

## Una visione formativa della Chimica per la scuola primaria

Antonio Martino  
Gaia Clara Mercedes Naponiello

**Abstract** – Implementation of scientific subjects (mathematics, physics, chemistry, and natural science) for a primary science education degree programme has represented a cultural challenge to the Italian scientific community in the last years. In the international context, there are still few articles in the literature available concerning teachers working at this primary level, in spite of the fact that children’s first encounter with science could play a decisive role in creating a vocation for science in at an early age. This work proposes to consider humanistic education as both a scientific and literary formation: according to this interpretation, introducing children to symbolic thought in school education stimulates involvement on the part of the pupils and leads them through a completion process that includes several perspectives on the world (expressive, linguistic, geometric and quantitative). The authors describe herein the application of this approach to chemistry teaching through significant examples showing integration of institutional content with historical and epistemological aspects; the results obtained during the years 2014-17 are discussed from a qualitative point of view at the Primary Education Department at Roma Tre University.

**Riassunto** – Il rafforzamento della componente scientifica (matematica, fisica, chimica, scienze naturali) nel corso di laurea in scienze della formazione ha posto negli ultimi anni una sfida culturale alla comunità scientifica in Italia, ovvero la progettazione e l’implementazione di corsi di matematica e scienze e dei relativi aspetti didattici, rivolti a formare i futuri insegnanti della scuola primaria e della scuola dell’infanzia. La letteratura disponibile in ambito internazionale è scarsa per quanto riguarda gli insegnanti che lavorano in questo livello primario, eppure il primo incontro dei bambini con il mondo delle scienze potrebbe avere un ruolo determinante nell’emergere delle vocazioni scientifiche giovanili. Questo lavoro propone un approccio che vede la formazione umanistica declinarsi nel duplice aspetto sia letterario che scientifico: in quest’ottica, l’iniziazione al pensiero simbolico dei bambini attraverso la scolarizzazione, coinvolge gli allievi e li accompagna in un processo di maturazione che integra i diversi sguardi sul mondo (espressivo, linguistico, geometrico e quantitativo). Si descrive l’applicazione di un tale approccio al caso della chimica, attraverso alcuni esempi significativi di integrazione dei contenuti istituzionali con aspetti storici ed epistemologici; si discutono da un punto di vista qualitativo i risultati ottenuti nell’introduzione di questi elementi nel corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria dell’Università Roma Tre negli anni 2014-17.

**Keywords** – primary education, science, chemistry, didactics, history

**Parole chiave** – formazione primaria, scienze, chimica, didattica, storia

**Antonio Martino**, docente a contratto di *Chimica e didattica della chimica* del Dipartimento di Scienze della Formazione dell’Università degli Studi Roma Tre, è Dottore di ricerca in *Scienze dei materiali* e docente di Scienze delle scuole secondarie di primo e secondo grado a Roma. Si occupa di didattica della chimica, con particolare riguardo per la formazione degli insegnanti delle scuole primarie, e ha pubblicato diversi articoli in riviste internazionali sulla veicolazione specifica di farmaci e sullo studio computazionale di molecole di interesse biologico.

**Gaia Clara Mercedes Naponiello**, docente a contratto di *Chimica e didattica della chimica* del Dipartimento di Scienze della Formazione dell'Università degli Studi Roma Tre, è Dottore di ricerca in *Scienze chimiche* e insegnante di Matematica e Scienze nella scuola secondaria di primo grado. Si occupa di storia e didattica della chimica e ha pubblicato in riviste internazionali lavori sui materiali fotosensibili per la conversione di energia solare in energia elettrica, svolgendo anche collaborazioni in ambito internazionale.

## 1. Introduzione

L'insegnamento delle scienze naturali e la ricerca sperimentale sono considerate attualmente, a livello internazionale, fondamentali per la formazione dell'individuo, anche per acquisire una maggiore consapevolezza delle proprie abilità e per la costruzione delle capacità di interpretazione e di argomentazione.

Sempre di più si prende in considerazione introdurre le scienze fin dalla scuola primaria. La materia, l'universo, il movimento, i fenomeni atmosferici o riguardanti il pianeta Terra, sono questioni cui i bambini si accostano in modo ingenuo fin dai primi giochi ed esperienze; se il loro insegnamento fosse posticipato alla scuola secondaria, gli alunni vedrebbero la riflessione scientifica, con la sua carica di astrazione, inevitabilmente e maggiormente come un intruso.

In Italia, le indicazioni nazionali per il curricolo per la scuola del primo ciclo oggi in vigore attribuiscono uno spazio consistente non solo alla matematica, ma anche alle scienze della natura: l'intento è quello di "promuovere l'osservazione dei fatti e lo spirito di ricerca attraverso il coinvolgimento diretto degli alunni, con l'obiettivo di valorizzare il pensiero spontaneo senza fare ricorso a dogmatismi (Indicazioni nazionali della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione). Insieme a questa impostazione generale, negli obiettivi di apprendimento delle indicazioni sono elencati alcuni contenuti scientifici relativi ai saperi disciplinari; per quanto riguarda la chimica, si fa riferimento ad esempio alla "classificazione analitica degli oggetti in base alle loro proprietà". Appare opportuno che l'iniziazione dei bambini alla scienza includa effettivamente, come per la matematica, alcuni elementi di base (concetti scientifici quali la materia nella visione del continuo e del discreto, le trasformazioni fisiche e chimiche, le proprietà fisiche e chimiche dei diversi stati di aggregazione etc.) insieme a un primo accostamento al metodo scientifico incentrato sull'osservazione, in natura (il parco, ambienti naturali in gita, documentari audiovisivi) oppure nell'ambito di semplici esperienze di laboratorio (in ambienti ad hoc oppure trasformando temporaneamente l'aula in laboratorio).

Negli ultimi anni, a livello internazionale, il problema della mancanza di vocazioni in ambito STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) sta spingendo a una maggiore attenzione all'incoraggiamento precoce in queste direzioni: si tratta di un obiettivo parallelo a quello dell'alfabetizzazione scientifica di base. In Italia dai dati dell'ultima indagine OCSE (OCSE, 2107) c'è ancora una forte carenza di laureati STEM rispetto alle lauree in discipline umanistiche, nonostante ci siano buone opportunità lavorative in tali settori.

A questo clima culturale corrisponde l'accresciuto ruolo della matematica e delle scienze naturali e delle loro didattiche disciplinari nell'ordinamento oggi in vigore in Italia del corso di

laurea in scienze della formazione primaria volto alla formazione iniziale degli insegnanti della scuola dell'infanzia e della scuola primaria. Come avvicinare i futuri insegnanti alle scienze naturali e al loro insegnamento e apprendimento, nel contesto italiano? In questo lavoro si discutono le scelte pedagogiche e didattiche compiute nella progettazione del corso di "Chimica e didattica della chimica" del corso di laurea in Scienze della Formazione primaria dell'Università degli studi Roma Tre, la composizione dei contenuti e le questioni formative che esso pone. Si tratta di un corso di 4 crediti, che è stato impartito per due anni nel quarto anno di corso; dall'anno accademico 2016-17, esso è collocato nel primo anno: questa modifica è derivata da una scelta di bilanciamento dell'impegno degli studenti e proprio dall'equilibrio fra i corsi di scienze naturali, i corsi di ambito storico-espressivo-letterario e i corsi psico-pedagogici. Di conseguenza, da una parte, il piano di studi ha posto al primo anno un compito condiviso di introduzione delle matricole all'ambito scientifico su due corsi, Istituzioni di Matematica e Chimica e didattica della chimica; dall'altra, nell'ultimo anno si è avuto l'opportunità di mettere a confronto la reazione degli studenti e l'andamento delle lezioni nel primo e nel quarto anno.

