, ma non sono leggi di tipo induttivo. Sono frutto di atti creativi di grandi scienziati che sono andati molto al di là dell'apparenza, al di là dell'osservazione. In questo caso il lavoro sperimentale è importante, ma non è sufficiente per la concettualizzazione. Se questo aspetto non è tenuto ben presente si rischia di cadere negli errori dell'attivismo e dello sperimentalismo ingenuo. C'è in quest'ultimo modo di concepire l'insegnamento scientifico l'idea che "se faccio capisco", ma sappiamo che non è così, se non si vogliono fare semplificazioni artificiose di una realtà che è complessa.

Linguaggio chimico

Si tratta del livello simbolico che consente di parlare sia del primo che del secondo livello prima citati. Può essere più o meno articolato a seconda del modello di realtà sub-microscopica utilizzato e, quindi, dei sottolivelli del secondo livello.

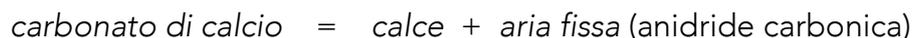
Dal punto di vista didattico, la dimensione linguistica è uno strumento imprescindibile per lo studente per costruire la propria conoscenza: nel primo ciclo permette di realizzare il passaggio da rappresentazioni intuitive, irreflessive ed asistematiche a rappresentazioni consapevoli e connesse, nel secondo ciclo e all'università permette l'accesso alla narrazione e alla formalizzazione della scienza attualmente accreditata. Il linguaggio chimico dello specialista esemplifica la connessione fra mondo macroscopico e mondo microscopico. Ci può essere, invece, solo un'apparente convergenza fra le due rappresentazioni mentali quando i concetti non crescono insieme al linguaggio. Pensiamo infatti che la lingua della chimica non possa vivere di vita propria, come spesso accade in molti modi di insegnarla (per esempio quando la chimica viene identificata solo con la nomenclatura), ma che debba essere espressione di concetti chiaramente acquisiti.

Un esempio della storia chimica: vedere i gas (invisibili) attraverso il bagno pneumatico

Fenomeni ed esperimenti nei quali erano implicati gas erano conosciuti dall'antichità, ma i gas sfuggivano all'osservazione, alla percezione diretta. Le scoperte di Torricelli e Boyle furono possibili grazie all'invenzione di particolari dispositivi che permettevano di vedere l'aria, e di poterla osservare in modo talmente accurato da poterne misurare alcune proprietà. Lo strumento fondamentale è ovviamente quello di Torricelli che permette di racchiudere l'aria e di conoscerne la pressione semplicemente misurando il dislivello. Lo strumento di Torricelli diventerà un secolo dopo, per tutto il Settecento, lo strumento fondamentale della chimica, l'equivalente per la chimica del microscopio per la biologia e del cannocchiale per l'astronomia. Venne chiamato *bagno pneumatico* ed in genere si utilizzava acqua al posto del mercurio. È uno strumento particolarmente banale, e probabilmente come dispositivo in sé era già conosciuto da molto tempo, ma diventò uno strumento scientifico significativo solo dopo che Torricelli l'ebbe usato per confermare le sue ipotesi e assurse al ruolo di "microscopio" della chimica, soltanto dopo che Hales iniziò ad utilizzarlo in modo insolito, per raccogliere le *arie* che si producevano in seguito a trasformazioni chimiche.

Utilizzato in questo modo, il bagno pneumatico permise nell'arco di 50 anni di iniziare a popolare di alcuni individui lo stato gassoso. Black scoprì un'aria più pesante dell'aria atmosferica ed incapace di mantenere la combustione e la respirazione. La ottenne dalla decomposizione del calcare o più semplicemente dalla reazione tra un acido e calcare. Non era altro che biossido di carbonio (anidride carbonica). Black la chiamò *aria fissa*, volendo così intendere quell'aria contenuta nel calcare; venne chiamata anidride carbonica ottanta anni dopo, quando si capì che era un composto acido di carbonio ed ossigeno. Il bagno pneumatico permise, da una parte, di scoprire il terzo stato di aggregazione della materia, quello gassoso, e dall'altra, di sviluppare la chimica delle arie.

Ad esempio, la decomposizione del calcare, grazie al bagno pneumatico, venne descritta in questi termini:

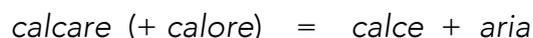


mentre prima essa veniva semplicemente descritta in questi termini:



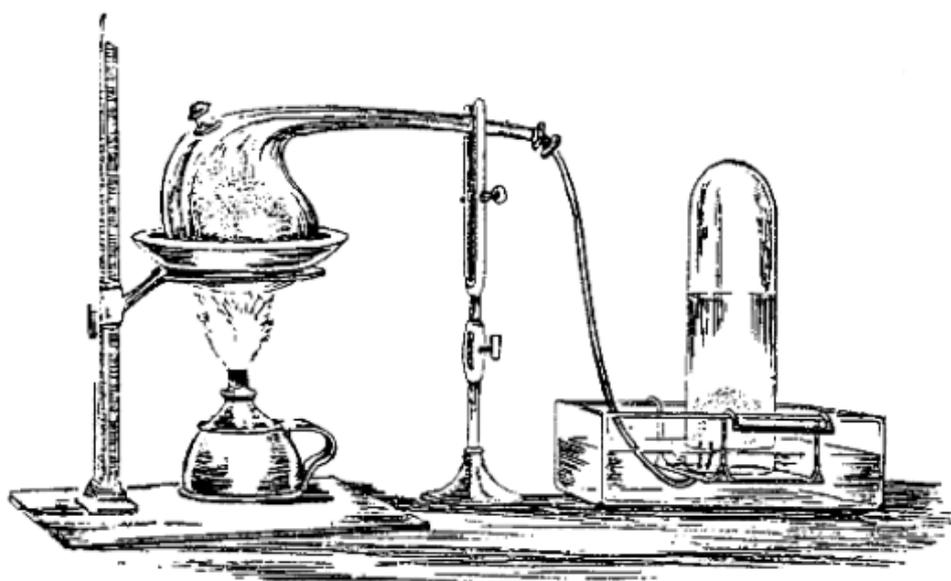
L'apparenza coincideva con la realtà. La consistente diminuzione di peso non rappresentava un problema. Vi erano molte altre trasformazioni chimiche di questo tipo; ve ne erano poi altre in cui il peso sembrava aumentare. Ne era stata quindi tratta la conseguenza di considerare il peso come una qualsiasi proprietà delle sostanze e di considerare le trasformazioni chimiche come quelle magie in cui, da certe sostanze, se ne ottenevano altre con proprietà completamente diverse, compreso il peso. Tutto ciò costituisce le conoscenze che si avevano di questa reazione (utilizzata da millenni dall'uomo per la sua utilità) fino alla metà del settecento.

Con l'utilizzo del bagno pneumatico fu possibile confermare l'ipotesi che l'aria, che spingeva in basso l'acqua, derivasse dal calcare, che per decomposizione si trasformava in calce ed aria:



Soltanto per mezzo del bagno pneumatico:

- l'aria, liberatasi durante la calcinazione del calcare, diventava finalmente un fatto, un fenomeno osservabile;
- diventava possibile, andando oltre le apparenze, conoscere la realtà.



Bagno idropneumatico

I TRE LIVELLI DELLA CHIMICA

Angelo Natalucci

E-mail: angelonatalucci@gmail.com

La manifestazione ed evoluzione di un fenomeno nel visibile è la conseguenza di azioni che iniziano ad avvenire nel mondo invisibile. L'ideazione, la comprensione e la descrizione di tali fenomeni necessitano di un linguaggio specifico che, nel caso della chimica, riteniamo debba fondarsi sul presupposto della definizione di sostanza (Aristotele individuò per primo ben tre tipologie di sostanza "ousia": la materia, la forma, il Sinolo - oggi diremmo che la sostanza è quella porzione di materia formata da atomi/molecole uguali), e dell'utilizzo del modello particellare della materia.

I termini primari fondamentali nell'invisibile sono quelli di *atomo*, *molecola* (e *ione*).

Mediante l'approccio storico epistemologico, la prassi socio-costruttivista e lo strumento didattico della situazione/problema è stato dimostrato che è possibile effettuare una valida trasposizione didattica riguardo ai concetti di trasformazione chimica, reazione chimica ed equazione di reazione.

L'indagine trae origine dalla prima formulazione moderna di teoria atomica di Dalton e si concludeva con quella di Cannizzaro che rielaborò, riordinandole, la legge di combinazione dei volumi di Gay Lussac e le due leggi formulate da Amedeo Avogadro (volumi uguali di gas diversi contengono uguale numero di particelle, e che queste possono essere integranti o semplici, cioè elementari), per arrivare alla rappresentazione della Tavola Periodica di Mendeleev. La stessa indagine, e approfondimenti ulteriori, estendevano tale trasposizione anche alle leggi di Lavoisier, Proust e Dalton.

Poiché la tematica chiede espressamente come insegnare a pensare l'invisibile, osservando il visibile, mediante il linguaggio (lessico) chimico, possiamo ritenere che l'uso del *linguaggio simbolico*, adatto per collegare il mondo *macroscopico* con quello *microscopico*, risulti anche lecito, per la fascia d'età a cui è rivolto (14/15 anni: primo biennio scuola secondaria di secondo grado), per realizzare meglio questo passaggio.

Infatti, secondo il pedagogista Jean Piaget, il linguaggio simbolico è già attivo, cioè compreso, nello stadio "operatorio formale", cioè quella fase che va dagli undici anni circa (fine della scuola primaria) fino ai 15 anni. In questo periodo inizia a prendere forma il pensiero (da 11/12 anni) e quindi il "processo mentale astratto", il "processo di astrazione" che è tipico del "pensiero ipotetico/deduttivo". Diventa pertanto possibile fornire a questo punto le prime nozioni di **atomo**, **molecola** (ione), **elemento**, **composto**, **sostanza** e **miscuglio**.

1. A questo riguardo, semplici esperimenti sul comportamento di alcuni elementi chimici potrebbero stimolare e supportare gli studenti nella visualizzazione e comportamento della materia invisibile: in questa fase potremmo anche provare a spiegare agli studenti che esiste nell'invisibile un mondo di *sub-particelle atomiche* (anche con il supporto di validi filmati) che in prima approssimazione hanno una distribuzione secondo il *modello eliocentrico* (ovviamente con tutti i limiti dell'approssimazione). Didatticamente gli studenti potrebbero esercitarsi costruendo "le carte d'identità" di atomi di elementi e, successivamente, di molecole di elementi e composti.
2. Possiamo riferire di aver constatato in personali esperienze che anche le nuove tecnologie sono risultate di valido e importante supporto: gli studenti oltre al PC, tablet, possono usare il loro dispositivo cellulare per scaricare "app" specifiche, per

eseguire "giochi chimici (o chimica ludica)" sulle strutture di numerose molecole inorganiche e della chimica organica, nomenclature e classificazioni di composti chimici, al punto che scelgono di abbandonare altri giochi elettronici, meno istruttivi, dando luogo ad una sana emulazione; lo stesso avviene con l'uso di software dedicati come "Chemsketch" per windows e android per la costruzione di molecole soprattutto di composti organici, tanto che spesso abbiamo dovuto aprire più di un account di posta elettronica perché si era innescata una gara ad inviare strutture di numerosi composti organici e inorganici. Questa possibilità di elaborazione può raggiungere ulteriore interesse quando gli studenti, opportunamente indirizzati dal docente, scoprono che possono verificare e correggere *autonomamente* le loro formule, e sperimentarne altre, accedendo al sito IUPAC: quando realizziamo queste condizioni i ragazzi si rendono anche conto di avere acquisito una *nuova competenza*.

3. Inoltre, l'uso di "formulatori a calotte" e/o a "bastoncino", consente agli allievi di manipolare e familiarizzare "simbolicamente" ma anche "fisicamente" con atomi e molecole di elementi per costruire poi molecole di composti, reazioni ed equazioni chimiche rappresentandone anche le stechiometrie e i meccanismi. Riguardo all'uso dei "formulatori a calotte", in particolare, possono palesarsi a noi docenti altri aspetti che attengono all'altra sfera, anch'essa invisibile, della personalità degli studenti: il loro linguaggio, il pensiero, il carattere, la capacità di manipolazione, perché chiedendo ai ragazzi di descrivere e rappresentare dinamicamente con i formulatori esempi di reazioni e meccanismi, riportati alla lavagna o presi dal testo, oltre che assistere alle loro capacità creative, coinvolgenti anche per la classe, ne può risultare un'interpretazione molto istruttiva e ricca di significato didattico. Le stesse dimostrazioni diventano ancora più interessanti/"entusiasmanti", se vengono cronometrati i tempi per ogni performance e ne vengono effettuate anche le riprese audio-video, da mettere poi, su richiesta, sul sito web, avendo precedentemente ricevuto anche le liberatorie per il diritto d'immagine.
4. Altri validi software, oltre quelli già segnalati, sono di aiuto per costruire strutture di molecole sul piano e nello spazio attribuendone anche il nome e la classe. Altri filmati su esperimenti di laboratorio, hanno costituito un ottimo incentivo per gli allievi nell'interpretazione, descrizione, calcolo e discussione sul mondo invisibile.
5. Mappe concettuali, visuali, presentazioni in ppt, tabelle e grafici su excel, possono dare ulteriori validi apporti.

In merito ad altre tipologie di rappresentazioni di trasformazioni chimiche nell'invisibile, con effetti e suggestioni nella realtà visibile, possiamo illustrare quelle riguardanti quattro diversi tipi di situazioni/problema che possono sollecitare e aiutare a parlare del mondo invisibile acquisendo anche nozioni sulla scienza dei materiali, la storia e il mondo dell'arte.

Lo studio delle trasformazioni fisico/chimiche della materia si presta ad applicazioni tecnologiche, ad esempio riguardo allo studio di materiali come il *bronzo*, l'*argilla* e il *marmo*. Questi tre materiali sono conosciuti dall'uomo fin da epoche remote e i manufatti antichi realizzati con queste materie prime, oltre a costituire importanti testimonianze storiche, sono molto coinvolgenti per il forte impatto visivo e assai utili per scopi didattici. Segue una breve descrizione di un'attività didattica realizzata a partire da questi materiali.

A) Scopo e obiettivi

1. Individuato l'oggetto della trasformazione fisico/chimica (v. punto B1), fornire agli studenti i criteri per: i) distinguere tra tipi di trasformazioni; ii) identificare le caratteristiche macroscopiche della materia, correlandole con proprietà microscopiche.

2. Promuovere l'acquisizione di conoscenze e competenze relative alla scienza dei materiali.
3. Promuovere l'interdisciplinarietà, attraverso l'approfondimento della relazione tra aspetti fisico/chimici dei materiali presenti nei manufatti e gli aspetti storico/artistici.

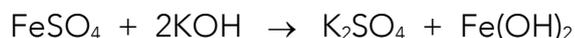
B) Attività didattica

1) Osservazioni e simulazioni sperimentali

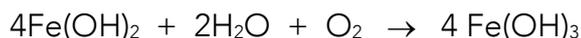
- a. Trasformazioni fisiche: indagine del ciclo di trasformazioni solido/liquido della cera, materiale utilizzato nella lavorazione del bronzo in occasione della tecnica della "cera persa".
- b. Trasformazioni chimiche: processi ossidativi relativi alla produzione e alla decorazione delle ceramiche.

Il ferro (ovvero i suoi composti presenti nell'argilla insieme a quelli di elementi come il calcio, magnesio, alluminio, silicio) ha svolto nel tempo un ruolo importante nella produzione (preparazione dell'impasto, foggatura, essiccazione e cottura), rifinitura e decorazione delle ceramiche (es. vasi greci a figure nere VI sec. a.c. e quelli a figure rosse V/IV sec. a.c.). Gli antichi ceramisti avevano notato che le superfici dei vasi d'argilla durante la cottura potevano assumere una colorazione nera o rossa in base alla temperatura e al grado di areazione dei forni (oggi sappiamo che la colorazione rossa del vaso si ottiene per ossidazione totale del ferro presente nell'impasto d'argilla durante la cottura per formazione di ossido ferrico, l'ossidazione parziale rende la superficie del vaso scura). Essendo poco agevole riprodurre ceramiche decorate in un laboratorio didattico, si può tuttavia indagare il comportamento del ferro attraverso un sistema-modello che ne esemplifichi l'ossidazione parziale e/o totale (inter-conversione tra l'idrossido di Fe^{2+} bianco-verdastro e l'idrossido di Fe^{3+} rosso bruno). I processi chimici interessati sono i seguenti.

- ✓ Dal ferro bivalente, a pH 5,5 si può ottenere un precipitato di idrossido ferroso bianco-verdastro:



L'idrossido si ossida rapidamente all'aria assumendo tinte variabili dal verde bruno al giallo carico:



Si ottiene quindi una miscela nera di idrossido ferroso-ferrico.

- ✓ In alternativa, l'ossidazione del ferro bivalente può essere promossa dall'acqua ossigenata in ambiente acido:

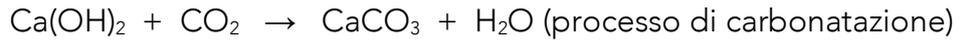


Poiché la reazione è reversibile, variando il pH, si può passare dal colore verde-bruno dell'idrossido ferroso a quello nero della miscela dei due idrossidi, al precipitato gelatinoso rosso-bruno dell'idrossido ferrico poco solubile in eccesso di reattivo a pH 14, solubile negli acidi. Viceversa, abbassando il pH, ricompaiono i colori caratteristici dei reagenti.

Un altro esempio di trasformazioni chimiche è quello relativo al marmo, proveniente da "materiale di spoglio" di antiche costruzioni romane, riutilizzato nel medio-evo (fenomeno storico delle "calce") per produrre calce a buon mercato, usata come legante aereo per nuove costruzioni.

I processi chimici coinvolti sono:





Sinteticamente: cottura e idratazione della pietra calcarea \rightarrow calce + $\text{CO}_2 \rightarrow$ (presa e indurimento) \rightarrow calcare

Questa serie di reazioni permette di interpretare anche il processo chimico naturale e la conservazione nel tempo dell'antica "pittura ad affresco": l'acqua piovana, percolando attraverso la roccia calcarea, lentamente la solubilizza in $\text{Ca(HCO}_3)_2$. I pigmenti (o colori), costituiti principalmente da ossidi di metalli, depositati dall'artista sulla superficie umida, formano gli idrossidi del metallo che poi subiscono, come il bicarbonato di calcio solubile, il processo di carbonatazione. In tal modo si riforma sulla superficie asciutta un nuovo carbonato insolubile che viene inglobato stabilmente dalla roccia calcarea.

2) *Ricerca e studio svolto in modo autonomo sulle fonti proposte a ciascuno studente (supporto cartaceo, formato digitale, multimediale ecc.)*

3) *Elaborazioni di gruppo, presentazioni multi-mediali e/o visite specifiche*

4) *Riscontri e verifiche*

A titolo di esempio, ricordiamo che alcuni prodotti ceramici trovano impiego nei settori sotto riportati (a livello di indagine, di ricerca, o a livello produttivo).

1. Nanotecnologie: bio-materiali
2. Medicina: produzione di filtri per gas anestetici
3. Aerospaziale: produzione di ultra-refrattari per navicelle spaziali
4. Conservazione e restauro dei Beni Culturali

USO DI MODELLI REALISTICI PER LA VISUALIZZAZIONE DINAMICA DI FENOMENI SU SCALA ATOMICA E MOLECOLARE A SCOPI DIDATTICI*

Michele A. Floriano e Antonella Di Vincenzo

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche, Viale delle Scienze, ed. 17, 90128 Palermo, Italy

[E-mail: michele.floriano@unipa.it](mailto:michele.floriano@unipa.it)

Abstract. In questo lavoro sono presentate due applicazioni per la visualizzazione dei processi di aggregazione e di solubilizzazione di particelle interagenti e prive di struttura. Le applicazioni consentono di dimostrare qualitativamente e quantitativamente, per mezzo dell'osservazione dell'evoluzione temporale del rapporto superficie/volume e della frazione di particelle aggregate, che, da un lato, il processo di crescita di nanoaggregati è accompagnato da una diminuzione del rapporto superficie/volume e, dall'altro, che interazioni soluto-solvente favorevoli e temperature elevate producono soluzioni omogenee. Si propone che, insieme ad opportuni esempi macroscopici, visualizzazioni mediante le presenti applicazioni possano essere utilizzate per illustrare concetti relativi alla reattività e alla miscibilità/solubilità. Le applicazioni si basano su un modello dinamico bidimensionale in cui le particelle si muovono per via dell'energia termica e dell'energia potenziale di interazione; le traiettorie sono calcolate risolvendo numericamente le leggi di Newton secondo uno schema di Dinamica Molecolare (MD). A questo scopo, è stato adattato un programma MD disponibile online. Si suggerisce che, quando possibile, l'uso di simulazioni realistiche, piuttosto che semplici animazioni, offre diversi vantaggi nella visualizzazione di fenomeni di interesse in didattica della chimica. In primo luogo, in una simulazione il risultato del processo investigato non è stabilito a priori ma è una conseguenza dell'evoluzione dinamica del sistema; inoltre, i parametri della simulazione possono essere variati in maniera sistematica e si possono studiare gli effetti di tali cambiamenti. Le applicazioni possono essere utilizzate con diversi livelli di dettaglio e in diversi contesti scolastici. Semplici osservazioni qualitative sono adatte a tutti i livelli. Vengono anche riportate analisi quantitative sistematiche sull'effetto di variazioni di temperatura e dei parametri di interazione che sono più indicate per le ultime classi della scuola secondaria di secondo grado e per corsi universitari di chimica generale.

1. Introduzione

Nella didattica della chimica le visualizzazioni di fenomeni a livello atomico/molecolare nella descrizione di fenomeni macroscopici sono un ausilio indispensabile anche allo scopo di prevenire possibili misconcetti. Esistono infatti numerosi esempi di animazioni molecolari di fenomeni e processi di interesse chimico ma, quasi sempre, il comportamento dinamico non è basato su leggi fisiche realistiche. Infatti, nella maggior parte dei casi, la dinamica non è il risultato di leggi fisiche esplicite e realistiche e, di conseguenza, il comportamento dinamico del sistema può essere considerato come un modo più o meno arbitrario per ottenere un risultato prestabilito. Al contrario, gli attuali strumenti di calcolo e la disponibilità di pacchetti software efficienti per simulazioni molecolari online hanno reso praticabile l'uso di modelli realistici anche a scopo didattico. Essi offrono un'ampia varietà di esempi già pronti o la possibilità di realizzare dimostrazioni interattive personalizzate, di solito in linguaggio Java, anche senza competenze avanzate di programmazione. In questo lavoro vengono descritte procedure di visualizzazione, basate su un modello realistico per lo studio del processo di aggregazione e crescita di nanoparticelle (1) e per la verifica delle condizioni di stabilità di una miscela (2).

È noto che le caratteristiche di reattività di piccoli aggregati di atomi o molecole sono particolarmente elevate quando le dimensioni sono nella scala dei nanometri (10^{-9} m). Queste particolari caratteristiche di reattività sono attribuibili all'elevata area superficiale in rapporto al volume dell'aggregato e cioè al rapporto superficie/volume, S/V , che aumenta

man mano che la dimensione dell'aggregato diminuisce. La dipendenza del rapporto S/V dalla dimensione delle particelle può essere ricavata da considerazioni geometriche. Per un cubo di lato ℓ , S/V aumenta al diminuire ℓ come $6/\ell$. Per una sfera di raggio R, $S = 4\pi R^2$ mentre $V = 4/3\pi R^3$ e, quindi, $S/V = 3/R$. In generale, la superficie disponibile per un dato volume è inversamente proporzionale alla dimensione lineare della nanoparticella. Ciò dovrebbe dimostrare agli studenti che è importante ridurre al minimo le dimensioni delle nanoparticelle per poter massimizzare la loro reattività.

Un altro tema di rilievo nella didattica della chimica riguarda lo studio delle condizioni che determinano i meccanismi microscopici responsabili della formazione di miscele omogenee o eterogenee quando si mescolano sostanze diverse.

2. Esempi di visualizzazione

Nella procedura sviluppata nel presente lavoro il comportamento dinamico di un insieme di particelle monoatomiche è stato simulato mediante il metodo della Dinamica Molecolare (MD). In questo metodo, un numero prefissato N di atomi/molecole si muove in un volume fisso a causa dell'agitazione termica e del potenziale di interazione reciproco. Le traiettorie possono essere determinate secondo le leggi classiche del moto e, quindi, risolvendo numericamente le equazioni di Newton. Questo metodo può essere applicato per minimizzare l'energia totale di un insieme di semplici particelle interagenti a temperatura costante.

È possibile impostare una simulazione MD introducendo opportuni potenziali di interazione tra tutte le coppie molecolari/ioniche presenti nel sistema. Se questo è fatto correttamente, le traiettorie di tutte le specie possono essere calcolate producendo così una sequenza temporale di configurazioni che alla fine illustrerà il processo in esame. Poiché una simulazione si basa su leggi fisiche fondamentali, è sempre possibile variare i parametri del modello, come temperatura e costanti di interazione, ed osservare gli effetti di queste modifiche sul processo.

Nel caso più semplice, come quello adottato nel presente lavoro, costituito da N particelle identiche, neutre e monoatomiche, il potenziale di interazione più utilizzato tra una coppia i e j è il cosiddetto potenziale di Lennard-Jones (LJ):

$$V_{i,j,i \neq j} = 4\varepsilon \cdot \left[\left(\frac{\sigma}{R_{ij}} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{R_{ij}} \right)^6 \right] \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i,j,i \neq j} V_{i,j} \quad (2)$$

dove R_{ij} è la distanza tra l'atomo i e j, ε è un parametro relativo alla forza attrattiva e σ è il diametro atomico corrispondente alla distanza di contatto. L'energia potenziale totale viene calcolata come la somma di tutti i contributi di coppia definiti dall'Equazione 2. Nell'Equazione 1 il termine positivo rappresenta il contributo repulsivo al potenziale che aumenta molto rapidamente a piccole distanze interatomiche e ciò giustifica l'esponente 12; l'esponente 6 nel termine negativo della parte attrattiva ha origine da calcoli quantomeccanici per una coppia di particelle neutre e non polari.

La velocità iniziale di ciascun atomo viene impostata imponendo una distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità alla temperatura T e, una volta specificato il potenziale di interazione, è possibile calcolare la posizione, la velocità e l'accelerazione di ciascun atomo in un determinato intervallo temporale dt, risolvendo numericamente le equazioni del moto di Newton soggette alle forze ottenute dal gradiente del potenziale di interazione tra gli atomi. Questa procedura viene ripetuta per ciascun atomo ed iterata, producendo così una sequenza temporale di configurazioni. In sintesi, tutto ciò che l'utente deve fare per iniziare la simulazione è fissare la dimensione della cella di simulazione, il diametro σ e la massa m

delle particelle, il parametro del potenziale attrattivo ϵ e la temperatura T . Le posizioni iniziali delle N particelle sono arbitrarie.

Maggiori dettagli sul metodo e sui principi teorici possono essere reperiti nella bibliografia specializzata (1, 2).

2.1. Crescita di nanoparticelle

Nella prima applicazione è stato studiato, mediante simulazioni MD, il processo di aggregazione di un numero arbitrario di particelle monoatomiche prive di struttura ed interagenti mediante un potenziale di Lennard-Jones ed è stato monitorato il rapporto tra il numero di particelle superficiali e il numero totale di particelle aggregate.

L'applicazione (3) sfrutta le risorse disponibili in Molecular Workbench (MW) del The Concord Consortium (4), una piattaforma ad accesso libero basata su linguaggio Java che fornisce gli algoritmi principali per eseguire simulazioni MD 2D e 3D in cui le forze che agiscono sugli atomi si basano su diversi tipi di potenziali di interazione. Per studiare l'aggregazione e il processo di crescita di nanoparticelle, una simulazione MD è stata opportunamente integrata con uno script Java personalizzato. Per ridurre i tempi di calcolo si è scelto di adottare un ambiente 2D.

La pagina principale di questa applicazione contiene una descrizione dei passaggi da eseguire per avviare la simulazione. C'è anche un link a una pagina contenente informazioni generali di background. Inoltre, l'utente troverà una serie di controlli per modificare i parametri di input: diametro atomico, σ (Å), massa atomica, m ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$), numero di atomi, N , temperatura, T (K) e il parametro della parte attrattiva del potenziale di LJ, ϵ (eV). Quando l'applicazione viene avviata, questi parametri sono impostati su valori predefiniti ma questi possono essere modificati liberamente all'interno di specifici range. Una volta selezionato il numero di atomi, le particelle vengono posizionate automaticamente in modo casuale nella cella di simulazione. Facendo clic sul pulsante "Esegui il modello", la simulazione inizia con i parametri specificati. Nella figura 1 sono riportati i risultati ottenuti in una simulazione nelle condizioni specificate nella didascalia.

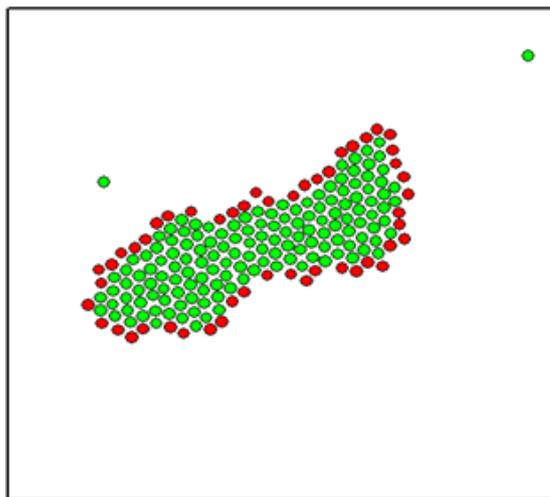


Figura 1. Configurazione ottenuta da una simulazione dopo 380 ps per 200 atomi, inizialmente localizzati in posizioni casuali in una cella di simulazione di dimensioni 60×60 Å, con i seguenti parametri: $\sigma = 1.4$ Å, $m = 40$ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $T = 300$ K e $\epsilon = 0.1$ eV. Atomi alla superficie (vedi testo) sono colorati in rosso.

Inizialmente gli atomi isolati distribuiti casualmente si aggregano progressivamente in piccoli clusters che, col passare del tempo, si uniscono per formare, alla fine, un singolo nanoaggregato. Durante la simulazione, il numero di atomi liberi diminuisce e il numero totale di atomi aggregati aumenta. Gli atomi di superficie, indicati dal colore rosso, sono stati identificati come quegli atomi che sono in contatto con più di 1 atomo ma meno di 5

altri atomi; gli atomi rimanenti, che sono in contatto con 5 o più atomi, sono considerati interni all'aggregato.

Allo stesso tempo, durante la simulazione, vengono costruiti due grafici, come mostrato in figura 2: uno che riporta l'evoluzione temporale del numero di atomi isolati (N_{free}), di quelli di superficie (N_{surf}) e di quelli del nucleo (N_{core}) ed uno che riporta l'evoluzione temporale del rapporto superficie/volume, corrispondente a N_{surf}/N_{agg} , dove $N_{agg} = N_{surf} + N_{core}$. Durante la simulazione, all'inizio gli atomi liberi si aggregano abbastanza rapidamente ed inoltre, una diminuzione del numero di atomi di superficie è associata ad un corrispondente aumento del numero di atomi interni.

Il rapporto N_{surf}/N_{agg} diminuisce rapidamente al crescere del nanoaggregato fino al raggiungimento di un valore costante. Gli studenti osservano sul loro computer l'intero processo di aggregazione e crescita, notando anche la diminuzione della superficie disponibile durante la crescita dei nanoaggregati.

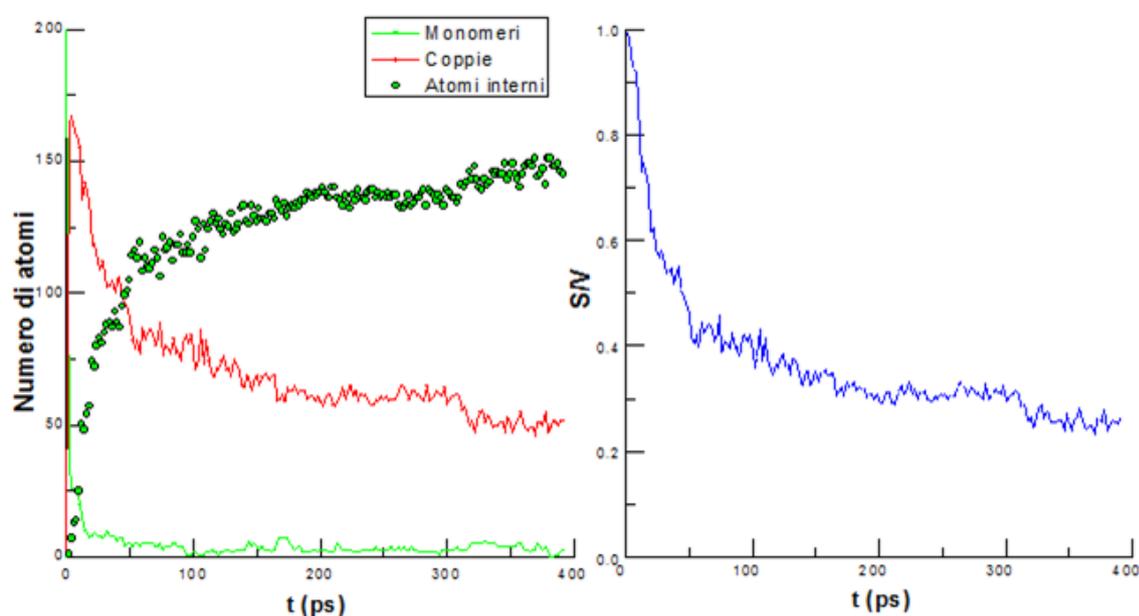


Figura 2. Grafico a sinistra: evoluzione temporale del numero di monomeri, degli atomi di superficie e degli atomi interni all'aggregato. Grafico a destra: evoluzione temporale del rapporto superficie/volume (S/V) per la simulazione realizzata con i parametri di figura 1.

Questo approccio può essere efficace per dimostrare che la reattività, che dipende dal numero di atomi di superficie, diminuisce man mano che l'aggregato cresce ed è quindi preferibile adottare condizioni che evitano una crescita incontrollata delle nanoparticelle. Il processo in esame non è un evento predeterminato ma, piuttosto, è il risultato del comportamento di un sistema di particelle interagenti soggette ad agitazione termica. Di conseguenza, modificare i parametri che influenzano uno o entrambi i contributi all'energia totale delle particelle, cioè l'energia potenziale e l'energia cinetica, modificherà sicuramente il processo in esame.

Le osservazioni fin qui presentate possono essere utilizzate dal punto di vista didattico a qualsiasi livello scolastico, limitandosi agli aspetti qualitativi nei primi anni dell'istruzione di secondo grado ed affrontando anche aspetti semi-quantitativi, come quelli illustrati nella figura 3, a livelli più avanzati. Inoltre, nelle classi superiori dei licei e nei corsi di chimica generale a livello universitario, dove gli studenti dovrebbero possedere le necessarie basi di fisica e familiarità con semplici manipolazioni algebriche, la stessa applicazione può essere utilizzata a un livello più dettagliato.

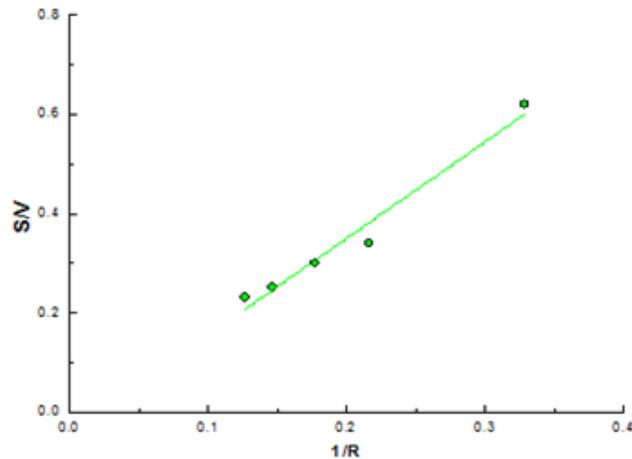


Figura 3. Dipendenza del rapporto superficie/volume (S/V) dal raggio R di aggregati di diverse dimensioni. La linea è il miglior fit dei punti riportati il cui coefficiente angolare è: 1.9 ± 0.2 .

2.2. Miscele e solubilità

La seconda applicazione (5), sviluppata secondo gli stessi principi della precedente, consente di studiare la stabilità di miscele di particelle diverse di tipo A e B mediante opportune modifiche ai parametri di interazione.

In figura 4 è riportata una tipica configurazione iniziale.

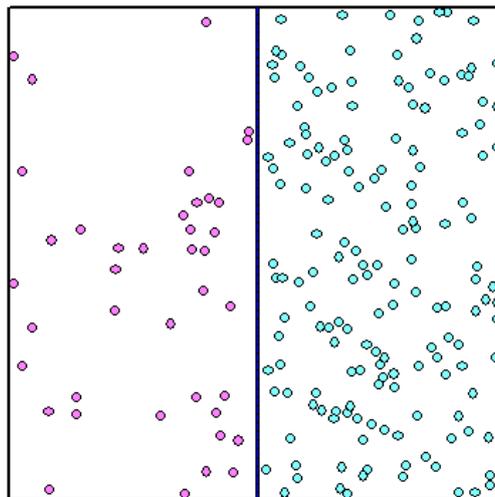


Figura 4. Configurazione iniziale di una miscela di particelle A e B, rappresentate con diversi colori, di uguali dimensioni $\sigma = 1.4 \text{ \AA}$ in una cella di dimensioni $60 \times 60 \text{ \AA}^2$. Il numero totale di atomi è 200 e la frazione di particelle B è 0.2. Inizialmente le particelle A e B sono separate da una barriera impermeabile anch'essa riportata.

A partire dall'esempio illustrato, mediante opportune scelte dei tre parametri di interazione ϵ_{A-A} , ϵ_{B-B} e ϵ_{A-B} (vedi Equazione 1) è possibile regolare l'affinità delle particelle di soluto rispetto al solvente ad una data temperatura. In figura 5 è mostrato un caso rappresentativo in cui le particelle di soluto tendono a separarsi da quelle di solvente così formando un sistema eterogeneo.

Analogamente, è possibile investigare il caso opposto in cui le particelle di tipo A hanno una maggiore affinità per quelle di tipo B come mostrato in figura 6.

