

C_nS

La Chimica nella Scuola

n. 2 anno 2021

- > **Le due Scuole della Divisione di Didattica: l'edizione 2020**
- > **Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (1908-1991): la storia di una chimica tutta da scoprire**
- > **A che punto è la transizione "verde" in Italia?**

SOMMARIO

EDITORIALE

- 3 Un nuovo CnS**
Margherita Venturi, Eleonora Aquilini e Giovanni Villani
- **DIDATTICA A TUTTO TONDO**
Scuola di Didattica e Ricerca Educativa
“Ulderico Segre”
**Legami fra atomi e interazioni fra molecole:
Concetti e didattica**
- 4 Introduzione**
Margherita Venturi
- 6 Uno sguardo epistemologico sul concetto di legame chimico**
Elena Ghibaudi e Federica Branchini
- 8 Struttura atomica e legame chimico secondo Lewis**
Eleonora Aquilini e Antonio Testoni
- 10 A ‘compound’ of learning impediments: alternative conceptions of the chemical bond**
Keith S. Taber
- 12 L’acqua: una molecola, due legami, tre atomi. Quattro modi per descriverla**
Donato Monti
- 14 La natura del legame covalente e i moderni metodi computazionali**
Michele Antonio Floriano, Mariano Venanzi, Giovanni Villani
- 15 Oltre la molecola: le forze intermolecolari da van der Waals alla doppia elica del DNA**
Luigi Fabbrizzi
- 17 Struttura e forma molecolare**
Giovanni Villani
- 19 Restituzione dei Gruppi di Lavoro**
A cura dei coordinatori e dei componenti dei rispettivi gruppi
- **DIDATTICA A TUTTO TONDO**
Scuola di Didattica della Chimica
“Giuseppe Del Re”
La didattica a distanza (dad) e la chimica
- 28 Introduzione**
Margherita Venturi
- 30 DAD: questioni aperte sulla didattica e la valutazione**
Ira Vannini
- 31 UNI@HOME: sondaggio sulla didattica a distanza**
Renato Lombardo e Antonella Maggio
- 32 Emergenza coronavirus come occasione per un ripensamento critico della didattica**
Maria Antonella Galanti
- 33 Fare design didattico: il Conversational Framework di Diana Laurillard**
Pier Cesare Rivoltella
- 34 DAD-Spectroscopy: attività laboratoriale a distanza di introduzione alla spettroscopia**
Sandro Jurinovic e Valentina Domenici
- 36 Luce e colore: un laboratorio a distanza per Scienze della Formazione Primaria**
Marianna Marchini e Margherita Venturi
- 38 “Giallo” e dintorni: proposte di percorsi didattici differenziati**
Maria Funicello e Anna Maria Madaio
- 40 Acidi, basi e sali: un percorso didattico laboratoriale e multimediale**
Eleonora Aquilini e Ugo Cosentino

PAGINE DI STORIA

- 42 Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (1908-1991)**
Rinaldo Cervellati

PILLOLE DI SAGGEZZA

- 46 A che punto è la transizione “verde” in Italia e la sostenibilità del nostro sviluppo?**
Fabio Olmi

DARE VOCE AGLI STUDENTI

- 53 Quattro chiacchiere con Keith S. Taber**
Claudio Dutto

NEWS

- 55 Qualche notizia**
a cura di Antonella Russo e Silvano Fuso

UN PO' DI PUBBLICITÀ

- 57 Labster - La tecnologia come supporto**



Società Chimica Italiana

DIRETTORE ONORARIO

Gaetano Guerra

COMITATO EDITORIALE

Direttore: Margherita Venturi • *Vice-direttori:* Eleonora Aquilini, Giovanni Villani

COMITATO DI REDAZIONE

Eleonora Aquilini, Luigi Campanella, Giorgio Cevasco, Marco Ciardi, Valentina Domenici, Antonio Floriano, Maria Funicello, Silvano Fuso, Elena Ghibaudi, Elena Lenci, Anna Maria Madaio, Raffaele Riccio, Antonella Rossi, Antonio Testoni, Francesca Turco, Margherita Venturi, Giovanni Villani, Roberto Zingales

COMITATO SCIENTIFICO

Presidente: Luigi Campanella • Vincenzo Balzani, Agostino Casapullo, Carlo Fiorentini



ISSN: 0392-8942

REGISTRAZIONE: 03/05/1996 n. 219 presso il Tribunale di Roma.

PERIODICITÀ: Bimestrale

Margherita Venturi, Eleonora Aquilini e Giovanni Villani

Un nuovo CnS

Care/i lettrici/lettori, è con malcelato orgoglio che annunciamo la “nascita” del nuovo CnS.

È cambiata la grafica, che speriamo vi piaccia e per la quale dobbiamo ringraziare la CLUEB, la casa editrice che d’ora in poi se ne farà carico, ma sono cambiate anche altre cose.

Prima di tutto la rivista sarà totalmente a libero accesso: chiunque, iscritto o no alla SCI e/o alla Divisione di Didattica, potrà accedere e scaricare gli articoli e le rubriche di interesse. Questo, a nostro avviso, è molto importante dal momento che le scuole, docenti e studenti, potranno usufruire appieno dei contributi formativi e culturali che da sempre la rivista pubblica. Ricordiamo inoltre che presto sarà realizzata un’applicazione per smartphone disponibile sulle principali piattaforme distributive (IOS e Android).

Altra novità riguarda il fatto che la rivista prevede numerose rubriche, ovviamente non tutte per ogni numero, che coprono i vari aspetti della didattica e della chimica, non dimenticando gli insegnanti di scuola primaria e gli studenti dei quali vogliamo sentire idee e opinioni. Come potete vedere c’è solo l’imbarazzo della scelta:

- *Percorsi didattici con approccio storico epistemologico per la scuola superiore* - a cura di Eleonora Aquilini e Antonio Testoni
- *Percorsi laboratoriali* - a cura di Maria Funicello e Anna Maria Madaio
- *Percorsi didattici per la scuola primaria* - a cura di Valentina Domenici e Francesca Turco
- *La Chimica nei musei scientifici* - a cura di Valentina Domenici e Luigi Campanella
- *Metodologie didattiche per l’università* - a cura di Elena Ghibaudi e Antonio Floriano
- *Diffusione della cultura chimica/eventi importanti* - a cura di Silvano Fuso, Elena Lenci e Antonella Rossi
- *Storia della chimica* - a cura di Marco Ciardi e Roberto Zingales
- *Dare voce agli studenti per conoscere le loro opinioni sulla chimica e sull’insegnamento della chimica* - a cura di Giorgio Cevasco e Raffaele Riccio
- *Le “keyword” della Chimica* - a cura di Giovanni Villani
- *Pillole di saggezza* - a cura di Margherita Venturi

Sono anche benvenute *comunicazioni brevi e lettere alla redazione* che potranno sicuramente arricchire il dibattito e la riflessione sui temi proposti dalla rivista.

Per le informazioni relative alla preparazione dei contributi da inviare, a chi inviarli e per altri dettagli consultare Istruzioni per gli Autori al seguente link: <https://www.soc.chim.it/it/riviste/cns/catalogo>.

È doveroso a questo punto fare i dovuti ringraziamenti.

Un grazie ai componenti del nuovo *Comitato Scientifico*, formato da Luigi Campanella (Presidente), Vincenzo Balzani, Agostino Casapullo e Carlo Fiorentini, che hanno accettato con entusiasmo l’incarico; un grazie particolare al *Comitato di Redazione*, formato dai curatori delle rubriche, a cui spetta forse il lavoro più gravoso perché, oltre a raccogliere i contributi, avranno anche il compito di farli valutare da opportuni referee; un grazie speciale, infine, al Presidente della Società Chimica Italiana, Gaetano Guerra, che non solo ci ha appoggiato nell’opera di rinnovamento della rivista, ma che ne farà anche parte come *Direttore Onorario*.

Ovviamente non possiamo dimenticare di ringraziare chi ha duramente lavorato per mantenere in vita il CnS: il passato Comitato Scientifico, quello di Redazione e, in particolare, Luigi Campanella e Pasquale Fetto, perché senza la loro dedizione non saremmo arrivati a questo punto.

Ora non ci resta che concludere e lo vogliamo fare con un impegno e una speranza: noi cercheremo di non deludervi, impegnandoci al massimo, ma la vostra collaborazione, non solo per quanto riguarda l’invio di contributi, ma anche nel divulgare queste informazioni, è fondamentale per far sì che il CnS diventi sempre più attraente per i giovani e importante

Il Comitato Editoriale



Direttore
Margherita Venturi



Vice-Direttori
Eleonora Aquilini e Giovanni Villani



Resoconto dell'edizione 2020 della Scuola di Didattica e Ricerca Educativa “Ulderico Segre”

Legami fra atomi e interazioni fra molecole: Concetti e didattica

A cura del Comitato Esecutivo della Scuola

Eleonora Aquilini, Vice-Presidente della Divisione di Didattica della SCI; Liceo Artistico “F. Russoli” di Pisa

Anna Caronia, Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica della SCI

Michele A. Floriano, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche, Università di Palermo

Elena Ghibaudi, Dipartimento di Chimica - Università di Torino

Antonio Testoni, Divisione di Didattica della SCI

Mariano Venanzi, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università di Roma “Tor Vergata”

Giovanni Villani, Past President della Divisione di Didattica della SCI; Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici - CNR, Pisa



Margherita Venturi

Presidente della Divisione di Didattica

Introduzione

La Scuola: un po' di storia

Negli ultimi venti anni, l'università italiana ha preso sempre più coscienza della necessità di avere un ruolo attivo nel processo di miglioramento dell'insegnamento delle discipline scientifiche tenuto anche conto del fatto che la nostra attuale società si basa fortemente sullo sviluppo scientifico-tecnologico.

Allo stesso tempo, i profondi cambiamenti strutturali che hanno interessato l'organizzazione dei corsi universitari per adeguarli alle indicazioni derivanti dal “processo di Bologna” e la conseguente introduzione del “3+2” hanno promosso una serie di riflessioni sull'efficacia dell'attuale didattica universitaria spesso relegata a un ruolo marginale e, quasi sempre, lasciata all'improvvisazione e alla buona volontà dei docenti. È, invece, del tutto evidente che in altri paesi la Didattica riveste un ruolo di ben altro rilievo e che nella letteratura internazionale si discute sulle più idonee, significative e consolidate esperienze di ricerca in didattica, esattamente come si verifica per la ricerca scientifica. La Divisione di Didattica ha recepito queste necessità e ha costituito un gruppo di lavoro (Aldo Borsese, Liberato Cardellini, Marilena Carnasciali, Michele A. Floriano, Antonella Rossi, Silvana Saiello, Eugenio

Torracca, Mariano Venanzi) con lo scopo di istituire una scuola destinata a giovani laureati presenti nell'ambito universitario, con il serio obiettivo di incrementare la ricerca in didattica chimica.

È nata così nel 2009 la *Scuola di Didattica Chimica e di Ricerca Educativa* che è stata dedicata a *Ulderico Segre*, in segno di riconoscimento del lavoro da lui svolto per migliorare l'insegnamento della Chimica. In base ai suoi principi promotori questa Scuola si propone, quindi, di stimolare l'interesse verso la ricerca educativa come strumento per:

- affrontare in modo efficace i problemi di insegnamento/apprendimento a livello universitario;
- sensibilizzare i docenti, attuali e futuri, alle problematiche relative al processo di insegnamento/apprendimento della Chimica nella scuola e nell'università;
- proporre strategie didattiche che favoriscano il coinvolgimento attivo degli studenti.

Negli ultimissimi anni, poi, questi obiettivi hanno assunto rilevanza ancora maggiore per via dell'introduzione a livello nazionale di corsi di Didattica nei piani di studio universitari. La Scuola è pertanto rivolta a docenti universitari, particolarmente quelli coinvolti nei nuovi corsi di Didattica Chimica; inoltre, allo scopo di mettere in risalto la continuità didattica fra scuola e università, è incoraggiata anche la partecipazione di un numero limitato di docenti della scuola secondaria particolarmente motivati.

Edizione 2020 della Scuola

Nel 2020 l'organizzazione della Scuola, arrivata alla sua XII edizione, è stata affidata ad un Comitato Esecutivo, formato da Eleonora Aquilini, Anna Caronia, Michele A. Floriano, Elena Ghibaudi, Antonio Testoni, Mariano Venanzi e Giovanni Villani, che ha scelto come tema "*Legami fra atomi e interazioni fra molecole: Concetti e didattica*".

Una tale scelta si basa sulla considerazione che il legame chimico è un concetto fondante della Chimica, nel senso pieno del termine. Infatti, come è stato messo bene in evidenza durante la Scuola, da un punto di vista storico ed epistemologico, assieme a quello puramente contenutistico, la distinzione tra atomo e molecola costituisce un passaggio fondamentale e alla base della definizione di molecola c'è il concetto del legame chimico, la "colla" che tiene insieme gli atomi, gli elementi indivisibili della materia secondo Dalton, e che restano tali fino a quando ci muoviamo all'interno di una scala di energie "chimiche". Il concetto, che trae le sue origini da quelli di affinità e di valenza, trova una più precisa definizione con la proposizione di Lewis della condivisione di coppie di elettroni e rivela la sua natura puramente quantistica con l'introduzione formale dei modelli Valence Bond e Molecular Orbitals. In un orizzonte più ampio, anche la trattazione delle interazioni intermolecolari rientra a pieno titolo in questo scenario e, presentando notevoli implicazioni sul piano didattico, è stata parte integrante della Scuola.

Gli aspetti concettuali, didattici, epistemologici e storici sopra delineati sono stati affrontati nelle seguenti relazioni tenute da esperti del settore.

- *Uno sguardo epistemologico sul concetto di legame chimico*, Elena Ghibaudi e Federica Branchini (Università degli Studi di Torino);
- *Teoria elettronica della valenza e natura del legame chimico secondo Lewis*, Eleonora Aquilini e Antonio Testoni (DDSCI);
- *A 'compound' of learning impediments: alternative conceptions of the chemical bond*, Keith Taber (University of Cambridge, UK);
- *L'acqua: una molecola, due legami, tre atomi. Quattro modi per descriverla*, Donato Monti (Università La Sapienza, Roma);
- *La natura del legame covalente e approcci computazionali*, Michele A. Floriano (Università degli Studi Palermo), Mariano Venanzi (Università degli Studi Tor Vergata, Roma), Giovanni Villani (IC-COM-CNR, Pisa);
- *Oltre la molecola*, Luigi Fabbrizzi (Università degli Studi di Pavia);

- *Struttura e forma molecolare*, Giovanni Villani (IC-COM-CNR, Pisa).

Gioco forza quest'anno si è dovuta adottare la modalità on-line, ma si è cercato di salvaguardare al massimo il "concetto di scuola" limitando, come nel caso delle edizioni svolte in presenza, il numero degli iscritti a 30 e riservando ampi spazi per la discussione. Infatti, in accordo con il consueto modo di procedere della Scuola, i partecipanti sono stati divisi in quattro gruppi di lavoro che, prendendo spunto dalle relazioni degli esperti, hanno esaminato il concetto del legame chimico e delle interazioni fra le molecole dai seguenti punti di vista:

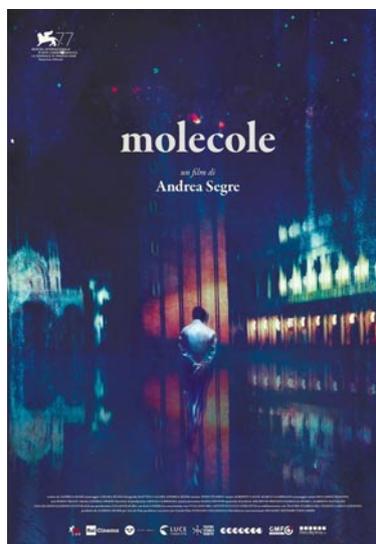
- la prospettiva storico-epistemologica
- la continuità didattica e concettuale tra scuola e università (requisiti)
- il sapere disciplinare
- le problematiche didattiche

Ciascun gruppo di lavoro ha elaborato le proprie riflessioni privilegiando una di queste prospettive, riflessioni che sono poi state condivise fra tutti.

Nelle pagine che seguono sono riportati i riassunti delle relazioni tenute dagli esperti, con il link ai video dell'intera relazione, e un'accurata analisi delle considerazioni emerse dalla discussione dei gruppi.

Concludo questa breve introduzione dicendo che l'edizione 2020 della Scuola si è aperta con una bellissima sorpresa; è intervenuto per salutare i partecipanti Andrea Segre, regista del film *Molecole*, presentato alla Mostra Internazionale del Cinema di Venezia, e figlio di Ulderico Segre. Si è trattato di un intervento non solo appropriato, dal momento che il titolo del film riprendeva il tema della Scuola, ma anche e soprattutto molto coinvolgente e toccante

perché Andrea ha mostrato alcuni spezzoni del suo film in cui l'atmosfera di Venezia durante il lockdown fa da cornice ai ricordi dell'infanzia trascorsa accanto al padre.



Elena Ghibaudi e Federica Branchini

Dipartimento di Chimica - Università degli Studi di Torino

✉ elena.ghibaudi@unito.it

Uno sguardo epistemologico sul concetto di legame chimico

L'epistemologia disciplinare (p.es. quella della chimica) è la riflessione critica sul sapere prodotto da una disciplina, sui suoi concetti fondanti, sulle teorie di riferimento, sulla sua struttura logica e le sue pratiche conoscitive. Essa è dunque essenziale per definire l'identità stessa della disciplina ed intrattiene un rapporto bidirezionale con la didattica: l'epistemologia informa la didattica; d'altra parte, è la stessa trasposizione didattica a suscitare interrogativi ai quali l'epistemologia è chiamata a rispondere. Di qui l'importanza di curare il rapporto tra questi due aspetti della chimica.

Il concetto di legame chimico è un concetto fondante della chimica e contribuisce a strutturare la disciplina correlandosi ad altri concetti, quali quello di molecola, di struttura (molecolare), di valenza. La storia del concetto di legame evidenzia come il suo campo di riferimento teorico sia variato nel tempo, influenzando la definizione e la modellizzazione del legame. Tuttavia, sin dalle prime definizioni, si è tenuto a sottolinearne il *carattere immateriale*: un legame non è un ente materiale, l'ontologia del legame è di tipo relazionale. Frankland [1] ce lo ricorda, affermando che “By the term *bond*, I intend merely to give a more concrete expression to what has received various names from different chemists, such as *an atomicity, an atomic power, and an equivalence*. [...] By this term I do not intend to convey the idea of any material connection between the elements of a compound”. Vari decenni più tardi, Pauling [2] si spinge oltre, sottolineandone il carattere astratto: “*Bonds are theoretical constructs, idealizations, which have aided chemists during the past one hundred years in developing the convenient and extremely valuable classical structure theory of organic chemistry*”. Il concetto di legame è dunque uno strumento interpretativo teorico che serve a identificare una relazione privilegiata tra atomi ed intrattiene una relazione circolare con il concetto di struttura e quello di molecola: “We shall say that there is a *chemical bond between two atoms or groups of atoms in case that the forces*

acting between them are such as to lead to the formation of an aggregate with sufficient stability to make it convenient for the chemist to consider it as an independent molecular species” [2]. Le parole di Pauling sollevano una questione rilevante: riconosciamo come legame chimico solo quello tipico delle specie molecolari (ossia un legame direzionale)? Tale sembra essere la posizione di Del Re [3] che propone anche un criterio di tipo energetico: “Il nome legame dovrebbe essere *riservato ad una modalità di associazione chimica caratterizzata da energie dell'ordine delle centinaia di kJ/mol (1-10 eV), e corrispondente ad una interazione fortemente direzionale* fra gli atomi di una coppia [...] Questa limitazione esclude, per una ragione o per l'altra, non solo il legame di van der Waals, ma anche *il legame ionico e il legame metallico*; anche il legame idrogeno è piuttosto debole e andrebbe chiamato piuttosto *ponte idrogeno*”. Del Re qui afferma (giustamente) la centralità del concetto di molecola, ma si spinge anche oltre, suggerendo implicitamente una posizione preminente della chimica organica sulla chimica inorganica. Tale posizione (piuttosto radicale) non è tuttavia condivisa da tutti. Ad esempio, Paoloni [4] dapprima sottolinea il nesso tra legame e topologia e poi sostiene la prospettiva unificante della meccanica quantistica nei confronti di tutti i tipi di interazioni interatomiche: “Nelle formule molecolari strutturali di Couper e Kekulé la nozione di legame implicò quella di *adiacenza tra atomi legati* e poi, quando venne accettata l'ipotesi di Van't Hoff e di Le Bel, anche la nozione di *direzione relativa dei legami* dentro la molecola. Per molti anni, legami covalenti, ionici, dativi, metallici, a un elettrone, a tre elettroni, a ponte, donatore-accettore, chelati, coordinati, legami a idrogeno, sono stati concetti usati separatamente. *La meccanica quantistica ha reso inutile questa frammentazione concettuale* la cui perpetuazione didattica è dannosa perché tende a mantenere una dicotomia metodologica tra chimica e fisica che non ha più alcuna giustificazione”.

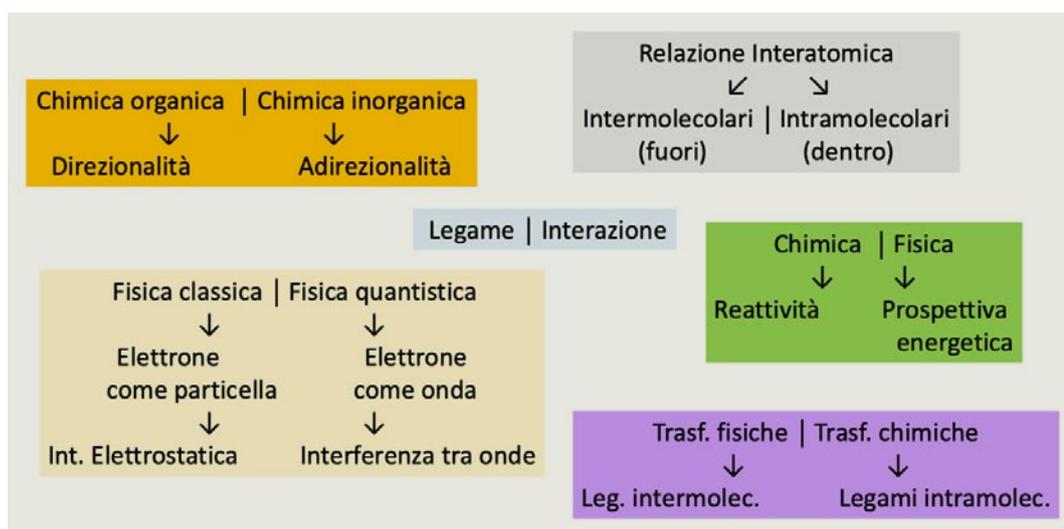


Fig. 1. Alcune dicotomie pertinenti il concetto di legame

Il confronto tra le posizioni di Del Re [3] e di Paoloni [4] evidenzia un aspetto delle interazioni interatomiche (usiamo deliberatamente una terminologia onnicomprensiva) che spesso viene trascurato in didattica: la doppia prospettiva, strutturale ed energetica, sul legame. Robin Hendry [5] ci ricorda che la visione strutturale del legame mira a ritenere “the explanatory insights afforded by classical structural formulas”. Il legame qui è inteso come relazione localizzata e direzionale tra atomi. La visione energetica invece si focalizza sulle stabilizzazioni energetiche che giustificano la formazione di interazioni interatomiche. Non vi è necessità di direzionalità né di localizzazione del legame. Secondo Hendry, la visione energetica è “more general and agnostic than the structural view”. Di fatto, questa duplicità di punti di vista evidenzia il fatto che il concetto di legame ha sia un *significato chimico* sia un *significato fisico*. Il primo è incentrato sulla reattività delle sostanze: “chemical reactions are understood in terms of the breaking and making of bonds” [5]. Il secondo considera i legami come interazioni di natura fisica e le differenzia solo sulla base dell’*entità dell’energia* di legame coinvolta (giustificando così la maggiore o minore stabilità degli addotti o aggregati che si vengono a formare). Quindi, il legame - pur poggiando su basi fisiche - non è riducibile ad esse: ha un profondo significato chimico, in quanto i chimici lo utilizzano per ragionare sulle trasformazioni delle sostanze e per giustificarne le loro proprietà chimico-fisiche. La sola prospettiva fisica non avrebbe mai condotto alla elaborazione di modelli di legame come quello di Lewis: “Lewis did not try to understand the “forces”; instead, he let himself be guided by his chemical overview to hypothesize the pairing as a quan-

tized unit of bonding, which gave the clue to the nature of the atomic combination” [6].