Fin dal primo anno di attivazione di questo corso è stato dedicato ampio spazio alla comunicazione elementare dei concetti della chimica a scuola e ai piccoli esperimenti che possono essere realizzati anche in aula. Tuttavia è stata evidente la necessità di ripensare il modo stesso di proporre i fondamenti di chimica in un corso per futuri insegnanti della scuola primaria e dell'infanzia.

## 2. Una chimica umanistica: il ruolo della storia della scienza

Affrontare la programmazione di un corso di chimica e didattica della chimica ha posto in primo luogo l'esigenza di rispondere ad una domanda degli studenti sempre frequente all'inizio del loro percorso: *Perché la chimica è formativa per la formazione primaria?* Infatti ogni anno, all'inizio del corso, agli studenti si chiede di rispondere a una domanda aperta, relativa a quanto ognuno di essi consideri l'insegnamento di chimica e didattica della chimica attinente al corso di laurea. Tra le risposte più frequenti vi sono le seguenti: "Sicuramente miglioreremo la nostra preparazione scientifica, ma sicuramente non insegneremo mai chimica ai bambini", oppure "Poveri bambini! Come possono capire teorie e modelli così complicati se nemmeno noi, che li abbiamo già studiati nella scuola superiore, li abbiamo mai veramente compresi?", e ancora "Ma perché ai bambini dovrebbe interessare la chimica?". Emerge quindi come l'utilità delle conoscenze scientifiche ed il loro valore formativo, appaiano poco chiari in riferimento ai bambini, quanto meno se si confrontano con il far di conto o con la lettura e la scrittura; di conseguenza, non si avverte il ruolo del corso nella propria formazione come insegnanti.

L'utilità delle nozioni di chimica è forse più difficile da comprendere. Ora, non vi è dubbio per chiunque abbia familiarità con i bambini che essi mostrano una grande curiosità per le sostanze e un grande spirito di iniziativa nella loro esplorazione (acqua, terra, zucchero, sapone,

e così via), e al punto da essere questa esplorazione un fattore di rischio. Ciò suggerisce che un corso di Chimica e didattica della chimica per futuri insegnanti delle scuole dell'infanzia e primaria deve considerare gli aspetti formativi delle scienze naturali: l'insegnamento della chimica va incontro alla grande sfida di sviluppare la curiosità degli alunni verso la realtà che li circonda, offrendone chiavi interpretative diverse da quelle più comunemente accessibili. L'alfabetizzazione scientifica fornisce strumenti essenziali all'indagine e alla comprensione di alcuni aspetti della realtà.

Affinché gli studenti possano trasformare questa finalità molto generale in attività e vita di classe nel loro lavoro professionale a scuola, la sfida che pone insegnare la chimica ai futuri insegnanti è, prima di tutto, quella di superare una visione cumulativa del sapere e di rinunciare a quegli aspetti dogmatici che ricorrono spesso nell'approccio abituale allo studio delle materie scientifiche (in particolare nel loro proprio percorso scolastico nelle scuole secondarie di primo e secondo grado) e che si manifesta anche negli approcci divulgativi (libri, documentari, mostre).

Gli studenti appaiono soprattutto preoccupati di trovare accorgimenti didattici che siano in grado di interessare, coinvolgere, avvicinare concetti complessi, ad esempio il gioco, le illustrazioni, le visite, la terminologia, gli esempi. Si tratta di una preoccupazione prettamente tecnico-professionale, che lascia da parte la questione culturale: lo scopo primario di insegnare tali concetti è quello di formare e di aprire prospettive sul mondo, chiavi di lettura della realtà cruciali nella nostra contemporaneità.

Si mescola così la visione che i futuri insegnanti hanno della scienza, con la visione che essi hanno di ciò che è in gioco nella didattica della scienza con i bambini. In risposta a questa questione aperta abbiamo cercato risposte in una visione umanistica, che non trascuri l'aspetto umano delle discipline scientifiche, le quali, proprio perché private di questo fattore, risultano per gli studenti di qualunque ordine e grado scolastico noiose e di difficile comprensione, oltre l'intrinseca complessità e astrazione dei suoi concetti. La scienza appare in definitiva distante dalla realtà dei discenti: si tratta di un problema condiviso dalla matematica, meno presente nelle discipline letterarie o espressive<sup>1</sup>.

La scienza come regno puro della precisione e del rigore metodico nasconde la sua umanità fatta di approssimazione, intuizione, logica, tentativi coronati o meno dal successo, nello sviluppo progressivo dei suoi concetti. In accordo con tale visione, è quindi naturale tenere in considerazione il grande contributo dell'epistemologia novecentesca di cui è possibile giovare nella progettazione del corso in questione. Prima di Thomas Kuhn e di altri noti autori della seconda metà del secolo, la ricerca storica ed epistemologica della studiosa francese Hélène Metzger (1889-1944) si è concentrata proprio sul campo della chimica. Metzger mette in evidenza il problema derivante dal proporre la scienza come tecnica piuttosto che come strumento per indagare anche umanamente la realtà circostante, soprattutto in un contesto storico in cui si dava una rilevanza importante alla "scienza positiva" e alla razionalità scientifica. Inoltre,

---

<sup>1</sup> Un'analisi di questa rottura con la "prossimità della vita" è presente nel saggio *Children's minds* (1978) di Margaret Donaldson, la quale ha coniato l'espressione molto pregnante di sapere svincolato (disembedded); per la matematica nella scuola primaria si veda Millán Gasca 2016.

l'epistemologia pone l'accento sulla questione della divulgazione scientifica di massa che rischia di proporre in maniera banale concetti scientifici fondamentali: "La ragione non ha niente più a che fare con i problemi concernenti il nostro destino, e l'intelligenza, facoltà ormai tutta pratica, perdette la sua sublime dignità per diventare uno strumento creatore di industrie tutte messe al servizio della nostra volontà di potenza. Da una parte gli stessi scienziati stupiti facevano fare alla teoria e alla pratica dei progressi straordinari, ma non erano più in grado di dominare la loro scienza; e dall'altra il pubblico che aveva considerato con stupore, scetticismo, ammirazione gli ultimi ritrovati della scienza che una volgarizzazione sconcertante e sconcertata faceva penetrare poco a poco nel senso comune" (Metzger, 1987, p. 272).

Negli ultimi vent'anni si sono avuti diversi contributi rivolti al riconoscimento dell'importanza della storia e dell'epistemologia nella didattica della chimica in generale: si pensi agli studi di Eric Scerri (2016), docente all'Università di California a Los Angeles, e al ruolo della rivista "Foundations of Chemistry" da lui fondata e diretta. In Italia vi sono stati negli ultimi anni molti sforzi volti a rendere rilevanti gli aspetti storici nella didattica della chimica e delle scienze in generale, con particolare riguardo per la scuola secondaria di secondo grado e più raramente anche per la scuola primaria<sup>2</sup>.

A questo riguardo, in un lavoro sulla chimica nella scuola primaria da un punto di vista interdisciplinare, Carlo Fiorentini (2007) ha sottolineato il ruolo della storia della chimica: "L'obiettivo è utilizzare la storia della chimica per fare comprendere i concetti basilari, che possono essere compresi se li facciamo rivivere, se vengono presentati come la risposta a problemi sperimentali o teorici".

Sempre per quanto riguarda la scuola primaria, è stato studiato l'impatto sulla qualità dell'insegnamento e sulla fiducia nel proprio operato delle idee sulla scienza stessa, come forma di conoscenza e fenomeno storico umano, che hanno gli insegnanti (Harlen, 1997). L'epistemologia offre la possibilità di far riflettere in maniera critica sulle questioni più intime legate ai principi fondamentali della chimica (il concetto di materia, l'idea di sensazione, di trasformazione etc.), riscoprendoli spesso nelle questioni esistenziali legate allo sviluppo del pensiero umano.

