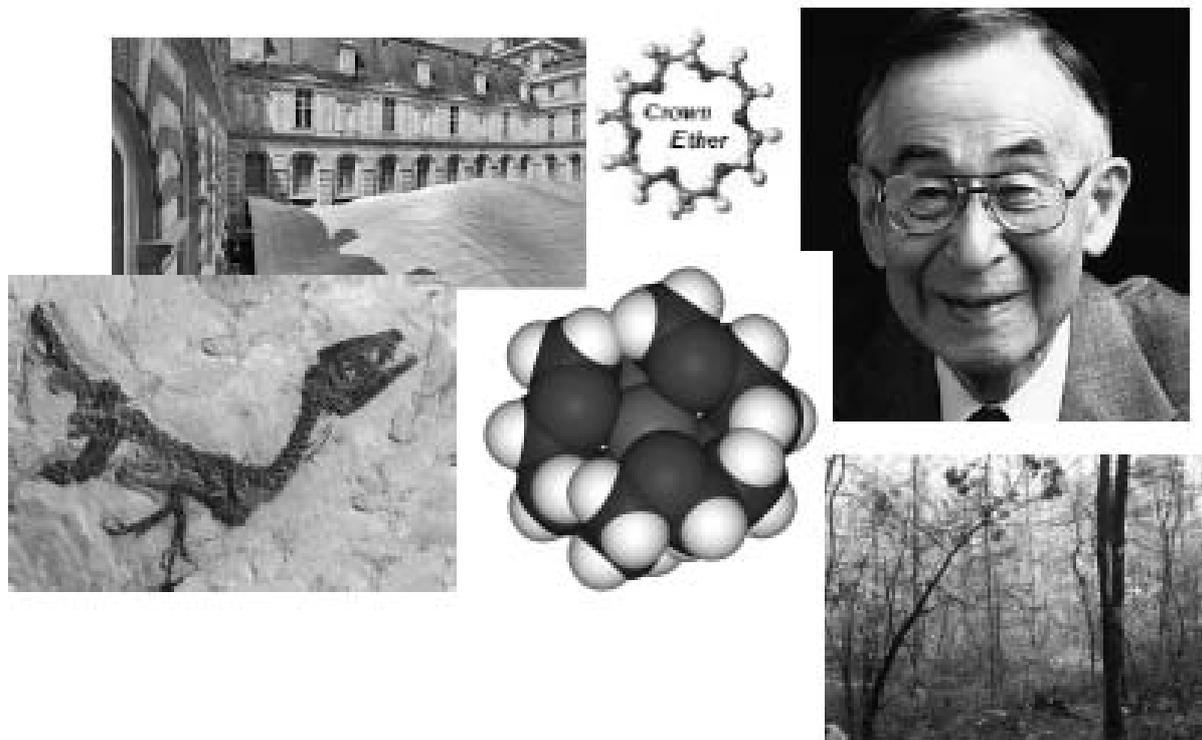


# C<sup>n</sup>S

*E' più facile  
spezzare un atomo  
che un pregiudizio*

*Albert Einstein*

## LA CHIMICA NELLA SCUOLA



**STORIA E DIDATTICA DELLE SCIENZE  
CHIMICA E COMUNICAZIONE  
DIDATTICA  
EPISTEMOLOGIA  
MUSEOLOGIA**

137	<b>Editoriale</b> <b>Il Tirocinio Formativo Attivo per la Formazione degli Insegnati</b>	
138	<b>Suggerimenti operativi per l'insegnamento di Didattica della Chimica (e di Laboratorio di Didattica della Chimica) nel TFA per le classi A013, A059 e A060.</b>	
140	<b>Charles J. Pedersen</b> Gianmarco Ieluzzi	<b>S</b>
141	<b>Verso un approccio significativo al sapere scientifico: una proposta interdisciplinare per la scuola primaria</b> Aldo Borsese, Barbara Mallarino, Ilaria Rebella, Irene Parrachino	<b>O</b>
148	<b>Il ciclo dell'acqua nella Scuola Elementare</b> Rossana Nencini	<b>M</b>
154	<b>Breve storia del clima sulla Terra</b> Ricostruzione del passato climatico della Terra negli ultimi 740.000 anni dedotto dalle oscillazioni dei rapporti isotopici e dei livelli di anidride carbonica rilevati nelle calotte polari. Laura Vogliotti	<b>M</b>
164	<b>Sicurezza e prevenzione nel riordino della scuola secondaria superiore: il ruolo degli Istituti Tecnici Chimici</b> Giuseppe Poeta Paccati	<b>A</b>
172	<b>Tra Passato e Futuro</b> <b>L'utilizzo del piombo nella storia: <i>breve excursus</i></b> Maura Andreoni	<b>R</b>
176	<b>I Beni Culturali un prezioso patrimonio da conoscere per proteggere</b> Luigi Campanella	<b>I</b>
179	<b>I musei scolastici come struttura culturale decentrata</b> Luigi Campanella	<b>O</b>
180	<b>Il Museo della Scienza a Roma: una storia infinita</b> Luigi Campanella	
181	<b>Notizie Flash</b>	
184	<b>Gli Appuntamenti</b>	
185	<b>Errata Corrige</b>	

## Brevi riflessioni relative all' insegnamento di Didattica della Chimica nel Tirocinio di Formazione Attivo (TFA) per i futuri insegnanti

www.aldoborsese.com

Formare gli insegnanti è un lavoro complesso e delicato, e richiederebbe sia il coinvolgimento reale del mondo universitario sia che gli atenei come tali si facessero carico di questo importante impegno istituzionale. Occorrerebbe, cioè, che la consapevolezza che questi insegnamenti hanno un'importanza strategica fosse di tutti. Purtroppo si deve prendere atto che non è così e che si deve contare su pochi volenterosi.

La Divisione di Didattica, convinta della grande importanza di questo percorso formativo, ha pensato potesse essere utile attivare una collaborazione con i docenti coinvolti in questo importante compito. Si vuole avviare una riflessione comune per condividere possibilmente contenuti e metodi e favorire un insegnamento della nostra disciplina che consenta di coglierne le potenzialità formative e il ruolo fondamentale nella società.

Una sua commissione<sup>1</sup> ha messo a punto un documento (che si può leggere al termine di queste brevi note) la cui elaborazione è cominciata durante i lavori della IV edizione della Scuola Estiva di Didattica della Chimica "Ulderigo Segre" (Palermo, settembre 2012) e si è conclusa al termine della VIII Conferenza Nazionale (Bologna, ottobre 2012).

Per favorire la circolazione di informazioni e notizie relative al TFA è stato anche attivato un apposito sito (<http://people.unica.it/tfachimica/>).

Poiché coloro che seguiranno gli insegnamenti di Didattica della Chimica nelle tre classi di concorso che la prevedono, nella loro esperienza universitaria, hanno il più delle volte fruito di una didattica frontale con un ruolo prevalentemente passivo, molti di loro avranno acquisito la tendenza a riprodurre questo modello di insegnamento.

Occorrerà, allora, che negli insegnamenti di didattica e di laboratorio di didattica si lavori in modo da privilegiare il loro coinvolgimento attivo attraverso la sollecitazione sistematica a esprimere il loro punto di vista, a confrontarlo con quello dei colleghi e a sottoporlo a discussione.

E' chiaro che in quest'ottica il docente svolge il ruolo di coordinatore guidando i tirocinanti a riflettere sui contenuti che emblematicamente vengono presi in considerazione, all'individuazione dei requisiti necessari per comprenderli, alla messa a punto di percorsi didattici o di loro tratti.

Operare in questo modo richiede un forte impegno ai corsisti ma, sperimentando su di sé questo approccio potranno coglierne le potenzialità formative e utilizzarle in seguito con i loro allievi.

Richiede in molti casi anche una vera e propria "conversione" dei docenti. Se, però, affronteranno questo ruolo con spirito di ricerca ne ricaveranno interesse e gratificazione.

La responsabilità di noi chimici è grande perché nelle classi 59A e 60A il modo di insegnare che utilizziamo potrà incidere su quello dei tirocinanti e conseguentemente orientare l'atteggiamento dei loro allievi verso la nostra disciplina, e perché nella classe 13A questa è la sola didattica che frequenteranno.

Ma come realizzare questi corsi, quali contenuti trattare, tenuto conto anche che lo spazio temporale a disposizione, almeno per le classi 59A e 60A, è pochissimo?

Può realizzarsi una effettiva assimilazione di nuove conoscenze (e le nuove conoscenze possono realmente interagire con la struttura cognitiva di chi apprende e modificarla) solo se i requisiti che richiedono sono posseduti dagli allievi; in caso contrario non si realizza alcuna interazione e, quindi, nessun cambiamento nella loro struttura cognitiva. Proponendo, cioè, contenuti inaccessibili si sta facendo qualcosa che, rispetto allo sviluppo delle loro conoscenze non serve, è come parlare a qualcuno in una lingua che non capisce.

Agendo in questo modo, inoltre, si rischia di consolidare un'immagine negativa della chimica in quanto la maniera in cui la si presenta sembra garantire l'insuccesso. Si potrebbe chiamare questa modalità didattica "incompetenza insegnata".

Io credo, dunque, che sia la scarsa attenzione nella scelta dei contenuti da trattare e del livello a cui trattarli la causa principale della condizione dell'insegnamento scientifico nella scuola.

1. composta da Antonio Floriano, Silvana Saiello, Antonella Rossi, Mariano Venanzi, Alberto Regis, Marilena Carnasciali, Sergio Zappoli, Aldo Borsese

## Suggerimenti operativi per l'Insegnamento di Didattica della Chimica

E' la comprensione che produce conoscenza e curiosità.

Perché una certa materia piace più delle altre? Perché si è compreso, e questo spinge ad accrescere le conoscenze nel settore attraverso lo studio.

E' nella scuola preuniversitaria e, soprattutto, nella scuola di base che una buona parte degli allievi si allontana dalla chimica nella convinzione che sia troppo difficile per potervi accedere. E' quindi in questo livello scolastico che è più importante puntare su una didattica che privilegi il capire rispetto al credere.

Occorre che i docenti coinvolti in questo percorso formativo si convincano e convincano i tirocinanti che conoscere la chimica è certamente necessario ma non sufficiente per poterla insegnare a qualsiasi scolarità e con ogni tipo di allievi; che non si può pensare che le difficoltà dell'insegnamento possano essere superate introducendo nuove tecnologie (audiovisivi, lavagne interattive, ecc); o seguendo la moda del momento che punta a presentare la chimica "attraiva".

I pregiudizi negativi si abbattano solamente se si lavora per una comunicazione che punti alla comprensione.

Il problema, dunque, che si pone per chi insegnerà nel TFA non è inseguire contenuti specialistici o livelli più o meno alti di astrazione ma lavorare con i futuri insegnanti in maniera collaborativa investendoli in prima persona della elaborazione didattica dei contenuti che vengono presi emblematicamente in considerazione, individuando i requisiti necessari per poterli comprendere.

## **Suggerimenti operativi per l'insegnamento di Didattica della Chimica (e di Laboratorio di Didattica della Chimica) nel TFA per le classi A013, A059 e A060.**

### **Introduzione**

Questo documento è stato messo a punto nel corso di due iniziative della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana dedicate alla formazione iniziale degli insegnanti, la IV edizione della Scuola di Didattica Chimica e Ricerca Educativa "Ulderico Segre" (Palermo, 11-15 settembre 2012) e l'VIII Conferenza Nazionale (Bologna, 25-28 ottobre 2012). Si riferisce agli insegnamenti di Didattica della Chimica e di laboratorio di Didattica della Chimica previsti per il Tirocinio Formativo Attivo (TFA) delle classi A013, A059, A060.

Premesso che, poiché la loro progettazione dovrà essere in accordo con il DM 249 del 10 settembre 2011, tali insegnamenti dovranno definire i contenuti dei corsi di Didattica della Chimica tenendo conto dei relativi riferimenti ministeriali<sup>2,3</sup>, un supporto utile ai docenti di questi insegnamenti potrà ovviamente giungere anche dai risultati della corrente ricerca didattica ed educativa nazionale ed internazionale.

Lo scopo del documento è fornire alcune indicazioni relative agli insegnamenti di Didattica della Chimica e di Laboratorio di Didattica della Chimica del TFA per le classi A059, A060 A013 e attivare una collaborazione sistematica con i colleghi che saranno coinvolti nello svolgimento di questi corsi. Si tratta di un compito estremamente importante e delicato che richiede un impegno che dovrebbe coinvolgere l'intera comunità dei chimici per l'importanza strategica di questi insegnamenti: offrono, infatti, l'opportunità di incidere sul modo di proporre la nostra disciplina nella scuola e, conseguentemente, di mutare l'atteggiamento dei giovani nei confronti della chimica.

A questo proposito, sarà opportuno ricordare che nella loro esperienza universitaria precedente coloro che seguiranno questi insegnamenti hanno il più delle volte fruito di una didattica frontale con un ruolo prevalentemente passivo e, conseguentemente, molti di loro avranno acquisito la tendenza a riprodurre questo modello di insegnamento.

Occorrerà allora che negli insegnamenti di didattica e di laboratorio di didattica si lavori in modo da privilegiare il coinvolgimento attivo dei corsisti attraverso la sollecitazione sistematica a esprimere il loro punto di vista, a confrontarlo con i colleghi e a sottoporlo a discussione.

E' chiaro che in quest'ottica il docente svolge prevalentemente il ruolo di coordinatore guidando i corsisti a riflettere sui contenuti che emblematicamente vengono presi in considerazione, all'individuazione dei requisiti necessari per comprenderli e alla messa a punto di percorsi didattici o di loro tratti

Certamente, operare in questo modo richiede un forte impegno ai corsisti, ma sperimentando su di sé questo approccio potranno coglierne le potenzialità formative e utilizzarlo in seguito con i loro allievi.

Richiede in molti casi anche una vera e propria "conversione" ai docenti. Se, però, affronteranno questo ruolo con spirito di ricerca ne ricaveranno interesse e gratificazione

2. documento del MIUR pubblicato a Settembre 2007 (e aggiornato nel settembre 2012) riguardante le "Indicazioni per il curricolo per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione";

3. "Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali di cui all'articolo 10, comma 3, del decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 89, in relazione all'articolo 2, commi 1 e 3, del medesimo regolamento."

Operare in modo che l'insieme di questi contenuti costituisca il "modello per gli insegnamenti delle didattiche disciplinari del TFA" (allo scopo di garantire una formazione omogenea ai futuri insegnanti in tutte le sedi universitarie coinvolte)

### **Modulo di Didattica della Chimica e Laboratorio di Didattica per la classe A059**

I partecipanti hanno superato le prove di selezione per l'accesso al TFA e, pertanto, dovrebbero già possedere le competenze chimiche disciplinari. Di conseguenza, i corsi di Didattica della Chimica e di Laboratorio di Didattica della Chimica non dovranno prevedere recuperi disciplinari ma considerare i contenuti che emblematicamente verranno presi in esame non per se stessi ma in relazione alle caratteristiche di coloro che dovranno apprenderli.

Dato lo scarso tempo a disposizione si consiglia di prendere in considerazione uno o due argomenti disciplinari utilizzandoli come esempi/pretesti per progettare percorsi didattici funzionali non solo per far acquisire conoscenze disciplinari ma anche competenze di base.

In quest'ottica la fenomenologia chimica dovrebbe costituire il livello di trattazione predominante<sup>4</sup>.

Sarebbe auspicabile che quando possibile, nei corsi i futuri insegnanti fossero coinvolti in lavori individuali e di gruppo e in discussioni generali finalizzate al raggiungimento di conclusioni condivise.

Potranno poi proficuamente utilizzare questo modo di lavorare nel loro futuro compito educativo.

Sarebbe particolarmente auspicabile (dato lo spazio temporale veramente esiguo disponibile per le didattiche delle scienze sperimentali coinvolte nella 59A), nelle sedi i cui sia possibile una collaborazione fattiva, che i docenti delle diverse discipline interessate operassero insieme mettendo a punto possibilmente uno o due percorsi didattici condivisi.

In conclusione, l'offerta formativa dovrebbe fornire ai futuri insegnanti le basi didattiche necessarie per progettare e gestire il proprio insegnamento in modo da aiutare i propri allievi ad acquisire conoscenze e a sviluppare competenze in coerenza con gli obiettivi previsti dalle indicazioni ministeriali.

### **Modulo di Didattica della Chimica e Laboratorio di Didattica per la classe A060**

Anche nel caso della classe A060 lo scarso spazio temporale disponibile consiglia di prendere in considerazione un solo argomento disciplinare facendo lavorare i futuri insegnanti per:

- individuare i requisiti necessari per comprenderlo;
- scegliere le esperienze da proporre e la loro messa a punto;
- costruire un percorso didattico dettagliato;
- valutare orientativamente i tempi necessari per realizzarlo in classe;
- riflettere sulle tematiche che realisticamente si potrebbero proporre in classe.

Sarebbe auspicabile che, quando possibile, i lavori nel corso fossero condotti coinvolgendo i futuri insegnanti in lavori individuali e/o di gruppo, impegnandoli sistematicamente in esercitazioni scritte ed orali e sottolineando che potranno utilizzare proficuamente questa metodologia didattica nel loro futuro compito educativo.

La presenza della Chimica all'interno di insegnamenti integrati nei licei, negli istituti tecnici e professionali suggerisce l'opportunità di una progettazione dei corsi del TFA congiunta. Questa progettazione, salvaguardando i contenuti specifici delle discipline, potrà consentire un approccio metodologico condiviso e favorirne, pertanto, l'acquisizione.

### **Modulo di Didattica della Chimica e Laboratorio di Didattica per la classe A013**

Anche in questo caso sarà opportuno selezionare un paio di argomenti disciplinari allo scopo di consentire ai futuri insegnanti la messa a punto di percorsi didattici che, pur rispondendo alle esigenze formative dell'istruzione tecnica/professionale, siano opportunamente meditati. Ciò consentirà di ridurre il rischio di non sottolineare gli ostacoli cognitivi presenti. Sarà indispensabile tener conto delle due dimensioni – macroscopica e microscopica – in cui si articola il sapere chimico e dell'importanza delle attività di modellizzazione delle situazioni empiriche mediante modelli microscopici sempre più raffinati.

Particolare attenzione dovrebbe essere dedicata alla progettazione ed alla messa a punto di attività sperimentali da proporre che tengano conto soprattutto dei tempi necessari per la loro realizzazione in classe che è sempre di più un vincolo per quanto riguarda la chimica.

Poiché in questo insegnamento saranno coinvolti più docenti (afferenti alle diverse aree della chimica) si ritiene importante che collaborino tra loro in modo da giungere a condividere la metodologia di lavoro che dovrebbe prevedere il coinvolgimento attivo dei tirocinanti attraverso lavori individuali, lavori di gruppo a discussioni generali.

---

4. L'educazione scientifica, infatti, se viene impostata in modo adeguato come riflessione su aspetti fenomenologici può svolgere nella scuola di base un ruolo centrale: è in grado di costruire un bagaglio di conoscenze scientifiche elementari e, contemporaneamente, contribuire efficacemente alla realizzazione di alcuni obiettivi generali del processo educativo, quali ad esempio lo sviluppo di capacità logico-linguistiche, di argomentare, di sintetizzare, di generalizzare, di descrivere in sequenza ordinata un evento, di individuare le variabili di un fenomeno, .... (A. Borsese e C. Fiorentini, *Scuola e Città*, La Nuova Italia, Firenze, n.4, aprile 1993, 177)

## Charles J. Pedersen

**Busan (Corea) 3 ottobre 1904**  
**Salem (New Jersey) 26 ottobre 1989**

di **Gianmarco Ieluzzi**



**Charles J. Pedersen**

Nell'aprile del 1967 giunse nella redazione del *Journal of the American Chemical Society* un lavoro di Pedersen, chimico presso la Du Pont, la famosa industria chimica statunitense. Il lavoro sorprese la redazione per il poderoso numero di pagine, una ventina, inusuale per le abitudini delle pubblicazioni scientifiche. Era un dettagliato resoconto di circa 5 anni di ricerche che Pedersen aveva condotto con il suo assistente Ted Malinowski. Per la prima volta il chimico statunitense usa, almeno in un documento a stampa, il termine *crown* per designare una nuova classe di strutture. Pochi giorni prima, il 23 marzo del 1967, Pedersen inviava alla medesima rivista una breve nota, presentata come il contributo n. 165 dell'Elastomer Chemicals Department della Du Pont, che conteneva la sorprendente sintesi di 49 nuovi composti organici ciclici con struttura determinata da un numero di atomi variabile da 9 a 60, numero inclusivo degli atomi di ossigeno variabile da 2 a 20. Con il beneplacito del direttore, la nota venne pubblicata con velocità sorprendente e fu messa a stampa nel fascicolo del 10 maggio. Questo breve contributo sorprende non solo per la nuova classe di composti, ma anche per la singolare proprietà di queste molecole di formare complessi relativamente stabili con gli ioni dei metalli alcalini e alcalino-terrosi. Lo ione infatti verrebbe bloccato, secondo le parole della prima nota, da 6 atomi di ossigeno che lo collocherebbero al centro di un anello, che presentava un diametro di circa 4 Å. Ovviamente, altra notazione doverosa, il lavoro non presentava indicazioni bibliografiche inerenti.

Nel dicembre del medesimo anno vide la luce il poderoso secondo contributo, dal titolo "Cyclic Polyethers and Their Complexes with Metal Salts" [*J. Am. Chem. Soc.* 89, 7017 (1967)]. Fu davvero un lavoro che attirava l'attenzione, non solo per le novità chimiche, ma anche per la monumentale presenza delle 17 illustrazioni (riportanti formule di struttura e di spettri infrarossi, di risonanza magnetica nucleare, e nell'ultravioletto), delle 14 tabelle di dati, del numero di pagine e della proposta di una nuova nomenclatura poiché i nomi ufficiali avrebbero richiesto troppe righe di testo.

Pedersen fece la proposta di chiamare i polieteri ciclici, oggetto dei suoi lavori, con il nome di composti corona. L'assenza di una struttura determinata era imputabile al lavoro, ancora in corso, di analisi degli spettri a raggi X. Eppure viene esplicitamente usato il termine inglese di *hole*, buco, per indicare la condizione strutturale necessaria alla formazione dei complessi. L'uso di tale termine era un forte impegno ontologico da parte di Pedersen, funzionale, come nota Luigi Cerruti, a delimitare i confini conoscitivi in cui si era mosso, soprattutto esplorandone le principali componenti. Il chimico della Du Pont studiò 49 composti corona, 21 ioni metallici, 11 anioni, 17 solventi. Pedersen, applicando la pratica combinatoria chimica, stabilisce in linea di principio la possibilità di 192.423 combinazioni; tuttavia il numero di questi composti è nella pratica fortemente limitato dalla materialità delle condizioni che influiscono sulla stabilità dei composti, come la temperatura, la miscela di solventi, e la stechiometria dei reagenti.

Alla luce di questa brevissima analisi del lavoro di Pederson sono comprensibili le parole con cui il direttore della rivista, Marshall Gates, comunica al chimico la pubblicazione del suo lavoro: "You are quite clearly reporting monumental piece of work which we shall be quite happy to publish."

Pederson, per sua stessa ammissione, non amava scrivere articoli, e a questo poderoso articolo seguirono solo brevi contributi, anche per il fatto che nel giro di un paio d'anni si ritirò in pensione. Con il pensionamento la sua ricerca si arrestò poiché egli decise di dedicarsi alla poesia, alla pesca e al giardinaggio. Nell'agosto del 1987 si tenne in Giappone un convegno sugli eteri a corona, in onore di Pedersen, in cui venne riconosciuto a livello internazionale il suo contributo fondamentale alla nascita della chimica supramolecolare. Quasi una (involontaria) premessa al premio Nobel che gli venne conferito il 14 ottobre del 1987.

# Verso un approccio significativo al sapere scientifico: una proposta interdisciplinare per la scuola primaria

Aldo BORSESE, Barbara MALLARINO, Ilaria REBELLA, Irene PARRACHINO

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Dodecaneso, 31 – 16146 Genova  
aldo borsese

## Abstract

*Il nostro Gruppo di Ricerca ha progettato e sperimentato alcune proposte didattiche interdisciplinari per la scuola primaria centrate sul processo di dissoluzione che utilizzano materiale autoprodotta.*

*I nostri percorsi didattici sono basati su una didattica di tipo laboratoriale: gli alunni osservano e descrivono, formulano ipotesi, progettano e svolgono esperimenti, gestiscono e interpretano i dati ottenuti. La definizione di alcuni termini specifici, formulata dalla classe in modo cooperativo, rappresenta il momento di sintesi concettuale dell'intero lavoro.*

*I bambini migliorano le loro competenze logiche e l'abilità di auto-valutazione, confrontando il loro punto di vista con quello dei compagni; sviluppano le loro abilità linguistiche e metacognitive. I risultati ottenuti hanno confermato il valore formativo della metodologia che proponiamo. Riteniamo che un'attenta predisposizione di simili scenari di apprendimento possa stimolare e motivare gli allievi verso l'autonomia cognitiva.*

## For a significant approach towards scientific issues: an interdisciplinary teaching proposal for primary schools

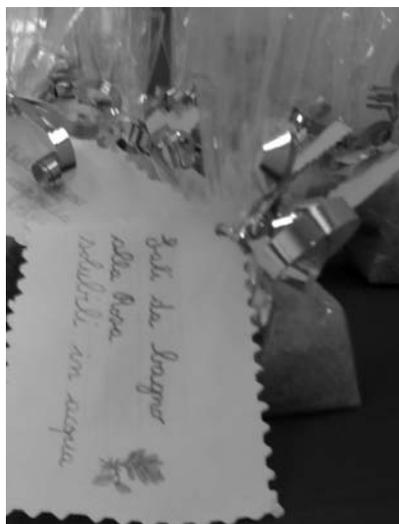
*Our Research Group has planned and put into practice some interdisciplinary teaching proposals for primary schools, focused on the chemical process of dissolution, using the group's own educational materials.*

*Our educational paths are all based on laboratory teaching: the pupils observe and describe, formulate hypotheses, plan and test, store and interpret the data they get. The definition of some scientific terms, cooperatively made up by the class, will represent the conceptual synthesis of the whole work.*

*The children will improve their logical competences and their skills in self-evaluation, comparing their points of view with their classmates'. They will also develop their linguistic and metacognitive abilities. The results obtained have proved the formative value of the methodology we are suggesting. We believe that a such careful planning of educational settings will stimulate and motivate students towards the development of cognitive autonomy.*

## Introduzione

La realtà che viviamo è intrinsecamente interdisciplinare e l'approccio spontaneo del bambino alla conoscenza non è settoriale. Nell'esperienza descritta in questo contributo si è tentato di garantire una visione unitaria del mondo che ci circonda, salvaguardando, però, un modo di procedere accurato e "scientifico", scegliendo opportunamente il fenomeno da prendere in esame e limitandosi ad aspetti di carattere più descrittivo che interpretativo, poiché anche a livello adulto la spiegazione di fenomeni apparentemente semplici non sempre è soddisfacente in quanto necessiterebbe, per essere compresa, del possesso di un considerevole bagaglio di conoscenze teoriche.



E' necessario, inoltre, garantire all'alunno la possibilità di elaborare modelli adeguati alla sua enciclopedia cognitiva.

A questo scopo abbiamo collegato le attività funzionali all'avvio alla costruzione di alcuni concetti chimici di base, al *campo di esperienza* (1) delle *produzioni* (si producono beni da vendere al mercatino di Natale o da regalare ai genitori, come sali da bagno, sciroppi, ...).

D'altra parte l'indispensabilità di mettere a punto un percorso didattico legato ad esperienze condivise e significative per i bambini era fondamentale anche per la particolare eterogeneità cognitiva e culturale di due classi prime (a.s. 2007/2008) della scuola Primaria "F.Mignone" di Savona, in cui erano presenti un elevato numero di alunni disabili o con difficoltà di apprendimento (tre bambini con diagnosi di autismo, uno con disabilità fisica medio-grave, un altro in cura presso l'Unità Operativa di Riabilitazione dell'Asl2 per problemi fisici e cognitivi, due con ritardo lieve, due dislessici). Inoltre, questa eterogeneità era accresciuta dalla differente estrazione sociale e culturale delle famiglie e dal diverso bagaglio esperienziale-cognitivo dei bambini (di cinque e sei anni, provenienti da quattro diverse scuole dell'Infanzia, delle quali una privata) e,

## Una proposta interdisciplinare per la scuola primaria

poiché il percorso ha attraversato l'intero arco dei cinque anni della scuola primaria, dall'arrivo di bambini provenienti da altri Paesi europei e non.

Prima di tutto, sulla base di esperienze effettuate, analizzate e in parte progettate in classe dai bambini abbiamo cercato di costruire un lessico comune concettualmente condiviso. Queste esperienze sono poi state sistematicamente riprese durante i cinque anni da diversi punti di vista nei vari ambiti disciplinari per far acquisire agli alunni anche alcuni strumenti concettuali matematici importanti quali la proporzionalità, il rapporto tra grandezze non omogenee, le frazioni e i numeri decimali.

Il percorso complessivo è stato lungo e fortemente correlato con attività disciplinari diverse; con questo contributo ci proponiamo di fornire alcune indicazioni sulla metodologia utilizzata e sui risultati finali conseguiti.

E' importante sottolineare fin da subito che il lavoro svolto, sebbene sia riconducibile a contenuti di ambito scientifico, punta moltissimo sulla costruzione di abilità di base anche in area logica e linguistica attraverso una metodologia che fa ampio uso della verbalizzazione scritta oltre che orale e che guida gli alunni a porre un'attenzione costante alle parole ed ai termini utilizzati, facendo in modo che essi imparino ad associare sempre al significante un significato e non si limitino, come spesso accade, alla mera memorizzazione di termini che, come gusci vuoti, avrebbero una durata effimera ed una scarsa valenza culturale.

### Aspetti metodologici del lavoro svolto e cenni ai principali contenuti trattati

Abbiamo iniziato a costruire in classe il concetto di solubilità partendo dal linguaggio posseduto dagli alunni per farli arrivare (attraverso la partecipazione ad esperienze significative, la riflessione personale, la condivisione con i compagni, il confronto e la discussione) ad associare significato a parole nuove e a cogliere nuovi significati in parole già presenti nel loro vocabolario.

Durante il primo ciclo (classi prima e seconda) abbiamo curato in modo particolare l'acquisizione dei requisiti lessicali e concettuali necessari per le attività successive (osservazione, confronto e classificazione di oggetti trasparenti, non trasparenti, colorati e incolore; osservazione, manipolazione e riflessione su oggetti liquidi e solidi; osservazione e descrizione di sostanze e del loro comportamento in acqua), arrivando alla costruzione di una definizione condivisa di *sostanza solida solubile in acqua*, fino a giungere negli anni successivi ai concetti di conservazione della massa, concentrazione e saturazione di una soluzione.



