

C_nS

La Chimica nella Scuola

n. 5 anno 2022

- › Resoconto dell'edizione 2021 della Scuola «Giuseppe Del Re»
- › Metodologie didattiche e percorsi laboratoriali: titolazioni acido-base e il viaggio di un atomo di Carbonio
- › Pagine di storia: Magnenus e Il primo tentativo di contare gli atomi
- › Accadde a Parigi: i ricordi di un chimico non più giovanissimo
- › Il linguaggio della Chimica al Festival della Scienza di Genova 2021
- › Recensione di un nuovo libro per affrontare la sfida del secolo

Anche il 2022 se ne è andato

Margherita Venturi

Cara/o lettrice/lettore,

avevamo salutato con gioia l'inizio del 2022 che, speravamo, ci avrebbe portato fuori dal tunnel della pandemia. Il ritorno alla normalità, però, non c'è stato; siamo entrati in un altro tunnel, quello della guerra Russia-Ucraina che è vicina alle porte di casa nostra, che non accenna a finire e che ha acuito drammaticamente le tre emergenze del nostro tempo: energia, clima e disuguaglianze sociali. Il problema energetico, come ho già sottolineato in varie occasioni, è il più importante non solo perché dalle scelte energetiche dipendono clima e divario sociale, ma anche perché l'energia è il vero potere che governa il mondo. Ce ne siamo accorti durante l'ultima campagna elettorale: i politici non hanno fatto altro che parlare del caro bollette, della necessità di importare gas da altri stati, di rigassificatori, di tornare al carbone e all'energia nucleare. Tutti hanno sperato di ricevere il favore degli elettori trovando soluzioni immediate per riuscire a mantenere l'attuale stile di vita; nessuno ha affrontato il problema in un'ottica più ampia, rivolta al futuro; nessuno ha detto che dobbiamo cambiare il nostro comportamento, nessuno ha avuto il coraggio di pronunciare quelle due parole che ci danno tanto fastidio, ma che sono fondamentali per la sopravvivenza dell'umanità e la salvezza del pianeta: risparmio e sobrietà.

Tutto ciò che nessun politico ha sentito il dovere di dire è, invece, quello che noi docenti abbiamo il dovere di dire ai nostri studenti per prepararli a essere cittadini responsabili, maturi e a non farsi manipolare da informazioni distorte. A questo proposito, lo scorso settembre è apparso su YouTube un video a cartoni animati di circa 15 minuti, finanziato dall'Associazione "Giovani stufo delle scelte stupide", dal titolo "Il nucleare: i dubbi più grossi". È un cartone sicuramente divertente e, forse, è questo il motivo per cui in poco tempo ha raccolto oltre un milione di visite e commenti entusiasti da parte di giovani e giovanissimi. C'è, però, un grosso problema: il video, nel tentativo di dimostrare che il nucleare è la scelta giusta per risolvere il problema climatico ed energetico, riporta notizie sbagliate o travisate. Poiché le scelte energetiche che verranno fatte oggi avranno pesanti ricadute sul futuro, mi sembra corretto che i giovani ricevano informazioni serie, svincolate da qualsiasi forma di campanilismo a buon mercato e basate non su un video divertente, ma sui dati prodotti dalla vera scienza. A mio avviso, tutti i docenti dovrebbero non solo guardare questo video, ma anche dedicare un po' di tempo a commentarlo in classe, per evitare che i loro studenti facciano delle scelte stupide (per parafrasare il nome dell'associazione che ha supportato il video).



Se il 2022 ci ha lasciato l'amaro in bocca da tanti punti di vista, per la nostra rivista è stato, invece, un anno molto proficuo. Non solo i vari fascicoli sono diventati sempre più corposi sia come entità di pagine che come tipo di argomenti affrontati, ma siamo riusciti anche a pubblicare un numero in più, quello speciale dedicato a "Fascismo, Chimica e Scienza" (<https://www.soc.chim.it/CnS/2022/4>; <https://chimicanellascuola.it>) che è stato curato dai colleghi Franco Calascibetta, Marco Ciardi e Roberto Zingales e che è qualcosa di veramente speciale per il tema affrontato e per i contributi in esso presenti.



Il 2023 non sarà da meno perché, con la scelta di rendere la nostra rivista totalmente online, nei vari contributi potranno essere inseriti video, immagini 3D in movimento e altre funzioni interattive rendendo il tutto più ricco sia per quanto riguarda l'aspetto grafico che didattico (ovviamente queste opzioni sono facoltative e continueremo ad accettare articoli anche nel formato semplice come è stato fatto finora); poi, su richiesta e in base ai lavori che ci arriveranno, potremo anche aggiungere numeri monotematici. La rivista sarà, comunque, sempre stampabile e rimarrà ad accesso libero; a questo proposito ricordo che si potrà leggere anche comodamente dal cellulare utilizzando il link: <https://chimicanellascuola.it>.

Nella nuova veste speriamo che il CnS sia sempre più attraente per i docenti e, soprattutto, per gli studenti e anche, forse con un eccesso di ambizione, competitivo con le riviste internazionali di didattica.

Questo numero è un primo tentativo di quanto anticipato; non eravamo ancora pronti a sfruttare tutte le potenzialità dell'online e, quindi, è praticamente una via di mezzo fra il vecchio e il nuovo; è, però, utile come trampolino di lancio verso ciò che vorremmo diventare.

Non anticipo nulla sui contenuti che potrai leggere perché desidero utilizzare lo spazio che mi resta per i ringraziamenti, doverosi a fine anno.

Ringrazio la CLUEB e, in particolare, il dott. Claudio Tubertini che deve sopportare tutte le mie paranoie, il dott. Gianni Morelli, webmaster della SCI, il Comitato di Redazione e i curatori delle varie rubriche, che subiscono le mie continue richieste e che lavorano affinché ogni fascicolo abbia il giusto numero di contributi, i Vicedirettori che mi aiutano nella direzione della rivista e il Comitato Scientifico.

Un ringraziamento speciale per il suo continuo supporto e interessamento va a Gaetano Guerra che, avendo finito il suo mandato di Presidente della SCI, lascia anche la posizione di Presidente Onorario della nostra rivista. Sono sicura che avremo lo stesso illuminato appoggio da Gianluca Farinola, prossimo Presidente SCI e nostro prossimo Presidente Onorario.

Infine, ringrazio di cuore tutti gli autori dei contributi che sono apparsi nei numeri della rivista, perché senza di loro il CnS non esisterebbe, e naturalmente ringrazio te, cara lettrice e caro lettore, perché senza di te, ancora una volta e a maggior ragione, il CnS non avrebbe ragione d'essere.

A presto

L'edizione 2021 della Scuola "Giuseppe del Re": insegnare le nanoscienze nella scuola secondaria di secondo grado



Comitato scientifico e organizzatore

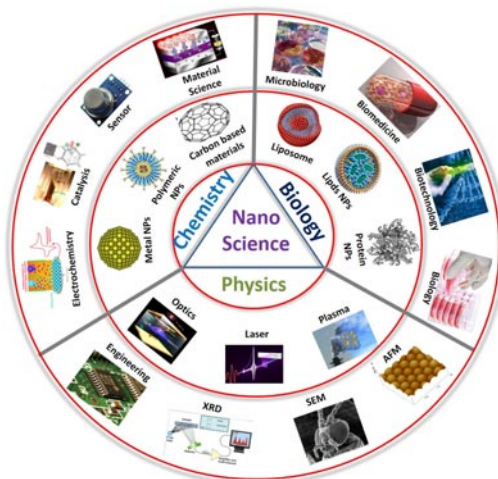
Paola Ambrogi, Eleonora Aquilini, Anna Caronia, Valentina Domenici, Michele A. Floriano, Maria Funicello, Elena Ghibaudi, Anna Maria Madaio, Antonio Testoni, Francesca Turco, Mariano Venanzi, Margherita Venturi, Giovanni Villani

Articolazione della Scuola

Margherita Venturi

e-mail: margherita.venturi@unibo.it

Come anticipato nel n. 1 di quest'anno del CnS (<https://www.soc.chim.it/CnS/2022/1>), nel 2021 la Divisione di Didattica (<https://www.soc.chim.it/en/divisioni/didattica/home>) della Società Chimica Italiana ha deciso di iniziare in modo congiunto la Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica "Ulderico Segre" (<https://www.soc.chim.it/it/divisioni/didattica/scuoladididattica>), dedicata fondamentalmente ai docenti universitari, e la Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe del Re" (<https://www.soc.chim.it/it/node/2638>), rivolta in maniera prioritaria agli insegnanti di scuola secondaria di secondo grado, per un motivo fondamentale.



Considerato che il tema scelto, le *nanoscienze*, oltre alla sua sempre maggiore importanza in campo applicativo, comincia ad avere anche rilevanti ricadute nella didattica chimica a tutti i livelli d'istruzione, si è voluto favorire e potenziare al massimo l'interazione fra tutti gli attori coinvolti nel processo di insegnamento/apprendimento della Chimica.

Dopo due giornate comuni, però, la Scuola Segre e la Scuola Del Re si sono "separate"; per ciascuna sono state, infatti, organizzate due ulteriori giornate con attività specifiche e selezionate ad hoc considerato il diverso target delle scuole.

Le due giornate dedicate specificatamente alla Scuola "Del Re", che si sono tenute il 22 e il 29 novembre 2021, hanno riguardato le sfide e le opportunità offerte dall'**Insegnare le nanoscienze nella scuola secondaria di secondo grado**.

Il primo giorno Eleonora Aquilini e Antonio Testoni hanno affrontato gli *Aspetti didattici, curriculari e disciplinari*, ai quali è seguita la presentazione di *alcuni esperimenti con particolare interesse didattico e con risvolti inter- e trans-disciplinari* a cura di Anna Caronia e Paola

Ambrogi. Nella seconda giornata, invece, Elena Ghibaudi ha mostrato *La complessità chimica del mondo biologico*; a questa lezione, parallelamente a quanto avvenuto il primo giorno, ha fatto da cornice la presentazione di *alcuni esperimenti in ambito biologico*, sempre di *particolare interesse didattico e con risvolti inter- e trans-disciplinari*, a cura di Anna Maria Madaio e Maria Funicello. I lavori di questo giorno si sono conclusi con una presentazione di Valentina Domenici e Sandro Jurinovich centrata su *Cristalli liquidi e nanoscienza*.

Come già avvenuto per l'edizione 2020, anche nel 2021 la Scuola "Del Re" ha previsto la progettazione da parte degli insegnanti di un'attività da svolgere in classe e la presentazione del lavoro fatto a tutti i partecipanti, che è avvenuta fra marzo e aprile 2022.

Di seguito sono riportati i contenuti delle relazioni, una breve descrizione degli esperimenti proposti e una stringata presentazione dei lavori svolti dagli insegnanti; notare che questi lavori si ritrovano nella loro versione estesa del sito web della Divisione di Didattica.

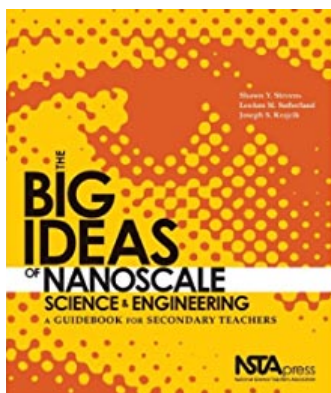
Concludo questa sintetica introduzione dicendo che la consapevolezza delle grandi opportunità didattiche offerte dall'introduzione delle nanoscienze a livello di scuola di secondo grado comincia a farsi strada e sta sgomberando il campo dalle molte perplessità. Ovviamente occorre ancora superare tante sfide, ma la Divisione di Didattica è al fianco dei docenti proprio per questo.

22 novembre 2021

Aspetti didattici, curriculari e disciplinari

Eleonora Aquilini e Antonio Testoni

ele.aquilini6@gmail.com; antonio.testoni55@gmail.com



L'impatto che le nanotecnologie hanno sulla vita di tutti i giorni è tale da rendere del tutto giustificabile ed auspicabile introdurre alcuni argomenti di nanoscienze e di nanotecnologie nei curricula scolastici di materie scientifiche come chimica. Oltretutto, secondo noi, introdurre alcune tematiche relative alle nanoscienze potrebbe avere una ricaduta positiva sulla didattica disciplinare sia nel favorire una riflessione e un pensiero più profondo sulla complessità della materia, sia nel leggere fenomeni noti che nell'inquadrare concetti già visti in un'ottica diversa. Questo potrebbe favorire una comprensione più piena dei concetti trattati e darebbe anche la possibilità di aggiornare conoscenze e concetti propri della chimica con una ricaduta decisamente positiva dal punto di vista motivazionale. Porsi in

quest'ottica pone una serie di problemi che vanno affrontati per non rendere insignificante ed estemporanea la trattazione di tali argomenti. Una questione centrale è, ad esempio, come inquadrare e integrare questo ulteriore livello di complessità della materia in un'ottica curricolare. Il nanomondo merita una trattazione a parte come argomento a sé stante, oppure è preferibile introdurre gradualmente temi riguardanti le nanoscienze e le nanotecnologie a mano a mano che vengono affrontati i "classici" argomenti curriculari? L'impressione che abbiamo avuto, discutendo con diversi colleghi e navigando in rete, è che questo tema, quando è trattato (raramente in ambito chimico), venga considerato come un mondo a sé, una finestra aperta sul nanomondo e poi richiusa, e non tanto come un elemento strutturale e ricorrente del curriculum, che è la condizione fondamentale per valorizzare la dimensione formativa delle nanoscienze. Per questo riteniamo che la modalità più adatta per trattare argomenti nano nella scuola secondaria di secondo grado sia quella di introdurli a mano a mano che si affrontano i nuclei concettuali del curriculum. Considerata, poi, la varietà e la vastità dei fenomeni del nanomondo, è opportuno che questi vengano selezionati non solo in base alla loro rilevanza, ma soprattutto in base alla loro adeguatezza cognitiva e concettuale. Diversamente vengono meno le condizioni indispensabili per sviluppare quelle competenze e quelle conoscenze che sono necessarie per affrontare con un minimo di cognizione di causa il mondo nano. Dopo un proficuo confronto con i docenti del nostro gruppo, questi si sono cimentati nell'elaborazione di percorsi teorico/sperimentali che abbiamo discusso con loro e che hanno coinvolto i propri studenti e che rappresentano una modalità sensata, per introdurre temi riguardanti le nanoscienze e le nanotecnologie collegati ad argomenti curriculari.

Video presentazione E. Aquilini: <https://youtu.be/0wKQMkrXRIw>

Video presentazione A. Testoni: <https://youtu.be/s0Yt56p9BMg>

Esperimenti didattici

Anna Caronia

e-mail: anna.caronia57@gmail.com

Spesso quando si parla di nanoscienze si è convinti che si tratti di argomenti ostici e non sempre facilmente trattabili al biennio o al triennio delle scuole superiori; si pensa inoltre che siano poco connessi ai concetti fondanti della Chimica da inserire in un piano didattico. L'intento del presente contributo è quello di suggerire due semplici attività sperimentali collegabili a diversi concetti fondamentali di questa disciplina quali: miscele; i colloidali e l'effetto Tyndall; l'importanza delle dimensioni collegata alle proprietà fisiche e chimiche della materia; velocità di reazione e catalisi; reazioni di ossidoriduzione; spettroscopia UV-visibile. Gli argomenti possono essere affrontati in modo più o meno approfondito durante il percorso scolastico, ma chiaramente sempre con rigore scientifico. La metodologia applicata nei due percorsi di seguito presentati è quella IBSE, acronimo di *Inquiry-Based Science Education*, ossia educazione scientifica basata sull'investigazione. Questo approccio pedagogico, come riportato in diversi studi e anche nel Rapporto Rocard 2007, stimola la formulazione di domande e azioni per risolvere problemi e capire fenomeni. Il metodo prevede una sequenza di fasi, basati sul metodo delle così dette 5 E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate), nella consapevolezza che la pratica didattica dovrebbe essere impostata in modo da "fare scienza" piuttosto che "fare lezione". Seguendo tale metodologia, gli studenti, in modo naturale si abituano a pensare come gli scienziati: prevedono, spiegano e successivamente validano le ipotesi formulate.

La prima attività che ha come titolo "Il carbone attivo: l'importanza della dimensione", ha l'obiettivo di far comprendere agli studenti l'importanza della dimensione e del rapporto superficie volume in riferimento alle proprietà di un materiale.

Si può iniziare il percorso con qualche domanda problema (*fase Engage*): Il carbone attivo cos'è? Per cosa viene usato il carbone attivo vegetale?

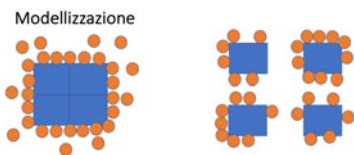
Dopo avere compreso assieme agli studenti cosa è il carbone attivo e quali sono le possibili proprietà, si passa alla fase sperimentale e di verifica delle proposte avanzate.

La classe divisa in gruppi discute sulla realizzazione di un esperimento collegato al fenomeno del diverso adsorbimento del carbone attivo di disuguale pezzatura a parità di quantità utilizzata (*fase Explore*). A tal fine, attraverso una semplice attività sperimentale, si studia il fenomeno della decolorazione di una soluzione di acqua e inchiostro in presenza di carbone attivo. Ogni gruppo ha a disposizione la stessa quantità di carbone attivo, ma di diversa granulometria, la stessa soluzione di acqua e inchiostro e devono far sì che il tempo di contatto del carbone attivo con la soluzione sia uguale in ciascun esperimento. È fondamentale, infatti, quando si costruiscono modelli e si verificano ipotesi, studiare una sola variabile alla volta, in questo caso specifico la diversa pezzatura del carbone attivo. Alla fine dell'esperimento i gruppi confrontano l'intensità di colorazione della soluzione che non è uguale per tutti. Dall'analisi dei risultati e dalla discussione emerge che le soluzioni che sono a contatto con il carbone attivo a pezzatura minore si sono decolorate di più in quanto a parità di quantità di carbone la superficie di contatto è maggiore e quindi più grande è la capacità di adsorbimento.

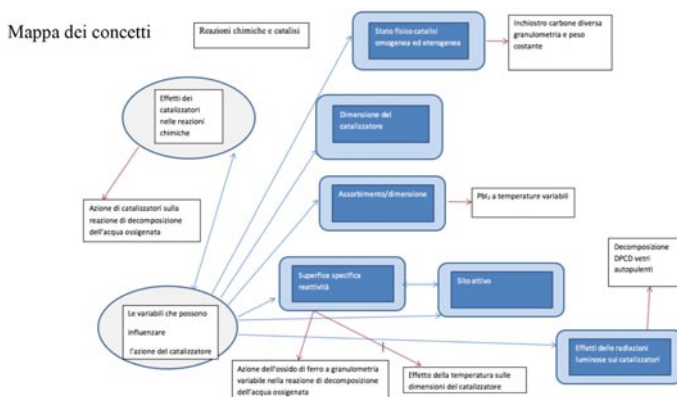
Dopo la fase sperimentale è importante spiegare e passare alla modellizzazione di quanto osservato mettendo in evidenza che le proprietà della materia sono collegate alle dimensioni ed al rapporto superficie volume.

Questo è possibile farlo realizzando un'altra semplice attività: si costruisce un rettangolo grande ottenuto dall'unione di quattro rettangoli tra di loro equivalenti e si hanno a disposizione un certo numero di cerchietti o di tappi di bottiglia.

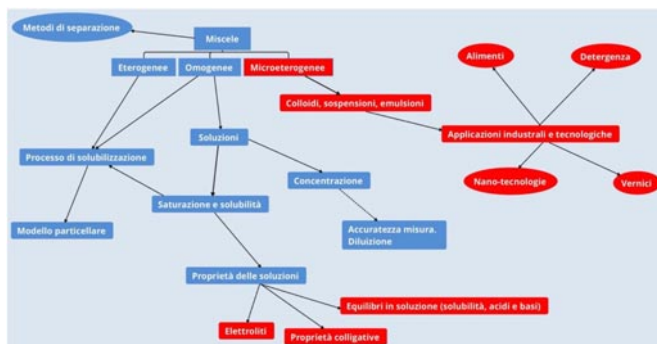
Quando si avvicinano i cerchietti al rettangolo grande non tutti possono rimanere a diretto contatto della figura geometrica, mentre, se dividiamo il rettangolo in quattro parti, tutti i cerchietti potranno aderire alla superficie del rettangolo.



Queste attività sono state sviluppate all'interno di un modulo, del progetto IRRESISTIBILE, che si concentra sulle proprietà dei nanocristalli e dei materiali nanoporosi e sulle loro applicazioni nei processi catalitici utilizzati nella protezione ambientale.



La seconda attività proposta, dal titolo “Nanoparticelle d’argento: sintesi e caratterizzazione”, è stata pensata per un percorso didattico dedicato alle miscele all’interno del quale un’unità formativa può essere dedicata ai colloid.



In particolare, facendo riferimento alle miscele, con un esperimento pratico si mette in evidenza la differenza tra sospensioni e colloidi.

Differenza tra colloidi e sospensione

Dimensione delle particelle	
Colloide	Sospensione
1-200 nm	> 200 nm

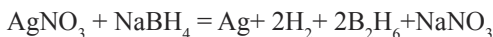
Permeabilità attraverso la carta filtro	
Colloide	Sospensione
Le particelle passano attraverso la carta da filtro	Le particelle non passano attraverso la carta da filtro

Successivamente si studiano e caratterizzano le sospensioni colloidali, (acqua e latte, gelatina in acqua, amido in acqua) sfruttando l'effetto Tyndall. Per evidenziare tale effetto si può utilizzare un puntatore-laser.

Sperimentalmente avviene che:

- nei sistemi in cui il range di dimensioni delle particelle è di $1 \text{ nm} \div 0,5 \mu\text{m}$, non si depositano e l'effetto Tyndall è evidente;
- nelle soluzioni (particelle di dimensioni inferiori al nm) tale effetto non si verifica;
- nelle sospensioni (dimensioni $> 1000 \text{ nm}$) è possibile ancora osservare l'effetto Tyndall, ma le particelle, diversamente che dalle soluzioni e nei colloidi, tendono dopo un certo tempo a depositarsi sul fondo.

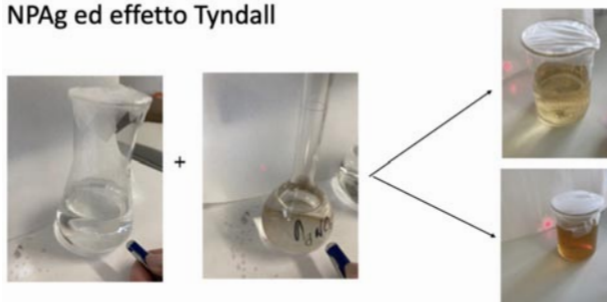
Per quanto riguarda le nanotecnologie, un approfondimento sulla chimica dei colloidi può essere effettuato mediante la sintesi di oro o argento nanostrutturato. Nel caso specifico sono state preparate nanoparticelle d'argento (NPAg) perché i reagenti sono più facilmente reperibili e meno costosi, come evidenziato dalla seguente reazione



in cui l'argento, a freddo, viene ridotto utilizzando come riducente, per esempio, il sodio boroidruro.

Con questo metodo si ottengono particelle di dimensione di $12 \pm 2 \text{ nm}$.

NPAg ed effetto Tyndall



Altro possibile percorso in cui introdurre la sintesi di nanoparticelle è quello dedicato alla spettroscopia UV-visibile, in quanto la loro caratterizzazione viene effettuata tramite analisi spettrofotometrica. Tipico delle nanoparticelle di Ag è il colore giallo dovuto all'interazione del-

la luce con le nanoparticelle che assorbono prevalentemente nella regione del blu (400 nm), colore complementare rispetto al giallo.

Caratterizzazione delle NP Ag

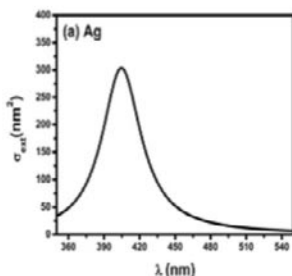


Table 2. Particle Size and Spectral Features of Ag Nanoparticles

Particle Size/nm	λ_{max} /nm	FWHM/nm
10–14 ^a	395–405	50–70
35–50 ^b	420	100–110
60–80 ^c	438	140–150

^aData from this work. ^bData from ref 4. ^cData from ref 5.

Infine, è sicuramente importante mettere in evidenza, quando si affronta lo studio dei sistemi nanostrutturati, la differenza delle proprietà delle sostanze in fase massiva rispetto alle proprietà delle stesse sostanze in sistemi formati da un numero definito di particelle: ciò è conseguenza del fatto che atomi e molecole cambiano comportamento in base al contesto, alle specie vicine, al loro numero e al tipo di interazioni possibili.

Riferimenti

M. Rocard, et al., *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, Report EU22-845, Brussels, 2007.

R. W. Bybee, et al., *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness and Applications*, BSCS Colorado Springs, 2006.

The catalytic properties of nanomaterials (Poland): <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/resources/teaching-modules>

E-book: Corso di Didattica della Chimica (X Scuola di Didattica e Ricerca Educativa U. Segre) https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/sci_didattica/Corso%20di%20Didattica%20della%20Chimica_copertine.pdf

S. D. Solomon, M. Bahadory, A. V. Jeyarajasingam, S. A. Rutkowsky, C. Boritz, L. Mulfinger. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles, *Journal of Chemical Education*, 2007, **84**(2), 322.

Video presentazione A. Caronia: <https://youtu.be/CtmyZE7vfhw>

Esperimenti didattici e potenziali sinergie fra Nanoscienze, Sviluppo Sostenibile, Educazione Civica

Paola Ambrogi

paola.ambrogi2206@gamil.com

All'interno della Scuola del Re dedicata alle nanoscienze nell'insegnamento della Chimica di base questo contributo era dedicato alla scuola secondaria di secondo grado. L'intervento si componeva di due parti, una era volta a suggerire attività didattiche utili per portare l'attenzione degli studenti su aspetti basilari dell'argomento, l'altra a sensibilizzare i docenti circa le potenziali sinergie con Educazione Civica che la trattazione del tema può offrire.

Le nanoscienze si stanno sempre più diffondendo dagli ambiti della ricerca ai diversi risvolti della vita quotidiana. La trattazione delle nanoscienze è, quindi, utile per dare agli studenti strumenti di conoscenza e di interpretazione della realtà che li circonda. Tra gli obiettivi educativi della scuola c'è la formazione di futuri cittadini che siano in grado di orientarsi criticamente nelle scelte che dovranno effettuare nella vita e le applicazioni delle nanoscienze, cioè le nanotecnologie, fanno parte del nostro quotidiano. La normativa italiana del Nuovo obbligo scolastico (MIUR, 2007) facendo riferimento alle raccomandazioni del Parlamento Europeo (CE, 2006) ricorda che le strategie educative devono essere finalizzate a far sì che "l'istruzione e la formazione iniziali offrano a tutti i giovani gli strumenti per sviluppare le competenze chiave a un livello tale che li preparino alla vita adulta...". Approcci didattici basati sulle nanotecnologie sono stati usati con buoni esiti per quanto riguarda sia il coinvolgimento degli studenti sia i risultati per la promozione di abilità cognitive e sociali (Ambrogi et al. 2008, Ambrogi 2018).

Per quanto riguarda l'insegnamento delle nanoscienze, l'associazione nazionale per l'insegnamento delle scienze americana (NSTA) ha rilasciato una pubblicazione in cui vengono evidenziate alcune idee "big ideas" (NSTA, 2009), utili ai docenti di discipline scientifiche e tecnologiche che vogliono affrontare con i loro studenti i diversi aspetti che coinvolgono le dimensioni nanometriche. Questa pubblicazione ha fornito un'utile guida, in particolare ci si è soffermati sugli aspetti legati alle dimensioni (Big Idea 1- Size and Scale), sugli strumenti utili nel contesto nanometrico (Big Idea 7- Tools and Instrumentation), e sulle interconnessioni tra Scienza, Tecnologia e Società (Big Idea 9- Science, Technology and Society). Quest'ultima parte ha fornito una chiave di lettura per le interconnessioni con la nuova disciplina Educazione Civica.

Nella prima parte dell'intervento sono state illustrate tre semplici attività introduttive da svolgere con la classe. La prima per aiutare gli studenti a farsi un'idea delle dimensioni nanometriche che sfuggono al senso comune. La seconda per introdurre gli aspetti legati alle proprietà superficie/volume ed al necessario approccio bottom-up in sostituzione a quello top-down quando si arriva a dover assemblare sistemi di dimensioni molto piccole. La terza per sensibilizzare gli studenti alla necessità di usare strumenti congrui alle dimensioni del sistema su cui si

lavora. Le attività, sebbene semplici, sono utili a coinvolgere gli studenti sia sul piano sociale che cognitivo e sono descritte di seguito brevemente, mentre maggiori dettagli sono riportati nell'Appendice.

La prima attività proposta si è avvalsa della piattaforma aperta e gratuita Kahoot che permette di realizzare quiz che possono essere usati per sfide ludiche online. Gli studenti hanno risposto ad un quiz creato dall'insegnante per coinvolgerli nella stima delle dimensioni di oggetti, animali e altro, usando la notazione esponenziale. Questo può aiutare gli studenti a crearsi un'idea di dimensioni che sfuggono alla percezione diretta. La seconda attività è stata la costruzione di cubi in carta di dimensioni sempre più piccole. L'attività è stata utile non solo per portare l'attenzione sul rapporto superficie/volume di un oggetto, ma anche per problematizzare la creazione di oggetti piccolissimi. Questo ha permesso di introdurre la trattazione dell'approccio bottom up che nelle nanotecnologie sostituisce quello top-down, comunemente impiegato in tecnologia per miniaturizzare gli oggetti. L'ultima attività è stata la manipolazione di un foglio di carta con guanti di diverso tipo, dal guantone da pugilato a quello per la frutta al supermercato, cosa che ha dato agli studenti la possibilità di "toccare con mano" il problema delle dimensioni richieste agli strumenti con i quali vanno manipolati oggetti piccolissimi. Le attività hanno di solito un ottimo riscontro tra gli studenti che vi partecipano con molto entusiasmo.