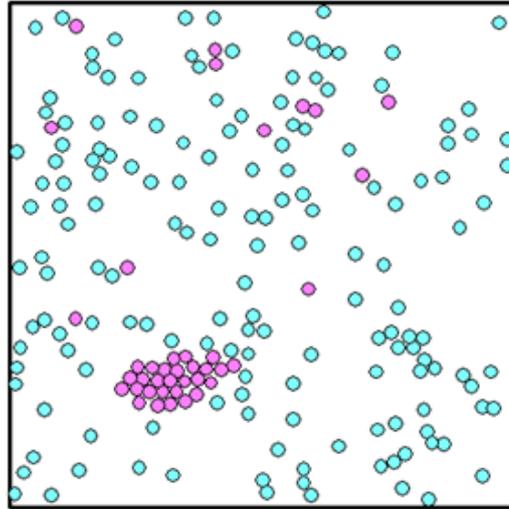


Figura 5. Configurazione ottenuta dopo 400 ps per una miscela di particelle A e B, caratterizzata dai parametri di figura 4, a $T = 300$ K. I parametri di interazione ϵ (vedi testo) sono: $\epsilon_{A-A} = 0.01$, $\epsilon_{B-B} = 0.1$ e $\epsilon_{A-B} = 0.05$.

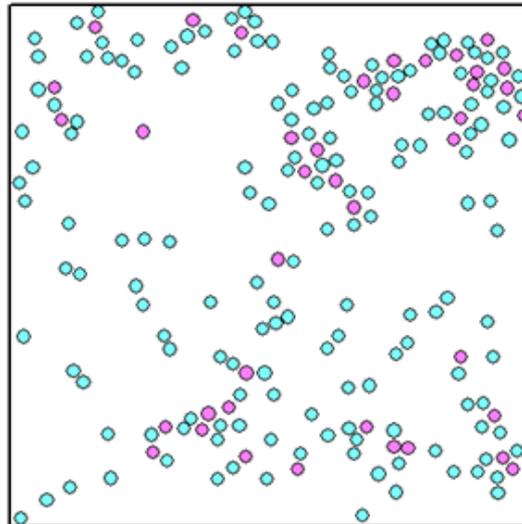


Figura 6. Configurazione ottenuta dopo 200 ps per una miscela di particelle A e B, caratterizzata dai parametri di figura 4, a $T = 300$ K. I parametri di interazione ϵ (vedi testo) sono: $\epsilon_{A-A} = 0.01$, $\epsilon_{B-B} = 0.05$ e $\epsilon_{A-B} = 0.1$.

Riassumendo, gli esempi appena illustrati dimostrano che, a temperatura costante, il principale meccanismo che determina la formazione di un sistema omogeneo, e quindi la solubilità, riguarda l'entità delle interazioni relative fra particelle dello stesso tipo e particelle diverse. Tuttavia, è altrettanto evidente in una rappresentazione realistica come quella adottata, che la dinamica del sistema dipende non solo dalle interazioni ma anche dalla agitazione termica delle particelle e cioè dalla temperatura. C'è da attendersi quindi che cambiamenti della temperatura possono alterare l'equilibrio energetico del sistema.

Per illustrare questo concetto, a partire da una situazione eterogenea, si può aumentare la temperatura come illustrato in figura 7.

Si può osservare che l'aggregato presente all'inizio della simulazione, all'aumentare della temperatura, progressivamente scompare come indicato dalla diminuzione del numero di atomi aggregati. In sintesi, nella formulazione semplificata del modello, un aumento della temperatura provoca un aumento della solubilità. Come è noto, ciò può non essere sempre vero nei casi reali in quanto possono intervenire complicazioni di cui non si è tenuto conto.

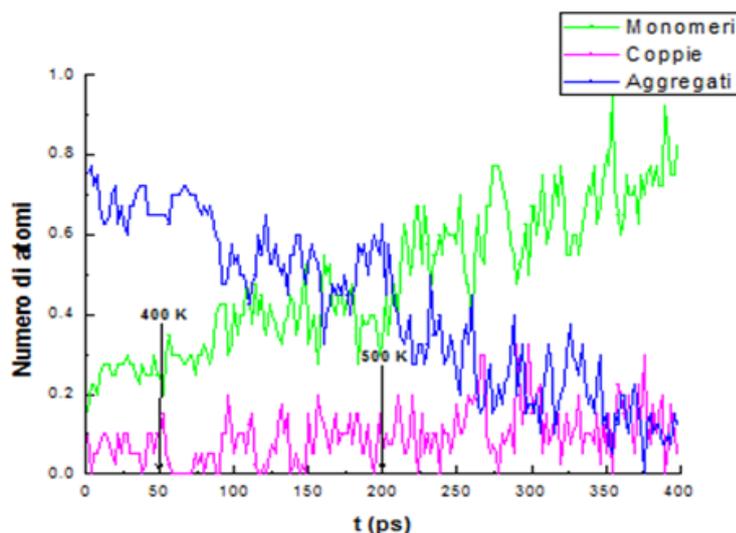


Figura 7. Evoluzione temporale di atomi di vario tipo (vedi legenda) con una simulazione iniziata dalla configurazione riportata in figura 5. Le frecce indicano l'istante in cui la temperatura della simulazione è stata fissata ai valori specificati.

3. Conclusioni

Nella didattica della chimica le visualizzazioni a livello atomico/molecolare svolgono un ruolo fondamentale nel chiarire i meccanismi microscopici alla base del comportamento macroscopico della materia. In generale, queste tecniche di visualizzazione, oggi possibili con crescente livello di dettaglio anche per via della disponibilità di applicazioni su dispositivi come tablet e smartphone, rappresentano un importante strumento di connessione fra il mondo macroscopico e modelli microscopici. Tuttavia, nella maggior parte degli esempi oggi disponibili, gli aspetti dinamici dei modelli microscopici sono il risultato di animazioni più o meno arbitrarie essendo progettate per produrre visivamente un risultato prestabilito. Al contrario, utilizzando modelli dinamici realistici, è possibile verificare l'attendibilità delle ipotesi su cui si basa il modello stesso. Sebbene il risultato di una vera simulazione molecolare possa a volte sembrare indistinguibile da una semplice animazione, è importante che i docenti, e conseguentemente gli studenti, siano consapevoli della differenza. Questo principio di carattere generale è stato applicato nella realizzazione delle due applicazioni riportate nel presente lavoro che traggono spunto da due diversi concetti chiave della chimica: l'importanza della superficie esposta nella reattività e i meccanismi legati al processo di solubilizzazione.

Referenze

1. Di Vincenzo A, Floriano MA. Realistic Implementation of the Particle Model for the Visualization of Nanoparticle Precipitation and Growth. *Journal of Chemical Education*, 2019.
2. Di Vincenzo A, Floriano MA. Visualizing Solubilization by a Realistic Particle Model in Chemistry Education. *Substantia An International Journal of the History of Chemistry*, 2019; 3 (2)(6):13 - 24.
3. Growth Of Metallic Nanoparticles 2019 [Available from: <http://mw2.concord.org/tmp.jnlp?address=http://www1.unipa.it/flor/MW/nanoparticle.cml>].
4. Xie C. Visual, Interactive Simulations for Teaching & Learning Science MA, 2004: Concord Consortium: Concord [Available from: <http://mw.concord.org/modeler/>].
5. Di Vincenzo A, Floriano MA. Particle Model - Introduction 2019 [Available from: http://mw2.concord.org/tmp.jnlp?address=http://www1.unipa.it/flor/MW/Mixtures_1.cml].

LA QUANTITÀ DI SOSTANZA (O QUANTITÀ CHIMICA) E LA SUA UNITÀ DI MISURA LA MOLE: LA LORO STORIA E LE NOVITÀ NEL NUOVO SISTEMA INTERNAZIONALE

Sergio Stoccoro

Università degli Studi di Sassari

E-mail: stoccoro@uniss.it

Il *Sistema Internazionale delle Unità di Misura*, abbreviato in **SI**, è il più diffuso tra i sistemi di unità di misura, condiviso da tutti i paesi che aderiscono alla *Convenzione del Metro*, stipulate nel 1875 dai rappresentanti di 17 paesi e che oggi annovera 60 stati membri e 42 stati associati. Con esso è possibile esprimere tutte le misurazioni servendosi di *unità di base* o *fondamentali*. Il Sistema Internazionale risulta essere un sistema coerente in quanto le unità derivate si ricavano come prodotto o rapporto delle sue unità fondamentali. La Convenzione del Metro pose le fondamenta per un sistema di unità di misura comune a tutti che dal 1960 è diventato *Sistema Internazionale*. Dal 1971 il SI comprende *sette unità di misura di base* riferite ad altrettante *grandezze fisiche di base*:

Unità di misura di base	Grandezze fisiche di base
metro (m)	lunghezza
kilogrammo (kg)	massa
secondo (s)	tempo
ampere (A)	intensità di corrente
kelvin (K)	temperatura termodinamica
mole (mol)	quantità di sostanza
candela (cd)	intensità luminosa

La metrologia (scienza delle misure) è in *costante evoluzione*: nel 1875 le unità di base erano solo tre, metro, chilogrammo e secondo. Negli anni furono aggiunti il kelvin, l'ampere, la candela e la **mole**, introdotta nel 1971 come unità di misura della grandezza **quantità di sostanza** o **quantità chimica**.

L'ultimo cambiamento, deciso ed approvato nel novembre 2018 durante la 26^a Conferenza Generale dei Pesi e Misure (CGPM), è stata la *ridefinizione di Quattro unità di misura di base SI in termini di costanti fondamentali della fisica*, alla quale hanno lavorato molti scienziati assicurando *campioni di riferimento* più precisi, più stabili e riproducibili ovunque.

La ridefinizione del Sistema Internazionale delle Unità di Misura, denominata "**Nuovo SI**" ed entrata in vigore il 20 maggio 2019, formula *definizioni costanti-esplicite* di tutte e sette le unità fondamentali. Le nuove definizioni delle quattro unità di base, chilogrammo (**kg**), mole (**mol**), ampere (**A**) e kelvin (**K**), sono formulate fissando rispettivamente i valori numerici di quattro importanti costanti fisiche: **costante di Planck** (h), **costante di Avogadro** (N_A), **carica elementare** (e) e **costante di Boltzmann** (k). Le definizioni delle altre tre unità di base,

il secondo (s), il metro (m) e la candela (cd) erano già state rivedute e riformulate in questa nuova forma fissando il valore numerico della *frequenza di transizione iperfine* del ^{133}Cs ($\Delta\nu_{\text{Cs}}$), della *velocità della luce nel vuoto* (c) e dell'*efficacia luminosa della radiazione monocromatica* 540 THz (K_{cd}) rispettivamente.

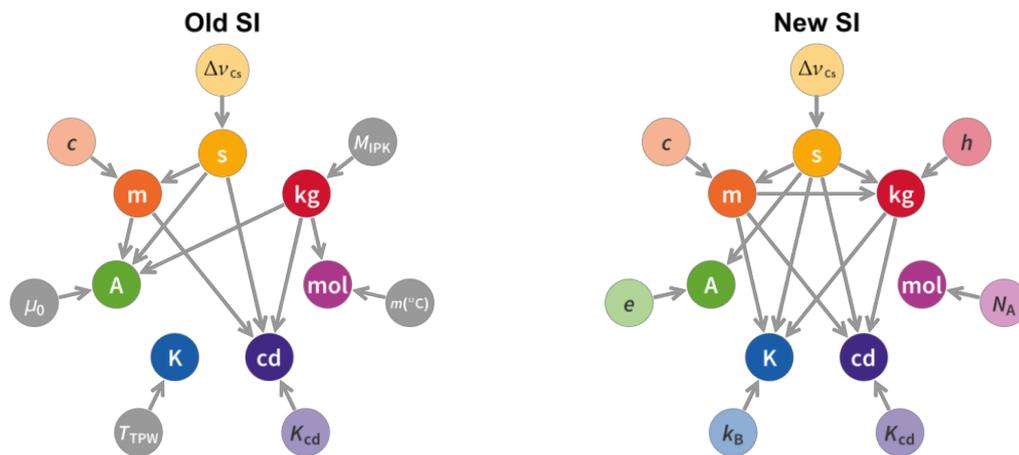


Figura 1. Vecchio (sinistra) e nuovo (destra) SI

Lo slancio a questa ultima nuova versione delle unità SI era partito dall'esigenza di ridefinire il chilogrammo, unità fondamentale della massa che ancora dipendeva da un artefatto, un cilindretto di platino-iridio noto come *chilogrammo prototipo internazionale* (IPK) conservato presso l'Ufficio Internazionale dei Pesì e delle Misure (Bureau International de Poids et Mesures, BIPM) a Sevres vicino a Parigi. Nonostante le rigorose condizioni di conservazione, la massa dell'IPK non era risultata invariabile. Infatti, le masse di chilogrammi prototipo, copie dell'IPK, mantenute nei vari laboratori metrologici nazionali e calibrate rispetto all'IPK, erano risultate lievemente, ma in modo significativo, diverse da esso infrangendo il requisito di invarianza degli *standard* per le unità di base. Nel frattempo, i progressi in diversi settori della tecnologia avevano ridotto le incertezze nelle misure delle costanti fondamentali, come h e N_A , a un punto tale che il chilogrammo poteva essere definito in modo più preciso in termini di una di queste costanti. Allo stesso tempo i metrologi avevano ritenuto opportuno ridefinire le altre tre unità di base, il kelvin, l'ampere e la mole, costruendo così un sistema in cui tutte e sette le unità fondamentali risultavano definite in termini di costanti fondamentali.

Nel *nuovo SI* non cambia né il nome delle unità fondamentali né quello delle corrispondenti grandezze. In termini di precisione delle misure tipicamente impiegate in contesti didattici non sono cambiati né i valori delle unità di base o delle costanti ad esse collegate, né le procedure pratiche per effettuare misurazioni nel laboratorio didattico.

Per la chimica tutte e quattro le unità appena ridefinite in termini di costanti sono importanti anche se la mole e il chilogrammo giocano un ruolo preminente rispetto al kelvin e all'ampere. La mole in particolare è l'unità fondamentale SI che è propria della chimica ed è utilizzata principalmente dai chimici. Vediamo come è cambiata la definizione nel passare dal *vecchio SI* al *nuovo SI* percorrendo un breve percorso storico.

Nel 1900 Ostwald, che non credeva all'ipotesi atomica e che accettò più tardi nel 1908, introduce il concetto di "mole". Mentre cerca di determinare la formula chimica dell'acqua ossigenata per via crioscopica usa ripetutamente il termine "quantità di sostanza" identificata come massa, e definisce quindi la "mole" come il peso molecolare espresso in grammi. Ostwald identifica quindi la mole come una massa in accordo alla teoria equivalentista di Richter, ma in disaccordo con l'interpretazione delle reazioni chimiche

basate sull'ipotesi atomico-molecolare di Dalton e Avogadro. La parola "mole" in latino significa "grande massa" ("mole"), al contrario di molecola (piccola massa), quindi la "mole" era una massa. Ma la soluzione data dalla teoria atomico-molecolare al problema delle relazioni quantitative nelle reazioni chimiche è basato sul significato di cosa sia una reazione, simboleggiata da un'equazione che contiene le formule chimiche di atomi e molecole delle sostanze che reagiscono. In accordo a ciò esistono rapporti di combinazione tra le particelle dei reagenti e i prodotti di reazione, indicate dai coefficienti che precedono le formule chimiche (coefficienti stechiometrici). Conoscendo le masse delle particelle coinvolte in una reazione è possibile dedurre le masse e le relazioni volumetriche delle sostanze che si combinano. Esprimere queste masse in grammi portò alla comparsa di concetti quali *grammo-atomo*, *grammo-molecola*, *grammo-equivalente* e *grammo-formula* con lo scopo di far convergere il punto di vista di Richter con la visione atomico-molecolare delle reazioni chimiche. Solo con l'introduzione della grandezza "**quantità di sostanza**" la teoria atomico-molecolare arrivò a spiegare completamente il problema delle relazioni quantitative, più interessata a stabilire la relazione tra quantità di particelle coinvolte in una reazione. Tuttavia, da questa relazione sub-microscopica di entità elementari che si combinano si può ottenere, a livello macroscopico, la relazione tra masse o volumi di combinazione delle sostanze reagenti. L'introduzione della grandezza "quantità di sostanza" rende più facile il conteggio delle entità elementari. Poiché è impossibile contare direttamente le particelle, questo deve essere fatto in modo indiretto: *stabilendo confronti di masse o volumi*. Nel 1961 la "quantità di sostanza" acquisì, su raccomandazione della IUPAP (Unione Internazionale di Fisica Pura e Applicata), il grado di *grandezza fondamentale*. Allo stesso tempo la **mole**, simbolo **mol**, ne diventava l'unità fondamentale. La "mole" fu quindi definita come *la quantità di sostanza, che contiene lo stesso numero di molecole (o ioni, o atomi o elettroni, a seconda dei casi), quanto sono gli atomi in esattamente 12 grammi (esattamente) del nuclide di carbonio ¹²C*. In seguito, la IUPAC (Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata) adottò nel 1965, una raccomandazione quasi identica sottolineando che la "quantità di sostanza" dovesse essere una grandezza diversa dalla massa. La definizione di "mole" si è evoluta e ora si riferisce alla grandezza "quantità di sostanza" di cui essa è l'unità di misura. Pertanto, nel 1971, la 14a Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) stabilì:

La mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 chilogrammi di carbonio-12; il suo simbolo è mol. Quando la mole è usata, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o specificati gruppi di tali particelle. Nel 1980 fu aggiunto: In questa definizione, si deve intendere che gli atomi di carbonio-12 sono non legati, a riposo e nel loro stato fondamentale.

Da questa definizione segue che la massa molare (grandezza intensiva ottenuta dividendo la massa per la quantità di sostanza: $M = m/n$) del carbonio-12 è esattamente 12 g/mol:

$$M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$$

La definizione determina anche il valore della costante universale che lega il numero di entità alla quantità di sostanza di ogni campione. Questa costante è chiamata **costante Avogadro**, simbolo N_A . Se $N(X)$, denota il numero di entità X in uno specifico campione e se $n(X)$ denota la quantità di sostanza delle entità X nello stesso campione la relazione risultante è:

$$n(X) = N(X)/N_A$$

La IUPAC raccomanda sempre di chiamare "quantità di sostanza", o "quantità chimica", la grandezza a lungo utilizzata senza un nome proprio semplicemente come "numero di moli" e di indicare chiaramente il tipo di entità elementari; la quantità di sostanza è proporzionale al numero di entità elementari specifiche di quella sostanza; il fattore di proporzionalità è lo

stesso per tutte le sostanze ed è il *reciproco della costante Avogadro*. Le entità elementari possono essere scelte come particelle individuali fisicamente convenienti, non necessariamente reali. Poiché la quantità di sostanza e tutte le grandezze fisiche che ne derivano dipendono da questa scelta, è essenziale specificare le entità per evitare ambiguità. Questa grandezza che come già detto prima è una delle sette grandezze fondamentali del SI risulta chiaramente diversa dalla massa, dal volume e dal numero di particelle.

È importante a questo proposito sottolineare due fatti:

- (1) il concetto di "mole" è stato introdotto da Ostwald, all'inizio del XX secolo, con un significato di massa, in un contesto di scetticismo nei confronti dell'ipotesi atomica di Dalton
- (2) storicamente, il concetto di "mole" è stato introdotto prima della grandezza "quantità di sostanza" della quale è l'unità di misura.

Questo, insieme all'evoluzione subita dal suo significato, spiega la controversia su questi concetti. Non deve sorprendere quindi che alla grandezza "quantità di sostanza" sia stato dato agli inizi un significato di massa, come mostrato dall'analisi di testi di chimica. Tuttavia, al giorno d'oggi la comunità scientifica, attraverso la IUPAC, attribuisce alla *mole* un significato diverso: è *l'unità della grandezza che serve a esprimere il numero di entità (pur non essendo semplicemente un numero) ovvero la numerosità di un sistema*.

Per chiarire meglio il concetto supponiamo di avere due set di mattoncini Lego costituito ognuno da dieci mattoncini. Nel primo set i mattoncini sono tutti uniti in un unico blocco mentre nel secondo essi sono tutti separati. In una bilancia i due piatti contenenti i due set di mattoncini sarebbero in equilibrio mentre in un ipotetico "molometro" i piatti penderebbero dalla parte di quello contenente i dieci mattoncini. Quindi la massa non è sufficiente a descrivere la differente numerosità dei due set ed è per questo che è necessaria, ritornando alle entità elementari, la grandezza quantità di sostanza.

Bisogna però fare attenzione a distinguere tra '**quantità di sostanza**' (n), **massa** (m), **volume** (V) e **numero di entità elementari** (N). Nella figura 2 sono state indicate le corrispondenti espressioni operative che mettono in relazione m , V e N (dove M è la massa molare, V_m il volume molare e N_A la costante Avogadro).

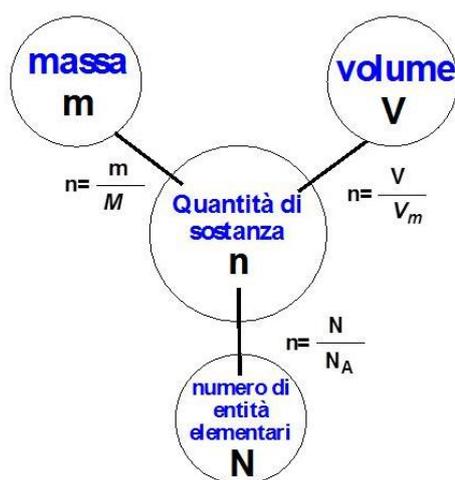


Figura 2. Relazioni operative fra massa (m), volume (V) e numero di entità elementari (N)

La grandezza "quantità di sostanza" è definita in relazione alla massa, al volume o al numero di entità elementari contenute in una particolare sostanza, ma non può essere identificata con nessuno di questi termini, cioè:

$$n \neq m, n \neq V \text{ e } n \neq N$$

La definizione iniziale di Ostwald (1900), che identificava la "mole" con peso normale o molecolare di una sostanza espresso in grammi, potrebbe essere considerata una definizione radicata nell'equivalentismo richteriano in cui la grandezza "quantità di sostanza" è identificata con la grandezza "massa". Le moderne espressioni della grandezza "quantità di sostanza" si riferiscono a nuove definizioni di tipo funzionale e relazionale. In effetti, quando ci riferiamo alla grandezza 'quantità di sostanza' come quella grandezza che serve per "contare" (in modo macroscopico) entità elementari, stiamo indicando a cosa serve. Le definizioni operative sono espresse attraverso le relazioni con la massa, il volume o il numero di entità elementari, dove sono stabiliti i collegamenti di 'n' con 'm', 'V' o 'N', e corrisponderebbero a definizioni di tipo relazionale. In questo caso non è possibile stabilire una definizione di tipo operativo (attraverso uno strumento per la misura diretta di "quantità di sostanza", l'ipotetico molometro), sebbene sia possibile misurarla in modo indiretto ad esempio con una bilancia.

In pratica alla domanda quanta sostanza c'è in un campione si può rispondere in diversi modi. Facciamo un esempio: supponiamo di avere un cilindro del volume di due litri che contiene acqua per il 90% della sua capacità. Quanta acqua abbiamo? Come volume la risposta è di 1,8 L. Considerando che poi la densità dell'acqua vale 1 Kg/L possiamo rispondere come massa 1,8 Kg. Infine, come quantità chimica 100 mol. Di questi tre modi di esprimere quanta acqua è presente nel cilindro i primi due sono quelli più alla portata di tutti mentre il terzo modo risulta il più misterioso perché fa riferimento al mondo sub microscopico in cui quel campione di acqua è considerato costituito da molecole di acqua. Quindi tra due campioni di sostanze diverse si potrà avere ugual massa ma differente quantità di sostanza ovvero diversa *numerosità nel campione*.

Per essere più chiari se prendiamo due masse uguali di acqua e glucosio (es. 1800 g) il campione di acqua espresso come quantità chimica sarà di 100 mol mentre per il campione di zucchero si avranno solo 10 mol. C'è più acqua o più glucosio? Come massa sono uguali e i due piattelli della bilancia rimarranno in equilibrio, ma come quantità chimica saranno diversi e i piattelli dell'ipotetico molometro penderanno dalla parte dell'acqua.

Con la nuova definizione entrata in vigore nel maggio 2019 la mole è così definita: **La mole, simbolo mol, è l'unità SI della quantità di sostanza. Una mole contiene esattamente $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entità elementari. Questo numero è il valore numerico fissato della costante Avogadro, N_A , quando espresso in mol^{-1} , ed è chiamato il numero Avogadro.**

La quantità di sostanza, simbolo n, di un sistema è una misura del numero di entità elementari specificate. Un'entità elementare può essere un atomo, una molecola, uno ione, un elettrone, qualsiasi altra particella o un gruppo specificato di particelle.

Questa definizione implica la relazione esatta $N_A = 6.022\ 140\ 76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ senza errore quindi. La mole può essere espressa direttamente in termini della costante che la definisce come:

$$1 \text{ mol} = \frac{6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}}{N_A}$$

Questa nuova definizione della mole in termini dell'esplicito numero di entità elementari rispecchia molto il modo in cui, per molto tempo, la mole è stata descritta in molti libri di testo e si adatta meglio al modo in cui molti chimici, insegnanti di chimica e studenti di chimica la comprendono. Sia ben chiaro, però, che come noi possiamo scrivere:

$$\text{numero di uova} = 2 \text{ dozzine} = 24$$

non possiamo scrivere

$$\text{numero di molecole} = 2 \text{ mol} = 12.0 \times 10^{23}$$

Possiamo scrivere soltanto:

$$\text{numero di molecole} = 12.0 \times 10^{23}$$

oppure

quantità di sostanza = 2 mol

evidenziando che *mol* è l'unità della grandezza *quantità di sostanza*. In questa maniera, avendo la *quantità di sostanza* una sua propria dimensione distinta dal numero di entità, si estende l'algebra delle grandezze (analisi dimensionale) alla chimica. La nuova definizione considera anche il *numero Avogadro*, così come la *costante Avogadro*, un termine spesso non usato dai chimici:

$$n = N/N_A$$

In questo modo si chiarisce la differenza tra costante Avogadro e numero Avogadro che fu determinato sperimentalmente per la prima volta da Perrin, agli inizi del 900. Perrin chiamava costante di Avogadro quello che attualmente è considerato il numero Avogadro (costante perché aveva lo stesso valore per tutte le sostanze): "*Ogni due grammi-molecole [di sostanze diverse] contengono lo stesso numero di molecole*" e "*questo numero invariabile N è una costante universale, che può essere opportunamente designata come Costante di Avogadro*".

Una conseguenza di questo cambiamento nella nuova definizione di mole è che la relazione attualmente definita tra la massa dell'atomo di ^{12}C , il dalton, il chilogrammo (o il grammo) e il numero Avogadro non sarà più valida. Una delle seguenti relazioni deve cambiare:

- La massa di un atomo ^{12}C è esattamente 12 dalton: $m_a(^{12}\text{C}) = 12 \text{ Da}$
- Il numero di dalton in un grammo è esattamente il valore numerico della Costante di Avogadro cioè:

$$1 \text{ g/Da} = 1 \text{ mol} = N_A$$

La 9ª brochure SI (maggio 2019) riporta come valida la *prima affermazione* rendendo la seconda non più vera. La costante di massa molare, M_u , è sempre 1 g/mol , dentro l'accuratezza richiesta nella pratica chimica, sebbene ora con incertezza diversa da zero:

$$M = (m/n) M_u$$

In altre parole, l'errore è talmente piccolo che può essere trascurato per cui M_u continuerà a corrispondere a 1 g/mol . Questo vuole dire che i cambiamenti operati sulla mole sono rivoluzionari, ma rassicuranti allo stesso tempo perché i risultati delle misurazioni saranno espressi allo stesso modo e le misurazioni della quantità di sostanza daranno gli stessi risultati prima e dopo la revisione dentro ogni incertezza sperimentale.

Accanto alla mole, il chilogrammo è l'unità base SI più rilevante per la didattica chimica, soprattutto a livello introduttivo fase, perché la bilancia è tra i primi strumenti più frequentemente utilizzati nel laboratorio didattico. (Il chilogrammo è l'unità base di massa SI, ma il grammo è l'unità incontrata più frequentemente in laboratorio.) Il chilogrammo è ora definito impostando un valore fisso per la costante di Planck:

Il chilogrammo, simbolo kg, è l'unità di massa SI. Si definisce prendendo il valore numerico fissato della costante di Planck h pari a $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ quando espresso nell'unità J s , che è uguale a $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}$... (il metro e il secondo essendo già stati definiti).

La revisione ha quindi convertito il chilogrammo da una delle unità SI concettualmente più semplici da comprendere a una delle più complesse. A dire il vero, il vecchio artefatto presentava seri inconvenienti dovendo fare un lavoro con alta precisione e le considerazioni principali della ridefinizione erano giustamente la precisione piuttosto che la chiarezza pedagogica. Tuttavia, la definizione del chilogrammo da parte dell'IPK ha avuto il vantaggio pedagogico di esprimere molto direttamente la nozione di misurazione come confronto con uno standard. La nuova definizione può essere resa esplicita formalmente usando l'algebra per risolvere per 1 kg:

$$1 \text{ kg} = \frac{h}{6.62607015 \times 10^{-34}} \text{ m}^{-2} \text{ s}$$

Questa equazione è più diretta della versione costante-esplicita ufficiale, ma è ancora piuttosto inadeguata pedagogicamente poiché definisce quella che dovrebbe essere una grandezza familiare, il chilogrammo, in termini di una meno familiare, la costante di Planck. Tuttavia, l'equazione è molto più semplice della fisica necessaria per collegare la costante di Planck alla massa in qualsiasi modo concettuale.

La definizione riveduta del chilogrammo è stata contrastata da alcuni chimici in parte per motivi pedagogici e in parte perché una definizione in termini di invarianti microscopici come la massa del ^{12}C o ^{28}Si sembrava essere un'alternativa più semplice e logica. Tali argomenti non hanno persuaso tuttavia la comunità metrologica.

Il concetto di misurazione come confronto con uno standard è facilmente illustrato per lunghezza (confrontando la distanza tra due segni con un'asta di misurazione standard) e massa (usando una bilancia a due piattelli con la massa del campione e masse standard). Gli standard sono facilmente correlati alle unità; infatti, gli standard spesso hanno dimensioni equivalenti a un'unità (grammo, piede, metro, ecc.) o graduati in tali unità (millilitro, centimetro, ecc.). Nessuno di questi apparati concettuali cambia con il nuovo SI. Ciò che cambia, tuttavia, è la relazione dello standard con la definizione dell'unità. Il SI riveduto definisce le sue unità di base indirettamente specificando valori fissati, non per le unità, ma per le costanti di natura correlate. Cioè, il SI riveduto è un sistema di unità costante-esplicito. Il precedente SI era un sistema unità-esplicito, in cui le unità venivano definite direttamente.

La formulazione costante-esplicita del SI, ottenuta fissando i valori di alcune costanti fondamentali della fisica risulta in un certo senso elegante. Tuttavia, l'eleganza ha un costo in trasparenza e probabilmente un costo in comprensione da parte degli studenti. Il SI riveduto rimane un sistema internazionale di unità, ma diviene un sistema le cui unità sono definite non esplicitamente, ma indirettamente.

Infine, restano invariate le normali procedure di laboratorio: anche se il chilogrammo, ad esempio, è definito dalla costante di Planck, le misurazioni macroscopiche della massa implicano ancora bilance calibrate secondo standard riconducibili all'unità definita. Pertanto, per tutti gli scopi pratici, il chilogrammo (o grammo) nel laboratorio didattico può essere operativamente definito da standard o strumenti secondari calibrati in modo tracciabile al chilogrammo ufficialmente definito.

Trattare la Costante di Avogadro (N_A), ad esempio, come una grandezza esatta piuttosto che sperimentale è una rivoluzione concettuale, sebbene non abbia alcun effetto pratico nei calcoli che coinvolgono valori numerici con incertezze tipiche sperimentali. Nei comuni calcoli chimici, l'incertezza dei dati (masse, volumi, concentrazioni, ecc.) è molto maggiore di quella delle costanti coinvolte nel calcolo.

Lo spostamento di prospettiva non è interamente in una direzione. Alcune grandezze che erano esatte sotto il precedente SI ora hanno (piccole) incertezze sperimentali associate a loro. Per i chimici, la più importante di queste era la costante di massa molare, M_u , g/mol, una costante della quale molti studenti di chimica e probabilmente molti chimici praticanti sono all'oscuro. Sotto il precedente SI, il valore numerico della massa molare in grammi su mole (g/mol) era esattamente uguale al valore numerico della corrispondente massa atomica o molecolare in unità di massa atomica unificata. Questa relazione era esatta perché il ^{12}C era usato per definire sia l'unità SI la mole che l'unità di massa atomica unificata (non-SI), u (nota anche come m_u , o dalton, Da). Ora la massa molare di ^{12}C diviene un valore sperimentale, la massa a riposo di esattamente $6.02214076 \times 10^{23}$ atomi di ^{12}C , mentre la massa atomica di ^{12}C è ancora esattamente 12 Da. Il rapporto della massa molare di ^{12}C in grammi su mole rispetto alla massa atomica di ^{12}C in dalton è molto vicino a 1 (entro circa 5 parti in 10^{10}), ma non esattamente 1 (questo elevato livello di precisione non è determinato usando una bilancia, ma piuttosto uno spettrometro di massa).

Per concludere ci sono un certo numero di vantaggi dovuti all'introduzione, già nel 1971, delle misurazioni chimiche (quantità chimica e sua unità mole) dentro il Sistema Internazionale e che permangono nella nuova forma riveduta del SI. In particolare, la grandezza quantità chimica è direttamente proporzionale al numero di entità in un campione di sostanza. Questo è di fondamentale importanza per i chimici per descrivere le reazioni chimiche in termini stechiometrici senza ricorrere alle masse. Inoltre, come già detto, la distinzione tra quantità chimica e numero di entità permette di applicare anche alla chimica quello strumento potente che è l'analisi dimensionale. Inoltre, la nuova definizione di mole rimuove ogni legame tra massa e quantità di sostanza: la mole non si baserà più su altre unità. Essa sarà legata chiaramente a un conteggio in un modo tale che la costante Avogadro agisce da costante di proporzionalità legando il numero delle entità elementari con la grandezza fisica quantità di sostanza.

Tematica 3

*La Chimica nella Scuola Primaria e
Secondaria di Primo Grado*

INTRODUZIONE ALLA TEMATICA

Coordinatori: *Maria Funicello e Francesca Turco*

E-mail: maria.funicello@unibas.it; francesca.turco@unito.it

In un succinto ma denso paragrafo le Indicazioni Nazionali e Nuovi Scenari del febbraio 2018 illustrano gli elementi focali delle abilità e obiettivi previsti al termine della Scuola Primaria nell'ambito del pensiero scientifico:

"In ambito scientifico, è fondamentale dotare gli allievi delle abilità di rilevare fenomeni; porre domande; costruire ipotesi; osservare, sperimentare e raccogliere dati; formulare ipotesi conclusive e verificarle. Ciò è indispensabile per la costruzione del pensiero logico e critico e per la capacità di leggere la realtà in modo razionale, senza pregiudizi, dogmatismi e false credenze. Per il conseguimento di questi obiettivi è indispensabile una didattica delle scienze basata sulla sperimentazione, l'indagine, la riflessione, la contestualizzazione nell'esperienza, l'utilizzo costante della discussione e dell'argomentazione.

Su tali caposaldi dovrebbero essere strutturati i corsi di Didattica delle Scienze nei corsi di Studio in Scienze della Formazione Primaria, corsi a Ciclo Unico abilitanti che costituiscono ad oggi il percorso di accesso all'insegnamento nella Scuola Primaria, e sebbene questo sia atteso in numerose sedi in alcune altre i contenuti disciplinari sono forse ancora dominanti sull'aspetto didattico. Le indicazioni ministeriali ben ripropongono lo stato dell'arte della ricerca in didattica in ambito Scuola Primaria sottolineando quelli che sono oramai punti fermi e ampiamente condivisi: l'utilizzo di metodologie attive, interattive, laboratoriali, la costruzione del pensiero logico, critico, autonomo nell'osservazione della realtà. Gli argomenti dei percorsi laboratoriali (laboratorio inteso in maniera flessibile e ampia, spesso si tratta semplicemente dell'aula) insistono sui nuclei fondanti causa/effetto - struttura/composizione - proprietà - trasformazioni - energia, riguardano le scienze in maniera integrata e tipicamente comprendono:

- 1) oggetti e materiali, manipolare, classificare
- 2) miscugli omogenei ed eterogenei, mescolare e separare, le soluzioni
- 3) stati di aggregazione della materia e passaggi di stato
- 4) le trasformazioni chimiche, acidi, basi e sali, gli indicatori
- 5) alimenti, educazione alimentare.

Una questione invece ancora ampiamente dibattuta è l'opportunità o meno di introdurre il modello particellare già in quest'ordine scolastico; alcune scuole di ricerca in didattica sostengono l'opportunità di rinviare la necessaria astrazione ai gradi scolastici successivi, altre sono favorevoli all'utilizzo di un modello eventualmente semplificato che preveda un generico concetto di "particelle" per la spiegazione delle trasformazioni almeno di carattere fisico, qualche studio si spinge fino alla differenziazione atomo/molecola, negli ultimi casi con l'ausilio di tecniche di visualizzazione che vanno dal filmato al mondo virtuale. Riguardo allo sviluppo tecnologico è da sottolineare come questo abbia indubbiamente aperto nuove possibilità, ma contestualmente abbia reso necessario fornire strumenti cautelativi ed interpretativi, ai bambini così come ai futuri insegnanti, cenni di epistemologia dovrebbero illustrare le procedure conoscitive della scienza al fine di caratterizzare le spiegazioni "scientifiche" come quelle basate *su fatti comprovati*. Dalla definizione ufficiale delle otto competenze-chiave nella Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006:

"La competenza in campo scientifico si riferisce alla capacità e alla disponibilità a usare l'insieme delle conoscenze e delle metodologie possedute per spiegare il

mondo che ci circonda sapendo identificare le problematiche e traendo le conclusioni che siano basate su fatti comprovati.”

Con l'eccezione del caso dell'Insegnamento nella scuola primaria, che come ricordato prevede un percorso ad hoc, le attuali modalità di accesso alla professione docente prevedono il possesso di un diploma di Laurea Magistrale di tipo disciplinare e il possesso di 24 CFU curricolari o aggiuntivi, nelle discipline antropo-psico-pedagogiche e in quelle concernenti le metodologie e tecnologie didattiche.