L'esigenza di riuscire a coinvolgere attivamente tutta la classe e di stabilire anche in fase di verifica se un concetto (con il relativo designante) fosse stato sufficientemente interiorizzato anche dagli alunni più in difficoltà ci ha indotto, nella prima parte del percorso, a cercare forme di verifica che prescindessero il più possibile dalla comprensione di un testo scritto o dalla necessità di formulare frasi. Occorreva, infatti, mettere in gioco piuttosto il riconoscimento delle caratteristiche esplorate e dei termini specifici imparati, in modo da superare le differenze culturali, linguistiche e cognitive presenti, dando così a tutti la stessa opportunità di mostrare quanto appreso.

Procedendo nel percorso, l'attività di *prestamano*<sup>1(2)</sup> per aiutare a formulare in modo compiuto i processi di pensiero individuali e di gruppo da una parte, e la costruzione di una enciclopedia cognitiva condivisa dall'altra, hanno consentito di condurre ad un progressivo incremento delle capacità espositive di tutti gli alunni. Il lavoro di gruppo e la discussione collettiva hanno favorito l'interazione, la collaborazione e l'apprendimento tra pari.

1. L'insegnante interagisce con il bambino che non sa ancora scrivere autonomamente e gli "presta la mano", perseguendo un preciso scopo: produrre un testo, prima orale e poi scritto, sufficientemente chiaro e completo da essere compreso anche da un lettore che non ha condiviso l'esperienza di cui il bambino parla.

Si sono costruiti testi regolativi, poi tradotti in diagrammi di flusso e utilizzati come “sequenza operativa” in laboratorio, sulla base di consegne tipo: *“Facciamo finta di dover scrivere le istruzioni per una maestra-robot che vuole provare se le sostanze che vedete si sciolgono in acqua”*.

Dopo l’esposizione dei lavori di gruppo relativi alle osservazioni in fase laboratoriale e la discussione di bilancio (3) in cui l’insegnante aiuta a focalizzare gli aspetti significativi e le parole-chiave del lessico acquisito utilizzate dai vari gruppi, si è arrivati ad una definizione condivisa che è stata registrata da ciascuno sul proprio quaderno (ad esempio *“Una sostanza solida è solubile in acqua, cioè si scioglie in acqua, quando...non si vedono più granelli e il liquido è trasparente colorato o trasparente incolore”*).



Nel secondo ciclo si sono riprese le esperienze effettuate nel primo sollecitando una ulteriore riflessione sugli aspetti osservati (*“I granelli non si vedono o non ci sono più? Cosa possiamo fare per stabilirlo?”* *“Possiamo sciogliere quanto sale vogliamo in un bicchiere d’acqua?”* *“Come posso fare a produrre una quantità maggiore di soluzione della stessa tonalità di colore?”*) in modo da poter giungere, collegando le esperienze svolte in diverse situazioni durante tutti i cinque anni (misure, rappresentazione decimale, concetto di frazione e di percentuale, concetto intuitivo di proporzione) alla definizione di concentrazione come rapporto tra grandezze non omogenee.



### La chimica nella scuola di base

La proposta didattica ha previsto il coinvolgimento di contenuti che afferiscono alla chimica (oltre che alla matematica). Lo studio di questa scienza sperimentale può essere affrontato o utilizzandone la “dimensione macroscopica” che consente di descrivere gli aspetti fenomenologici che coinvolgono le sostanze o ricorrendo alla sua “dimensione microscopica” che permette di analizzarne la composizione e fornisce, su tale base, interpretazioni sulle loro trasformazioni.

La dimensione fenomenologica è certamente più accessibile e può essere utilizzata anche e soprattutto per fare acquisire agli alunni del primo ciclo scolastico le abilità che consentiranno loro di percorrere la dimensione microscopica a partire dal secondo ciclo.

Secondo alcuni, infatti, per acquisire i concetti sottesi ai contenuti di ambito chimico è prima necessario che gli allievi posseggano un certo numero di abilità e conoscenze trasversali quali, per esempio: capacità logico-linguistiche, capacità di cogliere uguaglianze e differenze, di descrivere, di distinguere la descrizione dalla spiegazione, di classificare in base a criteri, di sintetizzare, di effettuare generalizzazioni, di individuare le variabili di un fenomeno. Conseguentemente impostano il lavoro degli allievi fondamentalmente sulla dimensione fenomenologica della chimica, utilizzandola per avviarli all’acquisizione di queste abilità (4).

Altri, invece, ritengono che le potenzialità dei bambini siano enormi, che siano in grado di padroneggiare modelli già da piccoli e, pertanto, sostengono che la dimensione microscopica della disciplina possa essere introdotta tranquillamente già a partire dai primi anni della scuola elementare. Il rischio, però, è che, sprovvisti di abilità di base, gli studenti della scuola secondaria di II grado non siano in grado di attivare quei processi inferenziali che costituiranno, a loro volta, il requisito necessario per accedere ai concetti delle moderne scienze sperimentali. Infatti, seguendo un approccio didattico “teorico”, gli alunni che non posseggono una struttura concettuale adatta a costruire risposte, possono solo essere in grado di memorizzare nozioni e l’insegnante può solo chiedere loro di fornire la risposta corretta fissata nella mente. Ciò mette in discussione lo stesso asserito approccio didattico per competenze perché l’alunno non viene stimolato al comportamento autonomo necessario alla costruzione di competenze.

### La parte conclusiva del percorso e la verifica finale

Ricordando insieme le esperienze svolte negli anni precedenti, in quinta si è avviata una discussione volta a rinforzare il significato di “soluzione”, a ridefinire alcuni concetti correlati quali il “limite di solubilità”, la “conservazione della sostanza”, la “concentrazione”. Questo tratto di percorso è proseguito in una delle due classi parallele coinvolte con un lavoro individuale che prevedeva di rispondere alla seguente domanda: “Cosa significa che una soluzione è più concentrata di un’altra? Una soluzione è più concentrata se ...”. Nell’altra classe, come verrà esplicitato in seguito, la domanda è stata riformulata tenendo conto dei risultati ottenuti nella prima.

Dopo la discussione e la condivisione delle varie risposte abbiamo proposto la scheda di verifica, divisa in due parti, una di riflessione in classe (punti 1 e 2), l’altra (punto 3) da svolgere in laboratorio (sempre individualmente):

1. *Quanti grammi di sostanza devo usare perché le due soluzioni seguenti abbiano la stessa concentrazione?*

*15 g di solfato in 100 ml*

*.....g di solfato in 1000 ml*

2. *La soluzione che vedi sulla cattedra (250 ml) ha una concentrazione del 3% di sali da bagno in acqua.*

▲ *Quanti grammi di sali da bagno ho usato per prepararla?*

▲ *Se dovessi preparare 1 litro di questa stessa soluzione (quindi di una soluzione con la stessa concentrazione della soluzione che vedi sulla cattedra e quindi anche con lo stesso colore), quanti grammi di sali da bagno dovresti usare?*

▲ *Spiega come hai ragionato per trovare i grammi di sali da bagno che occorrono.*

3. *Prepara tu una soluzione acquosa con i sali da bagno. Decidi tu la quantità di sali che vuoi utilizzare ma scrivi poi qui sotto quanti sono i ml di soluzione e quanti grammi di sale hai sciolto:*

*ml di soluzione = ..... ml*

*sali da bagno = ..... g*

*La soluzione che hai preparato ha una concentrazione in sali da bagno del .....%*

*Spiega come hai ragionato.*

#### PROCEDURA CONSIGLIATA:

▲ *Metti quanta acqua vuoi (senza misurarla) nel bicchiere.*

▲ *Pesa sulla bilancia la quantità di Sali da bagno che intendi mettere nel bicchiere. Stai attento/a a metterne una quantità che possa sciogliersi completamente nell’acqua che hai preso.*

▲ *Gira con il cucchiaino finché non ottieni la soluzione.*

▲ *Misura i ml di soluzione ottenuta con la caraffa graduata.*

▲ *Calcola la concentrazione in percentuale dei Sali da bagno nella soluzione (ricorda: la concentrazione è la quantità di sostanza in g sulla quantità di soluzione in ml).*

## Riflessioni sui risultati ottenuti

I risultati sono stati complessivamente soddisfacenti: anche i bambini che hanno commesso errori o non hanno terminato la scheda hanno dimostrato di aver accresciuto il loro bagaglio conoscitivo.

Riportiamo tre esempi corrispondenti alle tipologie dei risultati ottenuti.

### **Matt (ritardo lieve, risultati simili agli alunni autistici):**

*Ml di soluzione: 115 ml*

*Grammi di Sali da bagno: 10 g,*

*$10 : 115 = 0,08 = 8 \text{ centesimi}$*

*Cioè  $8/100 = 8\%$*

### **Erica (livello alto, risultati simili al 75% degli alunni, compresi i bambini dislessici)**

*La concentrazione dipende da quanta sostanza metti nell'acqua: quindi se in una bottiglia grande ci metti ad esempio un cucchiaino di sostanza il colore dell'acqua viene quasi ~~trasparente~~ incolore (trasparente poco colorato), se invece metti un bicchiere di plastica pieno di sostanza in una bottiglietta da mezzo litro il colore diventa molto intenso.*

*$250 : 100 = 2,50$  (1/3 di 250 ml)*

*$2,50 \times 3 = 7,50 \text{ g}$  su 250 ml*

*$250 \times 4 = 1000 \text{ ml}$  (1000 ml = 1 l)*

*$7,50 \times 4 = 30 \text{ g}$*

*Nella prima ho calcolato la percentuale per trovare i Sali da bagno, però dopo ho moltiplicato  $250 \times 4$  perché, per arrivare a un l (1000 ml), però dovevo moltiplicare per 4 anche il 7,50 perché se no rimaneva solo il 3% ma di 250 ml e in un l sarebbe poco e non sarebbe la stessa proporzione.*

*Ml di soluzione = 130 ml*

*G di Sali = 15*

*$15 : 130 = 0,11 = 11/100 = 11\%$*

*C'è l'11% su 130 ml.*

*Ho diviso i g di sale per i ml di acqua perché dovevo trovare la percentuale di Sali da bagno, che c'erano 130 ml d'acqua.*

### **Giu (livello basso):**

*La concentrazione di una soluzione dipende dall'acqua o dalla sostanza che metti.*

*$250 : 100 = 2,5$*

*$2,5 \times 3 = 7,5$*

*Ho usato 7,5 ~~ml~~ g*

*(da sola non è riuscita a trovare quanti g in un litro)*

*7,5 sono i g che ci sono nella bottiglia quindi bisogna prenderlo 4 volte cioè 30 g e 250 ml che bisogna prendere anche lui 4 volte per fare un l*

*Ml di soluzione = 100 ml*

*G di Sali = 10 g*

*Concentrazione è del 10%*

*$10 : 100 = 0,1 = \frac{1}{10} = 10$*

*Ho ragionato così: se dividevo i 10 g di soluzione scoprivo la percentuale.*

Nella prima classe la formulazione della domanda ("Che cosa significa che una soluzione è più concentrata di un'altra") ha probabilmente orientato i bambini a tentare una spiegazione del fenomeno dal punto di vista microscopico, allontanandoli dall'obiettivo che ci eravamo posti con la domanda, cioè il riferimento al rapporto soluto/solvente; come abbiamo già accennato, nell'altra classe, che ha svolto il compito individuale qualche giorno dopo, la domanda è stata riformulata ed è stata: "Da che cosa dipende la concentrazione di una soluzione?" In questo caso nessun alunno ha fatto riferimento ad alcun genere di particella.

Ciò che è accaduto può essere un esempio emblematico a conferma di quanto sia fondamentale un costante atteggiamento di ricerca da parte dell'insegnante, che deve porre un'attenzione continua agli stimoli che propone ed alle risposte che ne derivano da parte degli alunni, perfezionando e adattando di volta in volta l'articolazione della proposta didattica in modo da tendere ad un percorso in grado di far progredire il gruppo classe il più possibile nella sua totalità, evitando almeno di porre ostacoli cognitivi (ad esempio con una formulazione fuorviante della consegna) oltre a quelli

## Una proposta interdisciplinare per la scuola primaria

inevitabili poiché insiti nei contenuti trattati.

Molti bambini hanno confuso i ml di soluzione con i ml di acqua, nonostante nella consegna fosse chiaro che i ml da considerare nel rapporto erano quelli di soluzione e, soprattutto nella seconda parte, abbiano seguito la procedura di misurare con la caraffa graduata la soluzione e non l'acqua iniziale. A posteriori ne abbiamo discusso e gli alunni ci hanno risposto che sembrava loro più opportuno considerare come quantità da usare quelle di sostanza e di acqua, perché finora avevamo sempre misurato queste due quantità (nella ricerca del limite di solubilità, nella verifica della conservazione della sostanza, nella definizione stessa di soluzione). Abbiamo, quindi, ripreso il campo di esperienza che avevamo usato per introdurre le percentuali, cioè le ricette: il 30% di cacao in una tavoletta di cioccolato da 100 g non significava 30 g di cacao su 100 dei rimanenti ingredienti, ma 30 g di cacao su 100 g di cioccolato, compreso il cacao stesso.

Lungo tutto il percorso abbiamo lavorato convinti delle grandi potenzialità formative della nostra proposta didattica: il grande impegno richiesto all'insegnante che intraprende un progetto sperimentale è stato del tutto ripagato dai risultati ottenuti, in termini di motivazione, acquisizione di nuove conoscenze, sviluppo di abilità e competenze da parte degli alunni. Ciò che forse ci ha più stupito favorevolmente, valutando l'intero quinquennio, è il fatto che il nostro lavoro ha consentito di coinvolgere in modo significativo anche gli alunni più in difficoltà.

I bambini affetti da autismo hanno reagito molto positivamente alla parte operativa e di osservazione e descrizione. Sono stati in grado di compilare le schede ma solo dando loro una consegna per volta; è stata spesso preferibile la forma orale, soprattutto per gli argomenti più complessi e durante i primi anni. Tutti hanno comunque dimostrato di aver interiorizzato i concetti su cui abbiamo lavorato e di utilizzare il relativo lessico correttamente (e autonomamente) in contesti diversi da quello prettamente scolastico. Mediante opportuni adattamenti (non è stato possibile prescindere dal supporto di un adulto, che li aiutasse a dividere ogni azione in sotto-azioni coordinate fra loro) i bambini autistici e uno dei bambini con ritardo si sono destreggiati anche in situazioni complesse come quella proposta per la verifica finale.

Nonostante le due classi fossero profondamente diverse in termini di dinamiche interpersonali e di situazioni individuali di difficoltà i risultati sono stati invece molto simili e questo ci ha confortato circa la loro oggettività e circa la loro indipendenza dal contesto specifico del gruppo classe; il progetto è stato sperimentato anche in altre classi della scuola Primaria De Amicis ed è certamente **trasferibile** anche ad altre scuole, in particolare a quelle che si trovino a dover gestire situazioni di disagio o di disparità culturale e cognitiva, in cui sorge la necessità di sviluppare le potenzialità di ciascuno studente, senza trascurare nessuno, né appiattare gli obiettivi formativi e culturali.

### Considerazioni finali

L'esperienza svolta si colloca in perfetto accordo con le recenti indicazioni nazionali per il curriculum e mette in gioco non solo il "cosa" ma anche il "come si insegna" perché implica una didattica che vede l'allievo protagonista del proprio apprendimento e che favorisce l'autonomia cognitiva e lo spirito critico (5). Anche le barriere tra le discipline rappresentano un ostacolo per questa didattica.

Nelle ultime indicazioni ministeriali (5 Settembre 2012) si sottolinea, per esempio, che *"Le scienze naturali e sperimentali sono fra loro diverse per quanto riguarda i contenuti ma, almeno a livello elementare, sono accomunate da metodi di indagine simili. E' opportuno, quindi, potenziare nel percorso di studio, l'impostazione metodologica, mettendo in evidenza i modi di ragionare, le strutture di pensiero e le informazioni trasversali, evitando così la frammentarietà nozionistica dei vari contenuti"*.

Ciò comporta un cambiamento radicale nel modo in cui sono stati pensati finora i curricoli scolastici: alla metodologia che poneva al centro le discipline e l'insieme di conoscenze e abilità che le costituiscono, ne subentra un'altra che si centra sulle competenze trasversali e in cui le conoscenze disciplinari debbono essere viste, anche se non solo, come uno strumento funzionale alla loro acquisizione.

Leggendo i traguardi per la scuola primaria descritti nella bozza delle indicazioni nazionali abbiamo ritrovato gli stessi obiettivi sottesi al nostro percorso didattico.

*"L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere. Ha un approccio scientifico ai problemi: con l'aiuto dell'insegnante, dei compagni, ma anche da solo, osserva lo svolgersi dei fatti e riesce a schematizzarli, formula domande, anche sulla base di ipotesi personali, propone e realizza semplici esperimenti. Individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazioni, registra dati significativi, identifica relazioni spazio/temporali. Individua aspetti quantitativi e qualitativi nei fenomeni, produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato, elabora semplici modelli. (...)".*

Riteniamo che tali traguardi possano essere perseguiti e raggiunti da ogni alunno della scuola primaria, portando avanti ciascuno secondo il rispettivo punto di partenza, attraverso una didattica delle scienze alternativa a quella "tradizionale", avvalendosi di una metodologia che valorizza l'approccio sperimentale alla risoluzione di problemi e ne esalta le potenzialità formative.

L'alunno non è un esecutore che mette in pratica operazioni apprese, ma riflette sulle modalità con cui condurre l'esperimento, lo realizza, raccoglie i dati, analizza i risultati e li comunica, con l'obiettivo di favorire la capacità di comprensione e di espressione linguistica in un processo di costruzione progressiva e consapevole della conoscenza.

## Riferimenti bibliografici

- (1) P. Boero, 1992, "The Crucial Role of Semantic Fields in the Development of Problem Solving Skills...", *Mathematical Problem Solving and New Information Technologies*, pp.77-91, ASI series, Springer-Verlag, Berlin
- (2) P. Boero e gruppo di ricerca in didattica della matematica: 1996/1999 *Bambini, maestri, realtà: un progetto per la scuola elementare*, Rapporto Tecnico, quinta edizione, Università degli Studi di Genova
- (3) M. Bartolini Bussi, M. Boni, F. Ferri, *Interazione sociale e conoscenza a scuola: la discussione matematica*, Rapporto tecnico n°21, Nucleo di ricerca in Storia e Didattica della Matematica, Dipartimento di Matematica Pura ed Applicata, Università degli Studi di Modena
- (4) A. Borsese e gruppo di ricerca in didattica delle scienze, "Per una rivalutazione culturale dell'insegnamento scientifico e della formazione iniziale e in servizio degli insegnanti", CnS, *La Chimica nella Scuola*, ottobre-dicembre 2009, 39-53
- (5) Borsese A., Mascarino M., Mittica P., e Parrachino I.: 2009, "Indicazioni per una "didattica laboratoriale" formativa", Università e scuola, problemi trasversali e ricerca didattica, «CONCURED», anno XIV, n.1, pp. 32-37

	<p><b>Ricerca collaboratori per progetti editoriali</b></p> <p><i>Per la sua attività di progettazione e realizzazione di opere editoriali per le discipline scientifiche e tecnologiche, Studio Monza è alla ricerca continua di collaboratori a titolo di autori, supervisori, redattori, ... per testi di fisica, biologia, chimica, scienze, tecnologie e informatica.</i></p> <p><i>Il profilo dei soggetti cercati (docenti di scuola, ma non solo) è indicato in una scheda come questa che state leggendo, e che viene diffusa attraverso vari canali.</i></p> <p><i>Se l'offerta vi può interessare, mettetevi in contatto con lo Studio Monza. Vi saremo grati se in ogni caso voleste rilanciare questa nostra richiesta ai vostri colleghi e conoscenti.</i></p>
---	--

Rif. progetto: CHIMICA 2015  
Descrizione: Testo di CHIMICA con espansioni multimediali  
Destinatari: Liceo Scientifico, Liceo scientifico opzione Scienze Applicate

Figura richiesta (1): AUTORE (per il testo a stampa)  
Requisiti: Competenza disciplinare e didattica  
Approccio alla disciplina orientato alle applicazioni  
Esperienza di insegnamento della materia nella scuola superiore  
Scrittura facile ed empatica  
Disposizione al lavoro di gruppo  
Utilizzo di Skype  
Note preferenziali: Competenza in storia dello sviluppo del pensiero scientifico  
Competenza in storia dell'industria chimica

Figura richiesta (2): AUTORE DI SUSSIDI MULTIMEDIALI (video e animazioni)  
Requisiti: Competenza disciplinare e didattica  
Predisposizione al riconoscimento e alla visualizzazione di modelli  
Scrittura facile ed empatica  
Note preferenziali: Capacità di creare sceneggiature e di comunicarle efficacemente  
Conoscenza delle tecniche di realizzazione di animazioni e video

Condizioni: Lavoro in gruppo coordinato da Studio Monza  
Contratto: diretto con Casa Editrice  
Remunerazione: percentuale sulle copie vendute  
Localizzazione: Milano  
Tempi di realizzazione: "Visto si stampi" al dicembre 2014

Contattare: ing. Paolo Monza  
direzione@studiomonza.it  
tel. 02 6461036

Studio Monza s.a.s. via George Sand, 12 - 20161 Milano - Italia - Tel. 02 6461036 - Fax 02 92876864 - direzione@studiomonza.it - www.studiomonza.it

# Il ciclo dell'acqua nella Scuola Primaria

Rossana NENCINI

*Insegnante nella scuola primaria dell'IC di Barberino del Mugello (Fi)*

## **Riassunto**

*Questo contributo ha lo scopo di presentare le modalità didattiche con cui è stato affrontato in una classe quarta di scuola primaria, all'interno di un percorso sul ciclo dell'acqua, un segmento particolarmente significativo riferito al passaggio di stato liquido=vapore. Le riflessioni didattiche sviluppate intendono mettere in evidenza le modalità innovative con cui si fanno pervenire gli alunni ad una loro significativa concettualizzazione.*

## **Abstract**

*Purpose of this contribution is introducing the didactic methods used to approach a particularly meaningful section referred to the transition liquid=gas state in a fourth class of primary school, within a course about the water cycle. The didactic remarks developed, aim at highlighting the innovative procedures through which the students can be lead to a significant conceptualization.*

## **Alcune considerazioni didattiche**

Affrontare il tema del ciclo dell'acqua nella scuola primaria è senz'altro ineludibile, il problema è: in quale delle cinque classi? E cioè, in quale fascia d'età? Le proposte dell'editoria in questo caso non aiutano dal momento che questo argomento viene presentato spesso a tutte le età e addirittura nella scuola dell'infanzia. Noi riteniamo che tale contenuto, se intende davvero far pervenire gli alunni ad una significativa concettualizzazione dei passaggi più delicati, non possa essere proposto prima della classe quarta considerandolo impegnativo dal punto di vista cognitivo anche per gli alunni che frequentano questa classe. Perché questa scelta? Perché il nostro obiettivo prioritario è quello di *coinvolgere pienamente gli alunni nel processo di insegnamento- apprendimento proponendo loro contenuti traducibili in esperienze che possano indurre ogni allievo a porsi domande, formulare ragionamenti e ipotesi sulla base di quanto concretamente osservato e giungere ad una effettiva concettualizzazione*. Nel nostro lavoro quotidiano non riusciamo più a trovare un senso ad un insegnamento di tipo nozionistico e manualistico dove la priorità è assegnata alla *ripetizione dei contenuti, magari nemmeno compresi a sufficienza, piuttosto che alla riflessione su problemi*. Il ruolo passivo degli allievi caratteristico dell'insegnamento tradizionale delle scienze, non solo rende questo settore del sapere noioso e difficile, ma anche inefficace e pertanto inutile perché non solo impedisce la costruzione di competenze significative ma impedisce anche lo sviluppo di atteggiamenti positivi e sensibilità verso il sapere scientifico. Riteniamo che i deludenti risultati conseguiti nell'insegnamento di tale area, ampiamente condivisi dalla comunità scientifica nazionale e internazionale, siano attribuibili in maniera determinante proprio al modo tradizionalmente passivo e ripetitivo con cui le scienze vengono insegnate a scuola. Occorre operare una rivoluzionaria innovazione nell'insegnamento di questo ambito disciplinare in ogni ordine di scuola privilegiando la profondità nell'affrontare gli argomenti piuttosto che l'estensione, il ricorso costante alla problematizzazione e all'esperienza diretta, individuando saperi essenziali fruibili dagli alunni attraverso una didattica laboratoriale che li renda davvero protagonisti della costruzione del proprio sapere. Da anni sosteniamo la necessità di innovazione *perché abbiamo potuto verificare la possibilità e l'efficacia concreta di un insegnamento di questo tipo che non parta dall'imparare a memoria risposte già confezionate, ma costruisca nei ragazzi il gusto dell'apprendere partendo da "domande" sulla base delle quali costruire "risposte"*. Ciò permette ad ogni alunno di scoprire il significato dello sforzo intellettuale che una tale costruzione richiede, e gli permette di assaporare la piena emozione che deriva nel raggiungere il traguardo. Il percorso sul ciclo dell'acqua a cui facciamo riferimento in questo contributo costituisce a nostro avviso un esempio di innovazione significativa dell'insegnamento delle scienze nella scuola primaria. Non era possibile in questa sede rivisitare tutto il percorso che coinvolge i ragazzi per almeno tre mesi, ma abbiamo voluto soffermarci ad analizzarne il segmento forse più significativo che consente di concettualizzare un passaggio di stato dell'acqua quello liquido-“gassoso”-liquido, mettendo in evidenza le reali difficoltà di comprensione di questo processo che, se vogliamo sia davvero acquisito, non può certo essere ridotto, né a banali animazioni di goccioline che salgono e scendono dalle nuvole, né alla memorizzazione di complesse definizioni precostituite.

## **Il segmento di percorso affrontato**

Il percorso sul ciclo dell'acqua inizia con l'osservazione da parte degli alunni di un fenomeno comune nel loro quotidiano, una semplice esperienza di riscaldamento dell'acqua fino al raggiungimento dell'ebollizione. Nella classe quarta in cui è stata proposta questa pista didattica, frutto del lavoro di ricerca di un gruppo di insegnanti coordinati da esperti, l'esperienza si svolge nel laboratorio di scienze della scuola.

Al centro della stanza è posizionato un tavolo su cui è appoggiata una piastra elettrica e sopra a questa un becker contenente 100 ml di acqua distillata<sup>1</sup>. Attorno al tavolo sono disposti gli alunni opportunamente seduti. L'organizzazione dell'ambiente in cui si realizzano le diverse esperienze (che non è detto siano eseguite direttamente dagli alunni, come in questo caso), così come la disposizione dei ragazzi, se gestite in modo adeguato, sono garanzia di significatività dell'osservazione e di correttezza del comportamento.

Come abbiamo accennato, il riscaldamento e l'ebollizione dell'acqua sono fenomeni quotidiani e nel nostro curriculum sono già stati incontrati dagli allievi in classe terza, in un percorso sulle soluzioni, per il recupero del soluto; ma la meraviglia e l'attenzione con cui i bambini seguono dimostra che una cosa è avere esperienza di un qualsiasi fenomeno, ed un'altra *osservarlo, dettagliatamente, per comprenderlo*. Solo dopo aver esaminato attentamente l'ebollizione dell'acqua in questo contesto, i bambini collegano il fenomeno alla frase quotidiana pronunciata in famiglia "bolle l'acqua, vado a buttare la pasta".

Terminata l'esperienza gli alunni sono chiamati a descrivere individualmente, per scritto, quello che è successo all'acqua. Alcune descrizioni individuali vengono lette e poi discusse. Si sviluppa una discussione tra pari, mediata dall'insegnante, con il compito di focalizzare i problemi e di sottolineare osservazioni fatte da singoli bambini, ma rilevanti per tutti. Si ipotizzano aggiunte e correzioni possibili e si chiede agli alunni: "Dopo la discussione con i compagni, vuoi aggiungere o modificare qualcosa alla tua descrizione?" Così la descrizione iniziale, si arricchisce e completa con il contributo di tutti, dimostrando quanto sia importante, per ognuno, il confronto del proprio lavoro con quello degli altri. Al coinvolgimento emotivo creato dalla semplice esperienza di ebollizione dell'acqua che dà inizio al "viaggio di scoperta" dei ragazzi, si unisce il rigore, necessario, assieme all'interesse e all'immaginazione, per *costruire la capacità di riflettere su quanto osservato e poi ricercare spiegazioni*. Richiesta alta quella posta dall'insegnante: necessita di capacità di attenzione ed elaborazione del testo scritto e della discussione fra pari, non certo scontate in questa fascia di età. Occorre tempo agli alunni per comprendere appieno il valore meta-cognitivo dello sforzo a cui vengono stimolati, ed è importante apprezzare e valorizzare ogni tentativo di descrivere in modo più accurato quanto si osserva.

E' ora possibile procedere per permettere la concettualizzazione dell' "ebollizione dell'acqua". La maggior parte degli alunni in 4<sup>a</sup> elementare non conosce il significato corretto della parola ebollizione e non riconosce in maniera adeguata il fenomeno dell'ebollizione; per chiarire il punto ripetiamo l'esperimento del riscaldamento dell'acqua facendo in modo che essa, pur diventando calda, non arrivi all'ebollizione. Un nuovo interrogativo: "Osservate e confrontate questa esperienza con quella precedente: quali differenze notate? Scrivete". Molti alunni nel confronto fra le due diverse esperienze di riscaldamento dell'acqua riescono ad evidenziare tutti i passaggi distintivi del fenomeno; è il caso di Alessandro che organizza così il suo lavoro:

<i>1<sup>a</sup> Esperienza</i>	<i>2<sup>a</sup> Esperienza</i>
Piccole bolle sul fondo del becher <b>Le piccole bolle ingrossano e salgono</b> <b>Diventano grandi bolle che scoppiano e fanno rumore</b> <b>Dall'acqua esce fumo bianco</b> <b>L'acqua diminuisce</b> <b>L'acqua sparisce</b>	Piccole bolle sul fondo del becher

La discussione collettiva sugli elaborati individuali permetterà ora di produrre una definizione di ebollizione simile alla seguente: *L'ebollizione dell'acqua è quel fenomeno che si verifica durante il riscaldamento dell'acqua ed è caratterizzato dalla contemporanea presenza dei seguenti aspetti: formazione di una grande quantità di bolle all'interno dell'acqua, emissione di "fumo" dalla superficie dell'acqua, agitazione violenta della superficie dell'acqua, diminuzione dell'acqua..* Ciascuno dei quattro aspetti caratteristici dell'ebollizione ha bisogno di approfondimenti e chiarificazioni. Partiamo con il chiarire la natura del "fumo bianco" e inseriamo nel percorso l'utilizzo di un distillatore. Apparecchio complesso che gli alunni di quarta elementare, in genere, non hanno mai visto: per questo necessita di essere analizzato con attenzione prima di essere utilizzato.