Queste poche righe, per nulla esaustive, sono tuttavia sufficienti a mostrare le molte ambiguità e zone d’ombra che - sul piano epistemologico - caratterizzano un concetto chimico centrale e apparentemente consolidato come quello di legame. Nell’impossibilità di una discussione più ampia, ci limiteremo ad elencare alcune dicotomie che caratterizzano il concetto di legame e che abbiamo riassunto graficamente in Figura 1, proponendo qualche interrogativo che lasciamo alla riflessione del lettore.

- Visione fisica vs. visione chimica del legame: il chimico parla di legami ponendosi nella prospettiva della reattività delle sostanze; il fisico si pone in una prospettiva energetica e differenzia le interazioni sulla base di scale di energia. *Come conciliare le due visioni nell’insegnamento della chimica?*
- Legami intramolecolari vs. intermolecolari: pur trattandosi in entrambi i casi di interazioni interatomiche che originano da una stessa base fisica, per la chimica hanno significati molto diversi rispetto alla fisica. *Meritano entrambi la qualifica di legami? ‘Derubrichiamo’ i secondi a interazioni? La chimica supramolecolare può suggerirci qualcosa?*
- Direzionalità vs. adirezionalità: in chimica organica, dove la molecola è centrale, il legame designa un’interazione direzionale. In chimica inorganica, ove si trattano sostanze ioniche e metalliche, non è così. Un terzo caso è dato dai complessi metallici. *Se il concetto di legame ‘informa’ quello di molecola, come qualificiamo le forze che tengono insieme le sostanze ioniche e metalliche?*

- La questione lessicale: c'è differenza tra legame (chimico) e interazione (interatomica)? Un fisico troverebbe la domanda insensata, laddove per il chimico è cruciale. D'altra parte, la letteratura didattica denuncia la problematicità di questa distinzione lessicale [7]. *Quale opzione adottare per l'ambito didattico?*
- Descrizione del legame secondo la prospettiva classica vs. quella quantistica. Questa dicotomia è frutto di una evoluzione storica che porta ad una modifica radicale della descrizione del legame chimico: nella descrizione classica, l'elettrone viene trattato come particella carica e le interazioni di legame vengono trattate riferendosi alle leggi dell'elettrostatica e dell'elettromagnetismo (lasciando vari problemi irrisolti). Nella descrizione quantistica l'elettrone viene trattato come onda e il legame diventa una figura di interferenza tra onde. Ciò risolve vari problemi, ma ne apre altri (ad es. riguardo al rapporto tra legame e struttura molecolare). *Quale opzione adottare per ciascun livello di apprendimento?*
- Classificazione delle trasformazioni: le trasformazioni fisiche vengono spesso descritte come processi che implicano la rottura di legami intermolecolari, mentre quelle chimiche implicherebbero la rottura di legami intramolecolari. *Se il legame chimico riguarda un aggregato di atomi che sia stabile rispetto alle trasformazioni fisiche, come classificare la vaporizzazione di un metallo*

o la denaturazione di una proteina? Deve prevalere una prospettiva microscopica (focalizzata sui legami) o una macroscopica (focalizzata sulla persistenza o meno delle sostanze)?

Nella maggior parte dei casi, le domande qui proposte non contemplano una risposta univoca: questa dipende da scelte di natura epistemologica. Di qui l'importanza, per chi insegna, di chiarire la propria posizione epistemologica rispetto alle questioni che affronta in aula.

Bibliografia

- [1] E. Frankland, *J. Chem. Soc.*, 1878, **19**, 372.
- [2] L. Pauling, *La natura del legame chimico*, Cornell University Press, Ithaca, 1960.
- [3] G. Del Re, *Chimica nella Scuola*, 1996, **5**, 155.
- [4] L. Paoloni, *La chimica e l'industria*, 1977, **49**, 37.
- [5] R. Hendry, *Philosophy of Science*, 2008, **75**, 909.
- [6] S. Shaik, *J. Comput. Chem.*, 2007, **28**, 51.
- [7] T. Levy Nahum, R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, K. S. Taber, *Studies in Science Education*, 2010, **46**(2), 179, DOI: 10.1080/03057267.2010.504548.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link: https://youtu.be/aGGN_yiKjal

Eleonora Aquilini^{a,b} e Antonio Testoni^a

a) Divisione di Didattica della SCI; b) Liceo Artistico “F. Russoli” di Pisa

✉ ele.aquilini6@gmail.com; ajteston@tin.it

Struttura atomica e legame chimico secondo Lewis

Quello che andremo a presentare rappresenta il tentativo di ricostruire il contesto storico e concettuale all'interno del quale è maturato il modello/teoria di Lewis, per capirne la sua portata e valutarne una “trasposizione didattica sensata”, cioè una narrazione che sia, per quanto possibile, aderente a ciò che è effettivamente avvenuto. Ragion per cui va affrontata una questione fonamen-

tale: com'è stato possibile, nei primi anni del '900, avere una visione così particolareggiata della struttura atomica, tale da poter definire il numero di elettroni presenti nei vari strati/gusci all'interno dell'atomo? Questa non è una questione che attiene unicamente alla storia della chimica, ma anche e soprattutto alla didattica, per almeno due buone ragioni:

- perché il modello di Lewis è innanzitutto un modello di atomo, di struttura atomica prima ancora che di legame.
- perché l'idea e la determinazione della configurazione elettronica, intesa come disposizione degli elettroni a strati/gusci all'interno dell'atomo, è antecedente alla quantomeccanica ed ai numeri quantici ed è un'intuizione che fa leva su argomentazioni prettamente chimiche.

Infatti, nei primi anni del '900 le conoscenze di fisica sia teoriche che sperimentali non erano tali per poter risalire alla configurazione elettronica degli atomi, per cui furono cruciali argomentazioni chimiche e il sistema periodico degli elementi è stato probabilmente il più importante tra i fenomeni chimici che influenzarono maggiormente la teoria atomica. Pertanto, lo schema di classificazione di Mendeleev svolse un ruolo euristico nelle prime visioni della struttura atomica, nel senso che all'inizio del '900 si ipotizzò che gli elettroni fossero disposti a gusci/strati all'interno degli atomi e che questa stratificazione rispecchiasse la distribuzione periodica degli elementi. La struttura atomica e il legame chimico sono quindi due aspetti inscindibili del modello di Lewis che poggia, per buona parte, su conoscenze chimiche.

Abbiamo preso in esame quello che è considerato uno degli articoli più importanti della storia del legame chimico, cioè *"The atom and the molecule"* di Gilbert Newton Lewis del 1916, fermo restando il fatto che l'opera più matura e più completa è quella del 1923 (*"Valenza e struttura degli atomi e delle molecole"*). Il motivo per cui abbiamo scelto di presentare

il Lewis del 1916 è dovuto principalmente al fatto che proprio in quest'opera si può apprezzare non solo l'originalità e la genialità del suo approccio ad una problematica così complessa, ma soprattutto la sua versatilità dal punto di vista didattico per un primo approccio al legame chimico e alla struttura atomica.

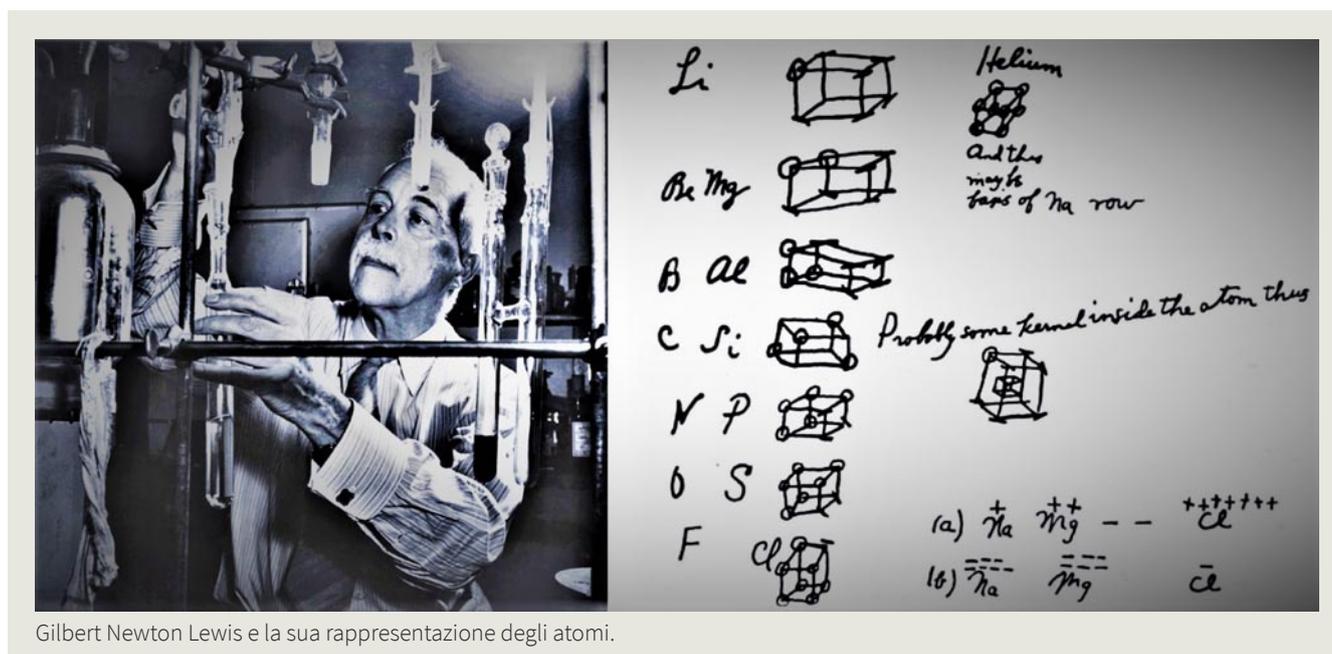
L'obiettivo che Lewis si pone, in *"The atom and the molecule"* è chiaro e puramente modellistico *"trovare al di fuori di ogni considerazione a priori, quale struttura atomica può spiegare al meglio i fatti chimici noti"*.

I fatti chimici noti e ancora privi di interpretazione erano:

- La polarità e la non polarità delle sostanze
- L'effetto del mezzo (del solvente) sulla polarità delle sostanze
- La struttura molecolare di molte sostanze

In particolare, le differenze fra sostanze polari e non polari vengono discusse in modo approfondito, prendendo in esame la teoria atomica, di cui Lewis enuncia sei postulati:

- Ogni atomo contiene un nocciolo che rimane inalterato nelle ordinarie trasformazioni chimiche e che possiede un eccesso di cariche positive corrispondente al numero del gruppo della tavola periodica al quale appartiene.
- L'atomo è formato dal nocciolo e da una parte esterna o guscio che, nell'atomo neutro, contiene un numero di elettroni pari all'eccesso di carica positiva contenuta nel nocciolo, ma il numero di elettroni nel guscio può variare a 0 a 8 nelle trasformazioni chimiche.



Gilbert Newton Lewis e la sua rappresentazione degli atomi.

3. L'atomo tende a trattenere nel guscio un numero pari di elettroni, di preferenza 8, che sono disposti simmetricamente agli otto spigoli di un cubo.
4. Due gusci atomici sono mutuamente compenetrabili.
5. Gli elettroni possono passare con facilità da una posizione a un'altra nel guscio. Tuttavia, essi sono mantenuti in posizione da vincoli più o meno forti, e sia la posizione che la forza del vincolo sono determinate dalla natura dell'atomo stesso e di quelli con cui è combinato.
6. Le forze elettriche agenti tra le particelle che si trovano a distanze molto piccole non obbediscono alla semplice legge del quadrato della distanza che vale per grandi distanze.

Questi postulati vengono a costituire l'impianto teorico per una definizione del concetto di legame che è di fondamentale importanza non solo nella scuola pre-universitaria ma, in generale, per un'acquisizione corretta e significativa dello sviluppo di questo aspetto fondamentale della chimica.

Video



Per il video della relazione completa di Testoni, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/e8ow-p4xjHE>



Per il video della relazione completa di Aquilini, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/8nLY2PMP5po>



Keith S. Taber

Emeritus Professor of Science Education, University of Cambridge

✉ kst24@cam.ac.uk

A 'compound' of learning impediments: alternative conceptions of the chemical bond

The lecture discussed student thinking about chemical bonding, and, in particular, how a range of alternative conceptions commonly exhibited by students can be understood to be linked into a general conceptual framework for understanding chemistry - a framework that is inconsistent with canonical science.

As background, the lecture briefly discussed the significance for teaching of learners' alternative ways of thinking ('misconceptions') in terms of how learning is an interpretive, incremental and iterative process [1]; and how 'teaching-learning' needs to be understood as a system where teaching is informed by assumptions about what a person already knows and understands, and how they will interpret new subject content. Such a system is susceptible to system 'bugs' or learning impediments. A particular challenge in chemistry teaching concerns what is sometimes known as the chemist's triplet: how phe-

nomena observed at the bench are both (i) redescribed in a theoretical conceptual language; and (ii) explained in terms of unseen, conjectured entities ('quantiles') at a submicroscopic scale; and (iii) represented in a specialised symbolic language, part of which is shared by (and so can bridge) the macroscopic and quantile level descriptions [2]. Chemical bonding is commonly discussed as if a property of actual substances, but strictly belongs to the quantile level descriptions.

A common way of thinking about ionic bonding was described, and it was explained how this amounts to a conceptual framework (a 'molecular' framework) based on several common alternative conceptions that collectively offer a coherent account, albeit one at odds with curriculum science. This was linked to a ubiquitous type of image (see Figure 1), often seen on websites and in textbooks, which inappropriately associates ionic bonding (for example,

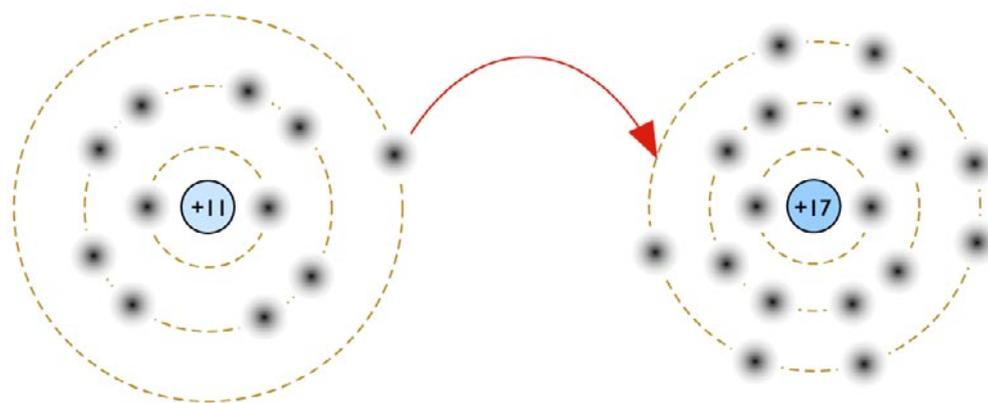


Fig. 1 A common type of representation of ionic bond formation that is based on an assumption of sodium and chlorine existing as discrete atoms that somehow seek to obtain octets/full outer shells of electrons despite the process illustrated being energetically non-viable.

in NaCl) with an unlikely and energetically non-viable electron transfer event involving isolated atoms of sodium and chlorine.

This example reflects two misleading principles that students very commonly adopt in chemistry. One of these is *the assumption of initial atomicity*, which involves thinking about chemical reactions as starting with atoms - despite very few substances being atomic under common conditions, and those that are (e.g., He, Ne, Ar) tending to be largely chemically inert. The other tenet is *the full outer shell explanatory principle* which explains chemistry in teleological terms, seeing the purpose of chemical processes as

to allow atoms to obtain full outer shells or octets of electrons. Students readily adopt this principle even though most reactions they learn about in introductory chemistry have reactants in forms already having these 'desirable' configurations. Yet this is not obvious to students if they imagine reactants in the form of discrete atoms rather than molecules, ions, or metallic lattices. This is often an anthropomorphic form of explanation: that reactions happen because atoms 'want' or 'need' to donate, share, or accept, electrons to obtain octets or full outer shells. Indeed, these alternative conceptions tend to form an extensive conceptual framework [3] - that is, a

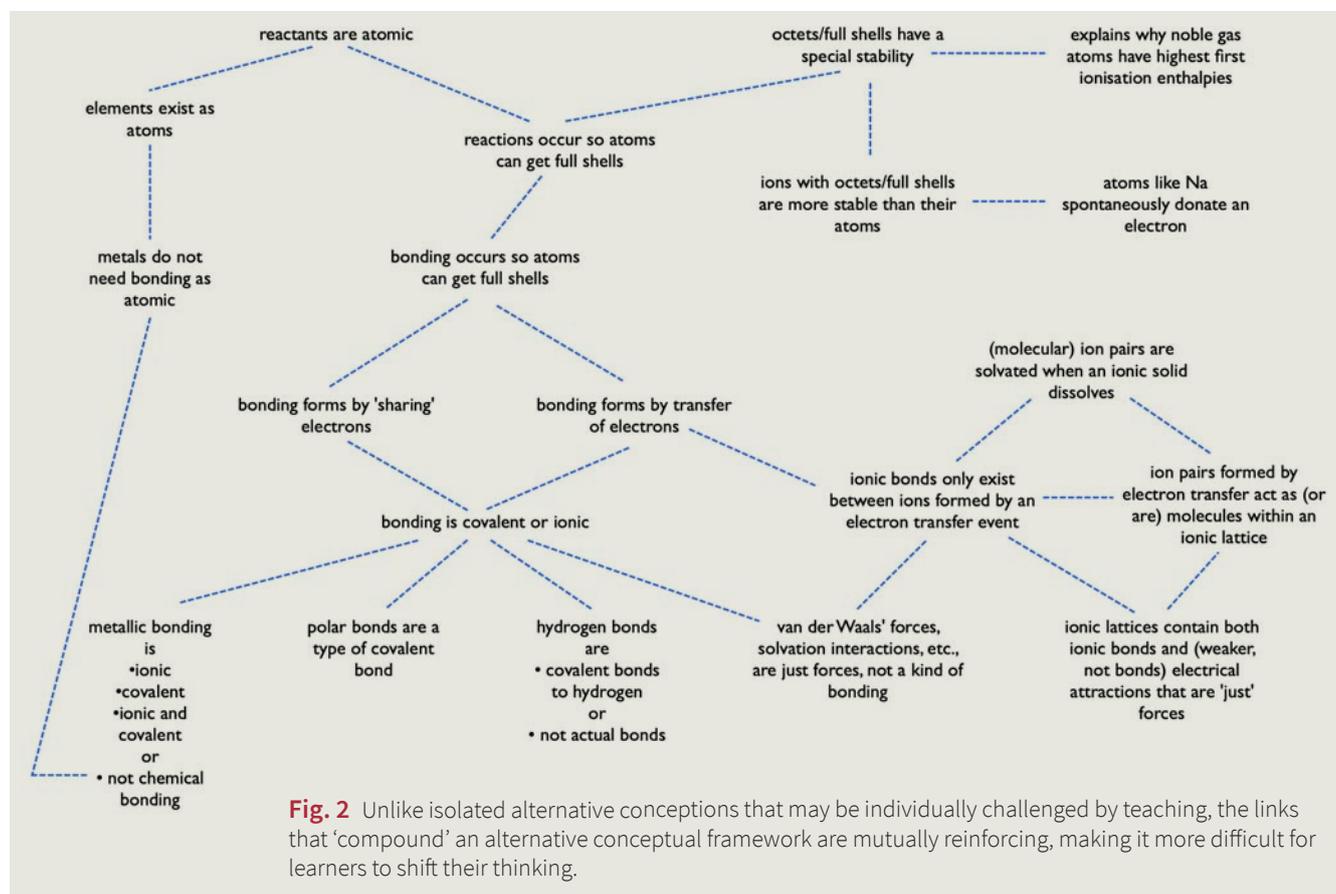


Fig. 2 Unlike isolated alternative conceptions that may be individually challenged by teaching, the links that 'compound' an alternative conceptual framework are mutually reinforcing, making it more difficult for learners to shift their thinking.

‘compound’ of *connected* (‘bonded’) alternative conceptions, rather than just an assortment of discrete ideas - that is applied widely (see Figure 2). It leads to seeing ionic and covalent bonding as a dichotomy that makes learning about bond polarity difficult, and which may suggest that hydrogen bonding is covalent, and that metallic bonding, solvation forces, and intermolecular interactions, must be something other than chemical bonding.

This ‘octet’ conceptual framework (which subsumes the molecular framework for ionic bonding) leads to students making incorrect, and sometimes extreme, predictions of ionic stability (so Na^+ is often considered chemically stable as it has an outer shell octet - despite being a highly charged metallic cation). It is also applied in explaining patterns in ionisation enthalpies: so, for example, explaining that Ne and Ar have the highest ionisation energies in their periods because of some mystical special stability of their octet structures (despite these elements fitting with the general ‘trends’ of increasing first ionisation energy with increasing core charge).

Being a ‘compound’ of linked and mutually reinforcing conceptions [4], these alternative ideas are especially insidious, and so are often retained despite teaching.

References

- [1] K. S. Taber, *Student Thinking and Learning in Science: Perspectives on the nature and development of learners’ ideas*, Routledge, New York, 2014.
- [2] K. S. Taber, *Chemistry Education Research and Practice*, 2013, **14**(2), 156-168; doi:10.1039/C3RP00012E
- [3] K. S. Taber, *International Journal of Science Education*, 1998, **20**(5), 597-608.
- [4] K. S. Taber, in *Concepts of Matter in Science Education* (Eds. G. Tsaparlis, H. Sevian), pp. 391-418, Springer, Dordrecht, 2013.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link: <https://science-education-research.com/publications/miscellaneous/alternative-conceptions-of-the-chemical-bond>



Donato Monti

Dipartimento di Chimica – Università degli Studi La Sapienza di Roma

✉ donato.monti@uniroma1.it

L’acqua: una molecola, due legami, tre atomi. Quattro modi per descriverla

La molecola dell’acqua è essenziale per la vita sul nostro pianeta, almeno per come la conosciamo. Per questo nella mia lezione ho voluto prendere spunto da questa molecola per ripercorrere brevemente l’approccio che generalmente segue per introdurre i concetti di legame covalente e struttura molecolare nelle mie lezioni di Chimica Generale per gli studenti del primo anno del Corso di Laurea in Chimica. I testi di riferimento di livello universitario trattano gli argomenti presentati in maniera sostanzialmente equivalente, anche se con accenti diversi [1].