La seconda parte dell'intervento è stata, invece, dedicata a riflessioni sulle potenzialità che la trattazione delle nanoscienze offre ai docenti di chimica di stimolare negli studenti la consapevolezza della interconnessione tra aspetti che trascendono quello strettamente disciplinare. I curricula italiani sono basati su competenze e l'insegnamento della chimica deve concorrere a promuoverle. Negli anni il focus dell'educazione si è spostato dalla disciplina allo studente. Per usare le parole di Holbrook (2005) si è passati "da educare alle Scienze a educare attraverso le Scienze". Accanto a questa visione incentrata sulla persona, da decenni si è diffusa la visione dell'educazione finalizzata alla formazione di futuri cittadini capaci di fare scelte critiche ed informate per favorire uno sviluppo che sia sostenibile. Il concetto Sviluppo Sostenibile è stato introdotto nel 1987 dal Rapporto Brundtland che lo ha definito come «lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri». L'Agenda 21 (1992) ha rimarcato l'importanza dell'Educazione allo sviluppo sostenibile (ESD) sottolineando che «L'educazione è cruciale per promuovere lo sviluppo sostenibile». L'Agenda 2030 (2015) ha fissato i 17 Goal per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs) e la legge del 20 agosto 2019, n. 92 ha, infine, introdotto la disciplina Educazione Civica nei curricula di tutti gli ordini e gradi della scuola Italiana. L'articolo 3 comma 1.b, della legge (GU, 2019) tra le tematiche da affrontare suggerisce: "L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite il 25 settembre 2015". Lo Sviluppo Sostenibile è quindi entrato nei curricula della scuola italiana; una sintetica linea del tempo relativa all'introduzione di questa tematica nei curricula è mostrata in figura 1. Le linee guida rilasciate per l'Educazione Civica si sviluppano attorno a tre nuclei concettuali (MIUR, 2019): Costituzione, Sviluppo Sostenibile e Cittadinanza Digitale.

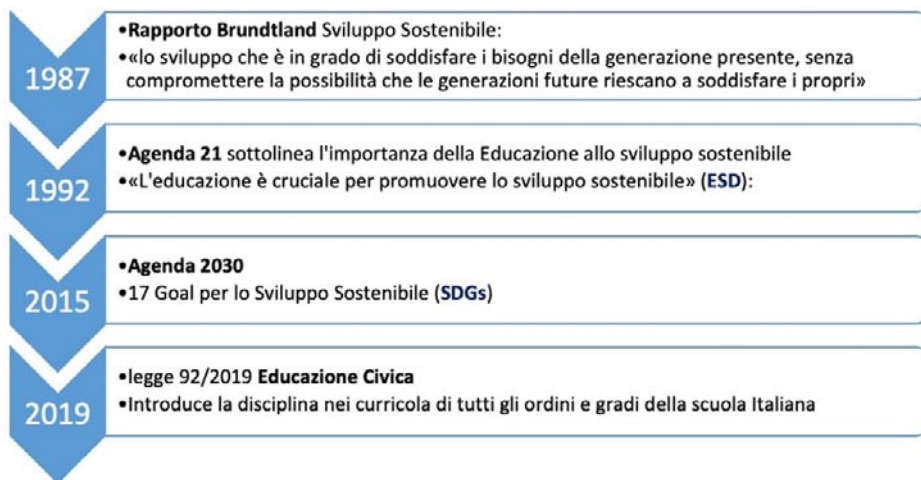


Figura 1. Sintetica linea del tempo della introduzione dello Sviluppo Sostenibile nei curricula italiani

Lo Sviluppo Sostenibile è un'area che offre molte opportunità ai docenti delle discipline scientifiche. Secondo il modello suggerito da Purvis (2019), lo Sviluppo Sostenibile poggia su tre pilastri: società, ambiente ed economia. Questi aspetti potrebbero, quindi, essere affrontati nello svolgimento delle attività didattiche anche inerenti le discipline scientifiche. Ma, nonostante queste innovazioni, a volte può essere difficile staccarsi dai vecchi modelli di insegnamento incentrati sulla disciplina. La formazione iniziale e in servizio degli insegnanti è molto importante per fornire un supporto ai docenti che devono mettere in pratica i curricula (Sözbilir, Ambrogi, 2015).

L'attenzione verso lo Sviluppo Sostenibile è crescente e questo sembra essere divenuto non un obiettivo, ma l'obiettivo dell'azione educativa dei futuri cittadini. Lo sviluppo sostenibile e i suoi pilastri sono entrati anche nella Costituzione Italiana. La legge costituzionale del 11 febbraio 2022 ha modificato l'articolo 9, riguardante i principi fondamentali, e l'articolo 41, facente parte del titolo terzo o dei rapporti economici. Tali articoli della Costituzione sono stati integrati con riferimenti agli aspetti inerenti i pilastri dello Sviluppo Sostenibile: ambiente, economia e società. L'articolo 9 che recitava "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica" viene integrato con "... Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione. Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali." (G.U., 2022). L'articolo 41 che recitava: "L'iniziativa economica privata è libera." è stato integrato con: "... Non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla salute, all'ambiente, 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 e ambientali" (G.U., 2022a). Si attendono i criteri di valutazione per la disciplina Educazione Civica fissati dal MIUR dato che "A partire dall'anno scolastico 2023/2024 la valutazione avrà a riferimento i traguardi di competenza e gli specifici obiettivi di apprendimento per la scuola del primo ciclo, gli obiettivi specifici di apprendimento per i Licei e i risultati di apprendimento per gli Istituti tecnici e professionali definiti dal Ministero del-

l'istruzione.” (MIUR, 2019, p. 5). Nel frattempo, i docenti di discipline scientifiche, e di Chimica tra queste, possono aprire la didattica ad aspetti trasversali e contribuire, in accordo con il collegio docenti, a sperimentare nuovi approcci.

Ai partecipanti della Scuola Del Re sono stati offerti spunti di riflessione sul possibile impiego di un modulo didattico sulle nanoscienze per affrontare il tema dello Sviluppo Sostenibile e nel supportare la disciplina Educazione Civica, discutendo anche delle possibili attività laboratoriali da svolgere nelle loro classi. A questo proposito si è fatto riferimento ai buoni risultati raggiunti dagli studenti che hanno affrontato il tema della nanotecnologia all'interno del progetto *Irresistibile*, che promuoveva i sei principi della Ricerca e Innovazione Responsabile (Irresistibile 2013, Sutcliffe, 2011): coinvolgimento (di ricercatori, industria e società nel processo di innovazione); parità di genere; educazione scientifica; etica; accesso libero alle informazioni (dei risultati della ricerca con finanziamenti pubblici); governance (responsabilità politica dello sviluppo di modelli armoniosi di RRI). L'impiego di moduli didattici che stimolino le riflessioni degli studenti su aspetti non prettamente disciplinari, quali etica e coinvolgimento delle diverse componenti della società nella scienza, si sono, infatti, dimostrati motivanti ed efficaci nel promuovere abilità cognitive e sociali (Ambrogi et al 2019, Ambrogi, 2018 a, Marks, 2009).

Durante una sessione specifica della Scuola Del Re dedicata alla presentazione delle attività laboratoriali e non solo, che i partecipanti alla Scuola hanno progettato e sperimentato nelle loro classi, si è notata un'apertura verso i risvolti non prettamente disciplinari, a dimostrazione della sensibilità dei docenti verso le innovazioni introdotte nei curricula. L'aspetto trasversale maggiormente preso in considerazione ha riguardato l'ambiente, seguito dalla tematica della salute e della sicurezza. Gli interventi didattici progettati di cui sono state restituite le presentazioni in formato PowerPoint sono le seguenti: Le miscele e la luce, Le nanoparticelle d'argento come antibatterico nei tessuti, Proteine - nanoparticelle attive negli organismi viventi, Nanotecnologie e Silver NPs.

Alcuni docenti hanno affrontato la tematica della sostenibilità e il problema della scarsità degli elementi facendo riferimento alla tavola periodica dell'abbondanza degli elementi di EuChemS 2019 (Zanichelli).

Sebbene i modelli di sostenibilità facciano riferimento ai tre pilastri riguardanti ambiente, società ed economia, gli ultimi due sono quelli sui quali i docenti si sono soffermati meno. Di solito nell'azione didattica si tende a riproporre gli approcci che si sono incontrati durante il proprio percorso formativo (Phelps & Lee, 2003), ma negli anni i curricula sono mutati. La formazione in servizio dei docenti è quindi un momento importante non solo per l'aggiornamento disciplinare, ma anche come supporto per affrontare il rinnovamento e mettere in pratica i nuovi curricula.

Riferimenti

- P. Ambrogi, M. Caselli, M. Montalti, M. Venturi, Make sense of nanochemistry and nanotechnology, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2008, **9**(1), 5-10.
- P. Ambrogi, Un esempio di arricchimento della proposta formative nella scuola secondaria di secondo grado IIS “L. Nobili” di Reggio Emilia, in *L'avventura del progetto Irresistibile* (cura di M. Venturi), Bononia University Press, Bologna, 2018, pp. 85-90.
- P. Ambrogi, Formal and Informal Education: Italian experiences to promote content knowledge and ethics in the perspective of Sustainability, in *Building Bridges Across Disciplines for*

- Transformative Education and a Sustainable Future* (Eds. I. Eilks, S. Markic, B. Ralle), Shaker, Aachen, Germany, 2018, pp. 129-140.
- P. Ambrogi, M. Venturi, G. Tasquier, Citizenship Education, RRI and the power of CoLs. Poster presented at the *ESERA2019 Conference*, 26-30 August 2019, Bologna.
- M. Burmeister, F. Rauch, I. Eilks, Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2012, **13**, 59-68; <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2012/rp/c1rp90060a>
- Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.195 del 21-08-2019; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/21/19G00105/sg>
- Gazzetta Ufficiale 11 febbraio 2022 art.1; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/02/22/22G00019/sg>
- Gazzetta Ufficiale 11 febbraio 2022 art. 2; <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2022/02/22/22G00019/sg>
- J. Holbrook, M. Rannikmae, Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 2005, **29**(11), 1347-1362.
- Irresistible Project, 2013; <http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/rri-aspects>
- R. Marks, I. Eilks, Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching: concept, examples, experiences, *International Journal of Environmental & Science Education*, 2009, **4**(3), 231-245 (Special issue on Scientific Literacy, Eds. Coll. R.K., Taylor, N.); <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884394.pdf>
- MPI, Il nuovo obbligo scolastico cosa cambia nella scuola. La normativa italiana dal 2007, ANSAS, Firenze.
- MIUR, Linee guida per l'insegnamento di Educazione Civica, Legge 20 agosto 2019, n. 20, Allegato A; https://www.miur.gov.it/documents/20182/0/ALL.+Linee_guida_educazione_civica_dopoCSPI.pdf/8ed02589-e25e-1aed-1afb-291ce7cd119e?t=1592916355306
- B. Purvis, et al., Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins, *Sustain. Sci.*, 2019, **14**, 681–695.
- S. Shawn, L. A. Sutterland, J. Krajcik, *Big Ideas of nanoscale Science & Engineering a guidebook for secondary teachers*, NSTA press, 2009.
- H. Sutcliffe, The Report on Responsible Research & Innovation, 2011; http://www.apenet-work.it/application/files/6815/9956/8160/2011_MATTER_HSutcliffe_ReportonRRI.pdf
- M. Sözbilir, P. Ambrogi, Understanding and Using Chemistry Curricula for Effective Teaching, in *A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers* (Eds. I. Maciejowska, B. Byers), published by Jagellonian University, Krakow, 2015, pp. 49-65.
- M. Venturi (a cura di), *L'avventura del progetto Irresistibile*, Bononia University press, 2018.
- Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente (2006/962/CE); <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:it:PDF>
- La tavola periodica dell'abbondanza degli elementi online (8/09/2022: <https://educazionecivica.zanichelli.it/la-tavola-periodica-della-disponibilita-degli-elementi>)
- Video presentazione** P. Ambrogi: <https://youtu.be/4xfHfQzy5vI>

APPENDICE

Descrizione dell'attività 1

Dopo avere richiamato l'espressione dei dati con multipli e sottomultipli dell'unità di misura e con la notazione esponenziale e scientifica, ad esempio del metro (Tabella 1), si propone alla classe un Kahoot per stimare le dimensioni di alcune cose con la notazione esponenziale. La risposta ai quiz permetterà una discussione dell'espressione dei dati in notazione scientifica e condurrà alla riflessione sulle dimensioni del mondo indagato dalle nanoscienze.

Terometro	Tm	10^{12}	1000000000000 m
Gigometro	Gm	10^9	1000000000 m
Megometro	Mm	10^6	1000000 m
Kilometro	Km	10^3	1000 m
metro	m	10^0	1m
millimetro	mm	10^{-3}	0,001 m
micrometro	μm	10^{-6}	0,000001 m
nanometro	nm	10^{-9}	0,000000001 m
picometro	pm	10^{-12}	0,000000000001 m

Tabella 1. Multipli e sottomultipli del metro

Alla fine del quiz si può vedere e commentare con la classe il video potenze di 10 [1]. Il video è datato, ma ancora efficace per effettuare ulteriori riflessioni sulla difficoltà di razionalizzare dimensioni di estrema entità e fuori dalla diretta portata dei sensi. Per aiutare gli studenti a crearsi un'idea di quali oggetti hanno dimensioni macroscopiche, microscopiche, micrometriche e nanometriche si possono usare anche alcune slide tratte dal sito Oakton [2], alcune delle quali sono mostrate nelle figure 1-3.



Figura 1. Esempi di cose di cui stimare le dimensioni tratte dal sito Oakton [2]

The answers












Object	appropriate Size	
 length of 10 hydrogen atoms	1.1 nm	atomic
 width of DNA helix	2.2 nm	nano
 thickness of cell membrane	9 nm	nano
 width of virus	72 nm	nano
 width of pits on CD	570 nm	micro
 length of bacteria	1.1 μ m (1,100 nm)	micro
 length of a red blood cell	9.2 μ m (9,200nm)	micro
 length of dust mite	293 μ m (293,000 nm)	micro
 head of pin	2,344 μ m (2,344,000 nm)	macro
 width of sugar cube	9,375 μ m (9,375,000 nanometers)	macro
 diameter of a dime	1 μ m (18,750,000 nm)	macro

Figura 2. Dimensioni delle cose di cui si era chiesta la stima

Nanometer: Part of the Metric System




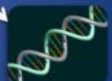
kilometer	km	1,000	1×10^3	 WI is 420 km wide
meter	m	1	1×10^0	 11-year-old human ~ 1.4 m
millimeter	mm	1/1,000	1×10^{-3}	
micrometer	μ m	1/1,000,000	1×10^{-6}	
nanometer	nm	1/1,000,000,000	1×10^{-9}	
picometer	pm	1/1,000,000,000,000	1×10^{-12}	 DNA: 1-2 nm

Figura 3. Diversa rappresentazione di multipli e sottomultipli del Sistema metrico decimale

Descrizione dell'attività 2

Occorre creare gruppi di lavoro di quattro alunni, che possono essere formati a seconda del criterio che meglio si armonizza ai fini educativi selezionati dal docente. I quattro studenti formanti il gruppo dovranno realizzare 4 cubi di identiche dimensioni utilizzando carta, forbici e colla o nastro adesivo (Figura 4). Si deve prevedere un impiego abbastanza largo di tempo e una discreta dose di rumore, ma se questo accade vuol dire che gli studenti si stanno organizzando e si stanno scambiando idee su come realizzare il manufatto. In questo periodo occorre anche vigi-

lare che gli studenti rispettino le norme di prevenzione della diffusione del Covid-19. Una volta ottenuti i 4 cubi si farà notare che il volume totale dei quattro cubi separati e quello del cubo che si ottiene mettendoli assieme è lo stesso ma che le superfici dei due diversi assetti sono molto diverse (Figura 5). Si può arrivare alla stessa conclusione facendo suddividere una gomma da matita, ma oltre ad essere uno spreco di materiale inutile non coinvolge gli studenti nella costruzione della figura geometrica.

Si può lanciare la sfida tra i gruppi per costruire il cubo più piccolo (Figura 6): a un certo punto sarà chiaro che c'è un limite per la miniaturizzazione e, quindi, si può introdurre il concetto della necessità di un approccio bottom-up.



Figura 4. Formazione del cubo con alette da incollare

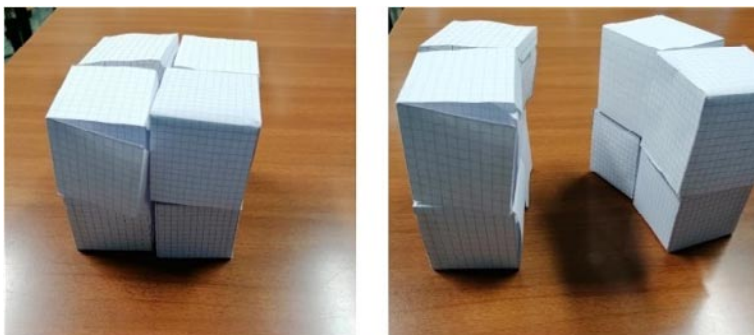


Figura 5. A parità di volume cubi più piccoli forniscono una superficie totale maggiore

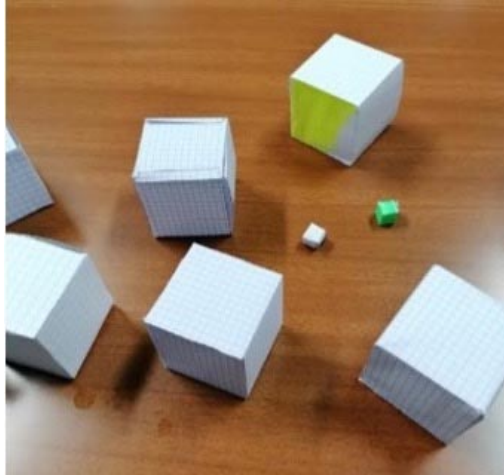


Figura 6. A parità di volume, la superficie aumenta molto se si suddivide il cubo in cubi più piccoli ma c'è un limite alla miniaturizzazione

Descrizione dell'attività 3

Ogni studente dovrà munirsi di un diverso tipo di guanti: di lattice, di lana, da sci, da portiere, da pugile... e dovrà infilare un ago, infilare delle perline, assemblare una costruzione Lego o altro.

Le difficoltà incontrate nello svolgere soprattutto il primo compito serviranno a rendere evidente l'importanza della scelta delle dimensioni degli strumenti in funzione delle dimensioni del sistema su cui si sta lavorando come mostrato nella figura 7.



Figura 7. Diversa difficoltà nella manipolazione di oggetti in funzione dello strumento usato (è possibile afferrare un foglio con guanti di lattice, mentre è ben difficile farlo indossando guanti da pugile)

Riferimenti

- [1] Video potenze di 10, online 23/8/2022: https://www.youtube.com/watch?v=kn_r7QxpMYc
- [2] Slide di Wheeling High School, online 23/8/2022: https://www.oakton.edu/academics/special_programs/nanotech/faculty_resources/files/oakton_presentation_wheeling.pdf

29 novembre 2021

La complessità chimica del mondo biologico

Elena Ghibaudi

elena.ghibaudi@unito.it

Le nanoscienze e le nanotecnologie, ossia lo studio delle proprietà caratteristiche dei sistemi strutturati di dimensioni nanometriche e delle loro varie applicazioni pratiche, rappresentano una frontiera recente dell'indagine scientifica e necessitano di un approccio multidisciplinare. Questi aspetti rendono l'argomento assai stimolante per la fantasia e la voglia di futuro di studenti della scuola secondaria. Nello stesso tempo, il patrimonio di concetti e conoscenze necessari per trattare questo tema in modo corretto e didatticamente efficace ne rendono difficile l'inserimento nel percorso scolastico.

Per la scuola secondaria intravedo due approcci possibili a questi temi: i) *approccio informativo-divulgativo*, che si pone l'obiettivo di rendere gli allievi edotti in merito all'esistenza di fenomeni e sistemi strettamente correlati con dispositivi e tecnologie di comune utilizzo nella vita quotidiana, senza entrare nel merito della loro trattazione concettuale; ii) *approccio didattico-concettuale*, che fa leva su conoscenze e concetti già in possesso degli allievi per riesaminarli in un nuovo contesto, quello delle nanoscienze, e farli progredire.

Entrambi gli approcci hanno dei *pro e dei contro*.

L'approccio informativo-divulgativo evidenzia l'impatto del sapere scientifico-tecnologico sulla realtà e la nostra vita quotidiana; tocca problematiche attuali e pubblicamente dibattute; evidenzia il fatto che il corpus delle conoscenze scientifiche è in continua espansione, ossia è dinamico; promuove l'approccio interdisciplinare alla realtà. D'altra parte, l'aspetto concettuale passa largamente in secondo piano, perché troppo avanzato rispetto alle conoscenze medie degli allievi; inoltre c'è il rischio che gli studenti percepiscano gli aspetti spettacolari, senza comprendere la logica che li sostiene.

L'approccio didattico-concettuale ha il merito di porre il focus sulla comprensione; si focalizza sui concetti di base necessari a comprendere queste applicazioni; sfrutta attività laboratoriali sia in modalità esplorativa che confermativa; permette di lavorare in modalità interdisciplinare e di sfruttare materiali video disponibili on line. D'altra parte, esso sacrifica (almeno in parte) la spettacolarità e consente di progettare attività (laboratoriali e non) focalizzate su sistemi con un grado di complessità moderato.

Se ci poniamo nella prospettiva didattico-concettuale, sorgono immediate alcune domande:

- quali sono i concetti di base necessari per comprendere questi sistemi?
- in quali contesti gli allievi della secondaria di secondo grado incontrano (consapevolmente o inconsapevolmente) i nanosistemi?

- è possibile trattare questo argomento in relazione a contenuti di altre discipline (ad esempio, la biologia o la fisica)?
- quali concetti/problemi conoscitivi sono caratteristici dei nanosistemi?
- è possibile progettare attività didattiche fondate su di essi?

Abbiamo visto che un aspetto caratteristico dei nanosistemi (e in particolare delle nanoparticelle) risiede nelle peculiari proprietà che si originano dal rapporto volume/superficie, con conseguenze che si manifestano nelle proprietà ottiche, di adsorbimento, catalitiche, ecc. Una conseguenza immediata di questo approccio è la considerazione che la ‘strutturazione’ microscopica di una sostanza può modulare significativamente le proprietà della sostanza stessa. E così, ad esempio, sospensioni di nanoparticelle di oro avranno colori (e dunque spettri ottici) dipendenti dalla granulometria delle particelle medesime.

Un altro aspetto che vale la pena di esplorare è il seguente: la prospettiva nanometrica può servire a ripensare il mondo microscopico atomico-molecolare in modo originale? In particolare, che tipo di sguardo propongono le nanosienze sui sistemi di natura biologica? È possibile utilizzarle in chiave interdisciplinare per presentare aspetti e problematiche del mondo biologico? È possibile utilizzarle a scuola per riconsiderare concetti di base della chimica e della biochimica in una prospettiva supramolecolare?

Possiamo tentare un percorso interdisciplinare, facendoci guidare da alcune domande.

1. Quanto è piccolo il nanomondo?

Una prima riflessione riguarda le scale dimensionali del mondo microscopico. Una cellula, un virus, una molecola sono tutti ‘piccoli’, ma appartengono a scale dimensionali molto diverse: gli allievi hanno tendenza a confondere il livello microscopico della chimica e della biologia appiattendole le differenze dimensionali fra enti di interesse chimico e biologico. È allora possibile esplicitare la questione, facendo uso di rappresentazioni come la figura 1 o di applicazioni disponibili in rete (ad esempio, <https://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/>) che consentono di avere una percezione immediata delle diverse scale dimensionali e dei loro rapporti.

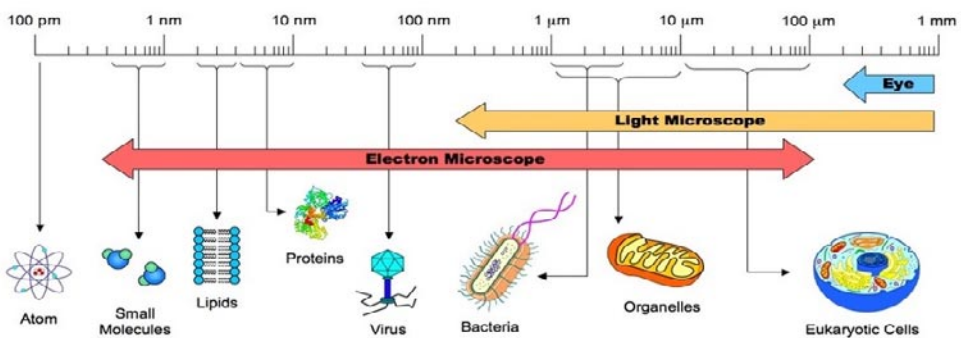


Figura 1. La scala (multidimensionale) del mondo microscopico chimico-biologico

2. Dove incontro le nanoparticelle nel mondo biologico?

Moltissime molecole o aggregati molecolari di interesse/significato biologico sono a tutti gli effetti nanoparticelle: macromolecole biologiche come le proteine e gli acidi nucleici hanno dimensioni simili a quelle di nanoparticelle non biologiche. Esistono anche nanoparticelle artificiali, assemblate a partire da biomolecole e utilizzate a vari scopi: ad esempio, il trasporto di farmaci, la realizzazione di agenti teranostici, la progettazione di farmaci a lento rilascio, ecc.

Anche se il concetto di “nanosistema” è relativamente recente, le nanoparticelle naturali esistono da sempre! Conosciamo moltissimi esempi di sistemi naturali che rientrano in questa categoria: ad esempio, una sospensione proteica esibisce l’effetto Tyndall esattamente come una sospensione di nanoparticelle artificiali. Le ‘sospensioni colloidali’ sono sistemi che presentano al loro interno particelle di dimensioni nanometriche: pensarle come nanosistemi apre la strada a nuove chiavi interpretative del loro comportamento e a nuovi approcci di indagine scientifica (Figura 2).

In campo didattico, è possibile utilizzare la sezione didattica del Protein Data Bank (PDB-101 <https://pdb101.rcsb.org/>) per illustrare e discutere esempi di proteine, complessi proteici, acidi nucleici, virus, macchine molecolari biologiche, ecc., in relazione al loro ruolo, comparandone le dimensioni e ragionando sul rapporto tra struttura e funzione. Queste pagine interattive possono aiutare ad apprezzare la varietà dimensionale associata al livello microscopico, permettendo agli allievi di mettere a fuoco il gap dimensionale esistente, per esempio, tra una cellula e una macromolecola. Inoltre, consentono di discutere il significato di tali varietà di dimensioni e di forme (Figura 3).

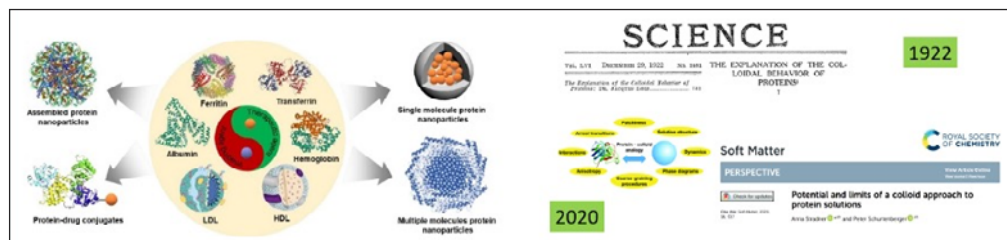


Figura 2. A sinistra, esempi di nanosistemi di interesse biologico e biomedico (da Iqbal et al, *J. Controlled Release*, 2021, **329**, 997-1022); a destra, due diversi modi di ‘pensare’ le sospensioni proteiche

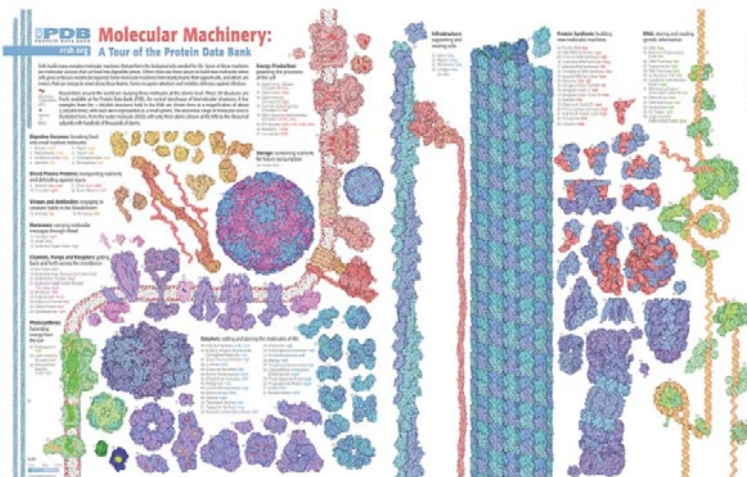


Figura 3. Pagina didattica del Protein Data Bank, liberamente accessibile all'URL: <https://pdb101.rcsb.org/learn/flyers-posters-and-other-resources/flyer/molecular-machinery-a-tour-of-the-protein-data-bank>

3. Quali interazioni caratterizzano il nanomondo biochimico?

L'applicazione delle nanoscienze al campo biochimico può essere sfruttata efficacemente sul piano didattico, come opportunità per ripensare le interazioni interatomiche (legami primari e secondari) apprese nell'insegnamento di chimica e per comprenderne il ruolo e il significato nel contesto biologico. In particolare, diventa possibile:

- ridiscutere la distinzione tra legami primari e secondari
- comprendere il loro diverso 'dinamismo' in relazione alla scala di energie
- capire il significato funzionale di tale dinamismo nell'ambito biologico

Punto a

È importante che gli allievi comprendano il nesso esistente – da una parte – tra legami primari e struttura (ad esempio, struttura primaria delle proteine, backbone del DNA, ecc.) e – dall'altra – tra legami secondari e architettura o struttura supramolecolare (ossia, i livelli di struttura secondaria, terziaria e quaternaria, addotti supramolecolari, sistemi auto-assemblati, meccanismi di riconoscimento molecolare, ecc.).