Per la scelta dei contenuti e per la costruzione della programmazione didattica rivolta agli studenti di scienze della formazione primaria, sono stati tenuti in considerazione gli obiettivi e le sfide sopraelencate.

Esse, come si è visto, si collocano a cavallo fra il ruolo dell'avvicinamento alla chimica dei bambini nella scuola primaria da una parte e la visione della scienza (e il proprio retroterra di formazione scientifica nelle scuole secondarie) dei futuri insegnanti dall'altra. Il lavoro complessivo è proiettato verso il futuro professionale: ciò che è in gioco è la capacità degli insegnanti di trasmettere efficacemente e correttamente le conoscenze scientifiche acquisite nel corso della loro formazione, promuovendo l'interesse dei loro alunni verso le scienze in generale e la chimica in particolare.

---

<sup>2</sup> Sulla scuola primaria si veda Borsese *et al.*, 2012 e Carpignano *et al.*, 2013.

Due sono le vie principali che sono state seguite. La prima riguarda l'introduzione di una visione culturale e umanistica dei concetti di base della chimica, anche grazie alla riflessione epistemologica e storica. La seconda riguarda l'approfondimento scientifico dei contenuti disciplinari.

### 3. Cosa è elementare e cosa è formativo?

#### L'esempio dei concetti chimici di materia e di trasformazione della materia

Per il raggiungimento delle finalità auspiccate è stata quindi necessaria un'accurata selezione dei contenuti proposti, dettata anche dal limitato numero di crediti. Per quanto riguarda le conoscenze basilari di chimica, si è intervenuti con un processo di "elementazione", ossia mediante una scomposizione analitica di un concetto elementare, al fine di offrire una differente chiave di lettura della realtà che non risulti distante dallo studente (Fiorentini, 2000). Di seguito vengono presentati due esempi riguardanti i concetti "primordiali" di *materia* e di *trasformazione*, dove con la parola "primordiale" si intende indicare idee scientifiche considerate

- fondamentali per lo studio e la comprensione della disciplina stessa
- di antica origine, in quanto esse hanno le loro radici nelle pratiche alchemiche e del periodo precedente la nascita della chimica moderna nel Settecento
- di difficile o meglio, impossibile, definizione, in quanto radicate nella esperienza umana del mondo fisico (in modo parallelo ai concetti primitivi della matematica, quale numero naturale, unità, punto o retta).

Si osservi che questi concetti primordiali sono spesso collegati a modo di rete concettuale all'interno delle teorie scientifiche, come nel caso della materia e della trasformazione (appunto della materia).

Un'ispirazione importante in questa ricerca è stata costituita dallo studio di un'opera pionieristica rivolta ai più giovani, scritta dallo studioso francese Georges Darzens (1867-1954), noto per la reazione di epossidazione di Darzens (1904), intitolata *Iniziazione chimica* (1912), scritta su richiesta del matematico francese Charles Laisant all'interno della collana da lui diretta delle «Iniziazioni scientifiche» scritte dagli "amici dell'infanzia"<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda la *materia*, l'argomento è stato indagato nel tentativo di rispondere ad una domanda esistenziale prima che disciplinare, ossia da cosa è costituito il mondo che ci circonda dal punto di vista macroscopico e microscopico, in sostanza cosa rappresenta il concetto di materia. Quello che possiamo trovare nella maggior parte dei libri di testo scientifici di qualsiasi ordine e grado, paradossalmente, è una risposta attraverso una definizione, ossia:

"La materia è tutto ciò che ci circonda", "La materia è tutto ciò che ha una massa e occupa uno spazio"<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Su quest'opera abbiamo un lavoro in preparazione.

<sup>4</sup> Si veda, ad esempio, fra i testi in commercio in Italia per le scuole secondarie, Crippa M., Fiorani M., Neppen D., Rusconi M., Bargellini A., Mantelli M. (2016), *Scienze Naturali*, Milano: Mondadori Scuola, oppure Leopardi L., Bolognani F., Bolognani F., Cateni C., Temporelli M. (2016), *Scienze Focus*. Torino: Garzanti Scuo-

Sovente il testo inizia da questa frase per elencare attraverso una serie infinita di esempi, i numerosi oggetti che abbiamo intorno, più o meno noti<sup>5</sup>. A questa prima definizione corredata da esempi segue subito una spiegazione più o meno dettagliata, a seconda del livello scolastico, della struttura atomica e il suo collegamento con la tavola degli elementi.

Quando si trovano ad affrontare questo argomento, gli insegnanti di scuola primaria tendono non di rado a proporlo proprio come è stato loro insegnato, attraverso una definizione seguita da qualche esempio, per poi introdurre quasi immediatamente gli stati di aggregazione della materia, procedura che del resto riprendono dagli stessi sussidiari. Non è raro poi che il sussidiario presenti gli stati di aggregazione mediante un esempio unico di sostanza, ad esempio l'acqua per definire le caratteristiche dei vari stati, soffermandosi in particolare su quelle del liquido, oppure l'aria per definire quelle dei gas, costruendo così più o meno consapevolmente gli argini del sapere attraverso schemi e definizioni.

Questo approccio didattico si spiega, anche quando adottato da autori di testi e da insegnanti che hanno una formazione chimica, per via di una visione di *ciò che è elementare*. Rendere semplice equivarrebbe a fornirne una *definizione*, forse sulla scia della geometria euclidea; la chiarezza si confonde così con il dogmatismo, perché problematizzare un concetto appare qualcosa riservato agli studi specialistici superiori. Si osservi che nella prima definizione sopra citata la materia si identifica con il mondo fisico *tout court*, mentre la seconda è una definizione di stampo geometrico; entrambe fanno leva sull'intuizione e sull'osservazione diretta degli allievi, anche se si tratta di un concetto astratto come quello di punto o di solido in geometria. Vi è così un altro aspetto della visione di ciò che è elementare che spinge gli insegnanti a servirsi di questa strategia ed è il fatto che questa tipologia di presentazione si appoggia su qualcosa di concreto, di direttamente osservabile, ossia la materia rappresentata nei diversi stati di aggregazione. Non si dà spazio a una riflessione sull'argomento, sul fatto che si tratta di un concetto che ha le sue radici in esperienze umane primordiali e che si è evoluto storicamente: ciò potrebbe essere fatto con parole semplici, sotto forma di racconto.

A questo punto si tratta solo di proporre una classificazione dell'illimitato che ci circonda – anche qui è evidente l'analogia con la geometria euclidea, come la classificazione dei triangoli o dei quadrilateri –, come se potesse essere evidente anche per un bambino di 5 anni che la materia è fatta esclusivamente da solidi liquidi e gas (Aquilini, 2000)<sup>6</sup>. In questo modo non si ottiene la chiarezza, ma un senso di estraniamento dei bambini, poiché la scienza non mostra la coerenza interna, la potenza di concetti che inglobano molte tensioni epistemologiche, e si cerca di imporre loro qualcosa che non ha riscontro nella loro familiarità con la materia nelle sue varie forme (i giocattoli, la sabbia nella spiaggia, l'acqua e la schiuma nella vasca da bagno, le miscele in cucina e così via). Si osservi che la presentazione elementare dei concetti di chimica basata sullo schema definizione-esempi-classificazione, in mancanza di elementi

la.