L'insegnante allora invita gli alunni a disegnare l'apparecchio posto sul tavolo al centro della stanza, nelle condizioni in cui era stata eseguita l'esperienza dell'ebollizione dell'acqua. Il disegno, quale forma di rappresentazione analogica, è determinante per offrire agli alunni la possibilità di fissare l'attenzione sull'insieme e sui particolari di questo "oggetto" così insolito, scoprendone gli elementi costitutivi. La fase del disegno fornisce, inoltre, all'insegnante l'occasione per

1. L'uso dell'acqua distillata si rende necessario per evitare residui sul fondo del becker che possano distogliere l'attenzione degli alunni dal fenomeno dell'ebollizione. L'esperimento, infatti, termina quando l'acqua è a secco.

## Il ciclo dell'acqua nella Scuola Primaria

introdurre termini nuovi delle parti che costituiscono l'apparecchio stesso quali ampolla, refrigerante....

E' importante che si acquisisca consapevolezza dei percorsi diversi delle acque che vengono messe in circolo: l'acqua dell'ampolla che si riscalda e che alla fine si raccoglie nel becker, "passando" attraverso il refrigerante, e l'acqua che invece è fredda e che dal rubinetto del lavandino viene fatta circolare intorno al tubo interno del refrigerante e alla fine torna nel lavandino. E' importante accertarsi che tutti i bambini comprendano che le due acque non possono mescolarsi perché i percorsi sono separati e non ci sono tra loro vie di comunicazione. A questo proposito, prima di presentare l'esperienza di distillazione dell'acqua, abbiamo invitato i ragazzi ad osservare il ciclo dell'acqua fredda colorandone contemporaneamente il percorso sulla copia di un disegno del distillatore.

La fig.1 mostra un disegno eseguito da un alunno che mette in evidenza anche il percorso diverso fatto dall'acqua fredda (colorata in azzurro) che passa nella parte esterna del refrigerante e quella sottoposta al riscaldamento nell'ampolla.

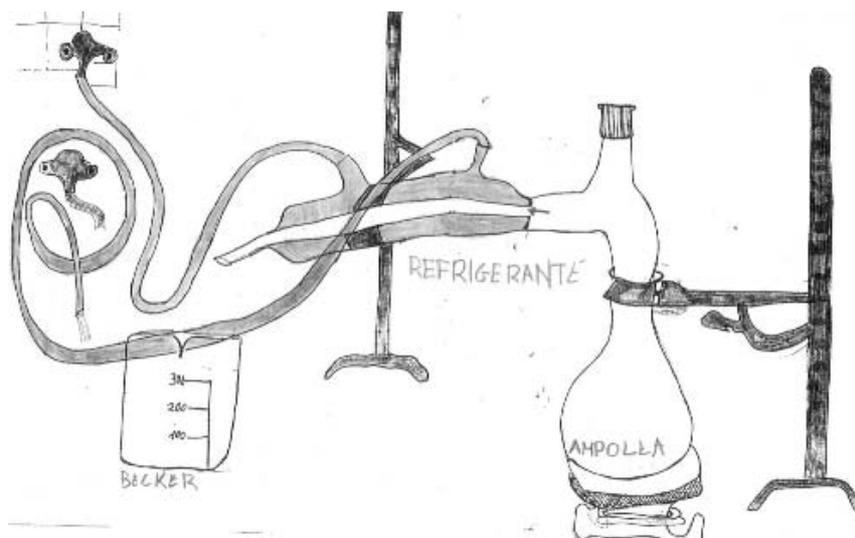


Figura 1 – Alessandro: il percorso dell'acqua fredda colorato di azzurro.

Procediamo ora con la realizzazione dell'esperienza di ebollizione di una piccola quantità di acqua distillata (vedi sopra) all'interno del distillatore. Di nuovo i bambini osservano attentamente quello che succede e, sempre durante l'osservazione, rispondono individualmente, per scritto, alla seguente domanda: *Quali sono le somiglianze e le differenze che notate con l'esperienza iniziale, quando l'acqua veniva riscaldata nel becher*? Durante l'esperienza togliamo temporaneamente il tappo del distillatore per osservare cosa succede. La consegna non crea nessuna particolare difficoltà, l'osservazione concreta di entrambe le esperienze consente agli alunni di verificare che nell'esperienza con il distillatore il "fumo bianco" non è visibile all'interno dell'ampolla (appare solamente quando si toglie il tappo al distillatore) e tutta l'acqua dell'ampolla "va a finire nel becher". Riportiamo di seguito l'elaborato di Niccolò (Fig.2):

BECKER	DISTILLATORE
FORMAZIONE DI UNA GRANDE QUANTITÀ DI BOLLE CHE SALGONO E FANNO RUMORE.	LE BOLLE SALGONO SCOPPIANO E FANNO RUMORE
● USCITA DI FUMO BIANCO DALLA SUPERFICIE DELL'ACQUA.	L'ACQUA SI AGITA MOLTISSIMO
● AGITAZIONE VIOLENTA DELLA SUPERFICIE DELL'ACQUA.	L'ACQUA DIMINUISCE E VA A FINIRE NEL BECKER
● DIMINUIZIONE DELL'ACQUA	NON ESCE FUMO
UGUALIANZE PARTI COLORATE	DIFERENZE PARTI NON COLORATE

Figura 2- Differenze e somiglianze notate da Niccolò

Chiediamo ancora: “*Che cosa è successo all’acqua? Quali trasformazioni sono avvenute?*”. E’ Questo il segmento di lavoro indubbiamente più difficile da condurre e da seguire consapevolmente da parte degli alunni. *Concettualizzare che durante l’ebollizione l’acqua si trasforma “in acqua che non si vede” (il vapore) che, a sua volta, quando viene raffreddata si ritrasforma in acqua liquida “che si vede”, non è affatto scontato.* L’analisi delle ipotesi che scaturiscono dagli elaborati dei bambini rendono pienamente l’dea del valore del percorso, ma anche di questa difficoltà. Gli ostacoli non devono stupire, i bambini sono ancora molto legati ai dati percettivi, alla concretezza di ciò che osservano e fanno fatica a prevedere cosa può essere successo *quando il fenomeno non è visibile e sono visibili solo i suoi effetti.* Avere consapevolezza di questa difficoltà è indispensabile per poter prevedere, nella progettazione dei diversi percorsi didattici, la domanda ( o sequenza di domande) più adeguata sul piano psicologico e poter orientare la successiva discussione dei lavori individuali. Vediamo alcune ipotesi formulate dai bambini:

“*Secondo me l’acqua è finita nel becker perché il fumo che resta nell’ampolla e viene dall’acqua distillata quando viene riscaldata, crea umidità, lo posso capire dall’appannamento, e via via l’umido che viene fatto dall’acqua inizia a cadere a gocce nel tubicino dentro al refrigerante e da lì le gocce vanno a finire nel becker. Il fumo secondo me crea umidità perché l’acqua crea fumo caldo (Fig.3)*

Che cosa è successo all'acqua?  
 Quali TRASFORMAZIONI sono avvenute?  
 Secondo me l'acqua è finita nel becker perché  
 il fumo ~~che resta nell'ampolla~~ viene dall'acqua ~~che~~ distillata ~~che~~  
 viene riscaldata e ~~resta nell'ampolla~~ crea umidità e  
 lo posso capire dall'appannamento e via via l'umido  
 che viene fatto dall'acqua inizia a cadere <sup>a gocce</sup> nel tubi-  
 cino dentro al refrigerante e da lì le gocce vanno  
 a finire nel becker.  
 Il fumo secondo me crea umidità perché l'acqua  
 diventa fumo caldo ~~che~~ fa diventare umido il  
 tubicino dentro al refrigerante.

**Figura 3- Lavoro individuale di Alessandro**

L’ipotesi più frequente è quella elaborata da Alessandro: molti bambini notano che ad un certo punto dell’esperienza le pareti dell’ampolla sono completamente “appannate”, successivamente “colano acqua”, si formano cioè delle gocce d’acqua sulle pareti dell’ampolla e anche sul collo della stessa. I bambini ipotizzano, quindi, che queste gocce possano andare a finire nel refrigerante e poi nel becher. In modo più chiaro e articolato Gianmaria fa la stessa ipotesi di Alessandro; nel suo elaborato si esprime così :

“*Secondo me l’acqua per arrivare dall’ampolla al becher ha fatto così: prima di tutto ha cominciato a diminuire, poi quando la maestra ha aperto il tappo è uscito il fumo bianco e così mi sono reso conto che il fumo c’era ma non si vedeva; però ho visto lo stesso tipo di fumo tante altre volte e quando ci mettevo la mano sopra per un po’ e poi me la guardavo era piena di goccioline calde e da questo si capisce che il fumo è acqua. Questo processo credo si chiami evaporazione. Quando il fumo bianco è arrivato a toccare la superficie dell’ampolla, l’acqua ha cominciato a scorrere ed è finita nel tubicino dentro al refrigerante, poi ha continuato a scendere ed è finita nel becker molto più fredda perché è passata dal refrigerante che (dove) c’era acqua fredda”.*

Queste riflessioni non tengono conto del fatto che le gocce che si formano sulle pareti dell’ampolla non salgono verso l’alto, ma cadono verso il basso, è quindi impossibile che vadano a finire nel refrigerante. Un errore che, se esplicitato, fatto emergere, analizzato e discusso insieme, offre lo stimolo per rivisitare, riflettere ulteriormente, approfondire l’osservazione e sviluppare le acquisizioni di tutti. La ripetizione dell’esperienza e l’attenzione a questo specifico aspetto consente, infatti, agli alunni che hanno elaborato simili ipotesi, di verificarne la non completa adeguatezza, già messa in discussione per altro dalle ipotesi di altri compagni come quella di Lapo che dice:

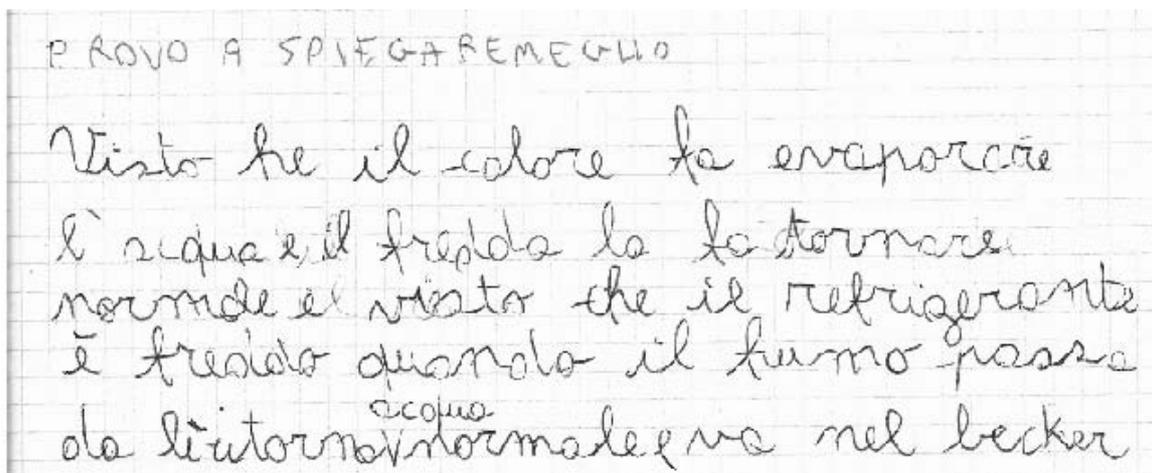


Figura 4- Lavoro individuale di Lapo (dal proprio quaderno di lavoro: VEDI BENE)

Nel distillatore c'è "acqua liquida vera" che, per effetto del calore, si trasforma fino a non vedersi più o a vedersi sotto forma di nebbia (una parte successiva del percorso sarà dedicata a scoprire perché il "fumo bianco" si vede solo a contatto con l'aria) che con il freddo si condensa e torna acqua liquida.

La discussione collettiva che si sviluppa a seguito della lettura di queste e altre ipotesi avanzate dagli alunni assume caratteristiche davvero interessanti e permette a tutti la "grande scoperta" relativa alla trasformazione liquido-vapore-liquido dell'acqua. " *Ciascuno porta ... le proprie parole, parole differenti....., si urtano, si oppongono e siccome ciascun fanciullo si preoccupa di far trionfare il proprio punto di vista e di convincere l'oppositore, bisogna osservare più da vicino, riprendere la propria analisi, verificarla, o incorporarvi le spiegazioni di altri che diventeranno elementi di cui egli potrà nutrirsi* "(1). E' questo un momento fondamentale per la costruzione della conoscenza perché contribuisce a destrutturare le proprie iniziali concezioni per costruirne di nuove più appropriate, ricche e corrette. Sostanziale risulta il ruolo dell'insegnante che deve condurre la discussione perché non si disperda e rimanga ancorata agli aspetti concettualmente rilevanti, conducendo il maggior numero possibile di alunni ad acquisire consapevolezza su ciò che è accaduto nell'esperienza osservata.

### Alcune riflessioni conclusive

Come si può notare, anche l'analisi di un breve segmento del percorso mette in evidenza non solo i problemi connessi alla comprensione di concetti considerati banali nella didattica tradizionale, ma anche l'importanza di dar voce agli alunni per poter comprendere quei problemi e potervi incidere attraverso un'azione didattica caratterizzata da rigore progettuale e attenzione alle caratteristiche di apprendimento di ognuno.

Molti sono gli aspetti qualificanti di questo percorso su cui sarebbe opportuno approfondire la riflessione: la complessità della progettazione, l'approccio laboratoriale seguito, la qualità delle esperienze, il fondamentale ruolo del linguaggio scritto e orale, l'importanza della dimensione individuale e collettiva con cui gli alunni intervengono nello sviluppo delle proprie conoscenze e molti altri. Scegliamo, tuttavia, di soffermarci, anche se sinteticamente, sul *ruolo dell'insegnante* che detiene la regia di tutti gli elementi che contribuiscono a rendere di qualità ogni pratica didattica. L'attenta lettura di quanto descritto richiama, infatti, una figura di docente di alto profilo professionale, non solo caratterizzata da competenze disciplinari e pedagogico-didattiche significative, ma anche dalla piena consapevolezza del proprio compito all'interno dell'Istituzione Scolastica. Ad essa la stessa Costituzione assegna un ruolo centrale nell'educazione alla cittadinanza che comprende sia l'educazione alla partecipazione alla vita collettiva e alla legalità, sia l'educazione intellettuale e la formazione culturale. Questa consapevolezza è indispensabile per poter gestire in modo significativo anche la regia di un breve segmento di lavoro come quello sopra riportato. In questo segmento, infatti, si istruisce e si educa attraverso un percorso di formazione culturale che non si ripiega su una banale trasmissione del sapere, ma *sollecita una continua costruzione e ricostruzione dei significati* di ciò che si sta affrontando. La scuola diventa luogo di vita e di incontro con la cultura in una dimensione in cui tutti i soggetti sono portatori di cultura e trovano il loro spazio costruendo, assieme ad un sapere significativo, un terreno di completa condivisione dei risultati del lavoro che si è portato avanti e di rispetto reciproco. Tutti, anche se in modo diverso, hanno la possibilità di usare i propri strumenti cognitivi e le proprie capacità per contribuire alla comprensione di un fenomeno fondamentale che fa parte della nostra vita.

Un altro elemento qualificante della professionalità insegnante che ci limitiamo ad accennare, rinviando ad una sua trattazione più completa, è quello della verifica degli apprendimenti e della valutazione degli alunni. Se si lavora sul

piano della ricerca didattica disciplinare una valutazione sensata non può essere che contestuale, narrativa, processuale, strettamente legata all'attività didattica progettata e da essa documentata. La valutazione non può che essere, anch'essa, ricerca. In altre parole non può considerarsi disgiunta dalla progettazione e dall'attuazione del processo di apprendimento. A nostro parere valutare significa documentare il processo di apprendimento degli allievi e i risultati da essi ottenuti, ovvero avere a disposizione elementi significativi su cui fondare la valutazione stessa. *Tali elementi non si possono raccogliere solo e soltanto attraverso la strutturazione di prove di verifica siano esse più o meno oggettive, strutturate, semistrutturate, a scelta multipla, a domande aperte,...* E' necessario mettere in atto una proposta di insegnamento all'interno della quale l'interazione fra insegnamento, apprendimento e valutazione è costante e ineliminabile, ricercando, nella progettazione delle varie piste di lavoro, le modalità per documentare, prima ancora di valutare, il percorso di apprendimento dei ragazzi.

E' fondamentale offrire ad ogni alunno che apprende la possibilità di "mostrarsi", di mostrare il proprio saper fare e il proprio saper essere, di esprimersi da protagonista del proprio processo di costruzione della conoscenza durante il suo svolgersi. Proprio per questo è auspicabile che l'insegnante ricerchi e costruisca contesti di apprendimento sensati con scelte sensate degli argomenti da trattare e delle metodologie da seguire. Se i contenuti su cui si lavora, ad esempio, non sono adeguati ai bisogni cognitivi e motivazionali dei ragazzi, cioè sono fuori dalla loro portata cognitiva, questi non possono sviluppare una partecipazione veramente creativa e costruttiva e l'insegnante può solo valutare aspetti marginali dell'apprendimento dei propri allievi quali la memorizzazione e l'addestramento. Riguardo, poi, ai settori su cui la valutazione dovrebbe concentrarsi, riteniamo che l'interesse debba essere orientato a *come gli allievi riescono a costruire le proprie conoscenze; ciò significa prestare attenzione alla capacità di osservare, di descrivere fenomeni, di cogliere differenze e somiglianze, di trarre conclusioni, di interagire nel dialogo comunicativo con i compagni*, prestando attenzione a tutti quegli elementi che rivelano concreta progressione nell'apprendimento o evidente difficoltà nella costruzione delle conoscenze.

La valutazione riguarda non solo le conoscenze, ma anche il saper fare e la disponibilità ad apprendere. E' opportuno saper individuare e ricercare gli strumenti necessari ad osservare e documentare non solo ciò che gli alunni dicono (il loro sapere) e sanno fare, ma anche gli atteggiamenti. Nella scuola primaria, se ci si riferisce ad una didattica costruttivista e non trasmissiva, il *quaderno individuale* degli alunni è lo strumento che contiene i documenti di valutazione più significativi. Come evidenzia la descrizione del segmento di percorso riportato in questo contributo, nei quaderni individuali si trovano le descrizioni, le riflessioni, i semplici ragionamenti dei ragazzi e il loro sviluppo nel tempo, la loro capacità di prevedere, di ipotizzare, di arrivare a conclusioni più o meno significative, elaborando le prime definizioni operative. Per quanto riguarda, poi, i momenti di dialogo e confronto collettivo, questi possono essere registrati, possono essere costruite griglie di rilevazione della significatività degli interventi e del linguaggio usato. Accanto ad una simile pluralità di mezzi (che la ricerca può arricchire e rendere sempre più significativi) sicuramente ha senso costruire anche prove più o meno strutturate da proporre periodicamente agli alunni, ma queste prove, a nostro avviso (2), non potranno incidere più del 25% sulla valutazione complessiva dell'allievo, *proprio per la loro specificità che non può dominare, da sola, la complessità delle variabili che influiscono sul processo di insegnamento apprendimento*. Considerare solo e soltanto quelle prove significa avere un'idea statica della valutazione, spesso sommativa, limitata alle prestazioni, non formativa. La valutazione che ha senso sviluppare è intrinseca all'apprendimento e diventa anche valutazione dell'insegnamento.

Il profilo professionale dell'insegnante che scaturisce da quanto appena sottolineato non è, quindi, quello dell'intellettuale chiuso nella propria dimensione individuale, ma piuttosto quello di chi riflette e sperimenta, quotidianamente, nel proprio percorso di formazione permanente, il *valore della dimensione collegiale della propria professionalità* ricercando costantemente il confronto con i colleghi in una attività continua di ricerca didattica e disciplinare (all'interno di strutture tipo dipartimentale create nella scuola) che, partendo dalla didattica agita in classe, si pone l'obiettivo di un miglioramento permanente delle proposte da rivolgere ai propri alunni.

### Riferimenti bibliografici

- 1) R.Cousinet - *Un metodo di lavoro libero per gruppi* – La Nuova Italia Ed., Firenze, 1971, pag. 27
- 2) R.Nencini et alii, *Verifica e valutazione all'interno della progettazione dei nostri percorsi* (documento interno al Dipartimento di Matematica e Scienze), 2009

# Breve storia del clima sulla Terra

**Ricostruzione del passato climatico della Terra negli ultimi 740.000 anni dedotto dalle oscillazioni dei rapporti isotopici e dei livelli di anidride carbonica rilevati nelle calotte polari.**

**Laura VOGLIOTTI**

*Insegnante di Chimica e Tecnologie Chimiche presso  
ITIS e Liceo Scientifico delle Scienze Applicate "Ettore Conti" Milano  
e-mail: laura.vogliotti@yahoo.com*

## **Riassunto**

*Nell'ultimo secolo si è registrato un aumento progressivo della temperatura media globale, responsabile di modifiche ambientali evidenti. Pertanto, il mondo della Ricerca si propone di mettere a punto dei modelli che permettano di prevedere l'evoluzione del clima sulla Terra, partendo dallo studio del passato climatico del Pianeta. A questo scopo, la Scienza studia il ghiaccio delle calotte polari, che si comportano da archivi naturali, poiché conservano tracce dell'atmosfera risalente ad epoche remote. I componenti chimici presenti nelle microbolle d'aria, intrappolate nel ghiaccio, possono essere considerati indicatori delle condizioni climatiche ed ambientali relative al momento della deposizione del manto nevoso e rappresentano dati utili per ricostruire la storia dell'evoluzione climatica ed ambientale della Terra.*

*Dal 1966 si sono susseguiti diversi progetti di perforazione che hanno permesso l'analisi chimica ed isotopica del ghiaccio estratto in Groenlandia e in Antartide. In tal modo, è stato possibile ricostruire le oscillazioni della temperatura globale e dei livelli di anidride carbonica degli ultimi 740,000 anni e verificare che il clima sulla Terra si è caratterizzato per una continua alternanza tra periodi glaciali ed interglaciali, separati da fasi di transizione. Venne riconosciuta la relazione climatica tra Artide ed Antartide, caratterizzata da oscillazioni asincrone probabilmente a causate dalle variazioni della corrente termoalina. Infine, fu possibile osservare l'andamento climatico degli ultimi 150 anni e verificare la corrispondenza tra l'incremento della temperatura globale e dei livelli di anidride carbonica, riconoscendo per la prima volta la responsabilità delle attività antropiche nella determinazione delle modificazioni climatico-ambientali in atto sulla Terra.*

## **Abstract**

*Since the beginning of the XX century, the Earth has been going through a global warming, which is deemed to be responsible for different environmental changes known as global change. So, Scientists are now working on models able to predict the future climatic evolution of our Planet, based on the knowledge of Earth's past climatic history.*

*All kinds of fallout from the atmosphere are deposited on the ice sheet surface along with snow; as a consequence, ice samples coming from the polar regions are rich sources of information on past atmospheric conditions. So, scientific data obtained from chemical and isotopic analyses of the air bubbles trapped in ice can be used to understand the climatic and environmental history of the Earth.*

*Since 1966 deep drilling projects have been carried out in Greenland and in Antarctica, thanks to which it has been possible to make light on the past 740,000 years global temperature and carbon dioxide levels changes. These studies have revealed that our Planet has gone through eight glacial-interglacial cycles and that the Northern and the Southern Hemisphere are coupled through an asynchronous temperature change, probably due to changes in the Atlantic thermohaline circulation. Last of all, the analyses of the last 150 years' climatic history have made it possible to study the relationship between temperature and carbon dioxide levels changes, assessing human partial possible responsibility for global change.*

## **Evidenze naturali e strumentali del global warming**

Nell'ultimo secolo si è registrato un aumento della temperatura media globale di  $0,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$  e tale incremento termico appare evidente sia nelle aree urbane che in alta quota, indicando quindi che le cause ipotizzabili siano da ricercare tra fenomeni di portata globale e non solo locale.

Come dimostrano i dati storici, tale incremento termico ha avuto inizio approssimativamente attorno al 1910 ed è proseguito in maniera lenta fino al 1990, nonostante un periodo più fresco nel ventennio 1960-1980. Successivamente, si è registrato un incremento più rapido della temperatura e si è calcolato un tasso decennale di riscaldamento globale pari a  $+0,19^\circ\text{C}$ ; proprio il ventennio 1990-2010 si è caratterizzato come il più anomalo.

Tuttavia, nel valutare questi dati è bene ricordare che il suolo ha una capacità termica inferiore ai mari e agli oceani; pertanto, l'atmosfera a contatto con la terraferma ha subito un riscaldamento più intenso, quantificabile in un tasso decennale pari a  $+0,27^\circ\text{C}$  rispetto all'atmosfera a contatto con le superfici acquose, che ha subito un riscaldamento più

modesto di  $+0,13^{\circ}\text{C}$  ogni dieci anni. Inoltre, è importante osservare che le terre emerse non sono distribuite in maniera uniforme sul globo, ma si concentrano per il 70% nell'emisfero settentrionale. Queste considerazioni spiegano per quale motivo l'emisfero settentrionale ha subito un riscaldamento più pronunciato rispetto all'emisfero meridionale: a sostegno di ciò è sufficiente sottolineare che le Isole Svalbard hanno registrato un incremento di circa  $4^{\circ}\text{C}$  della temperatura media locale solo negli ultimi cento anni.

Il fenomeno dell'incremento termico si è manifestato negli ultimi decenni attraverso vari cambiamenti climatici: la lunghezza e la frequenza delle ondate di calore estivo risulta raddoppiato, con la conseguente accelerazione del ciclo dell'acqua. Infatti, si è osservata una marcata variazione della quantità di precipitazioni, anche se con distribuzione irregolare: le terre emerse oltre i  $30^{\circ}\text{N}$  di latitudine hanno registrato un incremento delle precipitazioni del 30%, rispetto alle zone lungo il bacino del Mediterraneo e nell'Africa Sub-Sahariana, che stanno affrontando un progressivo inaridimento dal 1970 circa. In generale, dagli anni ottanta l'incremento termico ha determinato il progressivo aumento dei fenomeni estremi come alluvioni, uragani, tifoni, grandinate, siccità, tornado e tempeste di vento.

Si stima che l'incremento termico globale abbia determinato l'aumento della temperatura media superficiale degli oceani di  $0,56^{\circ}\text{C}$ , provocando la modificazione dell'habitat naturale di molte specie ittiche, che stanno migrando progressivamente più a nord. D'altra parte, nei fiumi e nei laghi la situazione appare anche più critica poiché, a causa dei ridotti fenomeni di scambio, si è osservata una riduzione della solubilità dell'ossigeno, con grave danno per le specie stanziali. In sostanza, i cambiamenti climatici stanno provocando mutamenti ambientali evidenti attraverso lo spostamento verso nord delle fasce climatiche, la variazione dell'areale di diffusione di molte specie animali e vegetali e la variazione del loro ciclo vitale, con il conseguente aumento del rischio di estinzione, legato alla difficoltà di adattamento al nuovo ambiente.

Tuttavia, il segnale più evidente e spettacolare dei cambiamenti climatici globali è senza dubbio il ritiro delle masse glaciali. Infatti, attorno al 1850 i ghiacciai alpini raggiunsero la massima estensione di  $4500\text{ Km}^2$ , ma gli ultimi dieci anni hanno modificato radicalmente la situazione: la riduzione delle precipitazioni nevose e l'intensa calura estiva, spesso protratta fino all'autunno inoltrato, hanno determinato una riduzione dell'estensione e del volume delle masse glaciali senza precedenti.

Tuttavia, i mutamenti climatico-ambientali risultano più evidenti nelle regioni polari, che vivono un equilibrio ben più delicato: il riscaldamento globale sta provocando la riduzione dell'estensione della banchisa, con gravi danni alle forme di vita ad essa associate.

In Artide nel trentennio 1979-2009 si è registrata una riduzione del 30% della banchisa, con un minimo assoluto di 4,3 milioni di  $\text{Km}^2$  nel 2007, rispetto ad una media di 6,7 milioni di  $\text{Km}^2$  prima degli anni novanta. Inoltre, nel quinquennio 2004-2008 si è registrata una riduzione media dello spessore di 0,68m, con la scomparsa del 42% del ghiaccio pluriennale, più spesso e più resistente all'incremento termico. In sostanza, la banchisa nelle regioni artiche è diventata meno estesa, più sottile e frammentata, costituita in prevalenza da ghiaccio giovane, stagionale e vulnerabile alle alte temperature.

In Antartide, invece, la situazione appare diversificata: nel periodo 1992-2006 la calotta orientale ha evidenziato perdite della massa glaciale più lievi rispetto alla calotta occidentale, dove circa l'87% dei ghiacciai risulta in netto regresso. Nella Penisola Antartica la riduzione dell'estensione della banchisa ha causato la variazione della distribuzione della fauna locale: la riduzione della popolazione dei pinguini Adelia, a favore di altre specie che preferiscono le acque libere dai ghiacci, e la riduzione del tasso di crescita delle popolazioni di alghe marine che costituiscono il nutrimento preferenziale del krill.

Queste osservazioni mettono in evidenza l'esistenza di una complessa interazione tra clima ed ambiente, che coinvolge ed influenza tutti gli ecosistemi del Pianeta, inclusa la società umana. Tuttavia, l'esistenza della specie umana è basata su delicati equilibri economici, sociali e politici, che rischiano di essere compromessi dal fenomeno del global warming: in Africa la siccità ed il fenomeno della desertificazione stanno provocando la perdita di terreni agricoli e conseguenti carestie, che colpiscono le fasce più deboli delle popolazioni locali, alimentando lotte tribali di conquista e fenomeni migratori. In diverse zone della Terra l'aumento del livello dei mari e degli oceani mette a rischio zone costiere densamente abitate o di particolare interesse artistico e naturale, che costituiscono parte del patrimonio culturale del genere umano, dalla Barriera Corallina in Australia agli atolli del Pacifico. Inoltre, i fenomeni naturali estremi degli ultimi dieci anni hanno evidenziato un elevato potenziale distruttivo ed un forte impatto economico-sociale, legato soprattutto all'elevata densità di popolazione e di costruzioni in alcune aree del Pianeta. Infine, proprio l'estate 2011 ha portato ad una riduzione considerevole della banchisa polare artica con la conseguente apertura del "passaggio a nord-ovest", che ha permesso la circumnavigazione del Polo Nord. Indubbiamente, l'apertura di nuove frontiere per il commercio navale potrà portare vantaggi economici, ma anche possibili alterazioni degli equilibri politici tra gli Stati che si affacciano sul Circolo Polare Artico per la ridefinizione dei confini delle acque territoriali.