Per la determinazione della struttura molecolare utilizzo a livelli successivi di complessità di descrizione del legame chimico: 1) formule (o strutture) di Lewis,

ovvero del legame formato per condivisione di una coppia di elettroni; 2) teoria di Gillespie (VSEPR), basata sulla minima energia di repulsione delle coppie elettroniche esistenti sulla molecola in seguito alla formazione dei legami; 3) ibridazione (teoria del legame di valenza, L. Pauling); 4) teoria degli orbitali molecolari (MO). Vedremo che i primi due modelli, sebbene offrano un utilissimo strumento per la determinazione della struttura generale (numero dei legami e loro disposizione spaziale tridimensionale), si fermano ad un piano di descrizione puramente qualitativo, senza fornire previsioni relative a distanze ed energie di legame, fattori chiave per l’interpre-

tazione e la previsione della stabilità e della reattività “chimica” di una molecola.

1) Determinazione delle formule di Lewis

Il modello di Lewis richiede: a) la valutazione del numero degli elettroni di valenza totali, al quale contribuiscono tutti gli atomi che costituiscono la molecola; b) l'impiego di una coppia di elettroni per la formazione di ogni legame, perfettamente condivisi nel caso di legame covalente puro; c) la disposizione degli elettroni restanti, a coppie sull'atomo più elettronegativo, fino, se possibile, al raggiungimento dell'ottetto elettronico. È chiaro che, a questo primo livello di trattazione, non vi è nessuna indicazione energetica sulle possibili disposizioni degli atomi che compongono la molecola, cioè disposizione lineare o ortogonale dei legami O–H nella molecola di acqua:



2) Previsione della geometria tridimensionale mediante la Teoria VSEPR

La teoria VSEPR (acronimo per Valence Shell Electron-Pair Repulsion) è basata sulla minimizzazione dell'energia di repulsione tra le coppie elettroniche presenti nella molecola (coppie solitarie e coppie di legame). In realtà il testo originale di Gillespie [2] mette in risalto anche l'importanza del Principio di Esclusione di Pauli, che offre una spiegazione razionale del coinvolgimento di “coppie di elettroni” nella formazione dei legami. Nel nostro caso, i due legami O–H e i due *lone pair* localizzati sull'atomo di ossigeno danno luogo ad un “assetto tetraedrico” delle densità elettroniche, prevedendo un angolo di legame H–O–H di 109.5°. La maggiore densità elettronica dei *lone pair* provocherà un maggiore effetto repulsivo causando un restringimento dell'angolo di legame H–O–H, al valore di 104.5°.

3) Teoria del Legame di Valenza; Ibridazione

Il concetto di ibridazione (o ibridizzazione) fu sviluppato da Linus Pauling nell'alveo della Teoria del Legame di Valenza (VB) [3]. Questo concetto offre una conveniente interpretazione delle strutture molecolari, in termini di geometria, distanze ed angoli di legame, energie di legame. Il processo di formazione di orbitali ibridi porta ad un consistente aumento di energia (dell'ordine delle centinaia di kJ/mol), che però viene ampiamente ripagato dalla formazione di legami più forti (sovrapposizione ottimale) e di-

rezionali (minimizzazione delle energie di repulsione elettronica).

Un punto su cui occorre prestare molta attenzione durante la lezione è la descrizione del processo di ibridazione come “promozione” di uno degli elettroni 2s al livello 2p (ad es. nell'atomo di C il passaggio dalla configurazione $2s^2 2p^2$ alla configurazione $2s^1 2p^3$). Questo approccio rischia di diventare fuorviante; infatti, per l'atomo di O si tratterebbe di una promozione da $2s^2 2p^4$ a $2s^1 2p^5$, che non darebbe luogo ad un aumento del numero degli elettroni spaiati, e quindi dei legami.

4) Trattazione della struttura mediante la Teoria degli Orbitali Molecolari

La trattazione della struttura dell'acqua mediante la teoria MO non può essere affrontata in una lezione rivolta agli studenti del primo anno. Alcuni concetti, che saranno introdotti nelle lezioni successive in una trattazione qualitativa della teoria, potranno però essere richiamati per offrire agli studenti un quadro più ampio del legame chimico e per focalizzare la loro attenzione sul fatto che non è sufficiente un solo approccio, un solo modello, ma tutti insieme sinergicamente concorrono alla rappresentazione e previsione della struttura molecolare.

Nel quadro della teoria MO il processo di ibridazione è il prodotto naturale della costruzione di un orbitale ibrido a partire dalla combinazione lineare di orbitali atomici. Nel caso dell'atomo di ossigeno, a causa degli effetti di schermo, si ha una differenza di energia tra gli orbitali 2s e 2p di circa 1580 kJ/mol. Questo porterà nella formazione dell'ibrido sp^3 ad un minore contributo della funzione 2s rispetto a quella a maggiore energia 2p. Nel caso dell'acqua ($\theta = 104.5^\circ$), gli orbitali ibridi coinvolti nel legame hanno un 20 % di carattere s e un 80 % di carattere p.

Bibliografia

- [1] P. Atkins, L. Jones, *Principi di Chimica*, Ed. Zanichelli, Bologna, 2006; P. Silvestroni, *Fondamenti di Chimica, XI edizione*, CEA, Bologna, 2020; D. W. Oxtoby, H. P. Gills, A. Champion, *Chimica Moderna*, EdiSES, Napoli, 2013.
- [2] R. J. Gillespie, P. L. A. Popelier, *Chemical Bonding and Molecular Geometry*, Oxford University Press, 2001.
- [3] L. Pauling. *The Nature of the Chemical Bond*, Cornell University Press., 1960.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/uZKBfgqQwkU>

Michele Antonio Floriano ^a, Mariano Venanzi ^b, Giovanni Villani ^c

a) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche, Università degli Studi Palermo;

b) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”;

c) Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici - CNR, Pisa

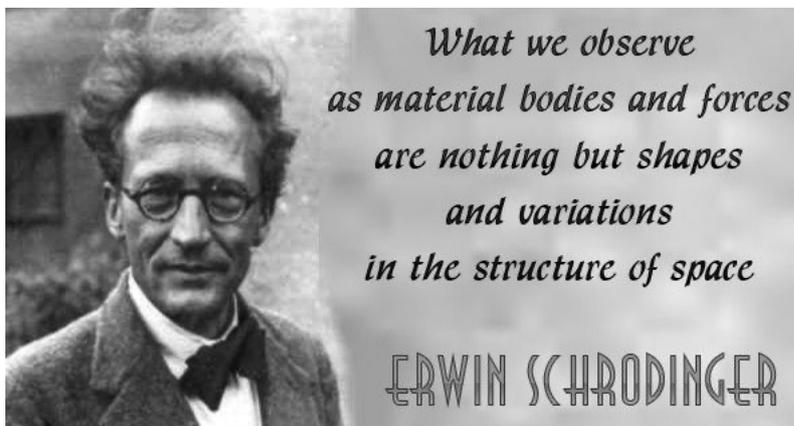
✉ michele.floriano@unipa.it; venanzi@uniroma2.it; villani@pi.iccom.cnr.it

La natura del legame covalente e i moderni metodi computazionali

Il concetto di legame chimico, e di quello covalente in particolare, nasce nell'Ottocento e, quindi, prima della formulazione della Meccanica Quantistica. Esso, tuttavia, è stato notevolmente modificato dall'introduzione di questa teoria fisica e collegato principalmente alla componente elettronica della molecola. Nello studio teorico degli stati elettronici molecolari, generalmente le componenti nucleari ed elettroniche del moto vengono separate. Alla base di questa separazione, nota come Approssimazione di Born-Oppenheimer, c'è la semplice considerazione fisica che la massa nucleare è circa 2000 volte più grande della massa di un elettrone. Il moto degli elettroni, in questa approssimazione, è risolto tramite un'equazione di Schrödinger, in cui i nuclei sono considerati fermi. È possibile in questo modo generare una superficie di energia potenziale costituita dalle energie elettroniche calcolate per ogni possibile posizione dei nuclei, considerati in posizione fissata. Questa energia potenziale è poi impiegata nella equazione di Schrödinger che descrive il moto nucleare. È questo passaggio che lega il concetto di legame chimico (densità elettronica) alla struttura molecolare (posizione dei nuclei all'equilibrio). Dato che il calcolo quantistico della densità elettronica di molecole complesse non è risolvibile analiticamente, e che anche la soluzione numerica richiede tempi di calcolo proibitivi, la Chimica Quantistica ha introdotto approcci differenti a livelli diversi di approssimazione.

In questa Scuola, dopo una breve introduzione generale di Antonio Floriano, gli aspetti essenziali del legame chimico sono stati mostrati da Mariano Venanzi

su due semplici sistemi, H_2^+ e H_2 . Il primo è il più semplice sistema molecolare, con una stabilizzazione di circa 40 kcal/mol rispetto ai due atomi separati. La soluzione quantistica di questo sistema è analitica, e permette di quantizzare separatamente le coordinate spaziali, associando ad ogni coordinata un numero quantico. Dalla soluzione di questa equazione a singola particella si ottengono autofunzioni (orbitali molecolari) e autovalori (energie molecolari). La molecola di H_2 , un sistema a due elettroni, permette di introdurre i concetti fondamentali della energia di correlazione elettronica (responsabile della stabilizzazione del legame chimico) e di spin-orbitale (principio di Pauli). Questi due sistemi, pur nella loro semplicità, permettono quindi di affrontare e chiarire i termini fondamentali della origine fisica del legame chimico e la sua natura puramente quantistica. Questi temi potrebbero essere affrontati in un corso universitario successivo all'insegnamento di Chimica Generale, ma comunque erogato nei primi anni del corso di studio (secondo o terzo semestre).



La relazione di Giovanni Villani, che è seguita, ha trattato gli aspetti più generali del legame chimico nella moderna Chimica Quantistica. In particolare, dopo aver identificato i principali aspetti quantistici (l'indistinguibilità degli elettroni, per esempio) e alcune modellizzazioni (come la scelta di una funzione matematica per ogni elettrone o il modello idrogenoide), ha esaminato la definizione di spin-orbitale e ad alcune sue concezioni difformi: lo spin-orbitale è stato definito come lo stato quantistico di un elettrone nel modello idrogenoide. Si sono considerate, infine, le tre principali teorie per studiare i legami chimici, mostrandone i rispettivi punti di forza e di debolezza: quella del Valence Bond (VB), quella dell'orbitale molecolare (MO) e quella che utilizza il

collegamento tra la densità elettronica e il potenziale globale del sistema (DFT) per evitare di utilizzare gli orbitali atomici nella descrizione della parte elettronica della molecola.

Video



Per il video del contributo completo di Venanzi, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/Ch30be532AA>



Per il video del contributo completo di Villani, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/9t9RyGlnq7Q>



Luigi Fabbrizzi

Professore emerito del Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Pavia

✉ luigi.fabbrizzi@unipv.it

Oltre la molecola: le forze intermolecolari da van der Waals alla doppia elica del DNA

L'interesse per le interazioni intermolecolari si sviluppò nei primi decenni del XIX secolo con gli studi sulla liquefazione dei gas. Si dovette però arrivare al 1869 perché Thomas Andrews, chimico nord-irlandese, con accurate e ingegnose indagini sperimentali, chiarisse quantitativamente la dipendenza dello stato dei fluidi dalla pressione, la temperatura e il volume, definendo in particolare la temperatura critica T_c : sotto T_c il vapore sottoposto a un aumento di pressione diviene liquido, sopra T_c il gas rimane gas, quale che sia la pressione imposta.

Nella parte **a** della figura 1 sono riportate le isoterme di Andrews per la CO_2 . L'isoterma a 31°C identifica la temperatura critica, alla quale non esiste discontinuità tra vapore e liquido e sotto la quale invece liquido e vapore saturo coesistono in fasi separate. Nel 1873 Johannes Diderik van der Waals, nella sua tesi di dottorato in Fisica presso l'Università di Leiden, ricavò un'equazione di stato personalizzata per ciascun gas attraverso le costanti **a** e **b**.

Nell'equazione (1) la costante **a** corregge la pressione, sperimentalmente determinata, per l'attrazione tra le molecole, mentre la costante **b** corregge il volume del recipiente per la parte effettivamente occupata dalle molecole, intese come sfere dure.

$$\left(p + \frac{n^2}{V^2} a\right)(V - nb) \quad (1)$$

$$p = \frac{nRT}{(V - nb)} - \frac{n^2 a}{V^2} \quad (2)$$

Le isoterme p vs V calcolate attraverso l'equazione (2) non interpretano completamente quelle di Andrews (parte **b** della figura 1). In particolare, non presentano sotto T_c la discontinuità (segmento piatto) che corrisponde alla coesistenza liquido-vapore saturo. Tale discontinuità, tuttavia, può essere empiricamente ottenuta tracciando un segmento a un valore di pressione tale che le aree sottese dagli archi

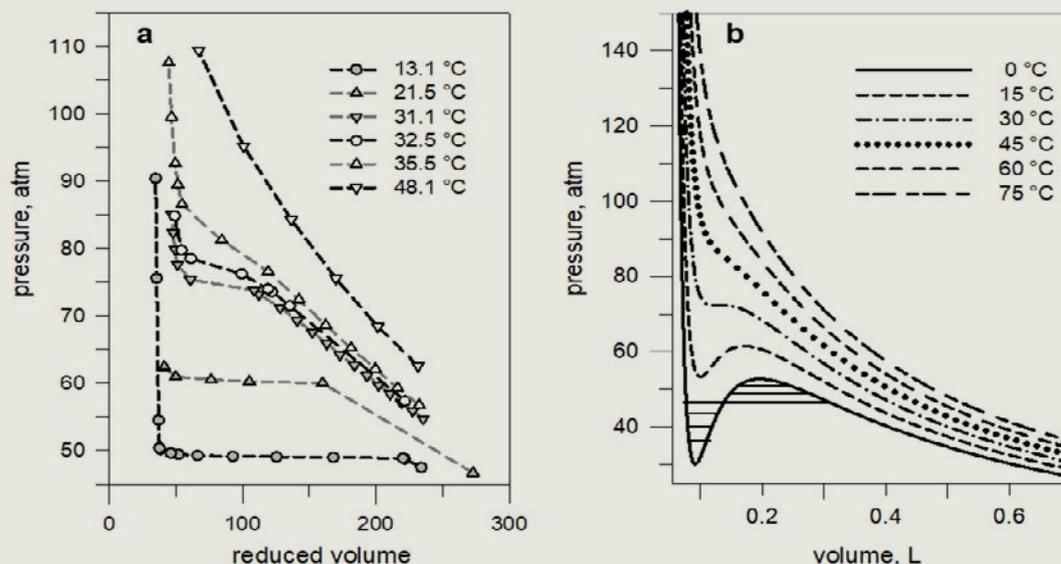


Fig. 1 Isotherme di Andrews per il diossido di carbonio.

di curva, concavo e convesso, siano uguali (vedi parte **b** della figura 1).

Solo nelle prime due decadi del XX secolo sono state formulate teorie capaci di giustificare l'attrazione intermolecolare su una base elettrostatica: (i) dal fisico olandese Willem Hendrik Keesom, che descrisse l'interazione tra due molecole polari (dipoli permanenti) A e B, con momento μ_A e μ_B , separati da una distanza r ; si noti che l'energia corrispondente E_K decresce con la temperatura; (ii) dall'altro fisico olandese, poi naturalizzato americano, Petrus Debye (Peter Debye), che trattò l'interazione tra una molecola polare A (dipolo permanente, con momento μ_A) e un'adiacente molecola apolare B, nella quale viene indotto un dipolo. L'energia dell'interazione E_D dipende linearmente da α_B , polarizzabilità, grandezza che esprime la tendenza della nuvola elettronica di B a lasciarsi distorcere dal campo elettrico.

Restava ancora da spiegare la natura dell'interazione attrattiva tra molecole apolari e giustificare per esempio il fatto che, nel gruppo degli alogeni, F_2 e Cl_2 sono gassosi, Br_2 liquido e I_2 solido, a temperatura ambiente. Ci pensò Fritz London, fisico tedesco, che applicò l'equazione di Schrödinger a un sistema di due dipoli fluttuanti A e B e ne ricavò le soluzioni e

$$E_K = -\frac{2}{3kT} \left(\frac{\mu_A \cdot \mu_B}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{1}{r^6}$$

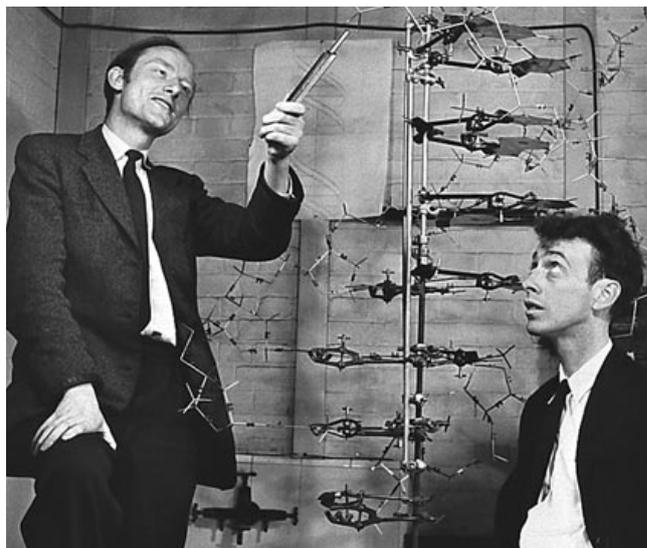
$$E_D = -\frac{\mu_A^2 \alpha_B}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^6}$$

$$E_L \simeq -\frac{3}{2} \frac{\alpha'_A \alpha'_B}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^6} \frac{I_A I_B}{I_A + I_B}$$

l'energia corrispondente E_L , nella cui espressione compaiono la polarizzazione α e l'energia di ionizzazione I delle molecole A e B (atomi, se gas nobili). In termini semplici, nella molecola A si stabilisce un temporaneo spiazzamento di cariche e questo induce un dipolo in una molecola adiacente B e così via propagandosi (forze di dispersione o di London). Le forze intermolecolari sopra descritte sono definite tutte insieme forze di *van der Waals*. Nelle varie teorie, tutte formulate da fisici, le molecole sono considerate sfere dure e non gruppi di atomi tenuti insieme da legami chimici, con una loro struttura definita. Quasi contemporaneamente, nel decennio 1920-30 a Berkeley, presso il College of Chemistry fondato e diretto da G. N. Lewis, veniva scoperto e caratterizzato un nuovo tipo di interazione intermolecolare: il legame di idrogeno che, per semplificazione didattica, viene oggi classificato come un caso particolare di interazione tra dipoli permanenti (Keesom). Questa interazione, inizialmente considerata come una derivazione (o meglio, un'eccezione) del legame a coppia di elettroni di Lewis, venne introdotta per spiegare una varietà di evidenze sperimentali: l'anomalia dei punti di fusione e di ebollizione di NH_3 , H_2O e HF in confronto ai corrispondenti composti con l'idrogeno dei rispettivi gruppi; la struttura ai raggi-X del ghiaccio e di $K[HF_2]$. Il legame di idrogeno è tradizionalmente indicato dalla formula $X-H \cdots Y$ ($X = Y = N, O, F$), dove il frammento $X-H$ è il donatore e Y l'accettore. Il donatore $N-H$ (ammidico, amminico) e gli accettori $N(sp^2, sp^3)$ e $O(sp^2, sp^3)$ sono ubiqui nelle molecole della biologia e tutti i processi vitali dai più semplici ai più complessi implicano la formazione-rottura di legami di idrogeno. La caratteristica di questo legame, che può raggiungere

l'energia di alcune decine di kcal mol^{-1} , è la sua pronta reversibilità, il che consente la formazione con un meccanismo *trial & error* di strutture complesse in tempi brevissimi. Nel 1936 Linus Pauling mostrò che la struttura secondaria delle proteine è dovuta alla formazione di legami di idrogeno $\text{N-H}\cdots\text{O}$ presenti nella catena polipeptidica, di 2.8 Å di lunghezza, e che la denaturazione delle proteine avviene per rottura dei legami di idrogeno, chimicamente o termicamente indotta. Nel 1953 James Watson e Francis Crick mostrarono che il DNA ha una struttura a doppia elica e che le due eliche sono tenute insieme da legami di idrogeno $\text{N-H}\cdots\text{O}$ e $\text{N-H}\cdots\text{N}$ coinvolgenti le nucleobasi.

Da allora quella del legame di idrogeno è diventata una storia senza fine. Il modello tradizionale $\text{X-H}\cdots\text{Y}$ ($\text{X}=\text{Y}=\text{N}, \text{O}, \text{F}$) è stato superato ed è stata dimostrata anche l'esistenza di un legame di idrogeno π , direzionale e apprezzabilmente forte. Per esempio, l'acqua forma un legame di idrogeno con il benzene. *'Fieri non potest: solum similia similibus solvuntur'* griderebbe sdegnato un alchimista medievale, portato a interpretare la solubilità in termini di sola polarità. Eppure, il benzene ha una solubilità in acqua apprezzabile (1.78 g L^{-1} , $2.3 \times 10^{-2} \text{ M}$), mentre il cicloesano, che non ha elettroni π , è completamente insolubile. Evidenze sperimentali suggeriscono che un frammento O-H dell'acqua si dispone perpendico-



James Watson e Francis Crick con un modello della struttura ad elica del DNA

larmente rispetto al piano del benzene. Per l'energia del legame $\text{H}_2\text{O}\cdots\text{C}_6\text{H}_6$ è stato calcolato un valore $2.5 \text{ kcal mol}^{-1}$, la metà dell'energia del legame $\text{H}_2\text{O}\cdots\text{H}_2\text{O}$.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

<https://youtu.be/SJ7MMwnsrV8>

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici - CNR, Pisa

✉ villani@pi.iccom.cnr.it

Struttura e forma molecolare

I concetti di “struttura” e di “forma” molecolare sono utilizzati in tutti gli ambiti della chimica e spesso sono considerati come sinonimi. Tali non sono e questo può generare confusione nell'insegnamento della chimica. La differenza tra questi due concetti, inoltre, aumenta nel passaggio dalle molecole con pochi atomi alle macromolecole, generando ulteriore confusione in biochimica. Per esempio, è ben noto che alle macromolecole vengono associate più tipi di struttura. Per le proteine abbiamo:

- La struttura primaria che è praticamente la struttura chimica espressa come successione degli amminoacidi costituenti.
- La struttura secondaria, invece, è legata ad alcune simmetrie (come le α -eliche o i β -foglietti) di singoli pezzi della proteina.
- La struttura terziaria, quella che viene chiamata anche “forma nativa” della proteina quando essa è nella cellula, è in pratica la forma tridimensionale della proteina. Essa è, quindi, una “forma” e non una “struttura”.
- La struttura quaternaria, anche se qui non ci interessa, è l'assemblaggio di più sub-unità a formare una singola proteina (ad esempio, l'emoglobina è composta da quattro sub-unità, Figura 1) o complessi multi-proteici.

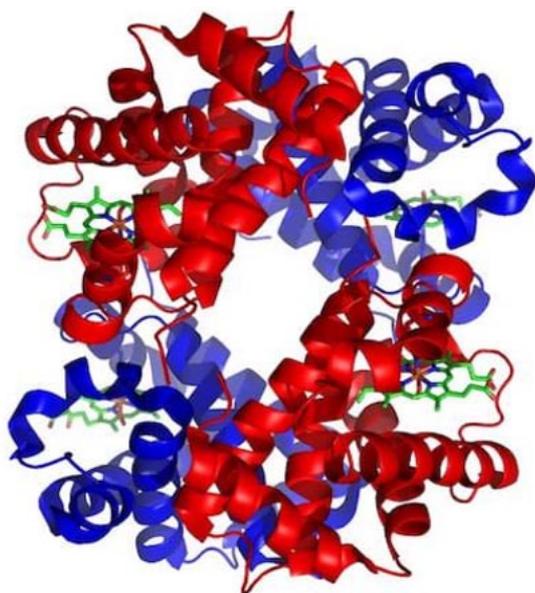


Fig. 1 Struttura dell'emoglobina.