<sup>5</sup> Si vedano ad esempio due libri di primaria: Lancetti M. C., Negri N., Pagano R., Valerio M. (2015), *Mio, Viaggio alla scoperta dei saperi*. Milano: Gaia Edizioni e Gaboli M., Tenconi G. (2016), *Sulle ali di Pepe*. Milano: Fabbri Editori/Erickson.

<sup>6</sup> Si veda Aquilini E. (2000).

storici (sotto forma di racconto nel caso dei bambini) e di problematizzazione (in termini di rapporto riflessivo con la propria esperienza immediata nel caso dei bambini, senza voler piegare la realtà allo schema presentato) è essenzialmente statico, privo di attenzione alla conoscenza come tensione verso la verità che è in fondo ciò che fa amare la scienza: una scienza-avventura che non fa paura.

In effetti, l'introduzione al concetto di materia va molto oltre l'oggettività delle percezioni, e finisce inevitabilmente nella sfera dell'astratto (Scerri, 2012). Ad esempio, se tentiamo di scomporre un oggetto in parti via via più piccole (ad esempio un foglio, un filo etc.) ci si rende presto conto che, per quanto noi possiamo arrivare a scomporre l'oggetto, alla fine arriveremo ad un frammento piccolissimo che, anche se non siamo fisicamente in grado di ridurre ulteriormente, sappiamo di poter ridurre concettualmente. Questo ragionamento ci dice molto di più della semplice affermazione che la materia è tutto ciò che ci circonda e che è costituita da atomi, ci spinge infatti a ragionare sul concetto di finito e infinito, ossia ci spinge a ragionare anche *in termini filosofici* sulla natura della materia. L'opera di Metzger è stata a questo riguardo illuminante: essa afferma, e lo dimostra nei suoi lavori, che l'apprendimento delle scienze passa necessariamente attraverso una critica filosofica, la quale trova la migliore alleata nella storia delle scienze.

Nel tentativo di rispondere a questa necessità di indagine della realtà, nella formazione dei futuri insegnanti, è utile ricorrere alla storia della chimica poiché offre l'opportunità di trasmettere la consapevolezza che anche le scoperte scientifiche e i fondamenti della chimica sono il frutto del pensiero dell'uomo nella storia; la storia mette quindi in luce l'aspetto umanistico della chimica. Nel caso specifico in questione, la visione della materia come composta da elementi, sviluppatasi grazie ai primi filosofi greci da Anassimene ad Aristotele e Platone, ha dominato una lunga parte della storia dello sviluppo storico della filosofia naturale. L'atomismo, così come lo concepiamo noi oggi, ha avuto bisogno di un gran numero di esperimenti e scoperte prima di affermarsi agli albori del Seicento grazie alla diffusione dei trattati di Lucrezio e Democrito, nel periodo della Rivoluzione scientifica.

Pertanto, nel presentare un concetto elementare come quello di materia, appariva utile ricorrere, almeno parzialmente, a quello che è stato il percorso storico che ha condotto alla definizione odierna di materia come costituita da atomi, piuttosto che iniziare a trattare l'argomento partendo dall'atomo stesso. È la via scelta dal celebre chimico e letterato Isaac Asimov nella sua opera divulgativa sulla chimica (1965); era il modo seguito dai chimici degli inizi del XX secolo che ancora non avevano l'odierna consapevolezza sulla struttura atomica, oppure che consapevolmente sceglievano un percorso formativo differente per l'iniziazione elementare, come nel caso di Darzens. La scelta degli argomenti storici deve essere funzionale al concetto scientifico trattato, e quindi è opportuna un'accurata selezione delle informazioni.

Nel caso specifico della formazione dei futuri insegnanti di formazione primaria la nostra scelta è stata quella di discutere la materia partendo dalle concezioni primordiali dei Greci, ed in particolar modo dalla teoria degli elementi – acqua, aria, terra, fuoco – e dallo sviluppo che questa concezione ha avuto, in luogo della classica trattazione dei vari modelli atomici. La

scelta è stata dettata sia dal fatto che la discussione specialistica della teoria atomica è complessa (non si può neppure pretendere che uno studente di formazione primaria comprenda veramente il modello atomico di Rutherford senza conoscere cosa sia una particella alfa!), sia anche e soprattutto per evitare quella banalizzazione e semplificazione forzata che sfocia inevitabilmente in un apprendimento dogmatico del sapere. La teoria atomica è sì un fondamento teorico della chimica moderna, ma è anche il punto di arrivo di un percorso laborioso ed ha una natura molto astratta; intendere così i fondamenti di chimica in un corso per futuri insegnanti della scuola primaria, rischia di avere lo stesso effetto di rigetto e paralizzante dell'iniziativa didattica con i bambini che ha un corso di fondamenti di matematica che si inizia e si sofferma a lungo sulla teoria degli insiemi o la logica (Israel, Millán Gasca, 2012).

Si prenda ora in considerazione un altro concetto chimico elementare, ovvero il concetto di *trasformazione*, proposto in effetti comunemente soltanto dal punto di vista della moderna concezione di reazione chimica. Ancora una volta, si osserva che un approccio classico all'introduzione di questo tema è basato sulla presentazione delle varie tipologie di reazioni mediante classificazione di ogni tipo e genere: reazioni reversibili e irreversibili; reazioni di sintesi, di decomposizione, di scambio etc.; o ancora, reazioni di combustione, reazione acido base, di ossidoriduzione, etc.

Questa metodologia mette in luce chiaramente l'equivoco che la comprensione di un concetto passi attraverso l'acquisizione cumulativa e dogmatica di una serie di nomi e di schemi (classificazioni oppure opposizioni). Un'alternativa è proporre questo concetto primordiale attraverso un percorso storico selezionato che coinvolga l'emergere remoto della trasformazione della materia nell'età della pietra, la svolta nell'età dei metalli, la visione sulla trasformazione della materia degli alchimisti e infine il nuovo, rivoluzionario forse punto di vista dei padri della chimica moderna, fra cui Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794). Un tale percorso offre ancora una volta la possibilità di capire come la trasformazione riguardi da vicino l'evoluzione del pensiero umano, in collegamento con l'attività tecnica e lo sforzo di comprensione dei fenomeni naturali; e anche nei suoi risvolti più ampi: si pensi alle concezioni esoteriche e ai "misteri" intorno alle proprietà della materia e alle trasformazioni di essa che hanno governato per secoli l'indagine sulle sostanze e i tentativi di applicazione più diversi; questo punto di vista è sopravvissuto sino ai primi del Settecento e fu poi via via scardinato definitivamente tra Sette e Ottocento grazie soprattutto agli studi accurati di Jan Baptist Van Helmont (1580-1644) e dello stesso Lavoisier. Il mistero dietro il concetto di trasformazione è presente ancora oggi, si potrebbe dire che rappresenta il volto umano delle reazioni chimiche, è per questo che la chimica anche oggi è spesso associata alla magia. Anche in questo caso, conoscere la storia della chimica che interessa l'affermazione di un concetto elementare aiuta lo studente a sentirlo più vicino, a comprenderlo e ad innescare quella curiosità che è essenziale per far abbandonare l'atteggiamento distaccato e per contribuire a farlo sentire in futuro più sicuro di sé come insegnante.

Da un punto di vista puramente qualitativo, l'introduzione di questi elementi storici, a partire dal secondo anno in cui l'insegnamento è stato attivato, limitatamente al corso che si teneva per gli studenti al primo anno, ha aiutato questi ultimi a stabilire un contatto sentito tra i con-

cetti scientifici fondamentali e la realtà immediata, risvegliando in loro la curiosità e la spinta alla partecipazione in aula: le lezioni si sono svolte fin dall'inizio con la loro continua interattività con il docente, sicuramente in modo più evidente che nel corso senza elementi storici. Senza alcun intento di valutare quantitativamente il cambiamento proposto, ci si è limitati a riportare questo effetto anche in un diverso atteggiamento rispetto alla chimica e al suo insegnamento ai bambini (anche in semplici esempi nella scuola dell'infanzia) attraverso dei questionari proposti agli studenti alla fine dell'anno (Figura 3).