A fronte di tali scenari, la preoccupazione riguardo all'evoluzione del clima sulla Terra è ben comprensibile e giustifica i percorsi della Ricerca Scientifica sul tema del global warming. Tali studi sono finalizzati alla definizione di modelli climatici idonei a prevedere l'evoluzione futura del clima, consentendo di valutare con anticipo l'impatto delle attività umane sul sistema clima-ambiente e di modificare scelte troppo aggressive o, eventualmente, attuare misure adatte a contenerne gli effetti

### Studi di Paleoclimatologia da archivi climatici naturali

La scienza moderna possiede gli strumenti e le metodologie che permettono all'uomo di misurare i parametri associati all'attuale condizione di stabilità climatica sulla Terra, ma per mettere a punto un modello adatto ad ipotizzare uno scenario futuro, è necessario lo studio approfondito delle variazioni climatico-ambientali relative al passato del Pianeta. In tal modo sarà possibile riconoscere le forzanti climatiche ed i meccanismi di regolazione che hanno agito nel passato, concorrendo all'instaurarsi dell'attuale regime di stabilità climatica.

Il ghiaccio delle calotte polari ha la capacità di conservare tracce dell'atmosfera risalente ad epoche remote e si comporta da archivio naturale, fornendo alla scienza i dati necessari per ricostruire la storia dell'evoluzione del clima sul Pianeta.

Sia i gas atmosferici che il particolato, prodotto in varie regioni del globo e successivamente trasportato in direzione delle regioni polari ad opera dei venti, si accumulano nel manto nevoso sotto forma di impurezze. Questo fenomeno avviene attraverso le precipitazioni nevose o attraverso la deposizione secca, eventualmente preceduta da fenomeni di adsorbimento superficiale, che si verificano nell'atmosfera. Nelle regioni polari le temperature estive sono sufficientemente basse da ostacolare il disgelo annuale e gli strati nevosi si accumulano nel tempo: così ha inizio il processo di formazione del ghiacciaio.

Il passaggio da neve a ghiaccio è un fenomeno complesso, attraverso il quale la neve si trasforma in firn e poi in ghiaccio vero e proprio. Nel firn l'aria occupa delle microcavità comunicanti; tuttavia, per effetto della pressione generata dagli strati nevosi sovrastanti, la neve si compatta, gli strati nevosi si assottigliano e le cavità si chiudono, trasformandosi in microbolle d'aria, all'interno delle quali i gas ed il particolato atmosferico rimangono totalmente isolati dall'ambiente esterno. Questo fenomeno si verifica mediamente tra 70 e 100 m dalla superficie; a profondità più elevate, per effetto della pressione crescente, le microbolle si riducono in dimensioni, fino a scomparire completamente. In queste condizioni le molecole dei gas atmosferici vengono inglobate nel ghiaccio, dando origine a strutture note come clatrati idrati. È stato verificato che nella carota di ghiaccio prelevata in Antartide, presso la stazione di ricerca russa Vostok, i clatrati si osservano ad una profondità superiore a 1250m e l'intero processo di conversione della neve in ghiaccio avviene con una variazione della densità da 0,2-0,4 Kg/m<sup>3</sup> a 0,920 Kg/m<sup>3</sup>.

I componenti dell'atmosfera, intrappolati nel ghiaccio, si mantengono chimicamente inalterati, anche se saltuariamente si verificano processi post-deposizionali, come il decadimento di eventuali isotopi radioattivi o processi di diffusione delle molecole nel reticolo cristallino. Pertanto, l'aria inglobata nel ghiaccio si può considerare un campione dell'atmosfera al momento della deposizione del manto nevoso e permette la determinazione di numerosi parametri chimici, utili al fine di risalire alle condizioni climatiche ed ambientali del passato: il grado di insolazione della superficie terrestre, la temperatura dell'atmosfera, l'umidità delle masse d'aria, l'intensità e la frequenza delle precipitazioni, la circolazione atmosferica e quella oceanica, l'intensità e la direzione dei venti e delle correnti marine, l'estensione delle zone desertiche, delle zone umide e delle banchise polari, il livello dei mari e degli oceani, le eruzioni vulcaniche, il livello di produttività biologica oceanica e continentale.

Pertanto, i componenti chimici possono essere considerati dei proxy markers, ossia indicatori delle condizioni climatiche ed ambientali relative al periodo di deposizione del manto nevoso. All'aumentare della profondità, il ghiaccio diventa più antico e i proxy markers rappresentano dati paleoclimatici e paleoambientali, utili a ricostruire la storia dell'evoluzione climatica ed ambientale della Terra.

### Il rapporto isotopico come indicatore della temperatura globale

L'ossigeno e l'idrogeno sono presenti in natura sotto forma di vari isotopi caratterizzati da diversa abbondanza percentuale. Queste specie chimiche danno origine a molecole di acqua con una composizione isotopica diversa:

1. H<sub>2</sub><sup>18</sup>O e HD<sup>16</sup>O: molecole a massa maggiore, meno volatili e con tensione di vapore maggiore
2. H<sub>2</sub><sup>16</sup>O: molecola a massa minore, più volatile e con tensione di vapore minore

L'acqua presente nei bacini di superficie può evaporare a temperature differenti, dando origine a masse d'aria umida caratterizzate da composizione isotopica diversa a seconda della stagione e della latitudine:

1. Nei periodi estivi e nei periodi interglaciali le temperature sono più elevate e le masse d'aria sono più ricche di isotopi pesanti H<sub>2</sub><sup>18</sup>O e HD<sup>16</sup>O, rispetto all'isotopo leggero H<sub>2</sub><sup>16</sup>O.
2. Nei periodi invernali e nei periodi glaciali le temperature sono più basse e le masse d'aria sono più povere di isotopi pesanti H<sub>2</sub><sup>18</sup>O e HD<sup>16</sup>O, rispetto all'isotopo leggero H<sub>2</sub><sup>16</sup>O.

L'acqua presente nelle masse d'aria può subire processi di condensazione a temperature differenti e le precipitazioni presentano, quindi, una composizione isotopica che dipende dalla temperatura registrata nel sito di deposizione:

1. Nei periodi estivi e nei periodi interglaciali le temperature sono più elevate e le precipitazioni sono più povere di isotopi pesanti H<sub>2</sub><sup>18</sup>O e HD<sup>16</sup>O, rispetto all'isotopo leggero H<sub>2</sub><sup>16</sup>O.
2. Nei periodi invernali e nei periodi glaciali le temperature sono più basse e le precipitazioni sono più ricche di isotopi pesanti H<sub>2</sub><sup>18</sup>O e HD<sup>16</sup>O, rispetto all'isotopo leggero H<sub>2</sub><sup>16</sup>O.

Pertanto, il contenuto degli isotopi <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O e D/H nel ghiaccio è in funzione della temperatura dell'atmosfera al momento della deposizione del manto nevoso e il rapporto isotopico si può considerare un termometro chimico naturale.

Quindi, la temperatura del sito di deposizione si può dedurre dal rapporto isotopico della massa di ghiaccio, che si calcola paragonando il contenuto isotopico nel campione rispetto ad un campione di acqua di mare standard di riferimento:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{(\text{^{18}O/^{16}O})_{\text{ice}} - (\text{^{18}O/^{16}O})_{\text{std}}}{(\text{^{18}O/^{16}O})_{\text{std}}}$$

$$\delta\text{D} = \frac{(\text{D/H})_{\text{ice}} - (\text{D/H})_{\text{std}}}{(\text{D/H})_{\text{std}}}$$

In sostanza, i rapporti isotopici si possono considerare dei proxy markers della temperatura dell'atmosfera al momento della deposizione del manto nevoso; pertanto, determinando la variazione dei rapporti isotopici  $\delta\text{D}$  e al  $\delta^{18}\text{O}$  nel ghiaccio in funzione della profondità, possiamo risalire alle variazioni della temperatura nel passato.

### Estrazione delle carote di ghiaccio

I campioni necessari per compiere l'analisi dei rapporti isotopici vengono prelevati sotto forma di carote di ghiaccio ed estratti attraverso uno strumento di perforazione del manto glaciale chiamato carotiere.

L'operazione iniziale consiste nella ricerca del sito adatto alla perforazione, un'operazione necessaria al fine di garantire la qualità della carota di ghiaccio.

Grazie agli studi associati ai progetti di perforazione, oggi sappiamo che i ghiacciai polari sono strutture solo apparentemente piatte e regolari, poichè seguono l'andamento del basamento roccioso. In Antartide, ad esempio, l'altopiano polare è caratterizzato da punti di culminazione nevosa spessi fino a 4000m, chiamati Dome: proprio a Dome C, sull'altopiano antartico orientale, si trova la stazione di ricerca italo-francese Concordia, a 3233m s.l.m. (sul livello del mare) e a 1100Km dalla costa.

Inoltre, sappiamo che un ghiacciaio è una struttura naturale dinamica ed in continua evoluzione, caratterizzata da una zona di accumulo degli strati nevosi e una zona di ablazione. Gli strati di ghiaccio sono soggetti a forze di deformazione che presentano due componenti: la componente verticale è dovuta al peso degli strati di ghiaccio stessi, che esercitano una pressione sugli strati sottostanti; la componente orizzontale provoca la deformazione degli strati di ghiaccio secondo un moto diretto verso la zona di ablazione, da cui si staccano gli icebergs che caratterizzano le coste polari.

La traiettoria degli strati di ghiaccio dipende da diversi fattori:

- Il tasso di accumulo nevoso determina lo spessore dello strato di ghiaccio ed influenza la componente verticale di movimento del ghiacciaio; è soggetto a forte variabilità, legata a fattori stagionali, climatici e geografici
- Il gradiente di altitudine
- La velocità orizzontale di flusso della massa glaciale

Le carote di ghiaccio devono essere caratterizzate da una stratigrafia indisturbata, ossia una sequenza degli strati di ghiaccio che non abbia subito alterazioni dal momento della deposizione dello strato nevoso. Pertanto, ogni perforazione viene preceduta da una serie di rilevazioni volte al controllo della sequenza stratigrafica e alla ricostruzione della topografia del basamento roccioso, che può costituire un forte elemento di disturbo, causando deformazioni dovute alla superficie irregolare e alla duttilità del ghiaccio.

In Antartide, a Dome C, le procedure di rilevazione hanno permesso di ottenere una carota di ghiaccio di circa 3200m di lunghezza, per il 98% priva di fenomeni di disturbo.

### Risoluzione temporale

La carota di ghiaccio viene tagliata in fette sottili ed ogni fetta viene sottoposta alle analisi necessarie per la determinazione dei rapporti isotopici. In questo modo si ottengono delle stratigrafie continue, che indicano la variazione della concentrazione della specie chimica analizzata nel tempo.

Per interpretare correttamente le stratigrafie dei rapporti isotopici è opportuno datare gli strati nevosi e costruire una scala temporale, che permetta di associare i dati analitici al periodo di deposizione del manto nevoso. Questa procedura permetterà di incrociare i dati ottenuti attraverso l'analisi di carote di ghiaccio prelevate in siti differenti, come nel caso delle perforazioni effettuate in Antartide e in Groenlandia, e di inserire i risultati in un contesto il più possibile globale.

La risoluzione temporale è il parametro che garantisce il grado di informatività dei campioni prelevati e dipende da vari fattori:

- il tasso di accumulo nevoso medio annuo del sito, che corrisponde alla quantità media di neve che si deposita in un anno in un certo sito;

## Breve storia del clima sulla Terra

- l'assottigliamento degli strati di ghiaccio
- profondità

All'aumentare della profondità, gli strati nevosi si assottigliano per effetto della pressione generata dagli strati superiori; pertanto, la risoluzione temporale è migliore nel ghiaccio giovane più superficiale, mentre si riduce nel ghiaccio antico profondo.

La Groenlandia è una zona a forte accumulo nevoso e permette di ottenere carote con una risoluzione temporale annuale o addirittura stagionale; perciò è stato possibile uno studio dettagliato dei parametri climatici fino a 150 Kyr BP (before present) con una buona risoluzione; le perforazioni della calotta polare in Antartide hanno permesso di studiare campioni risalenti fino a 800 Kyr BP, ma con minore risoluzione temporale. Infatti, nelle carote groenlandesi una lunghezza di circa 1500m rappresenta approssimativamente 150 Kyr di storia climatica, mentre in Antartide, a Dome C, il periodo analogo è compreso in meno di 700m di ghiaccio a causa del minore tasso di accumulo nevoso.

La carota di ghiaccio a massima risoluzione è stata ottenuta proprio in Groenlandia ed è stata utilizzata per mettere a punto una scala temporale, Greenland Ice Core Chronology 2005, che si estende fino a 50 Kyr BP e permette la sincronizzazione di campioni di ghiaccio groenlandesi ed antartici.

### Datazione delle carote di ghiaccio

Sono stati messi a punto diversi metodi utili alla datazione delle carote di ghiaccio:

1. Osservazione diretta dei singoli strati di ghiaccio: questa pratica è possibile grazie alla presenza di fenomeni stagionali che alterano periodicamente le caratteristiche del ghiaccio.  
Ad esempio, il ghiaccio estivo presenta un contenuto superiore in polveri ed appare più scuro rispetto al ghiaccio di formazione invernale.
2. Determinazione della variazione periodica della concentrazione di specie chimiche associate ad eventi climatici stagionali: ad esempio l'accumulo di NaCl, trasportato dai venti di mare.
3. Determinazione della variazione stagionale dei rapporti isotopici.
4. Determinazione dei livelli di metano nel ghiaccio: i gas atmosferici diffondono rapidamente e presentano una concentrazione uniforme nell'atmosfera, nonostante lievi differenze interemisferiche.
5. Determinazione della variazione del contenuto d'aria nel ghiaccio: tali variazioni sono legate al cambiamento dei parametri orbitalici della Terra, capaci di influenzare il grado di insolazione estivo e, di conseguenza, la porosità del ghiaccio negli strati superficiali della calotta polare.
6. Uso di orizzonti di riferimento: si tratta di eventi eccezionali che hanno lasciato traccia in diverse zone del Pianeta e, pertanto, sono identificabili in carote aventi diversa origine. Possiamo ricordare i fallout radioattivi derivanti dai test atomici effettuati nei primi decenni del Novecento o le ceneri ed i vetri vulcanici emessi nel corso delle eruzioni.

In questa categoria possiamo comprendere anche la determinazione della concentrazione di  $^{10}\text{Be}$ , un isotopo prodotto dall'azione dei raggi cosmici nell'alta atmosfera. I livelli di  $^{10}\text{Be}$  dipendono dall'attività del campo magnetico terrestre. Infatti, l'aumento dell'intensità del campo magnetico determina un incremento dell'effetto protettivo dall'azione dei raggi cosmici sull'alta atmosfera e si traduce in una riduzione dei livelli di  $^{10}\text{Be}$  nel manto nevoso. Pertanto, le oscillazioni dei livelli di  $^{10}\text{Be}$  nel ghiaccio si possono mettere in relazione con le oscillazioni del campo magnetico terrestre e permettono la sincronizzazione delle carote di ghiaccio aventi diversa origine.

### Le prime perforazioni in Groenlandia

Le perforazioni sono state effettuate nell'ambito di numerosi progetti di perforazione delle calotte polari. Questi progetti hanno richiesto il superamento di numerose difficoltà tecniche e forti necessità economiche per installare e mantenere le stazioni di ricerca che accolgono il personale in ambienti dal clima difficile, trasportare materiali e ricercatori, progettare e costruire gli strumenti di perforazione, eseguire gli studi preliminari alle perforazioni, coordinare i lavori di analisi dei campioni di ghiaccio e di elaborazione dei risultati, che hanno coinvolto persone e laboratori di numerosi Paesi.

La prima perforazione in area polare è stata effettuata lungo la costa nord-occidentale della Groenlandia, nel sito di Camp Century, nel 1966. Dalle stratigrafie dei rapporti isotopici vennero ricostruite le variazioni di temperatura degli ultimi 100.000 anni e

fu possibile confermare che la storia della Terra si caratterizza per un'alternanza di periodi freddi, le ere glaciali, e periodi più tiepidi, le ere interglaciali. Infatti, i dati di Camp Century permisero di riconoscere l'attuale periodo interglaciale, l'Olocene, e l'ultimo ciclo glaciale. Inoltre, dai risultati ottenuti si può osservare che i cambiamenti climatici non avvengono in maniera graduale, ma attraverso brusche variazioni della temperatura, che portano il Pianeta da un regime climatico all'altro. Infatti, il passaggio dall'ultima era glaciale all'Olocene risulta visibile attraverso un periodo di transizione climatica noto come fase di deglaciazione.

Tuttavia, la storia climatica della Terra non appare come una semplice alternanza di periodi caldi e freddi: nelle stratigrafie relative all'ultima era glaciale si riconoscono una serie di oscillazioni della temperatura, eventi climatici più o meno brevi ed improvvisi. All'epoca della perforazione non fu possibile chiarire le cause di tali oscillazioni climatiche, né stabilire se si trattasse di fenomeni di importanza globale, piuttosto che anomalie climatiche locali o relative al solo emisfero settentrionale. Pertanto, nel 1971 venne avviato un nuovo progetto di perforazione, Greenland Ice Sheet Project (GISP), presso la Stazione Dye-3, nel centro-sud della Groenlandia.

La nuova carota di ghiaccio permise di osservare le stesse oscillazioni termiche evidenziate a Camp Century nell'ultima era glaciale, ma per confermare la correlazione tra i risultati e trarre le prime conclusioni era necessario effettuare una buona datazione dei campioni prelevati nei due siti. La carota di Camp Century venne datata attraverso il calcolo della variazione stagionale dei rapporti isotopici, ma permise una datazione affidabile solo negli ultimi 8,3Kyr. La carota di Dye-3 venne datata anche attraverso la conta diretta degli strati di ghiaccio, riconosciuti ad occhio nudo. Questi metodi hanno permesso la datazione affidabile dei campioni relativi agli ultimi 90Kyr e hanno permesso di concludere che le oscillazioni di temperatura osservate a Camp Century e Dye-3 sono ben correlate; da ciò venne avanzata l'ipotesi che tali oscillazioni evidenziasse cambiamenti climatici importanti a carico di tutta la regione del Nord Atlantico.

### **Le prime osservazioni globali.**

Nel tentativo di valutare la portata globale dei cambiamenti climatici osservati in Groenlandia, i risultati ottenuti a Camp Century e Dye-3 sono stati paragonati a quelli ottenuti in Antartide nel 1968, presso la stazione di ricerca americana Byrd.

Nonostante le maggiori difficoltà incontrate nella datazione dei campioni e la bassa risoluzione, a causa del minore accumulo di neve, è certo che il record di Byrd Station si estende fino a 75Kyr BP, coprendo l'ultima glaciazione e l'attuale Olocene. I parametri climatici evidenziano caratteristiche leggermente diverse rispetto alla Groenlandia: l'era glaciale evidenzia un'alternanza tra periodi brevi più freddi e periodi tiepidi di maggiore durata, mentre le oscillazioni della temperatura risultano meno ampie e non raggiungono i livelli interglaciali. Tuttavia, si evidenziano anche buone corrispondenze: l'ultimo massimo glaciale sembra collocarsi circa 17 Kyr BP, seguito da un periodo di deglaciazione che termina con l'inizio dell'Olocene, circa 11 Kyr BP, come già osservato a Camp Century.

Questi dati sembravano evidenziare un collegamento climatico tra gli emisferi, ma i parametri ottenuti a Byrd Station non permisero una buona correlazione temporale con i risultati della Groenlandia a causa delle dinamiche complesse della massa glaciale, che ostacolarono le operazioni di datazione dei campioni. Pertanto, le informazioni non furono sufficienti per avanzare ipotesi concrete sui meccanismi climatici di collegamento interemisferico attivi nel passato, né per mettere pienamente in relazione le oscillazioni climatiche dell'ultima era glaciale con quelle osservate in Groenlandia.

I risultati ottenuti a Camp Century e Dye-3 trovarono conferma nel 1987 attraverso una nuova perforazione presso il sito di Renland, lungo la costa orientale della Groenlandia. Si osservò che l'ultima era glaciale appariva interrotta da periodi di clima mite della durata di 500-2000 yr. Le variazioni di temperatura apparivano molto irregolari, ma ben definite; pertanto, i risultati ottenuti portarono all'ipotesi di un collegamento interemisferico complesso, forse regolato dalla circolazione oceanica del nord Atlantico, possibile forza motrice degli scambi di calore tra i due emisferi attraverso l'intero Pianeta.

Tuttavia, la conferma della situazione climatica dell'emisfero settentrionale nell'ultima era glaciale si ebbe attraverso i progetti successivi, negli anni 1990-1992 nel sito di Summit, che portarono alla perforazione della calotta nel centro-nord della Groenlandia: Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP-2) e Greenland Ice Core Project (GRIP).

L'analisi delle stratigrafie dei rapporti isotopici confermò una buona correlazione dei dati rispetto alle precedenti perforazioni e permise di confermare la presenza di 24 oscillazioni climatiche rapide ed improvvise nell'ultima era glaciale; tali variazioni della temperatura vennero denominate eventi Dansgaard-Oeschger (DO) o "fast variations" e vennero riconosciute come eventi interstadiali caratteristici del clima dell'emisfero Nord. In tale contesto si valutò che gli eventi DO si manifestavano in modo alquanto irregolare, ma ogni evento seguiva uno schema preciso: ogni evento DO iniziava improvvisamente e portava la temperatura a livelli quasi interglaciali in pochi decenni, poi terminava gradualmente o a stadi, con un ritorno al clima glaciale in un arco di tempo da 500 a 2000yr. Secondo una prima stima, durante ogni singolo evento DO le temperature medie potevano oscillare di 8-16°C, raggiungendo valori di 12-13°C inferiori a quelli odierni nei periodi freddi, fino a toccare valori corrispondenti a quelli dell'ultimo massimo glaciale.

### **Lo studio dell'Eemiano e il paragone con l'Olocene.**

I progetti di perforazione della calotta polare in Groenlandia hanno permesso una buona caratterizzazione dell'Olocene e dell'ultimo periodo interglaciale, l'Eemiano.

Dall'analisi delle stratigrafie di Camp Century relative all'Olocene si evidenzia il rapido raggiungimento di un Optimum Termico e un periodo successivo di generale stabilità climatica in cui si riconoscono deboli oscillazioni della temperatura su scala secolare: il primo Optimum Termico si colloca all'incirca 7-6 Kyr BP, seguito dall'Optimum dell'età Romana 2 Kyr BP, l'Optimum del medioevo 1 Kyr BP e la Piccola Età Glaciale AD 1350-1850, in cui si evidenzia il decennio 1690-1700 come insolitamente freddo.

## Breve storia del clima sulla Terra

Il termine della Piccola Età Glaciale coincide con l'avvento della Rivoluzione Industriale, che ha segnato l'inizio dello sfruttamento su larga scala dei depositi di combustibili fossili. Questa fase corrisponde all'inizio di un periodo di forte incremento termico che dura da circa 150 anni e che ha portato la temperatura media del Pianeta a superare i valori registrati nell'Optimum Termico iniziale dell'Olocene.

Al contrario, l'Eemiano in Groenlandia appare in gran parte caratterizzato da una generale instabilità: si riconoscono oscillazioni climatiche di frequenza irregolare e di durata sia superiore al millennio che inferiore al secolo. In particolare, si evidenziano tre periodi più tiepidi, in cui si stima una temperatura media di 2°C superiore a quella attuale. L'instabilità climatica dell'Eemiano appare come una novità, rispetto alla situazione climatica più regolare caratteristica dell'Olocene. Tuttavia, il dato più anomalo consiste nell'evidenza di un periodo più tiepido e stabile negli ultimi 2 Kyr, prima della transizione che ha dato inizio all'ultima era glaciale. Tale periodo appare certamente di grande interesse nell'ambito delle ricerche climatiche, poiché descrive la situazione di un mondo poco più caldo di quello attuale, che potrebbe rappresentare la naturale evoluzione climatica della Terra in assenza dell'intervento umano sull'ambiente.

Sorge spontaneo domandarsi se l'anomalia riguardi la stabilità dell'Olocene o l'instabilità dell'Eemiano, riflettere su cosa abbia provocato l'instabilità climatica che caratterizza gran parte dell'Eemiano e come mai tali oscillazioni climatiche si siano interrotte quasi improvvisamente e non persistano nell'Olocene.

### **Antartide: la controparte della Groenlandia.**

Attraverso la perforazione in Antartide a Dome C nel 1977-1978, si cercò conferma degli eventi climatici osservati in Groenlandia. Le analisi dei rapporti isotopici confermarono la presenza di un periodo freddo tra 13-11 Kyr BP, forse correlato alla fase fredda Younger Dryas osservata in Groenlandia nell'ultima transizione climatica. Tuttavia, le incertezze nella datazione, dovute al minore accumulo di neve e alla minore risoluzione, non permisero di confermare il sincronismo degli eventi più recenti dell'Olocene, mentre fu possibile confermare che il massimo termico in Artide precedeva quello registrato in Antartide: questa osservazione rappresenta la prima evidenza certa dell'esistenza di una relazione interemisferica non in fase.

Risultati di più ampia portata vennero raggiunti attraverso le perforazioni della calotta polare nell'Antartide orientale, presso la stazione di ricerca russa Vostok. Questo progetto ha permesso di estendere per la prima volta lo sguardo sul passato remoto dell'Antartide e di porre le basi per lo sviluppo di una visione globale dei cambiamenti climatici.

La prima perforazione negli anni 1970-1974 ha permesso di ottenere le stratigrafie dei rapporti isotopici relative agli ultimi 160 Kyr, coprendo l'Olocene e l'ultimo ciclo glaciale; la seconda perforazione, negli anni 1980-1983, ha permesso di ottenere informazioni climatiche relative agli ultimi 420 Kyr, coprendo interamente gli ultimi quattro cicli glaciali che hanno interessato il continente.

I primi due cicli glaciali appaiono più brevi rispetto agli ultimi, che hanno evidenziato delle analogie: le temperature registrate in corrispondenza dei minimi glaciali appaiono stabili, mentre si stima che le temperature massime raggiunte ripetutamente negli ultimi 420 Kyr siano addirittura superiori a quelle attuali. Inoltre, la transizione dall'interglaciale alla successiva era glaciale si caratterizza per un lento raffreddamento iniziale, seguito sempre da un improvviso e temporaneo ritorno alle temperature interglaciali; d'altra parte, il massimo glaciale si verifica sempre sul finire dell'era glaciale.

I cicli glaciali due e quattro evidenziano simile durata, rispettivamente 17 Kyr e 20 Kyr, e si caratterizzano per un periodo stabile di 4 Kyr, seguito da un raffreddamento iniziale prima rapido poi più lento.

Il ciclo tre appare come un'eccezione: è più breve, circa 7 Kyr, e significativamente più caldo. Questo aspetto è stato messo in relazione con la diversa configurazione dei parametri orbitalici della Terra, che possono giustificare una riduzione del grado di insolazione dell'emisfero meridionale. Questo fenomeno potrebbe spiegare la riduzione della temperatura in Antartide e potrebbe spiegare cosa abbia dato avvio ad una fase di deglaciazione più precoce.

Tuttavia, risultati di più ampia portata vennero raggiunti con il Progetto EPICA, European Project for Ice Coring in Antarctica, che ha portato alla perforazione profonda della calotta polare meridionale. La prima perforazione è stata effettuata a Dome C, nell'Antartide orientale, a 1100 Km dalla costa e si è conclusa nel corso della campagna estiva 2004-2005; la seconda perforazione è stata effettuata nella Dronning Maud Land, nell'Antartide occidentale, a 500 Km dalla costa e si è conclusa nel corso della campagna estiva 2005-2006.

La perforazione effettuata a Dome C ha permesso di raggiungere una profondità di 3270,20 m e di ottenere una carota di ghiaccio ricca di informazioni climatiche. In questa zona, il clima molto freddo e secco comporta un accumulo nevoso piuttosto scarso di 25 kgm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>; pertanto, i campioni di ghiaccio presentano una bassa risoluzione temporale dei dati. Tuttavia, la buona conservazione della stratigrafia ha permesso lo studio di un intervallo temporale molto ampio, mai osservato in precedenza, corrispondente a 950 Kyr, e l'analisi delle oscillazioni climatiche relative agli ultimi otto cicli glaciali, fino a 740 Kyr BP.

Nella Dronning Maud Land il clima umido ha permesso un accumulo nevoso medio di 64 kgm<sup>-2</sup>yr<sup>-1</sup>; pertanto, la carota di ghiaccio ha permesso di ottenere stratigrafie chimiche ad alta risoluzione temporale. Questo ha permesso di studiare in maniera approfondita l'ultimo periodo glaciale, per verificare se gli eventi DO, memorizzati in entrambi gli emisferi, risultano contemporanei o sfasati nel tempo.

La carota EDC (EPICA Dome C) ha permesso di evidenziare due periodi climatici distinti:

- a) MPR (mid-pleistocene revolution), circa 900 Kyr BP
- b) MBE (mid-Brunhes event), circa 430 Kyr BP

L'evento MPR evidenzia una tendenza alla variazione della frequenza delle oscillazioni climatiche da 41 Kyr a 100 Kyr, mentre l'evento MBE ha segnato il passaggio agli ultimi quattro cicli glaciali, che evidenziano una ciclicità regolare di 100 Kyr in pieno accordo con i dati ottenuti a Vostok.

Il periodo intermedio, 740-430 Kyr BP, sembra essere di più difficile interpretazione: gli ultimi cinque cicli climatici evidenziano una ciclicità variabile, con situazioni di forte contrasto climatico. Infatti, si evidenziano minori oscillazioni delle temperature, con massimi glaciali meno intensi e periodi interglaciali meno caldi, ma di lunga durata. Le oscillazioni climatiche risultano in accordo con le variazioni dei parametri orbitali della Terra – eccentricità (100 Kyr) e obliquità (41 Kyr) – che regolano il grado di insolazione della superficie terrestre in base alla latitudine e alla durata delle stagioni.

Il periodo interglaciale V si distingue per la sua eccezionale lunghezza di circa 28 Kyr e sembra aver segnato un momento di passaggio tra due periodi a regime climatico molto diverso. A causa dei parametri orbitali e delle condizioni climatiche molto simili a quelli attuali, tale periodo viene considerato un ottimo strumento di paragone per valutare le possibili evoluzioni climatiche dell'Olocene, in assenza di ogni intervento umano. Questa osservazione permette di ipotizzare che, in assenza di emissioni antropiche, l'attuale regime climatico perdurerebbe molto a lungo nel tempo.

### L'altalena bipolare

Come abbiamo detto, nell'ultima era glaciale le carote prelevate in Groenlandia hanno evidenziato 24 “fast variations” in gran parte ben visibili anche nella carota di Vostok. Non tutti gli eventi DO sono ben correlabili a causa delle incertezze nella datazione dei campioni antartici, ma i cambiamenti climatici appaiono più rapidi in Groenlandia. Non è ancora chiaro cosa abbia indotto queste oscillazioni della temperatura, ma sembra che negli ultimi 50 Kyr abbiano coinvolto gli emisferi in maniera asincrona con una cadenza di 1-3 Kyr.

L'ipotesi più accreditata che spiega questa correlazione interemisferica tiene conto di una variazione dell'estensione della calotta polare settentrionale, a cui avrebbero fatto seguito la variazione dell'albedo e della circolazione termoalina, strumento di trasporto interemisferico del flusso termico attraverso la corrente oceanica.