Punto b

La disamina delle energie associate ai vari tipi di interazione può servire ad evidenziare e giustificare il diverso "dinamismo" dei vari tipi di interazione, evidenziando la differente stabilità delle strutture molecolari e supramolecolari nel tempo. L'aspetto energetico permette di valutare la "persistenza" dei legami, una volta fissate le condizioni al contorno. È molto importante mettere in evidenza questo aspetto quando si discutono le funzioni delle macromolecole biologiche, in quanto solo strutture dotate di una certa dinamicità e plasticità (ossia la possibilità di cambia-

re forma) si prestano a formare addotti funzionali (ad esempio, enzima-substrato, ormone-recettore).

Punto c

L'insieme di questi contenuti offre una chiave interpretativa potente delle proprietà e delle funzioni di molti sistemi di interesse biologico (esaminati a livello molecolare) ben accessibile al livello di conoscenze degli allievi.

Quali condizioni devono essere soddisfatte per poter esaminare i sistemi biologici secondo una prospettiva atomico-molecolare e supramolecolare?

Indubbiamente, occorre aver costruito e discusso il concetto di legame e aver affrontato i modelli di legame primario e secondario. Ciò comporta anche aver affrontato i nodi e le difficoltà concettuali relative a questi temi, che sono ben documentate dalla letteratura. Tra queste, ci sono le problematiche relative al concetto di dipolo istantaneo e permanente, per capire le quali gli allievi devono aver compreso che le interazioni interatomiche e intermolecolari sono mediate da elettroni e sono rese possibili dalla mobilità dei medesimi (molti studenti sanno che gli elettroni si muovono intorno al nucleo carico positivamente, ma non realizzano le implicazioni di tale comportamento. Perciò è fondamentale discuterle con la classe).

A queste condizioni, diventa possibile “leggere” molti eventi di interesse biologico ad un livello che non sarà più soltanto descrittivo, ma che – spostandosi sul piano atomico-molecolare e supramolecolare – consente di evidenziare le relazioni tra struttura/architettura e funzione.

Sul piano didattico, esistono moltissimi fenomeni di pertinenza biologica che – se letti in una prospettiva chimica – consentono di guidare gli allievi verso una migliore comprensione tanto dei contenuti biologici, quanto di quelli chimici e di superare la rigidità delle barriere tra discipline che è spesso ostacolo alla comprensione.

A questo scopo, vengono discussi quattro esempi di argomenti che sono, o possono essere, oggetto di trattazione didattica nella scuola secondaria.

Esempio 1: livelli di struttura delle proteine e fenomeno del folding

La disamina dei livelli di struttura delle proteine (dal primario al quaternario) consente di evidenziare come i legami covalenti intervengano (quasi) esclusivamente nella sola sequenza primaria. L'architettura proteica è stabilizzata da varie tipologie di legami secondari (legami H, interazioni idrofobiche, ponti salini, interazioni dipolari), oltre naturalmente ai ponti disolfuro e a poche altre interazioni covalenti tra residui di aminoacidi, che peraltro non sono presenti in tutte le proteine (Figura 4). La minor energia dei legami secondari rispetto ai primari, unitamente al loro carattere generalmente non direzionale (ad eccezione del legame H) realizza la plasticità delle macromolecole e consente, ove necessario, modifiche conformazionali strettamente correlate alla funzione proteica e alla possibilità di regolazione (si pensi agli effettori allosterici), così fondamentale per la sussistenza di un organismo vivente.

Il processo di folding consente anche di discutere il concetto di *emergenza*. Con questo termine si intende quel fenomeno, tipico dei sistemi complessi, secondo il quale il sistema esibisce proprietà macroscopiche che scaturiscono dalle interazioni lineari e non-lineari tra le componenti del sistema medesimo e non sono direttamente predicibili a partire dalle proprietà delle singole componenti del sistema. Si pensi ad un enzima: la funzione catalitica *emerge* in seguito al folding (che è un processo di auto-organizzazione) e non è presente né deducibile dalla semplice sequenza primaria. Ma il folding è reso possibile dallo stabilirsi di una rete di legami secondari. Si chiarisce così un aspetto fondamentale dei legami secondari: essi hanno un profondo

significato chimico, contrariamente alla concezione che li vorrebbe semplicemente correlati allo stato fisico di un sistema. Un chiaro esempio di ciò è l'evidenza che la reattività di un enzima si manifesta solo grazie allo stabilirsi di legami secondari che strutturano la proteina e assistono la formazione dell'addotto (reversibile) enzima-substrato.

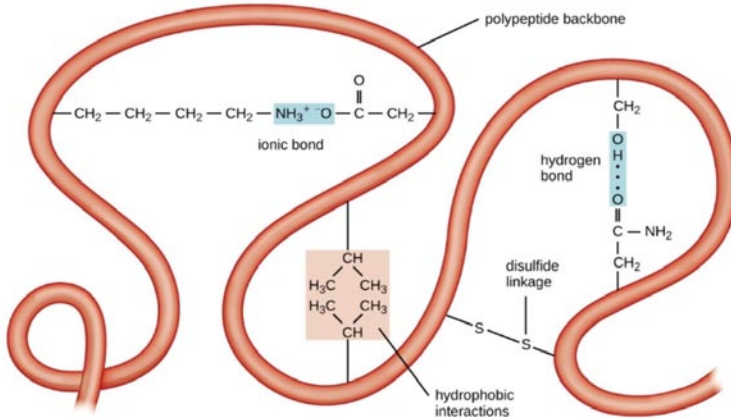


Figura 4. Le interazioni responsabili per la strutturazione tridimensionale di una proteina (licenza Creative Commons)

L'iconografia attraverso la quale gli aspetti dinamici dei sistemi nanostrutturati sono rappresentati sui libri di testo ha il grande limite di essere statica. La disponibilità di LIM con accesso a Internet costituisce un vantaggio per l'apprendimento e la comprensione, nella misura in cui consente di fruire di animazioni didattiche liberamente disponibili in rete (ad es., i filmati del Protein Data Bank <https://www.youtube.com/watch?v=wwTv8TqWC48>), oppure di app didattiche (ad es., https://lab.concord.org/embeddable.html?fbclid=IwAR332EV43jbDw2y9uh-JLKpwPi_043xbzPA6bguW0cFNA8oRFoLgNpDXEyJo#interactives/samples/5-amino-acids.json), consente di apprezzare l'influenza della polarità del solvente sul processo di folding di sequenze primarie, a seconda della loro natura idrofilica, idrofobica o anfifilica).

Esempio 2: il processo di trascrizione del DNA

Un discorso del tutto analogo può essere sviluppato in relazione al processo di trascrizione del DNA, che può essere letto in termini molecolari e supramolecolari, evidenziando che solo un sistema supramolecolare qual è la doppia elica del DNA consente un meccanismo di apertura reversibile, che rende possibile la trascrizione dell'informazione genetica (Figura 5).

Infatti, le basi azotate del DNA interagiscono mediante legami secondari (legami H) caratterizzati da energie molto più basse rispetto ai legami covalenti che legano i nucleotidi e che definiscono il backbone della macromolecola. Sono le differenti scale energetiche delle due classi di legami a garantire che il backbone del DNA rimanga intatto durante il processo, consentendo lo stoccaggio e la preservazione del patrimonio genetico.

Ma non basta; anche la regolazione della trascrizione genica, operata da agenti di natura proteica o non proteica, è fondata sulla possibilità di formare addotti reversibili, ossia temporanei. I meccanismi di riconoscimento molecolare che consentono la formazione di tali addotti comportano la formazione di legami secondari. Trattandosi di processi dinamici, ancora una volta, è possibile sfruttare il materiale disponibile in rete per favorirne la com-

preensione e per discutere la chimica che essi sottendono (ad esempio, <https://www.youtube.com/watch?v=dKubyIRiN84>).

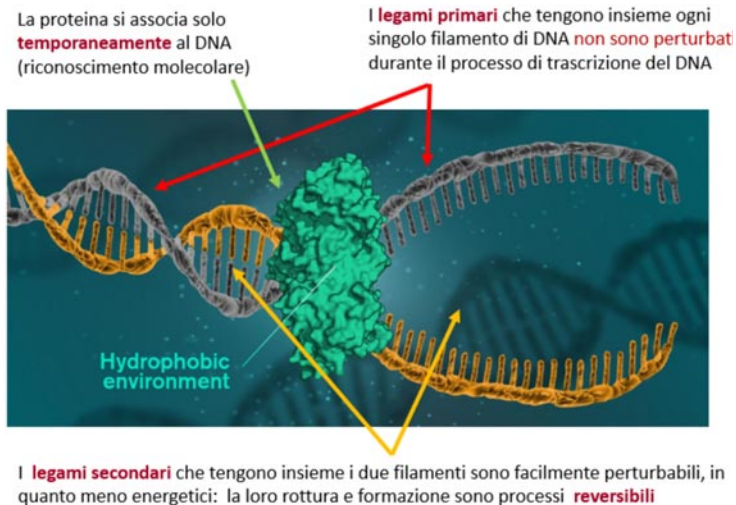


Figura 5. Diverso significato biologico dei legami primari e secondari nel processo di trascrizione del DNA

Esempio 3: la membrana cellulare come esempio di self-assembly

Applicando i criteri della chimica supramolecolare, diventa anche possibile interpretare la membrana cellulare come sistema nanostrutturato e soggetto ad autoassemblaggio. La forza motrice per l'assemblaggio è da ricercarsi in fattori entropici ed entalpici che governano il cosiddetto *effetto idrofobico*. Gli strumenti di questo processo sono – nuovamente – i legami secondari. La lettura chimico-fisica dell'autoassemblaggio e della compartimentazione è, dunque, fortemente intrecciata al tema-chiave del mondo biologico, ossia all'origine dei primi sistemi viventi (vedi, ad es., <https://www.youtube.com/watch?v=mRzxTzKIsp8>). Questi stessi principi trovano applicazione pratica in molti altri settori: da quello farmacologico (si pensi al drug delivery mediato da liposomi o ciclodestrine) a quello dei materiali innovativi (ad es., l'autoassemblaggio di biomateriali a base di caseine <https://www.youtube.com/watch?v=Xp147umPmLI>).

Esempio 4: due macchine molecolari naturali, il ribosoma e l'ATP sintasi

Le macchine molecolari naturali sono un argomento affascinante, capace di attrarre l'attenzione degli allievi e di motivare l'apprendimento. Sono ubiquitariamente presenti nel mondo vivente e svolgono una varietà di funzioni distinte (https://www.youtube.com/watch?v=X_tYrnv_o6A). Si tratta, a tutti gli effetti, di sistemi nanostrutturati dinamici frutto dell'evoluzione naturale. La natura, infatti, si serve di queste nanomacchine per realizzare processi essenziali quali la biosintesi delle proteine o la sintesi dell'ATP, fondamentale per garantire lo stoccaggio di energia negli organismi. Le componenti del ribosoma sono proteine e RNA (https://www.youtube.com/watch?v=Tfyf_rPWUdY). L'ATP sintasi (Figura 6) è invece un complesso proteico che funziona come un vero e proprio 'motore' molecolare (<https://www.youtube.com/watch?v=kXpzp4RDGJI>).

Ancora una volta, il funzionamento delle nanomacchine naturali può essere ‘letto con gli occhi del chimico’ e interpretato ‘con gli occhi del biologo’, al fine di chiarirne sia il meccanismo che il ruolo all’interno dell’economia cellulare.

Questi nanosistemi necessitano di considerevoli modifiche conformazionali per funzionare: sul piano didattico ciò offre un’ulteriore opportunità per discutere il ruolo dei legami secondari come strumenti per assicurare la plasticità dei sistemi, consentirne la regolazione e così garantire il funzionamento della cellula e dell’organismo vivente.

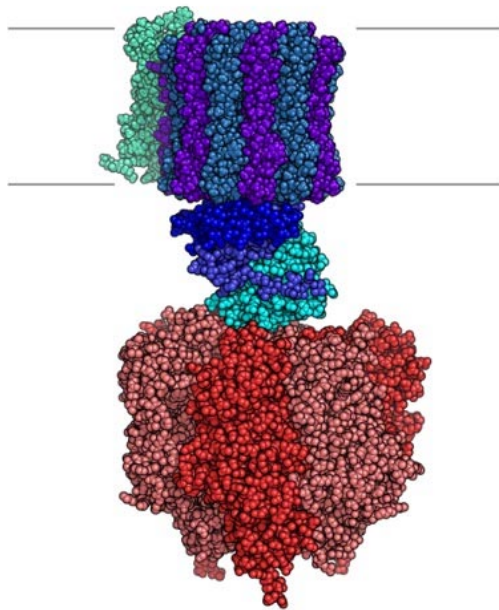


Figura 6. Rappresentazione della struttura di ATP sintasi (licenza Creative Commons)

4. Una breve considerazione finale

Questi quattro esempi, scelti tra un’ampia gamma di possibilità, suggeriscono alcune strade possibili per realizzare una didattica interdisciplinare che consenta agli allievi di comprendere l’utilità delle distinzioni disciplinari, ma anche la necessità di superarle, se si desidera raggiungere un adeguato grado di comprensione della realtà.

Video presentazione E. Ghibaudi: <https://youtu.be/cFwo8cV8z1I>

Alcuni esperimenti in ambito biologico di particolare interesse didattico e con risvolti inter- e trans-disciplinari

Anna Maria Madaio e Maria Funicello

e-mail: annamariamadaio@libero.it; maria.funicello@unibas.it

Nella sezione dedicata alla complessità chimica del mondo biologico sono stati proposti esperimenti di particolare interesse didattico per il triennio degli istituti tecnici a indirizzo chimico, ma adattabili anche ad altri contesti scolastici (ad es., biennio tecnici e licei). Nello specifico, sono state proposte attività sulla ficocianina, una proteina estratta dal cianobatterio *Spirulina* (*Arthrospira platensis*), e su nanomateriali naturali di origine proteica, come il latte e le gelatine, con un approfondimento sulla produzione di una bioplastica ottenuta dalla caseina.



La ficocianina è il principale pigmento ficobiliproteico della *Spirulina*, usata come colorante alimentare naturale blu nell'industria nutraceutica, alimentare e cosmetica.

La ficocianina è una proteina coniugata di colore blu brillante, legata covalentemente a un cromoforo tetrapirrolico che assorbe nel visibile nell'intervallo 610 - 620 nm ed emette una fluorescenza rossa nell'intervallo 645 - 653 nm. L'attività laboratoriale, svolta in una classe quinta di un istituto tecnico per chimici (articolazione Chimica e Materiali), e proposta ai docenti della Scuola "Del Re", ha trattato l'estrazione e la purificazione della ficocianina da *Spirulina* e lo studio della variazione delle proprietà della proteina (colore, fluorescenza, solubilità) indotta dall'azione di agenti chimico-fisici che, intervenendo sui legami intermolecolari, ne determinano la denaturazione o la precipitazione.

In particolare, poiché lo spettro di assorbimento del cromoforo dipende dalla conformazione della proteina, la denaturazione con alcol etilico, urea o per riscaldamento, comporta una modifica conformazionale della proteina, e quindi del cromoforo, che assorbe a 370 nm diventando incolore, e perde la fluorescenza. Gli effetti della denaturazione sull'assorbimento nel visibile e sulla fluorescenza sono stati quindi studiati spettroscopicamente e per confronto con un campione di ficocianina commerciale. L'intero percorso è stato sviluppato con la metodologia didattica

del “problem solving” che ha portato gli studenti a costruire una metodica di laboratorio attraverso una serie di prove pianificate insieme al docente, e successivamente da essi sperimentate e verificate.

Relativamente alla parte dei nanomateriali naturali è stato sviluppato un percorso che ha trattato innanzitutto le differenze tra i concetti di soluzione e “sistema colloidale”, evidenziando la caratteristica dei sistemi colloidali di diffondere la luce per effetto Tyndall.

Considerando il latte come sistema colloidale naturale è stato possibile approfondire il discorso sui diversi tipi di caseine che lo costituiscono, mettendo in evidenza le proprietà struttura-funzione.

Le caseine sono tutte caratterizzate da una regione idrofobica e una polare e le interazioni tra queste due diverse regioni possono essere responsabili del “self assembly” che porta alla formazione di micelle con una nanostruttura piuttosto complessa. La caseina k è l’unica con caratteristiche idrofiliche e si trova sulla parte esterna delle micelle. La coagulazione, o precipitazione delle caseine, è causata da diversi agenti chimici e/o fisici ed è un processo ampiamente noto nell’industria casearia. Su tale processo si è basata l’esperienza di produzione della bioplastica dalla caseina, precipitata al suo punto isoelettrico (pH 4.6). L’attività laboratoriale proposta è stata svolta da studenti del triennio di un istituto tecnico ad indirizzo chimico.

Entrambi gli argomenti sviluppati, essendo molto versatili e facilmente realizzabili dagli studenti anche in un laboratorio a distanza, offrono ottimi spunti di approfondimento su tematiche ambientali ed ecologiche collegate con gli obiettivi dell’Agenda 2030.

Gli insegnanti, che hanno scelto di lavorare sulle attività da noi proposte, hanno formato quattro gruppi, quasi tutti focalizzati sulle bioplastiche, e hanno sperimentato il percorso didattico nelle loro classi.

Video presentazione A. M. Madaio: <https://youtu.be/IUaWfzXnrH8>

Video presentazione M. Funicello: <https://youtu.be/AXwpopHTuAQ>

I cristalli liquidi e nanoscienza

Valentina Domenici e Sandro Jurinovich

e-mail: valentina.domenici@unipi.it; sandro.jurinovich@cattaneodigitale.it

In occasione di questa Scuola Del Re, dedicata alle *nanoscienze*, abbiamo deciso di affrontare il tema dei cristalli liquidi con un percorso flessibile e modulare che potesse essere utilizzato sia a livello di licei scientifici e licei di scienze applicate, sia a livello di istituto tecnico, con vari gradi di approfondimento. Proprio per la peculiarità dell'argomento, abbiamo inoltre deciso di fornire agli insegnanti del materiale, in parte legato ad articoli di divulgazione e di didattica della chimica [1-5], un video introduttivo, preparato ad hoc per la scuola [6], e una serie di presentazioni e schede che sono state tutte raccolte su un sito web (Figura 1) [7].

Il percorso che abbiamo proposto si divide in due parti. La prima parte, centrata sull'introduzione al mondo dei cristalli liquidi termotropici, può essere proposta a livello di biennio delle scuole secondarie di secondo grado. L'argomento, infatti si lega bene a quelli relativi agli stati di aggregazione della materia, alle proprietà chimiche e fisiche delle sostanze chimiche e ad alcune proprietà ottiche, con elementi interdisciplinari tra la chimica e la fisica. La seconda parte del percorso, invece, è centrata sui cristalli liquidi liotropici e, in particolare, sui sistemi eterogenei formati da tensioattivi e acqua. In determinate condizioni, i sistemi formati da acqua e tensioattivi formano gli aggregati micellari, le cui caratteristiche chimiche e fisiche si prestano ad essere trattate nel triennio della scuola secondaria di secondo grado. L'argomento si collega bene a concetti fondamentali della chimica organica e della biochimica, permettendo di capire i principi su cui si basano le strutture organizzate fondamentali per la vita, come le membrane cellulari, presentando quindi aspetti interdisciplinari tra la chimica e la biologia.



Figura 1. Schermata della home-page del sito web dedicato all'attività "Cristalli liquidi e Nanoscienza" [7]

Descrizione del materiale didattico

I cristalli liquidi termotropici

I cristalli liquidi termotropici sono esempi di *soft matter* molto particolari in quanto si tratta di composti ‘puri’ e non di miscele variamente complesse ed eterogenee. Dal punto di vista didattico, per comprendere il comportamento di questi composti con la temperatura, è bene partire dal modello particellare, utilizzato anche per passare dal livello macroscopico al livello microscopico affrontando gli stati di aggregazione della materia più comuni: lo stato solido, lo stato liquido e lo stato gassoso. Come evidenziato nell’articolo divulgativo [4], questo modello parte da una semplificazione fondamentale: tutte le molecole (ma anche gli atomi e gli ioni) sono approssimate a delle sferette, trascurando quindi la loro forma. Facendo leva su questo, possiamo far ragionare i ragazzi su cosa succede se invece di avere delle molecole ‘sferiche’ avessimo a che fare con molecole molto ‘allungate’, ovvero anisotrope.

Anche se gli studenti non possono immaginarsi cosa accade realmente, questo semplice passaggio può servire a suscitare nei ragazzi un dubbio, sviluppare delle ipotesi, o semplicemente attirare la loro curiosità sui cristalli liquidi. Tra le prime attività laboratoriali proposte c’è quella di far osservare sperimentalmente cosa succede se riscaldiamo un materiale liquido cristallino (o dalla fase solida, come con il composto derivato del colesterolo di figura 2a) o da una fase liquido cristallina (come nel caso del cristallo liquido nematico, derivato dal cianobifenile in figura 2b).

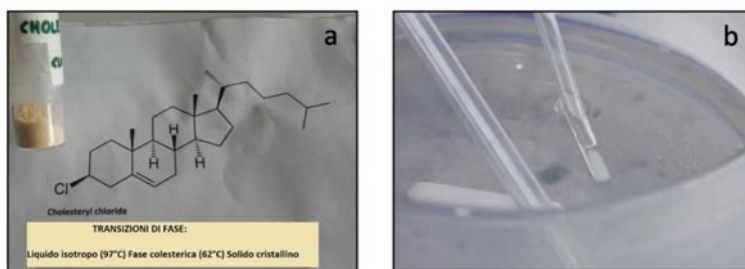


Figura 2. a) Immagine di uno dei primi cristalli liquidi scoperti nel 1888 dal botanico Reitzner (un derivato del colesterolo) in cui si vede la struttura molecolare e le transizioni di fase osservate per raffreddamento dalla fase liquida isotropa alla fase liquido cristallina, chiamata colesterica, fino alla fase solida cristallina; b) fotografia di un cristallo liquido alla transizione di fase da nematico a isotropo [7]

L’osservazione della transizione di fase si presta bene ad un’analisi più quantitativa, anche mediante la progettazione di esperimenti che fanno l’uso di sensori digitali. A tal scopo è possibile realizzare il sistema mostrato in figura 3 in cui la transizione di fase viene monitorata attraverso l’analisi dell’andamento della torbidità del campione in funzione della temperatura del bagno termostatico. I dati sperimentali relativi alle due variabili fisiche possono essere acquisiti digitalmente mediante l’utilizzo di un semplice turbidimetro e di una sonda di temperatura interfacciate ad un microcontrollore, come ad esempio Arduino. Un’attività di questo tipo presenta interessanti aspetti multidisciplinari nell’ambito delle discipline STEM e potenzia le competenze trasversali digitali degli studenti.

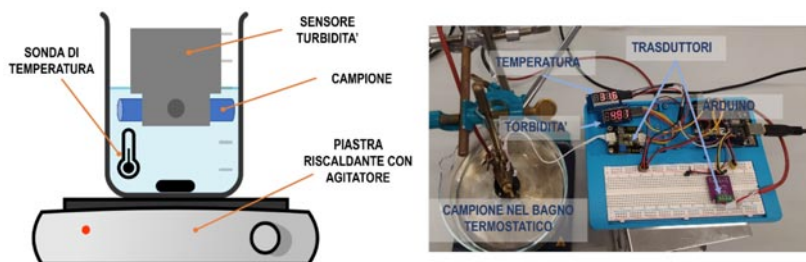


Figura 3. Sistema home-made per lo studio della transizione di un cristallo liquido nematico

L'osservazione macroscopica dei cambiamenti tra una fase e l'altra dovrebbero poi essere accompagnati da una spiegazione microscopica che tenga conto del fatto che le molecole di queste sostanze sono allungate e si comportano come dei bastoncini [1-4]. I ragazzi possono utilizzare dei semplici modellini (anche degli stecchini!) per capire come le molecole si organizzano nello spazio e per ragionare sulle caratteristiche di simmetria.

Le altre attività previste sui termotropici sono di tipo multidisciplinare; in particolare riguardano la chimica, la fisica e le tecnologie in genere.

Una proprietà di questi materiali oggetto di alcune attività laboratoriali è, ad esempio, la birifrangenza e il comportamento dei cristalli liquidi con la luce, polarizzata e non polarizzata. Questa attività è propedeutica alla spiegazione del funzionamento dei display a cristalli liquidi che tutti i ragazzi e le ragazze utilizzano quotidianamente con i loro cellulari.

I cristalli liquidi liotropici

L'introduzione ai cristalli liquidi liotropici presuppone di aver parlato in generale di cosa si intende per *soft matter* e della complessità dei materiali che rientrano nelle cosiddette dispersioni colloidali. Infatti, a differenza dei cristalli liquidi termotropici, i liotropici non sono sostanze 'pure', ma sono costituiti da miscele eterogenee di più sostanze. Tipicamente, si tratta di dispersioni di molecole anfifiliche o tensioattivi, in acqua. Il loro comportamento è quindi legato a due variabili: la temperatura (come per i termotropici) e la concentrazione dei vari componenti in acqua. Nella nostra proposta, abbiamo deciso di concentrare l'attenzione sui saponi (Figura 4) in quanto collegabili facilmente alla vita quotidiana [7-10].

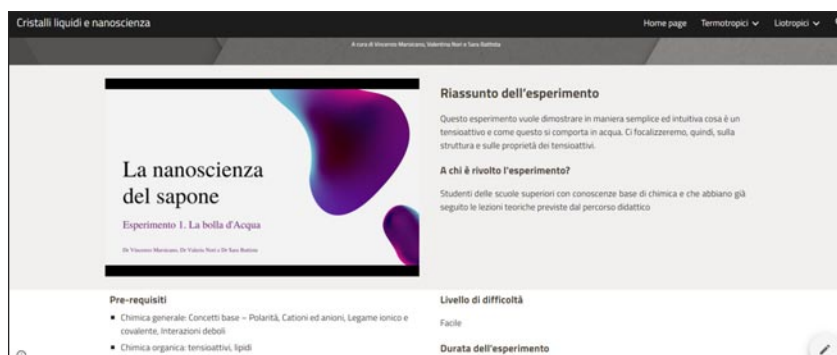


Figura 4. Schermata della pagina dedicata ai cristalli liquidi liotropici con particolare riferimento alla nanoscienza del sapone

Considerazioni finali

Il percorso didattico di introduzione ai cristalli liquidi è stato proposto ad un gruppo eterogeneo di insegnanti e ricercatori che hanno partecipato alla Scuola Giuseppe Del Re. Gli insegnanti provenivano da scuole secondarie diverse: un liceo di scienze applicate, un istituto tecnico e una scuola internazionale, mentre i ricercatori provenivano dall'Università di Perugia, con un background di chimica organica e di ricerca nel campo dei materiali self-assembling. È stato, quindi, molto interessante costruire e coordinare un network di interfaccia tra gli insegnanti delle scuole e i ricercatori universitari, che, pur essendosi incontrati solo sulla piattaforma virtuale, sono riusciti a interagire molto e a scambiare idee, proposte e riflessioni che si sono concretizzate in attività laboratoriali, realizzate con i ragazzi e le ragazze delle scuole sia in presenza sia con incontri in remoto.

Il gruppo di lavoro ha, quindi, operato in grande sinergia e i risultati di questo lavoro, compresi i feedback dagli studenti, sono stati molto positivi. Probabilmente alcune di queste attività continueranno a essere sperimentate con altri gruppi di studenti, come successo recentemente con gruppi di studenti delle classi terze e quarte, provenienti da varie scuole toscane, che hanno partecipato ai percorsi di PCTO sui cristalli liquidi presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa.