Gli interventi in aula mostravano la spinta a immedesimarsi con lo sguardo dei bambini, e quindi a immaginare possibili realizzazioni a scuola. Questo ha come conseguenza una formazione scientifica più solida e strutturata, come ha mostrato anche il rendimento degli studenti negli esami. Le simulazioni didattiche durante il corso e l'esperienza con il tirocinio a scuola nell'area di chimica e didattica della chimica induce a pensare che questa formazione più solida e questo mutato atteggiamento si rifletta in una maggior sicurezza di sé stessi nell'insegnamento. Il modello didattico di elementazione basato su definizione-esempi-classificazione tende a essere completamente smontato in modo autonomo. Una volta acquisiti i contenuti essenziali, gli studenti si sentono infatti più a loro agio nel presentare argomenti di chimica ai loro alunni e nello specifico ricorrono continuamente alla trattazione storica degli elementi per presentare il concetto di materia.

Nel contempo, anche l'epistemologia offre la possibilità di far riflettere in maniera critica sulle questioni più intime legate ai principi fondamentali della chimica (il concetto di materia già citato, l'idea di sensazione, di trasformazione etc.), riscoprendoli spesso nelle questioni esistenziali legate allo sviluppo del pensiero umano (Glasson, Bentley, 2000).

#### **4. Da una visione dinamica della chimica alla progettazione simulata della didattica della chimica con i bambini**

La visione della chimica che è stata presentata agli studenti del corso di laurea in scienze della formazione primaria è stata messa alla prova anche in esercitazioni-simulazione proposte agli studenti, sia per il quarto che per il primo anno di corso. In primo luogo, si è chiesto agli studenti di realizzare, proposte di pagine di sussidiario rivolte principalmente ad una classe quarta e quinta primaria. Si è partito dalla costatazione, attraverso l'esame di alcuni esempi, che nella sezione dedicata alle scienze dei sussidiari oggi in commercio vi sono pochissimi argomenti di chimica trattati e che, quando presenti, tali argomenti, vengono presentati di frequente in maniera parzialmente o completamente errata dal punto di vista anche dei contenuti. Sono state scelte alcune di queste pagine e si è proposta una esercitazione consistente nella riformulazione di alcune pagine di sussidiario dedicate ad argomenti di chimica di loro interesse oppure nella progettazione e realizzazione di pagine nuove (Figura 1).

**Oggi parliamo di... REAZIONI CHIMICHE**

Ma prima ripassiamo.

- Gli elementi della Tavola Periodica
- I composti chimici

**Cos'è una reazione chimica?**

La reazione chimica è un processo **dinamico** in cui alcune specie chimiche, dette **reagenti**, interagiscono fra loro dando origine ad altri composti, ovvero al **prodotto** della reazione. Un fiammifero che brucia o la cottura del cibo sono esempi di reazioni, più o meno complesse, che trasformano certe sostanze in altre.

**Come avviene una reazione chimica?**

Le reazioni avvengono per la **collisione** tra le molecole coinvolte nei composti reagenti: più frequenti sono gli urti, più è alta la probabilità che avvenga la reazione. Questa è nota come **Teoria delle collisioni**. Inoltre, perché una reazione chimica abbia luogo, c'è bisogno di un certo quantitativo di energia, detta **energia di attivazione**: è questa energia che mette in moto tutto!

**L'equazione chimica**

Ogni reazione chimica viene rappresentata simbolicamente con un'equazione chimica che indica quali elementi chimici sono coinvolti nella reazione ed in che misura questi reagiscono insieme, nonché il prodotto al quale la reazione dà origine. Ecco, per esempio, l'equazione chimica della reazione che dà origine al comune sale da cucina:

$$2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$$

**Diversità:** che avviene in movimento  
**Collaborazione:** urto, scottato

---

**OSSIGENO E REAZIONI**

L'ossigeno è estremamente importante in natura: fa parte di numerosi composti chimici (tra cui l'acqua!), è uno dei componenti dell'atmosfera terrestre ed è necessario a quasi tutti gli esseri viventi per respirare. Inoltre, l'ossigeno è coinvolto in alcune importanti reazioni chimiche, tra le quali quelle di **combustione** e quelle di **ossidazione**.

**Cos'è una reazione di combustione?**

La reazione di combustione è una delle reazioni più diffuse in natura. Durante questa reazione una sostanza (o un materiale), detto **combustibile**, reagisce con un gas (di solito ossigeno), detto **comburente**, per dare, oltre a nuove sostanze, anche calore e luce.

**Cos'è una reazione di ossidazione?**

L'ossidazione è una reazione fra una sostanza, il ferro per esempio, e l'ossigeno; in presenza di acqua l'ossidazione del ferro lo trasforma in una sostanza nota come **ruggine**.

*Ho capito?*

1. Cos'è una reazione chimica?
2. Cos'è l'energia di attivazione?
3. Quali sono le principali reazioni chimiche in cui è coinvolto l'ossigeno?
4. In cosa consiste la combustione?
5. Cos'è la ruggine e perché si forma?

---

**La pagina dei Perché**

**Sai perché si crea la ruggine sugli oggetti di ferro?**

Il ferro, in presenza di acqua e aria si trasforma lentamente in ruggine. L'equazione chimica che indica tale reazione è:  
 $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$

**Sai perché gli oggetti d'argento si scuriscono con il tempo?**

Anche l'argento, come il ferro, si ossida all'aria, con il passare del tempo. Nel suo caso, però, si forma una patina scura e, ogni tanto, è necessario pulirlo per farlo tornare splendente!

**Sai perché la frutta si annerisce?**

A contatto con l'aria la frutta si scurisce piuttosto in fretta: non appena viene tagliata, infatti, inizia a cambiare colore. Tranquilli, però! Il cambiamento di colore rende i cibi meno belli da vedere ma non pericolosi da mangiare!

**Facciamo gli scienziati!**

Osserviamo in classe alcuni oggetti di ferro e pensiamoli con attenzione. Successivamente disponiamoli in contenitori pieni d'acqua e teniamoli nota, giorno dopo giorno, delle trasformazioni riscontrate.

Figura 1 – Tre pagine di sussidiario progettate da studenti del corso di Chimica e didattica della chimica, Corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria, Università Roma Tre, nell'a. a. 2016-2017

L'attività è stata svolta durante le ultime lezioni, in modo da consentire agli studenti di poter avere una panoramica discreta sull'insieme degli argomenti trattati, che consentisse loro anche di proporre tematiche non affrontate nel corso ma di loro gradimento. Gli studenti si sono organizzati in piccoli gruppi e hanno presentato brevemente (circa 5-10 minuti) il loro elaborato in aula davanti ai loro colleghi. Ogni presentazione è stata succeduta da una discussione condotta dal docente, volta a mettere in luce differenze e analogie con le altre proposte e soprattutto gli elementi di eventuale criticità nella presentazione delle proposte, oltre che gli aspetti didatticamente rilevanti.

Quello che è emerso, in primo luogo, è che le scelte dei contenuti raramente ricadevano negli argomenti più frequentemente trattati dai sussidiari, ritenuti evidentemente più semplici da trattare. Infatti, sono stati scelti argomenti quali: la lievitazione, la teoria acido base, cenni di elettrochimica e persino la configurazione elettronica (Figura 2).