Infatti, nel 1988 Heinrich ha studiato i depositi di rocce sedimentarie nell'Oceano Atlantico settentrionale e ha identificato i segnali geologici del rilascio di ingenti gruppi di iceberg durante l'ultima glaciazione, tra 14 e 70 Kyr BP. Questi eventi di disgregazione della calotta polare settentrionale sono stati chiamati “eventi di Heinrich” e sembra si siano verificati secondo un intervallo di 5-10 Kyr, nei periodi di massima variabilità climatica. Stando a queste osservazioni, si ipotizza che l'acqua dolce di fusione abbia provocato una riduzione della salinità superficiale dell'Oceano Atlantico, tale da alterare la circolazione termoalina e il meccanismo di trasporto del calore attraverso il globo. Questo avrebbe provocato l'inizio di una fase di raffreddamento al Nord, rallentando lo scioglimento del ghiaccio. Questo evento avrebbe ripristinato la circolazione termoalina e convogliato nuovamente il calore da Sud a Nord, dando inizio ad una fase di raffreddamento dell'emisfero meridionale e ad una contemporanea fase di riscaldamento dell'emisfero settentrionale.

Questo meccanismo spiegherebbe la variazione della quantità di calore rilasciato dall'Oceano Atlantico e le oscillazioni climatiche registrate nell'ultimo ciclo glaciale in Groenlandia. Sembra che gli eventi di Heinrich si siano verificati durante la fase più fredda di ogni gruppo di eventi DO e che abbiano determinato l'insorgere di un periodo caldo. Infatti, l'ultimo evento di Heinrich è avvenuto in concomitanza con il periodo freddo Younger Dryas, 14 Kyr BP, e si è concluso con l'inizio dell'Olocene.

In conclusione, le oscillazioni della temperatura indicherebbero che il meccanismo di trasporto del calore attraverso l'Oceano Atlantico ha funzionato ad intermittenza. Il clima pare controllato dal calore rilasciato dall'Oceano Atlantico, che sembra un importante strumento di regolazione della circolazione globale. Quindi, i cambiamenti climatici che influenzano o che sono collegati alla circolazione termoalina nel Nord Atlantico avrebbero una forte rilevanza globale.

La correlazione climatica asincrona tra gli emisferi trovò conferma nei dati ottenuti dall'analisi della carota prelevata a Taylor Dome, nell'est dell'Antartide, lungo il Mare di Ross. Infatti, l'ultima transizione climatica appare caratterizzata da ampie oscillazioni della temperatura, paragonabili a quelle osservate in Groenlandia: si evidenzia che i cambiamenti climatici registrati a Taylor Dome sono sfasati rispetto ai cambiamenti climatici avvenuti nella regione del Nord Atlantico di circa 1 Kyr.

Tuttavia, l'ultimo massimo glaciale in Antartide termina con un lento riscaldamento che si evidenzia a Byrd e Vostok e successivamente, circa 3 Kyr dopo, si manifesta a Taylor Dome e in Groenlandia. Pertanto, questi risultati sembrano evidenziare che il clima circum-antartico ha risposto in maniera non uniforme ai cambiamenti del flusso di calore attraverso la Corrente del Nord Atlantico, probabilmente in seguito al rimescolamento delle acque di provenienza orientale ed occidentale attraverso la Corrente Circumpolare, che regola i cambiamenti climatici nelle acque antartiche.

### La determinazione dei livelli di anidride carbonica

I livelli di CO<sub>2</sub> sono stati monitorati in maniera sistematica dal 1958, ma la carota prelevata a Vostok ha permesso di estendere questo record agli ultimi 420 Kyr e di evidenziare per la prima volta il legame tra l'anidride carbonica e le oscillazioni climatiche. Successivamente, le carote prelevate attraverso il Progetto EPICA hanno permesso di completare la raccolta dei dati fino a coprire gli ultimi otto cicli glaciali.

Da tale lavoro di analisi risulta una forte correlazione tra i livelli di anidride carbonica e i record dei rapporti isotopici: in linea di massima si osserva che livelli di CO<sub>2</sub> elevati sono correlati a temperature elevate, mentre livelli di CO<sub>2</sub> minimi sono associati a temperature basse.

Più nello specifico, dai risultati di Vostok risulta un andamento regolare negli ultimi quattro cicli glaciali, con oscillazioni di 20, 40 e 100 Kyr. Questi intervalli suggeriscono un forte legame tra le variazioni dei livelli di CO<sub>2</sub> e le variazioni dei parametri orbitalici della Terra: questa ipotesi permetterebbe di motivare le forti oscillazioni termiche osservate su scala globale, altrimenti non spiegabili attraverso la sola teoria di Milankovitch. Infatti, la semplice variazione dei parametri orbitalici è una forzante troppo debole, capace di determinare una variazione del grado di insolazione appena di 0,6%, secondo un ciclo dominante di 100 Kyr. Invece, si può pensare che la variazione dei parametri orbitalici possa determinare una variazione del grado di insolazione, i cui effetti sulle oscillazioni della temperatura verrebbero amplificati dalla variazione dei livelli dei gas serra, secondo un effetto feedback positivo.

Dalle osservazioni effettuate risulta che negli ultimi due periodi interglaciali si evidenziano livelli di CO<sub>2</sub> molto simili: il livello medio registrato nell'Eemiano è di 272 ppmv, rispetto al valore medio di 263 ppmv dell'Olocene, registrato fino al 1850. Gli ultimi 150 anni hanno visto aumentare in maniera costante i livelli di CO<sub>2</sub> fino a 368 ppmv, il più alto valore registrato nell'Olocene.

Questa relazione tra le oscillazioni dei livelli di gas serra e della temperatura nell'ultimo secolo pone serie preoccupazioni per il futuro, poiché con l'avvento della Rivoluzione Industriale l'uomo ha perturbato l'equilibrio del Pianeta attraverso l'immissione nell'atmosfera di gas serra, conseguenti lo sfruttamento delle riserve di combustibili fossili. Questa osservazione chiarisce la necessità di studiare i meccanismi dell'interazione tra il clima e il ciclo del carbonio, al fine di indagare sul possibile impatto tra il sistema climatico e la CO<sub>2</sub> e di comprendere quali siano le conseguenze climatiche delle perturbazioni antropogeniche.

In linea di massima si stima che il raddoppio dei livelli di CO<sub>2</sub> corrisponderebbe ad un aumento della differenza di temperatura di circa 1,2°C tra la superficie terrestre e la troposfera, ma per fare previsioni certe occorre basarsi su di un modello climatico complesso. Attualmente, l'incertezza maggiore riguarda la sensibilità del sistema climatico ad una forzante e le conoscenze incomplete sui possibili meccanismi di feedback che si possono attivare in risposta ad una forzante iniziale, tenendo conto che sia la sensibilità del sistema climatico che i fenomeni di feedback potrebbero operare in modo diverso a lungo termine.

I dati ottenuti in Antartide hanno permesso di fare delle buone valutazioni su scala globale e di mettere in relazione i cambiamenti climatici con le variazioni dei parametri astronomici, ma non permettono di spiegare gli eventi più rapidi, che sembrano collegati a processi di feedback. Ad esempio, la transizione dall'ultima era glaciale all'Olocene si caratterizzò per una variazione dei livelli di CO<sub>2</sub> del 40%, seguita da un aumento della temperatura di 2-4,5°C alle alte latitudini; tali osservazioni non rispettano le previsioni ottenute attraverso gli attuali modelli climatici e fanno presupporre una situazione molto più complessa. Pertanto, si è ipotizzato che le oscillazioni climatiche siano collegate al ciclo del carbonio e all'equilibrio ecologico del Pianeta attraverso le oscillazioni dei livelli di CO<sub>2</sub>. Per testare questa ipotesi sono stati messi a punto diversi modelli climatici in base ai quali la produttività biologica potrebbe controllare i livelli della CO<sub>2</sub> atmosferica secondo un meccanismo legato alla variazione della circolazione oceanica.

Negli ultimi due periodi interglaciali si osserva il raggiungimento di un massimo iniziale dei livelli di CO<sub>2</sub>, seguito successivamente da una riduzione di circa 10 ppmv; questo andamento sembra dovuto ad un incremento sostanziale delle attività biogeniche terrestri in seguito al raggiungimento dell'optimum termico, tale da provocare un aumento del fenomeno di cattura della CO<sub>2</sub> atmosferica per sostenere le attività fotosintetiche crescenti. Tuttavia, mentre nell'Eemiano i livelli di CO<sub>2</sub> rimangono costanti, nell'Olocene i livelli di gas serra aumentano negli ultimi 8 Kyr.

Questo dato sembra dimostrare che nell'Olocene non è stata ancora raggiunta una condizione di equilibrio nel ciclo del carbonio.

Alla luce di queste osservazioni, sembra necessario considerare l'intervento antropico come una nuova forzante di cui tenere conto nell'interpretare le oscillazioni climatiche relative agli ultimi 150 anni.

### Bibliografia

- Epstein, S. et al., Antarctic ice sheet: stable isotope analyses of Byrd Station cores and interhemispheric climatic implications, *Science* 1970, **168**, 1570-1572
- Johnsen, S.J. et al., Oxygen isotope profiles through the Antarctic and Greenland ice sheets, *Nature* 1972, **235**, 429-434
- Lorius, C. et al., A 30,000-yr isotope climatic record from Antarctic ice, *Nature* 1979, **280**, 644-648
- Daansgaard, W. et al., A new Greenland deep ice core, *Science* 1982, **218**, 1273-1277
- Lorius, C. et al., A 150,000-year climatic record from Antarctic ice, *Nature* 1985, **316**, 591-596

- Dahl-Jensen, D. et al., Paleotemperatures still exist in the Greenland ice sheet, *Nature* 1986, **320**, 250-252
- Genhoh, C. et al., Vostok ice core: climatic response to CO<sub>2</sub> and orbital forcing changes over the last climatic cycle, *Nature* 1987, **329**, 414-418
- Barnola, J.M. et al., Vostok ice core provides 160,000-year record of atmospheric CO<sub>2</sub>, *Nature* 1987, **329**, 408-413
- Legrand, M.R. et al., Vostok ice core: atmospheric chemistry changes over the last climatic cycle, *Atm. Env.* 1988, **22**, 317-331
- Lourius, C. et al., The ice-core record: climate sensitivity and future greenhouse warming, *Nature* 1990, **347**, 139-145
- Barnola, J.M. et al., CO<sub>2</sub>-climate relationship as deduced from the Vostok ice core: a re-examination based on new measurements and on re-evaluation of the air dating, *Tellus* 1991, **43B**, 83-90
- Johnsen, S.J. et al., Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core, *Nature* 1992, **359**, 311-313
- Bond, G. et al., Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period, *Nature* 1992, **360**, 245-249
- GRIP Members, Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core, *Nature* 1993, **364**, 203-207
- Grootes, P.M. et al., Comparison of oxygen isotope records from the GISP-2 and GRIP Greenland ice cores, *Nature* 1993, **366**, 552-554
- Broecker, W.S., Massive iceberg discharges as triggers for global climate change, *Nature* 1994, **372**, 421-424
- Bender, M. et al., Climate correlation between Greenland and Antarctica during the past 100,000 year, *Nature* 1994, **372**, 663-666
- Metzger, D.W. et al., Comparison of deep ice cores, *Nature* 1995, **373**, 393-394
- Howard, W.R., A warm future in the past, *Nature* 1997, **388**, 418-419
- Blunier, T. et al., Timing of the Antarctic Cold Reversal and the atmospheric CO<sub>2</sub> increase with respect to the Younger Dryas event, *Geophys. Res. Lett.* 1997, **24**, 2683-2686
- Stauffer, B. et al., Atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and millennial-scale climate changes during the last glacial period, *Nature* 1998, **392**, 59-62
- Blunier, T. et al., Asynchrony of Antarctic and Greenland climate change during the last glacial period, *Nature* 1998, **394**, 739-743
- Dahl-Jensen, D. et al., Past temperatures directly from the Greenland Ice sheet, *Science* 1998, **282**, 268-271
- Petit, J.R. et al., Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, *Nature* 1999, **399**, 429-436
- Johnsen, S.J. et al., Oxygen isotope and paleotemperature record from six Greenland ice core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP-2, Renland and NorthGRIP, *J. quat. Sci.* 2001, **16**, 299-307
- EPICA Community Members, Eight glacial cycles from an Antarctic ice core, *Nature* 2004, **429**, 623-628
- EPICA Community Members, One-to-one coupling of glacial climate variability in Greenland and Antarctica, *Nature* 2006, **444**, 195-198
- Stenni, B. et al., Expression of the bipolar see-saw in Antarctic climate records during the last deglaciation, *Nat. Geo.* 2010, DOI: 10.1038/NGEO1026
- Udisti, R. et al., Ricostruzioni paleoclimatiche e paleoambientali per l'ultimo milione di anni di storia climatica della Terra, dall'analisi di carote di ghiaccio prelevate in Antartide, *Climatologia, Nimbus* 37-38
- L. Mercalli et al., *Che tempo che farà – breve storia del clima con uno sguardo al futuro*, Rizzoli 2009

# Sicurezza e prevenzione nel riordino della scuola secondaria superiore: il ruolo degli Istituti Tecnici Chimici

Giuseppe POETA PACCATI

ISIS Giulio Natta, Via Europa, 15 - 24123 Bergamo  
poeta.paccati@gmail.com

## Riassunto

La riforma degli istituti tecnici ha riconfigurato il profilo educativo, culturale e professionale dello studente introducendo nelle discipline scientifico-tecnologiche, per la prima volta, la “formazione per la sicurezza” come valore intrinseco e non complementare o addizionale ponendo particolare attenzione alla dimensione etica ad essa connessa, al collegamento scuola e mondo del lavoro, ai diritti di cittadinanza, il rispetto dei valori della Costituzione, la salvaguardia dell'ambiente e lo sviluppo sostenibile. L'organizzazione della didattica deve tenere conto del carattere multidisciplinare dei temi della sicurezza ed è quindi necessario il coinvolgimento dei docenti sia del settore umanistico sia di quello tecnico-scientifico. Il percorso di formazione di tutti i chimici, insegnanti compresi, dovrà prevedere specifici insegnamenti sui rischi nell'industria, la sicurezza e l'igiene del lavoro.

## Abstract

The reform of technical institutes has reconfigured the educational profile, student cultural and professional marketing in the disciplines of science, technology, for the first time, the "security training" as intrinsic value and not complementary or additional paying particular attention to the ethical dimension connected to it, to link school and the world of work, the rights of citizenship, respect for the values of the Constitution, environmental protection and sustainable development. The organisation of teaching must take into account the multidisciplinary nature of security issues and therefore the involvement of both the humanities and the scientific and technical. The training of all chemicals, including teachers, must include lessons on specific industrial hazards, occupational safety and occupational hygiene.

## Incidenti e malattie professionali

La prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro, nonostante fossero argomenti presidiati da norme risalenti addirittura agli anni '50,<sup>1</sup> sono state colpevolmente sottovalutate o, addirittura, trascurate anche dalla scuola<sup>2</sup> che, in una sorta di sordità e cecità “sociale”, non è stata in grado di suscitare negli allievi – che saranno i futuri lavoratori, dirigenti e amministratori – quella sensibilità etica in grado di condizionare positivamente la società di domani. Nel contempo, è venuta meno anche la formazione di personale tecnico qualificato in grado di sostenere e favorire le politiche aziendali che coniugano l'attività produttiva e commerciale con importanti elementi di crescita sociale e che sono, sempre di più, un elemento strategico per il successo sul mercato dell'impresa.

Le statistiche degli infortuni e delle malattie professionali continuano a essere paragonabili a un bollettino di guerra che grava penosamente sulla coscienza di tutti. A essi si deve aggiungere la dolorosa sequela delle centinaia di migliaia d'invalidi con le loro famiglie rese altrettanto bisognose quasi quanto la stessa vittima dell'infortunio. I dati pubblicati dall'INAIL<sup>3</sup> confermano che il fenomeno degli infortuni, degli incidenti mortali e delle malattie professionali è ancora a livelli inaccettabili. In media si registrano ancora 2,7 morti al giorno. Ad esempio, considerando l'anno 2008, in Italia sono stati rilevati ben 932 casi,<sup>4</sup> quasi 1/3 di quelli rilevati in tutta l'Unione Europea che, nello stesso anno, sono stati 3.174.<sup>5</sup> Siamo perciò ancora molto lontani dall'aver assicurato ai lavoratori il diritto costituzionalmente garantito alla salute e incolumità sui luoghi di lavoro.<sup>6</sup>

Nemmeno l'entrata in vigore del Testo Unico sulla prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro, il D. Lgs. 626/94,<sup>7</sup> sembra avere avuto l'effetto che sarebbe stato lecito aspettarsi. Infatti, come mostrato nel grafico di Fig. 1,<sup>8</sup> i bassi livelli infortunistici registrati a partire dal 1994 s'inseriscono in una tendenza generalizzata alla diminuzione dei casi segnalati dall'Ente di previdenza che inizia già a partire dai primi anni '60.

1. DPR 547/1955, sulla Prevenzione degli Infortuni; DPR 303/1956, sull'Igiene del Lavoro.

2. G.P. Poeta, “La scuola, luogo strategico per la formazione e la diffusione della cultura della sicurezza e dell'igiene sul luogo di lavoro”, in: T. Pera, *Atti del X Congresso Nazionale della D.D.S.C.I.*, Verbania, 1996, pp. 295-305.

3. <http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop>

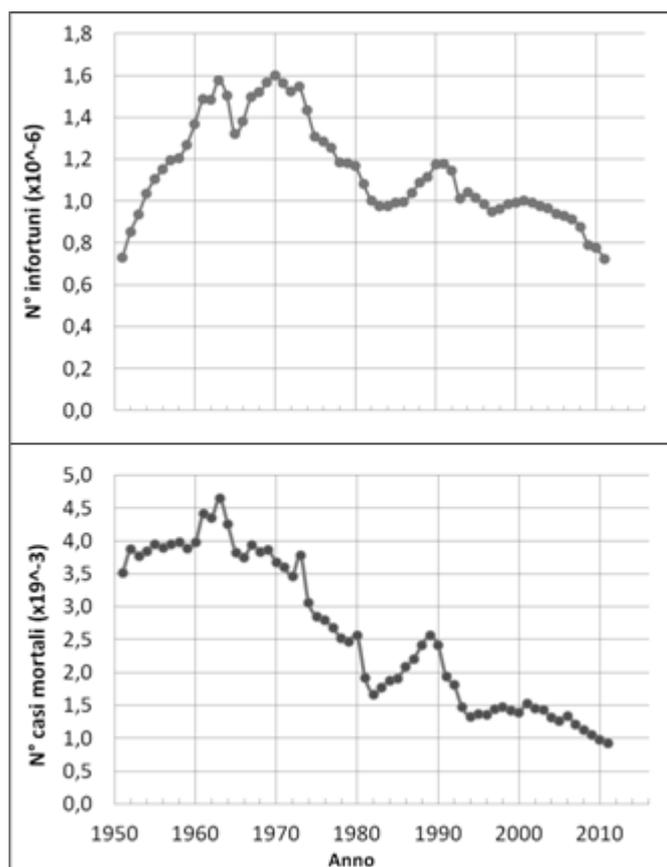
4. INAIL, *Rapporto Annuale 2011, parte quarta/statistiche, Infortuni e malattie professionali*.

5. Da EUROSTAT.

6. La salute e il lavoro costituiscono il fatto elementare ed originario che deve essere preso in considerazione come criterio preponderante per il riconoscimento della dignità morale e sociale dei cittadini.

7. Oggi sostituito dal D. Lgs 81/2008.

8. Dal 1° giugno 1993 (con il D.L. 20.5.93, conv. in L. 243/93) sono esclusi dall'assicurazione obbligatoria i lavoratori autonomi per i quali l'attività agricola non è prevalente ed altri particolari lavoratori agricoli.



**Fig. 1** – Andamento di incidenti e infortuni mortali (periodo 1950-2011).  
I dati sono definitivi solo con l'aggiornamento al 31 ottobre dell'anno in corso. (Fonte INAIL)

Le statistiche “ufficiali” non comprendono tutti i casi in cui non è obbligatoria la denuncia all'Ente previdenza e sfuggono ad ogni forma di controllo gli incidenti e le malattie professionali occorsi ai lavoratori che prestano la loro opera in regime di **“lavoro nero”**, o comunque di **lavoro irregolare**.

È stato stimato<sup>9</sup> che, in Italia, gli infortuni occorsi a lavoratori irregolari siano circa 210.000 ovvero circa un quarto del totale degli infortuni rilevati nel 2010 dall'Inail. Le malattie denunciate nel 2010 sono cresciute del 22%rispetto all'anno precedente e di queste il 60% è rappresentato da disturbi muscolo-scheletrici riconducibili all'intensità dei ritmi di lavoro. Solo per il 2010 l'Inail ha indennizzato 383 casi di morte per malattie professionali, ma “la ‘generazione completa’ di morti per queste malattie denunciate nel 2010 è destinata, nel lungo periodo, ad attestarsi intorno alle 1.000 unità”, come ammette l'ente stesso nel suo rapporto.

Nel caso delle malattie sfuggono le cosiddette **“malattie professionali perdute”** cioè quelle malattie che sono difficilmente rilevabili ad esempio a causa dei lunghi periodi di latenza di alcune patologie (croniche) e della difficoltà di dimostrarne la causa di lavoro. Infatti, con il cosiddetto “sistema misto” ora vigente, solo per le malattie tabellate vale la “presunzione legale di origine”, mentre per quelle non tabellate, spetta al lavoratore la dimostrazione dell'esistenza del nesso causale con l'attività lavorativa.

La riduzione del fenomeno infortunistico degli ultimi anni è solo apparente perché, ad esempio, mentre l'INAIL ha stimato in 920 i casi d'infortunio mortale per l'anno passato, l'Osservatorio indipendente sulle morti sul lavoro di Bologna<sup>10</sup> ne ha registrati invece più di mille (1170). Inoltre nel 2010 il tasso d'incidenza infortunistico è stato pari a 4,3 (infortuni/100.000 occupati) e non cambia di molto nel 2011 che è pari a 4,0. I casi mortali per ogni centomila ore effettivamente lavorate sono stati 2,5 nel 2010, e 2,6 nel 2011 e il rapporto tra infortuni mortali ed il totale degli incidenti sul lavoro è pari a 1,3 ogni 1.000 infortuni e non è sostanzialmente variato nel biennio 2010-2011.<sup>11</sup>

9. <http://www.lavoce.info/articoli/pagina1002071>. Per il 2009 l'Istat ha stimato in 2.965.600 le unità di lavoro non regolari in quell'anno e, applicando a tali stime i tassi di frequenza standardizzati da Eurostat degli infortuni sul lavoro indennizzati dall'Inail, si possono stimare in circa **93.000** gli infortuni con esiti superiori ai tre giorni.

10. <http://cadutisullavoro.blogspot.it/>

11. Anno 2009 = 2,59 (infortuni/100.000 ore lavorate); 41 (infortuni/100.000 dipendenti), 5,5 (morti/100.000 dipendenti). Nel 2010 i casi mortali sono stati 5 per ogni 100.000 dipendenti. <http://www.agoravox.it/Morti-sul-lavoro-in-sensibile-calo.html?pagina=1>

Non si deve trascurare infine anche la possibilità di una recrudescenza del fenomeno della *mancata denuncia dell'infortunio* da parte dei lavoratori perché preoccupati di rimanere disoccupati a causa dell'attuale pesante crisi economica.<sup>12</sup>

Il costo economico della mancata prevenzione è enorme: in base ai dati presentati dall'Inail nel maggio 2008, il costo sociale degli infortuni sul lavoro, in Italia, ammonta a circa **45 miliardi e mezzo** di euro,<sup>13</sup> pari al 3,2% del prodotto interno lordo.

### La mancata educazione alla prevenzione

Di fatto, nonostante che la funzione garantista e promozionale del legislatore a tutela dei beni della salute e dell'integrità fisica dei lavoratori sia stata esercitata, e si eserciti tuttora, con particolare intensità proprio sui luoghi di lavoro - che sono stati oggetto di un'attenta e minuziosa disciplina volta a porre il rispetto di questi beni al di sopra di qualsivoglia contingente interesse particolare - i risultati sono insoddisfacenti soprattutto a causa della mancata effettività dell'applicazione della norma di prevenzione e con essa, il mancato rispetto della volontà del legislatore.

Da questo punto di vista le organizzazioni preposte alla formazione delle nuove generazioni, hanno giocato, purtroppo, un ruolo che non ha contribuito efficacemente all'affermarsi del rispetto delle norme - non tanto "sulla carta" - ma nel concreto delle attitudini e dei comportamenti. Spesso ciò avveniva anche quando gli interventi necessari erano a "costo zero" tali cioè da non gravare sulle limitate risorse finanziarie necessarie per realizzare il dettato normativo di sicurezza. Fin dalle prime norme di prevenzione (anni '50) sarebbe stato necessario integrare i programmi di studio delle singole discipline con gli aspetti tecnici e scientifici della prevenzione del rischio industriale, della sicurezza e della prevenzione. Nei corsi di studio si doveva tenere conto, innanzitutto, dell'esigenza prioritaria della formazione alla tutela della salute, dell'incolumità degli operatori e della protezione dell'ambiente. Contemporaneamente era necessario avviare immediatamente un vasto piano di riqualificazione ed aggiornamento di tutto il personale della scuola. Si trattava, infatti, di riformare in breve tempo le attitudini e le competenze degli educatori affinché essi potessero, a loro volta, coltivare negli allievi una nuova sensibilità e più approfondite conoscenze tecniche e scientifiche necessarie per prevenire incidenti, infortuni, disastri industriali e ambientali. È difficile aspettarsi che gli allievi riorientino la loro cultura quando questo non è avvenuto, prima di tutto, nei loro insegnanti.

Un tale sforzo poteva essere credibilmente sostenuto solo se avesse visto mobilitati, sinergicamente, i ministeri competenti, le associazioni professionali, il mondo sindacale, le istituzioni scientifiche, l'università soprattutto. Come hanno rilevato autorevoli osservatori, la stessa formazione "in servizio" sulla prevenzione - obbligatoria per legge - in un sistema caratterizzato da una spiccata autoreferenzialità quale è quello della scuola e in presenza di un inefficace sistema di controllo esterno non sembra aver supplito a questa carenza.

Un ulteriore elemento che ha contribuito all'affermarsi di questa situazione è che anche il legislatore, così come la società civile, si è nei decenni mobilitato più sull'onda dell'emozione che di volta in volta si creava in occasione di eventi eclatanti invece che su una radicata coscienza civile e del diritto. Ciò è avvenuto, ad esempio, in seguito alla strage avvenuta il 13 marzo 1987 sulla nave metaniera della Mecnavi, **Elisabetta Montanari**,<sup>14</sup> in cui morirono asfissati 13 operai, ci fu un rinnovato impulso sui temi della prevenzione e delle pratiche per la gestione dei rischi.

La reazione a quell'evento tragico fu, infatti, molto forte e colpì profondamente anche l'opinione pubblica sia per le condizioni disumane e pericolosissime in cui erano costretti a operare - come in seguito si stabilì nel processo -,<sup>15</sup> sia perché alcune vittime erano solo dei ragazzi. Un anno dopo il tragico evento la Commissione parlamentare guidata da Luciano Lama iniziò in Parlamento l'iter che portò al recepimento delle norme europee di sicurezza sui luoghi di lavoro e l'emanazione del D. Lgs 626/94, il Testo Unico delle norme di sicurezza.

12. In merito alla valutazione quantitativa del fenomeno infortunistico e delle malattie professionali ricordiamo che l'articolo 8 del Decreto legislativo 81/2008 ha previsto l'istituzione del **Sistema Informativo Nazionale per la Prevenzione nei luoghi di lavoro (SINP)** al fine di fornire, tra l'altro, dati utili per orientare, programmare, pianificare e valutare l'efficacia della attività di prevenzione relativamente ai lavoratori iscritti e non iscritti agli enti assicurativi pubblici, anche tramite l'integrazione di specifici archivi e la creazione di banche dati unificate.

13. Il dato comprende le spese di assicurazione (26%), spese di prevenzione (32%), costi indiretti (42%).

14. La nave gasiera era alla fonda nel porto di Ravenna per lavori di bonifica delle stive. La stiva n. 2, dove erano al lavoro 18 operai, era un intreccio di cunicoli nei quali "i picchettini" dovevano rimuovere la ruggine e i residui di combustibile colati dai serbatoi, usando palette, spazzole e raschietti, stracci in condizioni di scarsa visibilità incuneandosi in ambienti ristretti e stando stesi sulla schiena o sul ventre in spazi non più alti 80-90 centimetri. Saranno i fumi e i gas tossici sprigionatisi da un incendio a non lasciare scampo a 13 di loro che moriranno asfissati nel disperato tentativo di raggiungere una via di uscita.

15. La perizia depositata nel dicembre del 1988 (otto tecnici nominati dal Magistrato) afferma: "Lo scenario in cui si operava rendeva l'evento catastrofico non dipendente dalla casualità ma piuttosto appartenente all'insieme delle quasi certezze"; e ancora: "al di là dei tempi e delle modalità con cui si è svolta la lunga agonia delle vittime un fatto rimane assolutamente certo ed inequivocabile: per nessuno degli operai rimasti intrappolati nella stiva dopo lo sviluppo dell'incendio vi era alcuna possibilità di fuga perché non erano state previste vie alternative d'uscita."



Cantieri **Mecnavi srl**, porto di **Ravenna 13 marzo 1987**. Durante le operazioni di manutenzione morirono 13 lavoratori (i "picchettini") nella stiva della nave gasiera E. Montanari.

### **"Carta 2000": un'occasione mancata!**

Dal 3 al 5 dicembre 1999 - in occasione di uno dei momenti di risveglio della coscienza politica e sociale - si svolse a Genova, organizzata dai ministeri del Lavoro, della Sanità e dell' Ambiente, di concerto con la Presidenza del Consiglio, con la Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province, con la Regione Liguria, con la Provincia e il Comune di Genova, una Conferenza Internazionale sulla sicurezza nei luoghi di lavoro. In tale occasione fu presentata la " Carta 2000", il manifesto programmatico del governo di allora, delle istituzioni, amministrazioni locali e parti sociali, per vincere la battaglia degli incidenti e degli infortuni.

"Carta 2000" introduceva idee veramente innovative perché, ad esempio, sosteneva l'idea che le leggi, da sole, non erano sufficienti a raggiungere gli obiettivi di prevenzione se, nel contempo, non si modificava la "cultura". Pertanto si riconosceva il **ruolo strategico dell'insegnamento** della prevenzione già a partire dai banchi della scuola perché solo in questo modo era possibile farla entrare nella coscienza profonda dei futuri lavoratori e dei futuri imprenditori. Si riconosceva quindi che la tutela dell'incolumità degli individui e della loro salute non dipendeva solamente da regole da rispettare o da obblighi da adempiere ma dovesse entrare nel patrimonio dei valori delle persone nella piena consapevolezza che lavorare in sicurezza, oltre a tutelare la vita umana, aumenta la ricchezza di un Paese, ne taglia alla radice una parte di costi sociali ed è motore per una sana competitività economica. Ma non solo: già allora si riconosceva che non poteva esserci contrapposizione tra salute-sicurezza e difesa-sviluppo dell'occupazione e che a tal fine occorreva rendere coerenti le politiche di crescita e di competitività con gli obiettivi della qualità della vita nei luoghi di lavoro. I dati sugli incidenti, purtroppo, ci dicono che, da allora, ben poco si è ottenuto.