Focalizzando l'interesse sulle nuove classi di concorso (D.L. 19/2016 integrato con DM 259/2017), si nota che i chimici, oltre che nell'attuale A-34, possono insegnare anche nelle seguenti altre:

A-28 (ex-A059): Matematica e Scienze nella scuola media;

A-31 (ex-A057) Scienza degli alimenti

A-50 (ex-A060): Scienze naturali, chimiche e biologiche

A-60 (ex-A033): Tecnologie nella scuola media

In particolare, per la classe A-28 che riguarda l'insegnamento di Matematica e Scienze nella Secondaria di I grado si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le Scienze nella Secondaria di I grado vengono considerate unite mentre dal biennio successivo (Istituti Superiori) vengono studiate in modo separato
- La Chimica quindi fa parte dei programmi di Scienze e va considerata in sinergia con le altre materie dello stesso ambito: Biologia, Fisica, Scienze della Terra.
- Dal punto di vista pedagogico l'età dei ragazzi-studenti della Secondaria di I grado è particolare: problemi legati allo sviluppo fisico e cognitivo, grande curiosità, irruenza....
- Non hanno ancora una visione della scienza come qualcosa di riservato agli specialisti, che lavorano in laboratori dotati di strumenti sofisticati, ma sono affascinati da questo mondo misterioso.

Da una parte, è un'età difficile e, dall'altra, con grandi potenzialità: come sfruttarle? Forse è il momento giusto per far comprendere il valore sociale della scienza e il suo ruolo come motore di sviluppo civico, tecnico, economico.

Ipotesi: mettere la Chimica al centro e evidenziare i collegamenti con le altre discipline utilizzando anche a supporto opportune attività sperimentali.

Ad esempio, è facile collegare la Chimica alla Fisica, utilizzando gli stati di aggregazione della materia e parlando di movimento delle molecole, di cosa è un legame e quale è la differenza tra atomi e molecole. Un altro facile collegamento può essere fatto con la Biologia, parlando della fotosintesi, dei carboidrati e delle proteine. Siccome i carboidrati e le proteine sono macromolecole di struttura polimerica si può fare un collegamento ai polimeri di sintesi. Si possono anche effettuare piccoli esperimenti per consolidare le idee, esperimenti che non richiedano necessariamente l'uso del *laboratorio* inteso classicamente, ma inteso anche come spazio virtuale e quindi uso delle tecnologie digitali, perché non è solo un luogo fisico dove si applicano le conoscenze teoriche, ma è una metodologia didattica innovativa che coinvolge tutte le discipline.

Attività laboratoriale proposta per la classe A-28 - Criteri di scelta degli esperimenti:

1. interdisciplinarietà degli argomenti
2. facilità di esecuzione
3. materiali poco costosi e non tossici

Qualche ipotesi...

(a) ricerca delle proteine; (b) nanoparticelle di ferro nei succhi di frutta; (c) azione digestiva dell'ananas; (d) componenti delle ossa; (e) amido e cellulosa

Come si può notare, le relazioni presentate all'interno di questa tematica si sono focalizzate proprio sui punti qui evidenziati.

VISUALIZZAZIONE DEI CONCETTI ASTRATTI IN 3D: LA CHIMICA NEI MONDI VIRTUALI

Michelina Occhioni

International School of Advanced Studies, Unicam Camerino

E-mail: michelina.occhioni@unicam.it

Abstract. Chemland è una delle isole di Techland, un mondo virtuale basato sulla piattaforma software open-source OpenSimulator dedicato alle STEM e pensato per studenti delle scuole medie. Vi si accede mediante un avatar che nel mondo esplora, crea ed interagisce con oggetti ed altri avatar.

Chemland nasce dall'esigenza di rendere più ludico l'approccio degli studenti alla chimica nei suoi vari aspetti come la storia, i nuclei fondanti e le applicazioni. Altre isole tematiche ospitano installazioni di grandi dimensioni, come impianti chimici e di riciclo o progetti temporanei.

Introduzione

La chimica studia la struttura, le proprietà della materia e le sue trasformazioni e spazia dal mondo microscopico degli atomi e loro leggi alle applicazioni dei materiali naturali e sintetici utilizzati dall'uomo. La Chimica è intorno a noi nei fenomeni naturali, come la fotosintesi e la combustione e nei prodotti di sintesi strategici per la nostra civiltà, come fertilizzanti, materie plastiche, detergenti, medicinali e altro ancora. È anche dentro di noi, perché il corpo umano è una straordinaria macchina chimica.

La Chimica coinvolge così tante aree della nostra vita, che ogni studente dovrebbe essere indirizzato a sviluppare interesse e curiosità per essa, non solo coloro che sono coinvolti in studi scientifici.

Sfortunatamente, molti studenti pensano che lo studio della chimica sia troppo astratto, o troppo "matematico", e non percepiscono la sua rilevanza in tutti gli aspetti della realtà.

La sfida per il docente è quindi rendere tangibile, già nella scuola dell'obbligo, l'importanza della chimica attraverso aspetti pratici e vicini al vissuto del giovane studente: "Come funzionano i detergenti?", "Perché le cipolle fanno piangere?", "Come la farina si trasforma in pane"? Rispondendo a queste semplici domande, è possibile creare punti di contatto fra la Chimica e la vita quotidiana degli studenti.

Nella scuola secondaria di primo grado, è essenziale enfatizzare gli aspetti qualitativi della Chimica, piuttosto che quelli quantitativi, cercando di rendere più tangibili i concetti astratti, per poi sistematizzare e generalizzare i concetti negli studi successivi.

Il mondo virtuale qui presentato è **Techland**, un arcipelago di isole dedicate alla Matematica, alla Chimica, alle Geoscienze e alla Biologia, per un target di alunni di Scuola Secondaria di primo grado [1]. Techland è di proprietà dell'autore ed è basato su una piattaforma 3D multiutente chiamata Opensimulator, adatta per creare scenari 3D ed ambienti di apprendimento innovativi. È accessibile tramite un viewer (un software interfaccia grafica) in forma di avatar, che nel mondo esplora, crea ed interagisce con oggetti ed altri avatar. Tramite un protocollo di comunicazione particolare chiamato Hypergrid è visitabile anche da avatar provenienti da altri mondi virtuali simili (il suo indirizzo di login è <http://techlandgrid.it:8002>). Per come è configurato, quindi, Techland ha le caratteristiche tipiche di un ambiente di apprendimento costruttivista [2].

Chemland, una panoramica

Chemland è una delle isole di Techland (Figura 1) in cui sono riuniti la gran parte degli argomenti riguardanti la Chimica, in tutti i suoi aspetti: storia, modelli, nuclei fondanti,

applicazioni. Altre isole in Techland sono collegate alla Chimica e ospitano installazioni di grandi dimensioni come impianti chimici, impianti di riciclo o progetti temporanei. Chemland si sviluppa su più livelli di altezza. A livello del mare, Chemland è collegata ad altre isole da un sistema di piattaforme sul mare. Quest'area è una sorta di panoramica sugli aspetti generali della Chimica e delle sue applicazioni in diversi campi come plastiche, detersivi, antibiotici o additivi alimentari.

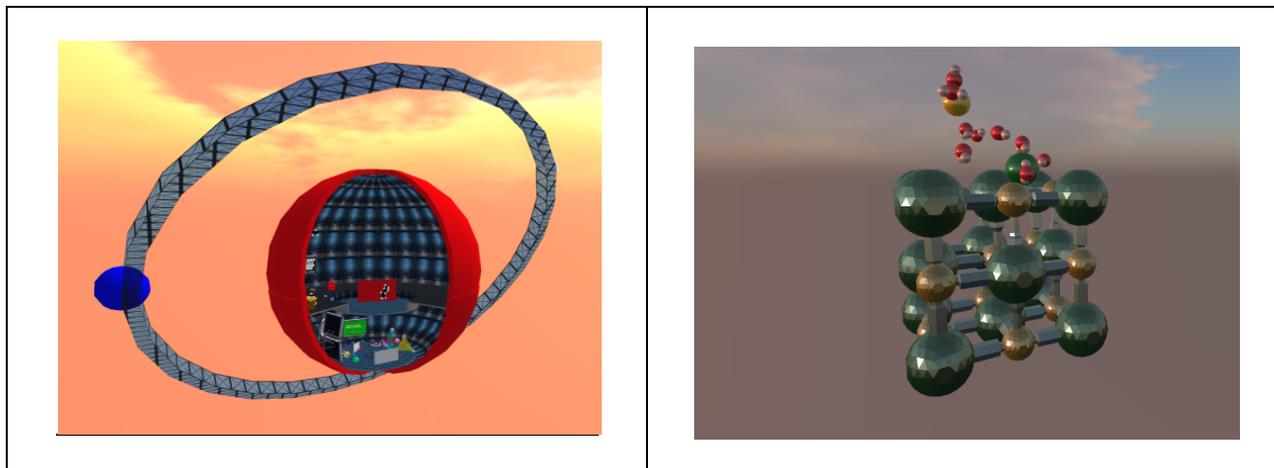


Figura 1. L'aula della struttura della materia e il Crystal Palace

A circa 1000 m sul livello del mare, un atomo gigante è l'aula della struttura della materia dove sono raccolti oggetti interattivi relativi alla struttura atomica, ai vari tipi di legami, alla formazione delle molecole e alle reazioni.

Poco più in alto c'è un palazzo a forma di un enorme cristallo di cloruro di sodio, composto da ventisette sfere, che rappresentano ioni sodio e cloruro collegati da tunnel (legami) nelle tre direzioni. Le sfere a diverse altezze sono raggiungibili tramite ascensori. Il "Crystal Palace" ospita attualmente alcuni progetti temporanei e sarà in futuro destinato ad argomenti relativi alla struttura e alla chimica di minerali.

In tutta l'isola sono presenti:

- learning objects realizzati da insegnanti e alunni
- link a risorse didattiche (siti Web esterni)
- presentazioni multimediali degli studenti
- test interattivi

Apprendimento tramite visualizzazione

In un mondo virtuale tutto viene realizzato utilizzando strumenti di modellazione del terreno, di costruzione di oggetti e un linguaggio di programmazione per animare gli oggetti.

Fin dall'inizio, i mondi virtuali, primo fra tutti Second Life seguito poi dai vari mondi virtuali Opensim-based, sono stati usati per migliorare l'apprendimento della Chimica, attraverso la visualizzazione e la rappresentazione dei concetti [3].

A Techland una delle strategie utilizzate per la visualizzazione dei concetti è stata la creazione di oggetti 3D interattivi (3D learning objects).

Nella realizzazione di questi oggetti si parte dal presupposto che la visualizzazione spaziale dei concetti facilita l'apprendimento e dà una corretta percezione dello spazio e delle trasformazioni geometriche. Quindi ogni oggetto animato diventa esso stesso un paragrafo 3D di un libro virtuale immersivo (rappresentato dal percorso didattico fatto da tutti gli oggetti) perché mostra esso stesso sia la relativa proprietà che l'informazione (Figura 2).

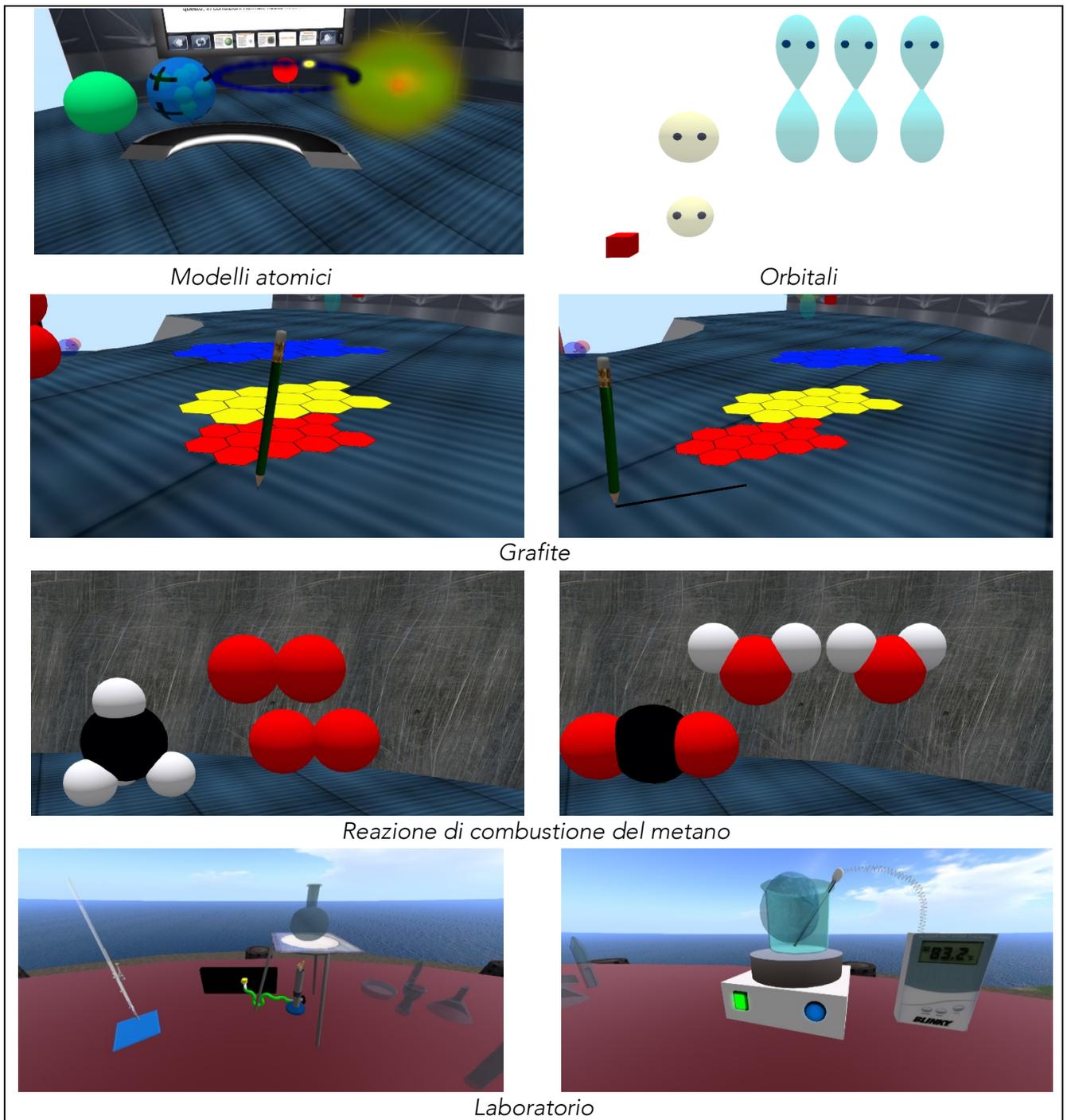


Figura 2. 3D learning objects a Chemland

Con un click del mouse è possibile interagire con tali learning objects per ottenere informazioni. Gli oggetti vengono resi interattivi inserendo al loro interno dei programmi (scripts) utilizzando il linguaggio di programmazione testuale LSL (Linden Scripting Language, simile a C + e Java) [4], oppure utilizzando un linguaggio di programmazione visuale adatto ai mondi virtuali (FS2LSL) [5], simile a Scratch [6], che coinvolge particolarmente gli studenti poiché negli ultimi anni sono state numerose le sperimentazioni del Ministero della Pubblica Istruzione nel campo del coding.

Il movimento degli oggetti o i cambiamenti di forma, di colore e di dimensione aiutano a visualizzare spazialmente in 3D concetti che altrimenti potrebbero risultare un po' ostici, specialmente nella fascia di età 11-14 anni quando il concetto di astrazione non è ancora

pienamente sviluppato. È possibile quindi già a partire dalla scuola secondaria di primo grado seguire l'andamento di una reazione, familiarizzare con il concetto di orbitale, visualizzare la struttura di una molecola, girarci intorno, verificare la lunghezza e l'angolo di legame. Usando gli strumenti della fotocamera, o camminando intorno alle molecole, gli studenti possono percepire un senso di immersione.

Nella Chimica una rappresentazione 3D è fondamentale per capire la disposizione spaziale degli atomi e l'orientazione dei legami.

A Chemland, nonostante possa sembrare un'azione un po' azzardata data l'età degli alunni, nella costruzione delle molecole si è partiti dal concetto di orbitale, ovviamente in forma semplificata, per spiegare la formazione di legami e l'andamento di semplici reazioni, utilizzando i 3D learning objects.

La forma degli orbitali e la sovrapposizione fra essi è fondamentale per comprendere il modo in cui gli atomi si legano, quindi una rappresentazione 3D degli orbitali atomici e dei concetti correlati aiuta gli studenti a capire come si formano le molecole [7]. In effetti in un mondo 3D la definizione di orbitale come la regione spaziale attorno al nucleo dove c'è la più alta probabilità di trovare un elettrone sembra particolarmente calzante.

Al contrario il modello planetario dell'atomo, che nei libri di scuola secondaria di primo grado sembra essere una verità assoluta e non, appunto, un modello, produce misconcetti negli studenti, perché non permette di comprendere pienamente come gli atomi si legano insieme e come sia la struttura della molecola risultante.

La sfida maggiore nella realizzazione del learning objects è quella di progettare le animazioni, per renderle efficaci, facilmente comprensibili, attraenti e più esplicative di qualsiasi immagine e che, nel contempo, fornissero un numero sufficiente di informazioni durante l'animazione stessa.

Dopo la costruzione di un set di oggetti correlati si testa la loro efficacia in classe, mediante lezioni virtuali sulla lavagna interattiva multimediale oppure si monitora l'attività degli alunni da casa. In questo modo si verifica l'impatto delle attività sugli alunni.

Il feedback degli alunni è la base sia per modificare gli oggetti già costruiti, che per realizzarne altri ex-novo.

Apprendimento per costruzione

L'evoluzione naturale a Chemland e nelle altre isole collegate è stata quella di far realizzare, da zero, agli alunni progetti sotto la supervisione del docente.

Un tipico progetto o argomento da sviluppare a Chemland inizia sempre con un'attività di brainstorming in classe, concentrandosi su tutti gli aspetti da approfondire. Gli studenti decidono come dividersi il lavoro, che oggetti costruire e rendere interattivi, quali contenuti realizzare come presentazioni multimediali, che scenari realizzare.

Fra i progetti realizzati dagli alunni vi è Waterland, dedicata all'acqua; la ricostruzione di un impianto virtuale di riciclaggio della plastica come elaborato finale di un progetto relativo alle materie plastiche (isola di Plastic City); un impianto di distillazione del greggio (Power City) e l'isola di Glassland, dedicata alla Chimica, alle applicazioni e al riciclo del vetro (Figura 3).

Il progetto "vetro, grande amico", realizzato dagli alunni della 2 A della Scuola secondaria A. Manzoni di San Cesario di Lecce a.s. 2017-2018 ha vinto il concorso nazionale Glasscircle indetto da Assovetro.

Per approfondimenti si rimanda al sito dell'autore www.virtualscience.it e al video <http://www.virtualscience.it/video/chemland.mp4>

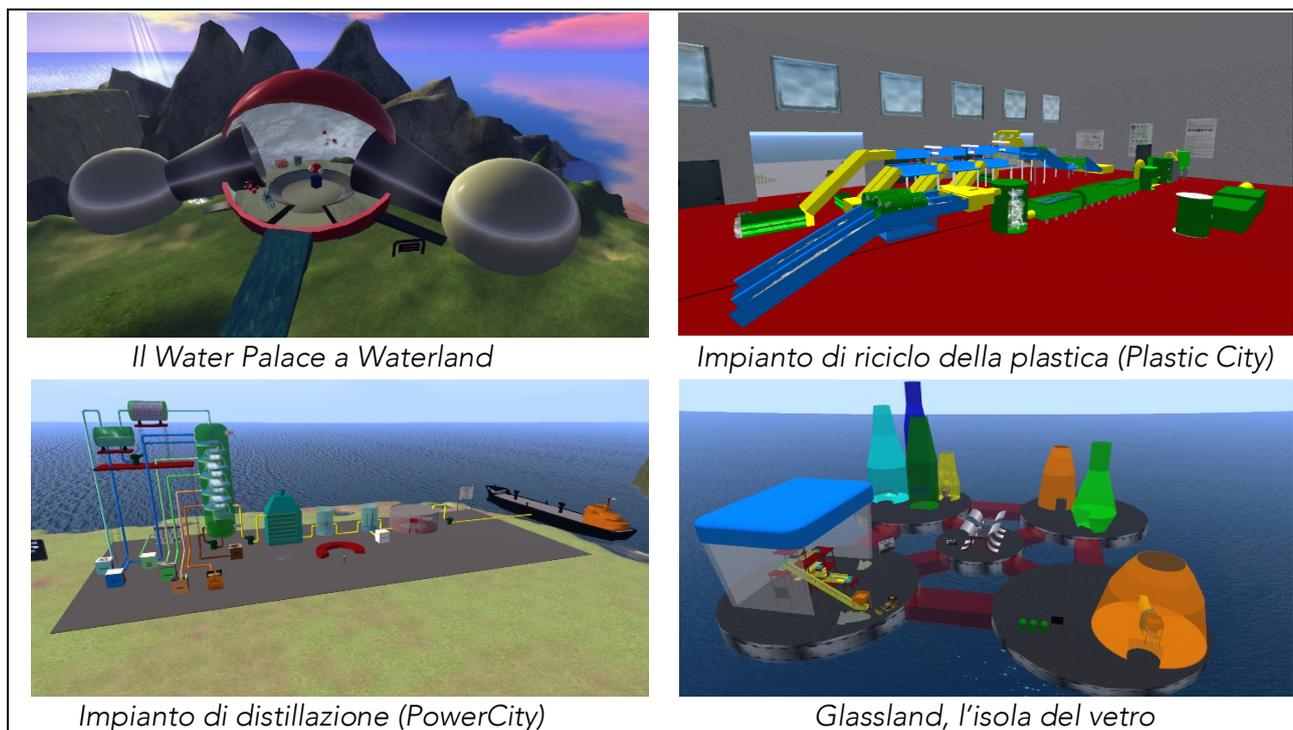


Figura 3. Altre isole di Techland collegate alla Chimica

Conclusione

L'utilizzo dei mondi virtuali per lo studio della Chimica è un mezzo potente per agevolare la comprensione dei concetti. Non vuole assolutamente sostituire la sperimentazione in laboratorio didattico, molto importante in quella fascia d'età.

Questo tipo di approccio si usa principalmente in classe, come supporto per le lezioni quotidiane dell'insegnante e in progetti a breve termine.

Nella scuola secondaria di primo grado la Chimica rappresenta una piccola porzione dell'insegnamento, e talvolta l'insegnante non dedica abbastanza tempo quanto ne meriterebbe. Quindi, a Chemland, si sta cercando di motivare gli alunni e, inoltre, di guidarli con curiosità verso una conoscenza sempre più organizzata della Chimica attraverso argomenti legati alla vita quotidiana.

Di anno in anno Chemland si è evoluta e arricchita, in base alle esigenze degli studenti, ai progetti realizzati, agli argomenti di interesse degli alunni.

Oltre alla visualizzazione dei concetti, Chemland e le altre isole dedicate alla Chimica, sono importanti come piattaforme di apprendimento collaborativo. Combinando il coding, la modellazione 3D e le attività laboratoriali hands-on, gli alunni rendono le isole veri e propri repository, acquisendo capacità di problem solving e creatività.

Bibliografia e sitografia

1. M. Occhioni, Techland, a virtual world for maths and science, *Proc. of the 3th European Immersive Education Summit*, London, **2013**, 94-99.
2. M. Occhioni, in *Handbook of Research on Collaborative Teaching Practice in Virtual Learning Environments*, (IGI Global, Hershey, **2017**), chap. 21.
3. A. SID Lang, J.C Bradley, Chemistry in Second Life, *Chemistry Central Journal*, 3:14, **2009**.
4. http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal

5. <http://inworks.ucdenver.edu/jkb/fs2lsl/release/FS2LSL.html>
6. J. Maloney et al., Scratch: A Sneak Preview, MIT Lifelong Kindergarten, available at <https://llk.media.mit.edu/papers/ScratchSneakPreview.pdf>
7. A. SID Lang, D. Kobilnyk, Visualizing Atomic Orbitals Using Second Life, *Journal of Virtual Worlds Research* 2:1 "Pedagogy, Education and Innovation in 3-D Virtual Worlds" (2009).

QUALE INSEGNAMENTO DELLE SCIENZE PER GLI ALUNNI DELLA SCUOLA PRIMARIA E SECONDARIA DI PRIMO GRADO?

Eleonora Aquilini e Antonio Testoni

E-mail: ele.aquilini6@gmail.com; ajtestoni@tin.it

Si dice, si dichiara che lo studio delle scienze promuova apertura e spirito critico. Ma è sempre così?

La scuola di ieri proponeva, e tutt'oggi spesso continua a proporre, come principale elemento strutturante delle menti, la logica delle discipline nella versione usuale che consiste nell'insieme dei risultati acquisiti. Questa logica coincide con le modalità di organizzazione di un determinato sapere affinché chi deve appropriarsene tramite lo studio, sia informato in modo rapido dei risultati oggi accreditati.

Si hanno così una serie di definizioni, spesso date come dogmi, che divengono sempre più raffinate e complesse a mano a mano che le conoscenze (teorie, leggi) riescono a stabilire nuove relazioni fra gli elementi di partenza. L'alunno entra più o meno faticosamente in tale logica ordinando il suo pensiero sullo schema che organizza la disciplina. La strutturazione del pensiero avviene imparando a ricalcare la sequenza con cui vengono presentati i risultati della disciplina: definizione degli elementi in gioco, elaborazione contestuale, deduzione della nuova definizione. Questa strutturazione del pensiero "sui calchi di gesso" della disciplina adulta, si può chiamare formazione? Cosa c'è di democratico in questo modo di procedere?

Che cosa ha a che fare questa logica con la psicologia degli allievi, dei bambini, degli adolescenti?

Prima degli anni sessanta questo schema di acquisizione di conoscenze, veniva accettato dai pochi che continuavano a studiare non perché allora fosse valido anche psicologicamente, ma perché in generale il principio d'autorità (incarnato dalla famiglia, dagli insegnanti, dalla composizione della società in classi ben definite) non era messo in discussione quasi da nessuno. L'imposizione dall'alto delle varie forme del sapere era solo una delle manifestazioni di quell'autorità che nessuno discuteva. Nella società di oggi, il principio d'autorità agisce ben poco a comandare le nostre azioni. È vero che, accanto a genitori e figli lontani dall'idea di cultura, ci sono tante famiglie che riconoscono "valore all'istruzione", ma i *figli di oggi* generalmente non accettano più le modalità di trasferimento dall'alto del sapere della disciplina, con la logica di cui abbiamo parlato. Il principio d'autorità non risuona più nella società in cui viviamo e questo tipo d'insegnamento non funziona per nessuno, neanche per le cosiddette eccellenze. Il "logico" della disciplina e lo "psicologico" di cui parla Dewey non andavano d'accordo ieri e non vanno a maggior ragione d'accordo oggi.

In *Come pensiamo* leggiamo:

"Qualunque insegnante sensibile ai modi in cui il pensiero opera nell'esperienza naturale del ragazzo normale eviterà senza difficoltà tanto l'identificazione del logico con un'organizzazione bella e fatta della materia di studio, quanto l'idea che per sfuggire questo errore non occorra prestare alcuna attenzione alle considerazioni logiche (...). Vedrà che lo psicologico e il logico, invece di essere opposti o anche indipendenti l'uno

dall'altro, sono fra loro connessi come il primo e l'ultimo, o conclusivo, stadio dello stesso processo.”¹

Lo *psicologico* e il *logico* ci sembra si siano ulteriormente allontanati nella pratica scolastica, nonostante che dagli anni sessanta in poi si sia dato sempre più valore agli aspetti psicologici dell'educazione. La democratizzazione della scuola che in Italia è iniziata con l'unificazione della scuola media inferiore non ha infatti portato ad *un'effettiva democratizzazione* degli insegnamenti. I contenuti sono rimasti inintelligibili per i più, non sono stati rivisti in senso psicologico, ossia in funzione dell'età degli alunni; la psicologia è entrata nell'educazione in modi diversi, non è tuttavia servita generalmente per rivisitare le discipline e riorganizzarle pensando agli alunni.

L'insegnamento delle scienze

Nell'insegnamento delle scienze la banalizzazione dei saperi accademici è sempre più evidente man mano che il livello scolare si abbassa e il libro di testo, che di solito è costruito su questi schemi, usa il linguaggio specialistico omettendo i passaggi (complicati) che portano alla comprensione del problema. L'insegnamento delle scienze si riduce *nella riproduzione* di frasi che non hanno significato.

Caratteristico di tutti i livelli di scuola, soprattutto nel primo ciclo, è il fatto che viene insegnato tutto a tutti, *trovando le parole giuste, senza fare scelte* nell'ambito della disciplina, senza considerare ciò che è comprensibile ad una determinata età, senza dare importanza all'ordine cronologico con cui sono nate le idee, alla loro genesi.

Riteniamo che la metodologia delle cinque fasi da noi proposta per il primo ciclo: esecuzione dell'esperimento, descrizione scritta e orale, discussione collettiva, produzione condivisa², abbia l'obiettivo fondamentale di contribuire, nel fare scienze, allo sviluppo di capacità osservativo-logico-linguistiche che sono la base del pensiero critico. Noi crediamo che avere riferimenti importanti, come Dewey, Piaget, Vygotskij e Bruner comporti una coerenza di scelte didattiche seria. In altre parole, se si sceglie di *lavorare con le cose* perché queste si vedono e si toccano, poi la spiegazione dei fenomeni deve essere conseguente: i ragionamenti devono riguardare gli aspetti percettivi ed operativi *delle cose*. I ragionamenti che sono ipotesi, riflessioni individuali e collettive, portano a conclusioni che sono significati condivisi. A noi sembra che un modo per connettere "il logico" e "lo psicologico" di cui parla Dewey, oltre alla scelta dei contenuti adeguati all'età degli scolari, per fare "esperienze" educative significative, sia quello dell'utilizzo della dimensione narrativa. Nel caso delle scienze, quindi, collocandoci nella scuola del primo ciclo, è importante descrivere e dare una propria interpretazione del fenomeno che si sta osservando oralmente e per scritto. L'atto dello scrivere e del riflettere connette il mondo esterno con il proprio mondo interiore. Dalla riflessione dell'uno sull'altro nascono i significati.

A noi sembra, quindi, che la dimensione linguistica, sia individuale che collettiva, sia uno strumento imprescindibile per lo studente per costruire la propria conoscenza, per realizzare il passaggio da rappresentazioni intuitive, irriflessive ed asistematiche a rappresentazioni consapevoli e connesse. Pensiamo però vi siano due condizioni imprescindibili da rispettare, e cioè che la discussione si riferisca a fenomenologie, a problemi, a concetti, che siano alla portata delle strutture cognitive degli studenti, e che le ipotesi formulate siano sottoponibili a conferma sperimentale o siano comunque controllabili dai bambini; tutto ciò implica, come abbiamo già affermato, scelte adeguate dei contenuti.

Non crediamo, pertanto, alla valenza pedagogica di questa metodologia di per sé, ma che la abbia solo in relazione ai contenuti scelti. Tornando al punto di partenza del nostro

1 J. Dewey, *Come pensiamo*, La Nuova Italia, Firenze, 1994, pp. 153-154.

2 C. Fiorentini, *Rinnovare l'insegnamento scientifico*, Aracne, Roma, 2018, pp. 221-255.

ragionamento, il *logico* e lo *psicologico*, di cui parla Dewey, pensiamo possano essere ricongiunti scegliendo argomenti adatti all'età dei bambini e usando metodologie che permettano di tradurre le osservazioni in parole e in frasi che *contengano* il *dialogo* che c'è stato con se stessi e con gli altri.

Vedere gli alunni e valutare

Insegnare seguendo la logica della disciplina organizzata nel modo usuale che ricalca l'insegnamento universitario ha delle conseguenze sugli aspetti relazionali e sulla valutazione. Intendiamo dire che nell'ambito scientifico la disciplina dogmatica che impariamo all'università domina su tutto, regola dall'alto tutto il processo di insegnamento-apprendimento, organizza il sapere di alunni e insegnanti e la relazione stessa alunno-insegnante.

In che senso? Nel senso che la disciplina strutturata con la logica accademica impedisce di vedere gli alunni per quello che sono: esseri in divenire a cui far costruire la conoscenza.

Se il nostro faro unico è la disciplina vediamo gli alunni o come *tabulae rasae* o come un insieme di "*portatori di errori*", errori che si eliminano con l'acquisizione delle frasi giuste della scienza adulta imparate quando e come vogliamo noi.

L'unica differenza che ci è concesso di vedere è fra alunno che non conosce la disciplina e adulto che l'ha studiata.

Nella nostra testa cioè la disciplina è immobile, gli alunni le vanno incontro. Lei non si sposta e loro, gli alunni, si devono dar da fare per sopravvivere. La vediamo come una montagna che si può cercare di aggredire in qualche modo, ma che non si sposta. Gli insegnanti hanno il compito di insegnare agli alunni come fare per conoscerla così com'è, "*digerirla*" così invariata e invariabile a piccole e grandi dosi. Gli insegnanti non la toccano, magari la ridicolizzano, la miniaturizzano, la prendono in giro, per farla conoscere e insegnarla ai bambini della scuola primaria e secondaria di primo grado.

Gli insegnanti sono immobili come la disciplina che insegnano.

Il faro unico della disciplina impedisce di vedere il bambino e il ragazzo intero.

Si scinde così il bambino "*piccolo scienziato*" dal "*bambino affettivo*" e si tratta in modi diversi come se il mondo dell'affettività non comprendesse la sfera cognitiva, come se la disciplina non dovesse passare dentro la sfera affettiva per essere accettata e amata. Al bambino affettivo (scisso) si propone altro dalla disciplina: gioco, affetto di tipo genitoriale, magia. Tutto questo serve per sopportare la freddezza della scienza insegnata.

Invece dobbiamo indagare *come* gli alunni capiscono quello che insegniamo. In questo modo possiamo stare dentro le situazioni senza che ci sia una frattura fra il senso di sé e gli argomenti studiati, fra mondo interiore che riconosciamo come nostro e il mondo percepito come artificiale della scienza insegnata. La metodologia che abbiamo proposto ha l'ambizione di riconnettere i due mondi, di rimettere insieme i *due bambini*, di considerarlo intero.

Due esempi³: il concetto di soluzione e...

Il concetto di soluzione è considerato anche da molti insegnanti banale, in quanto quotidianamente ci si imbatte in fenomeni di questo tipo, o si utilizzano termini quali *solubile*, *sciogliersi*, ecc. Vi è indubbiamente confusione tra conoscenza concettuale e conoscenza di termini, tra conoscenza scientifica e conoscenza di senso comune. La conoscenza di senso comune non va demonizzata, anzi deve costituire la base della conoscenza scientifica, in un processo di apprendimento caratterizzato sia da continuità che da discontinuità con il senso comune.

3 C. Fiorentini, *Rinnovare l'insegnamento scientifico*, Aracne, Roma, 2018

Il passaggio dall'una all'altra forma di conoscenza può, in questo caso, essere caratterizzata da tre fasi. La prima fase è quella della identificazione e definizione delle sostanze effettivamente solubili. Infatti, non c'è coincidenza neppure del riferimento empirico, perché generalmente vi sono alcune esperienze della vita quotidiana che acquistano un carattere talmente paradigmatico da cancellare la traccia di altre esperienze. Da una parte, le sostanze colorate solubili non sono considerate tali perché molti hanno ormai interiorizzato i casi del sale e dello zucchero in acqua come esempi paradigmatici delle sostanze solubili. D'altra parte, per altri, anche eventuali sostanze che rimangono sospese in acqua sono solubili. È presente in questo caso un concetto di solubile più esteso che comprende anche le sostanze che producono sospensioni: è probabile che questa idea sia una generalizzazione empirica di esperienze con materiali della vita quotidiana, quali il cacao solubile, indicate come solubili, pur non essendolo. La seconda fase è quella della comprensione del tipo di interazione che si verifica, della comprensione, cioè, della permanenza, al di là dell'apparenza, nelle soluzioni delle sostanze iniziali. Si realizza, in questo modo, la possibilità di iniziare a familiarizzarsi con il concetto di trasformazione fisica. La terza fase è quella esplicativa: si può iniziare ad ipotizzare delle risposte di tipo atomistico alla domanda "che cosa è successo alla sostanza solida, che è presente, benché non sia più visibile, nella soluzione?" Con risposte di tipo atomistico non intendiamo l'introduzione di una terminologia atomistica desunta dalle acquisizioni scientifiche di questo secolo, ma ipotesi di tipo particellare, corpuscolare, quali, ad esempio, le seguenti: "il sale, poiché non è più visibile, potrebbe essere presente nell'acqua sotto forma di particelle talmente piccole da non potere essere rilevate dalla vista", oppure "se l'acqua ha la capacità di disgregare i granelli di sale in granellini, sempre di sale, ma non più visibili, si può ipotizzare che questi ultimi ci siano anche nei solidi, che, cioè, i granelli di sale non siano che aggregati di moltissime particelle invisibili".

In conclusione, l'effettuazione di esperimenti di solubilizzazione con sostanze usuali della vita quotidiana è imprescindibile, ma tutt'altro che sufficiente: il passaggio dal concetto di senso comune al concetto scientifico non sta negli esperimenti, ma nelle riflessioni sistematiche che possono essere effettuate a partire da essi. Si potrebbe, tuttavia, obiettare, che esiste uno scarto significativo tra il concetto scientifico da noi proposto di sostanza solubile e quello presente nelle trattazioni chimico-fisiche attualmente accreditate, dove il problema viene affrontato, in modo formalizzato, da molteplici punti di vista. Noi pensiamo che il concetto da noi proposto costituisca il primo livello di concettualizzazione, la base imprescindibile di un concetto che poi si potrà sviluppare in relazione alle esigenze di tipo specialistico dei vari ambiti scientifici. Stiamo adoperando il termine *concetto scientifico* nell'interpretazione vygotkiana di passaggio da una conoscenza di senso comune, casuale, preconettuale, ad una conoscenza di tipo riflessivo e sistematico. Lo utilizziamo, quindi in un'accezione pedagogico-didattica, dove l'attenzione è non ad una astratta correttezza scientifica rispetto alle teorie accreditate, ma è all'adeguatezza delle conoscenze scientifiche proposte, in una prospettiva evuzionistica, rispetto alle strutture cognitive e motivazionali del soggetto che apprende.

... il concetto di acido

La maggior parte degli esperti di problematiche scientifiche ritiene che l'ignoranza scientifica sia sostanzialmente connessa al fatto che molte persone utilizzano concetti scientifici non corretti in riferimento alle teorie scientifiche più recenti. Ci troviamo di fronte a un grave fraintendimento: si confondono le conoscenze e le competenze specifiche dei molteplici settori specialistici della scienza con le conoscenze scientifiche che dovrebbero far parte del bagaglio culturale e comportamentale di qualsiasi cittadino. Vi è una totale cecità sul piano epistemologico e psicologico: i termini e le definizioni scientifiche

attualmente accreditate possono, in alcuni casi di utilizzo tecnologico, essere impiegati anche nella vita quotidiana con una funzione indicativa, ma essi rimangono senza significato se non si è in grado di comprendere le teorie cui fanno riferimento.