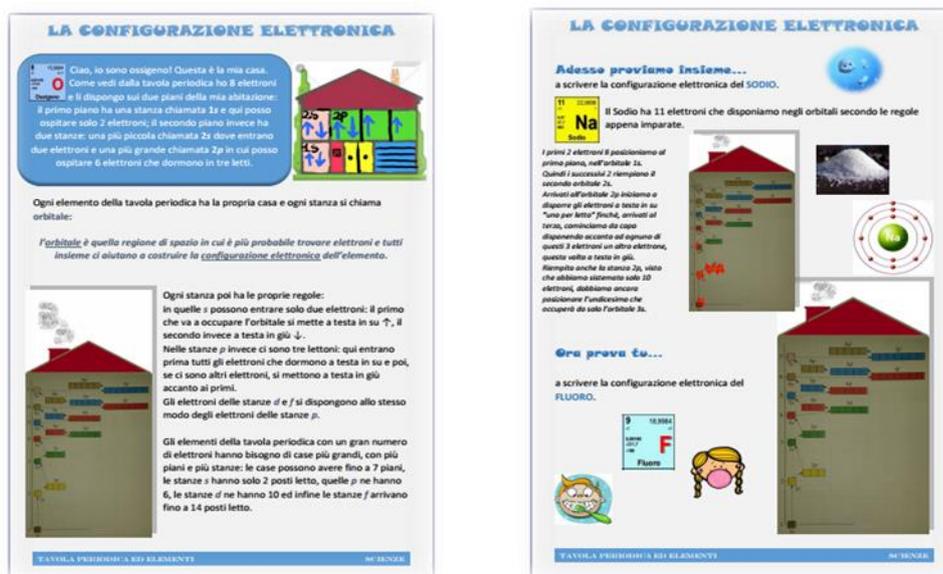


Figura 2 – Due pagine di sussidiario per le ultime due classi della scuola primaria sulla configurazione elettronica, progettate da studenti del corso di Chimica e didattica della chimica, Corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria, Università Roma Tre, nell'a. a. 2016-2017

In secondo luogo, è stato possibile osservare in alcuni elaborati un tentativo evidente di chiarificare, senza tuttavia semplificare, alcuni concetti, anche elementari, al fine di rendere il più possibile fedele alla disciplina la loro proposta. A questo scopo numerosi elaborati si sono avvalsi di rappresentazioni grafiche di ogni genere, mappe concettuali e descrizioni di esperimenti scientifici facilmente riproducibili.

Una seconda esercitazione, rivolta esclusivamente agli studenti del corso del quarto anno, ha riguardato la progettazione e realizzazione di alcuni contenuti multimediali supplementari alle pagine di sussidiario. Sono stati realizzati video didattici di esperimenti già proposti in aula e non, accompagnati da una spiegazione sintetica di circa 5 minuti. Tuttavia, e diversamente da quanto riscontrato per l'esercitazione precedenti, non hanno evidenziato un analogo spirito di iniziativa e creatività, bensì un senso di inadeguatezza per lo svolgimento della proposta, sia dal punto di vista della scelta degli esperimenti che della presentazione. L'ipotesi è che l'impossibilità di corredare un corso così breve, svolto nel Dipartimento di Scienze della For-

mazione, da una parte svolta in un vero e proprio laboratorio scientifico sia un ostacolo molto importante. Nel tentativo di intervenire su tale mancanza, si è adottato un metodo di simulazione del laboratorio scientifico o laboratorio scientifico virtuale, attraverso la discussione di diversi video di esperimenti didattici adeguati per la scuola primaria, per ogni tipologia di argomento proposto nel programma del corso. Inoltre, sono state programmate delle visite guidate a gruppi presso il Museo di Chimica dell'Università di Roma La Sapienza, nel corso delle quali gli studenti hanno assistito a numerose esperienze didattiche, alcune anche interattive. Gli studenti hanno mostrato molto interesse per queste esperienze, ed in particolare per un'esperienza sugli indicatori acido-base presenti in alcuni alimenti e per l'osservazione dei più comuni oggetti presenti in un laboratorio chimico.

Diversi studenti sono stati in grado di elaborare percorsi ipoteticamente significativamente validi ed adatti o adattabili in futuro ad un contesto di classe; d'altra parte, studenti con una conoscenza superficiale della materia, anche con ottime conoscenze didattiche, hanno avuto molte difficoltà ed una manifesta incapacità nel relazionarsi alla materia come insegnanti poiché non possedevano i contenuti o non erano in grado di comunicarli in modo semplice e concreto, fallendo di conseguenza nel raggiungimento degli obiettivi che si erano proposti. Queste esperienze hanno confermato la nostra idea che, accanto ad una conoscenza delle tecniche didattiche e pedagogiche, l'insegnante debba possedere in primis la conoscenza della materia. Al fine comprendere la percezione puramente qualitativa del cambiamento didattico avuta da parte degli studenti, si possono considerare i risultati in evoluzione emersi dai questionari che alla fine di ognuno dei corsi si sottopongono agli studenti.

Alle varie domande gli studenti rispondono con una propria valutazione con una scala da 1 (meno soddisfatto) a 5 (più soddisfatto). Abbiamo scelto di proporre un confronto fra i risultati relativi alle domande seguenti: 1) "La modalità di svolgimento delle lezioni è risultata efficace?" (Figura 3); 2) "Quanto ritiene coerente l'insegnamento rispetto al suo corso di laurea?" (Figura 3).

Consideriamo ora i risultati relativi agli anni accademici 2015-16 e 2016-17, fra i quali si è avuto un accento deciso sia sull'approccio storico ai concetti primordiali, sia sulle esercitazioni attive prima menzionate.

Guardando la Figura 3, si evince che alla domanda sull'efficacia didattica delle lezioni, una maggiore percentuale di studenti ha premiato l'approccio storico unito a quello "laboratoriale". Osservando la figura si può osservare come gli studenti ritengano il Corso di chimica e didattica della chimica più coerente al loro corso di studi rispetto all'anno precedente.