Gli impegni che si assumevano per la scuola erano i seguenti:

1. Introduzione nelle attività scolastiche informazioni relative alla salute e sicurezza nonché - ove possibile e necessario - rilettura dei programmi di studio al fine d'implementare la cultura della prevenzione dei rischi negli ambienti di vita e di lavoro nei curricula relativi ai settori interessati, anche con l'eventuale utilizzo di strumenti informatici e con una significativa partecipazione dell'Osservatorio permanente per la sicurezza nelle scuole, costituito presso il Ministero della Pubblica Istruzione.
2. Inserimento nei Piani dell'Offerta Formativa (P.O.F.), con particolare riferimento ai cicli scolastici con indirizzo tecnico-professionale, di percorsi che sviluppino opportunamente il tema della sicurezza sul lavoro.
3. Avvicinamento verso le tematiche in questione dei vari percorsi formativi, in ragione dei diversi livelli e tipologie di istruzione interessati.
4. Predisposizione - ove necessario - delle attività consequenziali, a seguito dell'eventuale previsione normativa di nuove figure professionali operanti nel campo della sicurezza.

Ebbene, nei dodici anni trascorsi da Genova 2000 a oggi, poco è successo di quanto fu stabilito in quella autorevole sede. Inoltre, in questi anni si è assistito al proliferare delle tante "educazioni": ambientale, alla Costituzione, del lavoro, stradale, alimentare, alla salute, legalità ecc., che è il sintomo dell'incapacità di integrare in una visione unitaria i differenti saperi. Ciò è avvenuto anche a causa del ruolo giocato dal persistere dell'attitudine al perseguimento d'interessi particolari, dal sovrapporsi di funzioni e competenze da parte di organismi, enti e amministrazioni e la scuola stessa e la carenza di comunicazione tra le differenti istituzioni pubbliche. Nello stesso tempo, in nessun caso l'autorità centrale ha saputo dare organicità, fino ad oggi, alle singole iniziative e, anche a causa di ciò, esse non sono mai divenute patrimonio stabile e condiviso della scuola.

### La legge di riordino degli studi secondari superiori: una nuova occasione?

L'introduzione del nuovo quadro di riferimento culturale, didattico e organizzativo degli insegnamenti secondari degli istituti tecnici ripropone, potenziandoli, tutti i temi indicati sopra. Ancora una volta la scuola è "fortemente" sollecitata a farsi carico di comportamenti virtuosi che potrebbero fare di questa istituzione il vero motore del rinnovamento delle coscienze e delle competenze dei futuri lavoratori.

Le norme di riordino della secondaria superiore tengono conto di alcune strategie europee in materia di istruzione e formazione. In particolare:

- Le competenze di *cittadinanza attiva*.<sup>16</sup>
- La diffusione di approcci interdisciplinari nell'insegnamento e un maggiore peso assegnato nei nuovi programmi scolastici alle competenze trasversali, alla diffusione delle TIC (Tecnologie dell'informazione e della comunicazione), al raccordo più stretto della scuola con il mondo del lavoro.<sup>17</sup>
- La promozione della conoscenza e l'innovazione come motori dello sviluppo, soprattutto attraverso il miglioramento della qualità dell'istruzione, il potenziamento della ricerca, l'utilizzazione ottimale delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, in modo che le *idee innovative* si trasformino in nuovi prodotti e servizi tali da stimolare la crescita e favorire l'occupazione.<sup>18</sup>

È significativo il richiamo alla necessità di sviluppare il pensiero critico, le competenze per "imparare ad imparare" e le metodologie dell'apprendimento attivo, aperto al rapporto con il mondo del lavoro. Agli istituti tecnici è affidato il compito di far acquisire agli studenti non solo le competenze necessarie al mondo del lavoro e delle professioni, ma anche le capacità di comprensione e applicazione delle innovazioni che lo sviluppo della scienza e della tecnica continuamente produce.

Essi devono divenire vere "scuole dell'innovazione", e pertanto sono chiamati ad operare scelte orientate permanentemente al cambiamento e, allo stesso tempo, a favorire attitudini all'autoapprendimento, al lavoro di gruppo e alla formazione continua. Nei loro percorsi non può mancare, quindi, una riflessione sulla scienza, le sue conquiste e i suoi limiti, la sua evoluzione storica, il suo metodo in rapporto alle tecnologie. In sintesi, occorre valorizzare il metodo scientifico e il sapere tecnologico perché abituanò al rigore, all'onestà intellettuale, alla libertà di pensiero, alla creatività, alla collaborazione, in quanto valori fondamentali per la costruzione di una società aperta e democratica.

Considerare gli istituti tecnici come "scuole dell'innovazione" significa intendere questi istituti come un laboratorio di costruzione del futuro, capaci di trasmettere ai giovani la curiosità, il fascino dell'immaginazione e il gusto della ricerca, del costruire insieme dei prodotti, di proiettare nel futuro il proprio impegno professionale per una piena realizzazione sul piano culturale, umano e sociale. In un mondo sempre più complesso e in continua trasformazione, l'immaginazione è il valore aggiunto per quanti vogliono creare qualcosa di nuovo, di proprio, di distintivo; qualcosa che dia significato alla propria storia, alle proprie scelte, ad un progetto di una società più giusta e solidale.

Infine, educare alla legalità significa elaborare e diffondere un'autentica cultura dei valori civili, cultura che intende il diritto come espressione del patto sociale, indispensabile per costruire relazioni consapevoli tra i cittadini e tra questi ultimi e le istituzioni. Consente, cioè, l'acquisizione di una nozione più profonda ed estesa dei diritti di cittadinanza, a partire dalla reciprocità fra soggetti dotati della stessa dignità, aiuta a comprendere come l'organizzazione della vita personale e sociale si fondi su un sistema di relazioni giuridiche, sviluppa la consapevolezza che condizioni quali dignità, libertà, solidarietà, sicurezza, non possano considerarsi come acquisite per sempre ma vanno perseguite, volute e, una volta conquistate, protette.

Le grandi agenzie ambientali governative, la grande industria e il mondo della chimica in generale, stanno elaborando e assumendo un codice di comportamento che individua strategie precise perché le nuove politiche aziendali siano sempre più improntate a criteri di qualità, trasparenza, tutela dell'ambiente e dei lavoratori. Per fare ciò le aziende, sempre in maggiore numero, tendono ad adottare – anche volontariamente - norme e regolamenti internazionali che riguardano, sia i sistemi di gestione della qualità, della sicurezza, della tutela ambientale ecc., sia il comportamento etico e la trasparenza dell'impresa. Tra quelle più significative ricordiamo ad esempio:

- **ISO 9000**, norme per l'organizzazione di un sistema di gestione della qualità;
- **ISO 14000**, standard internazionali per la gestione ambientale;

16. Documento "Italia 2020" e Raccomandazione Ue del 18 dicembre 2006 (2006/962/CE). La Decisione n. 1904/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 ha istituito il programma "**Europa per i cittadini**" mirante a promuovere la cittadinanza europea attiva e a sviluppare l'appartenenza ad una società fondata sui principi di libertà, democrazia e rispetto dei diritti dell'uomo, diversità culturale, tolleranza e solidarietà, in conformità della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, proclamata il 7 dicembre 2007.

17. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni intitolata: "*Competenze chiave per un mondo in trasformazione 25/11/2009*".

18. Comunicazione della Commissione Ue (COM 2010/2020) "*Europa 2020. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*", adottata dal Consiglio europeo il 17 Giugno 2010.

- **EMAS** (Eco-Management and Audit Scheme), strumento volontario creato dalla Comunità Europea che concerne la valutazione e il miglioramento delle prestazioni ambientali delle organizzazioni promuovendo il ruolo e la responsabilità delle imprese;
- **Ecolabel**, marchio europeo usato per certificare il ridotto impatto ambientale dei prodotti o dei servizi offerti dalle aziende;
- **OHSAS** (Occupational Health and Safety Assessment Series), standard internazionale di origine britannica per l'adozione volontaria di un sistema di gestione per il controllo di sicurezza e salute dei lavoratori;
- **EHS** (Environment, Health and Safety), programma per l'introduzione nelle politiche aziendali della visione integrata di Ambiente, Salute e Sicurezza;
- **Responsible Care**, programma volontario che si fonda sull'attuazione di principi e comportamenti riguardanti sicurezza, salute e protezione ambientale e sull'impegno alla comunicazione e trasparenza dei risultati raggiunti;
- **REACH**, (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), regolamento concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche che ha lo scopo principale di migliorare la conoscenza dei pericoli e dei rischi derivanti da sostanze chimiche e, al contempo, mantenere e rafforzare la competitività e le capacità innovative dell'industria chimica europea.<sup>19</sup>
- **CLP**, (Classification, Labelling and Packaging), regolamento che riguarda la classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e delle miscele<sup>20</sup> secondo i criteri del Globally Harmonised System di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche (**GHS**).<sup>21</sup>

Sono sempre di più le aziende che accettano l'idea di Responsabilità Sociale dell'Impresa (**Corporate Social Responsibility**, CSR) e quella di **sviluppo sostenibile**<sup>22</sup> - che è ritenuto la chiave di volta del progresso tecnologico nel nuovo secolo - sviluppando volontariamente programmi di autocontrollo sulle problematiche etico-sociali e ambientali, integrando le preoccupazioni di questa natura all'interno della visione strategica d'impresa. Già la nostra Costituzione, all'articolo 41, recita: "*L'iniziativa economica privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana. La legge determina i programmi e i controlli opportuni perché l'attività economica pubblica e privata possa essere indirizzata e coordinata a fini sociali.*" La sezione dell'ONU denominata **Global Compact** ha emesso delle norme guida che indicano i 10 criteri di comportamento che le imprese devono rispettare indipendentemente dalla legislazione del Paese in cui operano e che riguardano i diritti umani, il lavoro, l'ambiente e la lotta alla corruzione. È evidente il loro elevato valore etico e sociale e, anche se per ora la loro adozione è solo volontaria, le aziende che aderiscono sono in costante aumento.

Sempre di più si sta affermando una nuova "filosofia chimica" chiamata **Chimica verde** (Green Chemistry) o Chimica sostenibile. Essa prevede un nuovo ordine di priorità con cui si realizza l'innovazione scientifica e tecnologica sulla base di principi volti all'eliminazione di processi e sostanze ad alto impatto sulla salute dell'uomo e sull'ambiente.<sup>23</sup> Recentemente **IUPAC** e **OPCW** (organizzazione per la proibizione delle armi chimiche) hanno presentato un codice di condotta rivolto a chi opera nel settore chimico con la raccomandazione di riconsiderare il proprio codice etico e/o sviluppare nuovi principi per promuovere l'uso sicuro e corretto dei prodotti chimici nell'interesse di tutti e lo sviluppo della scienza verificando che questi principi siano in accordo con le leggi nazionali e le convenzioni internazionali.<sup>24</sup> Anche la **Società Chimica Italiana** ha preso posizione in favore dell'importanza di favorire una riflessione su questi temi come testimoniano numerosi articoli pubblicati sulla rivista: "*La Chimica & l'Industria*",<sup>25,26</sup> la recente formazione del Gruppo Interdivisionale di Green Chemistry,<sup>27</sup> l'approvazione della "*Carta dei Principi Etici delle Scienze Chimiche*".<sup>28</sup> Per gli aderenti alla SCI i principi etici fanno da collante e da ponte fra procedure, leggi nazionali

19. Tra le più importanti novità introdotte vi sono il fatto che sarà l'industria chimica a dover dimostrare la non dannosità dei prodotti che produce e/o commercializza e l'istituzione di un'agenzia europea per le sostanze chimiche **ECHA** (European Chemicals Agency). 20. Regolamento (CE) n. 1272/2008.

21. È un accordo internazionale creato dalle Nazioni Unite per sostituire i differenti standards usati nei vari Paesi per l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e dei preparati con altri validi globalmente. Il regolamento introduce nuovi criteri di classificazione e nuovi simboli di rischio. Le frasi R sono sostituite dalle **frasi H** (*Hazard statements*, "indicazioni di pericolo"), e le frasi S dalle **frasi P** (*Precautionary statements*, "consigli di prudenza").

22. Esso è incompatibile con il degrado del patrimonio e delle risorse naturali, la povertà, la violazione della dignità, della libertà e dei diritti dell'uomo.

23. F. Trifirò, "Per rispondere al REACH sviluppare una chimica verde e sostenibile", *La Chimica & l'Industria*, N. 5 - Giugno 2012.

24. F. Trifirò, "Ricordiamoci che come chimici abbiamo una carta dei principi etici", *La Chimica & l'Industria*, N. 3, Aprile 2012.

Sono elencati i **Principi Etici** promossi dalla **IUPAC**.

25. F. Dondi et. al., "Etica e Scienza per l'Ambiente un'Opportunità per la Chimica", *La Chimica e l'Industria*, n. 2, marzo 2007, p. 93.

26. R. Ernst, *Angew. Chem. Int., Ed.*, 2003, n. 42, p. 4434.

27. <http://www-2.unipv.it/photochem/greenchemistry/>

28. SCI, Carta dei Principi Etici delle Scienze Chimiche, [http://www.soc.chim.it/it/documenti/carta\\_dei\\_principi](http://www.soc.chim.it/it/documenti/carta_dei_principi)

29. F. Trifirò, "Ricordiamoci che come chimici abbiamo una carta dei principi etici", *op. cit.*

e convenzioni internazionali e le norme di condotta sui posti di lavoro.<sup>29</sup> Tra le iniziative “storiche” ricordiamo l’esistenza, ormai pluridecennale, del Gruppo Interdivisionale di Sicurezza in Ambiente Chimico (**GISAC**).<sup>30</sup> Compiendo una ricerca nell’archivio del Journal of Chemical Education, edito dall’American Chemical Society (ACS), utilizzando le parole chiave “Ethics” e “Safety” si ottengono, rispettivamente, 398 e 5.173 articoli che le contengono. Essi diventano 2.392 e 46.188 se la ricerca è estesa a tutte le riviste pubblicate dall’ACS.

Affinché sia concretamente realizzato questo ampio quadro di norme, regolamenti e principi, è necessario un cambiamento nelle politiche industriali che sarà possibile soltanto con una riconfigurazione della cultura d’impresa a partire dall’integrazione degli aspetti tecnologici e del business ai nuovi determinanti etico-sociali. Chi opera nelle aziende deve sentirsi soddisfatto vedendo che il proprio lavoro può contribuire alla sostenibilità economico-sociale senza che venga meno la congruenza tra i valori personali e quelli aziendali e senza che il benessere dell’azienda sia raggiunto a scapito di quello delle persone, della società e dell’ambiente. È quindi necessario, già a partire dalla formazione scolastica dei futuri tecnici, favorire la capacità di coniugare la competenza tecnica con più ampie competenze di legalità, responsabilità e di cittadinanza<sup>31</sup> grazie a specifici programmi d’insegnamento che mirino a far comprendere agli allievi che alla base della valutazione della funzionalità di apparati, impianti e processi, non vi sono solo le leggi della tecnologia e della scienza ma anche le valutazioni etico-sociali tra le quali quelle della tutela della salute, della sicurezza e dell’ambiente sono tra le più significative.

### Conclusioni

Il riordino degli istituti tecnici riconfigura gli indirizzi e ridisegna il profilo educativo culturale e professionale dello studente introducendo in modo diffuso e sistematico lo studio della sicurezza che deve essere svolto in coerenza con le competenze principali di *cittadinanza* per promuovere comportamenti generali adeguati e stili di vita sani e sicuri. Esso, inoltre, *deve suscitare una motivazione positiva* nei suoi riguardi e porre particolare attenzione alla cultura etica che è alla sua base perché sia sempre presente la riflessione sul rapporto fra Scienza, Tecnica, Uomo e Società.

Nella riforma il tema “sicurezza” è una chiave con cui affrontare i contenuti concernenti tutti gli indirizzi di entrambi i settori degli istituti tecnici e trova il suo sviluppo a partire già dal primo biennio quale paradigma di molte forme di apprendimento, spontaneamente sviluppate dai giovani o indotte in loro dall’istruzione e dalla formazione. Questi argomenti sono di tale importanza per la riforma che a essi è stato dato particolare risalto nella formulazione dei risultati di apprendimento dell’intero quinquennio e ogni indirizzo e ogni disciplina “tecnica” contengono - è bene sottolinearlo - specifici riferimenti a valori etico-sociali, perché l’allievo sia in grado di orientare i propri comportamenti in base ad un sistema di valori coerenti con i principi della Costituzione e con le Carte internazionali dei diritti umani e di analizzare il valore, i limiti e i rischi delle varie soluzioni tecniche per la vita sociale e culturale con particolare attenzione alla sicurezza nei luoghi di vita e di lavoro, alla tutela della persona, dell’ambiente e del territorio.<sup>32</sup>

Per quanto riguarda, in particolare, l’indirizzo “*Chimica, Materiali e Biotecnologie*”, si specifica che l’acquisizione delle competenze specifiche riguardanti i materiali, le analisi strumentali chimico-biologiche, i processi produttivi ecc., è realizzata tenendo conto delle esigenze delle realtà territoriali, nel pieno rispetto della salute e dell’ambiente. A conclusione del percorso quinquennale, il diplomato in questo indirizzo deve essere in grado di tenere conto dei temi della tutela ambientale, della gestione della sicurezza degli ambienti di lavoro oltre che della qualità dei prodotti, dei processi e dei servizi.<sup>33, 34</sup>

In tutti i percorsi dell’istruzione tecnica, la sicurezza è un valore da perseguire attivamente, attraverso le attività di progettazione, produzione, costruzione, gestione e organizzazione, svolte nel rispetto di criteri, regole e leggi dello Stato, secondo il principio che essa è un valore intrinseco e non complementare o addizionale alle attività. Sul piano organizzativo della didattica, questi argomenti sono multidisciplinari e coinvolgono tutti i docenti, negli aspetti generali e nella specificità culturale dell’istruzione tecnica. È quindi opportuno che tutti concorrano in maniera cooperativa alla progettazione e realizzazione degli esiti di apprendimento convenuti, con attività laboratoriali e, prioritariamente, attraverso la concreta applicazione dei principi della sicurezza nei contesti specifici ambientali e di apprendimento (T.U. 81/2008).<sup>35</sup>

30. <http://www.gisac.it/>

31. Linee guida per il passaggio al Nuovo Ordinamento, secondo biennio e quinto anno, punto 2.4: “La formazione alla sicurezza e al benessere nei luoghi di lavoro”. [http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id\\_m=8089&id\\_cnt=10814](http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id_m=8089&id_cnt=10814)

32. D.P.R. 15 marzo 2010 n. 88, Regolamento recante norme per il riordino degli istituti tecnici, (GU 15 giugno 2010, n. 137), allegato A (Profilo educativo, culturale e professionale dello studente a conclusione del secondo ciclo del sistema educativo di istruzione e formazione), punto 2.1: Risultati di apprendimento comuni a tutti i percorsi, e p.to 2.3: Profilo culturale e risultati di apprendimento dei percorsi del settore tecnologico.

33. DPR 15 marzo 2010 n. 88, Allegato C (Indirizzi, profili, quadri orari e risultati di apprendimento del settore tecnologico), p.to C6 (indirizzo “Chimica, Materiali e Biotecnologie”).

<http://www.forumscuole.it/rete-scuole/superiori/istituti-tecnici/regolamento-tecnici-1>

34. DPR 15 marzo 2010 n. 88, Allegato C, *op. cit.*

35. Linee guida per il passaggio al Nuovo Ordinamento, *op. cit.*

Nel proseguimento del percorso, le competenze specifiche indicate nei risultati di apprendimento si caratterizzeranno per una maggiore complessità e per una correlazione più specifica agli aspetti peculiari di ogni settore relativi sia all'uso di strumenti, sostanze, procedure e dispositivi, sia all'impatto sull'ambiente. Tutte le discipline concorrono, quindi, a sviluppare e a potenziare le competenze degli studenti in fatto di sicurezza, per arricchirne i profili con i riferimenti culturali ed etici indispensabili perché essi divengano lavoratori capaci di assumere comportamenti professionalmente responsabili. Per l'approfondimento delle tematiche nei contesti esterni alla scuola, possono essere proficuamente realizzati **stage e percorsi di alternanza scuola/ lavoro**.<sup>36</sup>

Negli ambiti d'integrazione così individuati è opportuno svolgere **approfondimenti disciplinari specialistici**, molto interessanti ai fini della contestualizzazione delle attività pratiche, dell'innovazione tecnologica o delle filiere produttive presenti nel territorio per lo sviluppo di comportamenti socialmente e professionalmente responsabili e per un progresso tecnologico sostenibile.<sup>37</sup> Tenuto conto degli elevati livelli di specializzazione che la pratica della sicurezza può assumere, nell'anno conclusivo dei percorsi si può perseguire l'obiettivo di favorire l'acquisizione, da parte degli studenti, di **certificazioni specifiche sulla sicurezza**, anche attraverso la collaborazione della scuola con soggetti esterni accreditati.

Per sostenere e favorire queste innovazioni del panorama scolastico non è più rinviabile l'introduzione nella formazione iniziale dei chimici - tra i quali ci saranno anche gli insegnanti di chimica - di specifici insegnamenti sulla prevenzione degli incidenti nell'industria, sulla sicurezza e l'igiene sui luoghi di lavoro. Essi sono ormai aspetti ineludibili, sia per la formazione degli insegnanti di chimica, sia per la corretta conduzione dei processi di produzione industriali e, in generale, del fare impresa. In caso contrario, nelle scuole, continueremo ad assistere alla sottovalutazione di questi contenuti anche da parte degli stessi allievi, perché visti più come distraenti rispetto allo sviluppo della loro carriera scolastica che non come importanti elementi di crescita culturale, etica e professionale. In alcuni casi (tra i pochi a conoscenza dell'autore) in cui nel piano di studi universitari dell'allievo erano previsti anche insegnamenti sul rischio industriale o sulla sicurezza in ambiente chimico, abbiamo purtroppo assistito alla contraddizione che, di fronte a esigenze di risparmio, questi insegnamenti sono stati i primi a essere fortemente ridimensionati quando non addirittura aboliti.<sup>38</sup>

36. Linee guida per il passaggio al Nuovo ordinamento, *op. cit.*

37. Linee guida per il passaggio al Nuovo ordinamento *op. cit.*

38. Sono almeno due i casi a conoscenza dell'autore verificatisi in due sedi universitarie di due Province lombarde.

## Bibliografia

- DPR 547/1955, sulla Prevenzione degli Infortuni.
- DPR 303/1956, sull'Igiene del Lavoro.
- G. P. Poeta, "La scuola, luogo strategico per la formazione e la diffusione della cultura della sicurezza e dell'igiene sul luogo di lavoro", in: T. Pera, Atti del X Congresso Nazionale della D.D.S.C.I., Verbania, 1996, pp. 295-305.
- INAIL, Rapporto Annuale 2011, parte quarta/statistiche, Infortuni e malattie professionali.
- Documento "Italia 2020" e Raccomandazione Ue del 18 dicembre 2006 (2006/962/CE).
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni intitolata: "Competenze chiave per un mondo in trasformazione 25/11/2009".
- Comunicazione della Commissione UE (COM 2010/2020), "Europa 2020. Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva", adottata dal Consiglio il 17 Giugno 2010.
- Decisione n. 1904/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 31 dicembre 2008
- Linee guida per il passaggio al Nuovo Ordinamento, secondo biennio e quinto anno, punto 2.4: "La formazione alla sicurezza e al benessere nei luoghi di lavoro".  
[http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id\\_m=8089&id\\_cnt=10814](http://nuovitecnici.indire.it/content/index.php?action=riforma&id_m=8089&id_cnt=10814)
- D.P.R. 15 marzo 2010 n. 88, Regolamento recante norme per il riordino degli istituti tecnici, GU 15 giugno 2010, n. 137.  
<http://www.forumscuole.it/rete-scuole/superiori/istituti-tecnici/regolamento-tecnici-1>
- F. Dondi et. al., "Etica e Scienza per l'Ambiente un'Opportunità per la Chimica", La Chimica e l'Industria, n. 2, marzo 2007, p. 93
- R. Ernst, Angew. Chem. Int., Ed., 2003, n. 42, p. 4434.
- F. Trifirò, "Per rispondere al REACH sviluppare una chimica verde e sostenibile", La Chimica & l'Industria, N. 5, Giugno 2012.
- F. Trifirò, "Ricordiamoci che come chimici abbiamo una carta dei principi etici", La Chimica & l'Industria, N. 3, Aprile 2012.
- SCI, "Carta dei Principi Etici delle Scienze Chimiche",  
[http://www.soc.chim.it/it/documenti/carta\\_dei\\_principi](http://www.soc.chim.it/it/documenti/carta_dei_principi)
- <http://www.lavoce.info/articoli/pagina1002071>.
- <http://cadutisullavoro.blogspot.it/>
- <http://www.agoravox.it/Morti-sul-lavoro-in-sensibile-calo.html?pagina=1>
- <http://www-2.unipv.it/photochem/greenchemistry/>
- <http://www.gisac.it/>

## L'utilizzo del piombo nella storia: breve excursus

Maura ANDREONI

andreotti.andreoni@inwind.it

Il mito delle razze di Esiodo (VIII/VII sec. a.C.) racconta dell'età dell'oro, dell'argento, del bronzo e del ferro, ma non menziona nessuna "età del piombo", verosimilmente perché questo metallo, insieme al mercurio e allo stagno, era di minore interesse per la fabbricazione degli oggetti più diffusi nell'antichità, cioè gli utensili, gli oggetti di ornamento e, soprattutto, le armi. Miti a parte, a differenza di quanto si è convenzionalmente stabilito per altri materiali caratterizzanti epoche ben precise, non esiste in effetti una "età del piombo", ma esso è stato utilizzato dall'uomo fin dai tempi più remoti essendo un metallo diffuso ovunque, facile da fondere e di semplice lavorazione.

L'apparizione del piombo è di poco posteriore a quella del rame e viene fatta risalire intorno all'VIII millennio a.C.. Non essendo presente allo stato nativo, fu probabilmente uno dei primi metalli ad essere stato estratto per fusione con elementari processi metallurgici che, con ogni probabilità, hanno insegnato all'uomo come l'uso del fuoco aprisse la strada anche all'estrazione di altri minerali.

I primi riferimenti storici risalgono al 1500 a.C. circa e dal primo millennio a. C. se ne ebbe un incremento nell'uso nell'area Mediterranea, soprattutto da parte di Fenici, Greci e Romani che lo utilizzarono in maniera davvero massiccia. Le miniere più ricche erano in Attica, in Macedonia, a Cipro, a Rodi, in Gallia, in Britannia, nell'Africa proconsolare, in Etruria, nell'Elba, in Sardegna, ma l'El Dorado del mondo antico era la Penisola Iberica (soprattutto dopo l'esaurimento dei centri minerari dei Balcani e della Grecia) e lo sfruttamento delle sue miniere fu la causa principale della colonizzazione greca, fenicia e poi romana.

Prima della realizzazione degli oggetti finiti, il piombo veniva colato, immagazzinato e commercializzato in lingotti, rinvenuti già in contesti del tardo bronzo. I lingotti romani, recuperati in gran numero lungo le rotte commerciali attraverso le quali venivano trasportati, erano marchiati e, generalmente, avevano la forma di parallelepipedo.

Riparazioni, saldature, legature, restauri, grappe e risarciture in piombo di varia tipologia sono note già dal contesto eneolitico; in età greco-romana, al piombo si ricorreva per riparare soprattutto i contenitori di grandi dimensioni, realizzati senza l'uso del tornio, che spesso subivano un collassamento laterale ancor prima della cottura.

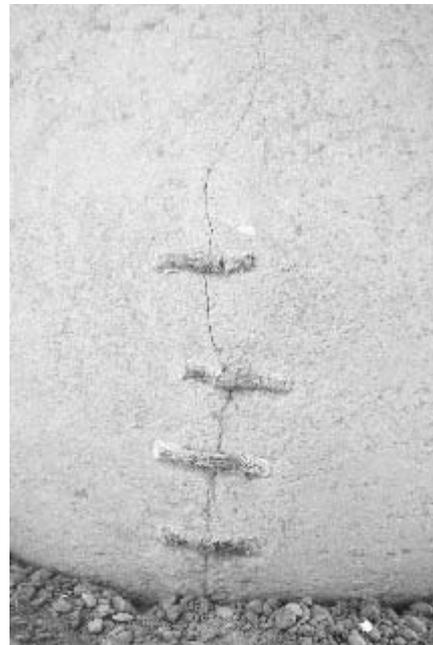
Essendo tale metallo poco attraente e prevalentemente usato per l'impiego di ordine pratico, gli oggetti in piombo di qualche pregio artistico sono rari, ma in ambito greco e romano talvolta si sono prodotti anche oggetti di ornamento a imitazione degli argenti o rari oggetti di culto come i celeberrimi tempietti dalla nave romana di Comacchio (I sec. a.C.).

Orecchini in piombo, così come piccoli rotoli cuciti sotto le falde di una corazza o legati alle zampe delle colombe potevano perfino occultare messaggi segreti.

Dalla prima età imperiale al IV/V secolo d.C., erano frequentemente lavorati in piombo sarcofagi, casse e urne destinate a contenere olle cinerarie di terracotta o vetro. I piccoli recipienti cilindrici decorati a stampo, diffusi sia in Italia che nella Penisola Iberica e in Britannia, e i grandi *labra* attestati nell'area vesuviana e a Populonia erano invece usati probabilmente solo per funzioni liturgiche.

Nella grande bronzistica del mondo classico, le statue più antiche avevano pareti spesse e con bassissimo contenuto di piombo (1-2%), mentre già in età ellenistica questo metallo era presente in proporzioni che potevano variare dal 4 al 7% e arrivare in alcuni casi anche al 15%.

Così come si sarebbe fatto diversi secoli dopo nelle grandi vetrate policrome, lamine o listelle di piombo furono utilizzate per tracciare i contorni di certi particolari nei mosaici pavimentali tra i più antichi della storia, come quelli degli inizi del IV sec. a.C. di Olinto e di Pella in Macedonia. E spesso era di piombo, oltre che di legno o terracotta, il



supporto degli *emblemata*, veri e propri quadretti dipinti, inseriti come raffigurazioni a sé stanti entro tappeti musivi per lo più a motivi geometrici.

Dagli scavi archeologici e dalle fonti letterarie sono giunte anche molte testimonianze di giocattoli degli antichi Romani realizzati con diversi materiali tra cui il metallo in questione: pedine, figurine maschili o femminili, vasellame miniaturizzato, mobiletti, arredi, questi ultimi ritrovati spesso nelle sepolture di bimbe prematuramente scomparse o di giovani donne morte nubili.