Prendiamo, per esempio, il concetto di acido e chiediamoci quale sia il livello di concettualizzazione adeguato agli studenti della scuola secondaria di primo grado. Essi conoscono generalmente il termine acido, mentre è probabile che non abbiano nessuna idea, o addirittura non abbiano mai incontrato i termini base e sale, come parole indicanti classi di sostanze. E probabilmente in molti studenti sarà presente, insieme a significati più vaghi o metaforici, anche l'idea che gli acidi siano dei liquidi aggressivi, corrosivi.

Il concetto di acido, a nostro parere, deve fondarsi su questo concetto spontaneo, in una prospettiva evolutiva del curriculum verticale. Il concetto di acido, come la maggior parte dei concetti scientifici, si è sviluppato nel corso degli ultimi secoli, attingendo significati sempre più generali. E indubbiamente le definizioni di Brønsted o di Lewis hanno un carattere maggiormente esplicativo ed un riferimento più ampio delle precedenti concettualizzazioni di Lavoisier o di Arrhenius. Tuttavia, ciascuna definizione è significativa non di per sé, ma rispetto alla teoria cui si riferisce, e, in determinati contesti teorici e sperimentali, i concetti di Lavoisier o di Arrhenius continuano a essere pertinenti. È la teoria di riferimento che dà significato alle definizioni.

Ora, in una situazione di primo approccio alle problematiche chimiche, dove gli studenti non possiedono ancora neppure i concetti fondamentali di tipo macroscopico della Chimica, nessuna delle precedenti quattro definizioni può avere significato. Lo studente si trova, in un certo senso, nella stessa situazione in cui si trovavano i chimici prima di Lavoisier. E che cosa erano gli acidi per loro? Delle prodigiose sostanze, mescolate sempre con l'acqua, che erano in grado di portare in soluzione molte sostanze solide insolubili in acqua. Questo era il concetto di acido che era stato elaborato dai chimici a partire dal Medioevo e che nel Settecento era ancora considerato da Lavoisier uno dei pochi concetti teorici ereditati dai predecessori. Vi è una sostanziale coincidenza tra questo concetto e il concetto spontaneo degli studenti. Il primo concetto di acido non può, quindi, essere costruito che partendo da qui, in uno stretto rapporto di continuità con il concetto spontaneo. È di fondamentale importanza che il concetto di acido, che poi si svilupperà in fasi successive in una logica di curriculum a spirale, in modo sempre più formalizzato, abbia una base operativa, seppur limitata, strettamente connessa a fenomenologie quotidiane e/o elementari percettivamente.

Si dovrà anzitutto operare con queste sostanze e riflettere sul loro comportamento: versando soluzioni acquose di acidi, quali acido cloridrico, tartarico, acetico, su pezzettini (e polveri) di carbonato di calcio e di metalli (ferro, zinco, alluminio), è possibile, con un'attività di tipo osservativo-logico-linguistico, comprendere molteplici aspetti dei fenomeni osservati e loro correlazioni. Innanzitutto, la somiglianza di fondo di queste soluzioni acide, consistente nella capacità di rendere solubili sostanze che sono insolubili in acqua. Senza questo modello di *acidità* le successive definizioni di acido rischiano di essere senza significato, senza riferimento alla realtà. Lo sviluppo del concetto scientifico non inizia, a nostro parere, dal «lavoro sul concetto stesso come tale, dalla definizione verbale», ma comincia da un impatto diretto con le cose finalizzato alla comprensione e alla esplicitazione verbale delle correlazioni esistenti tra i fatti e quindi all'acquisizione delle definizioni verbali. Se, invece, lo sviluppo del concetto scientifico avesse inizio dal «lavoro sul concetto stesso», lo studente non potrebbe che memorizzare, senza comprendere.

Tuttavia, all'interno di questa continuità vi deve essere anche discontinuità. Mentre il concetto spontaneo si limita a cogliere il comportamento dissolvente degli acidi, la prima concettualizzazione scientifica deve anche evidenziare la modalità profondamente diversa rispetto all'acqua, al di là dell'apparenza, con cui gli acidi sciolgono. Infatti, mentre nelle

soluzioni acquose si realizza soltanto una mescolanza del solido con l'acqua, con gli acidi la solubilizzazione si verifica:

- 1) quando l'acido è in grado di combinarsi con la sostanza solida, creando così delle sostanze nuove che non hanno nessuna proprietà in comune né con l'acido né con il solido;
- 2) quando la nuova sostanza solida, formatasi dalla trasformazione, risulta solubile in acqua.

Quindi, mentre nelle solubilizzazioni con acqua le sostanze permangono, nelle solubilizzazioni con acidi le sostanze iniziali si trasformano in altre sostanze. Lo studente inizia così, con esempi particolarmente accessibili, a familiarizzarsi con il cuore della Chimica, con il concetto di trasformazione chimica.

È poi possibile accrescere il significato di *acido* introducendo il suo carattere complementare alle *sostanze basiche*. Ci sono sostanze che manifestano apparentemente lo stesso carattere aggressivo degli acidi, ma che non vengono classificate tra gli acidi; come mai? Si può infatti arrivare ad individuare una nuova categoria di sostanze *le basi*: infatti, se si mescolano in quantità opportune una sostanza acida ed una basica si verifica una *magia*, qualcosa di completamente imprevedibile, si ottiene, come è possibile constatare sperimentalmente, una soluzione non più aggressiva. È così possibile comprendere che gli acidi e le basi costituiscono due classi distinte di sostanze (le due classi fondamentali della Chimica) proprio grazie a reazioni di questo tipo che mettono in evidenza il loro carattere complementare: gli acidi e le basi sono sostanze aggressive di tipo diverso in quanto hanno la capacità di annullarsi reciprocamente. Ma si annullano in che senso? Scompare la loro aggressività o spariscono proprio come sostanze? Dopo aver mescolato in quantità opportune, ad esempio, acido cloridrico e idrossido di sodio e aver ottenuto una soluzione non più aggressiva, è sufficiente farla evaporare completamente, riscaldandola, per constatare la formazione di una nuova sostanza solida, che nel caso specifico è il sale da cucina. Evaporando altre soluzioni ottenute dal mescolamento di acidi con basi si ottengono nuove sostanze solide che sono state chiamate sali in quanto simili per comportamento e struttura composizionale al sale da cucina.

I sali erano noti e utilizzati dall'uomo da millenni, ma fu soltanto grazie agli esperimenti precedentemente indicati che fu possibile nel corso del Seicento, dopo secoli di ricerche alchimistiche, scoprire una delle teorie basilari della Chimica, la relazione esistente tra acidi, basi e sali. Vediamo le considerazioni di Lavoisier su questa concezione:

a misura che l'arte fece dei nuovi progressi, i chimici si accorsero che le sostanze che i chimici avevano considerato come principi, erano ancora suscettibili di decomposizione, ed essi riconobbero successivamente che tutti i sali neutri, per esempio, erano formati dalla riunione di due sostanze, di un acido qualsiasi e di una base salina, terrosa o metallica. Da lì tutta la teoria dei sali neutri, che fissa l'attenzione dei chimici da più di un secolo, e che si trova oggi talmente perfezionata che la si può considerare come la parte più certa e completa della Chimica (LAVOISIER 1862, p. 248).

Secondo Vygotskij il singolo concetto può esistere solo all'interno di un sistema di concetti. Le riflessioni precedenti sulle modalità dell'acquisizione del concetto di acido, pur nella loro schematicità, dovrebbero far comprendere il fatto che si è realizzato un sistema di concetti, che la comprensione, anche a livello elementare, del concetto di acido è strettamente connessa alla comprensione di altri concetti correlati.

**L'INSEGNAMENTO DELLA CHIMICA NELLA SCUOLA PRIMARIA ATTRAVERSO UN
APPROCCIO SPERIMENTALE INQUIRY-BASED:
ESEMPIO DI ALCUNE ATTIVITÀ SUL TEMA NATURALE VERSUS ARTIFICIALE**

Valentina Domenici

Università degli Studi di Pisa

E-mail: valentina.domenici@unipi.it

L'insegnamento della chimica nella scuola primaria è inserito nell'ambito dell'insegnamento delle scienze e dovrebbe essere connotato da una forte dimensione esperienziale, esplorativa e investigativa [1].

Un aspetto fondamentale dell'insegnamento della chimica a livello di scuola primaria riguarda l'acquisizione di alcune competenze chiave, necessarie all'alfabetizzazione scientifica, come la capacità di osservare i fenomeni naturali, porsi domande e formulare ipotesi e spiegazioni [1,2].

L'enfasi, quindi, andrebbe posta sugli aspetti macroscopici e fenomenologici, senza addentrarsi nella dimensione microscopica.

Un altro aspetto senz'altro importante riguarda l'introduzione di un linguaggio via via più specifico e l'acquisizione di nuove competenze linguistiche (di scrittura e di espressione orale) [3-5].

In questo contesto, negli anni sono state proposte tematiche e argomenti da trattare con un approccio sperimentale, con l'individuazione di concetti chiave della chimica e obiettivi di apprendimento, tenendo conto sia delle indicazioni nazionali che delle principali teorie dell'insegnamento delle scienze. Una sintesi di alcuni dei possibili contenuti e argomenti proponibili nelle varie classi della scuola primaria è riportata di seguito [1].

Alcuni contenuti/argomenti legati all'ambito scientifico	Aspetti rilevanti dal punto di vista della chimica	Obiettivi
CLASSE PRIMA		
Uso dei <i>sensi</i> per il riconoscimento degli oggetti e loro classificazione.	La classificazione dei <i>materiali</i> in funzione di <i>osservabili macroscopiche</i> (colore, dimensione, sensazioni al tatto, odori, sapori...).	Sviluppare capacità di osservazione. Individuare differenze e similitudini tra oggetti in base a osservabili macroscopiche.
CLASSE SECONDA		
L' <i>acqua</i> nel quotidiano. Osservazione dell' <i>evoluzione</i> dei viventi nel tempo (esempio: evoluzione dal seme alla pianta). Introduzione al concetto di <i>trasformazione/cambiamento</i> .	Osservazione e realizzazione di alcuni semplici esperimenti usando l' <i>acqua</i> . Osservazione e descrizione delle variabili che servono a descrivere un cambiamento. Primo approccio al <i>concetto di trasformazione</i> .	Comprensione degli aspetti fondamentali del <i>metodo sperimentale</i> (ipotesi, verifica delle ipotesi). Individuazione delle variabili: variabili che variano e variabili che restano costanti. Sviluppo di intraprendenza e inventiva riguardo la <i>formulazione di ipotesi e spiegazioni</i> .

CLASSE TERZA		
Oggetti naturali e oggetti artificiali. Acqua, miscele e soluzioni. Applicazioni di questi concetti nel quotidiano.	Concetto di <i>naturale vs artificiale</i> . Interazione fra i componenti di una <i>miscela</i> e, in particolare, fra <i>soluto</i> e <i>solvente</i> . Descrizione a livello macroscopico delle <i>soluzioni</i> e descrizione della differenza tra <i>miscele omogenee</i> e <i>miscele eterogenee</i> . Metodi semplici di separazione.	Abilità di analisi delle situazioni e dei loro elementi costitutivi. <i>Abilità cognitive</i> . Abilità di formulare semplici <i>ragionamenti ipotetico-deduttivi</i> . Consapevolezza del proprio ruolo e del <i>rispetto per l'ambiente</i> .
CLASSE QUARTA		
Le <i>trasformazioni della materia</i> . I passaggi di stato. <i>Aria e inquinamento</i> . I fenomeni atmosferici.	Comprensione delle caratteristiche macroscopiche che distinguono i <i>solidi</i> , i <i>liquidi</i> e i <i>gas</i> . Introduzione al concetto di energia e calore. Comprensione dei <i>processi di passaggi di stato nell'acqua</i> e realizzazione di esperimenti in cui si evidenzia il ruolo del calore, del tempo e della temperatura. Comprensione di alcuni <i>fenomeni atmosferici</i> in relazione alle proprietà dell'acqua ed ai passaggi di stato.	Abilità cognitive. Consapevolezza e rispetto per l'ambiente. Impiego del <i>procedimento sperimentale in situazioni pratiche</i> . Capacità di seguire uno schema / procedimento nella realizzazione di un semplice esperimento. Capacità di descrivere in modo sequenziale un esperimento. Capacità di <i>mettere in grafico i dati</i> raccolti.
CLASSE QUINTA		
I processi fondamentali nella vita degli <i>esseri viventi</i> . Il <i>corpo umano</i> e le principali funzioni dei diversi apparati. Esempio di apparato: <i>l'apparato digerente</i> .	Comprensione dell'evoluzione dei viventi e del funzionamento delle diverse parti del corpo in termini di <i>trasformazioni</i> che avvengono anche dal punto di vista chimico. Relazione tra <i>cibo</i> e funzioni plastiche, energetiche e regolatrici. <i>Trasformazioni dei cibi</i> e principi per una <i>corretta educazione alimentare</i> .	Abilità cognitive. Impiego del procedimento sperimentale in situazioni pratiche. <i>Capacità di argomentare e discutere con gli altri</i> . Abilità nel collegare i dati dell'esperienza in sequenze e schemi che consentano di prospettare soluzioni e interpretazioni, ed eventualmente di effettuare previsioni. <i>Consapevolezza dell'importanza di una corretta alimentazione per l'individuo</i> .

Seguendo queste indicazioni di contenuto e metodologiche, e lavorando con un approccio laboratoriale che si rifà in pieno alla metodologia *inquiry-based learning* diverse sono le proposte di attività e di percorsi didattici che ho sviluppato negli anni nell'ambito dei corsi universitari di *Didattica della Chimica* presso l'Università di Pisa. Attualmente, questo percorso è oggetto di attività di formazione degli insegnanti sia del Corso "*Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della chimica*" (corso da 3 CFU inserito nei percorsi di formazione per l'insegnamento, PF24, seguito prevalentemente da studenti di chimica) sia del modulo di *Didattica della Chimica* del Corso "*Fondamenti e didattica della fisica e della chimica*" del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Pisa per la formazione dei futuri insegnanti della scuola primaria e dell'infanzia.

In particolare, qui si riporta brevemente lo schema del percorso didattico proposto e sperimentato con alcune classi terze e classi quarte delle scuole primarie del Secondo circolo didattico di Rosignano Marittimo (LI) "Carducci", sul tema "*Naturale versus artificiale*" [1,6]. Questo argomento è altresì di notevole importanza per quanto riguarda l'immagine della chimica e la percezione pubblica della chimica e del chimico, come abbondantemente discusso in vari lavori [7-10], in cui si evidenzia il ruolo della scuola e dell'insegnante nel veicolare una particolare immagine della chimica negli allievi.

Il percorso dedicato al tema "*Naturale versus artificiale*", strutturato per i bambini delle scuole primarie, ha i seguenti obiettivi:

- Distinguere tra vari materiali e oggetti ciò che è *naturale* (presente in natura, senza l'intervento dell'uomo) e ciò che è **artificiale** (ovvero prodotto dall'attività dell'uomo)
- Nell'ambito dei materiali/sostanze/oggetti far distinguere ai bambini ciò che è di origine minerale (inorganico) e ciò che è di origine vivente (animale o vegetale)
- Far capire ai bambini che una stessa sostanza può essere naturale (ovvero presente in natura, senza l'intervento dell'uomo) e anche artificiale (l'uomo infatti spesso cerca di «riprodurre» in modo artificiale sostanze esistenti in natura)
- **Tutte le sostanze sia naturali che artificiali sono sostanze chimiche**
- Far capire ai bambini che le associazioni **naturale-buono/artificiale-cattivo** non sono scientificamente corrette.

Il percorso tipicamente è strutturato in tre moduli, suddivisi come segue.

- **Prima attività (classificazione)**: osserviamo alcuni materiali e classifichiamoli in naturali e artificiali, di origine minerale, vegetale o animale.
- **Seconda attività (concettualizzazione)**: scriviamo una definizione di ciò che è naturale e ciò che è artificiale, e consolidiamo queste idee attraverso giochi, attività di scrittura e disegno.
- **Terza attività (laboratoriale)**: vediamo alcuni esempi di campioni di sostanze comuni, come alcuni *carbonati* e *bicarbonati*, che hanno origine *naturale* o *artificiale*; utilizziamo oggetti e materiali che i bambini conoscono e già sperimentano in contesti non scolastici (ad esempio la sabbia calcarea delle vicine "Spiagge bianche" di Rosignano, il calcare che si forma nella lavastoviglie o nella lavatrice di casa, ...); facciamo alcuni esperimenti didattici usando il *carbonato di calcio* e il *bicarbonato di sodio*, sia con materiali naturali che con materiali artificiali e lavoriamo sulle "proprietà" osservabili o facilmente verificabili dai bambini (solubilità, colore, reattività, ...) [1,6].

L'attività didattica è prevista per una durata complessiva di 6-8 ore circa, senza considerare i tempi di rielaborazione e attività di consolidamento. L'uso del linguaggio scientifico è uno degli obiettivi primari delle attività di scienze in questo ciclo di scuola e per questo si

rimanda ad altri testi di approfondimento [1,2,3,6]. È da notare che esistono molti collegamenti tra questa attività e gli argomenti che vengono affrontati a scuola. Le sostanze che utilizzeranno i bambini nell'esperienza sono *sostanze comuni* e in particolare nel contesto di Rosignano Solvay sono *sostanze legate all'attività industriale e al territorio*. Possono essere toccate quindi tematiche legate all'ambiente, alla tutela ambientale, oppure, in altri contesti territoriali, ai processi naturali, come il carsismo o la formazione delle dune. È da notare inoltre che questa **attività** si inserisce in un **percorso** più ampio, e può essere considerato come un «frammento» di un percorso di avvicinamento dei bambini alla chimica.

Queste attività del resto nascono da un'**esperienza diretta** fatta con le insegnanti e vuole toccare un tema molto importante per i chimici, quello dell'*immagine* e dell'uso scorretto della parola «chimica», in contrapposizione con la parola «naturale».

Un'ulteriore valenza di queste attività riguarda il «**contesto**», in questo caso inteso proprio come «territorio» e quindi apre a molte altre attività *multidisciplinari e trasversali*.

Da un punto di vista della didattica della chimica, l'attività consente di toccare uno dei **nodi concettuali** più importanti, quello delle *reazioni chimiche*, già affrontate a livello di «*trasformazioni della materia*».

L'attività didattica, inoltre, come solitamente sperimentato con gli allievi dei corsi universitari sopra citati, utilizza varie *metodologie* (laboratoriale, cooperativa, interattiva, gioco, esplorativa, ...).

Riferimenti

- [1] Valentina Domenici, *Insegnare e apprendere chimica*, Mondadori Università, **2018**.
- [2] *La chimica alle elementari*, a cura di Roberto Andreoli - Fausta Carasso Mozzi - Liliana Contaldi - Salvatore Doronzo - Pasquale Fetto - Pierluigi Riani, Giunti Lisciani Editore, Firenze, **1996**.
- [3] Aldo Borsese - Irene Parrachino, La spiegazione scientifica a scuola, in *Orientamenti Pedagogici*, **2012**, vol. 59, pp. 253-262.
- [4] Aldo Borsese - Irene Parrachino, L'insegnamento scientifico nella scuola di base, in *Psicologia e scuola*, **2015**, vol. 11, pp. 50-57.
- [5] Rosarina Carpignano - Giuseppina Cerrato - Daniela Lanfranco - Tiziano Pera, *La chimica maestra. La didattica della chimica per futuri maestri*, Baobab L'Albero della Ricerca, Torino, **2013**.
- [6] Materiale didattico del corso "Fondamenti e didattica della fisica e della chimica": https://people.unipi.it/valentina_domenici/attivita-di-didattica-della-chimica-con-le-scuole-primarie/
- [7] G. Chiocca, *A study of the perception of Chemistry in young generations and of their chemical/scientific knowledge*, Tesi triennale in Chimica, Università di Pisa, **2015**.
- [8] G. Chiocca, V. Domenici, Uno studio sulla Percezione della Chimica e sulla Cultura chimico-scientifica nei giovani italiani, *La Chimica nella Scuola* (CnS), **2015**, 5, 55.
- [9] V. Domenici, *Superare la chemofobia*. Sul portale di Lascienzainrete: <https://www.scienzainrete.it/articolo/superare-chemofobia/valentina-domenici/2017-10-12>
- [10] V. Domenici, La percezione della chimica nella società e il ruolo della comunicazione, oggi, *La Chimica nella Scuola* (CnS), **2016**, 2, 25.

LA CHIMICA E LE SCIENZE PER LA LAUREA MAGISTRALE A CICLO UNICO IN SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA: ARIA DI RINNOVAMENTO

Margherita Venturi

Università di Bologna

E-mail: margherita.venturi@unibo.it

A Bologna a partire dall'anno accademico 2018-2019 è partita una sperimentazione che ha riguardato l'insegnamento delle Scienze e i connessi laboratori nella Laurea Magistrale a ciclo unico in Scienze della Formazione Primaria. È stato un lavoro complesso, cominciato circa tre anni fa, che ha avuto ricadute sull'organizzazione di tutto il curriculum universitario degli studenti iscritti a questo corso di studio e, quindi, si è potuto realizzare solo perché la coordinatrice del corso, prof.ssa Ira Vannini, e tutti i docenti, inclusi quelli di materie non scientifiche, hanno collaborato e creduto nella validità didattica di questa sperimentazione. Si è trattato infatti di concentrare tutti gli insegnamenti scientifici in un anno e in un solo semestre, precisamente il secondo semestre del terzo anno, con l'obiettivo non solo di far fare agli studenti una "full immersion scientifica", ma anche di far capire che le discipline scientifiche sono tutte collegate e, pur avendo specifiche chiavi di lettura, lavorano in perfetta sinergia. Ovviamente, altra cosa non da poco, ciò ha richiesto che i docenti di Fisica, Chimica, Ecologia e Biologia del corso di studio concertassero i programmi e gli argomenti da affrontare.

A questo primo rinnovamento ne è seguito un secondo, forse ancora più sostanziale, che ha riguardato i laboratori di Scienze e che è consistito nell'usare i 2 CFU a disposizione per i due laboratori di Fisica ed Ecologia non solo per riorganizzare i laboratori disciplinari, ma anche per realizzare un laboratorio trasversale da 1 CFU (8 ore) che affrontasse una tematica comune a tutte le discipline scientifiche (Fisica, Chimica, Ecologia e Biologia). Il motivo che ci ha spinto ad introdurre questo laboratorio trasversale si basa sulla considerazione che, tenuto conto del tipo di formazione richiesto agli insegnanti della scuola dell'infanzia e primaria, è fondamentale dimostrare che uno stesso tema può essere esplorato con differenti chiavi di lettura, specifiche di ogni disciplina, e che, solo dall'integrazione dei diversi aspetti, è possibile "leggere" il tema nella sua globalità.

Si è deciso di comune accordo di focalizzare il laboratorio trasversale sul tema acqua scegliendo come titolo "Non solo H₂O: le insospettabili doti dell'acqua". Dopo un'introduzione generale, gli studenti sono stati coinvolti in esperimenti per evidenziare le peculiarità dell'acqua specifiche e importanti per la Fisica, la Chimica, l'Ecologia e la Biologia (Figura 1).

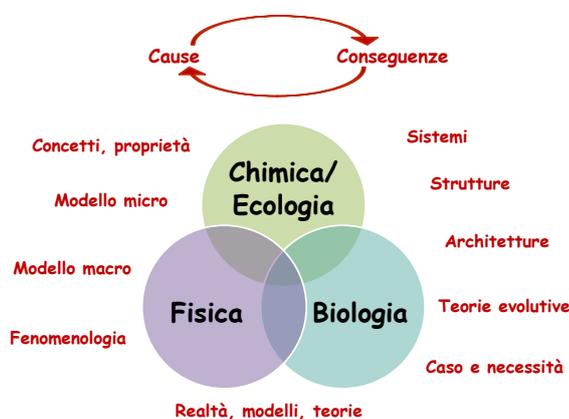


Figura 1. Interconnessione fra le discipline scientifiche

È importante sottolineare che questa suddivisione, che farebbe pensare ad uno sviluppo del tema settoriale per ogni ambito disciplinare in modo scollegato, è solo apparente, perché ogni disciplina ha il compito di gettare le basi e accennare alcuni collegamenti con la disciplina che segue, in modo da rendere il tutto più omogeneo possibile, come è chiaramente mostrato dalla breve descrizione sotto riportata.

Le attività di Fisica, che riguardano il fenomeno del galleggiamento prendendo in considerazione oggetti di diverso materiale e forma, terminano mostrando il comportamento anomalo del ghiaccio che galleggia sull'acqua. È proprio dalla domanda *"Perché il ghiaccio galleggia sull'acqua?"*, che partono le attività di Chimica; l'approccio microscopico, proprio di tale disciplina, permette infatti di spiegare questo comportamento anomalo e le altre proprietà peculiari dell'acqua dovute alla formazione dei legami a ponte di idrogeno che si instaurano fra le molecole (Figura 2).

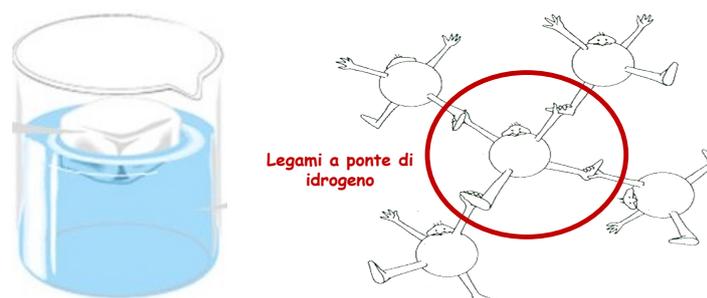


Figura 2. La Chimica spiega perché il ghiaccio galleggia sull'acqua

Oltre alla spiccata tensione superficiale e capillarità, particolare attenzione è dedicata all'elevato potere solvente dell'acqua, che permette di transitare alla disciplina Ecologia affrontando importanti fenomeni naturali dei quali il carsismo è la manifestazione più evidente e spettacolare. Dall'Ecologia alla Biologia il passo è breve e, allora, gli studenti vengono messi di fronte alla domanda *"Perché la vita è nata nell'acqua?"* e ad altri aspetti, quali l'acqua nella vita e la vita nell'acqua, osservando anche come i diversi tipi di ambienti marini richiedono adattamenti specifici (Figura 3).



Figura 3. Il potere solvente dell'acqua è responsabile del carsismo e le proprietà peculiari dell'acqua hanno permesso che la vita avesse origine

L'inter- e trans- disciplinarietà del laboratorio si completa discutendo i molti risvolti etici e sociali legati al tema acqua, quali ad esempio la disponibilità di acqua potabile e la sua distribuzione nel mondo (<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/>); il consumo

dell'acqua nei vari paesi del mondo (<http://thewaterweeat.com/it/>); l'impatto dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di acqua (<https://www.watercalculator.org/water-use/climate-change-water-resources/>).

Gli obiettivi di queste attività sono pertanto quelli di:

- stimolare la curiosità verso tematiche di tipo scientifico
- evidenziare l'impatto etico-sociale della scienza e della tecnologia
- fornire gli strumenti concettuali e operativi che consentono di progettare e svolgere attività a carattere scientifico in classe.

Il rimanente CFU di laboratorio è stato usato per sviluppare tre laboratori disciplinari ciascuno da 1 CFU (8 ore), che rappresentano tre possibili alternative di scelta da parte dello studente:

1. *Luce e visione* (Fisica)
2. *Le manifestazioni dell'interazione luce-materia* (Chimica/Ecologia)
3. *Toccare con mano il DNA* (Biologia)

Poiché nel piano didattico sono previsti 2 CFU di laboratorio scientifico, ogni studente deve obbligatoriamente frequentare un laboratorio disciplinare (scegliendo fra i tre sopra riportati) e il laboratorio trasversale.

I laboratori, che dal punto di vista temporale sono posti al termine delle lezioni e, quindi, fra aprile e maggio, si svolgono presso l'Opificio Golinelli (con il quale il corso di studio ha stipulato un contratto) che mette a disposizione ampi spazi sia per la sperimentazione che per la discussione (<https://www.bolognawelcome.com/home/scopri/luoghi/cultura-e-storia/musei-e-gallerie-arte/opificio-golinelli/>).

Per sottolineare l'importanza della partecipazione alle attività sperimentali sono state introdotte altre due innovazioni.

- a. Nessun esame disciplinare (Elementi di Biologia Generale, Elementi di Chimica ed Ecologia, Elementi di Fisica e Didattica della Fisica) può essere sostenuto senza aver frequentato sia un laboratorio disciplinare sia il laboratorio trasversale.
- b. I laboratori, oltre ad un'attiva partecipazione, prevedono la messa a punto di un "prodotto finale", sotto forma di un elaborato, che viene valutato dal docente che ha condotto il laboratorio con tre possibili giudizi (-1, 0, +1 in trentesimi).
L'elaborato del laboratorio trasversale, dal titolo "*L'argomento lo affronto io con la mia classe*", deve esporre, in un massimo di tre pagine, una riflessione sulla valenza didattica dell'attività nei confronti di una classe, includendo le seguenti informazioni (a) punti di forza dell'approccio utilizzato nel laboratorio (metodologia e contenuti); (b) punti di debolezza e modifiche suggerite; (c) ulteriori raccordi inter- e trans-disciplinari; (d) adattamento alla scuola dell'infanzia; (e) possibile utilizzo delle risorse del territorio (uscite didattiche, musei, parchi naturali,...).

Per la valutazione dell'elaborato vengono usati i seguenti criteri: (1) padronanza dei contenuti disciplinari e delle connessioni inter- e trans-disciplinari; (2) pertinenza delle proposte per la scuola dell'infanzia e per l'utilizzo delle risorse del territorio; (3) capacità di utilizzare in modo pertinente il linguaggio specifico; (4) originalità della proposta e rielaborazione personale.

Per quanto riguarda, invece, i laboratori disciplinari, l'elaborato, dal titolo "*Un'attività scientifica da proporre in classe*", deve essere al massimo di tre pagine, deve riguardare la progettazione di un'attività di tipo pratico/sperimentale da svolgere a livello di scuola dell'infanzia o primaria e deve contenere (a) titolo del progetto; (b) contesto scolastico (a quale classe è indirizzato il percorso); (c) collocazione nel curriculum (traguardi di sviluppo delle competenze al termine della scuola dell'infanzia, o della scuola primaria basati sulle

Indicazioni Nazionali per il curricolo e rilevanti per il percorso che si vuole sviluppare); (d) obiettivi di apprendimento; (e) attività progettata e metodologie (materiali, strumenti, spazi, strategie, schede di osservazione, etc.); (f) valutazione (esempio di strumento con cui verificare il raggiungimento degli obiettivi).

Per la valutazione dell'elaborato vengono usati i seguenti criteri: (1) chiarezza e correttezza nell'articolazione dell'attività; (2) chiarezza e correttezza dei contenuti disciplinari affrontati nell'attività; (3) coerenza tra attività proposte e obiettivi di apprendimento; (4) appropriatezza dello strumento di valutazione utilizzato; (5) capacità di utilizzare in modo pertinente il linguaggio specifico.

Per questioni meramente burocratiche il giudizio del laboratorio disciplinare scelto si aggiunge all'esito dell'esame di Elementi di Fisica e Didattica della Fisica, mentre quello del laboratorio trasversale si aggiunge all'esito dell'esame di Elementi di Chimica ed Ecologia.

Nonostante le regole rigide e pesanti imposte con questo rinnovamento, la sperimentazione conclusa lo scorso anno ha evidenziato il completo gradimento da parte degli studenti, come mostrano le schede di valutazione sotto riportate.

Laboratorio trasversale

Domande	Media	Indice Variazione percentuale
Gli argomenti e le attività proposti nel Laboratorio sono interessanti	5,46	14,74
Le attività laboratoriali proposte sono coerenti con il modulo di insegnamento relativo	5,61	12,77
Il docente di Laboratorio ha saputo stimolare la partecipazione degli studenti	5,44	16,04
I materiali e/o le risorse tecnologiche messi a disposizione degli studenti sono di buona qualità	5,64	11,42
Vi è stata una buona organizzazione complessiva dei tempi di lavoro in aula	5,05	21,22
Il lavoro individuale richiesto allo studente è utile ai fini dell'apprendimento	4,78	29,79
Le modalità di valutazione finale del Laboratorio sono adeguate	4,71	27,31
Il Laboratorio è utile per formare la professionalità dell'insegnante della scuola dell'infanzia e/o primaria	5,36	16,06
Le attività di laboratorio hanno consentito agli studenti di sperimentare, pur se in un contesto "protetto", le proprie prime autonomie professionali	4,97	23,90

Valutazione da 0 a 6

Laboratorio di Fisica

Domande	Media	Indice Variazione percentuale
Gli argomenti e le attività proposti nel Laboratorio sono interessanti	5,34	17,53
Le attività laboratoriali proposte sono coerenti con il modulo di insegnamento relativo	5,58	17,03
Il docente di Laboratorio ha saputo stimolare la partecipazione degli studenti	5,44	17,57
I materiali e/o le risorse tecnologiche messi a disposizione degli studenti sono di buona qualità	5,52	16,01
Vi è stata una buona organizzazione complessiva dei tempi di lavoro in aula	5,15	24,19
Il lavoro individuale richiesto allo studente è utile ai fini dell'apprendimento	4,24	34,44
Le modalità di valutazione finale del Laboratorio sono adeguate	4,03	37,77
Il Laboratorio è utile per formare la professionalità dell'insegnante della scuola dell'infanzia e/o primaria	5,26	19,01
Le attività di laboratorio hanno consentito agli studenti di sperimentare, pur se in un contesto "protetto", le proprie prime autonomie professionali	4,80	26,45

Valutazione da 0 a 6

Laboratorio di Chimica/Ecologia

Domande	Media	Indice Variazione percentuale
Gli argomenti e le attività proposti nel Laboratorio sono interessanti	5,56	11,04
Le attività laboratoriali proposte sono coerenti con il modulo di insegnamento relativo	5,41	15,37
Il docente di Laboratorio ha saputo stimolare la partecipazione degli studenti	5,63	12,44
I materiali e/o le risorse tecnologiche messi a disposizione degli studenti sono di buona qualità	5,46	13,31
Vi è stata una buona organizzazione complessiva dei tempi di lavoro in aula	5,16	18,24
Il lavoro individuale richiesto allo studente è utile ai fini dell'apprendimento	5,19	17,39
Le modalità di valutazione finale del Laboratorio sono adeguate	4,92	20,80
Il Laboratorio è utile per formare la professionalità dell'insegnante della scuola dell'infanzia e/o primaria	5,54	12,58
Le attività di laboratorio hanno consentito agli studenti di sperimentare, pur se in un contesto "protetto", le proprie prime autonomie professionali	5,11	19,95

Valutazione da 0 a 6

Laboratorio di Biologia

Domande	Media	Indice Variazione percentuale
Gli argomenti e le attività proposti nel Laboratorio sono interessanti	5,55	11,15
Le attività laboratoriali proposte sono coerenti con il modulo di insegnamento relativo	5,83	9,12
Il docente di Laboratorio ha saputo stimolare la partecipazione degli studenti	5,76	7,38
I materiali e/o le risorse tecnologiche messi a disposizione degli studenti sono di buona qualità	5,65	10,61
Vi è stata una buona organizzazione complessiva dei tempi di lavoro in aula	5,61	10,62
Il lavoro individuale richiesto allo studente è utile ai fini dell'apprendimento	5,34	19,17
Le modalità di valutazione finale del Laboratorio sono adeguate	4,81	25,71
Il Laboratorio è utile per formare la professionalità dell'insegnante della scuola dell'infanzia e/o primaria	5,45	13,21
Le attività di laboratorio hanno consentito agli studenti di sperimentare, pur se in un contesto "protetto", le proprie prime autonomie professionali	5,15	17,90

Valutazione da 0 a 6

Tematica 4

*Approccio Integrato all'Insegnamento della Chimica
per la Scuola Secondaria di Secondo Grado*

INTRODUZIONE ALLA TEMATICA

Coordinatori: **Anna Caronia e Anna Maria Madaio**

E-mail: anna.caronia57@gmail.com; annamariamadaio@libero.it

In seguito alla Risoluzione del Parlamento di Lisbona del 23 e 24 marzo 2000¹, in Italia sono stati emanati i Regolamenti sul riordino degli Istituti Secondari di Secondo Grado (D.D.P.P.R.R. 87, 88 e 89 del 15 marzo 2010), che riportano le Linee Guida per il passaggio al nuovo ordinamento degli Istituti Professionali² e degli Istituti Tecnici,³ e le Indicazioni Nazionali per i Licei⁴, con articolazione in competenze, conoscenze e abilità dei risultati di apprendimento, anche in riferimento al Quadro Europeo delle Qualifiche e dei Titoli (EQF – European Qualification Framework) definito nella seduta del 23 aprile 2008 dal Parlamento Europeo e il Consiglio di Europa.⁵Le finalità principali dei nuovi curricula riguardano il successo formativo degli studenti attraverso l'acquisizione di adeguate competenze culturali (per lo sviluppo dei saperi fondamentali), competenze professionali (per l'occupabilità), competenze sociali (per la cittadinanza). La competenza viene definita come la comprovata capacità di utilizzare conoscenze, abilità e capacità personali, sociali e/o metodologiche, in situazioni di lavoro, o di studio, e nello sviluppo professionale e personale.

Il 25 settembre 2015 l'Assemblea Generale dell'ONU ha adottato l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile,⁶ formata da 17 Obiettivi universali, trasformativi e inclusivi, con 169 traguardi correlati, che descrivono le maggiori sfide per lo sviluppo dell'umanità, basato su Economia, Società, Ambiente e Istituzioni. L'insegnamento contribuisce al perseguimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 dell'ONU, con l'Obiettivo 4 (Fornire un'educazione di qualità, equa ed inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti) e il Traguardo 4.7 (Garantire entro il 2030 che tutti i discenti acquisiscano la conoscenza e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, anche tramite un'educazione volta ad uno sviluppo e uno stile di vita sostenibile, ai diritti umani, alla parità di genere, alla promozione di una cultura pacifica e non violenta, alla cittadinanza globale e alla valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile).

La nuova Raccomandazione del Consiglio d'Europa sulle competenze chiave per l'apprendimento permanente del 22 maggio 2018⁷ individua otto nuove competenze chiave, tra le quali la competenza in scienze, tecnologie e ingegneria, ...la cui conoscenza essenziale comprende i principi di base del mondo naturale, i concetti, le teorie, i principi e i metodi scientifici fondamentali, le tecnologie e i prodotti e processi tecnologici, nonché la comprensione dell'impatto delle scienze, delle tecnologie e dell'ingegneria, così come dell'attività umana in genere, sull'ambiente naturale.