In questa relazione, è stato trattato prima il concetto di struttura molecolare, poi quello di forma molecolare e sono stati evidenziati le somiglianze e le differenze di questi due concetti. Come vedremo, il concetto di struttura molecolare è strettamente legato al concetto di legame chimico, mentre quello di forma molecolare alle interazioni deboli intra- ed intermolecolari e questi sono i due argomenti della Scuola di quest'anno.

Il concetto di struttura molecolare ci dà le informazioni sull'organizzazione interna delle interazioni tra i costituenti atomici di una molecola. In particolare, tale concetto si rapporta al concetto di legame chimico. All'interno di una molecola, infatti, sebbene tutti i costituenti atomici interagiscano, alcune interazioni tra coppie di atomi sono privilegiate e portano a differenziare tutte le coppie di atomi della molecola in quelle legate e non-legate. La formula di struttura di una sostanza mette proprio in evidenza tutte le coppie legate degli atomi costituenti. Essendo il concetto di struttura molecolare un descrittore dell'interno di una molecola, tale concetto dipende poco dall'ambiente in cui la molecola è situata.

Nella relazione si è, poi, posto l'accento sul fatto che la molecola, configurata dalla sua struttura, *non è un semplice aggregato di atomi disposti spazialmente*. Gli atomi nella molecola, infatti, sono «in situ», sono, quindi, enti chimici differenti da quelli isolati e da quelli in altre molecole. È questo il significato delle cariche parziali (δ^+ e δ^-) che si possono trovare sugli atomi nelle formule di struttura. L'idea che l'atomo si modifichi all'interno della molecola e, in generale, l'idea che l'atomo si possa modificare è una acquisizione della scienza moderna che rende

il concetto di atomo molto diverso da quello classico che aveva tra i suoi requisiti proprio quello di essere intrasformabile.

Una caratteristica importante della struttura molecolare è che essa ha una certa resistenza all'ambiente: *non si modifica sotto l'effetto di una piccola perturbazione ambientale*. La chimica, come noi la conosciamo, è strettamente legata a questa proprietà della struttura molecolare: senza di essa non ci sarebbero sostanze chimiche con specifiche proprietà, ma una variazione continua delle proprietà molecolari. Infine, la struttura molecolare è *persistente in un intervallo di tempo finito*. Tale intervallo dipende sia dalla proprietà studiata, sia dalla tecnica sperimentale scelta per investigarla. L'aspetto intrinsecamente dinamico della struttura molecolare, sia quando mediamente si conserva sia quando si “rompe” nelle reazioni chimiche, è un'altra caratteristica evidenziata in questa Relazione.

Nella relazione si è infine passati a considerare il concetto di forma. La forma di un oggetto macroscopico è identificata dalla sua superficie esterna e, caratterizzata da un suo numero discreto di punti, può essere riportata in un grafico tridimensionale. Nel caso di una molecola, la sua superficie esterna di contorno può essere identificata solo facendo riferimento ad un modello, introdotto per mettere in evidenza particolari proprietà della molecola. Il concetto di “forma molecolare” è, quindi, dipendente dal modello e dalle proprietà che tale modello vuole evidenziare. In quanto superficie di separazione tra la molecola e l'ambiente, inoltre, essa dipende fortemente sia dalla molecola sia dall'ambiente in cui essa si trova.

Anche la forma molecolare ha una sua stabilità temporale ed energetica, come l'esempio della struttura tridimensionale della proteina sta ad indicare. Proprio nel caso delle proteine si vede che la struttura molecolare (struttura primaria) non è sufficiente a spiegare le interazioni che avvengono nella cellula (funzione della proteina), come la differenza tra una proteina denaturata (solo struttura primaria) e una proteina biologicamente attiva (con una forma tridimensionale) sta ad evidenziare.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link: <https://youtu.be/i2XCTZgVlo8>

A cura dei coordinatori e dei componenti dei rispettivi gruppi

Restituzione dei Gruppi di Lavoro

Il metodo adottato dalla questa Scuola riserva un ruolo centrale alla discussione: in questa edizione essa è avvenuta all'interno di quattro gruppi tematici di composizione eterogenea (docenti universitari e docenti della scuola). Il problema della trasposizione didattica del concetto del legame chimico è stato preso in esame secondo quattro distinte prospettive:

1. la prospettiva storico-epistemologica;
2. la prospettiva della continuità didattica e concettuale tra scuola e università (requisiti);
3. la prospettiva del sapere disciplinare;
4. la prospettiva delle problematiche didattiche.

Ciascun gruppo di lavoro ha elaborato le proprie riflessioni privilegiando una di queste prospettive. Tuttavia, com'era inevitabile, le prospettive si sono intersecate e si sono verificate convergenze nelle conclusioni raggiunte da questo o quell'altro gruppo.

Qui di seguito riportiamo le principali riflessioni elaborate nei gruppi. Ad esse seguono alcune considerazioni conclusive, mirate ad evidenziare i punti di convergenza e gli aspetti più rilevanti emersi dalla discussione nei gruppi.

Piano storico-epistemologico

Coordinatori: Elena Ghibaudi e Giovanni Villani

Componenti del gruppo: Marino Cofler, Chiara Corradi, Salvatore Leocata, Giacomo Melani, Luca Rigamonti

Il gruppo si è posto l'obiettivo di discutere *gli aspetti storico-epistemologici relativi al concetto di legame chimico e alla sua trasposizione didattica*. È stato notato che il concetto di legame viene abitualmente trattato a prescindere da alcune considerazioni rilevanti, sia sul piano concettuale che didattico:

- l'aspetto modellistico non è generalmente messo in evidenza (ossia è lasciato implicito) oppure non si ha cura di esplicitare il campo di esistenza dei modelli proposti;
- le problematiche concrete che sollecitano la for-

mulazione del concetto di legame e l'elaborazione di modelli congruenti non vengono generalmente evidenziate;

- i differenti modelli di legame sono considerati singolarmente e raramente si ha cura di connetterli tra loro in un percorso concettuale coerente, che rifletta anche l'evoluzione storica di tali modelli.

La riflessione epistemologica, ossia relativa alla natura del sapere che viene insegnato, dovrebbe essere coltivata da tutti i docenti, in quanto fornisce strumenti utili a definire consapevolmente i confini della propria azione didattica in relazione all'utenza alla quale ci si rivolge.

Ecco alcuni aspetti prettamente *epistemologici* che vanno tenuti presenti nell'affrontare il concetto di legame.

- Necessità di chiarire il ruolo e le caratteristiche dei *modelli* nella interpretazione scientifica della realtà e modalità della loro trasposizione didattica
- In merito alla differenziazione tra *interazione* e *legame*: questa distinzione è tipica dei testi di chimica. Le finalità conoscitive e l'apparato concettuale della chimica necessitano di differenziare la vasta gamma di interazioni interatomiche in *legami chimici* e *interazioni intermolecolari*. Questa differenziazione è significativa nel contesto chimico, mentre non trova riscontro in quello fisico, i cui scopi conoscitivi sono del tutto diversi. Esiste dunque una *specificità chimica* del concetto di legame.
- In relazione al punto precedente, è opportuna una riflessione sul significato delle classificazioni (in termini di criteri e finalità che le sottendono) e delle sistematizzazioni (in termini di limiti descrittivi), oltre che del rapporto con i modelli (definizione delle osservabili). Ad esempio, la distinzione tra legami intra- e inter-molecolari può essere utilizzata come criterio per discriminare i processi chimici e quelli fisici. Tuttavia, è necessario sapere che adottando altri criteri (ad es. il

criterio macroscopico della persistenza o meno della sostanza che subisce la trasformazione), l'esito della classificazione dei processi potrà essere diverso.

- Implicazioni del concetto di legame sul piano strutturale e su quello energetico: nel concetto di legame e di interazione intermolecolare coesistono questi due aspetti, che corrispondono a due prospettive distinte. La prospettiva strutturale è peculiare della chimica; la prospettiva energetica è condivisa con la fisica.
- Il concetto di legame è di natura relazionale: si tratta quindi di un concetto *intrinsecamente complesso* (nel senso tecnico e non generico del termine) che implica la necessità di tener conto del contesto nel quale si esplica e dell'influenza dell'intorno sulla relazione specifica che esso vuole esprimere. Inoltre, il riconoscimento della sua natura relazionale e complessa evidenzia l'incongruità della descrizione della molecola come mera 'somma' di componenti atomiche e la necessità di pensarla come *sistema integrato*. Le descrizioni modellistiche più recenti colgono questo aspetto, che invece è assente nei modelli precedenti. Infine, non meno importante, occorre *discutere la relazione tra il concetto di legame chimico e quello di molecola*, sottolineando che il primo non implica necessariamente il secondo, data l'esistenza di sostanze non molecolari.
- Va infine tenuto presente che *la definizione di legame cambia radicalmente a seconda del modello adottato*; ogni modello ha un suo campo di esistenza e dei limiti descrittivi. Ad es.: in Lewis il legame è una coppia condivisa di elettroni, ma ciò porta ad escludere sistemi come H_2^+ . In QM il legame è un effetto quantistico distribuito su tutta la molecola.

A completamento delle riflessioni di natura epistemologica, specifichiamo alcune prassi che ci pare opportuno adottare nello *sviluppare didatticamente* il concetto di legame.

- Aver cura di inquadrarlo in una *cornice di senso*, ossia individuare gli interrogativi problematici che impongono lo sviluppo di tale concetto e ne evidenziano la necessità.
- Individuare i *concetti propedeutici* ad una corretta comprensione delle diverse trattazioni modellistiche del concetto di legame chimico.
- Correlare sempre il piano macroscopico delle evidenze sperimentali e degli interrogativi problematici (ossia il referente empirico) con il piano microscopico della concettualizzazione e della descrizione/interpretazione modellistica. A que-

sto proposito, ci pare utile ribadire la non coincidenza dei termini macroscopico (che si riferisce a ciò che è esperibile con i sensi) e osservabile (che si riferisce a grandezze misurabili all'interno di un ben preciso quadro modellistico-teorico).

- Adottare un approccio storico-epistemologico, non inteso come narrazione storica, ma come costruzione di un percorso di apprendimento che individua i nodi concettuali che hanno segnato lo sviluppo del concetto di legame e li utilizza a scopo didattico. Ciò ha il vantaggio di evidenziare l'evoluzione storica dell'interpretazione del concetto di legame e quindi ha un valore metacognitivo, in quanto evidenzia un aspetto peculiare delle modalità di costruzione del sapere scientifico. Inoltre, questa modalità stimola negli studenti lo sviluppo di un approccio critico ai problemi.
- Tenere presente gli ostacoli cognitivi inerenti il concetto di legame e le relative modellizzazioni. La sequenza storica secondo la quale i modelli di legame si sono sviluppati riflette un processo di 'maturazione concettuale' che andrebbe tenuto presente e rispettato nell'insegnamento del legame stesso, evitando comunque di dare l'idea di una linearità, ossia di un "progresso" concettuale automatico nel passaggio da un modello al successivo. Una delle conseguenze di ciò è che il significato del modello quantistico di legame è pienamente comprensibile solo alla luce dei modelli precedenti i quali, sebbene "scientificamente superati" continuano a rivestire un ruolo didattico importante.
- Evitare antropomorfizzazioni e finalismi nella trattazione/descrizione del legame (ad es., l'atomo X *vuole* perdere un elettrone, all'atomo Y *non conviene* ibridarsi, ecc.). Scelte lessicali inopportune possono indurre concezioni difformi negli allievi.
- Evidenziare la natura analogica e metaforica del linguaggio e delle rappresentazioni iconografiche del concetto di legame.
- La modellizzazione del legame deve coniugare aspetti strutturali ed energetici; inoltre deve dare conto degli aspetti temporali e dinamici del legame stesso (che sono correlati sia con gli aspetti strutturali che con quelli energetici).
- Nella descrizione modellistica del legame occorre evidenziare sia gli aspetti relativi alla carica sia quelli relativi alla massa delle entità chimiche presenti nel sistema.
- Evidenziare gli *aspetti discriminanti* tra legami chimici e interazioni inter-molecolari (ad es., la direzionalità, la reversibilità, ecc.) ed *esaminarne*

le criticità. Ad es., il legame H è una interazione intermolecolare, ma è direzionale e quindi risulta multipla (per via del suo dinamismo) e singola al tempo stesso. Inoltre, è agente di processi chimici (es. reazioni di proton-transfer). Infine, può essere considerato sia di tipo inter- che intra-molecolare (ad es. nelle proteine).

- Data la natura fortemente interdisciplinare delle considerazioni relative al concetto di legame, occorre promuovere approcci integrati sul piano chimico e fisico, sia a livello universitario che scolastico. A scuola questa operazione è auspicabile sia nei primi anni (con un approccio classico al legame e lo studio dell'elettrostatica) sia negli anni terminali (quando il docente di Fisica affronta temi quantistici pertinenti ad argomenti precedentemente introdotti da docenti di scienze o di chimica). L'introduzione della quantistica a scuola comunque presenta criticità di tipo concettuale, didattico e temporale (sia in virtù dell'attuale organizzazione didattica sia a causa dei tempi ristretti e della sparizione - di fatto - della chimica-fisica come materia curriculare).

Piano della continuità didattica e concettuale tra scuola e università (requisiti)

Coordinatori: Eleonora Aquilini e Antonio Testoni
Componenti del gruppo: Gustavo Avitabile, Federica Branchini, Maria Costa, Maria Irene Donnoli, Giuseppina Ferrara, Dorastella Lombardi, Carmen Palermo
 Questo gruppo di discussione, composto in prevalenza da docenti della scuola, ha lavorato sulla tematica: *Requisiti, ossia individuazione dei contenuti e concetti che dovrebbero essere stati acquisiti nella scuola secondaria.*

È stata subito condivisa l'idea che, a livello di scuola secondaria, lo scopo ultimo dell'insegnamento delle materie scientifiche debba essere la promozione di una cultura scientifica indirizzata a formare cittadini consapevoli, in grado cioè di compiere scelte ponderate su vari fronti. Pertanto, l'obiettivo dell'insegnamento scolastico è quello di *formare* e non solo di *informare*: la differenza è sostanziale. A tal fine si sono sottolineati diversi aspetti che non devono essere trascurati nella didattica delle scienze e della chimica e che sono qui di seguito elencati.

- Caratteristica imprescindibile della didattica dovrebbe essere la *gradualità*, cioè il rispetto delle propedeuticità concettuali degli studenti. Ciò può implicare la decisione di trattare solo gli aspetti

fenomenologici di un argomento, se le condizioni per l'approfondimento a livello microscopico (modellistico) non sono ancora presenti (come è il caso del livello scolastico primario). A studenti in possesso di presupposti cognitivi atti alla costruzione di concetti via via più formali e complessi si potrà proporre una trasposizione didattica che, a partire da constatazioni macroscopiche, suscita negli studenti la ricerca di spiegazioni plausibili e ne sviluppa la capacità di elaborare spiegazioni a livello microscopico.

- In chimica, scendere al livello microscopico significa necessariamente il ricorso all'uso dei modelli. Si è dunque sottolineata la necessità che il docente chiarisca *a priori* cosa è un modello e quali siano le sue funzioni e limitazioni.
- Compito del docente è proporre dei modelli che siano intelligibili agli studenti in un dato contesto scolastico, anche se probabilmente gli stessi modelli sono superati dal punto di vista tecnico-scientifico. A questo proposito, il gruppo ha giudicato inopportuno proporre i modelli della meccanica quantistica nella scuola secondaria di secondo grado: questi, infatti, pur avendo un potere esplicativo maggiore rispetto ai modelli classici, non sono in sintonia con le strutture mentali degli studenti di quella fascia di età.
- Nella transizione dal mondo fenomenologico a quello modellistico, l'approccio all'apprendimento che il gruppo ha ritenuto più efficace è quello costruttivista, che pone lo studente al centro del processo di insegnamento-apprendimento e promuove la costruzione dei concetti da parte degli studenti stessi, non limitandosi ad una mera trasmissione della conoscenza.
- Le modalità didattiche atte a favorire questi scopi possono essere diverse. All'interno del gruppo sono emerse due alternative. Quella di costruire sequenze didattiche con precise caratteristiche, quali: attenzione alle propedeuticità concettuali e uso ricorsivo dei concetti, approccio circolare (dal livello macroscopico al microscopico e ritorno), impiego di fogli di lavoro e situazioni-problema. Oppure quella di seguire un approccio storico/epistemologico caratterizzato dal fatto di ritenere che nell'insegnamento/apprendimento di una disciplina scientifica, come la chimica, vanno considerate non solo le conoscenze/competenze disciplinari specifiche, ma anche la conoscenza dei processi e delle strategie utilizzate per la costruzione del sapere. Conoscenze e processi sono inscindibili, in quanto sono facce di una stessa medaglia, quella della conoscenza, del sapere, della cultura. Pertanto, non è possibile de-

contestualizzare il sapere, separandolo dalla sua origine e dalla rete di problematiche che l’hanno generato. Tutto ciò non significa sostituire l’insegnamento tradizionale delle scienze con la storia delle scienze, ma utilizzare momenti e aspetti della storia delle scienze e dell’epistemologia particolarmente adatti per collocare problemi, ipotesi e soluzioni nella appropriata cornice storico-concettuale. Si tratta di un’ottima opportunità didattica per far comprendere agli studenti il significato e i metodi della ricerca scientifica, elaborando un’idea di scienza corretta e realistica, secondo una modalità d’apprendimento profondamente formativa.

- I temi focali collegati al concetto di legame chimico, che ne costituiscono un requisito sono: la teoria atomica di Dalton (che pone proprio il problema dell’unione tra gli atomi), i modelli di struttura atomica ed il modello di Lewis. Quest’ultimo pur superato dai più sofisticati modelli della meccanica quantistica, continua ad avere una valenza esplicativa, predittiva e didattica molto importante, soprattutto in una situazione di primo approccio a tale problematica.

Altre raccomandazioni mirate a garantire un apprendimento significativo del concetto di legame chimico (e più in generale, un apprendimento efficace delle discipline scientifiche) sono:

- l’auspicio di una stretta collaborazione col docente di fisica, in quanto la fisica tratta diversi contenuti propedeutici all’apprendimento del legame chimico (ovviamente proposto impiegando modelli di legame fondanti su interazioni di tipo elettrostatico tra gli atomi);
- la necessità di una piena consapevolezza da parte dei docenti nell’utilizzo del linguaggio e della terminologia. Il linguaggio antropomorfo dovrebbe essere bandito dall’ambito educativo.

In una situazione di **primo approccio** al *legame chimico*, ci si è posti il problema se distinguere o meno tra legami intermolecolari e intramolecolari. La non distinzione tra i due tipi di legame può essere motivata dal proposito di evitare le diffuse dicotomie tra le due classi di legami e di sottolineare la continuità energetica e la comune base elettrostatica delle interazioni interatomiche. D’altra parte, la distinzione tra le due tipologie di interazione interatomica può essere motivata dal fatto che il legame fra gli atomi nella molecola è strettamente connesso al concetto di valenza e, conseguentemente, ad una prima idea di struttura molecolare. Si tratta quindi di prendere in considerazione prima i legami fra atomi della mo-

lecola e successivamente quelli fra atomi di molecole diverse.

In conclusione:

- è necessaria una maggiore e migliore formazione a livello universitario dei futuri insegnanti di scienze e di chimica, soprattutto riguardo gli aspetti storico-epistemologici delle discipline;
- è opportuno operare un uso critico dei libri di testo, i quali troppo sovente alimentano e diffondono concezioni alternative;
- è importante disporre di tempi e di spazi didattici che consentano di adeguare e migliorare le trasposizioni didattiche nella scuola secondaria secondo le linee guida fin qui ricordate.

Piano del sapere disciplinare

Coordinatori: Michele A. Floriano e Mariano Venanzi
Componenti del gruppo: Ugo Cosentino, Antonella Maggio, Silvia Prati, Davide M. Proserpio, Sergio Stoccoro

Questo gruppo - interamente formato da docenti universitari - aveva come obiettivo *la discussione dei problemi dell’insegnamento del legame chimico sul piano del sapere disciplinare*, ovvero l’individuazione degli aspetti specifici del concetto di legame da acquisire nell’arco dell’intero percorso universitario. Preliminarmente, è stata presa in esame la natura fisica dell’interazione tra atomi che porta alla formazione delle molecole. Sono stati individuati ed analizzati i diversi approcci alla trattazione del legame chimico e della struttura molecolare, ai quali corrispondono diversi modelli proposti per l’insegnamento di questi argomenti.

In particolare:

- approccio di Lewis alla formazione del legame chimico, che descrive il legame come condivisione di coppie di elettroni;
- teoria VSEPR, che consente di individuare la posizione reciproca degli atomi e la geometria delle molecole come conseguenza della minimizzazione delle repulsioni tra gli elettroni, massimizzando la distanza fra loro;
- teoria del legame di valenza e introduzione del concetto di orbitale ibrido, che permette l’ottimizzazione della struttura in termini di energia e distanze di legame;
- teoria degli Orbitali Molecolari.

L’approccio quantomeccanico è il più completo ed esaustivo per la descrizione del legame chimico, ma esso risulta troppo complesso - anche nel percorso formativo della Laurea in Chimica - per un corso in-

trodotto. L'argomento deve quindi essere introdotto facendo uso di modelli più semplici, per pervenire ad una descrizione iniziale dei legami all'interno di una molecola. Questi modelli saranno idonei agli studenti di qualunque corso di laurea.

Questa impostazione, che implica l'utilizzo di modelli anche molto diversi per la descrizione dello stesso fenomeno, rende necessaria una discussione preliminare circa l'uso di un approccio modellistico nell'interpretazione di fenomeni fisici.

La parte iniziale di un corso introduttivo di chimica generale, valido per tutti gli studenti, può seguire l'evoluzione storica dallo sviluppo dei modelli atomici dopo la scoperta degli elettroni, comprendendo anche il modello di Bohr-Sommerfeld. La descrizione dei modelli atomici dovrebbe includere il modello atomico di Lewis, sebbene probabilmente la sua idea di un "atomo cubico" potrebbe risultare non facilmente accettabile. A questo punto si potrebbe introdurre il modello di Lewis per descrivere il legame a coppie di elettroni e la teoria VSEPR per descrivere la geometria delle molecole.

La discussione sulla natura fisica e quantomeccanica del legame potrà essere trattata successivamente, nella seconda parte di un corso di chimica generale annuale o in un secondo corso. In questa parte più avanzata del corso, rispettando la gerarchia dei concetti in funzione di un criterio di complessità crescente, si potrà riprendere la trattazione della struttura atomica e della teoria del legame introducendo la natura ondulatoria della materia. Uno sviluppo progressivo alle conoscenze, attraverso un approccio ricorsivo ai contenuti, è uno strumento efficace per la comprensione. Lo stesso criterio e lo stesso metodo possono essere seguiti anche per la descrizione della tavola periodica, che seguirebbe il percorso di approfondimento della struttura atomica. La natura quantomeccanica del legame chimico verrà esaminata introducendo il modello Valence Bond (VB) e quello dell'orbitale molecolare (MO). La differenza tra questi due modelli rappresenta un nodo concettuale importante, del quale è necessario chiarire il significato fisico e gli aspetti modellistici. La Teoria del legame di valenza, affrontata con il corretto approfondimento, sembra essere in grado di superare i limiti del modello di Lewis ed è applicabile per descrivere le reazioni e la dinamica chimica. La teoria dell'orbitale molecolare sembra invece più adatta a descrivere molecole complesse caratterizzate da una estesa delocalizzazione della densità elettronica.