Riferimenti bibliografici

- [1] A. Marchetti, V. Domenici, I Cristalli Liquidi. Un'introduzione critica. Parte I, *La Chimica nella Scuola*, **2010**, Luglio-Settembre, p. 131.
- [2] A. Marchetti, V. Domenici, I Cristalli Liquidi. Un'introduzione critica. Parte II, *La Chimica nella Scuola*, **2011**, Gennaio-Marzo, p. 3.
- [3] V. Domenici, Ordine, disordine e...la complessità del mondo parzialmente ordinato tra aspetti chimico-fisici e applicazioni tecnologiche, *La Chimica e L'Industria*, **2019**, Anno III, **5**, p. 54.
- [4] V. Domenici, Una introduzione (breve) ai cristalli liquidi e alcune considerazioni didattiche, *Il Piccolo Cimento*, **2022**, *1*, art. n. 4. (Pubblicato il 14 marzo 2022) Link: <https://piccolocimento.dcci.unipi.it/introduzione-cristalli-liquidi.html>
- [5] J. Pavlin, N. Vaupotič, M. Čepič, Liquid crystals: a new topic in physics for undergraduates, *European Journal of Physics*, 2013, **34**, 745.
- [6] Video di introduzione ai cristalli liquidi sul canale Youtube del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale: <https://youtu.be/Sg6FY90PtGY>.
- [7] Sito web "CRISTALLI LIQUIDI E NANOSCIENZA", 10 Settembre **2022** (ultimo accesso): <https://sites.google.com/cattaneodigitale.it/cristalli-liquidi/home-page>
- [8] Video introduttivo sulle 'Nanoscienze del sapone' e l'esperimento della bolla d'acqua: <https://youtu.be/esylqZenLwc>
- [9] Video sull'esperimento sul 'Latte vs sapone': https://youtu.be/D_FR8NxfG64
- [10] Video sugli esperimenti per determinare la concentrazione micellare critica (CMC): https://youtu.be/1hKpF_DuqKw

Video presentazione V. Domenici: <https://youtu.be/4X-vtzgrtAc>

Video presentazione S. Jurinovich: <https://youtu.be/cc2wF3VcM6Q>

Percorsi didattici progettati dai corsisti

a cura dei coordinatori e dei componenti dei vari gruppi

Le presentazioni PDF dei lavori sono visibili e scaricabili al seguente link:
<https://www.soc.chim.it/it/soc.chim.it/it/didattica/Scuola-Del-Re-2021-elaborati-docenti>

1. Gruppo docenti coordinato da Eleonora Aquilini e Antonio Testoni

Nanomateriali e nanomedicina

Emiliana Costa, Michela Cattabriga

Istituto Tecnologico “Copernico-Carpeggiani”, Ferrara

L'esperienza didattica ha riguardato gli studenti di una classe seconda dell'istituto tecnologico, coinvolgendo trasversalmente le discipline Chimica e Scienze e Tecnologie Applicate: sono state sintetizzate nanoparticelle di ossido di zinco, seguendo una metodica riportata in letteratura (International Scholarly Research Network, ISRN Nanotechnology; Article ID 372505 - Synthesis, Characterization and Spectroscopic Properties of ZnO Nanoparticles); tali nanoparticelle sono state caratterizzate tramite spettrofotometria UV-Visibile e ne è testata l'attività antimicrobica in vitro, su piastra di Petri (con terreni di coltura diversi) in cui gli alunni avevano effettuato una semina (mani). In prima analisi si è notata una buona risposta antimicrobica, con una evidente differenza di crescita di colture batteriche fra le zone in cui erano state distribuite le nanoparticelle e quelle libere.

La cinetica chimica: dai concetti alle applicazioni

Elisabetta Verde

Istituto Statale d'istruzione Secondaria Superiore “Ruggero D'Altavilla”, Mazara del Vallo (TP)

È stato realizzato un percorso didattico per una classe quarta di un Istituto Tecnico Tecnologico, indirizzo Chimica, Materiali e Biotecnologie, articolazione Chimica e Materiali, dal titolo “La cinetica chimica, dai concetti alle applicazioni”. Tale progetto è consistito di più fasi; inizialmente è stato affrontato lo studio teorico dei fattori che influiscono sulla velocità di reazione, sviluppando parallelamente le attività di laboratorio. Successivamente, a partire dallo studio di un caso reale, ovvero la marmitta catalitica, è stato possibile introdurre il ruolo delle nanoparticelle come catalizzatori e affrontare un percorso sulla storia delle nanoscienze. L'attività di approfondimento teorico è stata affiancata dall'attività di laboratorio sulla sintesi di nanoparticelle di argento. Gli alunni hanno effettuato una ricerca bibliografica e, in laboratorio, hanno confrontato tre diversi metodi di sintesi, procedendo con la caratterizzazione mediante spettrofotometria UV-visibile del prodotto ottenuto.

Nonostante i risultati non siano stati sempre conformi a quanto atteso, l'attività ha stimolato la partecipazione attiva degli studenti, ha permesso lo sviluppo di una maggiore autonomia nell'organizzazione dell'attività di laboratorio e ha rappresentato in generale un miglioramento della qualità della didattica.

Nanoparticelle di argento: sintesi, caratterizzazione e applicazioni

Francesca Italiano

ITET De Viti De Marco, Triggiano (BA)

Il percorso didattico proposto è relativo ai nanomateriali, con un focus sulle nanoparticelle di argento ed è stato proposto in una classe quinta di un istituto tecnico ad indirizzo Chimica, Materiali e Biotecnologie - Articolazione Biotecnologie ambientali. È stato progettato come UDA trasversale con il coinvolgimento delle seguenti discipline: Chimica analitica e strumentale, Chimica organica e Biochimica, Tecnologie di controllo ambientale ed Educazione civica. La lezione teorica è stata accompagnata da una serie di attività laboratoriali relative alla sintesi green, alla caratterizzazione spettroscopica e alle applicazioni delle nanoparticelle d'argento in ambito catalitico. Le nanoparticelle d'argento sono state sintetizzate secondo diverse procedure green descritte in letteratura:

- sintesi con citrato in presenza di acido tannico
- sintesi con glucosio e altri carboidrati semplici
- sintesi con amido
- sintesi con estratto di foglie di olivo

Le nanoparticelle ottenute sono state caratterizzate mediante spettroscopia UV-visibile e utilizzate per la degradazione fotocatalitica del blu di metilene.

Nanoparticelle: sintesi e applicazioni

Ruggiero Mariangela

ITT Altamura-Da Vinci, Foggia

Il percorso didattico, progettato per una classe quinta di Chimica e Materiali, ha coinvolto gli studenti con la realizzazione dei seguenti esperimenti pratici:

- a. sintesi di nanoparticelle di argento con NaBH_4
- b. sintesi di nanoparticelle di oro
- c. sintesi di nanoparticelle di argento con glucosio e con fruttosio e loro utilizzo come catalizzatori nella degradazione di coloranti e come antimicrobici

Dal rapporto superficie volume agli utilizzi delle nanoparticelle

Rosella Perin

I.S.I.S. G.A. Pujati, Sacile (PN)

Il percorso didattico è stato effettuato in una classe quarta di Scienze Applicate e ha affrontato i punti sotto riportati.

- i. Fattori che influenzano la velocità di reazione: catalizzatori, importanza delle dimensioni delle particelle materiali nei processi chimico-fisici, rapporto superficie/volume
- ii. Marmitte catalitiche, caratteristiche dell'oro colloidale, utilizzi delle AuNPs
- iii. R.A.E.E. e recupero dei metalli preziosi

2. Gruppo docenti coordinato da Valentina Domenici e Sandro Jurinovich

Cristalli liquidi termotropici

Chiara Corradi

ITI “G. Galilei”, Livorno

Alice Severi

I.S.I.S., Follonica (GR)

A partire dagli spunti proposti dai tutor, le insegnanti hanno sviluppato un percorso didattico in chiave Inquiry-Based Science Education (IBSE) che è stato proposto rispettivamente in una classe seconda del corso di chimica ed in una classe terza liceo di scienze applicate.

Il percorso, suddiviso in quattro lezioni, è partito dall’attivazione delle preconcoscenze sui cristalli liquidi cercando di stimolare la curiosità degli studenti e ha guidato all’acquisizione dei concetti principali legati alla *soft matter*, anche mediante attività di brain-storming, di ricerca a gruppi.

Nella seconda lezione sono stati fissati i concetti principali sui cristalli liquidi, sfruttando anche video didattici e articoli scientifici adatti agli studenti; è stato inoltre questo il momento in cui sono stati progettati gli esperimenti per indagarne le proprietà.

Nella terza e quarta lezione, infine, sono stati realizzati in laboratorio esperimenti appositamente progettati per indagare le proprietà dei cristalli liquidi termotropici, in particolare la birifrangenza e la transizione di fase (Figura 1).

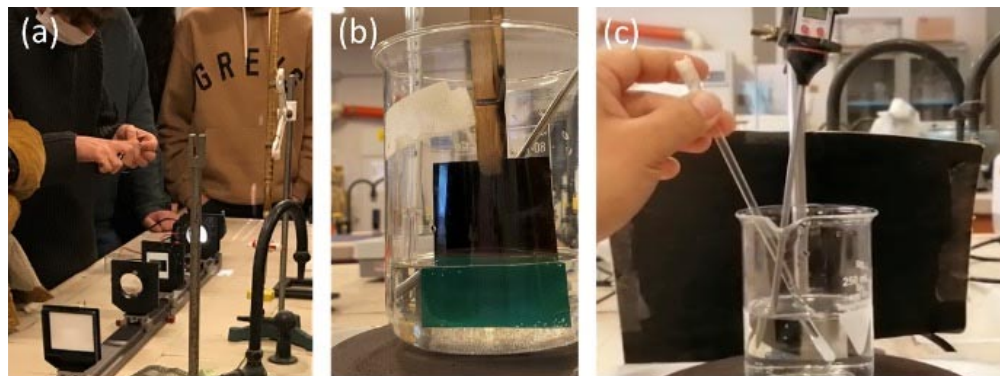


Figura 1. Esperimenti sui cristalli liquidi effettuati dagli studenti dell’ISIS di Follonica: a) osservazione della birifrangenza mediante l’utilizzo del banco ottico disponibile nel laboratorio di fisica; b) osservazione del cambiamento di fase di un film di cristallo liquido colesterico all’interno di un dispositivo termocromatico; c) misurazione della temperatura di transizione di un cristallo liquido nematico

I cristalli liquidi liotropici

Vincenzo Marsicano, Valeria Nori e Sara Battista

Ricercatori presso l’Università di Perugia

Tre ricercatori dell’Università di Perugia hanno progettato un percorso che è riportato nella sezione del sito web dedicata ai cristalli liquidi liotropici:

Cristalli liquidi e nanoscienza

Home page Termotropici Liotropici

A cura di Vincenzo Maricani, Valerio Tosti e Sara Ruttimi

La nanoscienza del sapone

Esperimento 1. La bolla d'Acqua

Di Vincenzo Maricani, Di Valerio Tosti e Di Sara Ruttimi

Riassunto dell'esperimento

Questo esperimento vuole dimostrare in maniera semplice ed intuitiva cosa è un tensioattivo e come questo si comporta in acqua. Ci focalizzeremo, quindi, sulla struttura e sulle proprietà dei tensioattivi.

A chi è rivolto l'esperimento?

Studenti delle scuole superiori con conoscenze base di chimica e che abbiano già seguito le lezioni teoriche previste dal percorso didattico

Pre-requisiti

- Chimica generale: Concetti base – Polarità, Cationi ed anioni, Legame ionico e covalente, Interazioni deboli
- Chimica organica: tensioattivi, lipidi

Livello di difficoltà

Facile

Durata dell'esperimento

Il materiale proposto consiste in un'introduzione teorica per gli insegnanti su cosa sono i tensioattivi, la tensione superficiale, gli aggregati micellari, il comportamento degli anfifili in acqua in funzione della concentrazione e il concetto di concentrazione micellare critica. A questo si aggiungono alcuni semplici esperimenti che possono essere svolti in classe o in un laboratorio scolastico, centrati sul sapone (La nanoscienza del sapone) e tre video (riportati nel sito web prima citato) che descrivono tutte le esperienze e si soffermano sugli aspetti didattici più rilevanti.

Il percorso sulla nanoscienza del sapone è stato sperimentato in modalità a distanza sincrona attraverso un collegamento in videoconferenza (Figura 2) tra il gruppo di lavoro che ha sviluppato il percorso e gli studenti di una classe quarta del liceo scienze applicate dell'ISIS di Follonica, sotto la supervisione dell'insegnante Alice Severi. Il collegamento a distanza è stato preceduto da una lezione introduttiva sfruttando i materiali messi a disposizione nel portale web. Durante il collegamento, invece, sono stati effettuati in diretta i tre esperimenti proposti dal gruppo di lavoro, cercando di coinvolgere in modo attivo gli studenti, anche mediante la compilazione in tempo reale di semplici questionari a risposta multipla *pre* e *post* esperimento, effettuati con Google Moduli.



Figura 2. Gruppo di studenti dell'ISIS di Follonica in collegamento telematico con il gruppo di lavoro che ha sviluppato il percorso sui saponi

Interazione di sistemi colloidali con la luce

Antonella Sgaramella
Scuola Europea, Varese

La docente ha effettuato un'interessante sperimentazione in classe relativa alle proprietà ottiche della *soft-matter*. I suoi studenti, nell'ambito del corso di chimica, hanno realizzato un video (in lingua inglese) in cui si mostra il comportamento della luce laser che attraversa sistemi colloidali nei quali si può osservare l'effetto Tyndall. In particolare, un primo esperimento ha riguardato una miscela acqua-latte in cui la luce del laser viene diffusa per effetto della formazione di una dispersione colloidale di caseine, mentre il secondo esperimento sfrutta la reazione tra acido cloridrico e tiosolfato di sodio che porta alla formazione di zolfo colloidale in sospensione.

3. Gruppo docenti coordinato da Mariano Venanzi e Elena Ghibaudi

Questo gruppo di lavoro era costituito da sei persone e si è diviso in due sottogruppi, ciascuno dei quali ha realizzato una diversa esperienza.

Quanto è piccolo il mondo! Incontrare le nanoscienze nella vita di tutti i giorni

Elena Allegritti, Roberta Colaiezzi, Giuseppe Di Vito Nolfi, Alice Vetrano
Dottorandi dell'Università dell'Aquila

Non avendo possibilità di lavorare con una classe, questo sottogruppo ha progettato un'esperienza rivolta a ragazzi all'ultimo anno dell'istituto tecnico a indirizzo chimico e l'ha proposta a studenti universitari che frequentavano il corso di Didattica della Chimica. L'unità didattica si poneva l'obiettivo di far comprendere l'utilità dell'interazione tra luce e materia come strumento di indagine di sistemi di interesse chimico e, in particolare, di sistemi contenenti particelle di scala nanometrica. Un obiettivo collaterale consisteva nel promuovere la riflessione sull'influenza della Chimica nella vita quotidiana. L'esperienza si articolava in varie fasi:

- i. introduzione alle nanoscienze e al concetto di nanoparticelle, illustrazione delle loro proprietà generali ed esemplificazione mediante un riferimento a prodotti di uso comune quali creme solari e filtri solari;
- ii. richiamo del concetto di spettro elettromagnetico e dei fenomeni ondulatori;
- iii. discussione del funzionamento dei filtri solari;
- iv. sintesi di nanoparticelle di ossido di zinco, quale esempio di filtro solare inorganico;
- v. verifica della interazione con le radiazioni UV-visibili.

La sintesi delle nanoparticelle di ZnO era stata preventivamente ottimizzata per garantire un procedimento semplice, sicuro e di breve durata. Sono stati utilizzati zinco acetato diidrato e acido ossalico disciolti in acqua. Dapprima, gli allievi sono stati invitati a verificare l'assenza di effetto Tyndall nel miscuglio a $t = 0$, utilizzando un puntatore laser. La miscela è poi stata lasciata reagire per un'ora a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, in tempi successivi, è stata monitorata la progressiva comparsa di effetto Tyndall, a indicare la transizione da soluzione a sospensione colloidale. Trascorsa un'ora, sul fondo del recipiente di reazione si è notato un precipitato bianco che è stato separato dal surnatante utilizzando delle pipette Pasteur. Il prodotto ottenuto è ossalato di zinco, che è stato calcinato in muffola a $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ per ottenere le nanoparticelle di ZnO, le quali sono state successivamente esaminate mediante spettroscopia IR (marker = banda di stretching del legame ZnO a ca. 450 cm^{-1}).

Dopo aver mescolato le nanoparticelle con glicerina (componente tipico delle creme) e aver spalmato il preparato su un foglio di carta colorato con un evidenziatore giallo, si è quindi esposto il sistema alla lampada UV (un foglio colorato cosparso con sola glicerina è servito da controllo). Il confronto tra i due sistemi ha evidenziato un calo nell'emissione di fluorescenza dell'evidenziatore nel solo sistema contenente ZnO (Figura 3). L'esperienza si è conclusa con una valutazione realizzata mediante la distribuzione di questionari anonimi. La maggioranza degli allievi ha dichiarato che l'esperienza di laboratorio ha costituito un valido supporto per la comprensione degli argomenti trattati durante la lezione teorica. Tutti hanno concordato nel ritenere l'esperienza di facile esecuzione pratica.

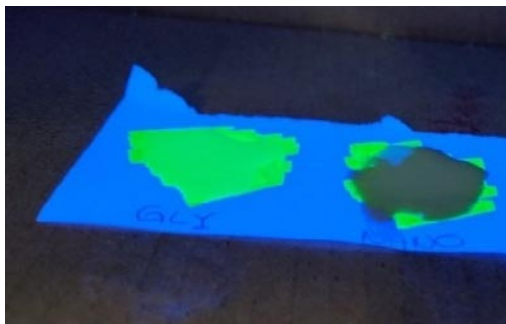


Figura 3. Emissione di fluorescenza da parte di un evidenziatore giallo (a sinistra) e calo della fluorescenza indotto da ZnO (destra)

Sintesi di nanoparticelle di argento secondo un approccio green

Rosa Macchitella

Istituto Tecnico a indirizzo Chimico, Crema

Gabriella Fregona

Istituto Tecnico a indirizzo Chimico, Belluno

L'oggetto della proposta didattica ha riguardato la sintesi di nanoparticelle di argento secondo un approccio green. Tale approccio è stato implementato utilizzando come riducente il glucosio al posto dell'usuale sodio boroidruro. Pur adottando modalità e tempistiche di realizzazione lievemente diverse, entrambe le esperienze hanno condiviso il medesimo impianto concettuale e hanno adottato la strategia dell'Inquiry based Learning, allo scopo di promuovere la partecipazione attiva degli studenti e di potenziare le capacità di correlare osservazioni sperimentali e giustificazioni teoriche, secondo la prassi tipica dell'indagine scientifica.

Le docenti hanno individuato i seguenti prerequisiti: conoscenza dei processi redox e del concetto di soluzione, capacità di riconoscere gli indizi di un processo chimico (cambiamenti di colore, ecc.).

Gli obiettivi formativi erano: introduzione dei concetti che sono alla base delle nanotecnologie attraverso esperimenti finalizzati alla produzione e caratterizzazione di nanomateriali, definizione di colloidale e conoscenza di alcune proprietà caratterizzanti i sistemi colloidali e i nanomateriali, capacità di distinguere tra soluzioni e colloidali, capacità di individuare i prodotti di reazioni redox, imparare a manipolare la materia strutturata su scala sub-micrometrica, introdurre gli studenti alla chimica verde attraverso un esempio concreto.

In entrambe le scuole l'esperienza ha previsto una fase laboratoriale, una fase di discussione e analisi dei risultati e una fase informativa su nanotecnologie e nanomateriali, sebbene non nello stesso ordine per le due classi.

La fase laboratoriale ha comportato la sintesi delle nanoparticelle e l'ottimizzazione delle condizioni sperimentali. La sintesi è stata ottenuta per miscelazione di glucosio 0,010M, NaOH 0,5M e AgNO_3 0,002M.

Nel corso della sintesi, dopo l'aggiunta di ciascun reagente, gli allievi dovevano rispondere alle seguenti domande: *Che cosa osservi? Com'è la miscela? È trasparente o torbida? Può essere avvenuta una reazione?*

Inoltre, per stimolare gli allievi a verificare l'effetto dovuto all'ordine di miscelazione dei reagenti, sono stati realizzati i due seguenti esperimenti:

Esperimento A: prima Glucosio e NaOH, poi AgNO_3

Esperimento B: prima Glucosio e AgNO_3 e poi NaOH

Un aspetto particolarmente delicato riguarda l'ottimizzazione delle condizioni di sintesi: la soluzione colloidale deve presentarsi come un sistema trasparente e giallino. Un eccesso di AgNO_3 risulta nella formazione di un precipitato di colore bruno-nerastro di ossido di argento, che deve essere separato dalla soluzione per consentire di apprezzare la presenza di nanoparticelle di argento metallico in sospensione.

Una possibile variante a questo procedimento comporta l'introduzione di glicerolo nel sistema, allo scopo di favorire il mantenimento in sospensione delle nanoparticelle.

Una seconda variante green consiste nell'utilizzare il miele come fonte di zuccheri riducenti e nel sonicare la miscela di reazione. Al termine dell'esperienza si verifica l'effetto Tyndall come indicatore della presenza di una sospensione colloidale (Figura 4).

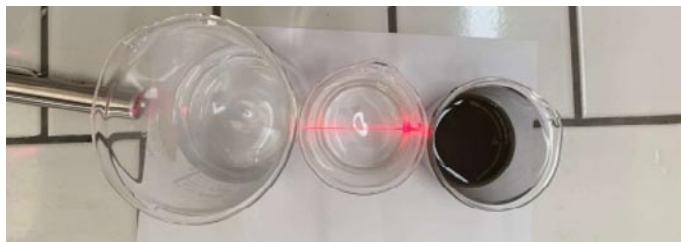


Figura 4. Effetto Tyndall verificato su una soluzione di acqua e sale da cucina e nelle due miscele di reazione (esperienze A e B)

Sul piano didattico, particolarmente rilevante è la fase di discussione, durante la quale il docente pone agli studenti alcune domande mirate a stimolare la formulazione di ipotesi esplicative e la mobilitazione di conoscenze pregresse. Ecco un esempio delle domande proposte dai docenti:

Entriamo nel microscopico.... La reazione che è avvenuta coinvolge lo ione Ag^+ derivato dalla dissociazione di AgNO_3 e il glucosio per la sua estremità RCHO che diventa RCOOH. Calcola il numero di ossidazione del carbonio considerando R come 0. Cosa succede al C? Cosa può succedere all' Ag^+ ?

Che cosa vuol dire nano? Come ti aspetti che sia il materiale? In quale dei due becher (esperimento A e B) ti aspetti di avere del nanomateriale? Che comportamento hanno con la luce le

due miscele fatte e la soluzione con il sale? Secondo te perché c'è questo comportamento? Che proprietà puoi ricavare?

Che cosa sono i nanomateriali? Come riconoscerli e che proprietà hanno? Come possono essere sintetizzati? Come possono essere utilizzati?

Al termine, è stato proposto un questionario di valutazione che ha fatto emergere gli aspetti che hanno maggiormente sollecitato la curiosità e l'interesse degli allievi (Figura 5).

L'attività mi è piaciuta (da 1 a 9)	Cosa mi è piaciuto di più	Cosa mi è piaciuto di meno
9	La cosa che mi è piaciuta di più è stato mescolare i diversi composti	Niente, mi è piaciuto un po' tutto
10	Mi è piaciuto di più vedere i tipi di colore diverso e anche fare tutto il procedimento	Nessuna delle cose dell'attività mi è piaciuta di meno
8	In quali ambiti possono essere utilizzati i nanomateriali	Come i sintetizzano i nanomateriali
9	Osservare la reazione che avveniva aggiungendo 1 mL di NaOH all'interno della miscela	Pulire l'attrezzatura alla fine dell'esperienza
9	L'attività laboratoriale e anche il fatto di scoprire che vengono utilizzati molti oggetti di uso comune	La spiegazione di come sono fatti
8	Osservare il comportamento delle tre soluzioni in presenza del laser	Utilizzare la propipetta

Figura 5. Esito del questionario di valutazione dell'esperienza da parte degli studenti

4. Gruppo docenti coordinato da Maria Funicello e Anna Maria Madaio

Nanomateriali

Maria Irene Donnoli

Liceo Artistico, Musicale e Coreutico "W. Gropius", Potenza

Alessandra Salernitano

Liceo Scientifico Statale "P. P. Pasolini", Potenza

Il percorso didattico, proposto a studenti del quarto anno, riguarda lo studio delle proprietà di nanomateriali naturali e sintetici, sviluppato sia attraverso la produzione di bioplastica che la realizzazione di un tessuto antimacchia. Le attività laboratoriali sono state realizzate utilizzando i materiali a disposizione presso l'istituto e/o acquistati. Gli studenti hanno lavorato in gruppi in maniera da favorire l'interazione personale, il confronto, la dinamica esperienziale, la collaborazione e l'aiuto reciproco documentando l'attività svolta tramite video dimostrativi e presentazioni multimediali. Gli studenti del liceo scientifico Pasolini hanno realizzato bioplastiche a partire da fonti naturali quali latte e amido di mais, mostrando grande interesse ed entusiasmo nell'eseguire le semplici attività manuali necessarie per la loro realizzazione.

Gli studenti del "Gropius" hanno realizzato un tessuto antimacchia mediante la deposizione di nanoparticelle di ossido di zinco su tessuti di cotone testandone l'efficacia su macchie di coloranti alimentari naturali e artificiali.

Preparazione di un biopolimero: un percorso di educazione civica e di divulgazione scientifica

Paola Selleri, Carlo Corridori

IIS “E. Santoni”, Pisa

L'attività, che è stata svolta in una classe quarta dell'indirizzo Chimica, Materiali e Biotecnologie, articolazione Biotecnologie Sanitarie, ha coperto tutto l'arco del secondo quadrimestre. Il lavoro ha previsto una prima parte sperimentale di preparazione del biofilm a partire da pectine estratte da finocchi e siero di latte e successiva caratterizzazione, mediante studio delle relative proprietà chimico-fisiche, del materiale ottenuto. Le misure effettuate sul polimero sono state correlate ai suoi possibili utilizzi. L'attività è stata presentata successivamente all'interno del progetto di divulgazione scientifica chiamato “La settimana scientifica”, organizzato dalla scuola nei giorni 3 e 4 giugno e incentrato sull'impatto dell'azione dell'uomo sull'ambiente. La preparazione del polimero a partire da prodotti di scarto alimentare, quali finocchi e siero di latte, è stata inserita all'interno di un percorso più ampio, organizzato in collaborazione con altri docenti di Chimica del triennio, dal titolo “Polimeri della vita e per la vita”, in cui i ragazzi di classi diverse, divisi in gruppi, hanno approfondito in chiave divulgativa vari aspetti delle problematiche legate all'utilizzo di materiali plastici (molteplicità di caratteristiche e usi di materiali plastici, possibilità di riuso e riciclaggio, sintesi di biopolimeri).

Le nanoscienze nell'insegnamento della Chimica di base

Buono Anna, Gentile Giuliana, Striano Marcella

Liceo Statale “R. Caccioppoli”, Scafati (SA)

L'attività è stata proposta agli studenti di due classi quinte dell'indirizzo scientifico e delle scienze applicate con la metodologia del “problem solving” partendo dalle seguenti domande: *cosa sono le microplastiche, da dove derivano e come sarebbe possibile ridurne la presenza nell'ambiente?*

Gli studenti sono così entrati nel mondo dei polimeri naturali e artificiali e hanno imparato che le proprietà della materia dipendono dalle interazioni che si stabiliscono tra le molecole. Quindi, hanno provato a produrre bioplastiche dall'amido delle patate, dagli scarti dei finocchi e dal siero di latte, sperimentando diversi protocolli per migliorarne la plasticità, la resistenza e la stabilità agli attacchi microbici, sia cambiando il substrato di partenza, che la percentuale di glicerolo come agente plastificante, valutando anche l'azione di agenti antimicrobici.

Si sono così ritrovati a discutere di interazioni chimiche, di polimerizzazione, di concetti di economia lineare e circolare, di cambiamenti climatici, di compostabilità e biodegradabilità, insomma del mondo reale e dei suoi problemi alla cui soluzione anch'essi possono provare a dare un contributo.

Bioplastiche

Maria Rosaria Castelli, Giulia Gatti, Roberta Luzzi

IIS “Elena di Savoia-Piero Calamandrei”, Bari

L'attività sperimentale è stata svolta in una classe quinta, articolazione Biotecnologie ambientali, all'interno di un percorso più ampio sui rifiuti e sulla loro valorizzazione. A tal fine gli studenti hanno preparato delle bioplastiche utilizzando varie fonti quali scarti di finocchi, gusci d'uovo, amido di mais e bucce d'arance testandone la biodegradabilità.

5. Gruppo docenti coordinato da Anna Caronia e Paola Ambrogi

Quasi la metà docenti del gruppo hanno progettato e sperimentato un'attività formativa. Durante le prime riunioni ai colleghi è stata fornita una scheda di lavoro per cercare di focalizzare l'attenzione su alcuni punti critici e fondamentali del loro percorso didattico. Diversi colleghi hanno inserito nell'attività progettata la sintesi delle nanoparticelle d'argento, ma è emerso un problema collegato alla mancanza di sodio boroidruro come riducente. Dalla bibliografia si è trovato che è possibile utilizzare glucosio in ambiente basico e i docenti hanno messo a punto questa metodica di sintesi, ben riportata nelle loro presentazioni. I percorsi didattici programmati sono stati tutti interessanti e coinvolgenti per gli studenti come emerso dai commenti durante la fase di presentazione.

Le nanoparticelle d'argento come antibatterico nei tessuti

Giulio Berretta

IPSIA "Sandro Pertini", Terni

Il percorso è iniziato con un brainstorming per conoscere le idee degli studenti relativamente a questi tre temi: a) come funzionano gli antimicrobici; b) cosa si può osservare nel corso di una reazione chimica; c) come si propaga la luce nella materia. Successivamente, la classe ha condotto ricerche ed esperimenti pratici; in particolare sono state sintetizzate nanoparticelle d'argento per reazione fra glucosio e nitrato d'argento in ambiente basico, verificando la loro presenza in soluzione con un raggio laser rosso; quindi, alcune gocce della sospensione di nanoparticelle sono state aggiunte a campioni di alimenti (pane, formaggio e simili) dimostrando che l'effetto delle nanoparticelle d'argento è proprio quello di inibire la proliferazione microbica. Il percorso si è concluso con una discussione sull'utilità e/o l'opportunità, anche dal punto di vista della sostenibilità, di inserire questo tipo di nanoparticelle in tessuti di vario genere.

Le Miscele e la Luce

Giuseppina Ferrara

Polo Tecnico "De Nicola Ferraris", San Giovanni la Punta (CT)

Il percorso ha riguardato sia una classe prima che una classe seconda, ovviamente con obiettivi e modalità diverse. Per quanto riguarda la classe prima, gli studenti sono stati coinvolti nella preparazione di miscugli omogenei ed eterogenei per comprenderne le differenze e per osservarne il comportamento alla luce; l'attenzione si è, quindi, focalizzata sulle dispersioni colloidali e sulle loro caratteristiche peculiari. La classe seconda, invece, si è concentrata sulle metodiche di sintesi delle nanoparticelle d'argento, sulla loro interazione con la luce e sulle applicazioni in vari ambiti, dall'industria dei semiconduttori alla medicina. Gli studenti hanno, infine, discusso sui risvolti ambientali, etici e sociali legati all'utilizzo delle nanoparticelle d'argento e, più in generale, delle nanotecnologie e delle nanoscienze.