Recentemente, la legge 92 del 20 agosto 2019⁸ introduce l'insegnamento dell'educazione civica nelle scuole. Tra le tematiche che ne dovranno far parte, indicate nell'Articolo 3, compaiono:

- Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015;
- Educazione ambientale, sviluppo eco-sostenibile e tutela del patrimonio ambientale, delle identità, delle produzioni e delle eccellenze territoriali e agroalimentari.

Da quanto sopra riportato emerge che è attraverso una integrazione inter- e transdisciplinare di saperi umanistici e scientifici che gli studenti potranno acquisire le necessarie competenze culturali, professionali e sociali, e le competenze trasversali di cittadinanza, utili

per il loro orientamento nella vita futura e l'inserimento nella vita lavorativa, alla fine del percorso formativo.

In quest'ottica, la Chimica gioca un ruolo fondamentale e indiscusso di disciplina centrale, grazie alle sue connessioni con le altre scienze, ivi comprese le scienze economiche e sociali, e le altre discipline tra cui Fisica, Geologia, Biologia, Ecologia, Etica, Economia, Matematica, ecc. Un approccio integrato all'insegnamento della Chimica consentirà, quindi, all'allievo di comprendere non solo il ruolo centrale di tale disciplina rispetto alle altre scienze, ma anche di inquadrare il suo rapporto con la società e la vita quotidiana in relazione a tematiche di grande impatto sociale (ambiente, salute, alimenti, energia, nuovi materiali, conservazione dei beni culturali, ecc.), in termini di implicazioni tecnologiche, aspetti etici e sociali e in un contesto di sviluppo sostenibile ed economia circolare.

Un tale approccio permetterà, quindi, di sottolineare il ruolo della Chimica nella tutela della salute e dell'ambiente e nello sviluppo economico e tecnologico globale, rendendo più attrattive le professioni scientifiche e tecnologiche.

Il conseguimento del profilo culturale, educativo e professionale dello studente, e la verifica delle competenze acquisite, accertate durante il colloquio dell'Esame di stato (DM 37/2019 Art. 2),⁹ dovrà pertanto essere realizzato attraverso nuove metodologie didattiche, quali didattica laboratoriale, didattica per competenze e unità di apprendimento, didattica per progetti, percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (ex ASL).

Nell'ottica di quanto detto è fondamentale che il docente acquisisca piena consapevolezza dell'importanza della formazione e dell'aggiornamento in continuo, connesso allo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica. È altresì fondamentale il raggiungimento di competenze trasversali necessarie per affrontare temi con grande impatto sociale per i giovani chimici e i neo-docenti. A tal proposito nella proposta¹⁰ elaborata dalla DDSCI durante la Scuola Segre 2018, come possibile supporto per i docenti dei Corsi di Didattica della Chimica, attivati in molti Dipartimenti di Chimica delle Università italiane, a seguito dei cambiamenti normativi introdotti con il Nuovo sistema di formazione iniziale degli insegnanti (Legge N. 107 del 2015),¹¹ sono stati messi in luce, anche, i seguenti aspetti:

- rapporto della Chimica con le altre discipline, evidenziandone le specificità in termini di struttura concettuale e di approccio conoscitivo alla realtà;
- rapporto della Chimica con la società, discutendo gli aspetti e le implicazioni di tipo economico, sociale ed etico relativamente a temi di interesse generale quali: ambiente, salute, alimenti, energia, nuovi materiali, conservazione dei beni culturali, ecc.

L'obiettivo finale è quello di orientare l'insegnamento alla formazione di cittadini in grado di esprimere posizioni consapevoli ed informate rispetto a temi di rilevanza economica, sociale ed etica che coinvolgono la Chimica.

Sitografia

1. https://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_it.htm
2. <https://www.gazzettaufficiale.it/gunewsletter/dettaglio.jsp?service=1&datagu=2010-06-15&task=dettaglio&numgu=137&redaz=010G0109&tmstp=1276687571279>
3. <https://www.gazzettaufficiale.it/gunewsletter/dettaglio.jsp?service=1&datagu=2010-06-15&task=dettaglio&numgu=137&redaz=010G0110&tmstp=1276687571279>
4. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2010/06/15/010G0111/sg>
5. https://ec.europa.eu/ploteus/sites/eac-eqf/files/journal_it.pdf
6. <https://unric.org/it/agenda-2030/>

7. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01))
8. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/21/19G00105/sg>
9. <https://visualizamaterieesame.static.istruzione.it/from-homepage/comunicato/D.M.%2028%20del%2030%20gennaio%202020.pdf>
10. https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/div_didattica/PDF/Corso%20di%20Didattica%20della%20Chimica_copertine.pdf
11. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G00122/sg>

PERCORSO DIDATTICO INTEGRATO PER LA SINTESI E L'ANALISI DI NUOVI MATERIALI BIOCOMPOSITI

Teresa Cecchi

ITT Montani, Via Montani 7, 63900 Fermo

E-mail: teresacecchi@tiscali.it

Abstract. Il percorso didattico proposto per una classe quinta dell'indirizzo Chimica Materiali e Biotecnologia, articolazione Chimica e Materiali, in un ITT, si propone di illustrare la sintesi di nuovi materiali biocompositi ottenuti dall'acido polilattico e vari scarti di origine alimentare o agroindustriale nonché la loro caratterizzazione mediante l'analisi cromatografica.

Con un approccio squisitamente storico si ripercorrono le fasi della storia della plastica e del suo uso nel mondo sviluppato, sottolineando come nelle ultime due decadi ci si sia rivolti prima allo studio di bioplastiche (delle quali verrà data chiara definizione) e poi alla ricerca sui materiali biocompositi. La consapevolezza della necessità di approcci sostenibili viene fatta crescere mediante materiale documentale ottenuto da una apposita sitografia ed in particolare ricordando i temi dell'Agenda 2030 dell'ONU.

Prerequisiti necessari sono il concetto di polimero e monomero e la familiarità con la reattività organica in generale e con la strumentazione analitica di base cromatografica. Si toccheranno i nuclei fondanti della Chimica come ad es. il concetto di esterificazione, di equilibrio chimico e di cinetica nelle reazioni di policondensazione. Si spazia poi dalla chimica organica all'analisi chimica cromatografica. Si richiamano i concetti fondanti di tale tecnica analitica (ritenzione, selettività, efficienza, risoluzione) per poi passare alla applicazione della GC-MS per dettagliare la composizione del profilo dei composti volatili rilasciati dal polimero ai fini dello studio della non tossicità del nuovo materiale prodotto.

Si intende costruire una unità di apprendimento che spazi dalla chimica organica alla chimica analitica e alle tecnologie chimiche (cioè le tre materie di indirizzo per un allievo chimico): data la disponibilità negli istituti tecnici dell'indirizzo Meccanica, che spesso ha a disposizione durimetri, densimetri ed estensimetri, potrebbe infatti essere svolta non solo la sintesi e l'analisi chimica ma anche la caratterizzazione meccanica dei nuovi materiali. Test di verifica e di valutazione del percorso didattico svolto vengono somministrati alla fine dell'UDA.

Tutto quanto descritto è un percorso didattico ben rodato presso l'ITT Montani di Fermo.

Sviluppo dell'unità di apprendimento

L'approccio storico: sapere cosa è stato fatto è la premessa per progettare i polimeri del futuro

La plastica è diventata un bene primario per l'umanità. La figura 1 dettaglia le date cruciali nella storia della plastica.

Il primo materiale plastico semisintetico polimerico è certamente la nitrocellulosa: per caso il chimico tedesco C. F. Schönbein intorno al 1840 asciugando con un grembiule di cotone una miscela contenente acido nitrico notò che il grembiule prese fuoco; la sua sintesi fortuita della nitrocellulosa venne poi studiata da A. Parker che nel 1862 brevettò la Parkesite, utilizzata per i dadi da poker. I fratelli Hyatt brevettarono poi un tipo di nitrocellulosa per sostituire l'avorio nelle palle da biliardo. Gli ultimi anni dell'ottocento vedono la sintesi dell'acetato di cellulosa, meno infiammabile del nitrato di cellulosa, usato

come celluloidi nelle pellicole cinematografiche e del Rayon (fibre di viscosa), tuttavia il secolo della plastica è certamente il '900. Nel 1907 il chimico belga Leo Baekeland ottiene per condensazione tra fenolo e formaldeide la Bakelite, prima resina termoindurente che ebbe una diffusione impressionante. Nel 1912, è la volta del primo materiale flessibile, trasparente ed impermeabile che trova subito applicazione nel campo dell'imballaggio: lo svizzero J. E. Brandenberger inventa il Cellophane. Nel 1913 un chimico tedesco, F. Klatte, brevetta il processo per la produzione del polivinilcloruro (PVC), che avrà grandissimi sviluppi industriali solo molti anni dopo. Gli anni '30 vedono fiorire l'industria della plastica e il petrolio diviene la "materia prima" da cui partire. Nel 1935 Wallace Carothers sintetizza per primo il Nylon (poliammide) funzionale all'industria tessile. R. Whinfield e J. Tennant Dickson nel 1941 brevettano il polietilene tereftalato (PET), che verrà usato come fibra tessile artificiale (il pile) e per il packaging. Sarà poi la volta dei poliuretani in sostituzione della gomma; negli anni '50, la resina melammina-formaldeide (Fòrmica) entra nell'arredamento, mentre nel decennio successivo vi è il boom del Polietilene e del Polipropilene isotattico sintetizzato da Giulio Natta nel 1954. Gli studi di Karl Ziegler sulla catalisi per la sintesi del polietilene e quelli di Giulio Natta li portano al Nobel. Gli anni '60 vedono l'entrata della plastica nella moda, del design e dell'arte. I decenni successivi segnano lo sviluppo dei cosiddetti "tecnopolimeri" (polimetilpentene, poliimmidi, resine acetaliche, il polifenilene ossido, gli ionomeri, i polisolfoni, il polifenilene solfuro, il polibutilentereftalato, il policarbonato) con caratteristiche di resistenza sia termica che meccanica da renderli spesso superiori ai metalli, o alla ceramica.

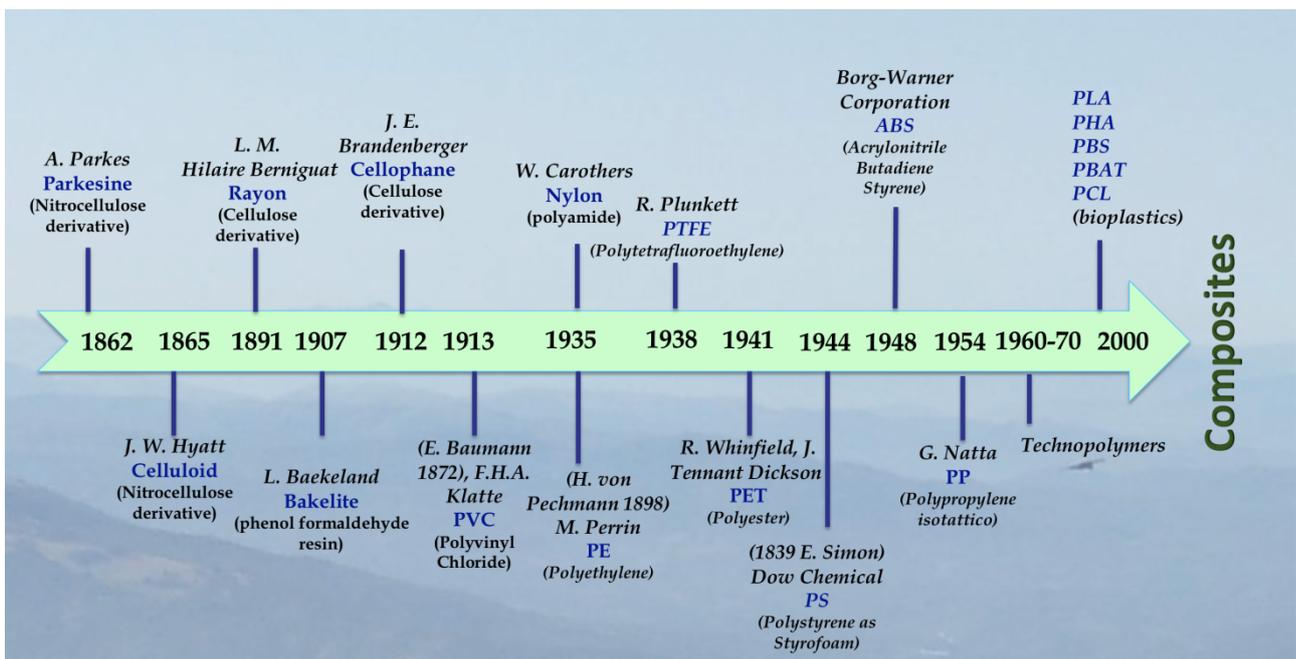


Figura 1. Date cruciali nella storia della plastica

La plastica è diventata un bene primario per l'umanità, ma, parallelamente anche un emblema di inquinamento, ecotossicità e spreco poiché le qualità attraenti della plastica ci hanno portato ad un atteggiamento vorace e ad un superconsumo dei beni di plastica e al loro abbandono nell'ambiente. Cosa si può dunque progettare e in che cornice è bene farlo? La plastica è stata demonizzata, ma noi intendiamo insegnare che le molecole non sono né buone né cattive; se il chimico le usa eticamente sono sempre semplicemente utili!

Sostenibilità

Il tema trattato ci permette di scandagliare il discorso della Sostenibilità. Nel 1972 la Conferenza di Stoccolma dell'ONU sull'Ambiente Umano coi suoi 26 principi, introduce il concetto di impatto ambientale (environmental concerns) nella dimensione politica. Dopo venti anni, nel 1992 il Vertice della Terra ONU di Rio de Janeiro adotta l'agenda per l'ambiente e lo sviluppo nel 21esimo secolo (AGENDA 21) ed ancora venti anni dopo, nel 2012 Conferenza ONU detta Rio+20, si focalizza sullo Sviluppo Sostenibile, inteso come sviluppo che può essere mantenuto ad un certo livello indefinitamente.

Attualmente, fra i 17 goals dell'Agenda 2030 dell'ONU almeno sette (n. 3 - Buona salute e benessere; n. 6 - Acqua pulita; n. 9 - Industria Innovazione, Infrastrutture; n. 12 - Consumo e produzione responsabile; n. 13 - Clima; n. 14 - Vita nelle acque; n. 15 - Vita sulla Terra) sono interconnessi con il tema della Plastica (vedi, ad esempio, i seguenti link: https://www.unric.org/it/images/2016/April/UN_DPI_SDG_presentation_ITA_PDF.pdf; <http://asvis.it/goal-e-target-obbiettivi-e-traguardi-per-il-2030/>)

Forse per questa sensibilità latente nei consumatori e produttori, ma anche nel mondo accademico e politico, le bioplastiche rappresentano una delle storie più importanti delle scorse decadi; infatti c'è una forte attenzione a livello di ricerca verso il problema dei gas di serra e al sequestro della CO₂; i consumatori chiedono prodotti attenti all'ambiente; la legislazione restringe l'uso di composti ad alto "carbon footprint" e le industrie cercano nuove materie prime rinnovabili e a basso costo.

Ma cosa sono le bioplastiche?

La bioplastica è un materiale plastico biodegradabile o derivato da materie prime rinnovabili, secondo la normativa EN1342 (European Bioplastic Association). Tuttavia, il mercato dei biopolimeri, oltre le applicazioni ad alto valore e di nicchia, non riesce a decollare a causa dei costi eccessivi e della non completa competitività per gli aspetti meccanici rispetto alle plastiche fossili (PS, PE, PP, PET, etc.).

Qui entra in gioco un aspetto *epistemologico* importante: gli studenti possono sentirsi attori della costruzione di nuova conoscenza. Abbiamo scelto di studiare il problema con un focus sul PLA che è la principale bioplastica nel panorama attuale, non tossica, biodegradabile, utile per i settori del packaging, del tessile, dei trasporti e nel settore biomedico (impianti bioadsorbibili). Per iniziare questo percorso didattico strutturato come Unità di apprendimento (interdisciplinare per analisi, chimica organica e tecnologie chimiche) sono necessari i prerequisiti dettagliati nella Tabella 1.

Tabella 1. Lista dei prerequisiti necessari per apprendere in maniera proficua i contenuti in termini di conoscenze e competenze nel percorso didattico integrato per la sintesi e l'analisi di nuovi materiali biocompositi

Fase del percorso didattico	Prerequisito richiesto
Consapevolezza sulla sostenibilità	17 obiettivi dell'Agenda 2030 dell'ONU
Sintesi del polilattato	Esterificazione nelle reazioni di policondensazione
	Concetto di monomero e polimero
	Equilibrio chimico
	Cinetica
Tecnica SPME	Concetto di equilibrio di adsorbimento, desorbimento e loro aspetti termochimici.

	Influenza della temperatura nelle trasformazioni endotermiche ed esotermiche Studio degli equilibri multifasici ed in competizione
Analisi cromatografica del polilattato e dei materiali biocompositi realizzati	Concetto di equilibrio di adsorbimento, desorbimento e loro aspetti termochimici. Influenza della temperatura nelle trasformazioni endotermiche ed esotermiche
	Ritenzione
	Selettività
	Efficienza
	Risoluzione
Detector di Massa	Generazione dello spettro di massa ed uso delle librerie NIST

La figura 2 riporta lo schema della polimerizzazione dell'acido lattico a partire dall'acido lattico. Le fasi della policondensazione in assenza di solventi usando come catalizzatore lo Stagno octoato, Sn(oct)₂, con un rapporto dello 0.24% (mol cat/mol LA) durante le due ore di reazione a 180°C sono riportate in figura 3.

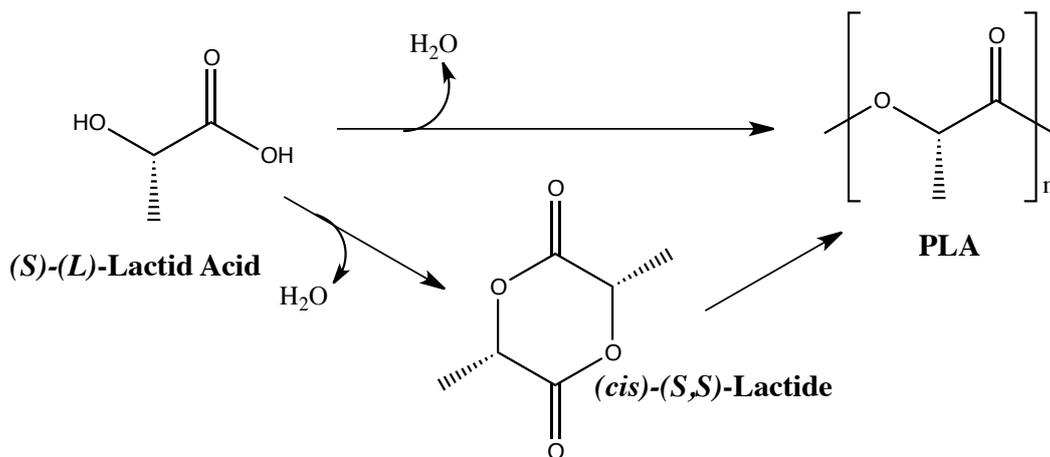


Figura 2. Schema della polimerizzazione dell'acido lattico



Figura 3. Varie fasi della polimerizzazione dell'acido lattico per semplice policondensazione

L'idea didattica nell'ottica dell'economia circolare: l'upcycling dei sottoprodotti della filiera agroalimentare

L'idea didattica è stata quella di utilizzare degli scarti, sottoprodotti o coprodotti della filiera agroalimentare per creare materiali compositi a base di PLA con un triplice scopo:

1. evitare i costi di smaltimento dei sottoprodotti
2. ridurre il costo del nuovo materiale composito (dato che l'alto costo previene lo sviluppo di questo settore)
3. evitare di usare risorse edibili per la sintesi di nuovi composti

Si sono scandagliate varie tipologie di scarti come si può osservare in figura 4, per valutarne la loro adeguatezza come filler per la matrice polimerica a base PLA.

Tutte i filler a base cellulosa sono risultati problematici per il fatto che la cellulosa si degrada alle alte temperature. Per questo motivo ci siamo concentrati su filler minerali sempre reperibili come scarti della filiera agroalimentare ed in particolare gusci di cozze e di uova che sono costituiti principalmente da carbonato di calcio. Le fasi della lavorazione per ottenere il materiale biocomposito a partire dal PLA fino ad arrivare allo stampaggio dei provini per i test meccanici e per la caratterizzazione cromatografica sono illustrate graficamente nella figura 5.



Figura 4. Varie tipologie di scarti testati come fillers



Figura 5. Fasi della lavorazione per arrivare allo stampaggio dei provini per le prove meccaniche e per la caratterizzazione cromatografica

Caratterizzazione cromatografica dell'impronta digitale molecolare dei composti organici volatili rilasciati

Abbiamo analizzato l'impronta digitale molecolare dei materiali compositi prodotti mediante la tecnica SPME accoppiata alla gascromatografia con detector spettrometrico di massa.

Il metodo è facile e non costoso. La fibra universale DVB/CAR/PDMS è adatta ad adsorbire un ampio spettro di analiti volatili. Le molecole passano direttamente dal campione al GC-MS quindi si ottiene allo stesso tempo l'estrazione, l'arricchimento e il trasferimento degli analiti dal campione allo strumento. L'iniezione è stata fatta in modalità splitless, dato che si ricercano analiti anche in tracce.

Per evitare artefatti gli esperimenti si sono svolti in triplicato e si è fatto un bianco analitico. I campioni posti in vials sono illustrati nella figura 6. Si sono ottimizzati i parametri sperimentali della fase estrattiva (tempo e temperatura) ed analitica (rampa cromatografica, con riflessione su concetti quali ritenzione, selettività, efficienza, risoluzione) con un approccio di tipo *problem solving*. L'identificazione si è basata sul confronto dei tempi di ritenzione degli analiti incogniti con quelli dei relativi standards, sulla base degli indici di ritenzione di Kovats e del match con la libreria NIST degli spettri di massa.

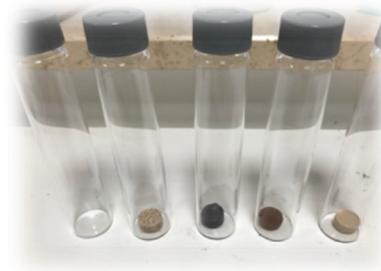


Figura 6. Campioni predisposti per l'analisi cromatografica

I risultati sono dettagliati nella figura 7 che rappresenta un esempio dell'impronta digitale molecolare degli analiti volatili emessi dai campioni in esame.

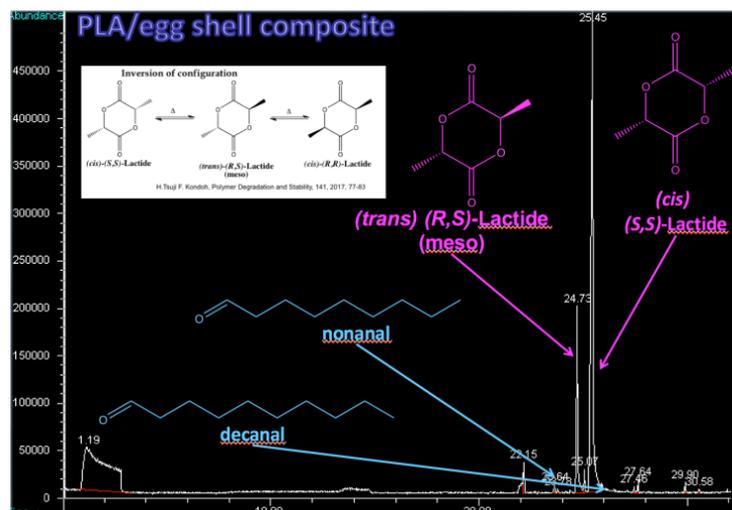


Figura 7. Impronta digitale molecolare degli analiti volatili emessi da un campione composito di PLA con polvere di gusci di uova essiccati, macinati e setacciati ad 80 micrometri

Nel cromatogramma riportato in figura 7 mancano quei composti tipici e volatili, rilasciati dalle plastiche fossili che sono pericolosi per la salute pubblica come i fenilalcani, gli ftalati

e il bis-fenolo A. Le molecole presenti sono dettagliate nella Tabella 2. In particolare, si sottolinea la presenza dei due diastereoisomeri della lattide nonché delle aldeidi nonanale e decanale, presenti tuttavia anche nell'aria di laboratorio essendo marker delle attività umane.

Tabella 2. Composti Organici Volatili rilasciati dai reattivi e dai prodotti ottenuti quantizzati con l'area percentuale del picco cromatografico

RI exp	Analyte	Lab air	LA	PLA	PLA/mussels shell	PLA/egg shell	mussel shell powder	egg shell powder
675	Acetic Acid	nd	8.21	nd	nd	nd	nd	nd
725	2,4,5-Trimethyl-1,3-dioxolane	nd	1.29	nd	nd	nd	nd	nd
810	Ethyl lactate	nd	1.29	nd	nd	nd	nd	nd
921	lactic acid	nd	6.44	nd	nd	nd	nd	nd
948	3-Methyl-2(5H)-furanone	nd	0.19	0.77	trace	0.33	nd	nd
1015	1-decene	nd	0.4	nd	nd	nd	nd	nd
1136	nonanal	nd	nd	nd	0.24	trace	2.31	1.92
1168	Meso-Lactide	nd	4.18	6.58	10.95	8.38	nd	nd
1199	L-lactide	nd	39.2	56.82	67.95	47.84	nd	nd
1226	decanal	nd	nd	nd	*	2.04	0.13	0.48

Caratterizzazione meccanica

Sono stati condotti i test sulla durezza (ASTM 2240) sul modulo di elasticità (DIN 53504) e sulla densità (ASTM D792) dei materiali ed in parte sulla abrasione ed i risultati riportati in Tabella 3 dimostrano un miglioramento di tutti e tre i parametri nei materiali biocompositi.

Tabella 3. Durezza, Modulo di Young e densità dei materiali biocompositi rispetto a quelli del PLA

	Hardness (Shore D)	sd	Young's Modulus (kg/mm ²)	sd	Density (g/cm ³)	sd
PLA	39	1	1.32	0.22	1.275	0.015
PLA/ egg shell	75	2	1.93	0.58	1.637	0.012
PLA/mussel shell	59	2	8.00	0.58	1.774	0.013

La figura 8 illustra i materiali prodotti e alcuni possibili utilizzi nell'ottica del legame con il nostro stupendo territorio marchigiano, che è la seconda regione al mondo che merita di essere visitata per la guida turistica Lonely Planet. Abbiamo creato tessere riguardanti i musei più importanti delle Marche, tuttavia crediamo che l'utilizzo del materiale in campo agricolo possa essere interessantissimo data la biodegradabilità dello stesso che evita la rimozione dai campi dopo l'uso (immaginiamo ad esempio canaline di scolo, etc).



Figura 8. Materiali biocompositi a base PLA e scarti alimentari prodotti nei laboratori dell'ITT Montani di Fermo

I networks di economia circolare attivi per questo progetto

Il progetto sviluppato ha permesso l'inserimento del Montani nei seguenti Networks impegnati nella diffusione dell'economia circolare a livello regionale, nazionale ed europeo. Il Montani è infatti partner del progetto PSR Marche 2014-2020 Misura 16.1, Azione 2 "Un nuovo Modello di Aziende Agricole ispirato alla strategia nazionale della Green Community". È inoltre scuola capofila per il centro Italia della Rete del Service Learning che ha lo scopo di coniugare l'apprendimento curricolare con l'impegno solidale in un circolo virtuoso per il recupero degli scarti e la loro valorizzazione.

Il Montani è ulteriormente beneficiario del progetto Europeo Horizon 2020 RUR-09-2018 sui Bio-Based Products e sulle strategie dell'economia circolare.

Rendere gli studenti e la società consci del fatto che la Chimica è preziosa per il benessere di ciascuno, in un'ottica di rispetto dell'ambiente, di economia circolare, di risparmio delle risorse non rinnovabili, di garanzia di salubrità dei nuovi materiali, sono stati obiettivi trasversali di cittadinanza attiva.

Riconoscimenti

Il lavoro ha ottenuto la Menzione speciale di Onore nel Concorso nazionale INVFACTOR del CNR e della Commissione Europea nel 2016. Ha altresì ricevuto la medaglia d'oro nella competizione mondiale 39th Beijing Youth Science Creation Competition (BYSCC), a Pechino, a marzo del 2019 ed il primo premio nel concorso nazionale S-Factor a Giugno 2019.

Bibliografia essenziale

1. Ahmed T, Shahid M, Azeem F, Rasul I, Shah AA, Noman M, Hameed A, Manzoor N, Manzoor I, Muhammad S, Biodegradation of plastics: current scenario and future prospects for environmental safety. *Environ Sci Pollut Res*, 2018, 25, 7287–7298. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1234-9>.
2. Cecchi T, Giuliani A, Iacopini F, Santulli C., Sarasini F, Tirillò J. Unprecedented high percentage of food waste powder filler in poly lactic acid green composites: synthesis, characterization, and

volatile profile. *Environ Sci Pollut Res*, **2019**, *26*, (7), 7263–7271 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04187-1>.

3. Hamad K, Kaseem M, Ayyoob M, Joo J, Deri F, Polylactic acid blends: the future of green, light and tough. *Progress in Polymer Science*, **2018**, *85*, 83–127.
4. Jiang L, Zhang J, Wolcott MP, Comparison of polylactide/nano- sized calcium carbonate and polylactide/montmorillonite compos- ites: reinforcing effects and toughening mechanisms. *Polymer*, **2007**, *48*, 7632–7644.
5. La Mantia FP, Morreale M, Green composites: a brief review. *Composites Part A*, **2011**, *42*, 579–588.
6. Laonud P, Chaiyuta N, Ksapabutr B, Poly(lactic acid) preparation by polycondensation method. *Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, **2010**, *4*, 1200–1202.
7. Murariu M, Dubois P, PLA composites: from production to properties. *Ad Drug Deliver Rev*, **2016**, *107*, 17–46.



I nostri laboratori

QUALI CONOSCENZE DI BASE PER COMPRENDERE L'INNOVAZIONE?

Michele A. Floriano^{1,2} e Anna Caronia¹

¹ *Divisione Didattica della Società Chimica Italiana;*

² *Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche, Viale delle Scienze, ed. 17, 90128 Palermo, Italy*

E-mail: michele.floriano@unipa.it

Introduzione

La professionalità del docente si costruisce a partire dalla sua formazione iniziale e si consolida durante l'arco dell'intera carriera. In questo contesto, il compito fondamentale della formazione in servizio è stato spesso affidato all'iniziativa individuale anche per la mancanza di un suo adeguato riconoscimento. Tuttavia, è noto che la legge n. 107 del 2015 introduce importanti novità anche da questo punto di vista regolamentando l'offerta di attività riguardanti la formazione in servizio che è diventata obbligatoria.

L'aggiornamento e la formazione in servizio sono fondamentali per la crescita professionale dei docenti, ma ancora di più per quelli di materie scientifiche. Le scienze infatti sono in continua evoluzione e nuove conoscenze si aggiungono costantemente a quelle esistenti. Di conseguenza, le attività di formazione in servizio per le discipline scientifiche sono indispensabili non solo per apprendere e sperimentare nuove strategie didattiche, ma anche per allineare le competenze disciplinari del docente al progresso delle conoscenze specifiche.

Per un docente è importante padroneggiare il proprio sapere disciplinare anche confrontandosi con altre discipline e collocando le finalità e gli obiettivi di apprendimento della propria materia nel contesto della moderna ricerca scientifica e tecnologica.

Per favorire lo sviluppo professionale continuo dell'insegnante occorre proporre, da parte di diverse istituzioni territoriali e nazionali, attività strutturate con l'obiettivo di offrire occasioni di formazione professionale adeguata ai bisogni e alle domande.

Riassumendo quindi, una valida iniziativa di formazione dovrebbe avere le seguenti finalità: perfezionare le conoscenze disciplinari e interdisciplinari e la capacità dei docenti di interessare e motivare gli allievi nell'apprendimento delle materie scientifiche; aggiornare e innovare i contenuti e le metodologie dell'insegnamento-apprendimento delle discipline scientifiche; favorire l'impiego di metodologie attive nella didattica; sollecitare l'attitudine al confronto fra colleghi, sia di area scientifica che umanistica, in vista di una maggiore armonizzazione dei percorsi curricolari.

In merito all'efficacia di un approccio multidisciplinare nella ricostruzione di una visione unitaria del sapere scientifico, è importante sottolineare la necessità della coesistenza di competenze culturali diverse che contribuiscano con le proprie esperienze e punti di vista alla risoluzione di problemi complessi.

Nel presente lavoro è descritta un'attività di formazione in servizio degli insegnanti, realizzata in Sicilia ormai da più di un decennio, i cui obiettivi si inseriscono nel quadro appena delineato.

Cos'è SPAIS. Obiettivi e finalità

La Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali (SPAIS), realizzata congiuntamente dalle Associazioni AIC (Associazione Insegnanti Chimici), AIF (Associazione per l'Insegnamento della Fisica), ANISN (Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali) e DDSCI (Divisione Didattica della Società Chimica Italiana), è una Scuola estiva residenziale che si svolge annualmente, di solito nell'ultima settimana di

luglio e in località diverse del territorio siciliano, su tematiche particolarmente stimolanti e innovative tratte dal mondo della ricerca.

Fra le varie iniziative di formazione in servizio degli insegnanti, SPAIS è unica nel suo genere sul territorio nazionale in quanto, mediante l'arricchimento nei contenuti dell'insegnamento, si pone come efficace interfaccia fra il mondo della ricerca scientifica e tecnologica e la società nel suo complesso.

A SPAIS contribuiscono autorevoli personalità provenienti dal mondo della ricerca accademica e industriale, esperti del settore specifico, tenendo lezioni, seminari e/o esercitazioni. I relatori provengono da sedi universitarie e centri di ricerca nazionali e sono sempre di formazione disciplinare diversa che, compatibilmente con la tematica prescelta, abbracciano tutte le Scienze sperimentali. Il carattere marcatamente multidisciplinare della Scuola si riscontra anche nella composizione eterogenea dei corsisti.

SPAIS è rivolta a docenti di materie scientifiche della scuola secondaria di I e II grado che, mediante la loro azione didattica, svolgono anche l'importante ruolo di diffusione e di mediazione culturale nei confronti della Società.

Il comitato scientifico di SPAIS comprende docenti di discipline scientifiche della scuola secondaria e dell'università che annualmente si confrontano nella formulazione del programma scientifico, con la conseguente selezione dei relatori da invitare, e nella progettazione delle attività sperimentali e didattiche.

Sebbene l'area geografica originale d'interesse fosse circoscritta al territorio siciliano, la Scuola ha progressivamente acquisito visibilità e rilevanza su scala nazionale tanto che nelle ultime edizioni circa metà dei corsisti proveniva da altre regioni.

Fin dalle prime edizioni SPAIS è stata realizzata in collaborazione con il MIUR - Ufficio Scolastico Regionale per la Sicilia. Inoltre, nella programmazione 2015-2019 del Piano Nazionale Lauree Scientifiche (PNLS), la Scuola è stata inserita nei progetti delle Università di Catania, Messina e Palermo per le aree Biologia e Biotecnologie, Chimica, Fisica e Geologia così esaltandone il carattere regionale e multidisciplinare.

La Scuola si pone come obiettivo l'individuazione e il conseguente approfondimento delle conoscenze di base che sono necessarie nel campo della Chimica, della fisica e delle scienze biologiche, geologiche e naturali per comprendere e comunicare i contenuti fondamentali della moderna ricerca scientifica e tecnologica. In questo modo si intende perseguire due finalità: da un lato una maggiore sensibilizzazione nei confronti della ricerca scientifica come protagonista del progresso, dall'altro la dimostrazione dell'importanza di acquisire correttamente concetti scientifici di base che possono, a volte, apparire astratti e privi di un riscontro pratico.

In ciascuna edizione viene selezionato uno specifico tema che presenta le indispensabili caratteristiche di attualità sul piano della ricerca scientifica e tecnologica, potenzialità di essere analizzato e discusso da punti di vista disciplinari diversi e idoneità alla identificazione esplicita dei concetti di base delle varie discipline coinvolte. Sulla base del tema selezionato vengono quindi individuati i relatori che sono invitati a esporre i risultati delle loro ricerche. Ai corsisti viene richiesto, anche con l'ausilio di schede di lavoro da compilare durante le attività seminariali, di identificare i concetti di base della propria disciplina necessari per una efficace fruizione del materiale presentato.

Il programma scientifico, ove possibile e utile, è sempre integrato da almeno un contributo di contenuto umanistico coerente con il tema prescelto. Questa relazione assume spesso la veste di un dibattito informale fra tutti i partecipanti stimolato e condotto da uno o più esperti.

Struttura e organizzazione didattica

SPAIS si articola in relazioni mattutine e attività seminariali, laboratoriali e lavori di gruppo pomeridiani per una durata complessiva di 32 ore nell'arco di 6 giorni. In particolare, le

attività laboratoriali sono programmate in modo da incoraggiare i corsisti a progettare concretamente percorsi didattici ispirati ad aspetti specifici oggetto delle lezioni mattutine. Negli ultimi anni, in queste occasioni, sono state sperimentate modalità innovative d'insegnamento/apprendimento e soprattutto quelle basate su Inquiry Based Science Education (IBSE).

Compatibilmente con i limiti logistici posti dalla struttura ospitante, vengono anche proposte attività sperimentali non solo a carattere dimostrativo, ma anche impegnando i corsisti in maniera individuale.

Il materiale didattico, comprese le presentazioni dei relatori e i riassunti di tutte le comunicazioni, sono disponibili nel sito di SPAIS.¹ Nelle ultime edizioni sono stati anche pubblicati gli atti² che contengono contributi estesi.

Allo scopo di incoraggiare la partecipazione attiva dei corsisti, all'interno del programma scientifico è sempre presente una sessione poster in cui è possibile presentare eventuali esperienze didattiche realizzate in classe su tematiche delle edizioni precedenti e/o di quella corrente. Tali contributi, oltre a essere discussi anche con brevi presentazioni orali, sono pubblicati negli atti della Scuola.

I temi sino ad oggi trattati hanno riguardato contenuti di grande interesse ed attualità dal punto di vista della moderna ricerca scientifica, ma anche argomenti a più ampio respiro come l'energia, l'analisi sistemica di fenomeni complessi e la centralità del tempo nei fenomeni naturali. Come si può desumere dal programma dettagliato di ciascuna edizione¹, nell'arco di più di dieci anni di attività hanno offerto importanti contributi più di cento relatori, provenienti da tutta Italia e anche di levatura internazionale fra cui spiccano: Vincenzo Balzani, Carlo Bernardini, Paolo de Bernardis, Claudio Franceschi, Vincenzo Lombardi, Annamaria Petrozza, Alessandra Rotundi, Giovanni Silvestrini, Sebastiano Tusa, Margherita Venturi e Maurizio Wurtz. Le sedi hanno spaziato sull'intero territorio siciliano coinvolgendo le province di Agrigento, Catania, Messina, Palermo, Siracusa e Trapani. Le principali caratteristiche di tutte le edizioni sono riassunte in tabella 1.