Entrambi i modelli dovrebbero essere introdotti dopo un corso (localizzato nel II semestre I anno, o nel I semestre II anno) di introduzione ai fondamenti

della Meccanica Quantistica, orientato in senso fortemente chimico, e che presenti coerentemente la struttura atomica, la configurazione elettronica e l'*aufbau* chimico, per passare poi alla discussione del legame chimico in termini VB e MO.

Per quanto riguarda le interazioni intermolecolari, ancora una volta, pur ritenendo l'approccio della meccanica quantistica più completo e in grado di spiegare un maggior numero di fenomeni, la trattazione classica (natura elettrostatica dell'interazione, dipoli istantanei, dipoli indotti, dipoli permanenti) risulta adeguata ad una fase iniziale. Nel descrivere la natura elettrostatica del legame fra le molecole è opportuno sottolineare la presenza sia di forze attrattive che di forze repulsive ed è necessario aver sempre chiaro che i sistemi sono dinamici, fluttuanti e che gli elettroni si influenzano reciprocamente. Nella descrizione del legame ad idrogeno, dovrebbe esserne sottolineata la natura dinamica.

Le teorie dei gas, ed in particolare il passaggio da gas ideale a gas reale, rappresentano un utile modello per presentare agli studenti l'importanza delle interazioni fra le molecole. Il modello dei gas ideali, nel quale le interazioni tra particelle sono trascurabili, deve evolvere in un modello più complesso, nel quale tali interazioni influenzano in maniera apprezzabile il comportamento del sistema. Questa costituisce un'ottima premessa concettuale per spiegare gli stati di aggregazione e i cambiamenti di stato. Inoltre, un valido esempio dell'importanza delle interazioni intermolecolari è il passaggio da soluzioni ideali a soluzioni reali.

In conclusione, l'uso di modelli semiclassici, sia nella descrizione dei legami intermolecolari che intramolecolari, è da preferire inizialmente per introdurre l'argomento, anche in continuità con ciò che viene svolto nel percorso delle scuole medie di secondo grado. Questo approccio appare sufficiente per l'insegnamento della Chimica in tutti i corsi di Laurea. Il percorso di Laurea in Chimica deve poi prevedere, a seguire e in tempi brevi, un corso più avanzato in cui vengano affrontati e sviluppati gli stessi argomenti con l'approccio quantomeccanico.

Piano didattico

Coordinatori: Anna Caronia e Margherita Venturi
Componenti del gruppo: Carla Carfagna, Fabrizia Fabrizi, Renato Lombardo, Angelo Natalucci, Diego Oliveri, Santa Scuto

Obiettivo di questo gruppo era la discussione delle *problematiche didattiche connesse all'insegnamento della teoria del legame chimico e delle interazioni fra le molecole*, cioè le problematiche connesse alla

scelta dell’approccio e dei modelli da utilizzare e sviluppare, dei livelli di approfondimento dei concetti e degli obiettivi da perseguire, nonché quelle relative alla valutazione delle conoscenze pregresse e delle conoscenze acquisite. Il gruppo era formato principalmente da docenti universitari, cosa che inevitabilmente ha portato a privilegiare la discussione a questo livello di formazione.

Molte delle considerazioni sorte all’interno di questo gruppo sono comuni a quelle emerse negli altri gruppi, come inevitabilmente si poteva aspettare. Quindi di seguito vengono riportate le riflessioni che hanno caratterizzato nello specifico questo gruppo.

Considerazioni generali

- *Valutazione dei concetti base*: stabilire, all’inizio del percorso, se esistono misconcezioni (orbita, orbitali, ibridizzazione, promozione elettronica, molecola, ...) e quanto sono invece consolidati i concetti di base necessari per lo studio del legame chimico e delle interazioni intermolecolari.
- *Concretezza*: evitare la trattazione di soli concetti astratti e partire, quanto e quando possibile, dalla trattazione di fenomeni vicini alla realtà.
- *Trasversalità del legame chimico*: sottolineare, dandone prova con esempi, che il concetto di legame non è specifico della Chimica Generale, ma è trasversale e fondante per tutta la Chimica e che non si identifica con “la molecola” visto che esistono legami anche quando non esiste la molecola.
- *Energia*: approfondire gli aspetti energetici nella formazione del legame. La materia è infatti caratterizzata da un equilibrio fra forze repulsive e forze attrattive.
- *Concisione*: evitare lezioni troppo ricche di nozioni che potrebbero generare nello studente ansia e difficoltà nella gestione/comprendimento dei vari concetti.
- *Contestualizzazione storica dell’argomento*: affrontare l’argomento in progressione introducendo anche gli aspetti storico-epistemologici avendo cura di non ridurli a semplici narrazioni, ma a momenti di profonda riflessione sull’importanza della ricerca scientifica e del progresso nel mondo delle scienze. A volte, la narrazione storica aiuta a catturare l’interesse dei ragazzi e a contestualizzare i fenomeni. Considerazioni di tipo storico aiutano, infatti, ad individuare temporalmente una scoperta e ad “umanizzare” la scienza, rendendola più vicina e più accessibile. Il tempo da dedicare agli aspetti “storici” deve essere congruo in corsi non incentrati sulla Storia della Chimica; in particolare per le scuole superiori si è ri-

portato l’utilità che ricoprono le uscite didattiche in musei di chimica o scientifici in generale.

- *Descrizione di una molecola usata come esempio*: al termine della trattazione del concetto di legame e delle interazioni intermolecolari, è utile proporre una lezione riassuntiva, nella quale le diverse teorie e modelli che sono stati oggetto di apprendimento vengono applicate ad una particolare specie chimica (per es. l’acqua), analizzandone le proprietà nell’ottica dei concetti studiati.
- *Precisione nella terminologia*: curare la precisione terminologica, l’accuratezza descrittiva, la logicità e la consequenzialità per evitare fraintendimenti e l’insorgere di misconcezioni (ad esempio, il termine geometria dell’ibrido è sicuramente diverso quello di geometria della molecola e, quindi, i due termini vanno usati appropriatamente).
- *Dicotomia intra/intermolecolare*: sottolineare, in stretta relazione al punto precedente, la distinzione semantica tra forze intra- e inter-molecolari (dicotomia tra intra e inter). In particolare, si è evidenziato che occorre usare il termine legame per dare senso alla molecola e la molecola per differenziare i tipi di legame; la parola legame va pertanto riservata al modo con cui gli atomi raggiungono la loro stabilizzazione energetica. Per definire le forze di attrazione fra le molecole è, invece, preferibile usare il termine interazione intermolecolare. Questa differenziazione terminologica è giustificata dal fatto che le interazioni intermolecolari rappresentano una stabilizzazione energetica “aggiuntiva” (le molecole esistono indipendentemente) che in genere si verifica allo stato liquido e solido, mentre il legame è prioritario per gli atomi (che nella maggioranza dei casi non esistono separati) ed è presente indipendentemente dallo stato di aggregazione. Un tipo particolare di interazione intermolecolare è il legame a ponte di idrogeno; il termine “legame” per questa interazione è giustificato per due ben precisi motivi:
 - 1 ha un’energia (0,1–0,3 eV) maggiore di quella delle normali interazioni dipolo-dipolo;
 - 2 presenta una certa direzionalità, caratteristica più dei legami covalenti che delle forze elettrostatiche.
 Si tratta, comunque, sempre di una interazione e non di un legame e proprio per questa ragione è così estesamente presente nei sistemi supra-molecolari naturali preposti alle funzioni vitali.
- *Attività pratiche*: coinvolgere gli studenti in attività laboratoriali, per rendere “visibili” le teorie e i concetti; si potrebbe addirittura partire da

semplici attività pratiche per comprendere i concetti collegati alle interazioni intermolecolari e la struttura della materia per arrivare, successivamente, alla teoria (ad es. la cromatografia su lastrina, o il comportamento di liquidi di natura diversa rispetto ad una bacchetta di vetro caricata elettrostaticamente).

Ulteriori considerazioni

- *Insegnamento annuale della Chimica Generale:* a livello universitario sarebbe auspicabile che l'insegnamento della Chimica Generale fosse annuale al fine di una adeguata e migliore trasposizione didattica, nonché dell'opportunità di un apprendimento graduale, significativo e permanente. Questa proposta è giustificata dal fatto che il corso di Chimica Generale è unico e non diviso in due o più corsi di complessità crescente come, invece, accade per altri insegnamenti (Chimica Fisica, Chimica Organica, Fisica, ...).
- *Libri di testo:* è stata sottolineata la mancanza di un valido testo di riferimento sia a livello universitario che per la scuola secondaria per affrontare l'argomento in oggetto. Ad esempio, tutti i testi in commercio non riportano una costruzione del concetto di legame chimico che rispetti i criteri storico-epistemologici e didattici emersi non solo durante la preparazione dell'edizione 2020 della Scuola, ma anche durante i lavori di gruppo svolti durante la Scuola stessa.
- *Mappe concettuali:* in accordo con quanto osservato al punto precedente, è stato indicato essere fondamentale fornire agli studenti altri strumenti da utilizzare durante lo studio autonomo, come mappe concettuali e/o appunti elaborati dal docente.
- *Favorire la trasversalità delle materie:* un ultimo aspetto riguarda la difficoltà da parte dello studente di applicare competenze acquisite in un ambito specifico ad altri ambiti: ad esempio, $1/r^6$ ha un proprio significato in matematica e corrisponde ad una funzione, ma poi, quando si passa alla chimica, la stessa relazione perde totalmente di significato. L'esperienza diretta di molti docenti del gruppo ha evidenziato che spesso lo studente lega i concetti alle materie, o peggio, ai docenti.

Conclusioni

La lettura delle considerazioni emerse all'interno dei gruppi evidenzia la complessità del tema trattato, che si traduce in uno spettro di posizioni possibili. I gruppi hanno mostrato una notevole convergenza rispetto a temi relativi alle pratiche didattiche e ai

nodi concettuali. Posizioni più variegata si registrano sulle questioni più specificamente epistemologiche che, per la loro stessa natura filosofica, si prestano ad una maggiore ampiezza di interpretazioni.

Scopo dell'edizione 2020 della Scuola era affrontare il tema della trasposizione didattica dei concetti di legame chimico e di interazioni intermolecolari in una prospettiva di continuità e di congruità tra insegnamento scolastico ed universitario. I due livelli si distinguono per obiettivi formativi e livello di approfondimento. Non tutti gli studenti che frequentano le aule scolastiche continueranno il loro percorso in quelle universitarie. E non tutti coloro che frequenteranno l'università si dedicheranno a discipline scientifiche. E dunque ci si può chiedere: a cosa servirà a tutti costoro il concetto di legame chimico (o, allargando la prospettiva, lo studio delle scienze)? Una risposta molto chiara ci viene da uno dei gruppi di discussione: scopo ultimo dell'insegnamento delle materie scientifiche è *la promozione di una cultura scientifica indirizzata a formare cittadini consapevoli*, in grado cioè di compiere scelte ponderate. Questa affermazione evidenzia il valore formativo delle scienze, tanto più elevato se si pratica una didattica capace di insistere sui processi di pensiero e sugli aspetti processuali della scienza. E per essere in grado di fare ciò, i docenti (a qualsiasi livello formativo) devono avere consapevolezza dei fondamenti storico-epistemologici della propria disciplina. Si definisce così la cornice teorico-didattica entro la quale inquadrare le considerazioni elaborate nel corso della Scuola in merito al tema del legame in chimica, dalla scuola all'università. Tali conclusioni si possono riassumere come segue.

Considerazioni generali per l'insegnamento delle Scienze

- Introdurre gli allievi alla natura dei modelli, chiarendone il rapporto con la realtà materiale, è premessa necessaria a qualsiasi discorso scientifico
- Improntare il proprio insegnamento alla gradualità e alla ricorsività, proponendo modelli interpretativi adeguati al livello di maturità cognitiva degli allievi
- Vigilare sul lessico, che è un potente veicolo di concezioni difformi
- Correlare il piano delle evidenze sperimentali e quello teorico (modellistico-interpretativo), evidenziando il rapporto circolare che li lega (le evidenze empiriche necessitano di interpretazione teorica, la quale è validata dal riscontro sperimentale).
- Contestualizzare i saperi adottando un approccio storico-epistemologico, che consente di eviden-

ziare ed affrontare i nodi concettuali di uno specifico argomento e stimola l’attitudine critica degli allievi.

Considerazioni specifiche per l’insegnamento del legame chimico

- Requisiti necessari per affrontare il concetto di legame: teoria atomica di Dalton, modelli di struttura atomica fino a Lewis e Bohr-Sommerfeld.
- Tenere presente che la definizione di legame è strettamente dipendente dal modello interpretativo che si adotta.
- Evidenziare il rapporto tra concetto di legame e concetti correlati (es. valenza, struttura molecolare).
- Discutere il concetto di legame chimico sia sul piano strutturale che energetico. Sottolineare l’aspetto dinamico del legame, comune agli aspetti strutturali ed energetici, con le relative implicazioni (stabilità, reversibilità, ecc.).
- Discutere ed analizzare la distinzione tra interazioni intra- e inter-molecolari, chiarendone il peculiare significato chimico e sottolineando ciò che le accomuna (aspetti energetici) e ciò che le differenzia (aspetti strutturali).
- Ove possibile, improntare l’insegnamento del legame chimico su una base collaborativa tra gli insegnamenti della chimica, della fisica e della matematica (favorire la trasversalità degli insegnamenti).
- Discutere il significato del legame chimico anche in ambiti disciplinari extra-chimici, per evidenziarne il potenziale conoscitivo ed esplicativo.
- Riconoscere i caratteri peculiari dell’approccio classico al legame vs. quelli tipici di un approccio quantistico (elettrone descritto come particella o come onda, interazione di legame interpretata in termini elettrostatici o ondulatori, ecc.).
- Trattare il concetto di legame secondo un percorso congruo sul piano cognitivo e coerente sul piano storico-epistemologico, nel segno della continuità tra scuola e università, come riassunto nello schema sotto riportato.

<p>Scuola e prima parte di un corso universitario di chimica generale annuale per chimici o corso universitario di chimica generale per altre discipline</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Approccio di Lewis alla formazione del legame chimico, che descrive il legame come condivisione di coppie di elettroni. – Teoria VSEPR, che consente di individuare la posizione reciproca degli atomi e la geometria delle molecole come conseguenza della minimizzazione delle repulsioni tra gli elettroni, massimizzando la distanza fra loro.
<p>Seconda parte di un corso di chimica generale annuale per chimici o ulteriore corso dedicato</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Teoria del legame di valenza e introduzione del concetto di orbitale ibrido, che permette l’ottimizzazione della struttura in termini di energia e distanze di legame. – Teoria degli Orbitali Molecolari.

Bibliografia selezionata di riferimento

Articoli classici e di interesse storico:

1. G. N. Lewis, The atom and the molecule, *Journal of the American Chemical Society*, **1916**, 38, 762-785.
2. W. Kossell, Über molekülbildung als folge des atombaues, *Annalen der Physik*, **1916**, 49, 229-362.
3. I. Langmuir, The arrangement of electrons in atoms and molecules, *Journal of the American Chemical Society*, **1919**, 41, 868-934.
4. I. Langmuir, Types of valence, *Science*, **1921**, 54, 59-67.
5. G. N. Lewis, Valence and the structure of atoms and molecules, ACS Monograph Series, **1923**.
6. L. Pauling, The shared- electron chemical bond, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **1928**, 14, 359-362.
7. L. Pauling, La natura del legame chimico, *Cornell University Press*, Ithaca, **1960**.
8. N. Bohr, La struttura dell'atomo e le proprietà fisiche e chimiche degli elementi: Teoria dell'atomo e conoscenza umana, Mimesis Edizioni, **2018**, 239-244. ISBN: 8857537277.

Articoli recenti e stato dell'arte:

9. R. Hoffmann, S. Shaik, P. C. Hiberty, A conversation on VB vs MO theory: A never-ending rivalry?, *Accounts of Chemical Research*, **2003**, 36, 750-756. DOI: <https://doi.org/10.1021/ar030162a>.
10. G. Frenking, S. Shaik, The chemical bond: fundamental aspects of chemical bonding, Wiley-VCH, **2014**, 1-439. ISBN: 9783527333141. DOI: 10.1002/9783527664696.
11. M. Sutton, The bonds that bind, *Chemistry World*, **2016**, 13(1), 58.
12. L. Zhao, S. Pan, N. Holzmann, P. Schwerdtfeger, G. Frenking, Chemical bonding and bonding models of main-group compounds, *Chemical Reviews*, **2019**, 119, 8781-8845; DOI: 10.1021/acs.chemrev.8b00722.
13. P. Politzer, J. S. Murray, A look at bonds and bonding, *Structural Chemistry*, **2019**, 30, 1153-1157 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11224-019-01364-3>).
14. L. Zhao, W. H. E. Schwarz G. Frenking, The Lewis electron-pair bonding model: the physical background, one century later, *Nature Reviews Chemistry*, **2019**, 3, 35-47. DOI: doi.org/10.1038/s41570-018-0052-4.
15. L. Zhao, W. H. E. Schwarz G. Frenking, The Lewis electron-pair bonding model: modern energy

decomposition analysis, *Nature Reviews Chemistry*, **2019**, 3, 48-63. DOI: doi.org/10.1038/s41570-018-0060-4.

16. S. Nordholm, G. B. Bacskay, The basics of covalent bonding in terms of energy and dynamics; *Molecules*, **2020**, 25, 2667. DOI:10.3390/25112667.
17. D. S. Levine, M. Head-Gordon, Clarifying the quantum mechanical origin of the covalent chemical bond, *Nature Communications*, **2020**, 11, 4893. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18670-8>.

Articoli relativi agli aspetti didattici:

18. M. Chastrette, M. B. Larrouy, K. Bouraoui, Il modello VSEPR e la sua evoluzione, *CnS - La Chimica nella Scuola*; Gennaio-Febbraio **1999**, 8-12.
19. R. K. Coll and N. Taylor, Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students, *Journal of Research in Science and Technology*, **2001**, 19(2), 171-191.
20. K. S. Taber and R. K. Coll, Bonding, in *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (Eds. J. K. Gilbert et al.), Kluwer Academic Publisher, Chapter 10, **2002**.
21. R. J. Gillespie, Teaching molecular geometry with the VSEPR model, *Journal of the Chemical Education*, **2004**, 81, 298-304.
22. G. Frenking, A. Krapp, Unicorns in the world of chemical bonding models, Wiley InterScience, **2006**. DOI: 10.1002/jcc.20543.
23. H.-J. Schmidt, B. Kaufmann, D.F. Treagust, Students' understanding of boiling points and intermolecular forces, *Chemistry Education Research and Practice*, **2009**, 10, 265-272.
24. T. L. Nahum, R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, K. S. Taber, Teaching and learning the concept of chemical bonding, *Studies in Science Education*, **2010**, 46, 179-207, DOI: 10.1080/03057267.2010.504548.
25. M. Croft and K. de Berg, From common sense concepts to scientifically conditioned concepts of chemical bonding: An historical and textbook approach designed to address learning and teaching issues at the secondary school level, *Science & Education*, **2014**, 23, 1733-1761.
26. E. Erman, Factors contributing to students' misconceptions in learning covalent bonds, *Journal of Research in Science Teaching*, **2017**, 54 520-537.

Resoconto dell'edizione 2020 della Scuola di Didattica della Chimica “Giuseppe Del Re”

La didattica a distanza (dad) e la chimica

Comitato Organizzativo della Scuola

Paola Ambrogi (Consigliere DDSCI), Valentina Domenici (Consigliere DDSCI),
Anna Maria Madaio (Consigliere DDSCI), Margherita Venturi (Presidente DDSCI)

Comitato Scientifico della Scuola (Consiglio Direttivo DDSCI)

Eleonora Aquilini, Paola Ambrogi, Anna Caronia, Valentina Domenici, Maria Funicello,
Anna Maria Madaio, Francesca Turco, Margherita Venturi, Giovanni Villani



Margherita Venturi

Presidente della Divisione di Didattica

Introduzione

La Scuola: un po' di storia

L'obiettivo, forse un po' ambizioso, della Divisione di Didattica della SCI è sempre stato quello di essere un punto di riferimento per i docenti universitari e per gli insegnanti della scuola di ogni ordine e grado; questo è il motivo per cui nel 2016 è nata, all'interno della Scuola di Didattica Chimica e di Ricerca Educativa “Ulderico Segre” dedicata ai docenti universitari, la I Scuola di Formazione per insegnanti delle scuole superiori di secondo grado. Il successo e l'interesse sono stati tali da far sì che essa diventasse un appuntamento fisso. Nel 2018 Giovanni Villani, allora Presidente della Divisione, ha proposto con l'approvazione unanime del Consiglio Direttivo, di intitolare la Scuola al Prof. Giuseppe Del Re, un grande uomo di scienza ed epistemologo, impegnato anche nella didattica e nella formazione delle nuove generazioni.

Edizione 2020 della Scuola

Nel 2020 la scuola è stata travolta dalla pandemia COVID-19 e, allora, la Divisione di Didattica ha pensato di aiutare gli insegnanti dedicando la Scuola

Nazionale di Didattica della Chimica “Giuseppe Del Re” al tema *La Didattica a Distanza (DAD) e la Chimica*. Inoltre, poiché la Chimica è una disciplina a forte connotazione sperimentale, particolare attenzione è stata dedicata alla possibilità di organizzare laboratori a distanza, che in questo momento di confinamento rappresentano l'unico mezzo per far entrare gli studenti in laboratorio, anche se virtualmente.

In accordo con il suo tema la Scuola si è svolta rigorosamente on-line, cosa che ha offerto almeno tre vantaggi: ha permesso la partecipazione di molti più docenti rispetto alle edizioni precedenti; è stata una valida occasione per verificare “sul campo” le potenzialità e i problemi legati alla DAD; ha offerto la possibilità di cambiare l'organizzazione della Scuola stessa; infatti, invece dei canonici tre o quattro giorni, è stata suddivisa in tre fasi distinte che hanno coperto circa quattro mesi (vedi programma allegato).

Prima fase

Per quanto riguarda questa fase sono stati previsti tre incontri pomeridiani dalle 15 alle 18 nei giorni 12, 16 e 18 novembre 2020.

Il primo incontro ha visto la presenza di relatori universitari che hanno affrontato gli aspetti più progettuali e pedagogici della Didattica a Distanza e l'analisi di alcuni dati statistici raccolti a livello nazionale per verificare l'efficacia o meno di questa modalità didattica:

- Prof.ssa Ira Vannini, Università di Bologna
DAD: questioni aperte sulla didattica e la valutazione - Uno sguardo a partire dall'indagine nazionale della SIRD
- Prof. Renato Lombardo e Prof.ssa Antonella Maria Maggio, Università di Palermo
UNI@HOME: un primo sguardo alla didattica a distanza della chimica all'Università
- Prof.ssa Maria Antonella Galanti, Università di Pisa
Emergenza coronavirus come occasione per un ripensamento critico della didattica
- Prof. Pier Cesare Rivoltella, Università Cattolica di Milano
Fare design didattico: il conversational framework di Diana Laurillard

Il secondo e il terzo incontro si sono, invece, focalizzati su esempi di laboratori a distanza che la Divisione di Didattica ha selezionato non solo per il grande coinvolgimento mostrato dagli studenti, ma anche per aver affrontato temi legati alla sostenibilità e/o al territorio.