Proteine – nanoparticelle attive negli organismi viventi

Gabriella Tordi, Anna Sanetti, Gianpiero Giannetti

ITT "Leonardo da Vinci", Viterbo

I docenti si sono concentrati sulla stretta correlazione fra la conformazione delle proteine e la loro funzione biologica e, in particolare, sull'effetto della denaturazione. Il percorso, sperimentato in una classe quarta, si è focalizzato sulle proteine dell'albume d'uovo e, nello specifico, gli studenti hanno analizzato i vari tipi di proteine in esso presenti, le loro caratteristiche chimiche

e fisiche, le loro strutture, la loro interazione con la luce. Infine, hanno verificato l'effetto della denaturazione indotta sia meccanicamente che chimicamente.

Nanotecnologie e bioplastiche

Simona Irrera

IIS "Fermi-Filangieri", Formia (LT)

L'unità formativa è stata dedicata alle plastiche e, in particolare, ha preso spunto da questa problematica ambientale per introdurre lo studio della Chimica Organica in una classe seconda di un istituto tecnico. Gli studenti hanno messo a confronto le caratteristiche chimiche e fisiche dei vari tipi di plastica, a partire da quelle tradizionali ottenute dal petrolio e quelle biocompostabili. Infine, hanno discusso di degradabilità e di smaltimento, analizzando i pro e i contro per i vari materiali polimerici.

Sintesi e caratterizzazione per via spettrofotometrica delle nanoparticelle d'argento

Filippo Buscaroli

L.S.S.A "Filippo Alberghetti", Imola (BO)

Il docente è partito chiedendo agli studenti di una classe quarta se conoscessero il significato di nanoparticella, se le caratteristiche fisiche della materia dipendono dalle dimensioni e se avessero mai sentito il termine argento colloidale. Il percorso si è, quindi, focalizzato sui materiali nanostrutturati, sulle loro proprietà, sulla loro caratterizzazione e sulle applicazioni, parlando anche di effetto Geco, effetto loto e dei risvolti ambientali ed etici legati ai possibili utilizzi. Inoltre, gli studenti, dopo aver analizzato e sperimentato le varie tecniche di sintesi delle nanoparticelle d'argento, hanno sfruttato la loro interazione con la luce per caratterizzarle dal punto di vista strutturale e dimensionale.

Percorsi laboratoriali

Viaggio di un atomo di Carbonio

Maria Irene Donnoli

Liceo Statale “Walter Gropius”, Potenza

e-mail: iredon72@gmail.com

Valentina Cantarelli

IPASR “Giustino Fortunato”, Lagopesole (Potenza)

e-mail: valentina.cantarelli@gmail.com

Riassunto. Il lavoro proposto rappresenta un’esperienza didattica, inserita in una UdA dal titolo “Alla ricerca del Carbonio”, che prende spunto dal racconto “Carbonio” dell’opera *Il sistema periodico* di Primo Levi. Il racconto suggerisce semplici esperimenti da realizzare in laboratorio in cui sono coinvolti composti del carbonio: le reazioni eseguite manifestano variazioni macroscopiche (formazioni di precipitati, variazioni di colore, sviluppo di gas) evidenze sperimentali di trasformazioni chimiche.

Parole-chiave: Unità di Apprendimento; trasformazioni chimiche; carbonio; didattica laboratoriale

1. Descrizione dell’Unità di apprendimento (UdA)

Secondo quanto previsto dalla riforma dei nuovi Istituti Professionali (Decreto Legislativo n. 61 del 13 aprile 2017), le UdA, o Unità di Apprendimento, rappresentano la base di riferimento per la valutazione, la certificazione e il riconoscimento dei crediti agli studenti. I percorsi didattici destinati agli allievi devono avere carattere interdisciplinare ed essere organizzati per unità di apprendimento, con l’utilizzo di metodologie di tipo induttivo, esperienze laboratoriali in contesti operativi, lavoro cooperativo per progetti.

Alla luce della riforma, l’UdA dal titolo “Alla ricerca del Carbonio” (Tabella 1), proposta alla classe prima dell’I.P.A.S.R. “Giustino Fortunato” presso la sede coordinata di Lagopesole, prevede per la disciplina Scienze integrate Chimica un’attività che riguarda le reazioni di composti del carbonio. L’esperienza didattica prende spunto dal racconto “Carbonio” dell’opera *Il sistema periodico* di Primo Levi,¹ che si rivolge direttamente al lettore dicendo di voler terminare il suo libro con il racconto della storia di un atomo di carbonio.

Esso, dopo essere stato per milioni di anni sotto forma di CaCO_3 nella roccia calcarea, è portato in superficie da un minatore e poi, reso libero dall’azione di una fornace, diventa CO_2 .

Il suo viaggio prosegue lungo il tempo come in un eterno presente: sempre uguale a sé stesso eppure in forme completamente diverse, diventa glucosio con il processo della fotosintesi clo-

¹ P. Levi, *Il Sistema Periodico*, Einaudi, 1975.

rofilliana e così passa nell'uomo, nelle piante e negli animali. Infine, legato in una lunga catena viene ingerito, assimilato e trasportato dal sangue fino a raggiungere una cellula nervosa, la stessa responsabile della scrittura di Levi, che stabilisce di concludere così il racconto.

Gli studenti dopo aver affrontato in Ecologia lo studio del ciclo del carbonio ed aver inquadrato l'elemento Carbonio nella tavola periodica degli elementi, sono stati sollecitati a individuare una serie di materiali che contengono questo elemento.

Il carbonio, l'elemento numero 6, è, assieme ad altri elementi (H, O, N), il più importante costituente per noi essere viventi e per molte sostanze di cui ci nutriamo. In natura lo si trova anche nel petrolio e nella roccia calcarea, mentre come elemento è presente sia sotto forma di grafite, un materiale nero che viene, per esempio, usato nelle mine delle matite, sia in forma grezza nel carbone, sia sotto forma di diamante, che è trasparente e ha una durezza elevata.

UdA	
ALLA RICERCA DEL CARBONIO	
Italiano e Storia	Primo Levi: Carbonio
Ecologia	Il ciclo del Carbonio
Inglese	The Carbon cycle
Laboratorio Tecnologico	La fotosintesi
Scienze Integrate: Chimica	Reazioni di composti del Carbonio
Scienze Integrate: Fisica	Grandezze fondamentali e derivate
Scienze Integrate: Scienze della Terra	Play petrolifero
Geografia	Le zone climatiche
Matematica	Rappresentazione grafica di dati: diagrammi di distribuzione
Diritto	AGENDA 2030: lo stoccaggio della CO ₂

Tabella 1. Unità di Apprendimento con le discipline coinvolte e i relativi argomenti

La roccia calcarea è una roccia sedimentaria costituita essenzialmente da calcite, un minerale formato da carbonato di calcio (CaCO₃). Rappresenta un'importante componente della roccia nel Giura, nelle Prealpi e lungo la dorsale appenninica dove, circa 200 milioni di anni fa, gusci ed esoscheletri, cioè scheletri esterni, di organismi che vivono nelle acque dei mari e degli oceani, dopo la loro morte si sono depositi sul fondale marino ubicato in quel che attualmente è la Svizzera.

Il calcare ad alte temperature può bruciare e produrre il gas anidride carbonica (CO₂). Può essere riusata dagli animali acquatici per ripristinare i loro gusci, o dalle foglie delle piante per sintetizzare glucosio e ossigeno tramite la fotosintesi. Quando uno zucchero viene mangiato e digerito, o quando una pianta viene bruciata, l'anidride carbonica viene nuovamente rilasciata. Dunque, il carbonio è parte di un grande ciclo naturale che coinvolge la roccia calcarea, l'anidride carbonica, lo zucchero e innumerevoli altre sostanze necessarie agli esseri viventi.

Oggi l'anidride carbonica è una sostanza molto discussa per via del suo coinvolgimento nell'effetto serra e nel cambiamento climatico. Sempre più carbone e petrolio, che sono i resti di creature vissute circa 100 milioni di anni fa, vengono bruciati. La combustione aumenta la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, che trattiene il calore del Sole più di ogni gas atmosferico: questo fa sì che la temperatura della Terra si alzi un po'.

Nel percorso didattico proposto ai nostri studenti sono state effettuate semplici trasformazioni chimiche che riguardano alcuni composti del carbonio:

1. da saccarosio a carbone
2. da anidride carbonica a carbonato di calcio
3. da carbonato di calcio ad anidride carbonica
4. uso del carbone attivo

Prima di accedere al Laboratorio per lo svolgimento delle esercitazioni pratiche è stata effettuata la consueta formazione sulla sicurezza ponendo attenzione sulla segnaletica, i presidi di sicurezza (docce oculari, presidi antincendio, ecc.) e informando gli studenti riguardo le istruzioni operative di materiali e strumenti. Il laboratorio chimico, infatti, è un posto di lavoro sicuro se vengono prese alcune precauzioni che possono evitare imprevisti spiacevoli ed incidenti. Le esperienze progettate per un laboratorio didattico del primo anno sono solitamente semplici e a basso rischio. Ciò non toglie che sia possibile ustionarsi con acidi, rovinarsi abiti, ricevere schizzi di sostanze irritanti negli occhi.

2. Attività sperimentali

Reazione 1: da saccarosio a carbone

Questa trasformazione può essere condotta mediante due diversi procedimenti: il primo esperimento è la combustione del saccarosio, che inserito in una provetta viene sottoposto alla fiamma del becco Bunsen finché non si forma il carbone (Figura 1), mentre la seconda procedura prevede la reazione tra saccarosio e acido solforico, che non è altro che una reazione di disidratazione (Figura 2).

Gli studenti sono stati invitati a osservare l'evidenza sperimentale del cambiamento di colore, prova evidente dell'avvenuta trasformazione chimica.

Esperimento 1 – Combustione del saccarosio

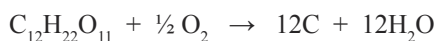


Figura 1. Combustione del saccarosio (esperimento 1)

Esperimento 2 – Disidratazione del saccarosio

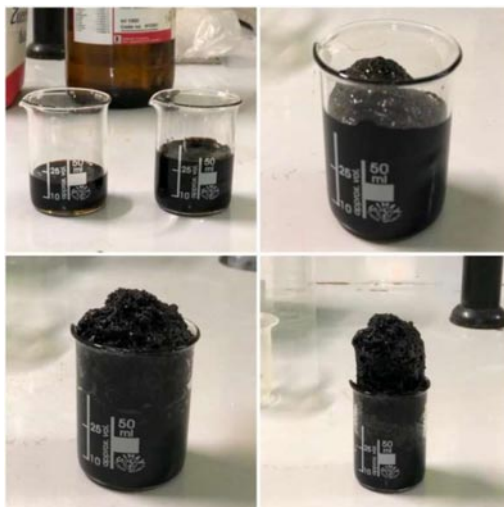
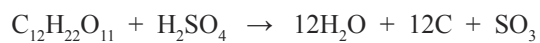


Figura 2. Combustione del saccarosio (esperimento 2)

Reazione 2: da anidride carbonica a carbonato di calcio

Mediante una cannuccia, è stata soffiata l'aria liberata dalla respirazione umana all'interno di una soluzione di idrossido di calcio (Figura 3).

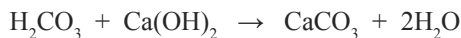


Figura 3. Da anidride carbonica a carbonato di calcio

L'anidride carbonica reagisce prima con l'acqua per produrre acido carbonico:



Successivamente, l'acido carbonico reagisce con la calce disciolta (idrossido di calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) e produce calcare (carbonato di calcio, CaCO_3)



Il carbonato di calcio, CaCO_3 , è insolubile in acqua: si presenta come una polvere in sospensione, che intorbidisce l'acqua, riflette la luce e causa il colore bianco. I molluschi costruiscono la loro conchiglia sfruttando un processo molto simile.

L'evidenza sperimentale osservata è la formazione di un precipitato bianco in una soluzione.

Reazione 3: da carbonato di calcio ad anidride carbonica

L'esperienza proposta riguarda la reazione del carbonato di calcio, sotto forma di roccia, e acido cloridrico diluito al 10% m/m: gli studenti sono invitati a versare alcune gocce di HCl prelevato con una pipetta Pasteur su una roccia calcarea e ad annotare quanto osservato. Il carbonio presente nel carbonato di calcio si ritrova nell'anidride carbonica: lo sviluppo di bollicine che si osserva è un'evidenza sperimentale della produzione di gas e quindi dell'avvenuta trasformazione chimica (Figura 4).

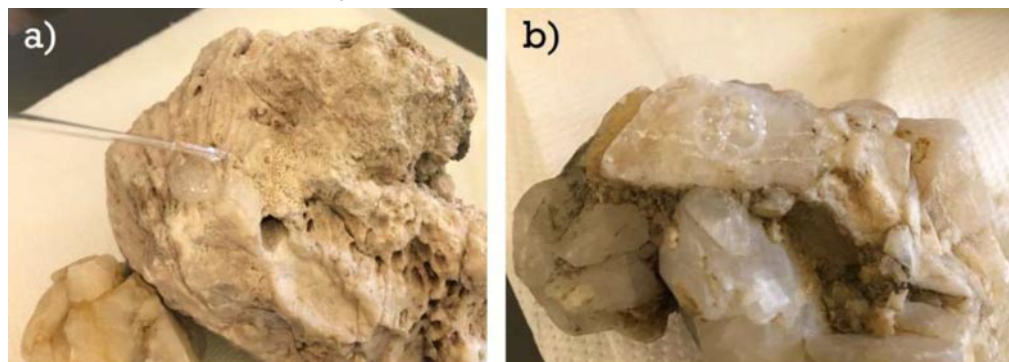


Figura 4. Da carbonato di calcio ad anidride carbonica

Reazione 4: uso del carbone attivo

Il carbone attivo è un materiale contenente principalmente carbonio amorfo e avente una struttura altamente porosa ed elevata area superficiale per unità di volume. Grazie all'elevata area specifica il carbone attivo è in grado di trattenere al suo interno molte molecole di altre sostanze; in altre parole, il carbone attivo è un materiale che presenta elevate capacità adsorbenti. In laboratorio (Figura 5), gli studenti hanno utilizzato una soluzione colorata (Coca Cola) contenuta in un becher in cui successivamente è stato aggiunto carbone attivo.



Figura 5. Uso del carbone attivo

Dopo aver mescolato e scaldato la sospensione fino all'ebollizione è stata effettuata la filtrazione (Figura 6). Il filtrato è risultato decolorato, grazie all'azione del carbone attivo. Anche in questo caso si è osservata come evidenza sperimentale una variazione di colore.



Figura 6. Processo di filtrazione

3. Metodologia didattica

Il percorso didattico sviluppato ha previsto l'impiego della didattica laboratoriale: gli studenti hanno operato da protagonisti in una dimensione concreta, significativa e collaborativa.

Infatti la didattica laboratoriale è centrata sullo studente, che procede per problemi e per ricerca. Gli studenti imparano perché lavorano insieme, elaborano insieme le conoscenze e producono un prodotto. L'obiettivo di una didattica di questo tipo non è solamente un apprendimento puro e semplice, ma vuole sviluppare nello studente competenze interdisciplinari, autonomia, capacità di *problem solving*, di cooperazione e pensiero critico. La sperimentazione quotidiana durante i laboratori scolastici permette allo studente di scoprire e riconoscere gradualmente le proprie abilità e risorse.

4. Valutazione

La valutazione degli apprendimenti è stata suddivisa in tre sottofasi: valutazione diagnostica, valutazione formativa e valutazione sommativa. La valutazione diagnostica, effettuata prima di affrontare l'UdA mediante la somministrazione di una prova strutturata, è stata finalizzata a rilevare la situazione iniziale degli allievi circa il grado di conoscenze e competenze già acquisite. La valutazione formativa, svolta nel corso delle attività laboratoriali, ha fornito le informazioni sull'apprendimento dello studente. Gli studenti hanno eseguito delle prove semi-strutturate, ovvero hanno elaborato le relazioni delle prove di laboratorio: in questa fase sono state valutate abilità e conoscenze specifiche. La valutazione sommativa, condotta al termine del percorso didattico, ha permesso di attestare se la padronanza e la comprensione delle conoscenze, abilità e competenze sono state raggiunte, attribuendo un giudizio di valore agli esiti dell'apprendimento.

Titolazioni acido-base e soluzioni saline come supporto per lo sviluppo di competenze scientifiche, epistemologiche e didattiche

Sidi Mohamed Tounkara

DER PC ENSup Bamako, Mali

e-mail: siditounka@gmail.com

Mohamed Soudani

S2HEP, Université Claude Bernard Lyon 1, France

e-mail: mohamed.soudani@univ-lyon1.fr

Premessa: questo contributo offre un esempio di esperienza di formazione-insegnanti realizzata in ambito francofono, fondata sulla didattica per competenze e l'utilizzo di situazioni-problema per il superamento di concezioni difformi relative al concetto di neutralizzazione e di punto di equivalenza nelle titolazioni acido-base. Esso mette in evidenza le difficoltà concettuali degli allievi, ma anche quelle dell'insegnante nella gestione di una prassi didattica non trasmissiva. Riteniamo che possa essere di ispirazione sia ai titolari dei corsi di didattica della chimica che agli insegnanti della scuola secondaria.

Riassunto. In una logica curriculare, che promuove l'approccio per competenze, abbiamo proposto a un insegnante principiante due situazioni-problema sulle titolazioni acido-base affinché le sperimentasse nella sua classe di "Scienze Sperimentali" dell'ultimo anno della scuola secondaria (17-18 anni) in Mali. L'analisi dello svolgimento di questa sequenza evidenzia due dimensioni, didattica ed epistemologica, che si manifestano nella formazione continua dell'insegnante all'applicazione di un approccio socio-costruttivista, alla cura del rapporto teoria-esperienza e alla discussione dei limiti dei modelli, ma anche nella messa in evidenza (e nel superamento da parte degli allievi) degli ostacoli che si frappongono alla comprensione del concetto di neutralizzazione acido-base.

Parole-chiave: Acido-base; competenze; situazione-problema; approccio scientifico; modellizzazione.

1. Introduzione e problematica

1.1 Contesto dello studio

Questo lavoro ha un obiettivo curriculare che investe sia la formazione degli insegnanti che l'apprendimento da parte degli studenti mediante un approccio per competenze (APC).

Tra il 1996 e il 2003, l'APC si è affermato nel sistema educativo di cinque paesi africani di lingua francese (Camerun, Gabon, Mali, Senegal e Tunisia), promuovendo una profonda riforma dei programmi di studio [1]. Un rapporto di ricerca del Centro Internazionale per gli Studi sull'Educazione (CIEP) in Africa ha messo in evidenza le notevoli carenze di questa riforma [1], la cui applicazione ha comportato una massiccia ondata di prepensionamenti fra gli insegnanti, con il relativo reclutamento di giovani insegnanti, la riapertura degli istituti di formazione per gli insegnanti (Instituts de Formation de Maîtres, IFM) e la costruzione di nuove aule. La logica avrebbe suggerito di formare *in primis* i docenti dell'IFM all'APC, con il mandato di promuovere la trans-disciplinarietà delle tematiche per coinvolgere docenti di storia-geografia, chimica e fisica, matematica e biologia intorno allo stesso tema.

Nel 2018, i risultati del PISA hanno mostrato che nei paesi dell'OCSE solo il 6,8% degli studenti dimostra di possedere competenze corrispondenti a un livello di alfabetizzazione scientifica [2]. Secondo la definizione di competenza del Parlamento europeo (2006), questi studenti dovrebbero riuscire a utilizzare le proprie conoscenze scientifiche in modo creativo e autonomo in un'ampia gamma di situazioni, per risolvere problemi, compresi quelli a loro non familiari [2].

Nel tentativo di superare queste carenze, il Mali raccomanda una strategia dal basso che si concentra sul miglioramento della formazione degli insegnanti all'interno della loro pratica in classe. Si tratta, quindi, di offrire loro situazioni-problema (SP) basate su un approccio socio-costruttivista e di analizzare con essi la loro stessa pratica. Ispirate dalla epistemologia bachelardiana, queste situazioni complesse, nelle quali si sperimentano strategie diverse per il superamento di un ostacolo, sono fondamentali per lo sviluppo delle capacità professionali [3].

Il presente testo è un estratto da un lavoro più ampio nel contesto della disseminazione per casi di studio proposti durante seminari di formazione; si focalizza sul tema della titolazione chimica, che ben si presta a questo tipo di approccio.

I metodi di titolazione, detti anche titrimetrici, comprendono un ampio gruppo di procedure quantitative basate sulla misurazione della quantità di un reagente a concentrazione nota che viene consumato dall'analita: titolazioni volumetriche, gravimetriche e coulometriche. In ogni titolazione, il punto di equivalenza corrispondente al completo consumo dell'analita è indicato da un cambiamento di colore di un indicatore o da una variazione nella risposta di uno strumento. L'interesse per questo tema deriva dal fatto che esso è presente:

- nei curricula chimici sia a livello scolastico sia universitario, in quanto le titolazioni sono ampiamente utilizzate come pratica analitica per quantificare acidi, basi, ossidanti, riducenti, ioni metallici, proteine e molte altre specie;
- in molti ambiti della vita quotidiana: nel campo delle analisi biologiche e mediche e dei prodotti cosmetici, nei settori dell'agroalimentare, dell'ambiente, ecc.

Distinguiamo due tipi principali di titolazione: titolazioni acido-base e titolazioni redox. Qui tratteremo solo il primo caso. Questa scelta è giustificata dalla loro estesa presenza nei programmi di chimica ai livelli iniziali, diversamente dalle titolazioni redox. Inoltre, riteniamo che le titolazioni acido-base debbano essere studiate prima di quelle redox per fungere da analogo propedeutico [4, 5]. La scelta è anche giustificata dalla messe di lavori disponibili sulle concezioni degli studenti relative a queste titolazioni, che riassumeremo qui di seguito, come supporto per l'elaborazione di SP efficaci, grazie alla conoscenza degli ostacoli impliciti in questo tipo di titolazioni.

1.2 Guide pedagogiche per l'APC

Nel 2020, in seguito a un grande progetto di riforme curriculari, il Mali ha visto la nascita di guide pedagogiche sull'APC nelle scuole superiori, riguardanti la matematica, la chimica, la fisica e le scienze della vita e della Terra, a servizio della formazione continua degli insegnanti. Lo sviluppo di SP e l'attuazione della loro risoluzione in uno spirito socio-costruttivista costituisce la prima competenza professionale raccomandata dai programmi ufficiali.

1.3 Difficoltà e ostacoli degli allievi in merito alle titolazioni acido-base

Limitiamo la nostra presentazione alle concezioni degli studenti relative al concetto di neutralizzazione acido-base.

Nakhleh e Krajcik [6] hanno mostrato che le concezioni degli allievi sulla neutralizzazione possono resistere all'innovazione tecnologica. Gli autori hanno studiato l'effetto di tre tecniche di titolazione acido-base su alunni di età compresa tra 16 e 17 anni: l'indicatore di acidità, il pHmetro e il pHmetro associato ad un computer, per automatizzare l'acquisizione dei dati di misura e visualizzare immediatamente la curva di titolazione. 15 studenti sono stati divisi in tre gruppi e ogni gruppo ha applicato una tecnica di titolazione sui sistemi acido forte, acido debole e poliacido, rispettivamente titolati mediante una base forte. Il gruppo operante con il computer è apparso generalmente più efficiente, ma la sua comprensione del processo di neutralizzazione non è risultata migliore rispetto a quella degli altri.

Sheppard [7] raccomanda la titolazione tra acido forte e base forte assistita da computer, con fasi di predizione, osservazione e spiegazione per una migliore comprensione della reazione di neutralizzazione e del concetto di pH. Al termine dello studio, una decina di studenti su un totale di 16 coinvolti (età 16-17 anni) pensano che la reazione chimica abbia luogo nell'istante della neutralizzazione.

Il concetto di neutralizzazione è stato discusso in relazione alla stechiometria delle reazioni acido-base [8], con 96 studenti destinati a divenire insegnanti: per il 35% di essi, le reazioni acido-base portano sempre a un mezzo neutro.

Ouertatani [9] riporta che le concezioni sulla neutralizzazione persistono oltre il liceo. I suoi risultati mostrano, infatti, che la percentuale di alunni (liceo) e studenti (università) che sono in grado di stabilire una relazione tra lo stato del sistema chimico e la curva del pH è bassa (rispettivamente e paradossalmente 21% e 11%). Allo stesso modo, la persistenza di queste concezioni nel 1° anno di università deriva dalla prassi che identifica come reazioni di "neutralizzazione" le reazioni tra acido debole e base forte o di semi-equivalenza.

Widarti et al. [10] hanno, invece, collegato la questione alla conoscenza della normalità di un acido. Su 66 studenti, il 52% pensa che nella reazione tra idrossido di sodio e acido ossalico si raggiunga l'equivalenza quando sono presenti lo stesso numero di moli di acido e di base: l'equivalenza sembra quindi indipendente dalle normalità coinvolte.

I lavori di cui sopra hanno evidenziato l'ostacolo relativo al concetto di neutralizzazione. Questo sembra correlato:

- da un lato, alle caratteristiche "contrapposte" dell'acido e della base (l'uno neutralizza l'altro; sarebbe interessante esplorare se questa simmetria sussista anche nel caso dei saggi redox);
- dall'altro, a una generalizzazione abusiva che porta ad assimilare il concetto di neutralizzazione all'esempio che lo ha originato (titolazione acido forte – base forte, che è giustificata dalla sua semplicità).

Essendo consapevoli di questo ostacolo, è stato necessario sviluppare proposte di insegnamento-apprendimento atte a superarlo [11, 12].

L'approccio di Çetingül e Geban [11] mira a elaborare il concetto di neutralizzazione in modo indipendente dalla specifica reazione acido-base presa in esame. Nel loro studio, 47 studenti - divisi in due gruppi (sperimentale e di controllo) - hanno ricevuto dallo stesso docente due tipi di insegnamenti: l'uno incentrato sugli studenti (sperimentale) e l'altro incentrato sul docente (controllo). L'insegnamento proposto al gruppo sperimentale si basava su testi con esempi di concezioni e analogie che i discenti potevano discutere. Il successo del gruppo sperimentale, seppur significativo (57,5% contro il 31,0% del gruppo di controllo), è risultato appena al di sopra della media.

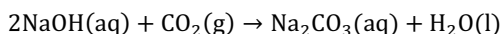
Tounkara et al. [12] hanno utilizzato la metodologia dell'ingegneria didattica per lo sviluppo di una SP e di attività di modellizzazione per la titolazione mediante pH-metro di un acido forte con una base forte. I 35 studenti (età 17-18 anni), che hanno preso parte a questo studio, sono stati divisi in 7 gruppi, con un insegnante tirocinante: 6 gruppi su 7 ritengono che la reazione acido-base avvenga quando il pH cambia bruscamente, un risultato assimilabile a quelli ottenuti da Ouertatani [9].

Resta dunque aperta la domanda: come superare questo concetto di neutralizzazione acido-base, sia sul piano didattico che su quello epistemologico? In conformità con le raccomandazioni ufficiali maliane, abbiamo puntato sulla risoluzione di SP.

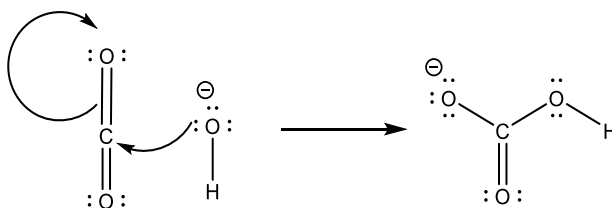
1.4 L'approccio per competenze, le situazioni-problema e la modellizzazione

L'APC è tuttora oggetto di discussione [13, 14]. La definizione data nelle guide educative nazionali maliane è simile a quella del Parlamento europeo. La raccomandazione maliana per l'uso di SP si iscrive nell'APC. In effetti, la risoluzione di una SP non è di routine; costituisce quindi una competenza, secondo la definizione utilizzata. La risoluzione di questo tipo di SP richiede la costruzione di un modello in cui diversi registri semiotici sono interconnessi [15, 16]. I modelli acido-base presentano una forma di gerarchia o dei domini di validità che li fanno apparire annidati l'uno nell'altro [16].

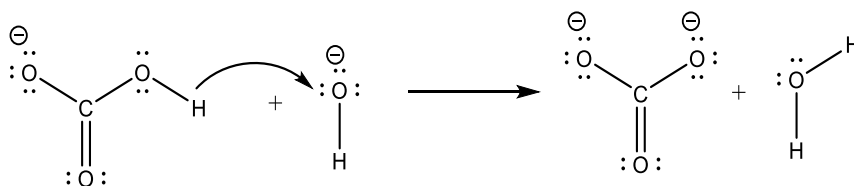
Il meccanismo di reazione a due stadi relativo all'equazione chimica bilanciata per la formazione di carbonato di sodio ne offre una buona illustrazione:



Stadio 1 del meccanismo: interazione dello ione idrossido (come donatore di un doppietto elettronico, ossia come base di Lewis) con una molecola di diossido di carbonio per formare uno ione idrogenocarbonato



Stadio 2 del meccanismo: interazione dello ione idrossido (come accettore di protoni, ossia come base di Brönsted) con uno ione idrogenocarbonato, per dare uno ione carbonato e una molecola di acqua



E così, il modello di Brönsted, che introduce coppie acido-base ed è consigliato dai programmi per le classi terminali (17-18 anni), è più elaborato di quello di Arrhenius, ma meno elaborato di quello di Lewis, che non richiede trasferimento di protoni.