Tabella 1. Le edizioni di SPAIS fino ad ora realizzate

Anno	Sede	Tema
2006	Caccamo (PA)	Le nanotecnologie e i nanomateriali
2007	Santo Stefano di Quisquina (AG)	L'energia. Aspetti di base e applicativi
2008	Isnello (PA)	Sistemi complessi
2009	Agrigento	Il tempo nella Scienza. La Scienza nel tempo
2011	Catania	Materia e luce
2012	Bonagia (TP)	Nutrirsi di Scienza
2013	Messina	Le Neuroscienze
2014	Trabia (PA)	Nanodispositivi e macchine molecolari. Dai materiali alle scienze della vita
2015	Siracusa	Il Sole. La nostra stella e/è la nostra risorsa
2016	Marsala (TP)	Acqua. Sostanza e risorsa
2017	Catania	Scienza inForma. La Forma nella Scienza
2018	Palermo	Messaggi di Scienza
2019	Agrigento	I modelli nelle Scienze

A conclusione dei lavori, ai corsisti viene richiesto di compilare un questionario di valutazione riguardante sia i contenuti e l'efficacia didattica dei relatori sia altri aspetti logistici e organizzativi. Nel corso degli anni il questionario è stato più volte modificato ed adattato anche in relazione al tema specifico e al tipo di attività realizzate e, invariabilmente, i risultati sono sempre stati molto lusinghieri.



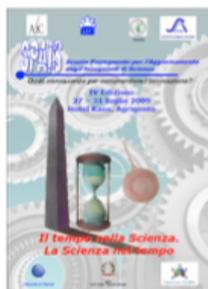
2006
Le nanotecnologie e i nanomateriali



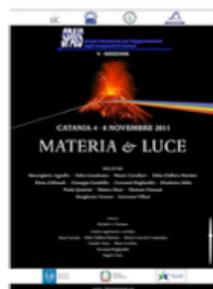
2007
L'energia



2008
Sistemi complessi



2009



2011
Materia e luce



2012
Nutrirsi di scienza



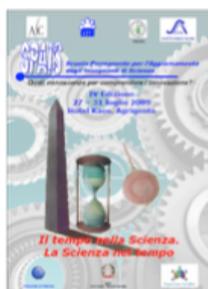
2006
Le nanotecnologie e i nanomateriali



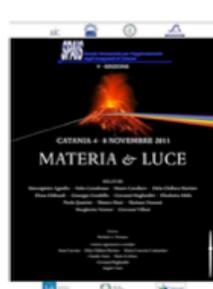
2007
L'energia



2008
Sistemi complessi



2009
Il tempo nella Scienza. La Scienza nel tempo.



2011
Materia e luce

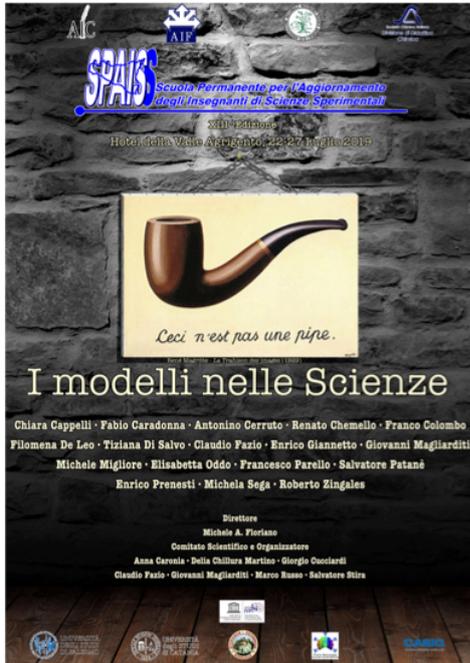


2012
Nutrirsi di scienza

Locandine delle edizioni di SPAIS dal 2006 al 2012

SPAIS 2019: I modelli nelle Scienze

51 partecipanti



Discipline	Partecipazioni a precedenti SPAIS		
Scienze	22	0	19
Matematica e Fisica	16	1-4	9
Chimica	10	4-7	8
Altro	3	8-12	6

Motivi partecipazione 1-5	
Tema	4,2
Incontrare colleghi	3,7
Reputazione SPAIS	3,5
Località	2,9
Carta docente	2,7

Uso contenuti precedenti SPAIS		Uso Atti	
Si	19	Spesso	13
No	3	raramente	9



Conclusioni

A seguito delle esperienze maturate nelle edizioni di SPAIS sin'ora realizzate, è possibile proporre alcune riflessioni e considerazioni che emergono non solo dai commenti esplicitamente espressi dai corsisti nei questionari di valutazione, ma anche dai numerosi colloqui e scambi di opinioni con gli stessi corsisti e con i relatori. I primi hanno costantemente messo in evidenza l'efficacia sul piano della crescita professionale di un confronto non solo con colleghi della propria e di altre discipline, ma anche con operatori del mondo della ricerca. Tuttavia, anche i relatori hanno più volte messo in evidenza di aver trovato stimoli e idee dallo scambio con gli insegnanti anche perché occasioni di questo tipo non sono frequenti nel mondo accademico e dei centri di ricerca. È stato ripetutamente ribadito che mettere in discussione gli aspetti scientifici di base dei temi specifici di ricerca offre una grande potenzialità per lo sviluppo di nuove idee. Allo stesso modo, il dover esporre concetti spesso molto avanzati a un pubblico di non specialisti e quindi in termini elementari con un linguaggio idoneo, ha il grande vantaggio di porre ai relatori, con indubbio beneficio generale, le stesse problematiche di carattere didattico che gli insegnanti si trovano ad affrontare in classe. Sembra che questo confronto reciproco sia facilitato dal carattere residenziale della Scuola che offre numerose occasioni di scambi informali e non solo limitati al contesto didattico previsto dal programma. Sempre sulla base dei pareri raccolti nel corso degli anni, la collocazione temporale di SPAIS alla fine di luglio, a conclusione dell'anno scolastico e prima di "staccare la spina" nel periodo di vacanza, consente a molti corsisti di trovare le condizioni ideali per riflettere sui contenuti della professione.

Per quanto riguarda gli obiettivi enunciati nell'Introduzione, sicuramente durante la settimana di SPAIS vengono messi in evidenza esempi specifici della ricerca avanzata in tutti i settori delle discipline coinvolte. Visto che occasioni di aggiornamento simili non sono frequenti, ciò è già di per sé positivo. Inoltre, i corsisti sono costantemente incoraggiati a identificare nei temi presentati i concetti di base della propria disciplina in modo da riportarli nelle loro classi in un contesto più concreto e moderno. Quest'opera di trasposizione didattica, anche se spesso assistita nelle sessioni laboratoriali e nei lavori di gruppo, è comunque, in generale, lasciata alla libera interpretazione e alla professionalità dei singoli. Il comitato scientifico di SPAIS si rende comunque sempre disponibile a interagire, anche dopo il periodo della Scuola, con chiunque lo ritenga utile come già avvenuto in alcune occasioni.

Riferimenti

1. www.unipa.it/flor/spais.htm - infospais@gmail.com
2. "Quaderni di Ricerca in Didattica": http://math.unipa.it/~grim/menu_quaderni_sc.htm;
http://math.unipa.it/~grim/menu_quaderni_new.htm

LA SCUOLA ESTIVA DI FORMAZIONE DOCENTI DEL PIANO LAUREE SCIENTIFICHE NAPOLI: UN ESEMPIO DI DIDATTICA INTEGRATA DELLE SCIENZE DI BASE PER LA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO E SECONDO GRADO

*Silvia Galano⁽¹⁾, Maria Rosaria Iesce⁽²⁾, Ugo Caruso⁽²⁾, Marianna Crispino⁽³⁾,
Alessandro Iannace⁽⁴⁾, Marco Lapegna⁽⁵⁾, Giancarlo Ragozini⁽⁶⁾, Daniel Riccio⁽⁷⁾, Italo Testa⁽¹⁾,
Arturo Colantonio^(8,9)*

⁽¹⁾ Dipartimento di Fisica "E. Pancini", Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽²⁾ Dipartimento di Scienze Chimiche, Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽³⁾ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽⁴⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽⁵⁾ Dipartimento di Matematica e Applicazioni "R. Caccioppoli", Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽⁶⁾ Dipartimento di Scienze Politiche, Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽⁷⁾ Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione, Università degli Studi di Napoli Federico II; ⁽⁸⁾ Physics Division, School of Science and Technology, Università di Camerino; ⁽⁹⁾ INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli

E-mail: galano@fisica.unina.it

Abstract. Da tre anni, le unità operative locali dei progetti di Biologia/Biotecnologie, Chimica, Fisica, Informatica, Matematica, Scienze dei Materiali e Scienze della Terra del Piano Nazionale Lauree Scientifiche (PLS) operanti presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II, organizzano in maniera congiunta una scuola estiva per docenti di scuola secondaria superiore di primo e secondo grado della durata di una settimana, ponendo enfasi su azioni didattiche innovative e su temi scientifici di attualità. In particolare, la scuola ha lo scopo di familiarizzare i docenti con proposte di ristrutturazione dei curricula di matematica e scienze attorno a nuclei tematici e metodologici trasversali (es. inquiry, energia, ambiente). I docenti durante la scuola hanno inoltre l'opportunità di sperimentare, attraverso lavori di gruppo e laboratori multidisciplinari svolti in prima persona, una didattica più efficace e che può accrescere l'interesse degli studenti verso questo ambito del sapere. La Scuola Estiva PLS di quest'anno, in occasione delle celebrazioni per l'anno internazionale della Tavola Periodica, è stata centrata sul tema dell'importanza della Chimica per la promozione dello sviluppo sostenibile, per la ricerca scientifica in generale e come strumento per la comprensione di cambiamenti geopolitici.

Introduzione

Da ormai tre anni il Piano Nazionale Lauree Scientifiche (PLS) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, aree di Biologia/Biotecnologie, Chimica, Fisica, Matematica, Scienze dei Materiali, Scienze della Terra e dal 2019 Informatica e Statistica, organizza una Scuola Estiva per docenti, di ambito scientifico e matematico, della scuola secondaria di primo e secondo grado.

La Scuola Estiva si svolge annualmente presso l'Università Federico II di Napoli nel mese di luglio, e ha la durata di cinque giorni durante i quali vengono programmate attività formative di diversa natura: seminari disciplinari e metodologici, esperienze di laboratorio, visite guidate sul territorio e interventi di divulgazione scientifica.

L'iniziativa è nata grazie alla volontà e all'impegno dei referenti delle diverse aree del PLS dell'Ateneo Federiciano che hanno condiviso le risorse a loro disposizione e, soprattutto, le competenze dei docenti e dei ricercatori coinvolti nelle molteplici attività del PLS. Il progetto della Scuola Estiva per docenti si fonda su due principi fondamentali. Da un lato, l'idea che sia necessario mettere in contatto il mondo della ricerca con i docenti della scuola, al fine di accrescere la loro consapevolezza e conoscenza di quelli che sono i risultati ottenuti dalla ricerca per quanto riguarda non solo i contenuti disciplinari, ma anche la conoscenza

pedagogica dei contenuti e l'utilizzo delle diverse metodologie didattiche. Dall'altro, la volontà di sottolineare il carattere interdisciplinare e unitario della conoscenza scientifica che si deve necessariamente riflettere sull'insegnamento e l'apprendimento delle discipline scientifiche.

Ogni anno i referenti del PLS selezionano un tema di ampio interesse che rappresenta il filo conduttore di tutte le attività proposte nell'ambito della scuola di formazione. Finora i temi scelti sono stati:

- "La didattica delle scienze integrate nella scuola secondaria di primo e secondo grado" (2017);
- "La didattica integrata delle Grandi Idee nella Scuola Secondaria" (2018);
- "Periodicità e Formalizzazione nella didattica delle Scienze e della Matematica nella scuola secondaria di primo e secondo grado" (2019).

Le attività della Scuola Estiva

Intorno alla tematica scelta vengono progettate le attività da proporre ai docenti che sono organizzate in due tipologie di seminari, "Metodi e Strumenti" e "Seminari Integrati", e in "Laboratori".

Metodi e strumenti

I seminari "Metodi e Strumenti" sono tenuti da ricercatori esperti nel settore della didattica delle scienze che condividono con i docenti i risultati delle ultime ricerche nel settore della didattica. Al termine di ciascun intervento i partecipanti alla Scuola sono invitati a discutere con i relatori delle ricadute che i temi trattati possono avere nella loro pratica didattica. Si tratta di momenti fondamentali della Scuola Estiva, che si differenzia da altre iniziative simili proprio per la presenza di questa tipologia di seminari. Scopo della Scuola, infatti, non è quello di proporre attività didattiche "preconfezionate" che i docenti possono replicare in classe, ma di consentire ai docenti di entrare in contatto con gli studi più recenti della ricerca in didattica e di permettere loro di discutere con i ricercatori del settore le potenzialità, le possibili ricadute nella pratica didattica e anche i limiti di questi studi.

Nelle tre edizioni della Scuola sono stati trattati argomenti che hanno riguardato ambiti anche molto diversi tra loro. Di seguito riportiamo alcuni esempi dei temi affrontati.¹

- *Didattica disciplinare*: sono stati presentati moduli didattici validati dai ricercatori; si è discusso delle scelte, effettuate nell'ambito delle riforme scolastiche, finalizzate all'introduzione di nuovi contenuti nei curricula (per esempio la fisica moderna).
- *Metodologie didattiche*: si sono presentate quelle metodologie didattiche che le ricerche in didattica hanno dimostrato essere più efficaci nel supportare gli studenti a sviluppare non solo la comprensione dei contenuti disciplinari, ma anche le loro abilità e competenze (ad esempio, l'Inquiry Based Science Education o il Problem Solving).
- *Strumenti di valutazione*: sono state presentate e discusse varie tipologie di strumenti di valutazione (domande aperte, questionari a risposta chiusa, interviste ecc.). Si è discusso non solo di come e quando sia più opportuno utilizzare le diverse tipologie di strumenti di valutazione, ma anche di come tali strumenti vengono progettati e validati. A proposito della valutazione effettuata ricorrendo a questionari chiusi si è presentato e discusso il caso della valutazione effettuata dall'INVALSI, analizzando

¹ Per chi volesse approfondire tutti i temi trattati nei seminari "Metodi e Strumenti", si rimanda al sito web della Scuola Estiva (www.scuolaestivapls.unina.it) dove sono consultabili tutti gli abstract delle attività svolte.

alcuni esempi di domande proposte dall'INVALSI e discutendo i report dell'ente. Per quanto riguarda la valutazione di risposte aperte, problemi, interviste ecc., invece, si è discusso di come si costruiscono, validano e utilizzano le cosiddette "griglie di valutazione", uno strumento utilizzato nella pratica didattica talvolta acriticamente e solo in maniera formale.

- *Comunicazione*: si è discussa la differenza tra comunicazione della conoscenza scientifica e divulgazione scientifica; sono state presentate le basi di quella che può considerarsi un'efficace comunicazione senza la quale mancano i presupposti affinché qualunque messaggio possa essere trasmesso dal docente ai suoi studenti.
- *Strumenti utili a progettare i curricula*: sono stati presentati alcuni temi di ricerca in didattica quali, ad esempio, le "Learning Progression" o le "Big Idea", che possono essere utilizzati per riprogettare i curricula disciplinari verticalmente sviluppando l'insegnamento interdisciplinare delle materie scientifiche intorno ai nuclei fondanti delle diverse discipline.
- *Statistica*: si è introdotta ed esaminata l'importanza che lo studio della statistica può rivestire nell'ambito dell'insegnamento e dell'apprendimento partendo da esempi concreti, tratti dalla quotidianità della vita di un comune cittadino, in particolare prendendo in esame i dati presentati dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT). Esperti di statistica hanno analizzato diversi esempi di utilizzo dei dati ISTAT richiamati e citati da mass media, politici e opinionisti per supportare tesi talvolta anche contrastanti tra loro, discutendone con i docenti. Si è sottolineato come la conoscenza della statistica risulti fondamentale per poter formare cittadini consapevoli del loro ruolo. Partendo da queste riflessioni sul ruolo della statistica nella quotidianità, sono stati proposti ai docenti diversi strumenti e riferimenti didattici che essi potranno portare in classe e utilizzare durante le loro lezioni al fine di accrescere non solo le conoscenze degli studenti in statistica, ma la loro consapevolezza del ruolo che questa disciplina gioca nel cosiddetto "mondo reale".
- *Tecnologie informatiche*: sono stati mostrati diversi software utilizzabili nella pratica didattica sia nell'ambito dell'analisi dati, effettuata praticamente nel corso dei diversi laboratori, sia per quanto concerne la creazione e l'utilizzo di supporti didattici come mappe concettuali, presentazioni o animazioni. Si è approfondito il tema dell'utilizzo del Machine Learning e del suo utilizzo nell'ambito dei software sviluppati per la ricerca, non necessariamente informatica. Sono stati introdotti i concetti elementari riguardanti il ruolo delle misure (features) e le fasi di addestramento (training) e validazione (test) per generici approcci di apprendimento automatico supervisionato e non supervisionato. Sono state presentate diverse situazioni di esempio mirate a presentare ai partecipanti i problemi di base che si affrontano durante il processo di costruzione di sistemi di classificazione automatica. Gli esempi analizzati sono stati inizialmente mantenuti ad un livello astratto, e successivamente sono stati approfonditi quegli aspetti legati alla dipendenza degli schemi di classificazione rispetto alle misure disponibili effettuate dai docenti stessi nel corso delle attività di laboratorio. Si è infine evidenziata la criticità relativa alla disponibilità di informazioni complete, rispetto al problema di interesse, per il successo dell'addestramento.

Seminari Integrati

I Seminari Integrati sono tenuti da esperti delle diverse discipline che affrontano, da differenti punti di vista, lo stesso tema proponendo ai docenti spunti di riflessione e di approfondimento che possono riutilizzare nella loro progettazione didattica. In Tabella 1 riportiamo un esempio di Seminario Integrato tra quelli che sono stati proposti nel corso

dell'ultima edizione della Scuola Estiva intitolato: "Tavola Periodica: dalla visione di Mendeleev agli elementi high-tech". L'edizione 2019 della Scuola è stata dedicata alla "Periodicità e Formalizzazione" e, vista la concomitanza con l'Anno Internazionale della Tavola Periodica, i temi trattati nei Seminari Integrati sono stati scelti facendo particolare riferimento alla periodicità in Chimica e al ruolo che gli elementi della Tavola Periodica rivestono nelle diverse discipline.

Gli interventi che compongono l'esempio riportato in Tabella 1 declinano il tema della Tavola Periodica e dei suoi elementi sotto vari punti di vista:

- (i) quello storico, presentando la nascita della Tavola Periodica;
- (ii) quello della Meccanica Quantistica, che rende possibile l'interpretazione microscopica della periodicità delle proprietà chimico-fisiche degli elementi;
- (iii) quello delle Scienze dei Materiali, evidenziando il legame unico tra elementi, materiali innovativi e applicazioni tecnologiche;
- (iv) quello geo-politico e tecnologico, presentando il ruolo che le diverse distribuzioni e abbondanze degli elementi sul nostro pianeta rivestono in questi settori.

Tabella 1: Esempio di un Seminario Integrato Chimica – Fisica – Geologia tenuto nel corso dell'edizione 2019 della Scuola Estiva

Tavola Periodica: dalla visione di Mendeleev agli elementi high-tech	
<p>La Tavola Periodica: ieri, oggi e domani <i>(R. Lanzetta – Dipartimento di Scienze chimiche, UNINA)</i></p>	<p>In occasione dell'Anno Internazionale della Tavola Periodica abbiamo inaugurato la terza edizione della Scuola Estiva con un intervento sulla storia della Tavola Periodica. È stata discussa l'intuizione che ha portato alla progettazione delle prime versioni di questo strumento, la storia e l'evoluzione della stessa che hanno portato alla sistemazione della Tavola Periodica degli elementi così come la conosciamo oggi. È stato sottolineato come ancora oggi a 150 dalla sua nascita, la tavola periodica sintetizza in maniera rigorosa e completa tutti gli elementi presenti nel mondo minerale, animale e vegetale e in...tutto l'universo.</p>
<p>Il ruolo della Meccanica Quantistica nella Tavola Periodica <i>(U. Scotti di Uccio – Dipartimento di Fisica E. Pancini UNINA)</i></p>	<p>Dopo aver introdotto come la Tavola Periodica sintetizzi le proprietà chimiche e fisiche della materia, in questo intervento ci si è focalizzati su come la Fisica possa interpretare, giustificare e comprendere tali proprietà. In particolare, si è discusso in modo critico dei successi e insuccessi della fisica classica, con l'obiettivo di capire come la Meccanica Quantistica ne abbia superato i limiti e permettendo di comprendere e modellizzare le più elementari proprietà della materia e della radiazione.</p> <p>Sono state, infine, presentate alcune applicazioni tecnologiche legate allo sviluppo e all'utilizzo di materiali innovativi che hanno profondamente cambiato le abitudini umane quali ad esempio il LED il cui utilizzo e le cui caratteristiche sono poi state approfondite nel corso dei "Laboratori".</p>

<p>I giacimenti minerari: anomalie della distribuzione degli elementi nella Terra (N. Mondillo – Dipartimento di Scienze della Terra, dell’Ambiente e delle Risorse, UNINA)</p>	<p>Dopo aver discusso nei precedenti interventi della Tavola Periodica come strumento di modellizzazione e di sintesi teorica delle proprietà degli elementi che costituiscono la materia, in questo intervento siamo passati ad esaminare la localizzazione concreta degli elementi sotto forma di minerali e del contesto geologico nel quale essi si concentrano fino a costituire quelli che comunemente chiamiamo giacimenti minerari. Come corollario, è stato discusso il ruolo e l’influenza che gli stessi rivestono nelle applicazioni tecnologiche e nelle attività umane.</p> <p>Per definizione, i giacimenti minerari sono accumuli naturali di minerali o metalli nella crosta terrestre che, per dimensione, concentrazione e localizzazione, sono sfruttabili con profitto. In questi depositi, gli elementi chimici di interesse economico raggiungono concentrazioni anche migliaia di volte superiori rispetto alla loro concentrazione media nella crosta terrestre. Ciò rende i giacimenti minerari delle importanti “anomalie” geochimiche naturali. Comunemente si distingue tra giacimenti di metalli nobili (oro, argento, platino), di metalli di base e industriali (rame, zinco, ferro, alluminio), e di minerali (diamanti, pietre preziose, minerali industriali), che derivano sia da processi genetici profondi (endogeni), che superficiali (esogeni). Molti dei metalli menzionati sono utilizzati fin dagli albori della civiltà, sia per usi pratici che per fini estetici. I cambiamenti sociali e tecnologici verificatisi nell’ultimo secolo (ma soprattutto nell’ultimo ventennio), hanno prodotto, oltre che una forte crescita del consumo dei metalli storicamente più utilizzati, anche una forte domanda di metalli più “rari” (elementi delle terre rare, gallio, germanio, indio, cobalto, etc.), fortemente impiegati nell’industria high-tech. Essendo presenti in tanti strumenti di uso quotidiano (es. PC, tablet, smartphone, etc.), alcuni di questi metalli “rari” hanno un alto valore economico. Al fine di monitorarne le forniture, la Commissione Europea, sulla base dei consumi dei paesi membri e dell’evoluzione del mercato, stila dei rapporti biennali contenenti l’elenco dei metalli “rari” che sono “critici” per l’economia comunitaria – dei quali cioè, non possiamo fare a meno. Mantenere un costante approvvigionamento di queste (ed altre) risorse minerarie rappresenta una delle principali sfide del futuro, ed è bene essere consapevoli che la loro “disponibilità” dipende (spesso) da fattori di natura geologica.</p>
--	--

Laboratori

Nel corso dei “Laboratori” i docenti sono guidati, singolarmente o in gruppo, a lavorare ad esperienze di laboratorio che possono essere riprodotte in aula e che riprendono i temi trattati nel corso dei “Seminari Integrati”. Tutte le attività di laboratorio vengono svolte all’interno dei laboratori didattici dei dipartimenti coinvolti e, talvolta, prevedono l’utilizzo di materiali facilmente reperibili, tali da consentire ai docenti di riprodurre le attività all’interno dei rispettivi Istituti Scolastici.

In Tabella 2 riportiamo alcuni esempi dei laboratori svolti nel corso delle diverse edizioni della Scuola.

Tabella 2: Esempi di “Laboratori” svolti in due differenti edizioni della Scuola Estiva

Laboratori di Chimica-Fisica-Biologia (Edizione 2019)	
<p>I laboratori descritti di seguito sono stati progettati come complementari tra loro e sono focalizzati sulle tecniche di analisi sviluppate nei diversi ambiti, chimico, fisico e biologico, che consentono di individuare le sostanze presenti nei campioni esaminati.</p>	
<p>Analisi chimica degli elementi <i>(M. Trifuoggi – Dipartimento di Scienze Chimiche, UNINA)</i></p>	<p>Nel corso di questo laboratorio ai docenti sono state illustrate le moderne tecniche analitiche applicate all’analisi delle acque al fine di riconoscere le sostanze e gli elementi contenuti in campioni di acqua. In particolare, è stato illustrato tutto il percorso che segue il campione da analizzare: (i) sono stati discussi i diversi strumenti per il prelievo del campione facendo riferimento ai diversi materiali che compongono i contenitori da utilizzare in base alle tecniche analitiche che si prevede di utilizzare; (ii) sono state illustrate le diverse procedure di trattamento del campione; (iii) si è mostrata l’analisi del campione mediante diverse tecniche strumentali moderne quali CI, GC-MS, ICP-OES e ICP-MS. L’attività di laboratorio è servita a fornire ai docenti una panoramica sulle attività che vengono svolte in un moderno laboratorio di analisi, utilizzando l’analisi delle acque come caso di studio.</p> <p>Si è infine discusso delle moderne tecniche di gestione in qualità (ISO 9001) e alle procedure per l’accreditamento dei laboratori (ISO 17025).</p>
<p>Misure emissione elementi con lo spettrometro <i>(S. Galano – Dipartimento di Fisica E. Pancini, UNINA)</i></p>	<p>È presentata un’attività didattica basata sulla metodologia dell’Inquiry Based Science Education (IBSE) e finalizzata allo studio degli spettri luminosi ottenuti dall’analisi di diverse sorgenti luminose. Si è discusso con i docenti di come l’analisi spettroscopica possa essere utilizzata per effettuare analisi indirette di sorgenti non facilmente accessibili, ad esempio le stelle. È stato mostrato ai docenti come e quali proprietà delle stelle sia possibile dedurre dallo studio dei loro spettri. Ai docenti sono stati mostrati diversi tipi di spettrometro, con relativo software, e diverse sorgenti luminose da studiare. I docenti hanno potuto effettuare e discutere misure con uno degli spettrometri presenti in laboratorio. È stato infine distribuito materiale didattico utile ad implementare in autonomia.</p>
<p>Determinazione nutrienti e metalli pesanti <i>(C. Arena, A. De Marco- Dipartimento di Biologia, UNINA)</i></p>	<p>È stato effettuato un campionamento del suolo e le analisi preliminari. I campioni sono stati poi ulteriormente analizzati in laboratorio per determinare, sia nei tessuti vegetali che animali, il contenuto di nutrienti e metalli. È stato anche illustrato il funzionamento degli strumenti utilizzati per le analisi.</p>

Laboratori di Chimica – Fisica – Geologia (Edizione 2017)

I laboratori descritti di seguito sono stati progettati come complementari tra loro e sono focalizzati sul tema dell'energia.

<p>Il riscaldamento globale non è una montatura degli ambientalisti: dimostrazioni pratiche (G. D'Errico, D. Ciccarelli - Dipartimento di Scienze Chimiche, UNINA)</p>	<p>In questo laboratorio si è trattato in particolare di energia termica analizzandone il ruolo in relazione al tema del riscaldamento climatico. Dopo aver discusso con i docenti di come sia possibile provare che il riscaldamento globale è correlato all'incremento della presenza di anidride carbonica nell'atmosfera, sono stati presentati semplici esperimenti di laboratorio, facilmente riproducibili anche in assenza di strumentazioni specialistiche. Recipienti contenenti miscele gassose arricchite in anidride carbonica (ad es. fumi di combustione, aria emessa per espirazione) sono stati esposti a radiazioni (luce solare, lampade infrarosse) e se ne è valutato l'aumento di temperatura. Sono inoltre stati presentati semplici metodi analitici che consentono di determinare quantitativamente la concentrazione di anidride carbonica in miscele gassose.</p>
<p>Conservazione dell'energia (I. Testa - Dipartimento di Fisica E. Pancini, UNINA)</p>	<p>In questo laboratorio il tema dell'energia è stato trattato dal punto di vista del "Principio di Conservazione dell'Energia". Sono illustrati esempi di conservazione dell'energia in diversi ambiti della fisica (meccanica, termologia, elettromagnetismo). In particolare, i docenti hanno potuto realizzare diverse esperienze laboratoriali finalizzate all'analisi quantitativa: le oscillazioni di una massa sospesa ad una molla, gli urti tra carrelli su guida priva di attrito, il mescolamento di masse d'acqua a temperature diverse, i cambiamenti di fase, l'accensione di un LED.</p>
<p>Metodologie "Remote Sensing" per lo studio e il monitoraggio di fenomeni geologici (V. Paoletti e P. Confuorto - Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, UNINA)</p>	<p>Nel corso di questo laboratorio sono stati illustrati i principi base di diverse tecniche di telerilevamento (remote sensing), basate sull'uso del campo magnetico e di onde radar, che consentono un monitoraggio continuo e di estremo dettaglio dei fenomeni naturali endogeni ed esogeni. Sono stati inoltre presentati esempi di applicazioni tecniche che vanno dallo studio di apparati vulcanici ai processi deformativi della superficie terrestre, dalle faglie attive durante i terremoti ai grandi fenomeni franosi, con enormi ricadute anche per scopi di gestione del rischio da eventi naturali. Il laboratorio è stato finalizzato ad offrire ai docenti uno strumento utile a proporre nelle aule scolastiche una Geologia non solo descrittiva ma coinvolta in prima linea nella soluzione di problemi ambientali.</p>

Sempre nell'ambito dei Laboratori, grazie al contributo dei colleghi del PLS di Geologia, ogni anno viene organizzata una "Escursione Geologica" durante la quale i docenti iscritti alla Scuola hanno la possibilità di partecipare ad un'escursione in una località della regione Campania. Nella seconda edizione l'escursione si è svolta ai Campi Flegrei, durante la quale si è discussa la formazione del paesaggio "leggendo" direttamente nelle rocce la successione e la tipologia degli eventi vulcanici che lo hanno costruito. Nella terza edizione

l'escursione ha avuto luogo nel nord della Campania, consentendo di confrontare direttamente paesaggi calcarei con quelli vulcanici del Roccamonfina. Inoltre, la visita al sito paleontologico noto come "Ciampate del Diavolo" ha aperto una finestra sulla storia evolutiva dell'Uomo e della sua interazione con l'evoluzione ambientale. Scopo delle Escursione è stato non solo quello di accrescere la conoscenza del territorio quanto di mostrare come l'analisi geologica di una qualsiasi località possa costituire un utile momento di reale interdisciplinarietà. Nelle località visitate, infatti, è stato mostrato come l'indagine geologica del paesaggio implica l'applicazione di molti principi fondamentali della Chimica, della Biologia e della Fisica. Sono state anche realizzate piccole esperienze di analisi chimica sul campo e si conta di sviluppare ulteriormente questo approccio nelle future edizioni.

Partecipanti alla Scuola Estiva

Nel corso dei tre anni di Scuola Estiva i docenti partecipanti sono stati 109, di questi una piccola minoranza (9 in tutto) provenivano da altre regioni (Marche, Puglia e Basilicata). Il 90% dei partecipanti erano docenti di ruolo, il restante 10% invece era costituito da docenti precari e da dottorandi interessati all'insegnamento. Si è cercato di incentivare la partecipazione dei docenti non campani e degli aspiranti docenti al fine di favorire lo scambio di idee e opinioni tra insegnanti con diversa esperienza pregressa e appartenenti a differenti contesti geografici e sociali. A tal fine, queste tipologie di iscritti hanno potuto beneficiare del sostegno offerto da borse di studio destinate a coprire integralmente i costi di iscrizione, istituite grazie alle risorse messe a disposizione dai referenti del PLS.

Per quanto riguarda il profilo professionale degli iscritti alla Scuola vale la pena sottolineare che i partecipanti già di ruolo erano tutti insegnanti di grande esperienza, avendo maturato almeno 10 anni di insegnamento. Nel grafico in figura 1 abbiamo riportato le diverse percentuali di iscritti alla Scuola in base alla tipologia di laurea di cui erano in possesso. Più della metà degli iscritti alla Scuola era laureata in Matematica (30,3%), in Biologia (15,6%) o in Fisica (16,5%). Due docenti erano in possesso rispettivamente di una laurea in Agraria e di una in Scienze Nautiche, vista la percentuale trascurabile di questi due casi essi sono stati accorpati a quanti hanno preferito non dichiarare la tipologia di laurea in loro possesso.

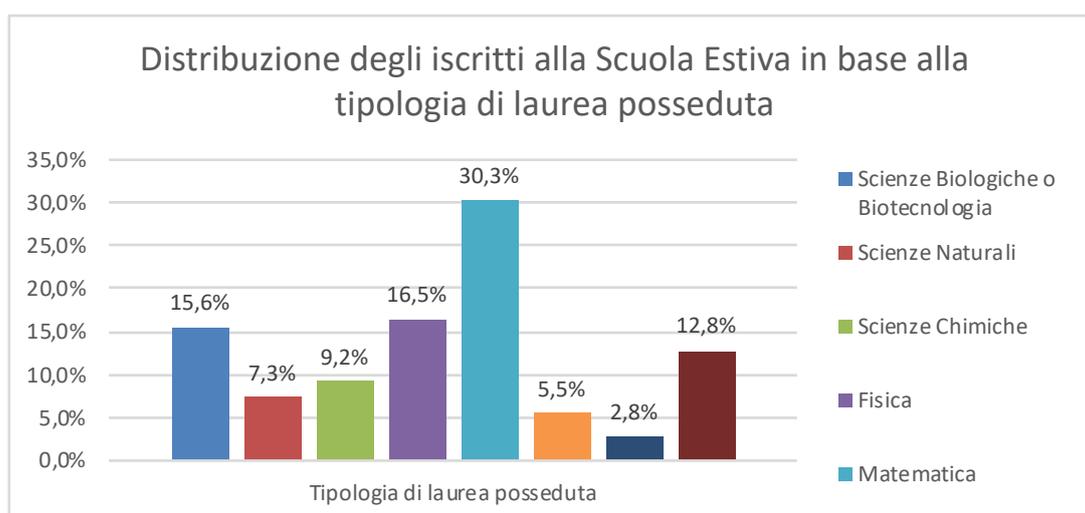


Figura 1. Il grafico mostra quale percentuale degli iscritti alla Scuola Estiva era in possesso di una determinata laurea

Per quanto riguarda la classe di insegnamento a cui afferivano i docenti che hanno partecipato alla Scuola (Figura 2) solo una minoranza, il 12%, insegnava nella scuola

secondaria di primo grado. La stragrande maggioranza degli iscritti, ben il 78%, insegnava nelle scuole superiori di secondo grado. Essendo le attività del PLS rivolte per lo più agli studenti della Scuola Secondaria, non è sorprendente che i docenti coinvolti a vario titolo nelle attività del PLS (referenti PLS di Istituto, referenti per l'orientamento, tutor per il potenziamento delle eccellenze, ecc.) siano per lo più docenti che insegnano nella scuola secondaria di secondo grado. Questi docenti sono quelli solitamente maggiormente motivati a partecipare in prima persona e a diffondere tra i loro colleghi le iniziative di formazione organizzate dal PLS. Ciò spiega, almeno in parte, le difficoltà incontrate nel diffondere l'iniziativa della Scuola Estiva tra i docenti delle scuole secondarie di primo grado.

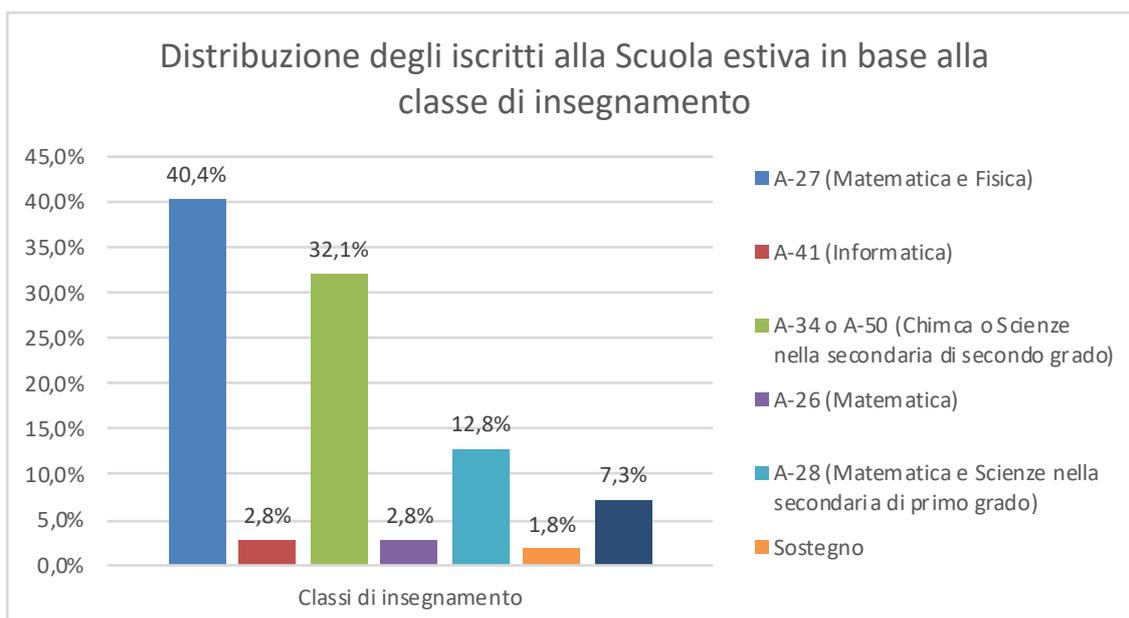


Figura 2. Distribuzione dei docenti iscritti alla Scuola Estiva in base alle diverse classi di concorso (materie di insegnamento)

Per quanto riguarda, infine, la valutazione relativa ad alcuni aspetti legati all'organizzazione e alla progettazione delle attività previste dalla Scuola Estiva PLS, è stato predisposto un breve questionario a cui hanno risposto tutti i partecipanti. In figura 3 è riportata la percentuale di risposte positive per ciascuna domanda. Particolarmente interessante risulta essere il fatto che il 71,1% dei partecipanti alla Scuola ritiene che la Scuola Estiva possa avere ricadute nella pratica didattica. Uno dei principali obiettivi della Scuola infatti, era proprio quello di indurre cambiamenti significativi ed effettivi nella pratica didattica dei docenti coinvolti. Per migliorare il monitoraggio e la valutazione dell'impatto che un'iniziativa come la Scuola Estiva può realmente avere nella pratica quotidiana dei docenti, in vista dell'organizzazione delle prossime edizioni della Scuola, predisporremo una apposita valutazione da effettuare su quei docenti che in passato hanno già preso parte alla formazione, al fine di valutare se e come gli stessi hanno riportato i temi e i metodi affrontati nella Scuola nella loro attività didattica curricolare. In questo modo speriamo da un lato di poter migliorare le ricadute positive che la formazione docenti può avere nei confronti degli studenti e, dall'altro, di poter eventualmente ricalibrare l'organizzazione della Scuola e i temi affrontati nella stessa in base alle esigenze dei docenti.