- *DAD-Spectroscopy: attività laboratoriale a distanza di introduzione alla spettroscopia*
Docenti formatori: Valentina Domenici e Sandro Jurinovich
- *Luce e colore: un laboratorio a distanza per Scienze della Formazione Primaria*
Docenti formatori: Margherita Venturi e Marianna Marchini
- *"Giallo" e dintorni: proposte di percorsi didattici differenziati*
Docenti formatori: Maria Funicello e Anna Maria Madaio
- *Acidi, Basi e Sali: un percorso didattico laboratoriale e multimediale*
Docenti formatori: Eleonora Aquilini e Ugo Cosentino

In questi due incontri sono stati inoltre presentati i video vincitori del bando CIAK (re)Azione (<https://www.soc.chim.it/it/gruppi/cultura/news/ciakreazione>) promosso dal Gruppo Interdivisionale di Diffusione della Cultura Chimica.

Seconda fase

La Scuola è poi proseguita con un'attività in cui sono stati coinvolti i partecipanti che, singolarmente o in gruppo, hanno

elaborato proposte di laboratori; queste proposte hanno preso spunto dagli esempi presentati nei due pomeriggi della Scuola, ma in alcuni casi hanno anche riguardato un'implementazione e/o una rielaborazione di ciò che la/il docente aveva sviluppato/sperimentato nella sua scuola durante l'emergenza COVID-19. Le/gli insegnanti in questa fase del lavoro hanno avuto il supporto dei docenti formatori dei laboratori presentati nella prima fase, con i quali hanno avuto ripetuti incontri on-line, e, successivamente, hanno sperimentato quanto elaborato con le rispettive classi in modalità on-line o, quando possibile, in presenza. Questa fase, che si sarebbe dovuta concludere entro dicembre-gennaio, in realtà ha richiesto più tempo del previsto a causa dei ripetuti lockdown che ha subito la scuola.

Terza fase

L'ultima fase della Scuola di quest'anno ha riguardato la restituzione da parte dei partecipanti che hanno presentato a tutti i progetti elaborati e i risultati della sperimentazione in classe. Dato il numero considerevole dei docenti che hanno completato il lavoro (più di 50), le presentazioni hanno richiesto 11 pomeriggi nel periodo 4 - 31 marzo (**per i video delle restituzioni contattare la Divisione di Didattica**).

Considerato il periodo difficile che sta attraversando la scuola c'è veramente da rimanere ammirati per la qualità eccellente di quanto i docenti hanno prodotto e per il coinvolgimento degli studenti che, realizzando laboratori casalinghi, hanno dimostrato abilità e creatività stupefacenti.

Nelle pagine che seguono sono riportati i riassunti delle relazioni tenute durante la prima fase della Scuola, con il link ai video delle relazioni complete.



Ira Vannini

Dipartimento di Scienze Dell'Educazione “Giovanni Maria Bertin” – Università di Bologna

✉ ira.vannini@unibo.it

DAD: questioni aperte sulla didattica e la valutazione

Uno sguardo a partire dall'indagine nazionale della SIRD

L'intervento parte con un'analisi dei principali risultati della ricerca nazionale condotta dalla SIRD (Società Italiana di Ricerca Didattica) dal titolo “Per un confronto sulle modalità di didattica a distanza adottate nelle scuole italiane nel periodo di emergenza COVID-19”, ricerca che è stata realizzata in collaborazione con le associazioni degli insegnanti (AIMC, CIDI, FNISM, MCE, SALTAMURI, UCIIM) e che ha visto la partecipazione di molte Università italiane. L'obiettivo della ricerca non è stato quello di valutare l'operato del Ministero, delle scuole e tanto meno degli insegnanti nel momento in cui, a seguito del primo lockdown, si è passati dalla didattica in presenza alla didattica a distanza (DAD), ma ha voluto mettere a fuoco quanto è successo alla scuola italiana e alla didattica nella primavera del 2020, ponendo attenzione a quanto è stato possibile realizzare nel periodo di emergenza COVID-19.

La ricerca ha riguardato la preparazione di un questionario rivolto agli insegnanti delle scuole di ogni ordine e grado, aperto on line dall'8 aprile al 15 giugno 2020. In questo intervallo di 11 settimane hanno risposto 16.133 insegnanti, un numero che rappresenta circa il 2% degli insegnanti italiani, con un'ampia rappresentazione del territorio nazionale; infatti, le risposte sono pervenute da 1834 comuni, pari a circa il 23% dei comuni italiani e hanno coinvolto più del 70% della popolazione studentesca italiana.

Il questionario, molto articolato e corposo, con le sue 122 domande ha analizzato i seguenti aspetti: l'impatto della didattica a distanza sulla rimodulazione della programmazione; gli strumenti tecnologici utilizzati; le strategie didattiche utilizzate; la preparazione degli insegnanti a svolgere le lezioni on line; le criticità incontrate; la qualità delle forme di collaborazione attivate; i problemi nella valutazione degli studenti; gli interventi realizzati per gli studenti con disturbi specifici dell'apprendimento e bisogni

educativi speciali; la valutazione complessiva dell'esperienza.

L'indagine ha messo in luce problematiche da sempre presenti nei contesti scolastici (ancor più accentuate dalla chiusura delle scuole e dal passaggio alla DAD) e ha aperto interrogativi importanti sui vincoli e le risorse con i quali fare i conti per progettare il rinnovamento della nostra scuola. In particolare, come era prevedibile, le maggiori criticità hanno riguardato l'aumento dei tempi di lavoro dei docenti oltre ad una loro percezione di inadeguatezza delle modalità di valutazione degli apprendimenti; ma sono risultati rilevanti anche i problemi tecnici, perché molti docenti non erano pronti, o meglio non avevano avuto un'adeguata formazione, ad utilizzare le tecnologie più efficaci per la didattica a distanza.

C'è poi un altro aspetto dolente: l'importanza della presenza di una rete infrastrutturale e di una connettività efficienti per rendere sostenibili le attività didattiche a distanza, cosa che durante il lockdown ha colto impreparate molte aree del territorio nazionale e di conseguenza anche molte scuole che hanno subito la mancanza di connessioni adeguate alla rete internet.

Purtroppo, l'elemento più preoccupante messo in luce dall'indagine, è infine quello riferibile alla quantità di bambini e bambine, ragazzi e ragazze non raggiunti dalla DAD. Secondo la stima dei partecipanti alla ricerca, un quarto degli studenti è stato raggiunto solo parzialmente (18%) o per nulla (8%) dall'insegnamento a distanza; percentuali queste che riguardano tutti i livelli scolastici e che salgono fino al 37% nella scuola dell'infanzia. Complessivamente, dunque, dalle stime che gli insegnanti hanno restituito, circa due milioni di studenti durante il lockdown hanno avuto un'esperienza di scuola poco o per nulla adeguata.

Si tratta di un panorama che lascia un forte senso di inquietudine, ancor più ora dopo un nuovo anno scolastico drammatico, di aperture e chiusure che hanno lasciato “senza scuola” i nostri giovani per tempi lunghissimi, mai prima nemmeno immaginabili. Attraverso l’analisi dei dati Sird è stato fin da subito possibile osservare che l’emergenza ha avuto un impatto fortissimo sul mondo della scuola, trovando un sistema scolastico che trascinava da tempo una quantità di problemi irrisolti: dalla scarsità degli organici ad una situazione edilizia inadeguata, dalla ristrettezza delle risorse alla formazione iniziale e alle modalità di reclutamento degli insegnanti, fino alle normative sulla valutazione del profitto degli studenti.

Oggi siamo consapevoli che il fenomeno del cosiddetto *learning loss* si sta drammaticamente accen-

tuando e, dalle ricerche internazionali già disponibili, sappiamo che colpisce in modo ben più forte studenti e studentesse con svantaggio socio-economico e culturale. Sarà necessario che tutte le forze disponibili – politiche, istituzionali, del mondo accademico e scientifico – sentano la responsabilità di quanto accaduto e dedichino ampie energie e risorse per progettare e accompagnare il recupero degli “apprendimenti perduti” e il rinnovamento della nostra scuola.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

<https://youtu.be/4JMFhMP88B0>

Renato Lombardo e Antonella Maggio

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche, Università di Palermo

✉ renato.lombardo@unipa.it; antonella.maggio@unipa.it

UNI@HOME: sondaggio sulla didattica a distanza

Come è ben noto, il 9 marzo del 2020 l’Italia si avviava a un lungo periodo di lockdown durante il quale, fra le altre limitazioni, la didattica di ogni scuola e dell’università veniva trasformata in una attività a distanza.

Come quasi tutti gli altri docenti, ci siamo trovati d’improvviso a confrontarci con questa nuova modalità di insegnamento senza aver avuto una formazione adeguata, né aver avuto modo di capire se gli studenti fossero nelle giuste condizioni ambientali e tecnologiche per poterne usufruire. Dovendo fare di necessità virtù, la scelta di strumenti, metodi e tempi è spesso stata dettata più dall’urgenza del momento che da una riflessione approfondita.

Per comprendere meglio questo cambiamento che aveva coinvolto studenti e docenti in egual modo, ma con specificità diverse, abbiamo quindi formulato un questionario per chiedere la loro opinione. Le motivazioni erano molteplici:

- conoscere meglio il target al quale ci stavamo rivolgendo: chi erano gli studenti che stavano se-

guendo le lezioni a distanza, quali strumenti tecnici avevano a disposizione, quale era il contesto nel quale si trovavano a seguire le lezioni;

- capire se la modalità che avevamo scelto fosse adeguata ed efficace ed eventualmente intervenire con opportuni fattori correttivi, dato che il questionario è stato elaborato nel periodo di sospensione delle attività fra la prima e la seconda parte del secondo semestre;
- cogliere, se fossero emersi, i lati positivi di questa modalità per poterli eventualmente integrare nella didattica degli anni futuri, anche in presenza, per ampliarne potenzialità ed efficacia.

Il questionario era rivolto inizialmente solo agli studenti dei nostri insegnamenti. Successivamente, considerando che le motivazioni che lo avevano ispirato avessero carattere generale, abbiamo pensato di estenderlo a docenti e studenti dei corsi di laurea in chimica, triennali e magistrali in tutta Italia, individuati grazie alla preziosa collaborazione

della Conferenza Nazionale Corsi di Laurea di Area Chimica (ConChimica).

La partecipazione al questionario è stata su base volontaria e quindi le risposte ottenute non costituiscono necessariamente un campione rappresentativo. Ciononostante, i dati che abbiamo raccolto riteniamo permettano di fare alcune considerazioni che potrebbero essere uno dei possibili punti di partenza per una riflessione più ampia, la quale dovrà certamente includere anche molti altri dati e punti di vista.

I risultati ottenuti sono stati a volte inaspettati ma nel complesso però sembrano indicare un successo, almeno in parte, per le attività di didattica a distanza svolte fino ad allora.

Alcuni aspetti, a nostro avviso, richiedono particolare attenzione:

- sicuramente la attività a distanza limitano le interazioni fra pari e con il docente. Pertanto, crediamo che siano da incentivare attività di gruppo che stimolano sia le interazioni fra pari che con il docente. Ovviamente queste richiedono un notevole impegno in termini di tempo e di risorse;
- sarebbe auspicabile una riflessione sulla fruizione sincrona o asincrona delle lezioni. Quest’ulti-

ma, dovrebbe passare, secondo noi, attraverso la registrazione di lezioni “in diretta”;

- nonostante una moderata soddisfazione dei docenti per le attività di verifica svolte, dalle prime indicazioni ottenute dall’analisi delle risposte libere, osserviamo in loro anche una certa frustrazione e sarà quindi necessario un approfondimento del modo in cui viene condotta;
- le attività di laboratorio, vanno ripensate per una didattica a distanza, seppure con tutti gli inevitabili limiti. Per superarli, sarebbe opportuno implementare attività complementari, preliminari e successive a quelle in laboratorio.

In conclusione, riteniamo che la didattica a distanza non possa rimpiazzare la didattica in presenza, anche se la può integrare in modo spesso estremamente efficace.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:
<https://youtu.be/YRGCV3hBUSA>

Maria Antonella Galanti

Dipartimento di Filosofia – Università di Pisa

✉ galanti@unipi.it

Emergenza coronavirus come occasione per un ripensamento critico della didattica

La didattica a distanza resa necessaria dall’emergenza inaspettata, è stata praticata nelle modalità più diverse, pur nello sforzo unanime di docenti di tutti gli ordini e gradi di scuola, compresi quelli di sostegno, di sopperire in qualche modo alla criticità.

Sono entrate in gioco molte variabili sulle quali sarebbe stato necessario riflettere prima dell’emergenza, in relazione alle più generali trasformazioni sociali. Ci si riferisce, in particolare, al rapporto della scuola e di ciascun docente con le tecnologie, sia in

senso pratico, sia in senso ideologico, come visione delle stesse e delle loro criticità nonché dei loro risvolti positivi.

I problemi di una didattica a distanza improvvisata, che si è risolta spesso in un tentativo di imitazione di quella in presenza – e non poteva essere altrimenti, nell’emergenza – invece che nell’applicazione di specifiche metodologie di insegnamento-apprendimento, sono di varia natura. Ci sono, poi, i problemi non strettamente didattici, come, per esempio, l’enorme divario socioeconomico tra gli alunni, ma

anche altri legati all'intrusione da parte dei docenti in ambienti domestici privati e alla possibile confusione di ruoli tra figure diverse, come docenti e genitori o altri familiari.

L'emergenza ha messo in luce aspetti di criticità del sistema scolastico non certo recenti. Non ci si riferisce tanto ai docenti di per sé, che nella stragrande maggioranza hanno profuso energie e fatica per adeguarsi alla situazione, quanto al modello aziendalistico di scuola che ha preso piede negli ultimi anni, in contrasto, per giunta, con il venire meno progressivo delle risorse dedicate agli edifici e al reclutamento del personale.

La didattica a distanza ha rappresentato, spesso, una brutta copia di quella in presenza e dunque le criticità preesistenti si sono centuplicate. Questa considerazione vale anche per la tematica della scuola inclusiva, che non vuol dire inserimento di alunni più sfortunati o fragili nella scuola così com'è, ma rendere la scuola un po' diversa per tutti, utilizzando di più e meglio forme di didattica differenziata.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

<https://youtu.be/l8Sm1V4TeNQ>

Pier Cesare Rivoltella

Dipartimento di Pedagogia – Università Cattolica di Milano

✉ piercesare.rivoltella@unicatt.it

Fare design didattico: il Conversational Framework di Diana Laurillard

Il contributo parte dall'analisi del termine *design*, sul quale Diana Laurillard ha costruito un bel libro e nel cui titolo "*Teaching as a Design Science*" avanza l'ipotesi che l'insegnamento sia una scienza del design, riflettendo su ciò che accomuna il design e l'insegnamento. Quando si prova a tradurre in italiano il termine design non si trova di meglio che parlare di progettazione e, così, il titolo del libro diventa "*L'insegnamento come scienza della progettazione*". Il tema è, dunque, la progettazione didattica che non si può ritenere un optional, ma un qualcosa di essenziale che comporta almeno due livelli.

Il primo livello è quello della *macroprogettazione*; riguarda il percorso che guida l'insegnante dalle Indicazioni Nazionali al curriculum di scuola, per arrivare alla costruzione della rubrica delle competenze. L'insegnante parte dal curriculum di scuola identificando di volta in volta gli elementi su cui basare la progettazione della lezione e delle prove di valutazione; questo processo individuale, che porta dal curriculum di scuola alla pratica di classe, si definisce *microprogettazione* e comporta due azioni di grande impor-

tanza: la trasposizione e la regolazione. La prima riguarda il passaggio dal sapere che dispone il docente al sapere che deve essere insegnato: è lo spazio della mediazione didattica, dell'adattamento dei concetti perché vengano appresi dagli studenti. La regolazione, invece, ha lo scopo di trovare continuamente un allineamento tra il docente e gli elementi che compongono la situazione didattica (studenti e setting): la classe è un sistema che va mantenuto in equilibrio, cosa non facile perché l'equilibrio si altera di continuo e di continuo il docente deve ristabilirlo.

Nell'organizzazione di una sessione di lavoro in classe devono poi essere riconosciuti almeno i tre seguenti livelli. Vi è anzitutto un *livello architettonico* (o ingegneristico): si opera sul contenuto, si predispongono metodi e tecniche alla quali si intende far ricorso, si studia la tempistica dell'intervento e si pianificano le TLA (Teaching and Learning Activities). L'adozione di un metodo, in questo caso, aiuta perché fornisce al docente una traccia da seguire, un format da utilizzare; si può decidere, ad esempio, di

lavorare per EAS (Episodi di Apprendimento Situato), o di optare per il Cooperative Learning, o ancora di basare il momento didattico sulla ricerca o sulla lezione. Al cuore di ciò c'è la scelta del contenuto su cui costruire l'attività in modo da far raggiungere alla classe il traguardo di competenza desiderato. Qui si incontra un secondo livello del lavoro di design che può essere definito *livello ergonomico*: esso fa i conti con il carico cognitivo, il livello di impegno, la difficoltà intrinseca che la bravura dell'insegnante deve sciogliere, cercando di non rendere le cose più difficili di quanto non siano. Da ultimo si trova un terzo livello del lavoro di design che con la diffusione del digitale e della didattica a distanza è diventato di particolare importanza: si tratta del *livello grafico*,

quello che si riferisce al layout e alla formattazione dell'attività didattica. Ciò comporta che il vecchio kit dell'insegnante, fatto di schede cartacee e di fotocopie, si aggiorni digitalizzandosi; a questo proposito occorre ricordare che l'apprendimento del contenuto dipende in larga parte dalla possibilità che venga compreso correttamente che, a sua volta, dipende alla chiarezza con cui viene presentato.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link: <https://youtu.be/Z99CL3aGsf8>



Sandro Jurinovic^a e **Valentina Domenici**^b

a) Istituto Tecnico “C. Cattaneo”, San Miniato (Pisa)

b) Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale – Università di Pisa

✉ sandro.jurinovich@cattaneodigitale.it; valentina.domenici@unipi.it

DAD-Spectroscopy: attività laboratoriale a distanza di introduzione alla spettroscopia

La spettroscopia è un argomento che viene affrontato per la prima volta nella scuola secondaria di II grado con un livello di approfondimento che dipende molto dal tipo di scuola (liceo, istituto tecnico, istituto professionale, ...) e dal tipo di indirizzo (liceo di scienze applicate, istituto tecnico ad indirizzo chimico-biologico, liceo scientifico, etc...). Alcune esperienze di introduzione alla spettroscopia a livello di istituti tecnici e di licei scientifici basate su attività laboratoriali *inquiry-based* sono state documentate in precedenza da uno degli autori, in ambito non formale, come quello museale, [1, 2] durante percorsi di “alternanza scuola lavoro” [3] e a supporto degli insegnanti durante questo ultimo anno di emergenza COVID-19 [4]. La realizzazione di un colorimetro a scopo didattico, sfruttando sensori e microcontrollori, è stato inoltre presentato in una edizione precedente della scuola di formazione degli insegnanti di didattica della chimica (edizione 2018).

In occasione della V^a Scuola Nazionale di Didattica della Chimica “Giuseppe Del Re”, abbiamo deciso di porre un'attenzione particolare nel costruire un percorso didattico completo sulla Spettroscopia, flessibile e modulare, in modo che ogni singolo insegnante, sulla base del livello scolastico della propria scuola e classe, potesse utilizzare una o più parti del percorso, o, ispirandosi al materiale fornito, costruire una sua personale sequenza didattica. Un ulteriore aspetto caratteristico di questo percorso è stato il riferimento al contesto attuale, in cui molte scuole secondarie di II grado ancora lavorano totalmente o in parte con la modalità a distanza, secondo gli acronimi DAD (didattica a distanza) o DDI (didattica digitale integrata). Per facilitare il lavoro da parte degli insegnanti che hanno partecipato alla scuola di formazione con il gruppo di lavoro “DAD-Spectroscopy: attività laboratoriale a distanza di introduzione alla spettroscopia” è stato realizzato un sito



Fig. 1 Schermata della home-page della pagina web dedicata all'attività "DAD Spectroscopy" [5].

web dedicato all'insegnamento della spettroscopia a livello di scuola secondaria di II grado. [5] Il sito web raccoglie risorse multimediali (brevi video didattici, fotografie, presentazioni, appunti, schede didattiche, ecc...) che possono essere utilizzate dagli insegnanti per la progettazione e la realizzazione di percorsi didattici personalizzati da proporre in classe. Dalla pagina principale del sito (vedi Figura 1) è possibile accedere ai materiali che sono stati organizzati in sei moduli che, nel loro complesso, costituiscono un percorso completo di introduzione alla spettroscopia.

I moduli sviluppati sono: *Natura corpuscolare della luce*, *Natura ondulatoria della luce*, *Spettroscopi e osservazione di spettri di emissione*, *Misura della lunghezza d'onda della luce emessa da un led*, *Verso lo spettrofotometro* e *Applicazioni analitiche*.

L'attività, ancora parzialmente in corso, sarà la base per un successivo lavoro dedicato alla spettroscopia a livello di scuola secondaria che servirà anche per avere una più ampia panoramica sulle esperienze fatte in Italia nelle diverse scuole e indirizzi.

Bibliografia

- [1] V. Domenici, L. Sentieri, G. Silvi, A. Lenzi, "Fare Chimica con la Luce": attività didattiche di introduzione alla spettroscopia, *CnS - La Chimica nella Scuola*, 2018, 3, 53. Link: <http://www.aracneeditrice.it/index.php/estratto.html?item=10.4399/97888255168214&isbn=9788825516821>
- [2] V. Domenici, Fare Chimica con la Luce: la Spettroscopia, in *Atti di Pianeta Galileo*, 2012, 1, 57.

Link: <http://studylibit.com/doc/5256046/fare-chimica-con-la-luce---consiglio-regionale-della-toscana>

- [3] V. Domenici, *Insegnare e apprendere Chimica*, Mondadori Università, Firenze, 2018 (parte quarta: sessione F).
- [4] V. Domenici, Didattica della Chimica a Distanza: attività con gli studenti universitari e a supporto degli insegnanti di scuole primarie e secondarie, *La Chimica e L'Industria*, 2021, Anno V, n° 1, gennaio-febbraio, 59.
- [5] Sito web "DAD: SPECTROSCOPY", 29 Marzo 2021 (ultimo accesso): <https://sites.google.com/cattaneodigitale.it/spettroscopia/>

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

<https://youtu.be/NqaOFUtn6Nw>

Marianna Marchini e Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician” – Università di Bologna

✉ marianna.marchini2@unibo.it; margherita.venturi@unibo.it

Luce e colore: un laboratorio a distanza per Scienze della Formazione Primaria

Introduzione

A partire dall’A.A. 2018-2019, il terzo anno del corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell’Università di Bologna è stato protagonista di una riorganizzazione strategica del piano di studi: le discipline scientifiche sono state riunite nel secondo semestre ed è stato introdotto, accanto al laboratorio disciplinare già obbligatorio per gli studenti, un laboratorio trasversale alla Fisica, Chimica, Ecologia e Biologia, che prevede una serie di attività a ponte tra le quattro discipline scientifiche coinvolte. Lo scopo di questo laboratorio, che si è focalizzato sull’acqua e al quale è stato dato l’accattivante titolo “*Non solo H₂O: le insospettabili doti dell’acqua*”, è quello di dimostrare che uno stesso argomento può essere esplorato con differenti chiavi di lettura e che solo dall’integrazione di tutte le chiavi di lettura è possibile “leggere” l’argomento nella sua globalità.