2. Metodologia

Abbiamo proposto a un insegnante principiante (2° anno di servizio, in una scuola superiore nel Distretto di Bamako) le due seguenti SP da provare nella sua classe (età 17-18 anni) che per la prima volta ha sperimentato un approccio di questo tipo:

SP1 - Dell'acetato di sodio, formula CH_3COONa , che è un sale dell'acido acetico, viene disciolto in acqua distillata a $25^\circ C$. Pensi che il pH sarà: a) maggiore di 7? b) minore di 7? c) uguale a 7? Come mai?

SP2 - Il solfato di alluminio, formula $Al_2(SO_4)_3$, che è un sale dell'acido solforico, viene disciolto in acqua distillata a $25^\circ C$. Secondo te, l'ambiente sarà acido o neutro? Come mai?

Questa fase relativa a SP1 è stata immediatamente successiva a quella della titolazione di un acido forte (HCl) con una base forte (NaOH). Ci si attendeva che gli studenti fossero tentati di generalizzare il concetto di “neutralizzazione”, appreso nel caso precedente, alla soluzione acquosa di acetato di sodio. Il materiale didattico a loro disposizione consisteva in istruzioni sperimentali, vetreria e prodotti di laboratorio (forniti dal docente-ricercatore).

Al docente è stato chiesto di partire dalla verifica delle conoscenze pregresse (prerequisiti disciplinari), di dividere i suoi alunni in gruppi, di distribuire loro la prima SP, di assicurarsi che le istruzioni fossero comprese, invitando gli allievi a riflettere secondo l'approccio didattico di indagine: formulazione di ipotesi, proposta e realizzazione di esperienze di sperimentazione, istituzionalizzazione. La SP2 sarebbe servita per la fase di approfondimento.

Al termine della sequenza era previsto un colloquio con il docente sui contributi prodotti, le difficoltà incontrate ed i possibili miglioramenti.

3. Risultati

Prima fase

L'insegnante inizia dai prerequisiti, forma gruppi di quattro allievi; quindi, distribuisce le schede della prima SP e chiede a uno studente di leggere l'enunciato ad alta voce. Rilegge la SP e dà loro 10 minuti per pensarci. Circolando tra i gruppi, svolge il ruolo di facilitatore, come mostrato negli estratti seguenti. Per ciascuna SP è stata formulata una sola ipotesi che questa è stata riportata sulla lavagna.

Estratto 1 (I = insegnante; A = allievo)

I: nella titolazione acido forte-base forte, cosa abbiamo ottenuto all'equivalenza?

A1: un pH pari a 7

I: come abbiamo chiamato la regione di viraggio?

A2: di neutralizzazione

I: quindi è una reazione di neutralizzazione; oggi impareremo cosa è una SP mediante la proposizione di due diverse SP.

Estratto 2 (scambi di idee all'interno di un gruppo)

A1: come provarlo [pH=7]?

A3: se avessimo dei dati, potremmo fare un calcolo? Ma qualunque siano i dati, alla neutralizzazione si ha sempre un ambiente neutro

Con questo richiamo, gli alunni sono quindi posti *a priori* al centro dell'ostacolo rappresentato dal concetto di "neutralizzazione", ostacolo dovuto all'uso di un modello al di fuori del suo dominio di validità.

Seconda fase: condivisione di ipotesi

I: tutti avete espresso gli stessi valori. Scelgo dunque il gruppo 1

Relatore del gruppo 1: scrive i due valori di pH alla lavagna pari a 7 e 7

Classe: ambiente neutro

Terza fase

Gli studenti non sono abituati alla validazione di ipotesi mediante l'esecuzione di un esperimento; pertanto, è il docente a proporre loro l'esperimento da svolgere (peraltro descritto nella situazione-problema) e a presentare i materiali e i prodotti (sulla cattedra). Egli invita due studenti a realizzare un esperimento per ogni SP.

I due allievi concludono:

A4: io trovo pH 8 [per l'acetato di sodio]

Classe: ambiente basico

A5: io trovo pH 4 [per il solfato di alluminio]

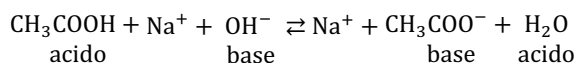
Classe: ambiente acido

Quarta fase: istituzionalizzazione

Il docente negozia la conclusione riportando gli studenti ai prerequisiti. Ma né lui né gli studenti sono abituati a gestire una SP, perciò questa fase risulta quasi trasmissiva.

I: (scrive l'equazione incompleta) la soluzione acquosa di CH_3COONa è basica (è una base ottenuta all'equivalenza della reazione $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH}$) con pH = 8, come possiamo constatare; completate questa equazione che è la definizione di che cosa [quale modello]?

Classe:



I: allora, tenendo conto di quanto abbiamo appreso in precedenza, quando possiamo parlare di neutralizzazione?

Classe: in occasione della titolazione di HCl e di NaOH

I: quindi all'equivalenza della titolazione di un acido forte e una base forte

Classe: sì.

I: per la SP2, scrivete le formule della molecola di acqua, degli ioni solfato e alluminio e dite come si realizza l'acidificazione?

Classe: solo le molecole di acqua

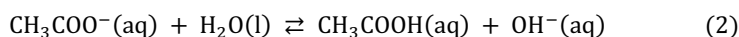
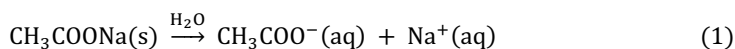
Pur avendo scritto le formule richieste (H_2O , SO_4^{2-} , Al^{3+}), quest'ultima affermazione della classe indica che gli allievi non si sono spinti a formulare alcuna equazione chimica esplicativa del processo di acidificazione. Essi hanno risposto alla domanda "come si realizza l'acidificazione?" semplicemente affermando che il trasferimento di protoni deve essere a carico delle molecole di acqua. In seguito a ciò, l'insegnante introduce il modello di Lewis, confermando che il trasferimento di protoni avviene a partire da una delle molecole di acqua che circondano lo ione alluminio, Al^{3+} , ione piccolo e fortemente carico.

4. Discussione

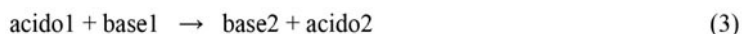
Questa sessione ha permesso la manifestazione e la destabilizzazione del concetto di neutralizzazione. Negli scambi all'interno dei gruppi, l'idea di eseguire un calcolo mostra che gli alunni non sono abituati all'esperienza come mezzo di validazione delle ipotesi, conformemente alla disciplina di riferimento. Quando il docente ha invitato gli studenti a riflettere, non l'ha fatto con l'intenzione di incoraggiarli a proporre una validazione sperimentale: ciò mostra che egli stesso non è abituato a questa fase del processo di indagine. Il colloquio che ha seguito il suo intervento in classe ha evidenziato - a sua difesa - l'obbligo di rispettare l'orario del sovraccarico programma ufficiale per una classe che dovrà sostenere l'esame finale nazionale (*N.d.T. esame di maturità*). Ciò spiega la riduzione del processo istruttorio a quattro fasi. Questa fase dovrebbe portare gli studenti a comprendere il ruolo dell'esperienza e il suo statuto come possibile mezzo per verificare le ipotesi. Il calcolo rappresenta un altro mezzo. Per il momento si tratta quindi di un'introduzione all'approccio scientifico, che favorisce lo sviluppo delle competenze degli studenti in relazione alla risoluzione della SP, prima competenza disciplinare nei programmi ufficiali. La sessione è stata un'opportunità per l'insegnante principiante di "concretizzare la chimica", secondo le sue stesse parole.

Per quanto riguarda l'ostacolo, esso si manifesta nel ragionamento degli studenti quando cercano di risolvere la SP1.

Per rispondere correttamente sarebbe stato necessario considerare i dati del problema, sale di un acido disciolto in acqua, e scrivere le due equazioni seguenti, utilizzando l'equazione acido-base (2):



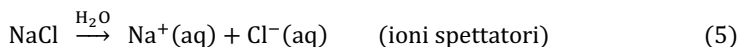
Gli studenti avrebbero quindi reperito, secondo il modello di Brønsted, il diagramma generico:



Gli alunni, invece, hanno sostituito questo ragionamento con il principio secondo il quale un sale si ottiene a partire da un acido e una base:



Essendo il cloruro di sodio il tipico esempio di sale conosciuto dagli allievi, essi proiettano il loro ragionamento sul diagramma della sua dissoluzione:



È il modello di Arrhenius che viene dunque mobilitato, nella misura in cui $\text{AH} + \text{BOH} \rightarrow \text{AB} + \text{H}_2\text{O}$ (acido + base \rightarrow sale + acqua). Ciò porta a considerare tutti i sali come neutri: da qui l'ostacolo. Questo mostra chiaramente i limiti del modello di Arrhenius rispetto a quello di Brønsted. Grazie ai prerequisiti, l'insegnante ha collocato il ragionamento degli studenti all'interno di un modello acido-base forte la cui generalizzazione abusiva li mette di fronte all'ostacolo durante la titolazione tra l'acido debole e la base forte.

Poiché la prima istituzionalizzazione avrebbe potuto suggerire un'altra concezione, per il proseguimento del percorso di apprendimento si è resa necessaria una seconda SP. La concezione consisterebbe nel considerare neutra la soluzione di solfato di alluminio a causa degli ioni solfato che sono indifferenti in soluzione acquosa. Ma, proprio come nel caso della CO_2 , lo ione Al^{3+} è un acido di Lewis. L'acidità deriva dal fatto che gli ioni alluminio si circondano di sei molecole d'acqua, una delle quali trasferisce lo ione H^+ , portando allo ione idronio H_3O^+ .

Durante il colloquio, l'insegnante principiante ha suggerito delle migliorie per ottimizzare il processo e sviluppare l'autonomia degli alunni e le loro capacità: esecuzione di tante esperienze quanti sono i gruppi, utilizzo di un pH-metro portatile, presentazione successiva delle due SP, proposta di più SP.

5. Conclusioni

Questo lavoro è consistito nell'implementazione di due SP sul concetto di neutralizzazione, da parte di un insegnante principiante in una classe di Scienze sperimentali con studenti di 17-18 anni non abituata a risolvere problemi di questo tipo. Ciò ha permesso la manifestazione e la destabilizzazione della concezione secondo la quale la reazione di neutralizzazione porta a un pH neutro qualunque sia la titolazione acido-base. Ha inoltre consentito di precorrere l'attitudine ad attribuire proprietà acide solo a quei composti che contengono un protone trasferibile, permettendo una migliore comprensione dei modelli. Per l'insegnante, la SP e la sua risoluzione sono stati sia oggetto di insegnamento e apprendimento, sia un'opportunità per conformarsi con i programmi ufficiali.

Infine, questo lavoro mostra che lo sviluppo delle competenze sia per gli insegnanti che per gli studenti diventa una realtà quando l'insegnante riceve la formazione necessaria e opera nelle condizioni materiali opportune. Da qui la necessità di una formazione continua per trasformare gli insegnanti in veri attori per il successo dell'innovazione curricolare.

Riferimenti (ultimo accesso ai link: agosto 2022)

- [1] F. Cros et al., Étude sur les réformes curriculaires par l'approche par compétences en Afrique, [Rapport de recherche], *Centre international d'études pédagogiques (CIEP)*, 2009, 222 (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00523433>).
- [2] OCSE, Résultats du PISA 2018 (Volume I): *Savoirs et savoir-faire des élèves*, PISA, Éditions OCDE, Paris, 2019 (<https://doi.org/10.1787/ec30bc50-fr>).
- [3] P. Perrenoud, Des savoirs aux compétences De quoi parle-t-on en parlant de compétences, *Actes du 15e colloque de l'AQPC*, 1995 (http://www.cdc.qc.ca/actes_aqpc/1995/perrenoud_9B71_actes_agpc_1995.pdf).
- [4] M. Soudani, *Le concept d'oxydoréduction: Analyse épistémologique et didactique*, Editions universitaires européennes, Paris, 2014.
- [5] J-F. Le Maréchal, R. Naïja, La mesure dans l'enseignement de la chimie: Cas d'une approche des titrages par pH-métrie et conductimétrie. *Aster*, 2008, **47**, 103-130.
- [6] M.B. Nakhleh, J.S. Krajcik, The Effect of Level of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts, in *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Geneva Lake, 1991 (ED347062.pdf).
- [7] K. Sheppard, High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2006, **7**, 32-45.
- [8] T. Pinarbasi, Turkish undergraduate students' misconceptions on acids and bases, *J. Baltic Sci. Educ.*, 2007, **6**, 23-33.
- [9] L. Ouertatani, *L'enseignement-apprentissage des acides et des bases en Tunisie: une étude transversale du lycée à la première année d'université*, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, France, 2009.
- [10] H. R. Widarti et al., Students' Misconceptions on Titration, *J. Physics: Conf. Series*, 2017, **812**, 012016, DOI:10.1088/1742-6596/812/1/012016
- [11] P. I. Çetingül, Ö. Geban, Understanding of acid-base concept by using conceptual change approach. *H. U. Journal of Education*, 2005, **29**, 69-74 [766-published.pdf (hacettepe.edu.tr)].
- [12] S. M. Tounkara, M. Soudani, Ressource sur la modélisation du titrage pH-métrique et sa mise en œuvre en situation ordinaire. *Eur. J. Educ. studies*, 2020, **7**, 336-352, DOI: 10.46827/ejes.v7i8.3225 (<https://oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/3225>).
- [13] N. Duroisin et al., Au carrefour du curriculum prescrit et du curriculum implanté: polémique et polysémie autour du terme de compétence en Fédération Wallonie Bruxelles, *24e colloque de l'Admée - Europe. L'évaluation des compétences en milieu scolaire et en milieu professionnel*, Luxembourg, Luxembourg. 2011, pp.11-19 fihal-00985355f.
- [14] N. Sylla, L'approche par compétences: quelle place dans la formation initiale et la professionnalisation des enseignants de sciences? *Education & Formation*, 2013, **e-298-02**, 105-119.
- [15] J-L. Martinand, Point de vue V – Didactique des sciences et techniques, didactique du curriculum, *Éducation et didactique*, 2014, **8**, 65-76 (<https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1886>).
- [16] F. Halbwachs, *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Editions Delachaux & Niestlé, France, 1974.

Ancora sul Museo della Scienza di Roma

Luigi Campanella

Università di Roma La Sapienza
e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it

Torno sull'argomento Museo della Scienza di Roma, affrontato nel precedente numero di questa rivista, per qualche considerazione aggiuntiva che mi viene dai 50 anni di esperienza

Comprendo perfettamente l'esigenza politica di realizzare un'infrastruttura così importante che, peraltro, soddisfa una richiesta antica della città, ma non tenere conto dei due elementi che seguono mi parrebbe rinunciare agli insegnamenti del passato.

Il primo riguarda lo spazio a disposizione che non è assolutamente sufficiente per un Museo di tipo tradizionale: si tratta di superfici di un ordine di grandezza più piccole rispetto ad analoghe strutture nel mondo. In più c'è il nodo del rapporto all'interno della superficie disponibile fra aree di stretto interesse museale e aree a sfondo commerciale, rapporto che non dovrebbe scendere sotto 4. Sono aspetti che sarebbero brillantemente superati da un Museo che esca dalle mura, che superi la dimensione del palazzo per assumere quella ben più significativa della Rete Culturale che si diffonde nel territorio.

E ora veniamo al secondo elemento rappresentato dall'esistente di cui Roma è ricca e di cui, anche in occasione dell'elezione di Gualtieri a Sindaco di Roma, è stato esaltato il carattere diffuso nel territorio con il coinvolgimento delle varie zone della città, comprese le periferie. Da qui l'esigenza che la nuova struttura nasca come un hub, in accordo con quanto previsto in passato da numerosi progetti e anche da uno più recente proposto dal Dipartimento di Architettura e Programmazione che il Coordinatore, prof. Pier Ostilio Rossi, ha consegnato all'assessore competente.

IL MUSEO COME HUB CULTURALE

HUB CULTURALE



FLESSIBILITÀ

INCLUSIVITÀ

INTERATTIVITÀ

COINVOLGIMENTO

HUB CULTURALE

La prima congettura sul numero degli atomi

Francesco Vissani

INFN, Laboratori Nazionali del Gran Sasso

e-mail: francesco.vissani@lngs.infn.it

Anche se a scuola si introduce sempre prima l'idea di atomo, bisogna ammettere che parlare di qualcosa di cui non si ha esperienza diretta può creare disagio agli studenti. Menzionare i filosofi antichi aiuta certo a rendere accettabile la discussione, ma non risolve il problema; presentare subito i risultati finiti della scienza, invece, non si può proprio fare. Come arrivarci più gradualmente? Una possibilità è quella di ripercorrere le principali tappe dell'esplorazione di questo concetto.

Ci concentriamo qui sul primo tentativo di determinare le dimensioni degli atomi, dovuto a un medico e filosofo del 1600, Magnenus. Nel suo libro *Democrito redivivo: o degli atomi* (1646) viene congetturato che il numero di atomi in una pallina di incenso sia circa 10^{18} - un miliardo di miliardi [1]. Vari scienziati e divulgatori ne fanno menzione [2 - 6], notando che questa stima non sia molto lontana da quelle più recenti. Curiosamente, però, non discutono (o a volte equivocano) l'argomentazione proposta, che non si basa su un modello di funzionamento dell'apparato olfattivo, ma piuttosto su una curiosa combinazione di spunti pliniani, democritei e archimedei.

Con queste motivazioni in mente, dopo aver discusso il contesto in cui questa congettura appare, esporremo il modo in cui Magnenus arrivò a formularla; subito dopo, confronteremo il valore che egli ottenne con altri più moderni e più credibili per passare, infine, alle conclusioni. Nel corso della discussione ci capiterà di toccare molti argomenti appartenenti a varie discipline, come filosofia, storia, chimica, fisiologia, astronomia e matematica; cercheremo di farlo nel modo più succinto possibile. Per una discussione più articolata, rimandiamo a un quaderno di appunti [7].

1. Magnenus ed il suo tempo

Jean Chrysostôme Magnen (1590 - 1679), il cui nome venne latinizzato in Magnenus, nacque in Borgogna a Luxeuil (oggi Luxeuil-les-Bains) dove si laureò in Arti e Medicina nella vicina università di Dole. Fu un filosofo, chirurgo, medico teorico e farmacologo e divenne professore a Papiæ (oggi Pavia), anch'essa parte del Sacro Romano Impero e all'epoca sotto gli Asburgo, ramo spagnolo. Per maggiori notizie su di lui, si vedano [8, 9].

Il libro che ci interessa è in latino e nella versione scansionata è accessibile sulla rete internet. Ogni parte (preceduta da definizioni, principi e postulati) è divisa in capitoli, composti da un ben ordinato insieme di proposizioni e obiezioni. La forma della presentazione mima un po' il modo di procedere di Euclide e non è in questo molto diversa, ad esempio, dal successivo *The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes* di Boyle (1661). L'argomento che ci interessa compare nella seconda parte, capitolo III, riguardante le proprietà degli atomi.

Il libro appartiene alla fase del dibattito filosofico in cui le reazioni all'aristotelismo iniziate già nel Rinascimento maturano i propri frutti. Vale la pena di consultare il testo di Melsen [10] per un quadro generale, ma raccomandiamo caldamente il saggio di Clericuzio [11], molto più focalizzato.

Due immediati predecessori di Magnenus, verso i quali egli riconosce un debito intellettuale, sono Daniel Sennert (1572 - 1637) e Sébastien Basson (1573 - 1640?); per gli scopi della presente discussione, è sufficiente ricordare i titoli di due loro opere (in latino): *Sull'accordo e il disaccordo dei chimici con aristotelici e galenisti* (1619) del primo e *Filosofia naturale contro Aristotele, in dodici libri, in cui viene ripristinata la fisiologia segreta degli antichi e vengono confutati gli errori di Aristotele con solide ragioni* (1649) del secondo. Altri filosofi ben noti e importanti per le sorti dell'atomismo, come Pierre Gassendi (1592 - 1655) o René Descartes (1596 - 1650), non esercitano alcuna significativa influenza sul pensiero di Magnenus e non figurano nel *Democrito redivivo*.

Peraltro, il contributo di Magnenus alla elaborazione delle dottrine filosofiche dell'atomismo non spicca per elementi qualitativamente nuovi [11], quanto piuttosto proprio per il tentativo cosciente di procedere verso un atomismo quantitativo. Cade a proposito un'annotazione del fisico e filosofo Lancelot Law Whyte [12]:

“L'effetto di questa tendenza relativa alle idee atomistiche è testimoniato dal fatto che tra il 1646 e il 1691 almeno sette scienziati europei (cinque prima di Newton) produssero o discussero stime, derivate da misure fisiche, di un limite superiore per le più piccole unità di materia utilizzate”

Naturalmente, il primo dei sette è proprio Magnenus, seguito da Charleton, Gassendi, Boyle, van Leeuwenhoek, Newton ed Halley.

Consideriamo l'effetto del *Democrito redivivo* oltremontano, da dove - come è ben noto - partiranno molti dei successivi impulsi che garantiranno il compimento della scienza moderna. Walter Charleton, un celebre collega di Magnenus, anch'egli medico e filosofo, tradurrà in inglese l'argomento quantitativo che ci interessa e lo presenterà nella sua nota opera sugli atomi [13] del 1654, aggiungendo considerazioni a supporto e dando beninteso credito al suo autore, come possiamo constatare dalla foto dell'estratto mostrata in figura 1.

<p>Art. 4. The vast multitude of sensible particles, & the vastness of Elemental Atoms, contained in one grain of Frankinsense; exactly calculated.</p>	<p>Consider we, with <i>Magnenus</i>, that one grain of Frankinsense being fired, doth so largely diffuse it self in fume, as to fill a space in the aer, more then <i>seven hundred millions</i> of times greater then it possessed before combustion. For, to the utmost dispersion of its fume, the space might easily have received of grains of Frankinsense, equal in dimensions to the seed of a Lupine,</p>	
	<p>{ according to its Altitude 720 { according to its Latitude 900</p>	
	<p>{ in the { Longitude 1200 { Superficie of the whole figure 5184000 { Superficie of the end only 648000 { Area, or whole enclosure 777600000</p>	

Figura 1. Porzione iniziale della congettura di Magnenus secondo la descrizione di Charleton [13]; si noti, nella prima riga, l'esplicita attribuzione al suo autore; i numeri sono identici a quelli esibiti da Magnenus [1]

Anche Robert Boyle, spesso indicato come l'autore del primo libro di chimica in senso moderno e considerato come il primo a intraprendere la via della scienza (o l'ultimo a filosofare) tra i pensatori del 1600 inclinati verso l'atomismo, conosce e apprezza il contributo di Magnenus. Questo risulta evidente nell'introduzione di un suo breve saggio, riproposto all'attenzione

generale negli anni '50 del secolo scorso [14] e intitolato *Of ye Atomicall Philosophy*, dove egli espone alcune considerazioni:

“La Filosofia Atomica inventata o portata a richiesta da Democrito, Leucippo, Epicuro e loro contemporanei, [...] tanto opportunamente rianimata e abilmente celebrata in diverse parti d’Europa dalle dotte penne di Gassendi, Magnenus, Cartesio e loro discepoli come il nostro meritatamente famoso connazionale Sir Kenelm Digby e molti altri scrittori (specie quelli che trattano operazioni magnetiche ed elettriche) che oggi è cresciuta troppo da poter essere ancora derisa ed è sufficientemente considerabile da meritare un’indagine seria.”

Come è ben noto, Charleton e Boyle furono due dei primi membri della Royal Society. Concludiamo con alcune annotazioni sul principale spunto che consente a Magnenus di elaborare la propria congettura quantitativa sugli atomi. Si tratta de *L’Arenario* di Archimede [15] che perviene piuttosto tardi all’attenzione degli intellettuali europei. Come ricordato da Clagett [16, 17], la prima traduzione in latino di quest’opera (a partire dal “manoscritto A”) venne effettuata solo nel 1450 da Giacomo da Cremona; l’evento cruciale che ne garantì la diffusione fu la sua inclusione nell’editio princeps dell’opera di Archimede, che venne stampata a Basilea nel 1544. Molto probabilmente, Magnenus ne viene a conoscenza per tramite del commento di Clavio al libro *Sulla sfera del cosmo* di Giovanni Sacrobosco (1581), che include una *Digressio de arenae numero*, che si rifà direttamente a *L’Arenario*. Rimandiamo a [7] per una discussione più completa a proposito.

2. Il primo tentativo di contare gli atomi

Magnenus osserva che l’odore di un piccolo grano d’incenso si distribuisce in una intera stanza e, da qui, stima che esso può essere suddiviso in un miliardo di porzioni circa, ognuna delle quali (in ottemperanza all’idea dell’atomismo) contiene degli atomi di sostanza odorosa. A questo punto c’è il passaggio delicato e cruciale: come stimare il numero di atomi in ognuna di quelle porzioni? È chiaro che non c’è modo di usare la vista; parti con dimensioni di pochi millesimi di millimetro sono di per sé invisibili.

Magnenus inizia il ragionamento appoggiandosi ad una considerazione naturalistica. Ponderando attentamente le particolarità di un piccolo insetto, come una zanzara, in prospettiva atomistica, si convince che, affinché esso possa manifestare una tale “indescrivibile perfezione”, deve includere tante parti e dunque tantissimi atomi. Si noti che lo spunto viene da un brano di Plinio, ma l’interpretazione proposta da Magnenus è in linea con il pensiero di Democrito.

Per procedere oltre e ottenere una stima quantitativa, Magnenus si ispira ad Archimede nel modo che segue. Il grande siracusano, sulla base del modello eliocentrico di Aristarco, s’era chiesto perché le stelle non sembrano spostarsi durante l’anno, quando la terra gira intorno al sole. Aveva concluso che tutte le stelle, anche le più vicine, dovessero essere abbastanza lontane da noi da sembrare in pratica fisse. Per formulare una proposta definitiva, ne *L’Arenario* [15] egli ipotizza la seguente proporzione:

raggio della Terra : distanza Terra-Sole = distanza Terra-Sole : distanza delle stelle

Magnenus fa esplicito richiamo ad Archimede e decide di regolarsi nello stesso modo, supponendo che l’estensione del grano di incenso e di ciascuna delle porzioni - o se si vuole, la sostanza in essi contenuta - siano nella seguente proporzione:

grano di incenso : porzione di incenso = porzione di incenso : atomo di incenso

Siccome il primo termine corrisponde al numero delle porzioni, e vale circa un miliardo, il numero di atomi, dato approssimativamente dal rapporto tra l'estensione dell'intero grano e quella di un singolo atomo, vale circa un miliardo di miliardi.

Per la cronaca, tanto la distanza delle stelle più vicine quanto le dimensioni (e il numero) degli atomi verranno determinate per la prima volta solo due secoli dopo Magnenus. Nel 1838, Bessel osserverà uno spostamento apparente di 0,314 secondi d'arco della stella *61 Cygni* [18]. Nel 1865, Loschmidt stimerà in un milionesimo di millimetro la grandezza delle molecole di aria [19].

Sottolineiamo che il linguaggio delle proporzioni, con cui oggi ci familiarizziamo sin dalla seconda media, aiuta a presentare la congettura a un lettore moderno, ma non è quello che viene usato nel testo di Magnenus che, come è facile immaginare, è un po' involuto da leggere e difficile da apprezzare (vedi [7] per una traduzione). I calcoli numerici nel testo originale sono i seguenti:

- si osserva che l'incenso contenuto in un grano grande come un pisello, dopo la combustione, può essere percepito in una stanza che, misurata in unità del grano stesso, ha lati pari a 720, 900 e 1.200 grani, ovvero con un volume circa un miliardo di volte quello del grano;
- si congettura che ognuna delle porzioni di gas, in cui la stanza rimane suddivisa, contenga tanti "atomi di elemento" quante sono le parti della stanza, ovvero, un miliardo circa.

La congettura si rifà a uno dei principi base del pensiero del Rinascimento, la corrispondenza tra macrocosmo e microcosmo; mentre questo può causare a un moderno lettore un'impresione di straniamento, va riconosciuto che, nella forma, l'argomentazione combacia con quella di Archimede. La figura 2 riassume le due congetture e ne evidenzia il forte parallelismo.

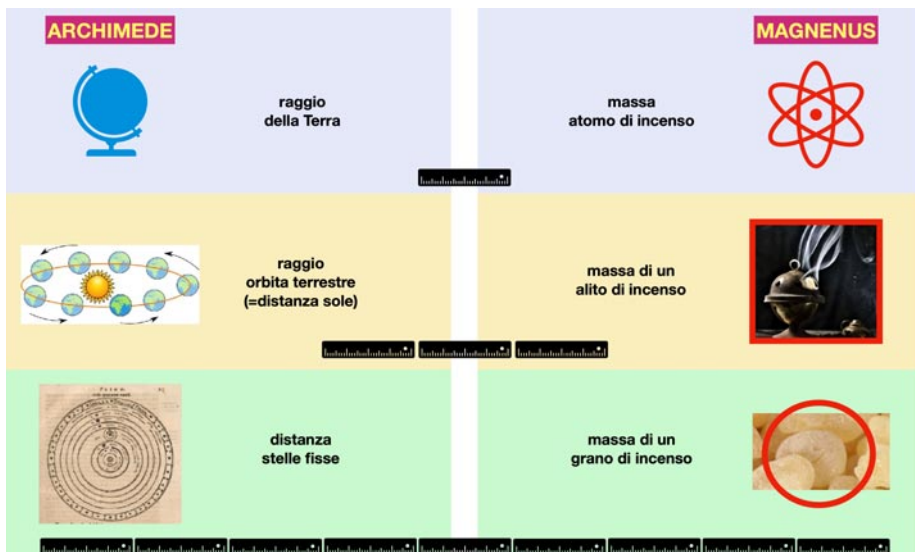


Figura 2. Confronto tra la congettura sulla distanza delle stelle fisse (di Archimede, a sinistra) e quella sul numero di "atomi" presenti in un grano di incenso (di Magnenus, a destra); nel secondo caso, per agevolare un lettore moderno utilizziamo il concetto di massa, anche se il testo originario si riferisce all'estensione dei corpi solidi di interesse - grano, alito e atomo di incenso - ovvero, al loro volume: la differenza in pratica è piccola

3. Confronto con due moderne determinazioni

Compariamo adesso il numero di atomi esibiti da Magnenus con due stime moderne. La prima, diretta, è resa possibile dalla conoscenza che oggi abbiamo dell'atomo e delle molecole. La seconda ha il pregio di non presumere questa conoscenza e, per questo, è più vicina in spirito all'approccio del *Democrito redivivo*; essa, invece di usare la proporzione congetturata da Magnenus, si basa un modello semplificato di come funziona il nostro sistema olfattivo. Discuteremo la differenza tra i due risultati e mostreremo che il valore stimato da Magnenus si piazza tra questi due.