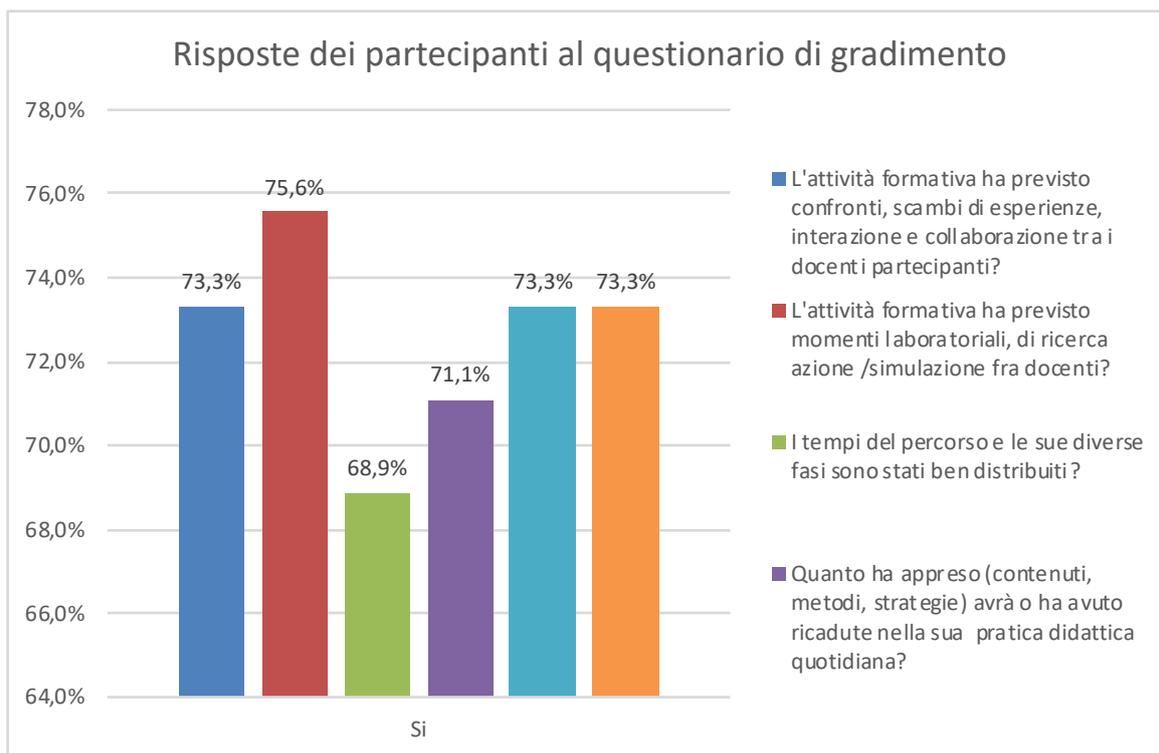


Figura 3. Il grafico riporta la percentuale di risposte positive per ciascuna delle domande contenute nel questionario di valutazione delle attività della Scuola Estiva proposto ai docenti partecipanti (sintesi delle risposte fornite dai partecipanti in tutte le edizioni della Scuola)

È da sottolineare infine che circa un terzo dei docenti partecipanti alla Scuola Estiva ha partecipato a più di una edizione ed ha attivamente suggerito ad altri colleghi di partecipare all'iniziativa. Circostanza che lascia presupporre la nascita di una comunità di docenti fortemente motivati a formarsi, aggiornarsi e confrontarsi con i colleghi. Sarà obiettivo delle prossime edizioni della Scuola Estiva quello di favorire la crescita della suddetta comunità di docenti al fine di innescare circoli virtuosi di formazione docenti e implementazione di buone pratiche didattiche.

DAI BANCHI DI SCUOLA AI LABORATORI UNIVERSITARI: QUANDO IL PLS DIVENTA UN'OPPORTUNITÀ TANGIBILE PER L'APPROCCIO ALLA SCIENZE CHIMICHE

Elena Lenci, Luca Conti, Claudia Giorgi

Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff", Via della Lastruccia 13, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

E-mail: elena.lenci@unifi.it

Abstract. Il Piano Lauree Scientifiche, già Progetto Lauree Scientifiche, rappresenta una iniziativa consolidata volta a migliorare la conoscenza e la percezione delle discipline scientifiche nella Scuola Secondaria di secondo grado, favorendo l'acquisizione di competenze scientifiche da parte degli studenti.

L'approccio adottato dal corso di laurea in Chimica dell'Università degli Studi di Firenze, ormai consolidato da diversi anni, concretizza questi obiettivi al meglio, portando gli studenti di diverse scuole superiori nei laboratori universitari e rendendoli partecipi di piccoli progetti di ricerca che si articolano lungo più di un mese.

Guidati da tutor esperti, gli studenti si confrontano con percorsi di sintesi e caratterizzazione di farmaci, coloranti o nanoparticelle, sperimentando in prima persona le soddisfazioni e le sfide dei ricercatori. Il percorso si conclude infine con un vero e proprio congresso scientifico, in cui studenti rappresentanti di ogni classe espongono con una presentazione riassuntiva i risultati della loro esperienza e le impressioni del loro mese da "piccoli chimici".

Introduzione

Il Piano Lauree Scientifiche (PLS) ha come finalità l'orientamento degli studenti alle discipline scientifiche, offrendo, a chi vi partecipa, l'opportunità di conoscere temi, problemi e procedimenti caratteristici dei saperi scientifici, anche in relazione ai settori del lavoro, al fine di individuare interessi e attitudini specifiche e fare scelte consapevoli in relazione al proprio progetto personale.

Il PLS, nei suoi molti anni di attività, ha coinvolto 38 atenei distribuiti su tutto il territorio nazionale ed organizzati in vari progetti nazionali di area chimica, fisica, matematica, biologia e biotecnologie, statistica e geologia. L'approccio adottato fin dal 2005 dal corso di laurea in Chimica dell'Università degli Studi di Firenze, coordinato dalla Prof.ssa Claudia Giorgi, concretizza questi obiettivi al meglio, portando gli studenti di diverse scuole superiori nei laboratori universitari e rendendoli partecipi di piccoli progetti di ricerca che si articolano lungo più di un mese. Nel 2019 sono state coinvolte ben 8 istituti diversi del territorio fiorentino (passando dal Liceo Scientifico, al Liceo Linguistico, al tecnico anche ad indirizzo chimico), per un totale di circa 180 studenti, distribuiti tra le classi terze, quarte e quinte.

I percorsi proposti alle scuole sono guidati e coordinati da due tutor universitari, solitamente dottorandi o assegnisti, che svolgono un ruolo chiave, non solo nell'assistenza in laboratorio, ma anche come punto di incontro e di collegamento tangibile tra scuola e università, un'occasione per gli studenti per chiedere consigli sul Corso di Laurea, sulle difficoltà incontrate in ingresso e sulle prospettive future di un laureato in Chimica.

I percorsi proposti dal PLS Chimica dell'Università di Firenze per il 2019 sono stati:

1. Chimica e luce
2. Sintesi e caratterizzazione del paracetamolo
3. La Chimica quotidiana: i cosmetici
4. Nanoparticelle
5. Dalla pianta al farmaco

Mediante il progetto, che prevede una parte teorica, una parte pratica di quattro giornate in laboratorio e una parte espositiva, gli studenti riescono a:

- ✓ acquisire la capacità di lavorare proficuamente in team;
- ✓ acquisire manualità in laboratorio e capire l'importanza del corretto smaltimento dei rifiuti;
- ✓ analizzare criticamente i risultati ottenuti, risalendo ad eventuali fonti di errore e organizzarli organicamente per l'esposizione.

Infatti, al termine del percorso, gli studenti preparano una vera e propria presentazione che viene esposta da due o tre volontari, davanti a tutti i partecipanti del PLS, in quello che sembra a tutti gli effetti un vero e proprio congresso scientifico, un'occasione unica di scambio e confronto a conclusione del percorso effettuato.

Il percorso "Dalla pianta al farmaco"

Il percorso "Dalla pianta al farmaco" consiste nella sintesi dell'acido acetil-salicilico (aspirina) mediante estrazione e trasformazione dell'acido salicilico ottenuto dalla corteccia del salice bianco (Figura 1).



Figura 1

Durante la lezione introduttiva, gli studenti vengono guidati attraverso la storia della scoperta dei farmaci, interrogandosi soprattutto sul significato della parola farmaco, dal greco pharmakon (φάρμακός), che vuol dire "rimedio magico, incantesimo", ma anche "veleno". Si arriva quindi alla sua definizione tecnica, ovvero quella di un prodotto, realizzato con molecole, di natura organica o inorganica, naturali o sintetiche, capaci di indurre modificazioni funzionali in un organismo vivente. Si introduce poi la storia dei farmaci, spiegando agli studenti come fin dalla preistoria l'uomo saggiasse gli effetti di varie sostanze naturali, derivanti da erbe e piante officinali, per ottenere dei rimedi curativi. La nascita dei farmaci di sintesi si ha nel 1885, con lo sviluppo dell'acetofenetidina (fenacetina), precursore dell'odierno paracetamolo, immesso sul mercato in quegli anni dalla Bayer. Si commenta poi come ancora oggi i farmaci vengono sviluppati partendo dall'utilizzo di prodotti naturali, che vengono però migliorati e trasformati attraverso reazioni chimiche per renderli più efficienti e con meno effetti collaterali. Si introduce poi la complessa pipeline dello sviluppo di un farmaco, discutendo sul perché richieda più di dieci anni e così tanti

investimenti monetari, e su quanto siano importanti, seppur discussi e dibattuti, i test farmacologici sugli animali e sull'uomo.

Viene poi presentata la storia della scoperta dell'aspirina, farmaco antinfiammatorio, analgesico e antipiretico, che viene anche utilizzato come anticoagulante e fluidificante del sangue, dato che il suo uso a piccole dosi aiuta a prevenire gli attacchi cardiaci (cardioaspirina). Già prima del 400 a.C., lo storico Erodoto narra nelle Storie l'esistenza di un popolo stranamente più resistente alle malattie: tale popolo usava mangiare le foglie di salice. Ippocrate descrisse nel V secolo a.C. una polvere amara estratta dalla corteccia del salice, sovente utilizzata per alleviare il dolore ed abbassare la febbre. Un rimedio simile è citato anche dai Sumeri, dagli antichi Egizi e dagli Assiri. Anche i nativi americani conoscevano e utilizzavano estratti di salice per curare mal di testa, febbre, muscoli doloranti, reumatismi e brividi.

La sostanza farmacologicamente attiva dell'estratto di corteccia, del salice bianco, *Salix alba*, si chiama salicina, ed appartiene alla categoria dei glucosidi. Fu isolata per la prima volta in cristalli nel 1828 da Henri Leroux, un farmacista francese, e da Raffaele Piria, un chimico italiano. Quest'ultimo riuscì a convertirla per idrolisi e successiva ossidazione in una sostanza che presentava in soluzione acquosa un pH fortemente acido (circa 2.5), per questo la sostanza venne ribattezzata acido salicilico (Figura 2).

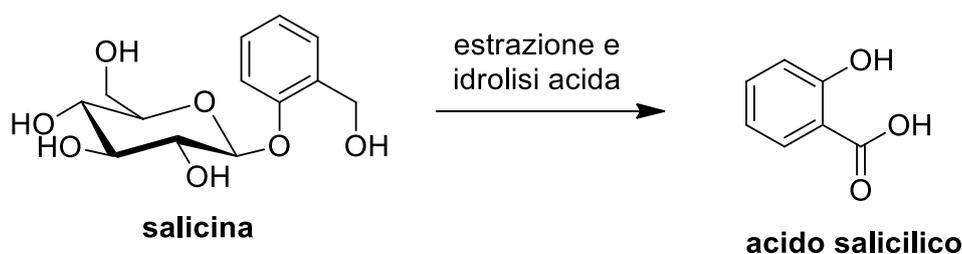


Figura 2

L'alto valore di acidità dell'acido salicilico provocava però disturbi allo stomaco. Nel 1839 il chimico tedesco Felix Hoffman della Bayer riuscì ad acetilare l'acido salicilico trasformandolo nell'acido acetilsalicilico, composto che presentava gli stessi effetti terapeutici dell'acido salicilico, ma minori effetti collaterali (Figura 3).

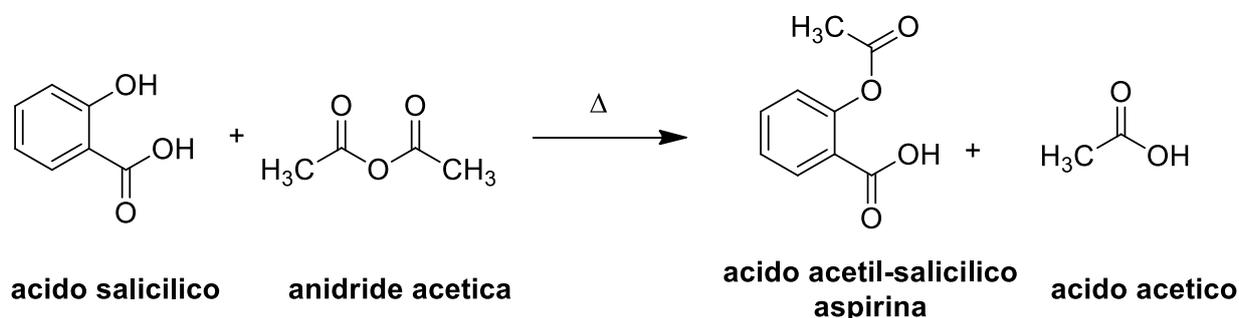


Figura 3

Durante le quattro giornate di laboratorio, gli studenti, guidati dai due tutor universitari, hanno la possibilità di effettuare la sintesi dell'aspirina a partire dalle foglie di salice, seguendo il metodo sperimentato da Felix Hoffman, per poi confrontare la purezza del loro prodotto ottenuto con quello dell'aspirina commerciale.

1. *Estrazione*: in questa prima esercitazione le foglie di salice vengono messe a riflusso per 4 ore in una soluzione di etanolo ed acqua (30% - 70%) per cercare di estrarre la salicina che passerà ad acido salicilico per ossidazione dovuta alla temperatura di ebollizione dell'etanolo ed all'ambiente acquoso.
2. *Purificazione*: dato che nella prima fase vengono estratti anche molti altri componenti presenti nelle foglie, tra cui i tannini, in questa seconda esercitazione si procede ad eseguire una o più filtrazioni con lo scopo di ridurre al massimo le impurezze sfruttando l'insolubilità in acqua dell'acido salicilico contro la solubilità dei tannini.
3. *Acetilazione*: in questa esercitazione viene eseguita la reazione di acetilazione dell'acido salicilico con l'anidride acetica (Figura 3). Constatata la bassa resa del processo di estrazione, si sceglie di impiegare acido salicilico di sintesi, al posto di quello estratto dagli studenti.
4. *Controllo*: mediante cromatografia su strato sottile (TLC), i cristalli di acido acetilsalicilico ottenuti dai vari gruppi, saranno confrontati con quelli dell'aspirina commerciale. In questo modo gli studenti possono rendersi conto in modo tangibile dell'importanza dei processi di controllo qualità delle aziende farmaceutiche, che spesso incidono anche sui prezzi dei farmaci stessi.

Bibliografia e sitografia

[1] www.plschimica.unifi.it

[2] <https://www.pianolaureescientifiche.it/>

[3] Matthew D. Clay, Eric J. McLeod, *J. Chem. Educ.*, **2012**, 89, 8, 1068-1070.

FACCIAMO FINTA: SIMULAZIONI ANALOGICHE E DIGITALI IN CINETICA CHIMICA

Luciano D'Alessio

Università degli Studi della Basilicata

[E-mail: luciano.dalessio@unibas.it](mailto:luciano.dalessio@unibas.it)

Abstract. La Chimica è divertimento: si può giocare alla Chimica con palline colorate, programmi al computer o meglio ancora con lo smartphone di cui nessuno può fare più a meno. La cinetica chimica è un paradiso ludico che può stimolare chi ha un debole per la matematica, chi è patito per l'informatica o semplicemente chi desidera un modello concettuale della realtà. La simulazione è stata definita il terzo pilastro della scienza, dopo l'esperimento e la teoria. Nel quadro di un approccio integrato allo studio della Chimica, la simulazione permette di analizzare i processi cinetici partendo da semplici reazioni del primo ordine fino a sistemi complessi come le reazioni enzimatiche e i fenomeni oscillanti e caotici.

In particolare, saranno discussi i seguenti argomenti:

1. velocità di reazione: attenti a non scottarsi le dita;
2. giochiamo a tombola: fiori pari e fiori dispari;
3. la retta misteriosa: magia dei minimi quadrati;
4. equazioni non integrabili: esperimenti al computer.

In altre parole, il fascino dell'altrove e la trepidazione della scoperta.

Introduzione

Precisiamo subito che io non sono un chimico, ma un chimico fisico: per me non esiste distinzione tra Matematica, Chimica e Fisica. Nel corso della mia carriera scientifica mi sono occupato di molte cose diverse: spettroscopia, modellistica molecolare, energia solare, ingegneria chimica, termodinamica, dinamica molecolare, geometria frattale, teoria del caos, beni culturali. Ho organizzato festival della Chimica e spettacoli musicali. Ho insegnato nei corsi di laurea in Biotecnologie e Tecnologie Alimentari a Potenza e nelle Scuole di Restauro e di Archeologia e Storia dell'Arte a Matera. Questa multidisciplinarietà mi ha portato a vedere la Chimica in modo diverso.

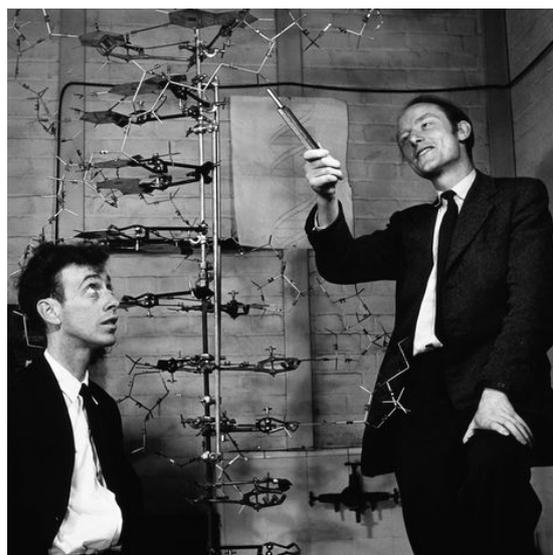
Ho sempre subito il fascino dell'altrove, il desiderio di esplorare nuovi territori, di seguire le mie curiosità. E naturalmente ho cercato di trasferire questo mio modo di essere anche nella didattica. Il fatto di non insegnare Chimica ai chimici è stato liberatorio: mi ha allontanato dal tecnicismo e mi ha portato alla ricerca di nuovi linguaggi.

Qui voglio raccontare un nuovo approccio allo studio della cinetica chimica che ho sviluppato negli ultimi anni nell'ambito dei miei corsi di Chimica Fisica.

Il simulatore

Quando ero studente i personal computer non esistevano e neppure le calcolatrici tascabili. I calcoli si facevano con l'aiuto delle tavole logaritmiche (famoso quelle del Brasca-Levi e del Rosario Federico) oppure più semplicemente con il regolo calcolatore, di cui riporto alla pagina seguente alcuni esemplari della mia collezione.

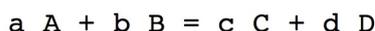
Ricordo che la professoressa di matematica veniva a lezione con un regolo gigante, lungo più di due metri per essere visibile anche da lontano e noi studenti cercavamo disperatamente di far scorrere le asticine dei nostri regoli tascabili per effettuare operazioni aritmetiche (solo moltiplicazioni e divisioni perché il regolo non permette di fare addizioni e sottrazioni) o per calcolare funzioni trigonometriche ed esponenziali. Ebbene il regolo calcolatore è l'esempio più semplice di simulatore. È l'oggetto misterioso rappresentato in un fumetto di Paperino e in una celebre fotografia di Watson e Crick.



Simulare significa imitare, significa associare a un oggetto della realtà fisica (il sistema in studio) un altro oggetto (il simulatore) il cui comportamento assomiglia a quello del sistema che stiamo studiando, con la speranza che - osservando il comportamento del secondo - si ottengano informazioni sul comportamento del primo. La simulazione può essere analogica (pallottoliere) o digitale (computer). Qui parlerò di simulazioni in cinetica chimica, ma prima di simulare facciamo un esperimento reale, una reazione vera e propria.

A lume di candela

Il primo concetto che s'incontra nello studio della cinetica chimica è la velocità di reazione. In tutti i libri di Chimica è definita come il numero di moli che reagiscono o si formano nell'unità di tempo, diviso per il coefficiente stechiometrico, preso con il segno più se si tratta un prodotto o con il segno meno se si riferisce a un reagente. Dal punto di vista matematico è una derivata, del tutto analoga al concetto di velocità istantanea della cinematica:



$$\begin{aligned} v &= - 1/a \, dA/dt \\ &= - 1/b \, dB/dt \\ &= 1/c \, dC/dt \\ &= 1/d \, dD/dt \end{aligned}$$

E già qui cominciano i guai, perché non tutti gli studenti padroneggiano il concetto di derivata e poi quel segno meno è fuorviante perché porta all'erronea convinzione che la velocità di reazione sia una quantità negativa per i reagenti e positiva per i prodotti. In realtà la velocità è sempre positiva se la reazione procede nel verso in cui è scritta. L'unica sostanza che ha una velocità negativa è la "tiotimolina" una molecola inesistente, inventata dallo scrittore di fantascienza Isaac Asimov in un famoso racconto, così solubile che si scioglie prima di essere messa in acqua.

Il modo migliore per padroneggiare il concetto di velocità di reazione è quello di farla misurare direttamente agli studenti, con un semplice esperimento che possano tranquillamente eseguire a casa loro. Si tratta di misurare le velocità di combustione di una candela utilizzando un righello e un cronometro:



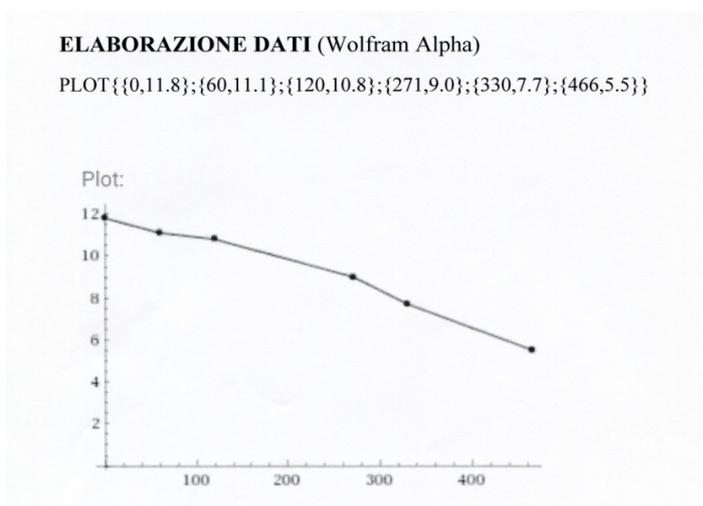
La combustione è probabilmente la prima reazione chimica con cui l'uomo ha avuto a che fare, è fondamentale per la vita, è analoga alla respirazione (Lavoisier). L'esperimento consiste nel misurare la lunghezza della candela in funzione del tempo, verificare che si tratta di una reazione di ordine zero (velocità costante) e di determinare la velocità di reazione in moli al secondo.

Una telefonata al server

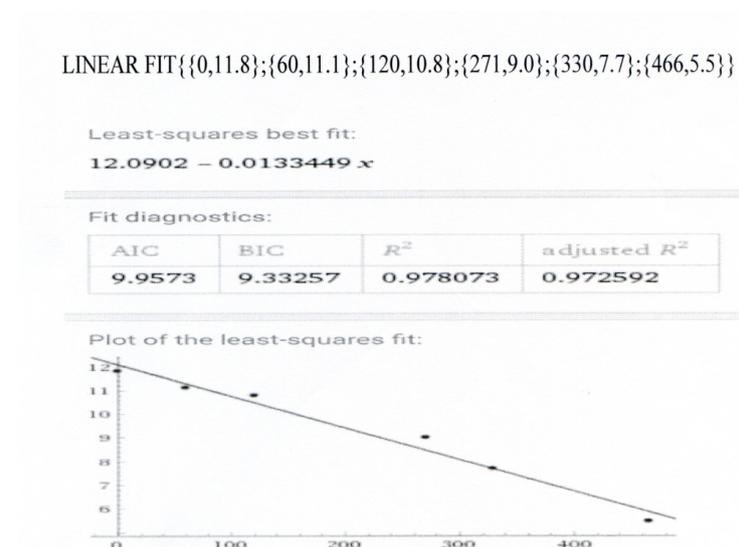
Quella che segue è la tabella dei risultati delle misure sulla candela eseguite da un gruppo di studenti:

t(s)	l(cm)
0	11.8
60	11.1
120	10.8
271	9
330	7.7
466	5.5

A questo punto si tratta di elaborare i dati. La prima cosa da fare è il grafico della lunghezza in funzione del tempo. E già questa non è una cosa banale, anche per gli studenti universitari. Nella mia esperienza ho visto grafici molto pittoreschi come per esempio punti equidistanti quando i dati non lo sono oppure disegni concentrati nei primi quattro centimetri quadrati in basso a sinistra nel foglio. Per non parlare poi della determinazione o meglio dell'indeterminazione della pendenza del grafico. Per evitare questi problemi e per non perdere tempo, la cosa migliore è far fare il grafico al telefonino. Andiamo su Google e cerchiamo il sito Wolfram Alpha: è un motore computazionale, sviluppato da Stephen Wolfram, l'ideatore del software Mathematica. La schermata è estremamente semplice: c'è una finestrella dove è possibile porre domande (in inglese) e ottenere risposte. Il programma può fare tante cose, dai calcoli numerici alla soluzione di equazioni: sono disponibili numerosi esempi che ne illustrano le potenzialità non solo computazionali. Noi lo useremo per elaborare i dati dell'esperimento. Per fare il grafico dei punti sperimentali è sufficiente inserire nella casella il comando PLOT seguito dalle coppie tempo-lunghezza separate da una virgola e racchiuse in parentesi graffe, come mostrato qui di seguito:



L'andamento quasi rettilineo del grafico ci conferma che, a meno degli errori di misura, la velocità della reazione è costante e il suo valore si ottiene misurando la pendenza della retta che meglio approssima i dati sperimentali. Si consiglia di far eseguire questa operazione agli studenti e di controllare i risultati con Wolfram Alpha. Il sistema permette di interpolare i dati con il metodo dei minimi quadrati usando il comando LINEAR FIT:

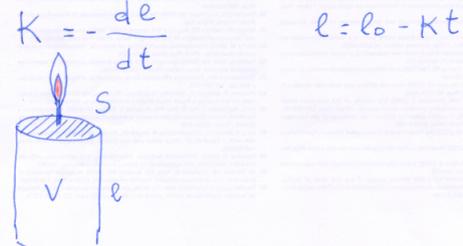


La schermata mostra l'equazione della retta che fornisce la migliore approssimazione dei dati sperimentali, insieme ad alcuni valori diagnostici che indicano la bontà dell'approssimazione, in particolare il coefficiente di correlazione R^2 che è tanto più vicino a 1 quanto più i punti sono allineati. E allora ecco con semplici passaggi il valore della velocità di reazione: è il coefficiente angolare della retta cambiato di segno. Il fatto che i punti siano abbastanza allineati indica che la velocità è costante e che si tratta di una reazione di ordine zero. La magia dei minimi quadrati: un solo tap sul cellulare permette di ottenere in pochi secondi quello che ai tempi del regolo calcolatore richiedeva ore di lavoro.

Ora, però, attenzione: quella che abbiamo trovato non è la velocità di reazione in moli al secondo, ma la velocità con cui si consuma la candela in cm/s. Tuttavia, un semplice calcolo, come quello illustrato alla pagina seguente, permette di passare da una all'altra: le uniche cose che servono sono la densità e il peso molecolare della cera. Ricordo che quando preparavo questa esercitazione ho telefonato alla Cereria Pontificia, quella che rifornisce il Vaticano dove di candele ne consumano tante, e mi hanno fornito i dati delle paraffine che compongono la cera dai quali si può ricavare un peso molecolare medio di circa 400 u.m.a. e una densità di 0.8 g/cm^3 .

Alchimie della tombola

Questa forse non ve l'aspettavate: che c'entra la tombola con la cinetica chimica? Ebbene un semplice esperimento che propongo da qualche anno ai miei studenti di Chimica Fisica è il gioco della tombola rivisto in chiave chimica. Si prendono i gettoni della tombola e si separano i numeri pari dai numeri dispari. Quelli pari si mettono in un sacchetto e si estraggono casualmente, quelli dispari si lasciano sul tavolo.



$$k = -\frac{de}{dt} \quad l = l_0 - kt$$

$$v = se$$

$$m = Vd = dse$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{dse}{M}$$

$$v = -\frac{dn}{dt} = -\frac{ds}{M} \frac{de}{dt} = \frac{kds}{M}$$

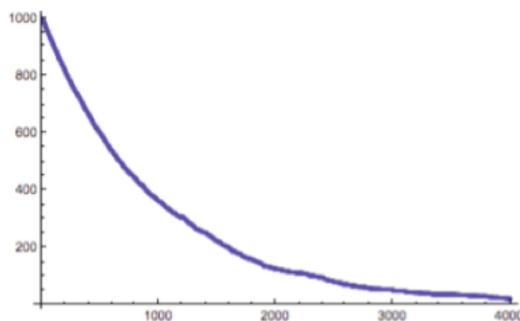
Ogni volta che esce un numero pari lo si sostituisce con un gettone dispari; se invece viene estratto un dispari lo si mette di nuovo nel sacchetto. Dopo questa operazione si prende nota del numero di gettoni pari rimasti. È facile verificare che tale numero P decresce secondo una legge esponenziale in funzione del numero di estrazioni perché la probabilità del cambiamento pari - dispari è direttamente proporzionale al numero di gettoni pari presenti.

Questo semplice gioco, che si può effettuare anche con palline colorate (la tombola è preferibile perché si trova in tutte le case), simula una reazione uni-molecolare del primo ordine. L'equazione cinetica è $dP/dt = -k P$ in cui il tempo corrisponde al numero di estrazioni. L'integrazione fornisce $P = P_0 \exp(-k t)$. Si può verificare questo risultato mediante

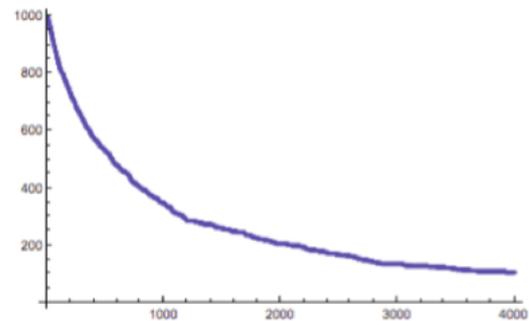
un grafico del logaritmo di P in funzione di t: se l'andamento è effettivamente esponenziale si deve ottenere una linea retta di pendenza $-k$.

In maniera analoga si può simulare una reazione bi-molecolare del secondo ordine. In questo caso si estraggono due gettoni simultaneamente: se sono tutti e due pari si sostituiscono con altrettanti gettoni dispari, altrimenti si rimettono nel sacchetto. Questa volta la velocità di reazione è proporzionale alla probabilità di estrarre due gettoni pari, cioè al quadrato della probabilità di ciascun gettone pari, che a sua volta è proporzionale al numero di gettoni pari presenti. L'equazione cinetica è $dP/dt = -k P^2$ che integrata fornisce $1/P = 1/P_0 + k t$. In questo caso il grafico di $1/P$ in funzione di t sarà una linea retta di pendenza k. Ovviamente, data la ridotta dimensione del campione, nei grafici saranno presenti delle fluttuazioni statistiche molto evidenti. Ma se facciamo una simulazione digitale della simulazione analogica, utilizzando il programma Mathematica Wolfram potremo vedere delle linee più lisce. Qui di seguito sono riportate le due cinetiche a confronto utilizzando 1000 gettoni: si osserva che la reazione del secondo ordine all'inizio è più veloce di quella del primo perché spariscono due gettoni alla volta, ma poi il processo rallenta perché diventa sempre meno probabile trovare due gettoni pari simultaneamente. In questo caso il grafico è un'iperbole. Sono anche riportati i due grafici in forma linearizzata nelle opportune variabili.

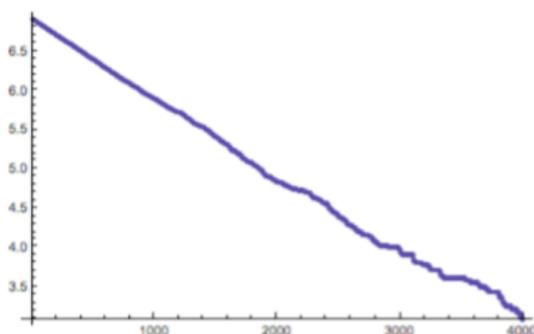
```
n = 1000;
m = 4000;
p = n;
a = Table[0, {n}];
c1 = Table[0, {m}];
t = 1;
(Label[begin];
b = Random[Integer, {1, n}];
(If[a[[b]] == 0, (a[[b]] = 1;
p -= 1);
c1[[t]] = p;
t += 1;
If[t < m+1, Goto [begin]]])
cc = ListPlot[c1]
```



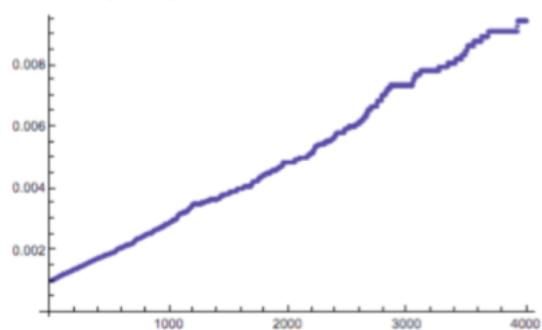
```
n = 1000;
m = 4000;
p = n;
a = Table[1, {n}];
c2 = Table[0, {m}];
t = 1;
(Label[begin];
b = Random[Integer, {1, n}];
c = Random[Integer, {1, n}];
(If[a[[b]] a[[c]] == 1, (a[[b]] = 0; a[[c]] = 0; p -= 2);
c2[[t]] = p;
t += 1;
If[t < m+1, Goto [begin]]])
ccc = ListPlot[c2]
```



ListPlot[Log[c1]]

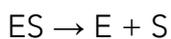


ListPlot[1 / c2]



Per un bicchiere di birra

Un capitolo della cinetica chimica che trae beneficio dalla simulazione è quello delle reazioni simultanee, ovvero quando due o più reazioni si svolgono contemporaneamente nello stesso mezzo. In questi casi ogni reazione chimica è descritta dalla sua propria equazione cinetica e le concentrazioni delle varie specie cambiano nel tempo per effetto di tutti i singoli processi. La trattazione matematica di questi sistemi si effettua mediante la scrittura e la risoluzione di un sistema di equazioni differenziali, una per ogni specie chimica, date opportune condizioni iniziali relative alle concentrazioni al tempo zero. Un esempio paradigmatico è quello della cinetica enzimatica, secondo il modello di Michaelis-Menten, rappresentato dallo schema:



in cui E rappresenta l'enzima, S il substrato, ES è il complesso enzima-substrato, P il prodotto della reazione. Indicando con k_1 , k_2 , k_3 le costanti cinetiche delle tre reazioni, il modello si traduce nel seguente sistema di equazioni:

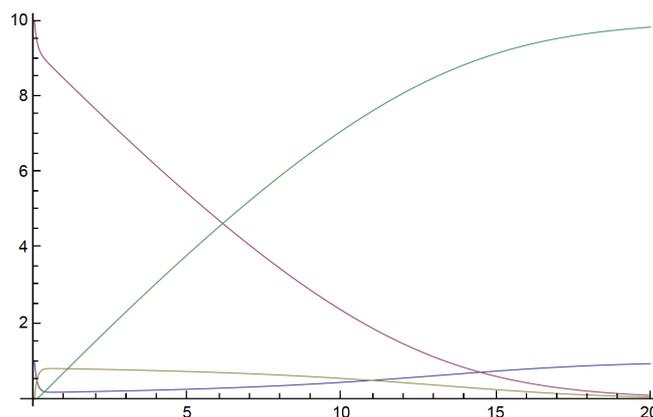
$$dE/dt = -k_1 E S + (k_2+k_3) ES$$

$$dS/dt = -k_1 E S + k_2 ES$$

$$dES/dt = k_1 E S - (k_2+k_3) ES$$

$$dP/dt = k_2 ES$$

Purtroppo, l'integrazione analitica di questo sistema non è possibile a causa delle non linearità presenti nelle prime tre equazioni; quindi è necessario ricorrere ad una integrazione numerica approssimata partendo dalle concentrazioni iniziali delle varie specie e conoscendo i valori delle costanti cinetiche delle reazioni. Esistono diversi programmi che svolgono questo compito, tra cui il già citato Mathematica Wolfram, di cui riporto qui una schermata invitando il lettore a riconoscere a quali specie chimiche si riferiscono le singole curve.