Generalmente il piombo non veniva utilizzato per le emissioni ufficiali di monete anche se rientrava in percentuali più o meno grandi nelle leghe. Risulta pertanto singolare il ritrovamento a Messapia (Murgia meridionale/Salento) di alcuni stateri con il tipo di Metaponto e Trapani del IV e III sec. a.C., per i quali è stato utilizzato piombo abbastanza puro, con tracce talmente esigue di argento da poter escludere che si tratti di monete suberate, ma piuttosto di monete di culto o monete non ufficiali realizzate come prove di conio, allo scopo di imitare le emissioni magnogreche più diffuse.

Fogli e tavolette in piombo sono stati usati per la scrittura dalle civiltà mesopotamiche, dagli Egizi, dai Greci, dagli Etruschi e naturalmente dai Romani. Le lamine venivano utilizzate soprattutto per iscriverci a sgraffio comunicazioni private o, come già detto, messaggi segreti, essendo il supporto facilmente ripiegabile e occultabile. Su lamine di piombo venivano scritte molto spesso anche le domande oracolari o testi più lunghi e ancora nel II sec. d.C. Pausania ebbe modo di vedere un'antichissima lamina di piombo su cui erano incise *Le opere e i giorni* di Esiodo. Secondo la testimonianza di Plinio (I sec. d.C.), prima della diffusione del papiro venivano usate lamine di piombo anche per la registrazione di documenti ufficiali destinati all'archiviazione.

Le *tesserae plumbeae*, ma anche di altri materiali più preziosi come l'osso e l'avorio, erano invece etichette scritte che avevano destinazioni diverse, mentre quasi esclusivamente in piombo erano le *tesserae nummulariae*, apposte sui sacchetti di denaro dagli addetti al controllo dopo la verifica del contenuto.

Nella maggior parte dei casi erano di piombo anche le *tabellae defixiorum*, lamine sulle quali venivano apposte formule magiche di maledizione contro determinate persone. Le lamine, ripiegate su se stesse, erano collocate generalmente nelle tombe e affidate al defunto che avrebbe dovuto consegnarle alle divinità degli inferi.

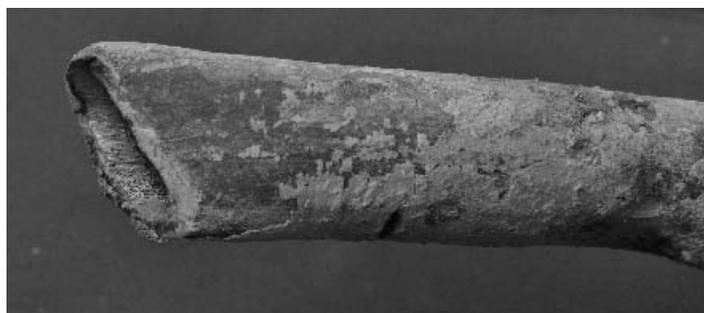
Molto spesso erano di piombo i pesi, le zavorre e alcuni componenti degli strumenti di misura che sfruttavano la peculiarità del grande peso ottenibile con poca massa. Pesi particolari erano le piccole barre fissate lungo i margini delle reti da caccia impiegate già nella Grecia del VI/V sec. a.C.. Barre simili furono usate a Roma dai *retiarii*, i gladiatori che combattevano con l'uso di reti appesantite con pesi di piombo disposti lungo il bordo.

Totalmente o parzialmente in piombo erano le ancore che, con l'aumento della produzione e il crollo del prezzo del metallo, cominciarono a sostituire in età ellenistica e romana i ceppi in pietra, utilizzati dalla fine dell'VIII al IV sec. a.C.. Anche se i ceppi in piombo più recenti risalgono al III sec. d.C., è probabile che questo tipo sia rimasto in uso fino alla fine dell'età antica, contemporaneamente alle ancore in ferro.

Lamine di piombo venivano efficacemente utilizzate per proteggere la chiglia ed il fasciame delle navi dalle teredini, molluschi marini voraci mangiatori di legno, e in piombo erano generalmente gli anelli delle vele e gli scandagli, forse i più importanti strumenti della navigazione antica, secondi per importanza solo all'abilità del *gubernator*.

Anche tra gli oggetti facenti parte del corredo militare sono stati rinvenuti diversi manufatti in piombo: alcuni fischietti di comando e soprattutto le cosiddette ghiande missili, *glandes missiles*, piccoli oggetti di forma ovoidale allungata, utilizzati sia dai Romani che da altre popolazioni in alternativa ai sassi. Lunghe dai 3,5 ai 4,5 cm, spesso presentavano decorazioni, iscrizioni o ingiurie nei confronti del nemico e venivano lanciate dai frombolieri (*funditores*), per mezzo di una fionda (*funda*). Analogamente, palle o blocchi di piombo e grosse pietre venivano lanciati dalle catapulte durante gli assedi, come quello di Siracusa avvenuto durante la seconda guerra punica nel 214/212 a.C.

In età romana, erano di piombo le condutture dell'acqua, *fistulae aquariae* (consolidate tra loro da un composto di stagno e piombo) che, secondo Vitruvio, erano meno salutari e più costose di quelle di terracotta.



Anche le valvole idrauliche erano prodotte con bronzo ad alto tenore di piombo e tutti questi manufatti hanno lasciato traccia di sé non solo sotto forma di singoli reperti, ma anche di residuo nel suolo, fatto che si rivela particolarmente importante per la stessa ricerca archeologica.

Il piombo ebbe da sempre varie applicazioni anche nell'edilizia per saldare i ramponi di ferro che legavano i massi o i

## L'utilizzo del piombo nella storia: breve *excursus*

tamburi delle colonne, per la copertura dei tetti degli edifici, per rinforzare internamente le colonne di pietra o mattoni, per la copertura delle grondaie e dei pozzi neri, per la foderatura delle cisterne, delle vasche e dei pavimenti di ambienti termali.

Il suo impiego si estese ben presto anche nel campo della cosmesi: già in Egitto, così come in Medio Oriente, in Grecia e a Roma, ci si serviva dei suoi composti per tingere i capelli (pratica che si protrasse più o meno inalterata fino al Medio Evo), truccarsi e proteggere dal sole e dalla disidratazione il viso e gli occhi.

Tra i prodotti cosmetici a base di piombo maggiormente usati però, prima tra tutti è da annoverare la *venenatissima* biacca, *psimithium* (detta anche *cerussam* per il suo aspetto simile alla cera), usata per schiarire la pelle. Si tratta di carbonato basico di piombo.



Quella più famosa si produceva a Rodi ed era ottenuta dalla distillazione e dal successivo essiccamento della raschiatura di piombo mista ad aceto. L'impasto veniva confezionato in pastiglie e, prima di essere spalmato sul viso, veniva mescolato al miele o a sostanze grasse ed eventualmente colorato con salnitro, feccia di vino o ocre rossa. Un grande utilizzo del "belletto bianco" si ebbe ancora nell'Europa del XVI/XVII sec. con la moda elisabettiana di radere i capelli molto in alto sulla fronte e mascherarne così la caduta causata dall'intensivo utilizzo della biacca.

Inoltre, oltre che in vetro soffiato, pasta vitrea, terracotta o alabastro, anche le boccette destinate alla conservazione di profumi, cosmetici e unguenti erano frequentemente realizzate in piombo, perché ritenuto metallo freddo e quindi adatto al mantenimento delle sostanze per lunghi periodi di tempo.

Il piombo era subdolamente presente anche nell'alimentazione, il campo maggiormente accusato, insieme alla cosmesi, di essere stato una sicura via di intossicazione (il saturnismo, vedi oltre per l'etimologia del termine) per la popolazione romana.

L'esempio che più frequentemente si porta è il vino, a causa delle tecniche di preparazione, di lavorazione del mosto e del successivo trattamento che determinava la formazione dello "*saccharum saturni*", cioè dell'acetato di piombo, estremamente tossico, ma considerato dai Romani solo un potente antiparassitario, fungicida e antifermantativo.

Dioscoride Pedànio, medico del I sec. d.C., aveva già osservato che questa sostanza poteva produrre mal di testa, nausea e dolore di stomaco, ma non aveva collegato quei sintomi all'assorbimento del piombo. Senza contare che, secondo quanto tramandato da Apicio (I sec. a.C./I sec. d.C.), moltissime ricette erano a base di vino o suoi derivati e spesso erano preparate, oltre che in *vasa coquinatoria* di ceramica, in contenitori di bronzo ad alto tenore di piombo, di peltro (lega basso fondente costituita da piombo e stagno e usata soprattutto in Britannia) o di rame e bronzo stagnato.

Anche le spezie potevano venire contaminate perché commercianti di pochi scrupoli aggiungevano piombo per esempio al pepe, abbastanza costoso, per aumentarne il peso.

Nella sua *Naturalis Historia*, Plinio si dilunga molto sull'utilizzo del piombo anche in medicina, campo nel quale grandi medici come Celso ne esaltavano le presunte virtù cicatrizzanti ed emostatiche. Con le sue scorie si combatteva la dissenteria e il tenesmo e con il *plumbum combustum*, cioè la limatura di piombo bruciata (considerata equivalente all'uso delle cenere del papiro), si medicavano gli occhi nei casi di distacco della retina. Lamine di piombo messe vicine ai lombi e ai reni erano consigliate contro il priapismo e le presunte virtù cicatrizzanti del metallo venivano sfruttate per trattare il taglio del cordone ombelicale e permettere la formazione corretta della cavità dell'ombelico.

A scopo terapeutico venivano utilizzati flagelli con palline di piombo alle estremità ed era uso mettere una lamina di piombo sul petto per amplificare la voce. Questo metodo fu utilizzato da Nerone stesso, che avrebbe messo a punto quello che nel XVI sec. Mercuriale e Maffei avrebbero denominato la "coibizione del respiro".

Grazie alla sua natura flessibile, il piombo, da solo o in lega con altri metalli come lo stagno, veniva utilizzato anche per

la realizzazione di strumenti chirurgici e particolari tipi di sonde, come i *tubuli* utilizzati per la terapia vaginale. Veniva inoltre usato per la fabbricazione dei pesi da farmacia (sono attestati frequenti pesi decorati in bronzo che però hanno all'interno un'anima di piombo) e dei contenitori di medicinali, per i quali, analogamente ai cosmetici, il freddo era considerato efficace dal punto di vista terapeutico.

Ovviamente il piombo entrò anche nelle pratiche di divinazione, specificatamente nella molibdomanzia, esercitata soprattutto in età tardoantica e nell'alchimia medievale. Il termine "molibdomanzia" (dal greco *molibdos* – piombo) fu coniato nel XVIII secolo, mentre il tardo latino e l'alchimia medievale davano a questo metallo il nome di *saturnum* (da cui saturnismo), associandolo sia al dio che al pianeta omonimi, entità potenti e distruttrici dei quali sottolineavano l'influenza negativa sull'organismo umano.

Il piombo aveva una connotazione malevola anche nella mitologia: a causa di una punta di lancia fatta di piombo morì la Chimera per mano di Bellerofonte e con il piombo ha a che fare anche una delle versioni del mito di Dafne, che fu appositamente colpita da Cupido con una freccia plumbea affinché rifuggisse dall'amore di Apollo. La freccia era quindi una *plumbata*, detta anche *martioarbulum*, un tipo di dardo con la punta di metallo appesantita col piombo, effettivamente utilizzato dall'esercito romano del tardo impero e di cui si ha conferma dai ritrovamenti archeologici.

In contesto paleocristiano, la bontà e la fede in Dio riescono comunque a sconfiggere tale negatività: secondo la tradizione, Miliano, il primo vescovo di Trevi (III sec. d.C.), fu condannato a morire dentro una caldaia di piombo fuso che però, al contatto del corpo del santo, miracolosamente si raffreddò.

### Riferimenti bibliografici

- A. BALIL, 1985 *Notas de lectura II. Un grupo de recipientes romanos de plomo decorados*, in *Valladolid* 51
- H. BLANK, 1992 *Das Buch in der Antike*, Beck, Muenchen
- J. M. BLAZQUEZ, 1978 *Economia de la Hispania romana*, Ediciones Najera, Bilbao
- M. CAVALLINI, 2005 *Fortuitum et sordidum opus. Appunti di storia della metallurgia* CRACE, Perugia
- R. DEGEN, 1992 *Plumbatae: Wurfgeschosse der Spätantike*, in *Helvetia Archaeologica*, vol. 2, pp. 139-147
- A. DONATI, 2005 *Epigrafia romana. La comunicazione nell'antichità*, Il Mulino, Bologna
- I. FIORENTINI RONCUZZI, 1984 *Il mosaico. Materiali e tecniche dalle origini a oggi*, Longo Editore
- J. E FOSS, SALZA PRINA RICOTTI, 1996 *Lead Pipes Use in Ancient Roman Irrigation System and Content of Pb in the Soil of Archaeological Sites* in *Bullettin of the Metal Museum*, Vol. 26, pagg. 37-47
- C. GIARDINO, 1998 *I metalli nel mondo antico. Introduzione all'archeometallurgia*, ed. Laterza
- C. GIARDINO, 2002 *I metalli e le leghe: archeometria e metallotecnica*, in *Le tecniche e i materiali di produzione*, Enciclopedia Archeologica vol. 2, Treccani, Roma
- M. GUARDUCCI, 1967 *Epigrafia greca*, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma
- J. F. HEALY, 1993 *Miniere e metallurgia nel mondo greco e romano*, L'Erma di Bretschneider, Roma
- M. Junkelmann, 2000 *Familia Gladiatoria: The Heroes of the Amphitheatre, Gladiators and Caesars. The Power of Spectacle in Ancient Rome*, University of California Press
- M.G. MAIOLI, 2010 *Oggetti in piombo ad imitazione degli argenti*, in *Oreficeria in Emilia Romagna: archeologia e storia tra età romana e Medioevo*, a cura di A. L. Morelli, I. Baldini Lippolis, *Ante Quem*, Bologna
- S. A. MUSCETTOLA, 1982 *Le ciste in piombo decorate*, in *La regione sotterrata dal Vesuvio. Studi e prospettive*, Atti del Convegno Internazionale (Napoli, 11-15 novembre 1979), Napoli
- C. NICOLET, 1977 *Rome et la conquete du monde méditerranéen I: Les structures de l'Italie romaine*, Presse Universitaire de France
- E. SALZA PRINA RICOTTI, 1996 *Giochi e giocattoli*, Casa editrice Quasar, Roma
- A. SICILIANO, V. NATALI, P. BOFFI, G. BRUGNOLA, A. CACUCCI, 1993 *Monete in piombo rinvenute a Messapia. Nuovi dati*, in *R.I.N. XCV*
- F. F. TYLECOTE, 1962 *Metallurgy in archaeology: a Prehistory of the metallurgy in the British isles*, London

# I Beni Culturali un prezioso patrimonio da conoscere per proteggere

Luigi CAMPANELLA

*Dipartimento Chimica de La Sapienza Università di Roma*

I Beni Culturali sono un prezioso patrimonio della nostra società. La loro protezione passa attraverso fasi diverse, la conoscenza, il restauro, la stabilizzazione. Per realizzare tali interventi le comunità scientifiche sono chiamate a collaborare con quelle archeologiche o storiche e con i restauratori, la cui esperienza rappresenta un insostituibile contributo al progetto di protezione dei BB.CC.

Conoscere significa però anche misurare e misurare significa creare le condizioni affinché l'acquisizione dei dati risulti affidabile. Potremmo dire: qualità delle misure qualità del progetto. Sembra un'identità ovvia ma purtroppo così non è se è vero come è vero quanto la UE denuncia: oltre 2.000.000 di misure assolutamente referenziate ed intracciabili in Europa ogni anno. È un problema di educazione e formazione, ma vorrei dire di cultura.

Quando si affronta il problema di un manufatto degradato, la fase della conoscenza è articolata in:

- Indagini preliminari.
- Raccolta di informazioni.
- Indagini ambientali.
- Indagini in campo.

Uno dei composti più studiati nelle indagini anzidette, e l'acqua. Infatti, essa:

- consente la mobilità di specie chimiche.
- è un ottimo agente chimico come solvente, perciò produce danni per solubilizzazione.
- è un acido ed è una base, così dà luogo a reazioni di idrolisi, cioè a reazioni acido-base.
- esiste un'interazione tra vapore d'acqua e luce solare: infatti, l'acqua in presenza di luce solare produce radicali di idrogeno e ossidrilici, i quali sono specie molto reattive.
- provoca anche danni di natura biologica perché la flora batterica, i funghi e le alghe proliferano con l'umidità.
- esercita anche un danno meccanico quando, ghiacciando, aumenta di volume producendo fratture e danneggiando le opere d'arte, soprattutto di quelle parti maggiormente soggette agli effetti della gelatura dell'acqua.
- veicola sali ed altri composti che esercitano azioni disagreganti.

L'acqua è la molecola nella quale coesistono vari tipi di legame:

1. ionico tra gli ioni idrogeno e ossidrilici.
2. Dativo tramite i lone pair dell'ossigeno
3. Legame idrogeno.

Essa può essere trasportata dalla risalita delle acque meteoriche per:

- Suzione.
- Diffusione.
- Osmosi.
- Elettroosmosi.
- Calore.

Restaurare significa ripristinare uno stato di malessere di un BB.CC., un degrado strisciante, un'alterazione progressiva, una situazione di aggressione spinta da parte di agenti esterni. Ecco che il restauratore diviene prezioso; mentre in passato però il suo lavoro era limitato all'intervento diretto sull'oggetto, oggi, sostenuto dalla conoscenza e da basi scientifiche, diviene motivato, supportato, qualificato. In passato i restauratori rappresentavano gli interlocutori tecnici degli esperti storici, archeologi; oggi le nuove figure scientifiche che l'Università forma rappresentano un notevole rafforzamento al sistema di protezione dei BB.CC.

L'ultima fase è quella che deve provvedere ad evitare che si ripetano gli inconvenienti ed i danni appena riparati. Per fare ciò si può intervenire sul materiale ma, come si comprende, questo è molto difficile; molto più ovvio o facile intervenire sull'ambiente e sull'educazione civile, spesso responsabili di degradi accelerati e di processi di alterazione. Ecco il primo punto sul quale il pubblico diviene un referente privilegiato: la sua educazione al rispetto è fondamentale per la vita delle nostre opere d'arte. Non è però questa la sola motivazione del ruolo primario del pubblico: i visitatori con la loro presenza sono al tempo stesso riconoscimento e sostegno economico alla gestione dei BB.CC.; essi rappresentano anche gli strumenti più idonei alla creazione e sviluppo di reti turistiche e di circuiti cittadini di conoscenza. Infine il cittadino, soprattutto nella sua espressione più giovane collegata al mondo della scuola, può essere la motivazione giusta per creare nella città siti dimostrativi di intervento finalizzate al tempo stesso a illustrare come si

svolgano gli interventi di restauro e quindi a realizzare esperimenti di formazione in vivo e dall'altro a facilitare quel processo di comunicazione a diffusione della cultura scientifica di cui i Beni Culturali sono l'oggetto più ovvio.

Per quanto riguarda invece l'ambiente sebbene oggi spesso l'attenzione dei ricercatori e dei tecnici dell'ambiente sia spesso concentrata sugli inquinanti organici anche a livello di traccia, storicamente sono stati gli inquinanti inorganici inorganici i primi ad essere studiati ed ancora oggi molte delle centraline che controllano l'inquinamento urbano misurano inquinanti inorganici come CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>.

Gli inquinanti inorganici oltre all'azione diretta che esercitano sull'ambiente e sulla salute umana, intervengono anche in via indiretta attraverso reazioni fra loro e con altri componenti naturali ed antropici dell'atmosfera interferendo sui bilanci ambientali di specie di grande importanza (radicali, ozono, composti alogenati) nei processi chimici dell'atmosfera, nella conservazione e protezione dell'ambiente, nella produzione di effetti ce svolgono un ruolo determinante sulla qualità dell'ambiente e su tutta la vita dell'ecosistema.

Un aspetto altrettanto importante si quello esaminato riguarda l'interazione di questi inquinanti con materiali dei Beni Culturali: la solfatazione dei materiali lapidei, la corrosione dei metalli, l'idrolisi di lignina e cellulosa sono alcuni dei processi legati alla qualità dell'ambiente che avvengono a danno dei BB.CC. con il loro conseguente degrado. Si comprende da ciò come il primo intervento protettivo di tali beni non possa che riguardare proprio l'ambiente nel quale sono collocati, venendo così a complementarsi l'un l'altra la scienza e la tecnologia dell'ambiente e quella dei Beni Culturali ed a integrarsi le esperienze maturate su fronti.

L'acidità atmosferica è il primo nemico dei Beni Culturali: essa è in grado di solfatare il marmo trasformandolo nell'assai meno nobile e stabile gesso, di corrodere a secco ed ad umido i materiali metallici, di idrolizzare lignina e cellulosa rendendole assai meno concrete e soprattutto, nel caso della carta assai meno abili a conservare e trasmettere informazioni e documentazione. Ma non solo l'acidità: anche i radicali prodotti nei processi imperfetti di combustione su cui si basano le produzioni energetiche, anche quelle nei veicoli a motore, sono specie reattive instabili e come tali responsabili dell'attacco ad innumerevoli matrici biologiche ed abiologiche. C'è infine il problema dell'ambiente indoor: la globalizzazione ha allargato le frontiere ed ha reso sempre più attuale il turismo di massa, al quale corrisponde un uso ed una funzione sempre più massificati delle opere d'arte: gli ambienti indoor dei musei diverranno però, in assenza di provvedimenti limitativi delle libertà individuali nell'interesse generale, altrettanti fonti di rischio e/o di danno per importanti opere d'arte per cui diviene sempre più necessario intervenire con monitoraggio e correzioni.

Così, d'estrema importanza è il monitoraggio indoor, ossia riferito agli ambienti interni quali i musei, le gallerie, che devono essere munite di sensori d'allarme per preservare l'incolumità dell'opera.

Oltre a quanto detto altri fattori risultano determinanti ai fini protettivi dei BB.CC.

- La temperatura, in quanto le variazioni di temperatura possono alterare le fasi e solubilizzarle.
- Il vento, e le radiazioni luminose, che sono responsabili dell'alterazione di molte sostanze organiche presenti sulle opere d'arte le quali, sottoposte all'azione delle radiazioni luminose, generano diversi prodotti di decomposizione generalmente colorati, che alterano quindi i colori originali dell'opera. Si parla in questo caso di processo di fotodegradazione. Se la luce contiene lo spettro di radiazioni centrato sulla lunghezza d'onda  $\lambda = 350 \text{ nm}$ , tale radiazione attiva gli ossidi semiconduttori presenti nel particolato atmosferico, i quali diventano catalizzatori delle reazioni di fotodegradazione.
- Le deiazioni animali soprattutto di uccelli e volatili per le opere esposte all'esterno.
- La flora batterica.
- I gas, gli aerosol, le deposizioni atmosferiche.

Le piogge acide contengono disciolti gas acidi prodotti dalle industrie, dagli autoveicoli e dagli impianti di riscaldamento assai pericolosi per l'integrità delle opere.

- Il particolato atmosferico, che sporca le opere, le attacca e catalizza molte reazioni fotodegradative.

In ogni modo, le tipologie di danno che può subire un'opera d'arte, dipendono dal tipo di materiale di cui essa è costituita.

Microclima cioè la condizione atmosferica media in cui è conservata l'opera d'arte, riferita ad opere d'arte che si trovano all'interno di pinacoteche e musei. In questo caso è necessario considerare l'inquinamento ambientale indoor. Ma poiché le pinacoteche e i musei sono ambienti che comunicano con l'esterno tramite finestre e porte, le relazioni tra inquinamento esterno e interno sono tali da obbligare i gestori a introdurre filtri, protezioni tra ambiente esterno e interno (ad esempio tra visitatore e opera d'arte). Spesso, si utilizza un sistema a carboni attivi posto in zone di comunicazione per abbattere l'anidride solforica, impedendole di passare dall'esterno all'interno. Gli ossidi di azoto sono invece ridotti da 40-90 ppb a 7-50 ppb mediante lavaggi alcalini, i quali abbattano la loro acidità. Inoltre la concentrazione media atmosferica dell'ozono che è pari a 10-20ppb, è abbattuta del tutto mediante l'uso di filtri a polimeri.

Esistono Limiti consigliati nell'ambiente interno degli inquinanti primari provenienti dall'esterno e sulla base dei valori reali misurati al Museo viene attribuito un livello di qualità.

Ogni museo adotta accorgimenti tecnici (filtri, lavaggi, condizionamento, sensori ambientali) per il rispetto di tali limiti

I Beni Culturali un prezioso patrimonio da conoscere per proteggere

Ozono 1ppb

Anidride solforosa >0.4ppb

Ossidi di azoto e acido nitrico 2.5ppb

Particolato atmosferico: particelle rimosse per il 95 % (coefficiente di abbattimento)

Per particolato atmosferico si intende particelle di diametro medio che va da 0.1  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  e oltre.

Nei musei si devono quindi usare filtri, lavaggi alcalini per rispettare i limiti consigliati.

### Classificazione dei musei

I musei sono classificati in musei di classe A o di prima classe e in musei di classe B o di seconda classe.

*I musei di classe A* sono caratterizzati da:

- Umidità relativa pari a  $55\pm 5\%$ , monitorata in continuo.
- Temperatura invernale a  $19\pm 1^\circ\text{C}$ .
- Temperatura estiva pari a  $24\pm 1^\circ\text{C}$ .
- $\text{SO}_x, \text{NO}_x > 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- $\text{O}_3 < 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Particolato rimosso almeno all'80%.

*I musei di classe B* sono invece caratterizzati da:

- Umidità relativa pari al 40-70%
- Temperatura ragionevolmente costante
- Inquinanti atmosferici senza alcuna specificazione

## I musei scolastici come struttura culturale decentrata

Luigi CAMPANELLA

*Dipartimento Chimica de La Sapienza Università di Roma*

Da presidente della Società Chimica Italiana ( ho terminato il mio mandato al 31 dicembre 2010) ho nel biennio passato lanciato la creazione di una catena di Musei di Chimica capace di allargare il patrimonio culturale chimico dei cittadini e di offrirsi come opportunità anche turistica al territorio ed ai visitatori. MI aspetto di collegare a questa istituenda rete un'altra che si basi sulle strutture scolastiche alla quale lavoro invece da molto tempo. Viviamo un momento particolare della vita scientifica e culturale: da un lato i problemi economici mondiali richiedono un sempre maggiore impegno della ricerca in favore di problemi e tematiche di acquisito ritorno economico, dall'altro il gusto dei valori storici e delle tradizioni culturali è in grande rilancio come componente essenziale della formazione dei singoli e dello sviluppo della società intesa come depositaria di valori irrinunciabili e di stimoli insostituibili alla crescita intellettuale. Così mentre si rivendicano maggiori impegni finanziari per la ricerca applicata intesi come investimenti in favore delle future generazioni, contemporaneamente si fanno più pressanti le richieste in favore di risorse da elargire verso programmi ed iniziative che per la loro stessa natura possono considerarsi all'opposto rispetto ai valori quantificabili in termini di entrate ed uscite e di bilanci finanziari.

A causa delle difficoltà economiche in cui ci dibattiamo e delle esiguità dei finanziamenti si moltiplicano le imprese. I programmi finalizzati a valorizzare l'esistente, quindi a prescindere da grossi investimenti di tipo strutturale. In questo senso sono state recuperate numerose iniziative, di carattere museale sparse sul territorio, correlandole tra loro e rendendole fruibili dai cittadini: con l'attivazione degli "itinerari", sorta di viaggio tra la scienza, finalizzata all'esplicazione di singole termiche, il Museo multipolare ha di fatto preso il posto dell'unipolare. Sono anche state predisposte iniziative nuove: mostre, esposizioni mai presentate, raccolte di materiali, documentazione, strumentazione riassetate, ed illustrate, cicli di conferenze, molte delle quali in rapporto con la scuola.

D'altra parte a questo recupero ha anche contribuito l'aspirazione a valori storici della cultura, un processo, questo, ormai in atto nel nostro Paese, come in molte altre società industriali che ha conseguito un progressivo riequilibrio del bilancio della ricerca scientifica e tecnologica per lunghi anni in precedenza, troppo spostato sul fronte produttivistico a danno di quelli culturale e sociale. Tale recupero ha prodotto nel campo delle scienze strumentali un progressivo riavvicinamento ed un crescente interesse per la strumentazione e per le raccolte e gli archivi, intesi non più come semplice documentazione. ma come componenti essenziali di una disciplina, sulla base di una stretta correlazione fra teoria e sperimentazione, fra idee e fatti.

Un punto importante riguarda il rapporto con la scuola: da questo punto di vista il ruolo formativo ed informativo del Museo nel quale gli aspetti storici risultano prevalenti è stato mitigato, temperato, direi riequilibrato, da una visione più sociale e più didattica, mettendo a disposizione della scuola, attraverso il materiale raccolto e illustrato, strumenti nuovi e non altrimenti disponibili.

I giovani hanno più volte mostrato un interesse crescente e una grande disponibilità verso le tematiche dei musei, la loro storia, gestione e sviluppo. Non bisogna deludere i loro entusiasmi; bisogna così accoppiare al lavoro organizzativo e strettamente propositivo, una attività di formazione e divulgazione nella quale il ruolo delle Università è evidentemente prioritario. Con la convinzione che i due aspetti non possano e non debbano procedere separatamente, quantunque, in alcuni casi, con delle realizzazioni parziali, ma che sottolineano tuttavia il debutto di un piano d'azione unitario, si deve pensare alla Istituzione dei Dottorati per Tecnici di gestione dei Musei che possono rappresentare nuovi sbocchi scolastici e occupazionali per i diplomati della scuola secondaria.

Vanno proposti programmi sui temi della Divulgazione Scientifica, della Sperimentazione didattica, della Storia e della Filosofia delle Scienze, dell'Archeologia Industriale e sulla trasformazione dell'esistente attraverso l'Arte e la Scienza. Bisogna non farsi attrarre dalla logica dei ripari e delle wunderkammer, alla ricerca ingannevole e pericolosa di un'epifania della scienza, ma mantenere stretti contatti con la realtà per avvicinarsi ai giovani.

È molto significativo che questa interazione sia stata già attivata per mezzo di iniziative che partivano proprio dalla scuola secondaria. Si è giunti in tal modo a due importanti risultati:

1. la scuola secondaria superiore si è aperta verso l'esterno, realizzando con tecnologie avanzate dimostrazioni di laboratorio, visite guidate, conferenze, mostre e incontri con la cittadinanza
2. si è realizzata la saldatura fra la scuola secondaria e la scuola primaria mediante la partecipazione congiunta ad itinerari scientifici e l'elaborazione autonoma degli itinerari futuri.