3.1 Una stima moderna del numero di molecole

La prima stima si basa sulla conoscenza (moderna) di quanto pesano le singole molecole. Immaginiamo che il grano di incenso sia una sferetta di raggio r , per cui il suo volume è:

$$v = \frac{4\pi}{3} r^3$$

Siccome la densità dell'incenso, ρ , è pari a 1,06 g/cm³, se il raggio, r , del grano è uguale 5 mm, la massa della sferetta vale $\rho \times v = 0,55$ g. Secondo l'atomismo, questa massa corrisponde al prodotto del numero delle molecole per la loro massa. Supponiamo, allora, che il grano sia costituito da molecole di massa atomica 456 u.m.a. - come l'acido boswellico, che conferisce odore all'incenso [20]. Dividendo la massa della sferetta per quella della molecola, stimiamo che essa contiene settecento miliardi di miliardi di molecole - ovvero 7×10^{20} , da confrontare con il valore esibito da Magnenus: $N = 7,776 \times 10^{17}$; entro un fattore 1000 ci siamo. È questo l'accordo che ha colpito molti commentatori moderni.

Vediamo ora cosa si può dire sulle dimensioni delle molecole, che per semplicità assumiamo sferiche e di raggio a . Il volume v del grano, al netto di un fattore f che tiene conto del vuoto tra le molecole, può essere eguagliato al numero di molecole per il volume di ognuna di esse:

$$f \times v = N \times \frac{4\pi}{3} a^3$$

Dunque, abbiamo . Il valore preciso di f non è davvero essenziale; se consideriamo $f = 0,74$, che è quello corrispondente all'impacchettamento ottimale [21], assieme al valore di N congetturato da Magnenus, troviamo:

$$a = 5 \text{ milionesimi di mm}$$

Questo valore è appena 5 volte più grande delle dimensioni stimate da Loschmidt. Se lo confrontassimo con il raggio di Bohr, aumentato della radice cubica di 456 per tenere rozzamente conto del numero degli atomi, troveremmo un valore una decina di volte più piccolo di a ; di nuovo, un accordo discreto (confrontare con le conclusioni riportate in [3]).

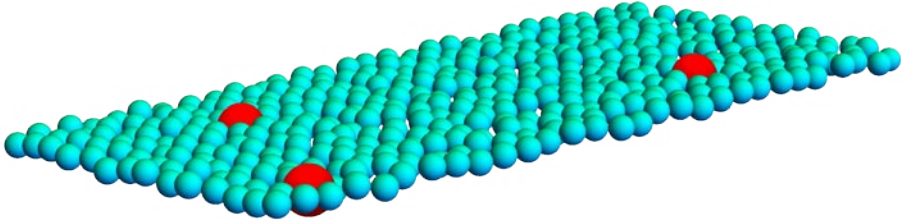


Figura 3. Rappresentazione schematica di uno strato di molecole di aria (in celeste) e di alcune particelle di sostanze odorose (in rosso) a contatto con la superficie sensibile del naso; il volume sensibile è dato dal prodotto della superficie sensibile A_{sens} e del diametro delle particelle di sostanza odorosa pari a $2a$

3.2 Quanto son grandi le particelle odorose?

Ora confrontiamoci con una stima diversa, tanto per la procedura quanto per il valore delle dimensioni delle particelle a cui si perviene. Invece di seguire il metodo delle proporzioni, descritto sopra, ci basiamo su un semplice modello del senso dell'odorato. Anche questa stima è coerente con i principi dell'atomismo; ci riferiamo all'idea, attribuita da Aristotele a Democrito (per criticarlo), che ogni senso sia una forma del tatto [22]: *“Democrito e la maggior parte dei filosofi della natura che trattano della percezione sensoriale [...] rappresentano tutti gli oggetti del senso come oggetti del tatto. [...] ne consegue che ciascuno degli altri sensi è un modo del tatto.”* Assumeremo allora che un odore possa essere percepito a patto che sulla superficie sensibile del naso cada un certo numero di particelle odorose $N_{sens} \geq 1$.

La densità di particelle nella stanza dove si diffondono i fumi dell'incenso vale semplicemente N/V ; seguendo Magnenus, il volume V della stanza può essere messo in relazione al volume di ogni grano di incenso v come segue:

$$V = 1,5 \times 10^9 \times v$$

Infatti, ricordiamo che le tre dimensioni lineari della stanza sono date da Magnenus in unità del grano di incenso e, perché questa misura abbia senso, bisogna ipotizzare che il grano abbia forma approssimativamente sferica, come già supposto; pertanto, il volume della stanza è:

$$V = 720 \times 900 \times 1200 \times (2r)^3$$

dove $v = 4\pi/3 \times r^3$. La densità N/V va eguagliata a quella a contatto con la superficie olfattiva; assumendo che tale superficie abbia area pari a A_{sens} , abbiamo l'equazione:

$$\frac{N_{sens}}{2aA_{sens}} = \frac{N}{V}$$

Nell'equazione a indica il raggio della particella odorosa (assunta sferica), mentre il denominatore della prima frazione rappresenta il volume di un parallelepipedo con una altezza pari al diametro $2a$ di tale particella (Figura 3).

A questo punto disponiamo di due espressioni per il numero di particelle:

$$N = \frac{3f}{4\pi a^3} v$$

$$N = \frac{N_{sens}}{2aA_{sens}} V$$

Confrontandole, troviamo che le dimensioni lineari a delle particelle odorose nel fumo d'incenso valgono:

$$a = \sqrt{\frac{3f}{2\pi} \times \frac{v}{V} \times \frac{A_{sens}}{N_{sens}}}$$

Tale formula non dipende direttamente dai due volumi v e V , ma solo dal loro rapporto. Utilizzando i valori sopra discussi di v/V e f con l'ipotesi che $A_{sens} \approx 10 \text{ cm}^2$, concludiamo che:

$$a = \frac{0,5 \mu\text{m}}{\sqrt{N_{sens}}}$$

Dunque, il valore massimo è una frazione di micron. Nel caso che N_{sens} non sia troppo lontano dall'unità, si tratta delle tipiche dimensioni di una particella di particolato ultra-fine, di grandezza simile a quelle delle particelle di fumo che provengono dalla combustione dell'incenso, come risulta da moderne determinazioni quantitative [23]. Per esempio, se $N_{sens} = 1$ (oppure 100) abbiamo un valore 100 (oppure 10) volte più grande del precedente; ovviamente, le dimensioni del particolato sono maggiori di quelle delle singole molecole.

3.3 Sommario

Per concludere il confronto, ci basterà riportare le stime approssimate del numero di parti minime ('atomi') contenute nel grano di incenso assieme al valore esibito da Magnenus:

<i>stima</i>	<i>procedura</i>
10^{21}	<i>conteggio del numero di molecole</i>
10^{18}	<i>proporzione postulata da Magnenus</i>
10^{16}	<i>particelle odorose assumendo $N_{sens} = 100$</i>

Per ottenere l'ultima determinazione, abbiamo usato l'espressione di a data subito sopra assieme alla formula $a = r \times \sqrt[3]{f/N}$. Come mostrato da questa tabella, il valore congetturato da Magnenus si situa giusto tra le due determinazioni appena discusse.

4. Annotazioni

Per prima cosa ci sembra importante sottolineare che la congettura di Magnenus sul numero di atomi (la prima, da quanto ne sappiamo!) non può essere considerata una determinazione quantitativa; è semplicemente una congettura; in effetti, il termine con cui il suo autore la indica è proprio quello di *conjectura*. Si deve però osservare che, nelle discipline ipotetico-deduttive, la fase di formulazione delle ipotesi ha un'importanza cruciale, almeno sin dal tempo della scienza matematica ellenistica. E, se pure si riconosce l'azzardo (o audacia) che c'è dietro questo passo, non si dovrebbe ignorarne l'accordo con le determinazioni quantitative che sono possibili oggi, magari di carattere fortuito, ma comunque sempre sostanziale, o tanto meno disconoscerne il ruolo storico; si veda [7] per una rassegna delle posizioni di storici e filosofi a proposito.

Parlare di queste cose a scuola può offrire spunti di qualche valore didattico; per esempio, può suggerire di: 1) applicare la geometria alla modellizzazione della realtà fisica; 2) discutere come funzionano i sensi; 3) accedere più direttamente alle idee di Archimede (vedi, ad es., [24]); 4) intraprendere percorsi interdisciplinari con i docenti di filosofia, storia e/o latino, alcuni dei quali son stati già sperimentati con un certo successo [25]; 5) confrontarsi con questioni di me-

todo scientifico e di storia della scienza; ecc. Non sembra irragionevole ritenere che approcci del genere potrebbero rendere più stimolante e agevole l'accesso all'idea moderna di atomo.

Ringraziamenti

Son grato al programma PRIN 2017 del MIUR che finanzia il progetto NAT-NET: Neutrino and Astroparticle Theory Network, no. 2017W4HA7S e, soprattutto, a Marco Ciardi, Antonio Clericuzio, Silvano Fuso, Paolo Mazzarello, Paolo Venti e ai due revisori anonimi di CnS i per preziosi commenti.

Riferimenti

- [1] Chrysostomi Magneni, *Democritus reviviscens, sive, DE ATOMIS*. Apud Andream Magrium, Papiæ (Pavia), 1646.
- [2] J. N. Murrell, Avogadro and His Constant, *Helvetica Chimica Acta*, 2001, **84**, 1314.
- [3] K. Ruedenberg, W. H. E. Schwarz, Three Millennia of Atoms and Molecules, *Pioneers of Quantum Chemistry*, capitolo 1, 2013.
- [4] M. Quack, The Concept of Law and Models in Chemistry, *European Review*, 2014, **22**, No. S1, 50.
- [5] E. Massa, G. Mana, Counting atoms, *Nature Physics*, 2016, **12**, 522.
- [6] M. Malvaldi, *L'infinito tra parentesi. Storia sentimentale della scienza da Omero a Borges*, Rizzoli, 2017.
- [7] F. Vissani, Il primo tentativo documentato di contare gli atomi, *Quaderni di cultura scientifica*, 2022, **9** DOI: 10.13140/RG.2.2.35683.02081).
- [8] P. Mazzarello G. Mellerio, Jean-Chrysostome Magnen, 2013, in *Almum studium Papiense*. Storia dell'Università di Pavia, I/II, a cura di D. Mantovani, Cisalpino-Monduzzi, Milano, 2013.
- [9] Scheda su Magnenus in The Galileo Project compilata da R. S. Westfall (<http://Galileo.rice.edu/Catalog/NewFiles/Magnenus.html>).
- [10] A. G. M. Van Melsen, *Da atomos a atomo: storia del concetto di atomo* (tradotto dall'olandese del 1949), Società editrice internazionale, Torino, 1957.
- [11] A. Clericuzio, *Elements, Principles and Corpuscles. A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*, Kluwer Academic Publisher, 2000 (parte di: International Archives of the History of Ideas).
- [12] L. L. Whyte, *Essay on Atomism, from Democritus to 1960*, Middletown, Connecticut, Wesleyan University Press, 1961.
- [13] W. Charleton, *PHYSIOLOGIA Epicuro-Gassendo-Charltoniana: or a fabrick of science natural, upon the hypothesis ATOMS - Founded by Epicvrvs, repaired by Petrvs Gassendvs, augmented by Walter Charleton*, Printed by Tho. Newcomb, London, 1654.
- [14] R. S. Westfall, Unpublished Boyle papers relating to scientific method – II, *Annals of Science*, 1956, **12**, 103.
- [15] Archimede (c. 287 - 212 a C), *L'Arenario*, traduzione di H. F. Fleck, Quaderni di Scienze Umane e Filosofia Naturale, 2016, **2**, 1 (<http://www.heinrichFleck.net/quaderni/Arenarius.pdf>)
- [16] M. Claggett, Archimedes, *Dictionary of Scientific Biography* I, 1970, 228-229.
- [17] Per un breve e utile estratto, si veda <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2864>

- [18] F. Bessel, Bestimmung der Entfernung des 61sten Sterns des Schwans, *Astronomische Nachrichten*, 1839, **16**, 65.
- [19] J. Loschmidt, On the Size of the Air Molecules, *Proceedings of the Academy of Science of Vienna*, 1865, **52**, 395 (traduzione in <https://loschmidt.chemi.muni.cz/biography/pdf/discovery.pdf>)
- [20] E. Ernst, Frankincense: systematic review, *British Medical Journal*, 2008, **337**, a2813.
- [21] Si veda, per esempio, Wikipedia sulla “*Congettura di Keplero*” e sulla sua storia (https://it.wikipedia.org/wiki/Congettura_di_Keplero)
- [22] Aristotele (384 - 322 a C), *De sensu* (traduzione di J.A. Smith, W.D. Ross, The Works of Aristotle, Oxford, 1907 (https://digitalassets.lib.berkeley.edu/main/b20762564_C005621977.pdf))
- [23] Y. S. Cheng, W. E. Bechtold, C. C. Yu, I. F. Hung, Incense Smoke: Characterization and Dynamics in Indoor Environments, *Aerosol Science and Technology*, 1995, **23**(3), 271.
- [24] L. Russo, *Archimede. Un grande scienziato antico*, Carocci, 2019.
- [25] Un breve resoconto giornalistico dell’esperienza didattica su Magnenus condotta a Pordenone nell’anno scolastico 2016-2017 grazie all’iniziativa del professor Paolo Venti: https://www.ilgazzettino.it/pay/nazionale_pay/certamen_32_latinisti_a_caccia_di_un_premio-2358666.html.

Accadde a Parigi ... testimonianze

Domenico Misiti

Dipartimento di Chimica e Tecnologie del Farmaco, Università La Sapienza di Roma

Gruppo Senior della SCI

e-mail: domenico.misiti@fondazione.uniroma1.it

Riassunto. L'Autore ricorda due sue testimonianze parigine molto diverse fra loro: la prima durante la contestazione studentesca del maggio francese del 1968 e la seconda in un evento musicale ricco di empatia giovanile.

Premessa

L'amore per Parigi è sempre stato una costante della mia vita. Tanti gli elementi che vi hanno contribuito, sin da quando noi studenti ginnasiali del Liceo romano Torquato Tasso eravamo rimasti colpiti dal fascino della nostra professoressa di francese che con accento nostalgico ci raccontava i giorni passati nella *Ville Lumière*. Più tardi i racconti *osé* dei miei fratelli maggiori avevano così incuriosito me e mio fratello Mario, ai primi anni di Università, da affrontare, dando fondo ai nostri modesti risparmi, un soggiorno di qualche giorno a Parigi. Ma certamente quello che mi lega maggiormente a Parigi è stato il lungo soggiorno di studio in un Centro di Ricerca nella *Banlieue* parigina che vi ho passato negli anni 1959 e 1960. Da allora innumerevoli sono state le occasioni di soggiorni parigini, in maggior parte per ragioni accademiche o istituzionali. In effetti nella mia vita accademica, forse per un destino preordinato, sono stato quasi "*obligato*" per lunghi anni a ritornare a Parigi, principalmente per Congressi, o più spesso come Delegato Italiano nella Commissione della Farmacopea Europea e ancora, più tardi, come Delegato Italiano nel Comitato Ambiente dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), Istituzioni entrambe che tenevano le proprie riunioni a Parigi. Moltissimi sono i ricordi dei giorni passati a Parigi, ricordi che ci appartengono e che raccontati sicuramente potrebbero risultare ovvii e banali. Dall'album ideale dei ricordi ho voluto estrarre due testimonianze di segno molto diverso fra loro che mi hanno particolarmente "emozionato" e hanno lasciato il segno, perché riguardano il mondo degli studenti, a me da sempre particolarmente caro.



Il Maggio Francese

Ero arrivato a Parigi Orly da Roma con un volo Alitalia nel pomeriggio di mercoledì 8 maggio del 1968 e avevo prenotato una stanza nell'Albe Hotel che conoscevo già, situato in Rue de la Harpe, strada adiacente alla Place Saint Michel, nel cuore del Quartiere Latino. Dovevo partecipare ai lavori della Commissione della Farmacopea Europea del Consiglio d'Europa nei giorni 9 e 10, che per l'occasione si tenevano in un palazzo in Avenue Kléber, contigua all'Arco di Trionfo. Avevo letto nella stampa italiana che a Parigi era in atto un movimento studentesco di contestazione universitaria, noto come "Mouvement du 22 mars", nato nell'Università di Nanterre, dominata dalla gauche, una delle tante Università presenti nella Region Parisienne. L'ondata della contestazione studentesca, nata a Berkeley e in altre Università americane agli inizi del '68, era approdata in Europa e aveva trovato a Parigi ampio seguito. In Italia arriverà con qualche ritardo, anche se sporadici segnali di insofferenza al potere accademico si erano già manifestati.



La giornata del 9 maggio, ricordo che si svolse senza particolari incidenti, in realtà alle 8 ca. mi ero infilato nella metropolitana a Place Saint Michel e avevo raggiunto rapidamente Avenue Kléber, dove mi ero trattenuto in Commissione sino alle 18 ca. Il ritorno in Hotel ricordo fu ritardato da un po' di chiacchiere in un Bistrò con il Presidente della Commissione, un anziano professore di chimica organica della Sorbonne, innamorato della bellezza di Roma che, animato da una saggezza accademica sicuramente propensa alla "conservazione", non dava grande peso a quello che succedeva principalmente nel Quartiere Latino. Qualcosa di più appresi leggendo France Soir dove si parlava del polso duro del Generale Charles De Gaulle, dell'atteggiamento più possibilista del Primo Ministro George Pompidou, dell'intransigenza del Corpo Accademico e dello stato di allerta della Polizia Nazionale Francese CRS (Compagnie Republicaine de Sécurité).



Il giorno successivo si svolse in modo analogo, ma avevo la sensazione di una tensione crescente nel Quartiere Latino: i Cafés della Piazza erano in stato di allarme, la famosa Papeterie Joseph Gilbert aveva tolto le bancarelle con i libri che normalmente erano in mostra sul marciapiede.

Gli Hotel tenevano chiuse le porte e la gente andava di fretta con aria circospetta. Si diceva che in altre parti di Parigi le intemperanze degli studenti avessero danneggiato vetrine e locali e che la Polizia avesse fatto degli arresti. Sul giornale che lessi in Metro trovai articoli che parlavano con enfasi di uno dei capi del movimento, il giovane francese di madre tedesca, rosso di capelli, *Daniel Cohn-Bendit* e che, fra l'altro, mettevano in risalto le incertezze della sinistra francese e del sindacato *CGT* sull'opportunità di schierarsi.



En six jours le P. C. a changé d'attitude

La révolte des étudiants provoque quelques renoués au sein du parti communiste. La semaine dernière, les dirigeants du P.C. avaient dénoncé vigileusement l'agitation de ces « fils à papa », mais depuis l'extension prise par les manifestations — auxquelles les étudiants du P.C. ont refusé de s'associer — les responsables communistes ont modifié sensiblement leur attitude.

Le vendredi 3 mai, M. Georges Marchais, membre du bureau politique du P.C. déclara dans « l'Humanité » : « Ce fait éditorialiste doit être, objectivement, les services les intérêts du peuple, pour les compléter les groupes politiques qui cherchent à servir au mouvement démocratique ou au mouvement révolutionnaire. »

Le samedi 4 mai, après la formation de la « Démocratie », l'« Humanité » publia le commentaire suivant : « Communistes, unifiez vous, ne laissez pas votre présence dans les rues de Paris servir de prétexte à la police. »

Le dimanche 5 mai, le journal publia un article intitulé « Le mouvement étudiant est une révolution ». Le samedi 11 mai, le journal publia un article intitulé « Le mouvement étudiant est une révolution ». Le dimanche 12 mai, le journal publia un article intitulé « Le mouvement étudiant est une révolution ».

Depuis lundi, le P.C. dénonce

Daniel Cohn-Bendit : « Nous exigeons d'abord la remise des peines »

Al mio ritorno in serata da *Avenue Kléber*, dove peraltro regnava un'atmosfera di tranquilla normalità, incontrai seri problemi. Nel corso della giornata la situazione si era aggravata, si parlava di scontri duri fra polizia e manifestanti, di feriti e di danni a *Montparnasse* e alla *Sorbonne*.

3 H. DE BAGARRE CETTE NUIT A MONTPARNASSE **LA SORBONNE BOUCLÉE** par d'importantes forces de police

Guadagnai a fatica la porta dell'Hotel deciso a rimanerci, accontentandomi di una cena arangiata nel bar interno. Col passare delle ore le notizie trasmesse dalla radio avevano assunto toni molto preoccupanti; in molte parti del Quartiere Latino si alzavano barricate per opporre resistenza alle forze di Polizia. Dalla finestra giungevano voci agitate, echi di cariche e di gente che scappava. La mia stanza, peraltro confortevole, era situata al primo piano ed era dotata di un balconcino con ringhiera in ferro che costituiva un ottimo punto di osservazione sulla *Place Saint Michel* e sulla fine dell'omonimo *Boulevard*. Fu così che fui testimone della costruzione

di una barricata proprio all'inizio della Piazza con i manifestanti sul *Boulevard* e gli agenti della CRS che stringevano l'assedio in un ampio quadrilatero.



Rue de Rennes, un impressionnant barrage de C.R.S. barre l'accès du quartier Latin aux étudiants venant de Montparnasse

PAVÉS, FERRAILLE, VOITURES : LES ETUDIANTS DRESSENT DES BARRICADES

La violence s'est déclenchée cet après-midi des premiers instants du quartet Latin. En quelques instants un cortège de manifestants bloqua les services taxis et le service d'ordre.

Les étudiants National de l'Enseignement Supérieur (regroupant le tiers des étudiants de l'Université) considèrent que la situation des manifestants s'aggrave et ils ont décidé de lancer un appel pour demander au président

dans la rue aux côtés de leurs étudiants.

Le même soir il a été demandé en outre la démission du Directeur Rocard qui avait décidé vendredi la fermeture de la Sorbonne.

Le grand meeting organisé par l'U.N.C.E.P. (et interdit par le préfet de police), qui devait avoir lieu ce matin à 9 heures, a été remis à ce soir 21 h. 30. Le quartier Latin pleure de voir une fête de jeunesse agitée.

ont indignement suivi en province. Plusieurs associations d'étudiants rivales de l'U.N.C.E.P. (dont un représentant les étudiants parisiens contre les étudiants) ont décidé de se joindre à l'agitation.

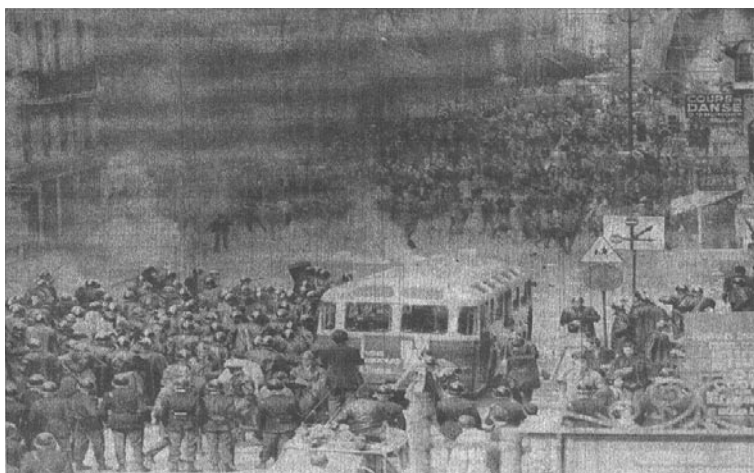
Raisons de l'explosion : la fermeture de la Faculté de Sciences et de la Sorbonne ; la composition des sept étudiants de Nantes et mais devant la composition de dix-huit de l'Université ; les manifestations organisées samedi et

contre quinze étudiants et l'emploi de la force tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des locaux universitaires.

Malgré l'explosion, les services de secours de l'Université ont été complètement à la Sorbonne.

Ce soir, à 20 heures, M. Roger Prévost, ministre de l'Éducation nationale doit prononcer une allocution et décrire les conditions actuelles de l'Université.

La barricata fu creata come una trincea con macchine rovesciate, con sedie e tavolini accatastati e con materiali vari sbucati da non so dove.



I ragazzi da una parte lanciavano pietre divelte dal *pavè* e bottiglie incendiarie e schernivano le guardie con un ritornello ritmato che, sfruttando le assonanze, uguagliava *CRS* alle *SS*, dall'altra parte la Polizia in forze si opponeva proteggendosi con una sorta di scudo, manganellava chiunque si trovasse a portata di mano e lanciava di continuo lacrimogeni che rendevano l'aria irrespirabile.



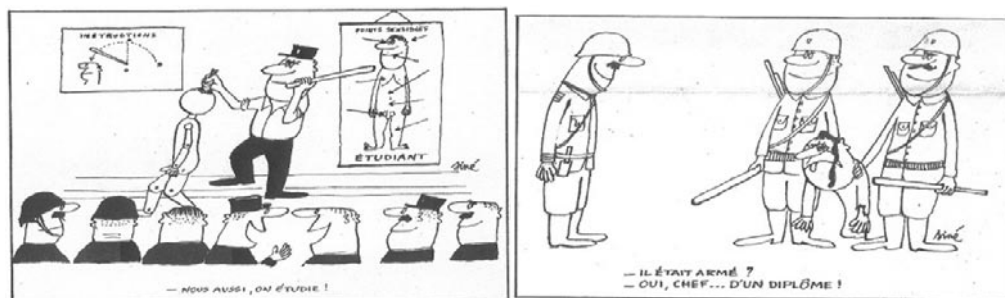
Dalle finestra qualcuno gettava acqua sperando di attenuare l'effetto dei lacrimogeni e nell'intento di spegnere le fiamme che bruciavano dappertutto. Il vapore aveva generato una fitta nebbia creando un'atmosfera tragicamente surreale. Mi piace riportare come un giornale del mattino, di cui conservo ancora qualche ritaglio, descriveva la situazione:

“Gli scontri furono estremamente violenti con centinaia di feriti da entrambe le parti e nelle prime ore del mattino le forze CRS decisero di sferrare l'attacco finale alle barricate facendo uso in abbondanza di lacrimogeni. Molti degli abitanti del Quartiere Latino mostrarono solidarietà verso gli studenti inondando con getti d'acqua le strade per neutralizzare i lacrimogeni e spegnere i focolai. Molti dimostranti furono accolti nelle case vicine per proteggersi dalle granate e per evitare di essere fermati. La brutalità dei CRS fu ampiamente testimoniata e descritta dai notiziari seguiti da centinaia di migliaia di francesi. Si è trattato di una vera battaglia che si è protratta per ore e alla fine i dimostranti furono completamente sovrastati e ca. 500 di loro furono fermati. All'incirca alle 6 del mattino fu ristabilito l'ordine che lasciava un Quartiere devastato come se fosse stato colpito da un vero tornado”.



Après le « bouclage » du quadrilatère de la Sorbonne
VIOLENTS ACCROCHAGES
HIER JUSQU'À 23 HEURES
entre 10.000 étudiants et les policiers
 de Saint-Germain-des-Prés à la place Denfert-Rochereau
 et de l'Odéon à la Halle aux Vins

Sfortunatamente una *boule* di lacrimogeno si frantumò sul mio balconcino inondando la stanza e rendendo l'aria irrespirabile. Dalle poche nozioni che ricordavo dell'esame complementare di "Chimica di guerra" credo che si trattasse di un acrilato, liquido persistente, irritante che poteva essere attenuato con lavaggi di bicarbonato. Ciononostante, fu necessario cambiarmi stanza, non dopo essere stato vivacemente rimproverato dal Direttore per aver lasciato aperta la porta finestra della stanza. Il Direttore in fondo era una brava persona che, capii, era comprensivo delle ragioni degli studenti, ne aveva accolti con cautela un paio che erano alla ricerca di un rifugio per non essere presi dalla *Gendarmerie*; con loro discutemmo a lungo perché di sonno era inutile parlare. Erano ragazzi entusiasti della borghesia illuminata, forse anche un po' snob, che mal sopportavano l'*establishment*, sicuri di essere nel giusto. Avevano con sé volantini pieni di proclami e anche opuscoli che trattavano le loro rivendicazioni con ironia, anche scherzosamente, e si dimostrarono interessati a parlare con un professore italiano curiosi di conoscere l'atmosfera che si respirava negli Atenei del nostro Paese. Ricordo che mi trovai leggermente impreparato di fronte alle loro domande sulla situazione italiana e che risposi in maniera evasiva con qualche luogo comune, senza convinzione. In effetti non avevo ancora valutato nel giusto valore questo movimento e non volevo fare affermazioni affrettate. Fra le vecchie carte ho ritrovato un giornale che raccontava in chiave leggera la storia del movimento e ne ho ritagliato le vignette che vedete accluse nel mio racconto.