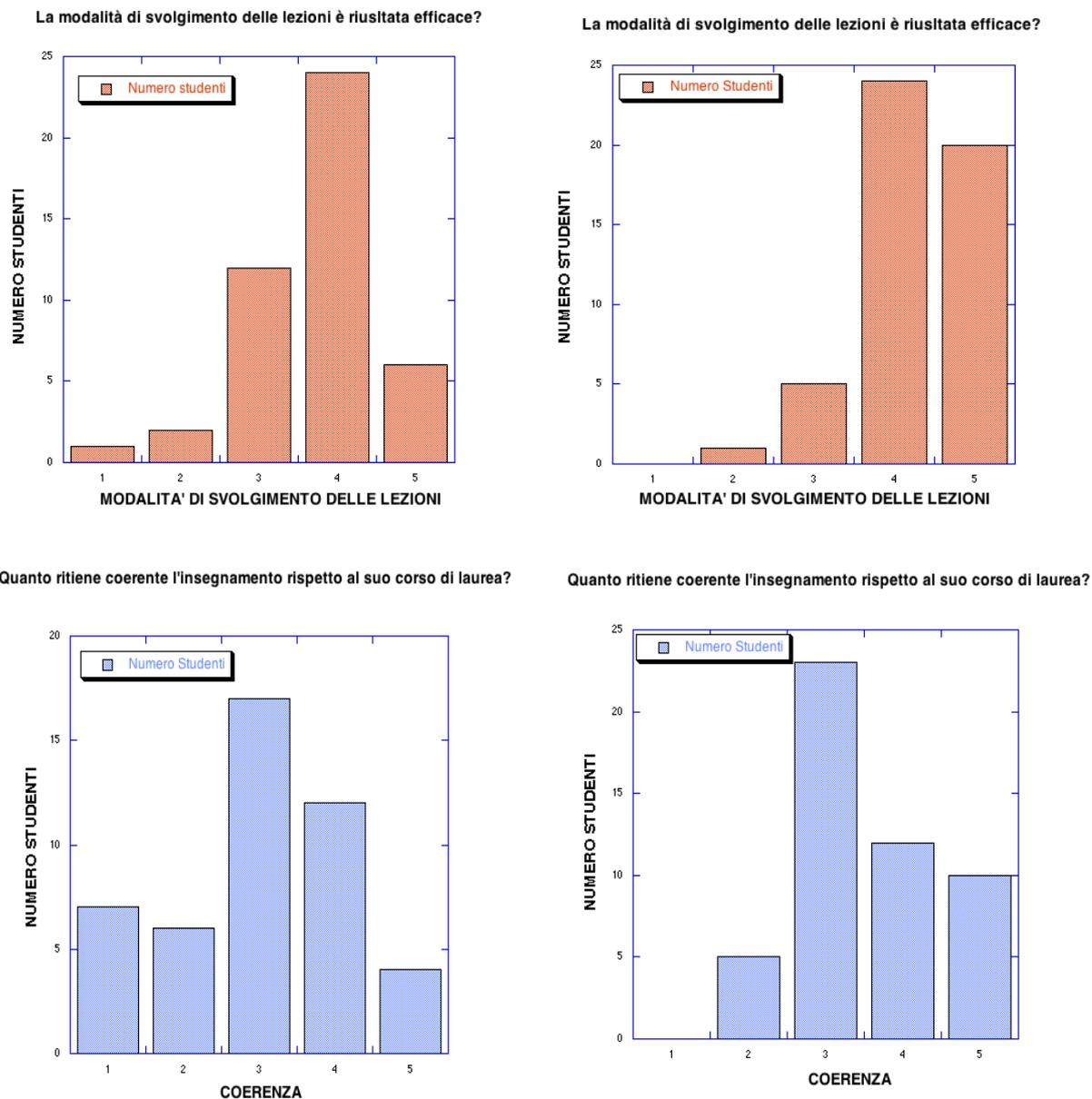


Figura 3 – Corso di Chimica e didattica della chimica, corso di laurea in Scienze della formazione primaria, Università di roma Tre. Confronto tra l'anno accademico 2015/2016 (a sinistra) e 2016/2017 (a destra) sulle domande “la modalità di svolgimento delle lezioni è risultata efficace?” (sopra) e “Quanto ritiene coerente l’insegnamento rispetto al suo corso di laurea?” (sotto). Agli studenti è stato chiesto di rispondere con una valutazione anonima da 1 (meno soddisfatto) a 5 (più soddisfatto)

Concludiamo con tre esempi progetti didattici realizzati a scuola nell'ambito della chimica da studenti del nostro corso, in collegamento con il lavoro alla fine del loro percorso di studio. Questi progetti sono un banco di prova dell'intero impianto del corso. Il primo progetto, rivolto a una classe quinta primaria, era dedicato al tema dell'alimentazione, includendo un genuino approccio chimico. Dopo aver introdotto da un punto di vista chimico i nutrienti degli alimenti principali, caratterizzandoli in relazione ai sensi e alla loro funzione nell'organismo, la tesista ha proposto ai bambini delle associazioni mediante le quali confrontare i cibi a loro più vicini con i nutrienti stessi. Questa esperienza è stata un'occasione di riflessione sull'importanza di proporre alcuni temi scientifici utilizzando esempi della realtà, quindi già noti ai bambini: l'attenzione e l'interesse che i bambini dimostrano nel momento in cui comprendono l'attualità e la concretezza di ciò che gli viene proposto, accelera chiaramente i processi di apprendimento. Una seconda riflessione riguarda la possibilità di arricchire il linguaggio degli alunni con una terminologia differente, come in questo caso le parole *carboidrati*, *proteine*, *grassi*, *vitamine* e *sali minerali*. La padronanza di tali termini e l'associazione di questi ai cibi che quotidianamente consumano educa nel bambino uno sguardo attento alle connessioni presenti nella realtà, donandogli maggiore coscienza e consapevolezza anche di sé stesso.

Consideriamo ora due progetti realizzati nella scuola dell'infanzia rivolti a bambini di 5 anni. In uno di essi la laureanda ha provato ad affrontare il sistema di classificazione degli elementi con i bambini prima della scuola dell'obbligo. Il progetto ha previsto l'introduzione solo di alcuni elementi del sistema periodico, attraverso lo strumento della fiaba, di canzoni e di attività motorie di gruppo. In un primo momento, sono stati presentati alcuni dei metalli più noti ai bambini, come l'oro, l'argento, l'alluminio ed il rame, attraverso degli oggetti di facile reperibilità costituiti per lo più esclusivamente da essi. In una seconda fase, invece, la tesista ha tentato di evidenziare la presenza di altri elementi anche in oggetti più complessi, in cui questi sono presenti come composti, ad esempio frutta e ortaggi. Quest'ultima esperienza è stata condotta sfruttando i personaggi di un cartone animato, *Capitan Kuk*.

Un altro progetto realizzato nella scuola dell'infanzia è stato rivolto alla comprensione degli stati di aggregazione della materia, prendendo come soggetto l'acqua (Figura 4). Rispetto ai precedenti, questo tema si presta ad un maggior numero di proposte didattiche. Gli argomenti erano: le principali proprietà dell'acqua, gli stati di aggregazione e i passaggi di stato della materia. Anche in questo caso si è scelto di utilizzare come strumento didattico il racconto. Per introdurre il tema è stata utilizzata una storia – inventata dalla tesista – sulle avventure di *Gocciolina*, una goccia d'acqua dotata di una personalità riconducibile ad alcune proprietà chimiche e fisiche dell'acqua.



*Figura 4 – La storia della materia in classe (M. E. Scauro-Scauri, Scauri, LT). Nella figura di sinistra, uno dei cartelloni creati per raccontare il concetto di “solubilità”; nella figura a destra, si riporta immagine di un esperimento in aula sulle proprietà di alcuni corpi in relazione all’acqua, prendendo in esame il fenomeno del “galleggiamento” (Tontoli 2015/2016)*

Successivamente, la tesista ha fatto eseguire ai bambini dei semplici esperimenti per riconoscere autonomamente le proprietà macroscopiche dei vari stati di aggregazione; in particolare, sono stati eseguiti degli esperimenti consistenti nel travaso dell’acqua in forma liquida per riconoscere le capacità di un liquido di adattarsi alla forma del recipiente in cui è contenuto. Inoltre, è stato proposto anche un esperimento con lo scopo di presentare i passaggi di stato, argomento poi discusso integralmente attraverso uno schema sul ciclo dell’acqua. L’esperimento in questione ha previsto il passaggio dallo stato solido a quello liquido ed è stato effettuato mediante l’osservazione della fusione del ghiaccio a temperatura ambiente. Infine, si sono analizzate alcune proprietà dei corpi in relazione al rapporto con l’acqua legate alla solubilità ed alla densità.

Nella progettualità durante le esercitazioni in aula, così come nei lavori di tesi, è emersa impetuosamente l’importanza della conoscenza della materia da parte degli studenti, futuri insegnanti; nei casi in cui questa conoscenza è approfondita, dettagliata e curata, l’insegnante manifesta capacità di adattamento, libertà di azione e originalità e di conseguenza riesce a suscitare l’interesse dei suoi alunni.