C'è poi un aspetto di produttività culturale; persino ai costi di una mostra, al tempo per il quale resta in visione in un Museo, al numero dei visitatori; perché non pensare ad un itinerario scolastico delle mostre dimesse?

Potrebbe essere una nuova interessante forma di collaborazione fra sistema scolastico e sistema museale mettendo a disposizione di quello i prodotti di questo e consentendo di utilizzare a fini didattici strumenti talvolta di eccitazione validità ed inusitato impiego quali per l'appunto le mostre. Un'ulteriore importantissima funzione del rapporto scuola Università mediato dalla struttura museale può essere quello della ricomposizione culturale e della riunificazione delle conoscenze.

La tradizionale articolazione della cultura in umanistica e scientifica è una articolazione che per molti motivi non la ragione di essere e che soltanto in tempi recenti si sta cercando di superare, anche se ci sono ancora forze contrarie, che ritengono certi temi di propria esclusiva pertinenza. Purtroppo è una posizione che deriva da una visione sbagliata, ma soprattutto da una politica di potere delle scuole e della scienza. Segnali di un cambio verso l'unilateralità della cultura ce ne sono; fra questi la visione e concezione di bene culturale: prima era sostanzialmente il reperto umanistico; oggi anche lo strumento scientifico; e la bellezza estetica degli strumenti ne valorizza la ricollocazione all'interno di un ambiente; di un atmosfera similmente a quanto avviene per le opere d'arte. Un'altra ricomposizione culturale, con la rivalutazione della storia della scienza e degli archivi storici, riguarda il rapporto fra teoria ed esperienza: anche a questo la valorizzazione della strumentazione e della sua storia ha dato un notevole contributo.

L'approfondimento delle relazioni fra teoria e ricerca sperimentale e del contributo della sperimentazione alla definizione delle teorie ha segnato questi momenti come integrati fra loro e con la cultura in generale.

La storia della strumentazione con le sue linee evolutive, a parte dall'introduzione degli strumenti classici, fa capire in che direzione ci si muove.

Come l'artista si esprime attraverso una sua creazione, così lo scienziato attraverso l'ideazione di uno strumento idoneo a verificare una propria ipotesi traccia in esso le linee del proprio pensiero e le confronta con gli altri. Questo confronto che storicamente era ritenuto proprio delle scuole artistiche ora comincia ad essere considerato con sempre maggiore attenzione anche a livello delle scuole scientifiche, capaci di esprimersi non soltanto attraverso le teorie e le ricerche di oggi, ma attraverso le esperienze e prove sperimentali di ieri. Il ruolo dei musei laboratorio è così evidentemente correlato con una rivisitazione del modello del museo scientifico.

All'interno di un quadro così articolato per certi aspetti innovativo sono nati Musei scolastici, rappresentazione concreta del rapporto fra scuola e cultura e di quello fra scuola e territorio. Moltissime scuole partendo dalle proprie tradizioni e dai propri parametri hanno realizzato musei non nel senso più obsoleto della parola ma in quello di veri e propri centri culturali aperti sulla ed alla realtà territoriale circostante. Ciò ha consentito di realizzare una rete dapprima sul territorio capace nei suoi poli di portare l'interesse per la cultura e l'occasione per viverla un po' dappertutto nella città, specialmente nelle periferie più lontane e abbondanti.

# Il Museo della Scienza a Roma: una storia infinita

Luigi CAMPANELLA

*Dipartimento Chimica de La Sapienza Università di Roma*

Roma è una delle grandi metropoli moderne sede di università, accademie, enti di ricerca, industrie che spendono per attività di ricerca quasi 1/3 del budget nazionale: eppure al contrario di Napoli, Firenze, Milano, Trieste non ha un Museo della Scienza.

Perché? La storia come dice il titolo è infinita ma se vogliamo ridurla agli episodi più importanti non possiamo prescindere da 3 episodi più significativi collocati in tempi diversi, anni 70, anni 90, giorni nostri.

Negli anni 70 dopo l'ubriacatura della ricerca produttivistica degli anni 60 tutta dedicata ad incrementare produzione, consumi e mercato, e dopo l'esperienza del 68, i contenuti culturali e storici della ricerca furono rivalutati. A questo processo concorsero differenti altri fattori contingenti quali la riconsiderazione in chiave didattica, oltre che culturale, della Storia della Scienza, il trasferimento allo Stato di numerosissimi archivi e collezioni private, a causa della difficoltà di mantenerle in un buono stato, da parte dei proprietari, il riequilibrio fra scienze teoriche e sperimentali, queste ultime più facilmente ostensibili.

Come risultati di tale processo si cominciò a pensare a grandi mostre scientifiche-famosa quella sui 5 miliardi di anni, presso il Palazzo delle Esposizioni a Roma-ed a possibili modelli di Museo della Scienza da realizzare: Integrato o articolato? Articolato per temi o discipline?

Prevalentemente Didattico, Storico o Scientifico? Camera delle meraviglie o Laboratorio aperto? Tutte queste, e anche altre domande, ricevettero risposte diverse in sedi politicamente e accademicamente diverse, giungendo così ad un vero e proprio scontro tra scuole accademiche e fra partiti politici; le forze uguali e contrarie si elisero e nulla fu fatto.

Nelle fasi successive si sviluppò nella città sotto la guida della Provincia di Roma un progetto di cui il sottoscritto fu responsabile scientifico e denominato MUSIS (Museo della Scienza e dell' Informazione Scientifica). Con questo progetto si cercò di fatto di rendersi indipendenti da atteggiamenti accademico professionali e politici di comodo, di fatto inventando il Museo senza sede, cioè scaterato sul territorio sulla base dell'esistente, cioè di tutti i poli ( scuole, accademie, università, enti di ricerca, industrie e artigiani, mostre itineranti, associazioni culturali) dove la scienza era esposta ai cittadini. Il motto di MUSIS era "dal palazzo ai poli, dal progetto al processo". Con una serie di iniziative gli oltre 100 poli scoperti o rivalutati sul territorio furono collegati fra loro da mostre, itinerari didattici e formativi, collegamenti elettronici e mezzi pubblici di trasporto. Alcuni di questi itinerari ottennero un particolare successo tra la popolazione romana: si pensi a "Erbe, Rimedi e Farmaci" a "Dall'Atomo al Quark" al "Treno delle Stelle". La Provincia di Roma apprezzò questo sviluppo e decise di stabilizzare il progetto assegnandogli degli spazi da gestire, non come poli museali ma come servizi organizzativi del progetto, una sorta di testa dalla quale fare scaturire le varie ramificazioni.

Fu messa in piedi una commissione che vedeva rappresentati nella sua composizione gli enti locali, gli Enti di Ricerca (CNR, ENEA, INFN), le Accademie Romane, l'Unione Industriali, le Università Romane ed altre istituzioni ed Enti, affidandone il coordinamento a due consorzi industriali, Roma Ricerche e Sistema Roma. La Commissione lavoro' per circa un anno producendo un documento-proposta che utilizzava come sede l'area messa a disposizione nel Mattatoio. Sembrava tutto convincente ma anche in questo caso tutto si fermò.

Nell'anno 94 il Sindaco Rutelli nell'accordo che fece, appena insediato, con Sindacati e imprenditori definì la nascita di un sistema industriale tecnologico basato su cinque strutture (Parco Tecnologico, Centro Biotecnologico, Incubatore, Polo Agro-Alimentare e Museo della Scienza).

Per la realizzazione di quest'ultimo il Sindaco fece un accordo di programma con il Ministero dell'Università e della Ricerca, auspice il Ministro Europeo della ricerca, prof. A. Ruberti, al quale fu dato il compito di coordinare un gruppo di lavoro del quale il sottoscritto faceva parte, che avrebbe dovuto produrre un documento capace di indicare contenuti, modi di gestione, piano finanziario, tempi e modi di realizzazione del Nuovo Museo. L'area assegnata era quella dell'Italgas presso l'Ansa del Tevere a ponte Marconi.

Stimolata da questa nuova speranza la Comunità Scientifica e le scuole dei vari ordini e gradi coordinate da MUSIS produssero un massiccio sforzo per realizzare mostre ed iniziative finalizzate a preparare la popolazione al grande evento. Il documento finale fissava delle scelte precise su alcuni punti (distribuzione dello spazio, servizi necessari, collegamenti col presente), lasciava possibile alternative su altri (gestione alternativamente da parte di una Fondazione, del Comune di Roma o di una nuova Società per azioni), ma soprattutto ribadiva la necessità che l'aria messa a disposizione-integrata nella originaria distribuzione con altra messa a disposizione dall'Università di Roma III-non venisse ridotta.

La scomparsa del prof. Ruberti e la sua sostituzione alla guida della Commissione con il prof. Bernardini, comportarono ritardi che certo non favorirono gli eventi attesi. Si giunse in ogni caso al bando di fattibilità: il concorso fu vinto da un

gruppo romano di nota affidabilità. A questo punto si doveva partire con il Bando per la costruzione al quale però non si è mai giunti, e chissà se si giungerà, tenuto conto che gli stanziamenti previsti nell'accordo di programma sui capitoli specifici di Roma Capitale e del Ministero sono carenti e che lo spazio in un primo tempo accordato (circa 35.000 mq) al nuovo Museo è stato in parte eroso dall'emergente Università di Roma III e comunque non sono ancora state avviate le relative pratiche burocratiche per acquisirlo. Così oggi si torna a parlare di un Centro polivalente, non distante per principi informativi da quelli per i quali era nato il piano al Mattatoio, finalizzato, come si è detto, alla fase organizzativa del progetto MUSIS. Lo scopo primario è lo stesso di allora: valorizzare l'esistente. E la storia ricomincia.....

## Notizie FLASH

### La credibilità dell'ANVUR.....

Dall'ANVUR (Agenzia Nazionale di Valutazione del sistema Universitario e della Ricerca) è venuto l'elenco delle 16 mila riviste da considerare ai fini delle valutazioni delle pubblicazioni di commissari e candidati. L'elenco prodotto attraverso una numerosa commissione ANVUR è per lo meno imbarazzante prevedendo giornali considerati da gotha delle riviste scientifiche e che lasciano perplessi. Ne cito alcuni quasi a caso: Yacht Capital, Barche, Libertiamo, Comune Notizie, Airone, Touring Club Italiano, Evangelizzare, l'Aldilà nonché alcuni quotidiani (Il Mattino di Padova, Il Sole 24 ore). Si attende con ansia un ripensamento da parte dei commissari ANVUR che ristabilisca un minimo di credibilità al Sistema.

### Un progetto di ricerca dedicato alle nanotecnologie per i beni culturali

NANOFORART (Nano-materials for the conservation and preservation of movable and immovable artworks) è un progetto internazionale partito a dicembre 2011 e che proseguirà fino a novembre 2014. L'obiettivo è lo sviluppo e la sperimentazione di nuovi sistemi nano-materiali per la conservazione e la salvaguardia delle opere d'arte mobili e immobili.

La scienza dei materiali ha dato vita negli anni a diversi materiali nanostrutturati, ma la conservazione del patrimonio culturale è ancora prevalentemente basata su metodi e materiali tradizionali che spesso non hanno la necessaria compatibilità con le opere d'arte originali e una performance duratura nel rispondere ai cambiamenti dell'ambiente naturale e antropico.

### Indagini scientifiche sulle quattro repliche del "Cristo caccia i mercanti dal tempio"

Il progetto di ricerca "Tracing Bosch and Bruegel" è un intrigante caso di "investigazione artistica" condotta da un team multidisciplinare di "detective ricercatori": storici dell'arte, conservatori e scienziati. Oggetto delle indagini sono quattro misteriose pitture del XVI secolo rappresentanti il "Cristo caccia i mercanti dal tempio", tema decisamente influenzato dai famosi pittori Hieronymus Bosch e Pieter Bruegel il Vecchio.

Il progetto vede coinvolti i quattro istituti da cui provengono le opere: il Kadriorg Art Museum di Tallin, Estonia; la National Gallery of Denmark, Copenhagen; l'Università di Glasgow in collaborazione con Glasgowlife (i Glasgow Museums e Art Gallery), Scozia.

### Nuove applicazioni di tecnologie di telerilevamento su siti esposti a rischi geologici

Frane, smottamenti, crolli di roccia e più in generale cedimenti strutturali in conseguenza delle interazioni con il substrato geologico di fondazione sono spesso causa di degrado e instabilità di monumenti e siti archeologici in ambienti urbani e rurali.

Le moderne tecnologie di telerilevamento, quali il laser scanning terrestre e l'interferometria radar da satellite e con strumentazione basata a terra, possono in questo senso essere strumenti diagnostici utili per l'individuazione e la caratterizzazione di processi di instabilità, il monitoraggio nel tempo degli effetti sulla conservazione e la prevenzione di danni irreversibili alle strutture e ai manufatti antichi esposti.

## **Rugosità e colore come misura dell'impronta digitale dei dipinti**

Prevenire il furto d'arte è possibile mediante l'applicazione della tecnologia a scala sub-micrometrica per registrare un'impronta digitale sulla base dell'unicità della rugosità e del colore di ogni opera d'arte. E' questa l'idea alla base del progetto europeo "FINGaRt Print" al quale lavora un team scientifico internazionale che si sta concentrando sulla creazione di una 'firma digitale' per le opere d'arte.

Ogni dipinto ha caratteristiche di rugosità e di colore che con moderni sistemi di riconoscimento a livello sub-microscopico lo rendono unico e facilmente identificabile.

## **A Vigevano un nuovo centro di ricerca sulle tecnologie digitali per i Beni Culturali**

E' stato firmato nei giorni scorsi a Torino una convenzione tra il Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST) del Politecnico di Torino e il Consorzio A.S.T. (Agenzia per lo Sviluppo Territoriale) di Vigevano, per istituire nella città un polo espositivo e un centro di ricerca. L'idea nasce dal percorso di sviluppo di nuove tecnologie per il territorio intrapreso da alcuni anni con i progetti "Leonardo e Vigevano" e "Leonardo, le acque e il riso", Vigevano ospiterà quindi una Hub, un centro di ricerca e sperimentazione di tecnologie digitali per i beni culturali, che permetterà alla città di Vigevano di intraprendere un cammino con il mondo della ricerca e delle imprese tecnologiche.

## **Master di I livello in Materiali e tecniche diagnostiche nel settore dei beni culturali**

E' disponibile on line il bando del Master in materiali e tecniche diagnostiche nel settore dei beni culturali dell'Università di Pisa. Il Master è curato dal Gruppo di Chimica Analitica per la Conservazione del Patrimonio Culturale del Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Pisa e si presenta ogni anno con un programma di studi multidisciplinare della durata complessiva di un anno finalizzato alla formazione di competenze professionali qualificate nella conservazione dei Beni Culturali.

Lo scopo è di formare specialisti forniti di competenze non solo nell'ambito della conoscenza materica dell'oggetto archeologico/storico-artistico, ma anche delle tecniche idonee alla caratterizzazione di tale oggetto, del suo stato di alterazione e dei prodotti e delle tecnologie da impiegare per gli interventi conservativi.

## **Se la tecnologia favorisce l'accessibilità**

VEASYT Tour è una guida multimediale turistico-culturale "Design for All", che permette l'accessibilità ai contenuti culturali a tutti, anche in presenza di deficit sensoriali (sordità, cecità) o disturbi del linguaggio (dislessia, afasia).

Spesso accade che il materiale informativo cartaceo e multimediale a supporto della visita dei luoghi turistici sia inutilizzabile per molti turisti con esigenze speciali, come ipovedenti, ciechi, sordi, dislessici e persone con disturbi del linguaggio. Il prodotto non è tuttavia sviluppato per una nicchia svantaggiata, ma piuttosto intende seguire le linee guida dell'Universal Design e della Convenzione ONU sui diritti delle persone con disabilità (2006). La guida intende proporsi come una reinterpretazione accessibile e adatta a tutti, delle tradizionali guide cartacee. I contenuti sono fruibili in diverse modalità: audio, testuale e video in lingua dei segni. Un prodotto per tutti i visitatori che garantisce una più completa integrazione sociale.

## **Strumenti RFID e wireless per la salvaguardia dei beni culturali**

Al **Lu.Be.C. 2012** - (Lucca Beni Culturali) sono stati presentati nuovi dispositivi per l'identificazione a radiofrequenza RFID (Radio Frequency Identification) e per il wireless sensing (Active RFID, WSN). Tali strumentazioni, infatti, possono essere utilizzate per identificare e prevenire fenomeni di degrado sui beni culturali: condense, fessurazioni, distacchi.

## **La Val di Cecina a portata di mano**

Il portale [www.museivaldicecina.it](http://www.museivaldicecina.it) è un nuovo servizio, presentato all'ottava edizione del Salone Lu.Be.C., che permette ai visitatori di accedere ai musei mediante tablet e smartphone. Il progetto è stato realizzato dai comuni di Volterra, Pomarance, Castelnuovo Val di Cecina e Montecatini Val di Cecina.

Il sito internet è vera e propria guida che accompagna il visitatore durante le sue visite ai musei della Valdicecina con strumenti tecnologici quali tablet e smartphone. Sul sito [www.museivaldicecina.it](http://www.museivaldicecina.it) sono disponibili le audioguide in tre lingue (formato mp3 o podcast), le mappe e le gallerie fotografiche, notizie, eventi e tante altre informazioni.

## **Agli studenti italiani bronzo alle Olimpiadi della Chimica 03 set 2012**

E' rientrata da Washington la squadra italiana che ha partecipato alla 44<sup>a</sup> edizione delle Olimpiadi Internazionali di Chimica, svoltesi negli Stati Uniti d'America dal 21 al 30 luglio. Hanno partecipato 79 nazioni, ciascuna rappresentata da quattro studenti per un totale di circa 300 ragazzi delle scuole secondarie. I quattro studenti della squadra italiana erano Ivan Palazzo dell'ITIS "Luigi Dell'Erba" di Castellana Grotte, Andrea Melani dell'ITIS "Tullio Buzzi" di Prato, Marco Catalano dell' ITIS "Luigi di Savoia" di Chieti e Alice Balbi del Liceo Scientifico Tecnologico "Fortunio Liceti" di Rapallo (GE). Le due prove, di notevole impegno e da completare nel tempo massimo di cinque ore ciascuna, si sono svolte presso l'Università del Maryland a College Park (Washington). terminate le prove i ragazzi hanno potuto visitare Washington, il centro di Annapolis della NASA, l'acquario di Baltimore, Maryland Science Center, assistere ad una partita di baseball e calarsi nell'atmosfera statunitense confrontandosi con 'colleghi' di tutto il mondo. La premiazione è avvenuta nel corso della cerimonia conclusiva, durante la quale sono stati svelati i nomi dei vincitori. Il nostro Ivan Palazzo e gli altri italiani hanno conquistato una medaglia di bronzo ciascuno. Per Ivan è la seconda medaglia olimpica, aveva conquistato una medaglia di bronzo anche nella scorsa edizione che si era svolta in Turchia (Ankara 9-18 luglio 2011). Per l'ITIS "Luigi Dell'Erba", invece, questa è la sesta partecipazione consecutiva alle Olimpiadi Internazionali di Chimica, alle quali i suoi studenti hanno conquistato quattro medaglie: un argento in Russia con Vincenzo Grande, un bronzo in Ungheria con Vincenzo Spalluto, due bronzi, in Turchia e negli USA, con Ivan Palazzo.

## **"Perché dai banchi di scuola il sapere venga trasferito nella vita di tutti i giorni".**

E' con questo spirito che il Consorzio nazionale per il recupero e il riciclaggio degli imballaggi di legno "Rilegno" ha ideato una guida per insegnanti delle scuole primarie. Un percorso in sei schede alla scoperta del mondo del legno, degli imballaggi, del riciclo, del recupero e dello sviluppo sostenibile. A spiegare ai bambini il complesso mondo di un materiale tanto diffuso ci pensa Frusco, l'inedito personaggio nato dalla matita del cartoonist Riccardo Crosa, Frusco è un feligno, un po' gatto e un po' folletto, che sul legno ha molte cose interessanti da dire: di legno sono fatti la maggioranza di mobili e infissi, dal riciclo e recupero del legno usato si possono ricavare anche carta, materiale per la bioedilizia, compost per l'agricoltura ed energia.

## **ACCREDIA - Ente Italiano di Accreditamento**

Con delibera del Consiglio Direttivo di ACCREDIA del 13 luglio 2012, sono state definite delle linee applicative del Tariffario, relativamente alla definizione dei "piccoli laboratori".

Come noto, il Tariffario di accreditamento ACCREDIA TA-00 Rev.05 (paragrafo 4.2 - Diritti annui di mantenimento dell'accREDITamento), prevede una quota annua di mantenimento ridotta di un terzo per i Piccoli Laboratori".

Per "Piccoli Laboratori" sono ivi qualificati i laboratori che:

- \* non hanno più di 8 dipendenti;
- \* hanno un fatturato totale non superiore a 400.000,00 Euro;
- \* non hanno una struttura multi sito;
- \* non sono connessi ad imprese industriali.

La delibera stabilisce che, ai fini dell'applicazione del tariffario di ACCREDIA, sono considerati piccoli laboratori di prova quelli che, oltre a soddisfare i criteri già conosciuti (TA-00 Rev.05 paragrafo 4.2), sono iscritti nel Registro delle Imprese tenuto dalle CCIAA. Tale richiesta non si applica ai laboratori gestiti da professionisti e loro associazioni.

## GLI APPUNTAMENTI

### Un convegno per i 20 anni di A.I.Ar.

E' in programma per mercoledì 6 febbraio 2013 presso la Sala Strozzi e l'Aula Magna del Rettorato dell'Università degli Studi di Firenze (Piazza San Marco - Via Giorgio La Pira) un convegno per celebrare i 20 anni dell'Associazione Italiana di Archeometria (A.I.Ar.). Il Convegno permetterà di fare un punto sulle attività di ricerca dell'associazione nei suoi venti anni di attività.

### Il Museo del Louvre

Il Dipartimento d'Arte Islamica del Museo del Louvre ha riaperto le porte al pubblico lo scorso 22 settembre esponendo la sua eccezionale collezione di vetri smaltati del periodo mamelucco. Durante la precedente chiusura i pregiatissimi vetri erano stati per la prima volta oggetto di studi e indagini chimiche volte a svelare i segreti del loro processo produttivo.

I vetri della collezioni, in effetti, non erano mai stati trasportati per essere analizzati ma, in occasione della ristrutturazione del dipartimento, quattro lampade e una bottiglia a collo lungo tutte ascrivibili al periodo Mamelucco (1250-1515) sono state sottoposte ad un iter diagnostico in situ, ad opera di un team di scienziati del "Laboratoire de dynamique, interactions et réactivité" del CNRS/UPMC, utilizzando una tecnica analitica mobile e non-invasiva: la spettroscopia Raman.

### VIII edizione delle Olimpiadi della Scienza – Premio Green Scuola

Bandita l'ottava edizione delle Olimpiadi della Scienza Premio Green Scuola (OdS-PGS8; a.s. 2012/2013), concorso per le scuole secondarie di II grado.

Il Consorzio Interuniversitario Nazionale LaChimica per l'Ambiente (INCA); <http://www.incaweb.org/> – in collaborazione con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), Dipartimento Istruzione, D.G. per gli Ordinamenti Scolastici e per l'Autonomia Scolastica Uff. II (ai sensi protocollo d'intesa MIUR-INCA dell'11 luglio 2008, articolo 2, lettera f), con il periodico di divulgazione scientifica Green. La Scienza al servizio dell'Uomo e dell'Ambiente <http://www.green.incaweb.org/> e con la partecipazione della SCI, la Società Chimica Italiana <http://www.soc.chim.it/>; e dell'ISAC-Cnr, l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Cnr <http://www.isac.cnr.it> - organizza l'ottava edizione del concorso (OdS-PGS8; a.s. 2012/2013) intitolata INQUINANTI SENZA FRONTIERE - La diffusione transfrontaliera dei contaminanti atmosferici e i suoi effetti sull'ambiente e sulla salute, dedicata al tema degli inquinanti atmosferici inclusi nella Convenzione di Ginevra del 1979 [http://www.unece.org/env/lrtap/lrtap\\_h1.html](http://www.unece.org/env/lrtap/lrtap_h1.html)

Possono partecipare singoli o gruppi di studenti (massimo consentito: 10 allievi), frequentanti le scuole secondarie di II grado statali e paritarie di tutto il territorio nazionale.

Il concorso è accreditato dal MIUR per il programma lo merito di Valorizzazione delle eccellenze scolastiche [http://archivio.pubblica.istruzione.it/dg\\_ordinamenti/valorizzazione\\_eccellenze.shtml](http://archivio.pubblica.istruzione.it/dg_ordinamenti/valorizzazione_eccellenze.shtml)

Per ulteriori informazioni, bando ufficiale (data pubblicazione: 26 settembre 2012) e documentazione necessaria alla partecipazione, si invita a consultare il sito del concorso:

<http://www.incaweb.org/green/OdS-PGS8>

La scadenza per l'invio degli elaborati è il 31 maggio 2013.

#### Per ulteriori informazioni:

Dott. Fulvio Zecchini

Consorzio Interuniversitario Nazionale La Chimica per l'Ambiente (INCA)

Via delle Industrie, 21/8; 30175 Venezia-Marghera

Tel.: 041/532-1851 int. 101

e-mail: [fulvio.zecchini@incaweb.org](mailto:fulvio.zecchini@incaweb.org)

### Il Fondo Rita De Santo Alfano

Un Fondo per offrire a ragazzi con difficoltà economiche (provenienti da famiglie con meno di 6.700 euro di reddito Isee), ma dalle grandi attitudini, la possibilità di proseguire gli studi universitari è stato istituito all'interno del patrimonio della Fondazione di Comunità del Centro Storico di Napoli, presieduta da Adriano Giannola, su iniziativa dell'imprenditore Antonio Alfano (che lo ha promosso in memoria della madre "che, in vita - dice, - si è occupata di tanti ragazzi in difficoltà"). Non si tratta di contributi una tantum ma del finanziamento dei costi dell'intero ciclo di studi dei ragazzi selezionati (tasse universitarie, libri di testo, computer con collegamento internet ed eventuale partecipazione al progetto Erasmus).

Il Fondo Rita De Santo Alfano “è nato in occasione del mio 50esimo compleanno – afferma Alfano – quando, consapevole del rapporto che c’è tra mancanza di cultura e illegalità, ho chiesto agli amici, come regalo, una donazione per questa iniziativa. Si sono poi aggiunti tanti imprenditori, come il presidente dell’Adler Group, Paolo Scudieri, la banca Unicredit e anche la Fondazione Sbarro di New York. I soldi raccolti – spiega – formeranno il patrimonio del Fondo che è permanente, visto che le borse di studio sono finanziate con le rendite degli investimenti”.

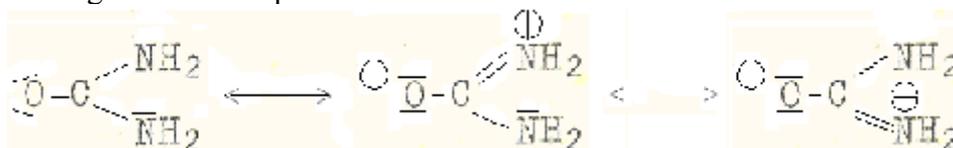
Per il prossimo corso di laurea saranno almeno 3 i ragazzi selezionati da un’apposita commissione, ed almeno altri 3 si aggiungeranno per i 2 anni successivi (almeno 9 nel triennio, quindi). Borse di studio aggiuntive saranno assegnate in base all’ammontare delle donazioni che arriveranno sul conto corrente dedicato al Fondo “Rita De Santo Alfano” ed intestato a “Fondazione di Comunità del Centro Storico di Napoli ONLUS” (IBAN: IT07K0335901600100000064392).

**Per informazioni** è possibile rivolgersi alla Fondazione di Comunità del Centro Storico di Napoli (Largo Corpo di Napoli – 80134, Napoli – 081-4201125 info@fondcomnapoli.it Questo indirizzo email è protetto dagli spambots. E' necessario abilitare JavaScript per vederlo.).

## ERRATA CORRIGE

Purtroppo nell'articolo “Un approccio sperimentale – induttivo alla teoria della risonanza” di Roberto Soldà, pubblicato su CnS – La Chimica nella Scuola, Aprile - Luglio 2012 alla fine di p.121, in cui è riportata la domanda:

.....  
-Per il composto organico urea si possono scrivere tre modelli di Lewis:



### manca la frase seguente:

Come faresti a dimostrarlo avvalendoti delle prove di solubilità in : acqua, cicloesano e alcool etilico?

**La Redazione si scusa con l'Autore e i Lettori**

## INFORMAZIONI



**Società Chimica Italiana**

***CnS-La Chimica nella Scuola***

**ISSN 0392-8942**

**Anno XXXIV n. 4  
Settembre - Ottobre 2012**

**Direttore responsabile**

**Luigi Campanella**

Dipartimento di Chimica  
Piazzale Aldo Moro, 5 - 00185 ROMA  
e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it

**Redattore**

**Pasquale Fetto**

Via Carlo Iussu, 9  
40068 San Lazzaro di Savena (BO)  
Tel. 051463312 cell. 3280221434  
e-mail: pasquale.fetto@didichim.org

**Editore**

SCI - Viale Liegi 48/c - 00198 Roma

**Comitato di redazione**

Aldo Borsese, Luigi Campanella, Liberato Cardellini, Marco Ciardi, Valentina Domenici, Pasquale Fetto, Silvano Fuso, Fabio Olmi, Pierluigi Riani, Silvia Ripoli, Gianmarco Ieluzzi, Giovanni Villani.

**Comitato Scientifico**

Aldo Borsese, Luigi Campanella, Luigi Cerruti, Rinaldo Cervellati, Michele Antonio Floriano (*Presidente della Divisione di Didattica*), Ezio Roletto, Richard Zare.

**Periodicità:** bimestrale (5 fascicoli all'anno)

**Abbonamenti annuali**

Italia € 48,00 - Paesi comunitari € 58,00

Fascicoli separati Italia € 12,00

Fascicoli separati Paesi extracomunitari € 15,00

Gli importi includono l'IVA e, per l'estero, le spese di spedizione via aerea.

Spedizione in abbonamento postale Art.2 comma 20/C Legge 662/96 Filiale di Roma

**Ufficio Abbonamenti**

**Manuela Mostacci**

SCI, Viale Liegi, 48/c - 00198 - Roma

Tel. 068549691 fax 068548734

e-mail: manuela.mostacci@soc.chim.it

**Copyright** 1995 Società Chimica Italiana

**Pubblicazione** iscritta al n. 219 del registro di Cancelleria del Tribunale di Roma in data 03.05.1996

La riproduzione totale o parziale degli articoli e delle illustrazioni pubblicate in questa rivista è permessa solo se autorizzata della Direzione

La Direzione non assume responsabilità per le opinioni espresse dagli autori degli articoli, dei testi redazionali e pubblicitari

**Editing**

**Pasquale Fetto**

pasquale.fetto@didichim.org

**Stampa**

DE VITTORIA s.r.l.

Via Degli Aurunci, 19 - 00185 ROMA