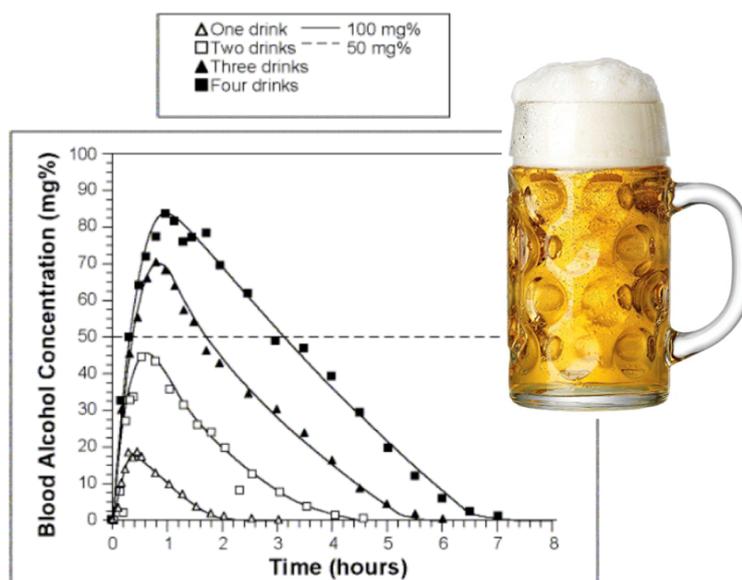


Un'altra risorsa, disponibile gratuitamente in rete e di facile uso, che consiglio ai miei studenti è il software Berkeley Madonna scaricabile alla pagina:

<https://berkeley-madonna.myshopify.com/pages/download>

Questo programma esegue l'integrazione numerica dei sistemi di equazioni differenziali ordinarie utilizzando i metodi di Eulero e di Runge-Kutta e fornisce i risultati sia in forma grafica che tabulare. È adatto per l'esplorazione di sistemi complessi come le reazioni

oscillanti e i fenomeni caotici. Può essere utilizzato facilmente per simulare il comportamento di processi consecutivi, come per esempio il metabolismo dei farmaci, o l'andamento dell'alcolemia dopo aver bevuto qualche boccale di birra:



Bibliografia

- L. D'Alessio, C. Poti, V. Russo, "Simulazione di reti cinetiche con il metodo di Monte Carlo", *Rassegna Chimica*, 39, 279, 1987.
- L. D'Alessio, M. Spoliti, "Simulazione di reti cinetiche con il metodo di Eulero-Cauchy", *Rassegna Chimica*, 42, 277, 1990.
- Luciano D'Alessio, Maria Funicello, Iole Cerminara, "La chimica al telefono, Una lezione multimediale di cinetica e farmacologia", *Mathematica Italia 7° User Group Meeting*, 28-29 maggio 2015, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Isaac Asimov, "Proprietà endocroniche della tiotimolina risublimata", *Asimov Story N. 4*, Urania 630, 71, 28-10-1973.

L'AWENTURA DEL PROGETTO IRRESISTIBILE

Margherita Venturi

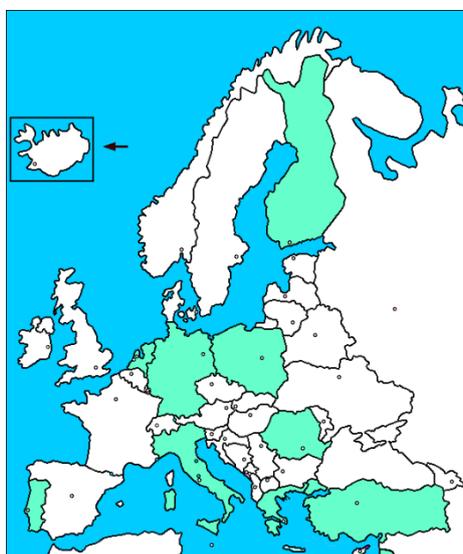
Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" – Università di Bologna

E-mail: margherita.venturi@unibo.it

1 Perché IRRESISTIBILE?

Il progetto IRRESISTIBILE è stato finanziato nell'ambito del 7° Programma Quadro promosso dall'unione europea nel periodo 2007-2013 sul tema della Ricerca e Innovazione [1]; è iniziato nell'autunno del 2013 e si è concluso nell'autunno del 2016.

Vi hanno partecipato 14 partner di 8 paesi europei e 2 extraeuropei ed in totale ha coinvolto più di 8000 studenti e circa 500 insegnanti prevalentemente di Chimica e di Fisica.



Coordinator:

Jan Apotheker, University of Groningen, Netherlands

+ 13 partners

Finland	University of Jyväskylä University of Helsinki
Germany	Leibniz Institute Science and Mathematics Education Deutsches Museum
Greece	University of Crete Eugenides Foundation
Israel	Weizmann Institute of Science
Italy	University of Palermo University of Bologna (Coord. Margherita Venturi)
Poland	Jagiellonian University
Portugal	Universidade de Lisboa
Romania	Valahia University Targoviste
Turkey	Bogazici University

Mappa dei paesi partecipanti e elenco delle istituzioni coinvolte



I rappresentanti dei 14 partner al meeting di apertura del progetto

Lo scopo del progetto IRRESISTIBLE è stato quello di sviluppare nei giovani la consapevolezza delle relazioni esistenti tra ricerca scientifica e società, rivolgendosi in particolare a studenti di scuola primaria e secondaria e coinvolgendo i loro insegnanti come intermediari di questo processo.

Tutto ciò emerge molto chiaramente esaminando in dettaglio il suo titolo, quello dal quale è stato costruito l'acronimo IRRESISTIBLE:

Including Responsible Research and innovation in cutting Edge Science and Inquiry-based Science education to improve Teacher's ability of Bridging Learning Environments.

Esso contiene infatti, in una forma sintetica e condizionata dall'esigenza di trovare un acronimo sensato, tutti gli elementi che caratterizzano il progetto.

- ***Responsible Research and Innovation (Ricerca e innovazione responsabile)***

Il tema della Ricerca e Innovazione Responsabile, indicato con l'acronimo RRI, rappresenta il fulcro attorno al quale hanno ruotato tutte le proposte didattiche sviluppate nel progetto; esse sono state principalmente rivolte agli studenti, ma hanno coinvolto, tramite loro, anche un pubblico più vasto e hanno, soprattutto, rappresentato un'occasione particolare per la formazione degli insegnanti.

Gli aspetti chiave di RRI che sono stati presi in considerazione sono di seguito brevemente riassunti.

Engagement: realizzare una partecipazione congiunta di ricercatori, industria e società civile nel processo di ricerca e innovazione

Gender Equality: liberare l'intero potenziale della società attraverso l'uguaglianza di genere

Science Education: promuovere una formazione che privilegi la creatività e che sia in grado di soddisfare le esigenze future della società

Ethics: tener conto della rilevanza sociale e della accettabilità dei risultati della ricerca e dell'innovazione

Open Access: garantire libero accesso ai risultati della ricerca finanziata con fondi pubblici

Governance: sollecitare il coinvolgimento responsabile di chi governa per lo sviluppo di modelli adeguati di Ricerca e Innovazione Responsabile.

- ***Cutting Edge Science (argomenti di punta della ricerca scientifica)***

Due sono le modalità principali attraverso le quali il progetto ha cercato di sviluppare la consapevolezza degli aspetti RRI:

1. aumentando le conoscenze scientifiche degli studenti con l'introduzione di temi di ricerca d'avanguardia nel programma scolastico;
2. sollecitando negli studenti la discussione sugli aspetti RRI caratteristici dei temi di ricerca affrontati.

A tal fine sono stati prodotti dai partner una serie di moduli didattici che con caratteristiche metodologiche comuni hanno affrontato argomenti diversi, tutti relativi a ricerche di punta nel campo scientifico:

- Energie rinnovabili e Sostenibilità
- Nanoscienza e Nanotecnologie
- Oceanografia
- Cambiamenti climatici
- Salute e Alimentazione

Tutti i moduli, disponibili nel sito del progetto [2], sono stati sviluppati con l'idea che possano essere utilizzati da chiunque sia interessato ad affrontare questi argomenti nell'insegnamento o nella comunicazione della scienza. Possono quindi essere scaricati, copiati e distribuiti purché venga riconosciuta la paternità del progetto e l'operazione non abbia fini di lucro.

- ***Inquiry-based Science education (Educazione scientifica attraverso la ricerca)***

La strategia didattica scelta nella progettazione dei moduli è stata quella dell'insegnamento per scoperta o meglio attraverso la ricerca, detta anche Inquiry-based Learning (IBL). Per sottolineare questa scelta, le attività degli studenti sono state suddivise in sei fasi, le così dette 6E proprie della metodologia adottata, che possono essere brevemente riassunte come segue.

Engage: questa fase ha lo scopo sia di sollecitare l'interesse dello studente motivandolo ad impegnarsi nelle fasi successive del lavoro che di raccogliere informazioni sulle conoscenze che già possiede sull'argomento. L'insegnante ha il compito, quindi, di introdurre situazioni problematiche che possano stuzzicare la curiosità degli studenti e portarli a formulare domande di ricerca a cui cercheranno di dare risposta successivamente.

Explore: in questa fase gli studenti devono avere la possibilità di impegnarsi personalmente, costruendo nuove conoscenze, attraverso la realizzazione di attività di ricerca anche sperimentale, la formulazione di ipotesi e la progettazione e realizzazione di una prima serie di indagini. È il momento in cui gli studenti interagiscono direttamente con i fenomeni e i materiali caratteristici del tema di ricerca affrontato, ponendo domande, analizzando dati e discutendo i risultati ottenuti. Il compito dell'insegnante è quello del "facilitatore", cioè di colui che sostiene il lavoro degli studenti fornendo i materiali e le informazioni necessarie e aiutandoli a tenere sempre ben presente i fini della loro ricerca.

Explain: lo scopo di questa fase del lavoro è quello di dare agli studenti la possibilità di condividere con i compagni e con l'insegnante i risultati delle proprie ricerche, facendo uso di un linguaggio scientifico appropriato. Ci si aspetta che con questa attività gli studenti abbiano l'opportunità di riflettere sulle proprie idee ed eventualmente modificarle, sviluppando nuove concezioni maggiormente corrette. Questo è il momento nel quale l'insegnante può introdurre e approfondire i concetti scientifici alla base di quanto osservato, promuovendo negli studenti una maggior comprensione e una miglior interpretazioni dei fenomeni analizzati.

Elaborate: questa fase ha lo scopo di introdurre gli aspetti RRI. Gli studenti pongono domande alle quali gli scienziati devono dare risposte e gli insegnanti devono aiutarli ad utilizzare a tale scopo le conoscenze acquisite favorendo il confronto tra pari.

Exchange: in questa fase è prevista la progettazione e la realizzazione di un exhibit interattivo mediante il quale gli studenti condividono i risultati delle loro ricerche. L'exhibit può avere i più vari formati (poster, giochi, video, ecc.) ed è l'occasione per comunicare ad un pubblico più vasto le conoscenze acquisite e le riflessioni sugli aspetti RRI.

Evaluate: in questa, che è l'ultima fase della metodologia didattica adottata, gli studenti valutano le proprie conoscenze e abilità e l'insegnante valuta i progressi della classe in relazione agli obiettivi del progetto di lavoro. Il processo di valutazione deve essere soprattutto un'occasione per gli studenti di riflettere sul proprio rendimento, attraverso attività di autovalutazione. Questa fase, ovviamente, deve riguardare tutto il percorso

perché agli studenti devono essere offerte numerose occasioni di riflessione sulle difficoltà incontrate e sui risultati raggiunti.

- ***Improve Teacher's ability (contribuire alla formazione degli insegnanti)***

Per contribuire alla formazione in servizio degli insegnanti coinvolti nel progetto, sono state istituite le Comunità di Apprendimento (Community of Learners – CoL).

I membri della CoL devono avere competenze diverse e svolgere ruoli diversi all'interno del progetto. Vi hanno partecipato infatti insegnanti esperti nel lavorare in classe, ricercatori in didattica delle scienze con una preparazione approfondita sui problemi dell'educazione, operatori di science centre o musei esperti nella realizzazione di attività di apprendimento informale, ricercatori esperti nella ricerca scientifica di punta. In alcuni casi hanno fatto parte della CoL anche rappresentanti del mondo industriale in grado di offrire competenze per quanto riguarda le applicazioni tecnologiche dei risultati della scienza.

La sinergia che si è creata fra queste diverse componenti, oltre ad aver garantito un alto livello di qualità nei prodotti del progetto, ha rappresentato un ambiente particolarmente adatto alla formazione in servizio degli insegnanti che hanno partecipato alla CoL.

Il coinvolgimento degli insegnanti nel progetto è stato realizzato in due round. Nel primo ha partecipato un gruppo ristretto di insegnanti che ha progettato assieme agli altri membri della CoL e poi sperimentato nelle proprie classi i moduli didattici. Il secondo round ha, invece, avuto lo scopo di coinvolgere un numero maggiore di insegnanti che, sotto la guida dei primi, hanno sperimentato a loro volta moduli didattici di Irresistible, scelti anche fra quelli prodotti da partner di altri paesi.

- ***Bridging Learning Environments (Creare legami fra diversi ambienti di apprendimento)***

La presenza nella CoL di operatori di science centre o di musei, che hanno partecipato come partner al progetto, ha reso possibile l'integrazione delle attività più formali condotte in classe con quelle meno formali, come la produzione di exhibit.

Infine, è importante notare che tutta l'attività del progetto è stata monitorata a diversi livelli sia localmente attraverso strumenti progettati nell'ambito di ciascun modulo didattico, sia in generale con questionari on-line per studenti e insegnanti, sia ancora attraverso l'osservazione e l'analisi di un valutatore esterno, individuato dalla Comunità Europea, che ha partecipato agli incontri periodici dei partner fornendo indicazioni preziose per lo sviluppo del progetto.

2 Il progetto IRRESISTIBILE all'Università di Bologna

L'Università di Bologna, uno dei 14 partner del consorzio, come tutti i gruppi partecipanti, ha collaborato al raggiungimento degli obiettivi generali del progetto tenendo conto delle competenze sulle quali poteva contare, nonché del contesto nel quale intendeva lavorare. Sono nate così due proposte di lavoro entrambe nel campo delle Nanotecnologie, ma con due prospettive complementari.

- ***Nanotecnologie e conversione dell'energia solare***

Perché dobbiamo usare fonti di energia rinnovabili come l'energia solare? A questa domanda il modulo ha cercato di dare risposta concentrandosi sulle ricerche nell'ambito delle nanotecnologie finalizzate alla conversione della luce solare in energia elettrica e sugli aspetti RRI connessi a questo campo di ricerca.

- ***Nanotecnologie e informazione***

Come possiamo usare la luce per ottenere informazioni sul mondo che ci circonda? Per rispondere a questa domanda il modulo didattico si è focalizzato sulle ricerche nel

campo delle nanotecnologie che riguardano l'interazione luce/materia e i relativi aspetti RRI.

Di seguito viene brevemente descritto come è stata interpretata nei moduli dell'Università di Bologna la strategia caratteristica del progetto (le 6E) e come sono stati riletti i diversi aspetti chiave RRI [3].

Entrambi i moduli sono stati progettati così da poter essere integrati nei programmi di Fisica e/o di Chimica della scuola secondaria superiore; inoltre, parte dei documenti ai quali si è fatto riferimento erano in lingua inglese: si è trattato di una scelta intenzionale motivata dalla volontà di promuovere, anche tramite la scelta della lingua, una didattica di tipo trasversale. In effetti gli studenti hanno letto articoli e in alcune occasioni anche scritto e presentato il proprio lavoro in inglese avvalendosi dell'aiuto del loro insegnante di lingua straniera.

Nessuno dei due argomenti proposti fa parte del programma ministeriale di Fisica o di Chimica, quindi entrambi hanno rappresentato un elemento fortemente innovativo dell'insegnamento scientifico nella scuola secondaria superiore.

A prima vista si potrebbe dubitare dell'opportunità di inserire nell'insegnamento scientifico argomenti di ricerca contemporanea, che richiedono conoscenze non possedute dagli allievi e che potrebbero sembrare un inutile appesantimento di programmi già difficili da svolgere e da completare a scuola con successo. L'esperienza di Bologna ha mostrato invece molto chiaramente che è vero l'esatto contrario: i temi scelti sono stati infatti un elemento di forza piuttosto che di debolezza nella realizzazione del progetto e si sono rivelati particolarmente adatti per avviare la discussione sui problemi legati alla Ricerca e Innovazione Responsabile.

La maggior parte dei due moduli è stata realizzata in classe dall'insegnante di Fisica o di Chimica durante l'orario scolastico, ma alcune lezioni sono state svolte, grazie alla collaborazione di esperti dell'Università di Bologna, in ambienti extra-scolastici.

Questa collaborazione non è stata occasionale, ma strutturale all'interno dell'organizzazione del progetto stesso. Infatti, come è stato sottolineato inizialmente, alla base delle attività del progetto c'è stata l'istituzione di una Comunità di Apprendimento (CoL) che ha visto la presenza di membri con competenze e ruoli diversi.

Nel primo round del progetto la CoL di Bologna era formata da 4 insegnanti (M.G. Fabbri e F. Filippi, docenti di Fisica, P. Ambrogi, docente di Chimica, e E. Bonfatti, docente di Scienze Naturali), 3 ricercatori universitari esperti nel campo delle Nanotecnologie (D. Cavalcoli del Dipartimento di Fisica e Astronomia e M. Venturi e A. Credi del Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician"), 3 ricercatori universitari in Didattica della Fisica (B. Pecori, O. Levrini, E. Bertozzi del Dipartimento di Fisica e Astronomia) e 1 operatore del Museo del Bali (M. Rocchetti).

Nel secondo round del progetto, come previsto, il numero degli insegnanti partecipanti alla CoL è aumentato a 22, 15 di materie scientifiche e 7 di altre discipline. Inoltre, è entrata a far parte della CoL una docente di Storia della Scienza dell'Università di Bologna (P. Govoni), mentre E. Bertozzi è stato sostituito da G. Tasquier.

2.1 Le 6E nei moduli dell'Università di Bologna

Gli studenti sono stati introdotti alle attività del progetto attraverso l'analisi di video che hanno stimolato la loro curiosità (*Engage*). In un caso si è trattato della presentazione di un esperimento molto originale sull'uso dell'energia solare per far volare un aeroplano ("My solar powered adventure" di Bertrand Piccart [4]), nell'altro di un video ("Lavoisier and Mendeleev. Between atoms and molecules modern Chemistry is born" di Harold Kroto [5]) sulla nascita della Chimica moderna presentato da un premio Nobel per la Chimica, appunto H. Kroto, un personaggio molto interessante con il quale gli studenti si sono messi

in contatto ponendo domande e ricevendo prontamente risposte. In questa fase sono state proposte attività pratiche per aiutare gli studenti ad entrare nei processi di conversione fotovoltaica, in un caso, e, nell'altro, nella dimensione "nano". È nata, quindi, già da questo primo momento del lavoro l'esigenza di documentarsi sui diversi aspetti emersi nella discussione e gli studenti, lavorando sia individualmente che a piccoli gruppi, hanno effettuato una ricerca (*Explore*) che hanno poi condiviso con i loro compagni per identificare i problemi più interessanti da discutere. A questo punto è stato utile il coinvolgimento dei ricercatori universitari per fornire agli studenti informazioni sugli aspetti tecnologici dei temi affrontati: in un caso l'utilizzo della tecnologia fotovoltaica nella produzione di energia, nell'altro l'importanza che ha l'interazione luce-materia sia nella vita quotidiana che da un punto di vista tecnologico (*Explain*). Le applicazioni dei risultati della ricerca scientifica sono state il giusto presupposto per introdurre e porre in discussione anche gli aspetti RRI ad esse connessi e, allora, gli studenti hanno iniziato a lavorare in gruppi facendo in modo che ogni gruppo analizzasse uno o più aspetti RRI fra quelli identificati. Sono state formulate domande che, una volta condivise con tutti i compagni, sono state poste agli esperti attraverso una discussione di classe (*Elaborate*). È stato questo il momento opportuno per entrare in contatto con gli operatori del museo al fine di progettare e realizzare exhibit che hanno avuto lo scopo di divulgare quanto imparato a scuola ad un pubblico generico (*Exchange*). A tale scopo è stata particolarmente proficua la visita al Museo del Balì per analizzare assieme agli esperti le caratteristiche che deve avere un exhibit scientifico, cosa che ha aiutato gli studenti a formulare e a mettere in pratica le loro proposte. Infine, durante tutto il percorso è stato essenziale non solo che l'insegnante raccogliesse elementi di valutazione dell'andamento del lavoro in classe, ma anche che gli studenti stessi valutassero il proprio lavoro e la proposta didattica (*Evaluate*). La valutazione prevista dal progetto ha riguardato diversi aspetti (i prodotti del lavoro di gruppo; l'apprendimento e l'elaborazione individuale di ciascun studente; il livello di cooperazione dimostrato dagli studenti nel lavoro di gruppo e nell'intero processo) e si è avvalsa di vari strumenti, come griglie di autovalutazione e rubriche concordate con gli studenti, focus group, questionari, ecc.

2.2 Come rileggere gli aspetti chiave RRI nei due moduli

L'introduzione degli aspetti RRI nell'insegnamento è stata certamente la sfida più impegnativa che insegnanti e studenti si sono trovati ad affrontare nella sperimentazione dei moduli didattici. Se gli insegnanti sono stati i più riluttanti e preoccupati, considerata la novità del tema RRI per la scuola italiana, gli studenti, anche quelli con risultati scolastici non particolarmente brillanti, hanno dimostrato subito un gran entusiasmo. Ed ecco, in sintesi, come gli aspetti chiave RRI sono stati affrontati.

I moduli prodotti hanno colto diverse occasioni per mostrare come oggi il problema dell'energia e dell'informazione richieda la partecipazione di scienziati, industriali, politici e cittadini, le opinioni dei quali devono essere tutte prese in considerazione con lo scopo di trovare soluzioni eque ed adeguate (*Engagement*).

Il problema delle pari opportunità nel campo della ricerca scientifica è stato discusso facendo riferimento in particolare al contesto italiano. Inoltre, nelle classi con la presenza sia di maschi che di femmine è stata posta particolare attenzione nella distribuzione dei ruoli organizzando i lavori di gruppo (*Gender Equality*).

Gli studenti hanno affrontato lo studio delle nanotecnologie dal punto di vista sia della Fisica che della Chimica, imparando a realizzare celle solari a base di coloranti naturali, o a manipolare sensori chimici, aiutati in queste attività da strategie didattiche che hanno favorito lo sviluppo della creatività e dell'autonomia di pensiero (*Science Education*).

Le presentazioni degli esperti e i documenti consultati hanno messo gli studenti in grado di capire che, nonostante i benefici possibili per la società, la produzione e l'utilizzazione delle nanotecnologie non è neutrale: ad esempio, la produzione di energia fotovoltaica, nonostante si basi su una fonte di energia che tutti hanno a disposizione, è costantemente esposta al rischio di diventare di fatto un business a favore di quei paesi che possono disporre delle materie prime necessarie (*Ethics*).

Tanto la produzione di energia quanto la disponibilità dell'informazione sollevano poi problemi di accessibilità ai risultati della ricerca, di comunicazione tra ricerca, industria e sistema politico, soprattutto quando sono coinvolti interessi di carattere militare. Questi aspetti sono emersi chiaramente dalla discussione degli studenti sui risultati delle loro ricerche (*Open Access*).

Infine, la responsabilità di chi governa in tema di ricerca e innovazione (*Governance*) è stata discussa suggerendo di analizzare proposte di intervento governative quali, ad esempio il piano americano finalizzato a realizzare una parità di prezzo tra energia prodotta da fonti tradizionali ed energia da fonti alternative (Solar American Initiative) e le misure che intende prendere l'Europa per affrontare questo problema (<http://www.pvparity.eu/>).

2.3 Sinergia fra insegnamento/apprendimento formale e informale

Per quanto riguarda l'obiettivo del progetto di sfruttare le possibili sinergie tra insegnamento/apprendimento formale e informale i risultati ottenuti sono stati veramente eccezionali. La preparazione e costruzione degli exhibit, fatta in collaborazione con il Museo del Bali, hanno infatti assorbito totalmente gli studenti che hanno dimostrato una creatività incredibile e investito una notevole quantità di tempo extra-scolastico. Sono stati talmente tanti e diversi i prodotti realizzati dai ragazzi durante i tre anni di progetto (giochi da tavolo, video interattivi, film, presentazioni powerpoint, giochi di carte e non solo) che si è deciso di realizzare una mostra al Museo del Bali: il successo è stato veramente al di sopra di ogni aspettativa.



I visitatori alla mostra del progetto presso il Museo del Bali

3 L'evento finale del progetto Irresistibile

La manifestazione finale del progetto si è svolta a fine settembre 2016, in concomitanza della Notte Europea dei Ricercatori, presso il *Leibniz Institute for Science and Mathematics Education* (IPN) di Kiel in Germania. Vi hanno partecipato 42 insegnanti, 72 studenti e 45 ricercatori provenienti da Università e Musei dei 10 paesi afferenti al progetto.

L'evento è iniziato il venerdì mattina con sessioni riservate separatamente ad insegnanti e studenti, nelle quali le varie esperienze e sperimentazioni locali sono state messe a confronto.

Nel pomeriggio è stata poi inaugurata l'esposizione che è rimasta aperta al pubblico fino a mezzanotte. Si è trattato di una mostra congiunta di 300 m², nella quale gli studenti hanno presentato i 60 migliori exhibit di tutto il progetto a più di 2000 visitatori. Al centro della sala troneggiava anche un exhibit costruito collettivamente e "seduta stante" dagli studenti delle varie nazioni coinvolti nel progetto.

Mostrando i migliori exhibit l'evento finale ha raggiunto l'obiettivo di informare i visitatori sul lavoro svolto durante l'intero progetto e di divulgarne i prodotti finali. È stato infatti allestito anche uno stand in cui era possibile trovare alcune schede che spiegavano le 6 dimensioni RRI e alcune copie di tutti i moduli sviluppati dai paesi coinvolti nel progetto.

I visitatori hanno passato molto tempo ad interagire con gli studenti facendosi raccontare la nascita dell'idea e il processo di costruzione degli exhibit, oltre a cimentarsi con gli exhibit stessi.

Nel complesso, l'evento si è rivelato un vero successo perché ha rappresentato un'occasione di scambio a livello internazionale dei risultati ottenuti. In particolare, per i docenti è stato un importante momento di confronto con docenti di altre discipline e di altre realtà scolastiche nazionali ed internazionali, in cui ciascuno ha avuto la possibilità di raccontare la propria esperienza di insegnamento. Per gli studenti, l'obiettivo di essere selezionati per partecipare all'evento finale è stato una sfida che li ha stimolati a mettere in gioco abilità che non pensavano neanche di avere e a superare eventuali dinamiche inter-relazionali problematiche.



Exhibit costruito dagli studenti dei vari paesi



Stand sulle dimensioni RRI

Per gli studenti italiani la partecipazione all'evento di Kiel è stata certamente un'occasione di crescita personale proprio in quanto ha offerto la possibilità di relazionarsi con studenti di altre realtà culturali: ha messo alla prova la loro capacità di esprimersi in lingua inglese e di adattarsi a situazioni e ambienti totalmente nuovi. La fotografia sotto riportata dell'angolo della CoL di Bologna durante l'evento finale di Kiel testimonia l'impegno e l'orgoglio della rappresentanza dell'Università di Bologna.



4 Ora che il progetto Irresistibile è finito: qualche riflessione personale

Nel novembre 2016 il progetto Irresistibile si è concluso e con la chiusura del progetto è anche terminato il continuo e, a volte, convulso lavoro che ha coinvolto tutti i partner.

Ora la tranquillità è tornata ed è normale porsi alcune domande: Che cosa abbiamo imparato da questo progetto? Che cosa abbiamo "portato a casa" dai vari punti di vista, quello dei ricercatori, degli insegnanti, degli studenti? È stata un'esperienza "una tantum", o qualcosa da ripetere e forse da inserire stabilmente nei curricula scolastici?

La risposta a queste domande si può trovare riflettendo sugli aspetti peculiari del progetto, il primo dei quali riguarda l'*istituzione di Comunità di Apprendimento (CoL)*.

L'interazione all'interno della CoL fra membri con competenze così diverse, come possono essere quelle dei docenti e ricercatori universitari, degli insegnanti di scuola, degli esperti di musei scientifici, ha certamente prodotto risultati positivi: finalmente è stato steso un solido ponte fra scuola e università/centri di ricerca e fra formazione e società. È stato proprio questo ponte che ha permesso di affrontare con successo le due sfide che si poneva il progetto: portare in classe *temi scientifici attuali e gli aspetti connessi ad una Ricerca e Innovazione Responsabili (RRI)*.

Inserire nei curricula scolastici argomenti di ricerca d'avanguardia e, ancor di più, le problematiche RRI, cosa totalmente nuova per la scuola italiana, ha certamente creato reticenze negli insegnanti coinvolti nella CoL di Bologna; è ovvio che le perplessità sono state più forti nel primo round, ma non si sono assopite del tutto neanche nel secondo. Però è successo qualcosa che ha fatto tornare sui loro passi gli insegnanti convincendoli a partecipare al progetto: il coinvolgimento entusiasta degli studenti.

Infatti, i ragazzi si sono gettati a capofitto nella sperimentazione. Hanno apprezzato le tematiche d'avanguardia affrontate nei moduli sperimentati in classe e i problemi etico-sociali ad esse connessi, perché in questo modo si sono resi conto che la scienza non è qualcosa che si trova solo nei libri scolastici, ma pervade invece ogni aspetto della nostra vita, o per usare le loro parole: *il progetto ha fatto capire che la fisica non è solo studiare, fare esercizi, ma che ha anche un ruolo fondamentale nella società e questo mi ha appassionato. ... si è anche parlato di etica, di sostenibilità, di governance ... cose di cui a scuola si parla raramente e invece è importantissimo parlarne proprio a scuola.*

Gli studenti hanno apprezzato molto anche le altre due peculiarità del progetto: l'*approccio metodologico Inquiry-based* e la *didattica informale*.

Questi due aspetti hanno avuto un effetto sinergico: il primo è stato in grado di far nascere la curiosità e, quindi, la voglia di conoscere, il secondo ha stimolato la creatività il cui momento culminante ha riguardato la progettazione e la realizzazione di exhibit.

Sono ancora una volta importanti e chiarificatrici le parole degli studenti: *ho molto apprezzato il metodo che abbiamo utilizzato, ci siamo documentati, abbiamo fatto un esperimento per verificare, ma soprattutto abbiamo imparato a presentare le cose. ... Il tipo di metodo con cui abbiamo affrontato il progetto è stato molto efficace; porta a risultati che rimangono molto più impressi che studiare semplicemente sul libro. ... imparare una materia a macchinetta non è poi così utile al nostro futuro, dobbiamo sapere applicare la scienza ad altri ambiti. ... L'esplorazione libera dei temi e il lavoro in gruppo ti impongono di metterti in gioco ... [e questo] ci ha dato un grande senso di coinvolgimento.*

E anche gli insegnanti alla fine hanno apprezzato: *quando ci si convince a far fare loro qualcosa con le mani, ci si rende conto che gli studenti tirano fuori delle capacità straordinarie, forse ho imparato che bisognerebbe lasciare agli studenti un po' più di autonomia.*

È stata proprio l'autonomia, assieme ad una grande creatività, ciò che ha caratterizzato il processo di progettazione e costruzione degli exhibit, per descrivere il quale ci si può affidare ancora una volta alla voce degli insegnanti: *gli studenti hanno preso talmente seriamente la produzione dell'exhibit che ci hanno messo anche troppo impegno. ... volevano fare una cosa non solo ben pensata, ma anche ben fatta. ... Mentre questo "oggetto" cresceva, ho avuto la netta sensazione di aver perso i miei studenti così presi come erano dal loro lavoro!*

Il "troppo impegno" messo dagli studenti in questa attività, come sottolineato sopra, però non è stato fine a se stesso, perché si è trattato di un momento veramente importante dal punto di vista didattico in cui gli studenti non solo hanno consolidato le loro conoscenze, ma le hanno anche rielaborate per convertirle in un prodotto che fosse altamente comunicativo per un pubblico generico.

Come dice Fiorentini [6], non è nell'immediatezza dell'esperienza che si raccolgono i suoi frutti migliori ma nella riflessione su di essa. Ciò che dei fenomeni deve principalmente interessare, al di là del primo momento di stupore, non è solo il loro aspetto più estetico, ma la loro logica fenomenologica, la rete di connessioni, culturali e relazionali, che può essere costruita grazie all'esperienza. Questo momento ha, infatti, influito positivamente ed efficacemente sull'apprendimento degli studenti; certamente ha giovato a quelli bravi, ma il risultato migliore si è avuto con quegli studenti che solitamente mostravano più difficoltà nelle materie scientifiche: l'alto livello di coinvolgimento proprio di questi studenti è stato forse uno dei risultati più sorprendenti. D'altra parte, il progetto mirava proprio a porre lo studente al centro del processo di costruzione della conoscenza e aveva come ipotesi di partenza quella di tener conto delle complesse dinamiche relazionali che possono facilitare o ostacolare la costruzione della conoscenza per rendere progressivamente lo studente sempre più autonomo nei propri processi conoscitivi [7].

Per questa ragione, i moduli sono stati costruiti in modo che fossero del tutto auto-consistenti, mantenendoli però il più possibile aperti e flessibili così da poter essere utilizzati in modi diversi da diverse tipologie di insegnanti, studenti e scuole. Infatti, gli insegnanti che sono stati parte della CoL e che hanno svolto le sperimentazioni in classe erano di formazione scientifica diversa (chimici, fisici, naturalisti, etc), e le classi in cui sono stati sperimentati i moduli andavano dal biennio al triennio della scuola secondaria di secondo grado, mentre le tipologie di scuole coinvolte andavano dai Licei Scientifici e delle Scienze Applicate al Liceo Classico, passando per gli Istituti Tecnici e Professionali. Inoltre, gli insegnanti hanno potuto scegliere di sperimentare i moduli in situazioni diverse: in qualche caso sono stati inseriti nelle attività curricolari di Fisica, in altri casi sono stati svolti in orario

extra-scolastico come supporto e approfondimento rispetto alle lezioni regolari, in altri ancora come occasione per integrare tra loro l'insegnamento di Chimica e di Fisica sullo stesso argomento.

Questa grande varietà ha permesso di mostrare, da un lato, come l'affrontare temi scientifici d'avanguardia, quali le nanotecnologie, non sia un "lusso" per pochi eletti e possa dare un contributo all'educazione scientifica sotto diverse forme, dall'altro, che l'applicazione di una metodologia Inquiry-based consente di adattare l'argomento rispetto all'età e al livello scolastico degli studenti, rendendo il percorso inclusivo da diversi punti di vista.

L'introduzione degli aspetti RRI, che in un primo momento aveva suscitato qualche diffidenza negli insegnanti, ha invece aperto nuove possibilità di insegnamento, promuovendo l'idea che le conoscenze disciplinari giocano un ruolo importante nella società e che la conoscenza scientifica ha a che vedere con la vita di tutti i giorni. Questo ha fatto sì che gli studenti vedessero con occhi nuovi le discipline scolastiche e, al tempo stesso, ha fornito agli insegnanti una nuova prospettiva con cui guardare l'apprendimento degli studenti.

Non si può sottovalutare, tuttavia, il fatto che affrontare le tematiche RRI richiede all'insegnante di possedere competenze specifiche in diversi settori: conoscenze disciplinari relative ai temi di ricerca attuali, capacità di elaborare strategie didattiche adatte all'introduzione di RRI, abilità nella progettazione-revisione di attività di laboratorio mirate, nonché nella gestione della collaborazione fra le discipline e dell'interazione con gli esperti esterni. Queste numerose richieste possono effettivamente rappresentare dei limiti ad una tale innovazione didattica.

È, comunque, indubbio che il progetto abbia svolto un ruolo di formazione importante per gli insegnanti che vi hanno partecipato pur richiedendo un loro livello di coinvolgimento molto elevato: la CoL, infatti, si è rivelata uno strumento utile ed inclusivo, in cui insegnanti provenienti da realtà diverse, hanno avuto l'opportunità di confrontarsi e formarsi. Va anche detto però che non è stato altrettanto semplice far nascere collaborazioni sempre fruttuose all'interno degli istituti di appartenenza, sia a livello trans-disciplinare (cioè fra gli insegnanti delle materie scientifiche), sia inter-disciplinare (con gli insegnanti di altre materie). Se l'importanza del pensare insieme co-costruendo ragionamenti, condividendo un oggetto del discorso e cooperando insieme per la sua realizzazione [8], è chiaramente emersa all'interno delle CoL, nel contesto scolastico la messa in pratica di un tale modo di agire si è rivelata decisamente più difficoltosa.

Questo punto rimane una criticità importante evidenziata dal progetto, un problema certamente da affrontare nell'ambito della formazione degli insegnanti se si vuole pensare di inserire stabilmente nei curricula scolastici le innovazioni proposte dal progetto Irresistibile.

Il messaggio conclusivo che il progetto vuol lasciare ai docenti è che le difficoltà che sono state riscontrate non sono insormontabili e che vale davvero la pena di impegnarsi per superarle: i risultati ottenuti nei tre anni di sperimentazione di Irresistibile dimostrano che i vantaggi che gli studenti ne possono trarre sono troppo grandi per arrendersi!

Riferimenti

- [1] A coordination and support action under FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2013-1, ACTIVITY 5.2.2 Young people and science. Topic SiS.2013.2.2.1-1 Raising youth awareness to Responsible Research and Innovation through Inquiry Based Science Education - www.irresistible-project.eu/index.php/en/
- [2] La versione inglese dei moduli di insegnamento prodotti su questi argomenti è disponibile al link: <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/resources/teaching-modules>

- [3] Per informazioni dettagliate vedere: *L'avventura del progetto Irresistibile* (a cura di M. Venturi), Bonomia University Press, Bologna, **2018**.
- [4] La conferenza, tradotta in italiano, può essere vista e ascoltata al link: https://www.ted.com/talks/bertrand_piccard_s_solar_powered_adventure?language=it
- [5] Per la versione italiana del video: https://www.youtube.com/watch?v=m_jwtM92jDw
- [6] C. Fiorentini, *Fare scienze in Il sapere della scuola. Proposte e contributi* (a cura di A. Sasso, S. Toselli), Zanichelli, Bologna, **1999**.
- [7] *I contesti sociali dell'apprendimento: acquisire conoscenza a scuola, nel lavoro, nella vita quotidiana* (a cura di C. Pontecorvo, A. M. Aiello, C. Zucchermaglio), Ambrosiana, Milano, **1995**.
- [8] C. Pontecorvo, A. M. Ajello, C. Zucchermaglio, *Discutendo si impara*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, **1991**.

Società Chimica Italiana - Divisione di Didattica, aprile 2020

ISBN 978-88-94952-17-9



9 788894 952179