Gli spazi utilizzati per la conduzione dei laboratori di Scienze sono quelli dell’Opificio Golinelli a Bologna, spazi adeguati all’elevato numero di studenti iscritti al corso di laurea. Con l’avvento della pandemia, però, non avendo accesso a tale struttura, è stato necessario ripensare e riprogettare le attività previste per i laboratori in un’ottica di erogazione a distanza. Nello specifico si illustra il lavoro di progettazione fatto per il laboratorio disciplinare di Chimica.

Il laboratorio disciplinare di Chimica

Le attività previste per il laboratorio di Chimica in presenza riguardano in modo particolare l’interazione della luce con la materia, con l’obiettivo di mettere in evidenza i diversi ruoli che la luce può giocare. Infatti, la luce può essere un vero e proprio reagente in una reazione chimica, che in questo caso viene definita fotochimica; può essere emessa

in seguito all’assorbimento di energia da parte di un atomo o molecola, fenomeno che prende il nome di luminescenza; può essere assorbita da una molecola che cambia la sua struttura molecolare e anche il suo colore, fenomeno noto come fotocromismo; infine, la luce può essere uno dei prodotti di una reazione chimica che, quando ciò si verifica, viene detta chemiluminescente. Durante il laboratorio in presenza, viene proposta un’attività per ciascun aspetto: l’antotopia come esempio di reazione fotochimica, i saggi alla fiamma e la luminescenza della calceina, che fra l’altro può essere spenta e accesa in presenza di opportune sostanze, per quanto riguarda l’emissione di luce, la reazione dello spiropirano, come esempio di reazione fotocromica, e infine la reazione chemiluminescente del luminolo.

Il passaggio dal laboratorio di Chimica in presenza a quello “virtuale”

La progettazione delle attività nel passaggio dal laboratorio “in presenza” a quello “virtuale” ha dovuto tener conto di diversi fattori, tra cui la reperibilità dei materiali e le attrezzature/spazi necessari per ottenere risultati ottimali. Alla luce di queste considerazioni, si è deciso sia di utilizzare video-esperimenti che di coinvolgere il più possibile gli studenti, anche se da lontano, stimolandoli a progettare esperimenti con materiali “casalinghi”.

Il laboratorio virtuale si apre chiedendo agli studenti *Come si origina il colore?* e attraverso un interessante dibattito si arriva a dimostrare che il colore non è una proprietà intrinseca di un oggetto, ma che dipende sia dalla luce che lo illumina (video-esperimento) sia dalla sensibilità dell’occhio che guarda. Segue la visione del video-esperimento sul comportamento della molecola spiropirano,



Esempio di antotipia che sfrutta la clorofilla come pigmento fotosensibile.

che per assorbimento di radiazione UV subisce un cambio consistente e reversibile nella sua struttura molecolare e del suo colore, proprietà alla base del funzionamento delle lenti fotocromatiche e di alcuni capi di abbigliamento nei quali si sviluppano disegni se esposti alla luce solare.

Il colore è anche alla base di molte tecniche analitiche; ne sono esempi i saggi alla fiamma (video-esperimento) e la cromatografia, una tecnica separativa che può essere sperimentata con studenti anche molto piccoli utilizzando materiali a loro noti come i pennarelli; quando è applicata all'estratto della foglia di spinacio, la cromatografia consente di spiegare un fenomeno che affascina molto i bambini: il cambiamento dei colori delle foglie all'avvicinarsi delle stagioni.

Oltre al verde e al giallo-arancio che colorano le foglie e non solo, in natura si trovano tanti altri colori: il rosso, il viola, il blu tipici di molti ortaggi e di molti fiori. Si tratta dei pigmenti naturali che possono essere estratti ed utilizzati per diversi scopi: per dipingere, per tingere i tessuti e come indicatori di pH. Si possono addirittura sfruttare in ambito fotografico; l'antotipia, infatti, sfrutta una sostanza fotosensibile di origine vegetale, nello specifico lo spinacio, per ottenere una stampa fotografica.

Con la visione del video-esperimento sull'antotipia si conclude la prima parte del laboratorio, che è fondamentalmente guidata dal docente, e si apre la seconda parte che, invece, prevede lavori

di gruppo. È stato possibile mantenere questa attività, che si è rivelata importante nel laboratorio erogato in presenza, utilizzando la piattaforma Teams di Microsoft che, con la creazione di stanze virtuali, consente la suddivisione in gruppi all'interno dei quali gli studenti possono attivare videocamera e microfono, condividere materiali e interfacciarsi con il docente che può muoversi agilmente tra i gruppi stessi. Prendendo spunto dagli argomenti affrontati nella prima parte del laboratorio, ogni gruppo ha progettato un'unità didattica contenente un'introduzione storica sul tema scelto, un esperimento declinato per la scuola primaria e per l'infanzia e realizzato utilizzando materiali "casalinghi", e i possibili collegamenti inter- e trans-disciplinari. Alla fine del laboratorio, in un incontro predisposto ad hoc, i gruppi hanno condiviso e discusso le unità didattiche progettate; la discussione è stata vivace e didatticamente molto utile perché gli studenti si sono resi conto della semplicità con cui si possono realizzare esperimenti di Chimica e quanto questa disciplina pervada la nostra vita quotidiana.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link: <https://youtu.be/PgIhfEQ4L2E>

Maria Funicello ^a e Anna Maria Madaio ^b

a) Dipartimento di Scienze – Università della Basilicata

b) IIS “Basilio Focaccia” – Salerno

✉ maria.funicello@unibas.it; annamariamadaio@libero.it

“Giallo” e dintorni: proposte di percorsi didattici differenziati

La scelta dell’argomento oggetto di questa comunicazione è scaturita dall’idea di voler suggerire ai docenti esempi di percorsi didattici accompagnati da attività laboratoriali facilmente riproducibili in ambito domestico. Tali attività possono essere proposte come Unità di Apprendimento (UDA) trasversali, con diversi livelli di approfondimento nella scuola secondaria di secondo grado (biennio tecnici e professionali, triennio tecnici a indirizzo chimico e licei), ma potrebbero essere adattate anche alla scuola primaria e alla secondaria di primo grado, nonché ai corsi universitari di didattica della chimica.

Partendo dai colori, e in particolare dal giallo, scelto come filo conduttore, sono stati forniti numerosi spunti didattici per la trattazione di concetti fondamentali della chimica (interazione luce materia, solubilità, soluzioni e sospensioni, tecniche di isolamento e purificazione, proprietà acido-base delle molecole organiche, reazioni di sintesi ecc.) attraverso lo sviluppo di tematiche trasversali correlate agli Obiettivi dell’Agenda 2030, come l’educazione alimentare e l’educazione ambientale. La finalità della trattazione è stata quella di permettere allo studente di ritrovare la chimica nella vita di tutti i giorni e, attraverso la didattica laboratoriale, di acquisire la capacità di approcciare scientificamente un problema e di giungere a una soluzione, mettendo in gioco le competenze acquisite e diventando protagonista del proprio apprendimento.

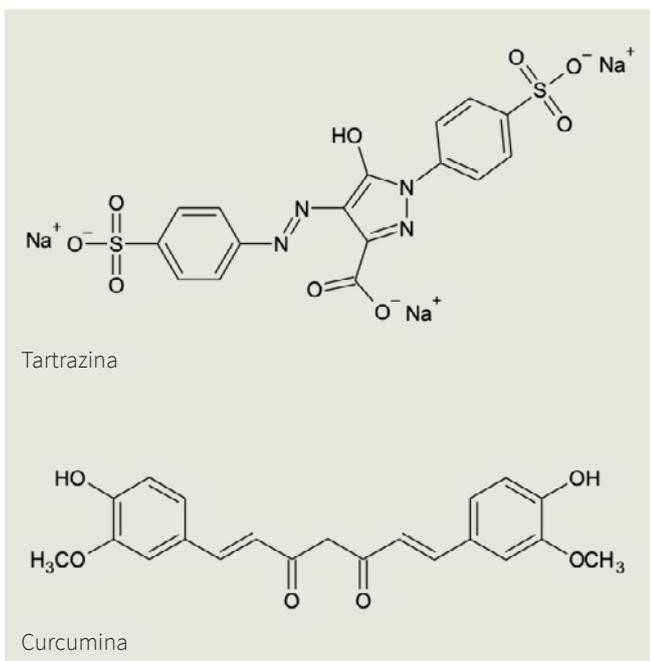
In primo luogo, il percorso didattico è stato introdotto ai docenti dal punto di vista teorico, allo scopo di inquadrare i contenuti disciplinari da far sviluppare agli studenti. Successivamente, sono state proposte le attività laboratoriali correlate, a diverso grado di complessità, da sviluppare principalmente secondo la metodologia dell’Inquiry Based Learning e da realizzare in un laboratorio scolastico o in un laboratorio domestico in piena sicurezza, utilizzando sostanze facilmente reperibili in casa.

Nella nostra comunicazione, il percorso didattico proposto ai docenti è stato sperimentato nel triennio di un Istituto Tecnico Tecnologico, articolazione Chimica e Materiali, nell’ambito della disciplina Chimica Organica e Biochimica. Tuttavia, gli argomenti trattati possono essere oggetto di approfondimenti specifici, trasversali alle altre discipline di indirizzo, in particolare la Chimica Analitica e Strumentale.

Durante il percorso, gli studenti, guidati dal docente attraverso fasi successive via via più coinvolgenti, sono stati condotti a progettare e sperimentare attività laboratoriali casalinghe come risultato delle osservazioni scaturite da stimolanti brainstorming e discussioni di gruppo. Tali esperienze, riprese e fotografate dagli studenti, sono state da essi documentate attraverso prodotti multimediali, finalizzati alla valutazione delle competenze acquisite, tra cui la capacità di divulgazione dell’esperienza.

Andando nel dettaglio, nella prima fase l’attività è stata introdotta attraverso due video-stimolo, dal titolo “*Coloranti naturali e coloranti artificiali*” e “*Coloranti alimentari*”, allo scopo di creare interesse e stimolare riflessioni e discussioni tra di loro e con il docente.

Successivamente, constatato che, nonostante il consumo quotidiano di coloranti alimentari, l’argomento era poco noto agli studenti anche dal punto di vista salutistico, suddividendo la classe in piccoli gruppi, è stata proposta un’attività di ricerca su: additivi alimentari, classificazione dei coloranti e strutture chimiche, coloranti nelle etichette degli alimenti, sicurezza alimentare e enti di controllo ecc. I risultati della ricerca, presentati come elaborato multimediale, sono stati condivisi su una bacheca virtuale (Padlet), diventando ulteriore spunto di dibattito in classe. In questa fase il docente ha avuto il compito di intervenire per aiutare gli studenti a rielaborare le informazioni raccolte, rispondendo alle loro domande, spiegando o chiarendo i concetti scientifici associati e stimolando ulteriori approfondimenti disciplinari e/o trasversali.



Pertanto, una volta inquadrato l'argomento e il contesto disciplinare, sono state proposte agli studenti attività laboratoriali casalinghe di osservazione o di sperimentazione diretta di un dato fenomeno, con approccio induttivo o deduttivo e livello di approfondimento diverso, a seconda delle classi coinvolte.

In particolare, le esperienze realizzate sono state finalizzate allo studio delle proprietà chimico-fisiche delle molecole di coloranti ritrovate più frequentemente nelle etichette degli alimenti analizzati, ossia i coloranti gialli Curcumina (E100, naturale) e Tartrazina (E102, artificiale), di cui gli studenti hanno an-

che evidenziato nella loro ricerca il profilo tossicologico e facilmente reperibili nelle fiale dei coloranti alimentari.

In tal modo, hanno potuto osservarne, testarne e dimostrarne le proprietà acido-base, la solubilità, la possibilità di estrazione da vegetali o alimenti (es. caramelle), la fluorescenza, il potere tintorio, e confrontarle con altre molecole di colore giallo, come la fluoresceina, di cui è stata anche proposta una sintesi da eseguire nel laboratorio scolastico per le classi più avanzate. Parimenti, a dimostrazione del fatto che l'aggiunta di gruppi cromofori su una molecola può determinare un cambiamento di colore, è stata proposta agli studenti la nitratura della fenacetina, il cui prodotto di reazione assume un colore giallo, per la presenza del gruppo nitro.

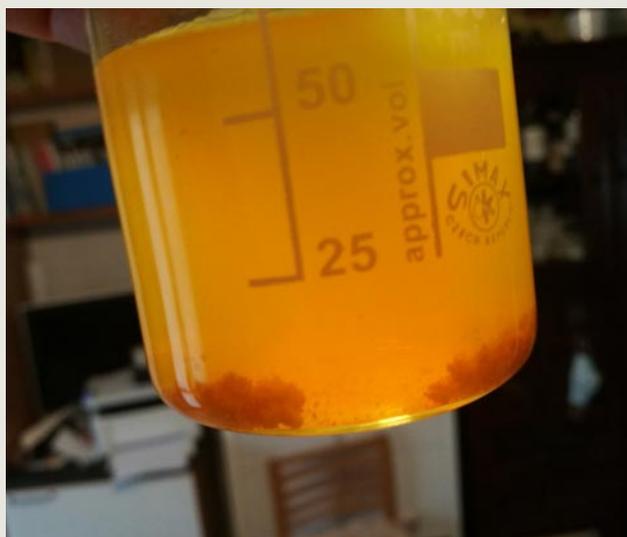
I risultati di questa attività, decisamente positivi come evidenziato dalla valutazione degli studenti, rappresentano solo un punto di partenza per lo sviluppo di ulteriori sperimentazioni, che possono scaturire da un continuo e proficuo confronto con gli studenti stessi e dalla passione per il mondo della chimica che il docente riesce a far nascere.

Video

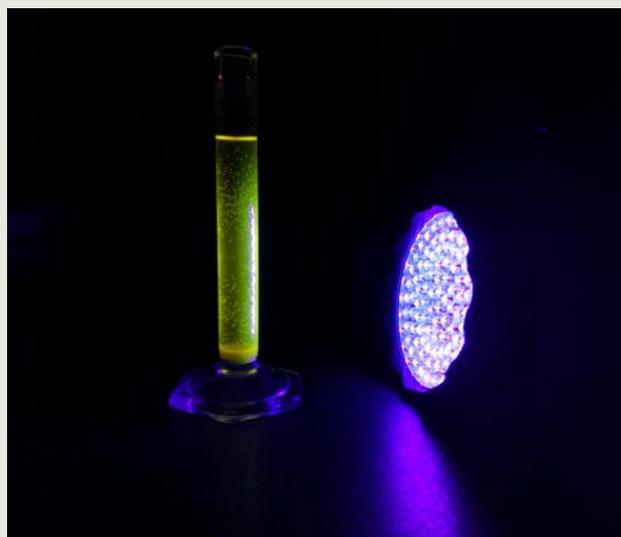


Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

<https://youtu.be/X0ZjBR8rkEQ>



Precipitazione della curcumina da soluzione acetone/acqua distillata (sinistra) e fluorescenza della polvere di curcumina in acetone (destra)



Eleonora Aquilini ^a e Ugo Cosentino ^b

a) Divisione di Didattica della SCI; Liceo Artistico “F. Russoli”, Pisa

b) Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e della Terra, Università Milano – Bicocca

✉ ele.aquilini6@gmail.com; ugo.cosentino@unimib.it

Acidi, basi e sali: un percorso didattico laboratoriale e multimediale

Il percorso riguardante gli acidi, le basi e i sali è stato ideato in seguito ad alcune riflessioni riguardanti le conoscenze di senso comune relative a tali classi di composti [1]. Il loro comportamento nei riguardi della solubilizzazione permette di sviluppare un lavoro particolarmente efficace su un concetto fondamentale per la chimica: quello di trasformazione chimica. Bambini di 12- 13 anni e molti adulti di solito conoscono il termine acido, mentre ignorano il termine base; intendono per sale quello da cucina. Sicuramente per le basi e i sali non si ha la consapevolezza che costituiscano due classi di sostanze [2].

Per gli acidi è presente anche l’idea che siano *sostanze corrosive*.

Le definizioni di acido e base oggi accettate, e che comportano significati sempre più generali di conoscenza, non hanno significato per bambini che non possiedono neppure i concetti fondamentali di tipo macroscopico. Si tratta allora di partire dal concetto spontaneo di acido, associato all’aggressività, legare a questo il concetto di base, e poi capire “come” acidi e basi agiscono quando riescono a solubilizzare molte sostanze solide insolubili in acqua. Nel nominare le sostanze di cui si fa uso nel percorso non si utilizzano le formule chimiche poiché esse già contengono le informazioni che, nella prospettiva del curriculum verticale, si andranno a costruire insieme al significato della formula chimica stessa.

Inizialmente si osserva il comportamento del marmo in pezzi e in polvere con l’acido cloridrico diluito e concentrato. Si nota quindi che l’effervescenza è legata alla solubilizzazione e la velocità del scioglimento dipende dalla concentrazione, dal tipo di acido, dalla pezzatura del solido. Si avrà una prima concettualizzazione su temi importanti per la chimica, quali la velocità di reazione e la forza degli acidi e delle basi. Successivamente è importante osservare il comportamento con l’acido cloridrico di altre

sostanze insolubili in acqua. È opportuno in questo caso utilizzare un solo acido di riferimento. Questo perché il modo scientifico di procedere per studiare i fattori che si ritiene influenzino un certo fenomeno è l’“isolamento” di uno di essi, controllando le altre variabili in gioco.

Analogamente si procede con i metalli. Con il discioglimento dell’ossido di rame con l’acido cloridrico e la colorazione verde osservata, si evidenzia il fatto che il cambiamento di colore è un possibile segno della trasformazione chimica, che rischia altrimenti di essere associata solo all’effervescenza.

Si ha poi una seconda fase che permette una prima acquisizione di tipo scientifico: si comprende il modo diverso rispetto all’acqua con cui gli acidi “sciogliono”. Il termine “sciogliere” viene usato per continuità con il senso comune, poi quando si capirà che è la nuova sostanza, prodotta per interazione fra l’acido e la sostanza insolubile, ad essere solubile in acqua, allora si introdurranno i termini appropriati. Si dirà che si è avuta una **reazione** quando si comprenderà che la sostanza che si recupera è diversa da quella di partenza; si dirà che l’acido cloridrico **reagisce** con il carbonato di calcio e che si forma una sostanza che ha comportamento diverso con l’acqua: è **solubile**. Si useranno i termini appropriati quando si saranno costruiti i relativi significati.

Per la caratterizzazione delle basi come sostanze aggressive si opera in maniera analoga agli acidi.

Anche le basi, come gli acidi, “sciogliono” sostanze che non vengono “sciolte” dall’acqua; spesso attaccano sostanze che non vengono aggredite dagli acidi. Si osserva, anche con le basi, effervescenza e cambiamento di colore. Tuttavia, acidi e basi costituiscono due classi di composti differenti, nonostante le analogie in quanto ad “aggressività” e capacità di “sciogliere” altre sostanze. L’appartenenza a due classi differenti si evince analizzando il processo di neutralizzazione: il mescolamento di acidi e basi por-

ta a soluzioni non più in grado di “sciogliere” le sostanze, e ciò in contrasto con quanto comunemente ritenuto da quasi tutti gli alunni per i quali, invece, unendo un acido e una base si ottiene un liquido “superpotente” in grado di “sciogliere” tutto.

Gli acidi e le basi possono essere distinti con indicatori naturali (tè, estratto alcolico di fiori colorati, ecc.) che possiamo “fabbricarci” da soli, o trovare già pronti come la cartina tornasole. Acidi e basi perdono la loro originaria aggressività combinandosi fra di loro e formando i sali.

Le acquisizioni connesse al concetto di trasformazione chimica in questa prima fase sono sostanzialmente due:

1. quando si ha una trasformazione chimica, si ottengono sostanze con proprietà diverse da quelle di partenza e quindi sostanze diverse [3];
2. la trasformazione quando è dovuta ad un'interazione fra almeno due sostanze è un atto di reciprocità.

Pensiamo quindi che la definizione operativa di acido, base e sale costituisca il punto di partenza per costruire nel biennio della scuola secondaria di secondo grado significati sempre più generali di questi concetti come quelli contenuti nelle teorie di Lavoisier [4] e Arrhenius. Nel triennio della scuola sarà possibile introdurre le definizioni di Lewis e Brønsted.

Bibliografia

- [1] C. Fiorentini, Rinnovare l'insegnamento delle scienze, Armando, Roma, 2018, 302-304.
- [2] C. Fiorentini, E. Aquilini, D. Colombi, A. Testoni, Leggere il mondo oltre le apparenze, Armando Roma, 2007, 70-95.
- [3] P. Mirone, Considerazioni sul concetto di reazione chimica, CnS-La Chimica nella scuola, 1998, 2, 49.
- [4] A. Lavoisier, Considerations générales sur la nature des acides, in Oeuvres de Lavoisier, Tome II, Imprimerie Imperiale, Paris, 1862, 259.

Video



Per il video della relazione completa, clicca il seguente link:

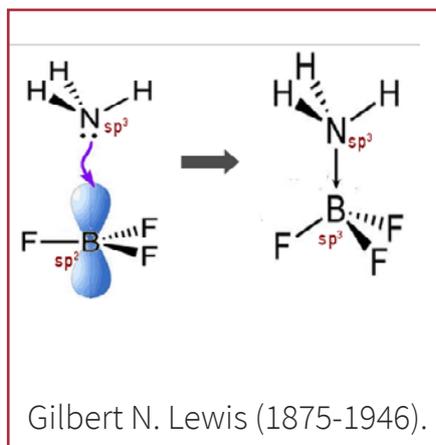
<https://youtu.be/NOe7oiEP5Tk>



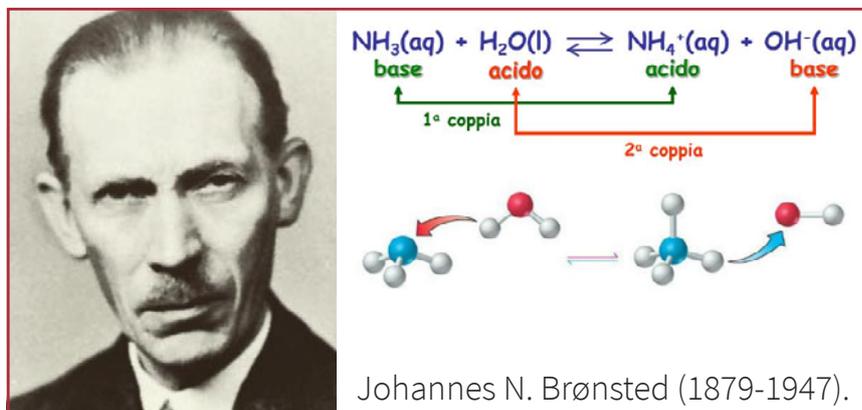
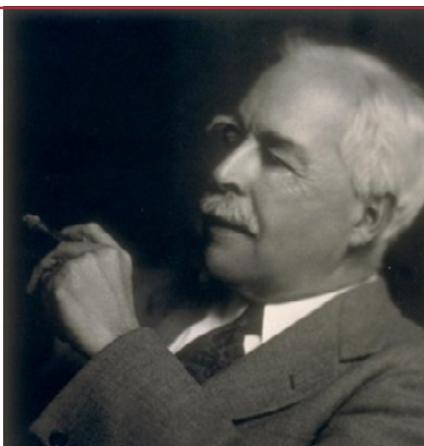
Antoine Lavoisier (1743-1794).



Svante Arrhenius (1859-1927).



Gilbert N. Lewis (1875-1946).



Johannes N. Brønsted (1879-1947).