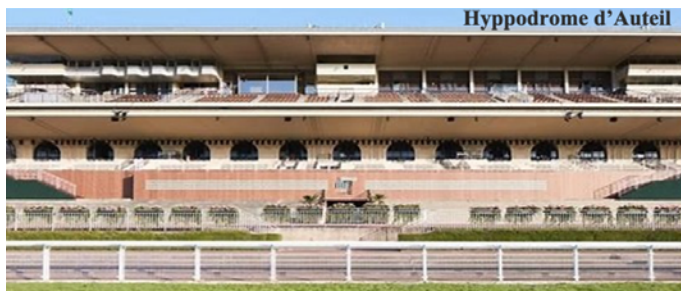
Con gli occhi ancora arrossati nel primo pomeriggio presi l'aereo per Roma sicuro per chi parteggiare. Qualche mese più tardi, quando il movimento studentesco arrivò nelle nostre Università trovai nel parcheggio dell'Università di Camerino, dove insegnavo Chimica Organica, le 4 ruote della mia Punto tagliate in nome del 24 politico e allora, pur conservando molta simpatia per lo spirito di quei ragazzi, qualche dubbio mi è venuto.

Une soirée inattendue



nella sede centrale, le *Chateau de la Muette*, nel 16° *Arrondissement* che era a buon diritto un quartiere esclusivo e uno dei più eleganti della Capitale francese.

Le riunioni avevano cadenza trimestrale, generalmente con la durata di 2 o 3 giorni all'inizio della settimana. Quel martedì la seduta della Commissione doveva rispondere a un ordine del giorno impegnativo e conflittuale nei riguardi dei Paesi in via di sviluppo, non rappresentati nell'OCSE. La seduta si protrasse a lungo e solo poco prima delle 19 ebbe termine. Leggermente stanco e frastornato dalle lunghe ore di discussione, ero contento di uscire nella piacevole frescura della serata d'inizio estate. Con mia meraviglia mi trovai contornato da una folla di ragazzi e ragazze visibilmente allegri che procedevano compatti occupando quasi tutta la strada. Ebbi una sensazione analoga già provata in occasione dei *derby* romani e incuriosito chiesi garbatamente spiegazione di quel fenomeno. Mi resi subito conto di essere un diverso, un cinquantenne con cravatta e abito scuro con la mia 24 ore in mezzo a studenti e studentesse in *jeans* e maglietta. Credo che il mio *look*, per loro non abituale, avesse incuriosito e interessato i ragazzi, perché un gruppetto di loro mi adottò all'istante. Qualcuno con tono rassicurante mi apostrofò con rispetto come si fa con una persona amica non più giovane "*Venez avec nous, Monsieur, vous aller vous amuser*". Tentato dalla spontaneità dell'invito, prima di accettare volli saperne di più. La compagine giovanile marciava verso l'*Hippodrome d'Auteil* non molto distante, dove si sarebbe svolto il primo concerto europeo della coppia *Simon e Garfunkel*, riunitasi dopo un lungo periodo di separazione, interrotto con lo storico "*The Concert in Central Park*" tenutosi a New York nell'anno precedente. Non ero un frequentatore di concerti da stadio o similari, esperienze in quel senso le avevo solo avute per aver accompagnato mia figlia a sentire il suo cantante preferito Francesco De Gregori.



Considerai l'occasione un'opportunità unica, conoscevo qualche canzone della coppia come colonna sonora del film "*Il laureato*" che mi era molto piaciuto, ma immaginai che la scenografia di quella serata mi avrebbe fatto sentire più giovane, nonostante l'abito scuro e la mia 24 ore.

E, in effetti, la realtà si dimostrò migliore dell'immaginazione. Il concerto iniziò alle 21 e fortunatamente riuscii a trovare un biglietto, che peraltro conservo ancora, per un posto vicino al gruppetto di giovani che mi aveva adottato, qualcuno sorridente, informato della mia qualità di professore, mi chiamava "notre papa italien".



Si era fatto buio e all'entrata delle due *vedettes* scese un silenzio nell'ippodromo trasformato per l'occasione in una accademia di musica. Cominciarono seguendo il repertorio classico di cui non ricordo la sequenza, ma quando iniziò "The Sound of Silence" ci fu un momento magico: l'ippodromo fu illuminato da migliaia di fiammelle degli accendini che i ragazzi agitavano cantando in coro. Allora non c'erano i telefonini; penso, però, che il loro uso sarebbe stato meno romantico. Capii anche perché era così comune l'uso degli accendini, in quei giorni la maggior parte dei giovani fumava e dagli odori che riuscii a percepire non si trattava di solo tabacco. Il concerto andò avanti in una atmosfera sempre più partecipe e calda; ricordo ancora fra le tante ascoltate le canzoni più note da "Mrs Robinson" a "Bridge over Troubled Water" e ancora "The Boxer" e tanti bis in un delirio di consensi. Non posso dimenticare la magica atmosfera di quei momenti che forse ai giovani di oggi sembreranno non al passo con i tempi, perché abituati a eventi simili senza tanta retorica. L'amicizia e la simpatia dimostratami da quei ragazzi mi tolse il senso di imbarazzo e non mi sentii più fuori posto, anzi avevo una sensazione rassicurante come quando mi trovavo in mezzo agli studenti in un'aula universitaria. Il concerto terminò a notte inoltrata ed ebbi qualche problema a trovare un taxi disposto a portarmi in Hotel che per quella occasione era vicino al Consolato Italiano nei pressi di Rue Varenne. Il giorno dopo raggiunsi di buon'ora la Commissione un po' assonnato e raccontando la mia serata ai compassati colleghi svedesi e danesi con cui ero in buoni rapporti, li trovai increduli, forse convinti che gli italiani hanno grande immaginazione e fantasia.

Leggere il mondo con il linguaggio della Chimica: una chiave di lettura universale

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici (UOS -Pisa) del CNR
e-mail: villani@pi.iccom.cnr.it

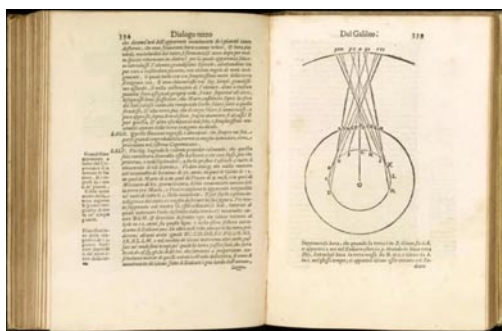
Anche quest'anno la Società Chimica Italiana (SCI) ha partecipato al Festival della Scienza di Genova. La parola chiave scelta per l'edizione del 2022, "Linguaggi", era troppo stimolante per la Chimica e non ho voluto perdere l'occasione di rispondere alla call del Festival, proponendo per la SCI un'iniziativa sul linguaggio chimico.

L'iniziativa si è tenuta il 22 ottobre e ha avuto per titolo quello di questa nota informativa. Vi hanno partecipato Gianluca Farinola (Università di Bari), allora vicepresidente ed oggi presidente della SCI, Giovanni Capranico (Università di Bologna) e il sottoscritto, oltre a un nutrito e interessato pubblico.

L'iniziativa ha avuto il seguente svolgimento. Dopo una veloce presentazione biografica di Capranico, Farinola e Villani tenuta da Silvano Fuso a nome del Comitato Organizzatore del Festival, io ho svolto il compito di introdurre le due conferenze e di inserirle, in una chiave di lettura generale, all'interno del tema del Festival. È poi intervenuto Farinola e, infine, Capranico.

In questa breve nota, si riporta una sintesi dell'evento. La registrazione delle conferenze è, infatti, presente sul sito del Festival, ma la sua fruizione è on demand. Occorre un abbonamento di 10 euro per vedere questa e tutte le altre conferenze (nell'ordine di qualche centinaio) tenute in questa edizione del Festival.

Giovanni Villani: introduzione e una "cornice" per l'iniziativa



Le due conferenze specifiche di Farinola e Capranico avevano lo scopo di mostrare due applicazioni della Chimica e del suo linguaggio. Per inserirle nel contesto del Festival, io sono partito "da lontano", dalla storia concettuale della Chimica e dalla formazione del suo linguaggio specifico.

Quando, infatti, alla nascita della scienza moderna, Galileo delimitava i confini della nuova scienza, l'allora alchimia se ne trovava fuori. Celebre è la frase di Galileo: "La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. *Egli è scritto in lingua matematica*, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto".

La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. *Egli è scritto in lingua matematica*, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto".

Tale idea della scienza era ribadita un secolo dopo dal filosofo Immanuel Kant proprio con l'esempio della Chimica: "Io affermo però che in ogni dottrina particolare della natura si può trovare tanta scienza propriamente detta, quant'è la matematica che vi si trova [...] la chimica non potrà divenire nient'altro che un'arte sistematica, o dottrina sperimentale, mai una vera e propria scienza; i suoi principi, infatti, sono soltanto empirici e non permettono nessuna esibizione a priori nell'intuizione, e di conseguenza, essendo inadeguati nell'applicazione della matematica, non rendono affatto comprensibili secondo la loro possibilità i principi dei fenomeni chimici".

Con questa impostazione galileiana/kantiana, ancora oggi sarebbero fuori della scienza tante parti della Chimica, della Biologia, della Geologia, ecc. Come, infatti, è apparso evidente anche al pubblico del Festival, nelle due conferenze successive non era presente alcuna formula matematica. Ancora oggi la Chimica lavora in maniera differente dal precetto galileiano, ma non per questo è "meno scientifica".

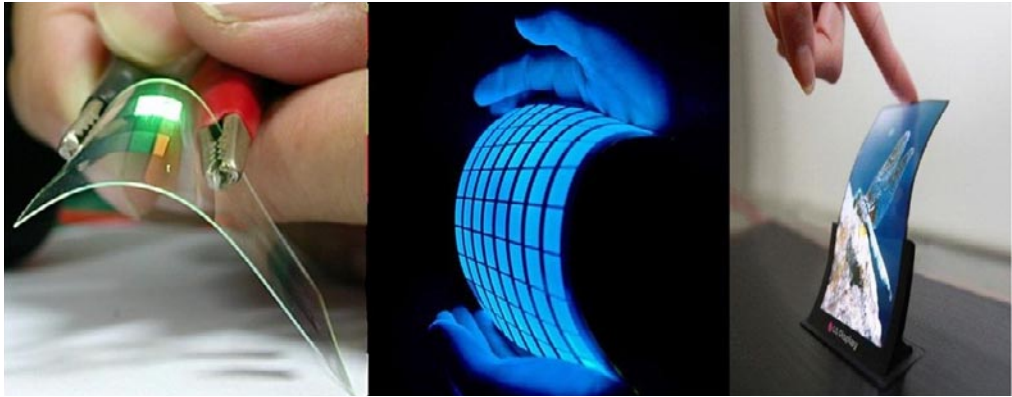
La tesi che io ho voluto sostenere è che, accanto alle "sensate esperienze" (oggi chiamate esperimenti) e alle "certe dimostrazioni" matematiche, la Chimica ha sviluppato un linguaggio concettuale universale, che rende scientifica non solo questa disciplina ma, tramite esso, anche la Biologia, la Geologia, la Medicina e tanta parte della scienza moderna che studia il mondo materiale inorganico, organico e biologico. Parafrasando Galileo, la mia "cornice" a questa iniziativa del Festival si è chiusa con l'affermazione che: "Il mondo materiale scientifico odierno è scritto in linguaggio chimico e i caratteri sono atomi, molecole e macromolecole nel mondo microscopico e sostanze chimiche in quello macroscopico; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto".

Gianluca Farinola: Come le molecole possono "controllare" la luce. Dalla optoelettronica alla biologia e ... viceversa

Il relatore ha esordito dicendo che il linguaggio chimico non solo ci aiuta a leggere il mondo, ma è anche uno strumento per modificarlo, rendendo la nostra vita più comoda e confortevole rispetto al passato e permettendo la presenza di miliardi di individui sul pianeta Terra. Il linguaggio chimico, in pratica, può essere usato per tradurre il pensiero chimico in un progetto che porta alla realizzazione di un materiale con specifiche proprietà.

Con questo linguaggio, infatti, noi vogliamo progettare e sintetizzare molecole utili a tante cose e qui vedremo quelle utili per la fotonica e l'elettronica. Alcuni polimeri organici possono, infatti, avere delle proprietà di interazione con la luce e di trasporto di carica che li rendono utili in questi campi. Viceversa, possono produrre luce a partire dalla ricombinazione di carica.

In questa relazione sono state mostrate alcune splendide applicazioni. Esse vanno dai led organici, detti OLED, che ormai sono largamente presenti nelle nostre case, nei cellulari e negli schermi televisivi. Essi permettono, inoltre, di avere luce bianca di ottima qualità risparmiando energia. Farinola ha fatto vedere che le tecnologie che hanno portato agli OLED hanno permesso di ottenere le celle solari di plastica colorate, flessibili e integrabili negli edifici. Esse possono anche essere integrate in un tessuto così che oggi sono disponibili giubbotti e zaini che ci forniscono energia in posti remoti.

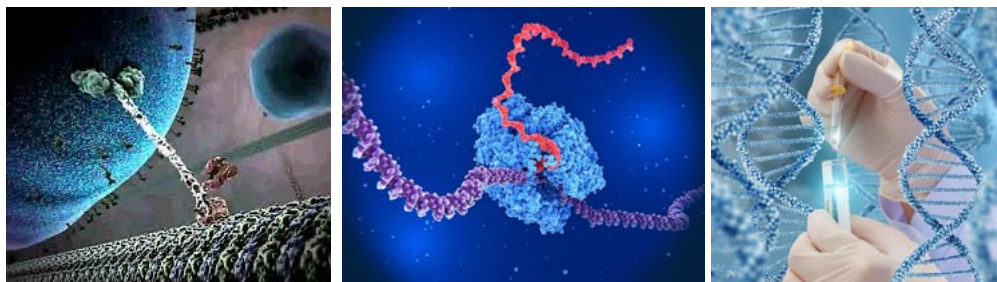


Passando dai polimeri sintetici a quelli naturali, la relazione ha, inoltre, mostrato che alcuni di questi ultimi, come le melanine, hanno delle proprietà di interazioni con la luce che possono essere utilizzate negli ambiti appena visti. Infine, anche i polimeri che si ottengono spontaneamente in certe condizioni dalla dopamina, una sostanza biologica e, quindi, senza impatto ambientale, hanno strutture simili alle melanine e possono essere utili agli stessi scopi. Farinola ha evidenziato che questi polimeri se vengono intrappolati nella seta, danno uno straordinario adesivo biomimetico, simile a quello usato dai mitili per attaccarsi saldamente alle rocce nel mare. Infine, è stato mostrato che tali polimeri possono servire per intrappolare su un elettrodo batteri fotosintetici vivi che, continuando i loro processi, formando celle solari viventi.

Partendo da questa idea, il gruppo di ricerca di Farinola ha pensato di utilizzare direttamente dei microorganismi fotosintetici come celle solari, usando batteri fotosintetici e diatomee (un tipo di microalghe). Si possono così produrre materiali per l'optoelettronica imitando la lumaca marina *Elysia Chlorotica* che conserva nella sua pelle i cloroplasti delle alghe fotosintetiche di cui si nutre diventando capace di fare fotosintesi. Sono state mostrate immagini di queste alghe che, racchiuse in gusci di biosilice nanostrutturata (un vetro naturale), assumono forme bellissime. A tale materiale si possono legare opportune molecole fotosintetiche e utilizzare le diatomee ancora vive per emettere luce, per stimolare la crescita di un osso o per lavorare come un cristallo fotonico allo scopo di modulare la luce di un laser.

Giovanni Capranico: Le macchine molecolari permettono le funzioni del genoma e sono importanti per la medicina personalizzata

Le macromolecole biologiche sono delle macchine molecolari che svolgono tante funzioni tenendo in vita una cellula. Capranico ha mostrato il lavoro specifico di alcune proteine sul DNA. Il problema pratico di cui si è occupato è quello che si genera quando il genoma deve essere trascritto nel RNA o replicato. Per capire il problema meccanico che la natura ha dovuto risolvere in questi casi, il relatore ha considerato che cosa succede quando al DNA, bloccato in qualche modo, si applica o poi si elimina una torsione: si formano dei superavvolgimenti, cioè degli avvolgimenti dei due filamenti del DNA intorno a sé stessi.



Nella relazione è stato mostrato, ad esempio, che per far avvenire la trascrizione del DNA in RNA, una proteina lavora su di un pezzo del DNA aprendolo. A monte e a valle di questo pezzo di DNA si formano i superavvolgimenti citati prima che, se non rimossi, impedirebbero al processo di trascrizione di procedere lungo il DNA. Esiste una famiglia di proteine, le topoisomerasi, che provvede a fare ciò. La topoisomerasi I è una proteina che taglia un filamento del DNA e, tenendolo fermo, fa ruotare l'altro permettendo lo svolgimento dei superavvolgimenti.

Un altro problema, che è stato evidenziato dal relatore, è quello di separare i due filamenti di DNA al termine della replicazione per permettere alle due molecole di andare in due cellule diverse. Questo lavoro è svolto dalla topoisomerasi II. Per svolgere questo lavoro, essa deve rompere ambedue i filamenti di un DNA e permettere all'altro DNA di passare e separarsi. La stessa proteina provvede poi a richiudere il DNA rotto.

Capranico ha poi detto che ci sono delle piccole molecole che possono interferire con le attività catalitiche di queste macchine molecolari provocando la morte della cellula, cosa che può tornare utile se vogliamo uccidere delle cellule tumorali. Ci sono sostanze, infatti, in grado di distinguere le cellule tumorali dalle altre cellule e uccidere selettivamente solo quelle. Tuttavia, in alcune cellule tumorali si verificano delle mutazioni del DNA che rendono inutile il lavoro di queste molecole e, allora, è importante conoscere se tali mutazioni sono presenti o no per stabilire la terapia più adatta e per sviluppare quella che oggi si chiama medicina personalizzata.

Le conferenze hanno stimolato un grande interesse e curiosità da parte del pubblico; le domande, infatti, sono state molte e hanno riguardato sia aspetti generali come, ad esempio, il rapporto tra le molecole e la vita o se le topoisomerasi agiscono solo in casi particolari o sempre, sia risvolti più specifici come, ad esempio, il rendimento del fotovoltaico biologico, la sua reperibilità in commercio e la durata nel tempo di questi tipi di celle.

La mappa ecologica di Fabio

Recensione del libro “La sfida del Secolo” di Fabio Olmi (Editore Aracne, maggio 2022)

Eleonora Aquilini

Presidente della Divisione di Didattica
e-mail: ele.aquilini6@gmail.com



Certo, come scrive il filosofo e matematico Alfred Korzybski, “la mappa non è il territorio”, non esiste un’unica realtà, ma molti modi di interpretarla; tuttavia, usufruire di mappe come quelle che Fabio ci fornisce nel suo libro *La sfida del secolo* ci aiuta a costruire la nostra rappresentazione, la nostra visione ecologica dei problemi ambientali. C’è inoltre un altro aspetto importante: la formazione iniziale e in servizio degli insegnanti si avvale oggi di un notevole contributo con il libro di Fabio. Il libro, infatti, permette di aggiungere alle competenze cognitive, pedagogiche e relazionali per insegnare un tassello che riguarda la nostra consapevolezza dei problemi ambientali. Si parla molto di argomenti ecologici a volte con superficialità, a volte con competenza scientifica non ben comunicata e quello di cui si sentiva il bisogno è proprio un testo ragionato in cui i vari aspetti critici che riguardano il riscaldamento del pianeta e il

clima che cambia, le risorse per lo sviluppo sostenibile, i rifiuti e l’economia circolare, le risorse essenziali per la sopravvivenza, vengono affrontati con equilibrio, utilizzando una documentazione accurata e aggiornata. In che senso si parla di “equilibrio”? C’è un equilibrio metodologico: è un libro che si rivolge a non esperti scritto da un esperto della materia che si rivolge a loro nella maniera più piana e comprensibile possibile, senza rinunciare al rigore scientifico. C’è poi un equilibrio di sostanza, nel senso che non si vogliono sostenere tesi a priori, come spesso si legge nei giornali, ma si cerca una spiegazione razionale di quello che si può fare conoscendo e analizzando i diversi aspetti dei problemi. È esemplificativo come Fabio, partendo dai gas serra, arrivi allo smaltimento dei rifiuti. Dopo aver affrontato il problema dei gas serra, con una bellissima disquisizione “da chimico” sulla fotosintesi con la cattura del CO₂ e la liberazione di ossigeno, Olmi fa una riflessione sul fatto che, ad esempio, piantare miliardi di piante per aumentare la sottrazione di CO₂, o confinare questo gas sotto terra, o ricorrere al nucleare verde non siano vie percorribili e che l’alternativa è soltanto eliminare più rapidamente possibile le combustioni di combustibili fossili, facendo ricorso a fonti energetiche rinnovabili. Il problema dei rifiuti, che con la raccolta differenziata ha fatto notevoli passi in avanti, induce a soffermarsi sugli

obiettivi fissati per il 2030, che sono quelli di avviare il recupero di almeno il 65% dei rifiuti, affidare alla termovalorizzazione il 25% dei rifiuti e ridurre il conferimento in discarica dei rifiuti urbani a non più del 10%. In questa sezione del libro scopriamo che la battaglia, spesso ideologica, contro i termovalorizzatori, non tiene conto del fatto che i residui ultimi, al momento, necessitano di questo trattamento. Un recupero totale, cioè pari al 100%, dei residui naturali, non è pensabile per i manufatti umani. L'economia circolare viene indicata come la chiave per realizzare la transizione ecologica che è strettamente legata alle risorse per lo sviluppo sostenibile, nel senso che l'economia circolare si conclude non con il recupero della materia prima, ma quando la materia recuperata viene trasformata nuovamente in un prodotto simile utilizzabile e commercializzabile (es. il recupero del ferro-acciaio o del vetro). C'è anche un'economia circolare con produzione di materiali diversi, come il compost dall'umido, o quella a partire da materiale rinnovabile. L'economia circolare ha molte facce ed è utile e interessante conoscerle. Si affrontano anche i problemi legati agli oggetti tecnologici, quali il recupero del litio nelle batterie e delle terre rare dai telefonini. Queste azioni di recupero hanno bisogno di energia e se l'energia viene ricavata dai combustibili fossili e non dalle fonti rinnovabili, l'economia sarà circolare, ma non ecocompatibile. Che dire ancora? È un libro che lancia un appello e come dice il titolo, una sfida. Sta a noi raccoglierla.

Un simposio sulla Bakunin

Carmine Colella

Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche, Napoli e Accademia Pontaniana, Napoli
e-mail: colella@unina.it

Il Simposio, che si terrà a Napoli il 2 febbraio 2023, nella sede delle Accademie in via Mezzocannone n. 8, vuole celebrare il 150° Anniversario della nascita della scienziata napoletana Marussia Bakunin, che fu la prima laureata in Chimica in Italia, la prima che divenne Professore Ordinario di Chimica (organica) e la prima che fu ammessa ai Lincei nella Classe di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.

Le sette conferenze che riempiranno la giornata del Simposio si focalizzeranno non solo sulla Bakunin scienziata e docente, ma affronteranno anche il suo rapporto con i Lincei, con i colleghi e la sua personalità poliedrica e gentile propria di una “signora d’altri tempi”.

The poster is divided into two main vertical sections. The left section features the logos of the Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli and the Accademia Pontaniana at the top. Below them, the date '2 febbraio 2023' and the title 'Simposio' are prominently displayed. A central graphic includes a map of the Naples region, a historical building, and a portrait of Marussia Bakunin. Below the portrait, the text reads 'Marussia Bakunin a 150 anni dalla nascita'. At the bottom, it states 'Un ricordo di Marija Michailovna Bakunina Krasnnojarsk (Krasnojarsk, Siberia), 2 febbraio 1873 Napoli, 14 aprile 1960'. The right section is titled 'Programma' and lists seven sessions with their respective times and speakers, including topics like 'Registrazione dei partecipanti', 'Inaugurazione del Simposio', 'Indirizzo di saluto', 'Sesione antimeridiana', 'Sesione pomeridiana', and 'Sesione conclusiva'.



Per ulteriori informazioni e per iscriversi al Simposio rivolgersi al Prof. Marco Napolitano (e-mail: marco.napolitano@unina.it)

La vita è un processo di conoscenza. Vivere è imparare (Konrad Lorenz)

Luigi Campanella

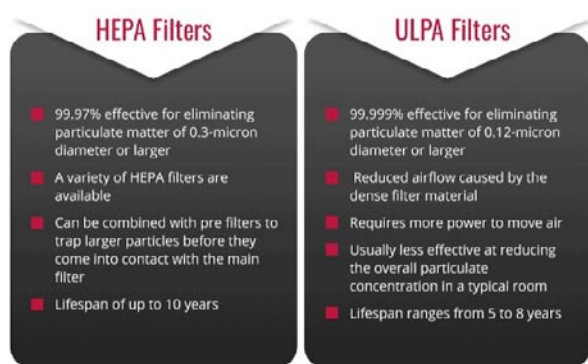
Università di Roma La Sapienza
e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it

Sono riaperte le scuole e il covid-19 non domato fa ancora paura. Ripartono, quindi, le polemiche circa i ritardi per provvedimenti necessari circa il trasporto pubblico e la sanificazione dell'aria nelle aule. Eppure, i mezzi tecnici ci sarebbero. Sono, infatti, stati messi a punto sistemi di filtrazione dell'aria e progressiva re-immissione dell'aria filtrata attraverso sistemi che sfruttano i principi della fluidodinamica. I filtri sono di due tipi: ULPA e HEPA.

ULPA è l'acronimo di "Ultra-low Penetration Air"; un filtro ULPA può rimuovere dall'aria almeno il 99,999% di polvere, polline, muffe, batteri e qualsiasi particella aerodispersa con una dimensione minima di penetrazione delle particelle di 120 nanometri.

Con il termine HEPA, acronimo di "High Efficiency Particulate Air", si indica, invece, un particolare sistema di filtrazione a elevata efficienza di fluidi. È composto da foglietti filtranti di microfibre assemblati in più strati, separati da setti in alluminio. Tale filtro è, però, dieci volte meno efficiente di quello ULPA.

Il problema di tutta la questione è normativo: in Francia e Germania i governi hanno iniziato a implementare linee guida per l'installazione di sistemi in grado di garantire una filtrazione rapida ed efficace degli ambienti, al fine di migliorare il benessere di quanti in quegli ambienti spendono parecchie ore al giorno, mentre in Italia l'assenza di normative e linee guida non ha permesso l'implementazione di soluzioni realmente efficaci per via di un'offerta, a volte, poco chiara. L'unico strumento lo ha creato lo stesso sistema filtrante con certificazioni finalizzate, ad esempio, alla protezione da possibili allergie respiratorie.



Credo che quest'ambito possa offrire interessanti spunti alla Chimica "insegnata". È, infatti, possibile, da una parte, analizzare con gli studenti la funzione di un'aria pulita, importante non solo per la salute di chi la respira, ma anche per i riflessi che può avere sulle politiche urbane e sulla gestione della mobilità sostenibile, e, dall'altra, mostrare loro i contributi fondamentali della Chimica alle tecnologie di sanificazione e purificazione basate

sulle reazioni chimiche, innanzitutto di ossidazione, e sui filtri molecolari.

Dalla letteratura internazionale si moltiplicano gli esempi di didattica chimica a partire da sistemi naturali esplorati nei loro diversi aspetti. In questa prospettiva vorrei collegare l'insegnamento della Chimica ai processi che avvengono nella vita di un albero e alle sostanze che da esso si possono ottenere e che l'uomo applica ai campi più diversi dalla farmaceutica alla cosmetica, dalla clinica all'alimentazione, dalle biotecnologie alla nutraceutica, dalle scienze omiche alla sensoristica.

Le reazioni chimiche sono eventi che accadono quotidianamente intorno a noi e dentro di noi e non solo situazioni descritte nei libri; la Chimica è la scienza della materia e delle sue trasformazioni, non soltanto delle molecole e delle loro formule semplici e strutturali. In molti libri di testo, purtroppo, a tutti i livelli di insegnamento la descrizione in termini microscopici delle sostanze e delle loro reazioni finisce spesso per oscurare quasi completamente gli effettivi eventi osservabili e analizzabili macroscopicamente. Da qui l'idea di percorsi didattici che si propongono di presentare principi, concetti, procedure sperimentali tipiche della Chimica. Uno di tali percorsi viene svolto all'interno di un albero a partire dalle sostanze, utilizzabili in molti campi, che l'uomo ha ottenuto ed ottiene anche oggi da vegetali, quali coloranti, aromatizzanti, oli essenziali, medicinali, fibre, bevande alcoliche, saponi. Tutte queste sostanze devono poi essere isolate e purificate prima dell'uso e ciò riporta al rapporto virtuoso con la Chimica che con le sue tecnologie consente queste operazioni. Ne nasce un vero e proprio testo le cui varie sezioni e capitoli sono dedicati a colori, sapori, odori, farmaci, droghe, detergenti, tessuti, alimenti.

Ricordo, anche, una delle esperienze di laboratorio che proponevamo e che voleva contrastare l'errata posizione che assegna ai composti artificiali una maggiore pericolosità rispetto a quelli naturali. A questo proposito si confrontava la tossicità dell'acido acetilsalicilico, composto artificiale, con quella dell'acido salicilico, sostanza naturale estratta dalla corteccia del salice: le evidenze sperimentali dimostrano, nettamente in contrasto con l'opinione comune, che il primo, essendo meno acido, è meno dannoso per l'organismo umano di quello estratto dalla corteccia. Sempre nella letteratura mi sono imbattuto in un'immagine in cui le radici di un albero venivano assimilate alla struttura di un polmone: ne deriva una lezione sulla luce. Infatti, la similitudine si basa sulla stessa reazione di consumo di ossigeno e produzione di CO_2 . Per fortuna c'è la luce che inverte quanto avviene in un albero e che, con la fotosintesi, protegge l'ambiente dalla carbonizzazione.