## 5. Conclusioni e linee future di sviluppo

I lavori realizzati sia nella scuola dell'infanzia sia nella scuola primaria, i lavori nelle simulazioni in aula durante il corso, l'evoluzione qualitativa in aula (maggiore interesse e partecipazione e un approccio allo studio della materia più consapevole e motivato) e i questionari degli studenti, confermano la validità formativa, per i futuri insegnanti, dell'approccio umanistico-formativo alla chimica che abbiamo cercato di illustrare. Riteniamo che molteplici fattori concorrono alla spiegazione dei risultati. Uno di essi è l'estrazione di gran parte degli studenti da studi secondari – e anche precedenti lauree – di stampo umanistico-letterario, che ha consentito loro di avvicinarsi più agevolmente a contenuti di chimica presentati sotto un profilo storico. I risultati ottenuti confermano quelli di altre esperienze didattiche, nazionali ed internazionali, rivolte all'introduzione nel curriculum dei futuri insegnanti delle riflessioni storico-epistemologiche (in inglese note come "the nature of science").

In coerenza con questo approccio, si è scelto di inserire, oltre alla creazione di alcune pagine di sussidiario, anche una nuova forma di esercitazione. Si tratta della progettazione e realizzazione di brevi lezioni su argomenti di chimica che non vengono trattati nel corso oppure sono solo accennati; si tratta quindi di applicare a un aspetto diverso della chimica l'approccio seguito in aula dal docente. Questo consente di sviluppare negli studenti una certa autonomia e libertà di lavoro ed al docente di verificare la loro capacità di far propria la metodica didattica.

Inoltre, negli anni anche la modalità d'esame è stata modificata. Dall'esame orale si è passati ad una prova scritta, contenente tre quesiti: uno a sfondo storico, un esercizio di chimica (un calcolo) ed uno, infine, didattico in cui si richiede allo studente di elaborare una proposta didattica su un argomento proposto dal docente; la seconda parte dell'esame è un confronto orale a partire dai contenuti dello scritto. In tal modo, il futuro insegnante ha la possibilità di verificare le proprie conoscenze sulla materia (mediante la risoluzione dell'esercizio) e anche la sua capacità di attuazione in classe mediante una programmazione, che schematizza nella terza domanda d'esame.

Per quanto riguarda i contenuti, il calcolo stechiometrico è approfondito all'interno del capitolo sulle reazioni; l'obiettivo è quello di offrire ai futuri insegnanti degli strumenti semplici e un linguaggio scientifico che permetta loro, una volta acquisiti i concetti, di elaborare attività di laboratorio di chimica con gli alunni, le quali richiedono molto spesso precisione dei calcoli e conoscenza delle sostanze.

Un ultimo aspetto che si è scelto di inserire nel corso, in lezioni dedicate di 2 ore, è il confronto tra gli studenti laureati negli anni precedenti con una tesi in chimica e didattica della chimica con gli studenti in corso. Attraverso le immagini e il racconto dell'esperienza, con una metodologia applicata anche nei corsi di Matematica e didattica della matematica, si riflette sugli strumenti e sulle strategie nell'istruzione scientifica in età infantile, dando spazio all'analisi delle difficoltà e delle problematiche (di organizzazione anche pratica, di linguaggio, di gestione della discussione con gli allievi). Il corso è in continua evoluzione.

## 6. Riferimenti bibliografici

Aquilini, E. (2000). Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica. *Cns, La chimica nella scuola*, 22, 5, 149-152.

Asimov, I. (1965). *A short history of chemistry*. New York: Anchor Books Doubleday & Company, Inc.

Barsantini, L., Fiorentini, C. (2001). *L'insegnamento delle scienze verso il curricolo verticale. I fenomeni chimico-fisici*. L'Aquila: IRRSAE Abruzzo.

Borsese, A., Mallarino, B., Rebella, I., Parrachino, I., (2012). Verso un approccio significativo al sapere scientifico: una proposta interdisciplinare per la scuola primaria. *Giornale di didattica e cultura della Società chimica italiana*, 4.

Carpignano, R., Cerrato, G., Lanfranco, D., Pera, T., (2013). *La Chimica Maestra*. Torino: Il Baobab.

Conti, P., Fiorentini, C., Zunino, G. (2005). *Conoscere il mondo. Esplorare, e scoprire le cose, il tempo e la natura*. Azzano: S. Paolo, Edizioni Junior.

Crippa, M., Fiorani, M., Nepgen, D., Rusconi, M., Bargellini, A., Mantelli, M. (2016). *Scienze Naturali*. Milano: Mondadori Scuola.

Darzens, G. (1912). *Initiation Chimique*. Paris: Hachette.

Donaldson, M. (1978). *Children's minds*. London: Fontana/Croom Helm.

Fiorentini, C. (2000). Quali condizioni per il rinnovamento del curricolo di scienze? In F. Cambi (a cura di) *L'arcipelago dei saperi: progettazione curricolare e percorsi didattici nella scuola dell'autonomia*. Firenze: Le Monnier, 275-290.

Fiorentini, C. (2007). Per un insegnamento significativo della chimica: il ruolo fondamentale della Storia della Chimica, disponibile da <http://media.accademiaxl.it/memorie/S5-VXXXI-P2-2007/Fiorentini%20513-524.pdf>

Gaboli, M., Tenconi, G. (2016). *Sulle ali di Pepe*, Milano: Fabbri Editori/Erickson.

Glasson, G. E., Bentley, M. L. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, 84(4), 469-485.

Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27, 323-37.

Harlen, W., Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching, *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105.

Israel, G., Millán Gasca, A., (2012). *Pensare in matematica*. Bologna: Zanichelli.

Lancetti, M. C., Negri, N., Pagano, R., Valerio, M. (2015). *Mio, Viaggio alla scoperta dei saperi*. Milano: Gaia Edizioni.

Laporta, C., Cambi, F., Fiorentini, C., Tassinari G., Testi, C. (2000). *Aggiornamento e formazione degli insegnanti*. Firenze: La Nuova Italia.

Leopardi, L., Bolognani, F., Bolognani, F., Cateni, C., Temporelli, M., (2016). *Scienze Focus*. Torino: Garzanti Scuola.

Martellucci, V. (2016). *Gli elementi della tavola periodica*, Tesi inedita in Scienze della formazione Primaria. Roma: Università Roma Tre.

- Metzger, H. (1935). La letteratura chimica francese nei secoli XVII e XVIII, *Thalès* 2, 162-166.
- Metzger, H. (1936). L'evoluzione dello spirito scientifico in chimica da Lemery a Lavoisier, *Thalès*, 3, 107-113.
- Metzger, H. (1936). La filosofia chimica di Jhean-Baptiste van Helmont, *Annales Gué-bhard-Séeverine*, 12, 140-156.
- Metzger, H. (1937). Il metodo filosofico nella storia delle scienze, *Archeion*, 19, 204-216.
- Metzger, H. (1937). La filosofia di Levy-Bruhl, *Archeion*, 12, 15-24.
- Metzger, H. (1987). *Il metodo filosofico nella storia delle scienze*, Testi 1914-1939 e lettere raccolti da Gad Freudenthal, Catellana, M. (a cura di) Taranto: Barbieri Selvaggi Editori.
- OCSE (2017). *Uno sguardo sull'istruzione: OCSE 2017*. Disponibile da <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/EAG2017CN-Italy-Italian.pdf>
- Scerri, E. (2012). What is an element? What is the periodic table?. *Foundations of Chemistry* 14, 69-81.
- Scerri, E. (2016). *A Tale of Seven Scientists, and a New Philosophy of Science*. New York: Oxford University Press.
- Tontoli, S. (2016). *Evoluzione del concetto di materia nella chimica*, Tesi inedita in Scienze della Formazione Primaria. Roma: Università Roma Tre.

Received October 10, 2017  
Revision received November 24, 2017/November 27, 2017  
Accepted December 22, 2017