Rinaldo Cervellati

Gruppo Nazionale Fondamenti e Storia della Chimica

✉ rinaldo.cervellati@unibo.it

Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (1908-1991)

RIASSUNTO

Questo articolo descrive la vita professionale e umana di Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska, chimico fisico inorganico polacca, poco nota al pubblico. Autrice di 600 articoli scientifici, 20 monografie, le sue ricerche principali hanno spaziato dalla Chimica dei composti di coordinazione, al magnetismo e antiferromagnetismo, alle proprietà spettroscopiche di attinidi e lantanidi. Durante la Seconda Guerra Mondiale, ha fatto parte della resistenza polacca, meritandosi un'importante onorificenza del suo Paese e ha protetto persone ebraiche, lo stato d'Israele l'ha nominata fra i 'Giusti delle Nazioni'. La sua abilità di costruire e coordinare gruppi interdisciplinari, insieme a quella di intraprendere ricerche ai confini di molte discipline, tra cui Chimica, Fisica, Biologia, Medicina, sono il segno distintivo del suo approccio alla scienza.

ABSTRACT

This article describes the professional and human life of Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska, a Polish inorganic physical chemist, perhaps little known to the public. Author of 600 scientific papers, 20 monographs, her main research fields have ranged from the Chemistry of coordination compounds, to magnetism and antiferromagnetism, to the spectroscopic properties of actinides and lanthanides. During the Second World War, she was part of the Polish resistance, deserving an important honor of her country and protected Jewish people, the state of Israel named her among the 'Righteous of the Nations'. Her ability to build and coordinate interdisciplinary teams, along with that of undertaking research at the frontiers of many disciplines, including Chemistry, Physics, Biology, Medicine, are the hallmarks of her lifelong approach to science.

Bogusława Jeżowska è stata una chimico-fisica inorganica, co-fondatrice della Scuola di Chimica di coordinazione a Wrocław, Polonia.

Nacque il 19 novembre 1908 a Stanisławów, piccola città polacca della Galizia orientale, a quei tempi sotto il dominio dell'Impero austro-ungarico. Il padre, Severin Jeżowski, era un giurista, la madre, Stefania Wartanowicz, casalinga. Bogusława frequentò la scuola primaria a Lwów, poi il Regina Jadwiga Gymnasium a indirizzo matematico scientifico, dove si diplomò nel 1926. Ispirata dal successo di Marie Curie, che durante una sua visita a Lwów aveva incontrato i giovani nel municipio locale, Bogusława decise, contro il parere dei genitori, di studiare Chimica. Si iscrisse quindi al Politecnico di Lwów, nel cui Dipartimento di Chimica Inorganica insegnava il professor Viktor Jacob, che aveva iniziato un programma di ricerche sull'allora nuovo campo dei composti di coordinazione. Al primo anno di corso, su un centinaio di studenti, solo una decina erano donne. Al terzo anno di studi ottenne il posto di assistente del professor Jakob, che stava facendo ricerche sul renio, un nuovo elemento scoperto da poco dai chimici tedeschi Ida e Walther Noddack. Ancora principiante, Jeżowska intraprese uno studio sulle proprietà di questo metallo che sarebbe diventato il suo preferito. Negli articoli pubblicati fra il 1931 e 1932 sulla riduzione elettrochimica dei perrenati, mostrò che il primo stato di ossidazione del renio ad apparire doveva essere 5, in un complesso con gli ioni cloruro. La scoperta di questo insolito stato di ossidazione fu aspramente criticata dagli scopritori di quell'elemento che la sfidarono apertamente. Dopo aver letto la confutazione critica di Noddack, la giovane Jeżowska ne fu certamente amareggiata, senza però perdere determinazione e curiosità. Proseguì con i suoi studi, che confermarono la sua precedente ipotesi sul renio pentavalente¹.

¹ Bogusława Jeżowska partecipò al X Congresso internazionale di Chimica pura e applicata (Roma, 15-21 maggio 1938) con una comunicazione sul renio pentavalente. Noddack, che era presente si alzò e commentò: *Voglio congratularmi con la giovane collega polacca...*, in tedesco che era la lingua ufficiale del Congresso. I Noddack avevano riconosciuto veri i risultati di Jeżowska.



Bogusława
Jeżowska-
Trzebiatowska.
(Credit: Museum of the
University of Wrocław)

Questi lavori le valsero il dottorato nel 1935, prima donna a ottenere questo titolo dal Politecnico di Lwów.

Nello stesso anno si sposò con Włodzimierz Trzebiatowski, noto chimico fisico dello stato solido. Sebbene la vita coniugale abbia rallentato il ritmo della sua ricerca (disse: *costruire un nuovo nido è sempre stato il mio desiderio*), i lunghi colloqui della giovane coppia sulla ricerca in Chimica condussero Jeżowska-Trzebiatowska a adottare una rigorosa prospettiva chimico-fisica nelle sue ricerche dall'inizio. Ciò contribuisce anche a spiegare l'alto livello e l'affidabilità della sua ricerca.

Nell'autunno 1939 scoppiò la II Guerra mondiale, la parte ovest della Polonia fu occupata dai nazisti, quella a est (comprendente Lwów) dai sovietici, in base all'accordo Ribbentrop-Molotov, con sanguinosi massacri da entrambe le parti. Successivamente, nella tarda primavera del 1941, la Germania dichiarò guerra all'Unione Sovietica e la Polonia fu completamente occupata dai nazisti, che intensificarono gli omicidi di massa, la deportazione degli accademici e lo sterminio delle persone di origine ebraica. Per evitare la deportazione e il lavoro forzato in Germania, Jeżowska-Trzebiatowska accettò una posizione manageriale in una fabbrica che produceva alcoli superiori, sostituendo il dott. Emil Taszner, che era stato il direttore. Da ebreo, Taszner era stato licenziato e costretto a nascondersi. Jeżowska-Trzebiatowska ha protetto Taszner (futuro padre polacco della Chimica dei peptidi) per tutta la durata della guerra, cosa per la quale è stata più tardi inserita fra i Righteous Among the Nations (Giusti tra le Nazioni), onorificenza dello Stato di Israele assegnata a chi ha protetto gli ebrei durante la Shoah.

Jeżowska-Trzebiatowska ha fatto anche parte dell'Armia Krajowa (AK, Esercito Nazionale), fedele al gover-

no polacco in esilio a Londra, e braccio armato dello Stato segreto polacco, formatasi da un certo numero di piccoli gruppi nel 1942. Lavorando per la clandestina Armia Krajowa, dovette scegliere uno pseudonimo. Scrisse in seguito Jeżowska-Trzebiatowska:

Quando mi chiesero di scegliere uno pseudonimo fui colta impreparata. Poiché fino alla guerra, sono stata intensamente impegnata negli studi sul renio, ho detto "REN" [polacco per il renio]. REN è il nome iscritto sulla Cross of Merit with Swords (Croce al merito con spade), conferitale per la sua partecipazione attiva alla Resistenza polacca.

Dopo la guerra, la vivace comunità accademica di Lwów (città inglobata nell'Ucraina sovietica) si spostò a Wrocław (città polacca) e divenne il nucleo dell'Accademia polacca a Wrocław.

Nel 1945, insieme al professor Trzebiatowski, ricongiuntosi alla moglie Bogusława, iniziarono a organizzare la scuola di Chimica fisica inorganica di Wrocław. Collaborando con un gruppo di studiosi, Jeżowska-Trzebiatowska fondò il Dipartimento di Chimica Inorganica e Analitica in quella che era l'unica istituzione accademica di Wrocław: l'Università politecnica.

Nel 1949 ottenne il titolo di "doctor habilitatus" (abilitazione alla docenza) per le sue ricerche sul renio; nell'anno successivo tenne una conferenza sull'argomento alla Sorbonne di Parigi, meritandosi l'appellativo di "madre del renio", che si diffuse poi in tutti i Paesi in cui tenne conferenze.

A partire dal 1951, gettò le basi per una Scuola di Chimica nella Facoltà di Matematica, Fisica e Chimica dell'Università e fu poi nominata direttore del nuovo Dipartimento di Chimica Inorganica. Nel 1954 divenne professore straordinario. Dal 1958 al 1962 è stata Preside della Facoltà.



Bogusława
Jeżowska-
Trzebiatowska
nel dopoguerra.
(Credit: Museum
of the University
of Wrocław)



Jeżowska-Trzebiatowska in laboratorio.

Negli anni '50, iniziò anche esperimenti sull'antiferromagnetismo; fu la prima a presentare una relazione su questo argomento in una conferenza del 1956 a Lipsia e successivamente in diverse università straniere. Questi interessi scientifici d'avanguardia insieme all'elevato standard delle ricerche e l'energia di Jeżowska-Trzebiatowska contribuirono a rendere la Chimica di Wrocław un punto di riferimento internazionale.

Le cattive condizioni di lavoro (spazio limitato per le strutture di Chimica all'Università), la mancanza di attrezzature moderne e i problemi di organizzazione, conducevano Jeżowska-Trzebiatowska a lavorare in laboratorio fino a tarda notte. Per lei, il lavoro accademico era una vocazione, quindi chiedeva un livello simile di impegno dal suo gruppo. Il lavoro durante le ore notturne era la norma, specialmente per le misure con vecchie attrezzature molto delicate.

Durante il suo primo viaggio negli Stati Uniti, alla Gordon Conference del 1961 svoltasi a Detroit, Jeżowska-Trzebiatowska presentò il suo nuovo argomento di ricerca, noto come il problema del legame a ossigeno e del ponte a ossigeno.

La teoria del legame a ossigeno o ponte a ossigeno², sviluppata secondo un vasto insieme di studi sperimentali e alla teoria degli orbitali molecolari, ha portato alla spiegazione di fenomeni come le proprietà magnetiche dei complessi metallici del blocco *d* contenenti il gruppo metallo-ossigeno-metallo³. Per mezzo della teoria del ponte, le fu possibile costruire una definizione precisa della nozione di antiferromagnetismo molecolare, il suo interesse successivo alla Chimica del renio. Per molti dei suoi collaboratori, il progetto del ponte a ossigeno fu una dura

scuola di vita. Raccogliere centinaia di dati sperimentali insieme ai calcoli quantomeccanici e la presentazione dei risultati alla professoressa furono un'esperienza memorabile e una sfida per ognuno dei suoi collaboratori, dottori di ricerca e studenti di dottorato.

Gli anni '60 segnarono anche l'inizio della ricerca sul magnetismo e le proprietà spettroscopiche degli elementi dei blocchi *f*, attinidi e lantanidi. Questi studi hanno coinvolto anche composti dell'uranio a vari stati di ossidazione. Essi hanno aiutato a risolvere problemi come i meccanismi delle transizioni radiative, i processi di spegnimento della luminescenza non radiativi ed energia di trasferimento. Il grande interesse generato da questi studi derivava anche dalla continua ricerca di materiali laser. Tale ricerca interdisciplinare intensiva coinvolgeva chimici e fisici e diede vita a numerosi gruppi di ricerca a livello internazionale. L'abilità di Jeżowska-Trzebiatowska nel costruire team interdisciplinari e quella di intraprendere ricerche ai confini di molte discipline, tra cui Chimica, Fisica, Biologia, Medicina e perfino la Metallurgia, sono il segno distintivo del suo approccio alla scienza per tutta la vita.

Negli ultimi anni '60 l'Università di Wrocław fu completamente ristrutturata; nel 1969 il nuovo Istituto di Chimica ebbe finalmente un proprio edificio, per la cui costruzione Jeżowska-Trzebiatowska aveva combattuto per 15 anni e di cui rimase direttore. I membri dello staff si rallegrarono per il miglioramento delle condizioni di lavoro e delle nuove attrezzature, che includevano uno spettrometro EPR e uno NMR oltre a diversi spettrofotometri, ma Jeżowska-Trzebiatowska affrontò il cambiamento con sentimenti contrastanti. Dovette infatti abbandonare il Gruppo di Chimica degli Elementi delle Terre Rare, rimasto al Politecnico, che lei aveva diretto fino al 1967, lasciandovi alcuni dei suoi studenti di dottorato.

Come insegnante era molto orgogliosa del lavoro dei suoi studenti, favorendo il loro spirito di iniziativa e promuovendone l'indipendenza; quindi, soffrì intensamente quando dovette separarsene.

In riconoscimento dei successi scientifici di Jeżowska-Trzebiatowska, nel 1970 la comunità internazionale dei chimici la invitò a organizzare la 13^o Conferenza Internazionale sulla Chimica dei Composti di Coordinazione (13^o ICCC), la prima in Europa orientale. Nel 1973 organizzò the First International

² La struttura elettronica dell'ossigeno gli consente di legare altri atomi con vari tipi di legami, ionici o covalenti, con l'aiuto di singoli elettroni, o per formare legami π o σ . Pertanto, i legami a ponte di ossigeno sono particolarmente stabili quando sono accessibili gli orbitali *d* o *f* degli atomi legati. Ad esempio, nei complessi ossoclororinati dimeri, costituiti da un cuore $\text{Re}^{3+}-\text{O}^{\circ}-\text{Re}^{3+}$; $\text{Re}^{\circ}-\text{O}^{2+}-\text{Re}^{\circ}$.

³ Questi includevano complessi del renio che Jeżowska-Trzebiatowska aveva studiato negli anni '30.



Monografie di o a cura di Jeżowska-Trzebiatowska

Congress on Progress in Chemistry Education, sotto gli auspici dell'UNESCO.

Queste sono solo due delle molte conferenze scientifiche internazionali organizzate da Jeżowska-Trzebiatowska, molte altre ne seguirono.

La Chimica polacca dei composti di coordinazione beneficiò molto da questi e altri contatti internazionali. Come era solita dire ai suoi studenti:

Presentare la propria ricerca a un pubblico di illustri scienziati è l'unico metodo obiettivo per essere valutati.

Grazie agli stretti contatti con i centri scientifici internazionali stabiliti da Jeżowska-Trzebiatowska, la "scuola di Wrocław" negli anni '80 è stata in grado di tenere il passo con le ultime tendenze della ricerca, aprendo nuovi campi di studio nell'ambito della Chimica di coordinazione, della catalisi omogenea, della Chimica bioinorganica, nello sviluppo di metodi spettroscopici e nella diffrattometria a raggi X. In ciascuno di questi campi Jeżowska-Trzebiatowska e collaboratori formarono gruppi di ricerca capaci di prestazioni di alto livello.

Donna con rara capacità di recupero, sopportò tutte le avversità, compresi gravi problemi di salute, con buon umore. Nonostante la sua piccola statura, possedeva una forza fisica impressionante. Ha viaggiato a Varsavia lavorando in varie commissioni ministeriali e nell'Accademia delle Scienze polacca. Ha fatto buon uso della sua posizione accademica, per nulla intimidita dal fatto di essere donna, al contrario ci ha giocato: pochi ministri e altri funzionari potevano respingere una richiesta della professoressa Jeżowska-Trzebiatowska.

Possedeva poi un'eccezionale resistenza mentale: quando era assorbita da un problema di ricerca, poteva passare ore a discutere del suo significato scientifico e pertinenza, e individuare potenziali soluzioni.

Nel suo curriculum figurano 600 articoli e 20 monografie. È stata supervisore di 71 studenti di dottorato, 30 dei quali sono diventati professori e ricercatori in Polonia e in altri Paesi.

Jeżowska-Trzebiatowska ha ricevuto molti riconoscimenti accademici da diverse università in patria e all'estero.

Nel 1979 l'Università di Wrocław le ha conferito il titolo di Professore Emerito.

Dal 1981 al 1991 è stata Presidente della Divisione di Wrocław dell'Accademia Polacca delle Scienze.

È morta il 16 dicembre 1991 all'età di 83 anni a causa di un incidente domestico.

Opere consultate

- J. J. Ziółowski, Celebration of Inorganic Lives Professor Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska
- exceptional woman, scientist, teacher, and academic organizer., *Coord. Chem. Rev.*, **2000**, 209, 15-33.
- S. Stasicka, J. J. Ziółowski, Origin and development of coordination chemistry in Poland - Introductory remarks, *Coord. Chem. Rev.*, **2005**, 249, 2133-2143.
- H. Kozłowski, *Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (1908-1991)*, in: J. Apotheker and L. S. Sarkadi, *European Women in Chemistry*, Wiley-Vch, Boschen, Germany, **2011**, p. 169-173.

Fabio Olmi

✉ fabio.olmi@gmail.com

A che punto è la transizione “verde” in Italia e la sostenibilità del nostro sviluppo?

Introduzione

Con questo contributo si intende tracciare un quadro relativo allo sviluppo dell'economia green nel nostro Paese, prendendo come riferimento il Rapporto di Symbola (Fondazione per le qualità italiane)-Unioncamere, il Rapporto Greenitaly 2020 che si intitola “Un'economia a misura d'uomo per affrontare il futuro”, presentato da Ermete Realacci, e, per quanto riguarda il livello istituzionale e la collocazione nei confronti degli obiettivi per il 2030, il Rapporto dell'Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile (ASVIS) 2020, presentato da Enrico Giovannini. Nel Rapporto Greenitaly 2020 si afferma che la pandemia ha cambiato la tempistica della ripresa, ma *chi ha investito nell'economia green esce rafforzato indipendentemente dalle dimensioni dell'impresa*: le aziende green resistono meglio alla pandemia e, quando ne subiscono i colpi, si mostrano più resilienti.

Il Rapporto precisa poi che *il sistema italiano è leader in Europa nell'eco-efficienza*: abbiamo il primato per il riciclo con il 79,3% (2018) e le imprese italiane utilizzano materiali riciclati per il 14,3% (media europea 11%). Il numero delle imprese green cresce (+21,5%) e sono risultate le più performanti in termini di export (+10%). Dato molto importante è quello dell'occupazione: nel 2019 per quanto riguarda il settore green è cresciuta del 35%; questa tendenza tenderà a mantenersi in futuro e i vecchi tipi di lavoro dovranno essere aggiornati con competenze green.

Le aziende green sono gestite in maggioranza da under 35, sono aziende giovani e dinamiche e hanno innovato processi e prodotti e riqualificato i dipendenti. Cosa si aspettano dalla rivoluzione europea del Next Generation Eu? *Una decisa transizione verde*

in termini di economia circolare, energie rinnovabili, efficienza energetica, mobilità sostenibile e una diffusa transizione digitale (banda larga e capacità digitali) e adeguate infrastrutture pubbliche: dove c'è più green c'è più tecnologia e più lavoro. Il nostro Paese ha le carte in regola per diventare uno dei leader della rivoluzione sostenibile dell'economia. Passiamo ora ad esaminare più in dettaglio quale è la situazione in alcuni settori fondamentali dello sviluppo economico.

Settore energetico

Quello energetico rappresenta il settore trainante di ogni attività umana: qualsiasi trasformazione materiale e immateriale non può prescindere dal fabbisogno di energia. Oggi la grande maggioranza dell'energia che viene impiegata in Italia proviene da fonti fossili (carbone, petrolio, gas naturale), ma per procedere verso una decisa decarbonizzazione devono essere sviluppate sempre di più le energie rinnovabili (solare, vento, acqua) e l'idrogeno.

Partiamo dalla situazione attuale energetica del Paese e vediamo quali dovrebbero essere gli obiettivi futuri per la decarbonizzazione del settore.

Il mix primario di energie in Italia (2019) è il seguente: petrolio 36%, gas 37%, rinnovabili 19% (nella produzione elettrica 33%), il restante 8% è costituito da geotermico, legna e carbone residuale (nucleare 0%).

Ma quali sono gli obiettivi che l'Europa ha fissato e a cui si dovrà attenere anche il nostro Paese? Questi obiettivi trovano una dettagliata descrizione nel Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, dicembre 2018).¹ Esaminiamone qualche dettaglio.

¹ Il PNIEC è un documento di più di 290 pagine, diviso in 5 grandi capitoli, che si occupa di tutti i settori dell'energia sia di quella tradizionale che di quella rinnovabile, sia dei problemi della decarbonizzazione connessi ai vari ambiti con riferimento agli obiettivi per il 2030.

Nella sintesi iniziale del Piano si sostiene, tra l’altro, di voler:

- accelerare il percorso di decarbonizzazione, considerando il 2030 come una tappa intermedia verso una decarbonizzazione **profonda** (*non si dice completa!*) del settore energetico entro il 2050 ...;
- favorire l’evoluzione del sistema energetico, in particolare del settore elettrico, da un assetto centralizzato a uno distribuito, basato **prevalentemente** (*non ci allarghiamo troppo con un dato quantitativo!*) sulle fonti rinnovabili;
- promuovere l’efficienza energetica in tutti i settori, come strumento per la tutela dell’ambiente, il miglioramento della sicurezza energetica e la riduzione della spesa energetica per famiglie e imprese.

Nel paragrafo 2.1 del Piano si sostiene inoltre che:

- L’Italia intende **accelerare** la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica a favore di un mix basato su una quota crescente (*sempre molto vago!*) di rinnovabili e, per la parte residua, sul gas.

Proseguendo si afferma solennemente:

- L’Italia attuerà le politiche e le misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di ridurre i gas a effetto serra concordate a livello internazionale ed europeo (*parole, parole, ...*).

Di fronte a indirizzi del piano condivisibili (ad esempio la necessità di superare urgentemente le attuali criticità nella distribuzione dell’energia, di potenziare i sistemi di accumulo e l’autoconsumo) **c’è una ripartizione dell’obiettivo del mix energetico nel 2030 del tutto insoddisfacente**. Non solo, *non si fa parola sulla esigenza di promuovere una mobilità essenzialmente elettrica e di sviluppare decisamente le fonti rinnovabili eliminando l’uso di quelle fossili e sulla esigenza di azzerare la decarbonizzazione entro il 2050*.

Leggendo le osservazioni di Legambiente sulla proposta di Piano Nazionale per l’Energia e il Clima nel documento messo a punto da QualEnergia [1], ho pensato di far riferimento ad alcuni suoi passi salienti particolarmente significativi, di seguito riportati.

- La lotta ai cambiamenti climatici sta cambiando l’agenda delle decisioni e con la nuova governance approvata dall’Europa lo scorso anno è previ-

sto che ogni Paese definisca attraverso Piani nazionali obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ al 2030, sulla base di una traiettoria di lungo termine in linea con gli obiettivi dell’Accordo di Parigi...

- Il nuovo quadro di riferimento europeo per le politiche climatiche ed energetiche prevede tre obiettivi al 2030: riduzioni delle emissioni di gas serra di almeno al 40% rispetto al 1990, grazie all’aumento del 32% delle rinnovabili, e del 32,5% dell’efficienza energetica. **Obiettivi questi, purtroppo inadeguati per contribuire a stare entro la soglia critica di 1,5°C.**²
- È dentro questo scenario che va guardata la proposta del governo italiano, a partire dai numeri e poi nelle scelte individuate (leggi, regolamenti, incentivi, ecc.) per realizzare gli obiettivi fissati. Nel complesso **il Piano italiano si limita solo a rispettare i requisiti minimi** previsti dal nuovo sistema europeo di governante, in linea con l’obiettivo climatico del 40% al 2030, senza alcuna ulteriore ambizione. Anzi, per quanto riguarda le rinnovabili si prevede il 30% rispetto all’obiettivo europeo del 32%. Questa scelta ha già sollevato critiche e polemiche, perché appare difficilmente comprensibile la scelta di un obiettivo “minimo” con la tesi che si adeguerà più avanti il target.
- Sugli obiettivi e le misure previste nei diversi settori sono diverse le critiche sollevate... per la loro vaghezza e la scarsa efficacia....

Aggiungo che il mix energetico previsto al 2030 è molto deludente: viene confermata l’uscita dal carbone, ma il petrolio diminuisce solo dal 36% al 31%, il gas rimane addirittura invariato al 37% e le rinnovabili aumentano soltanto dal 18% al 28% (Figura 1).

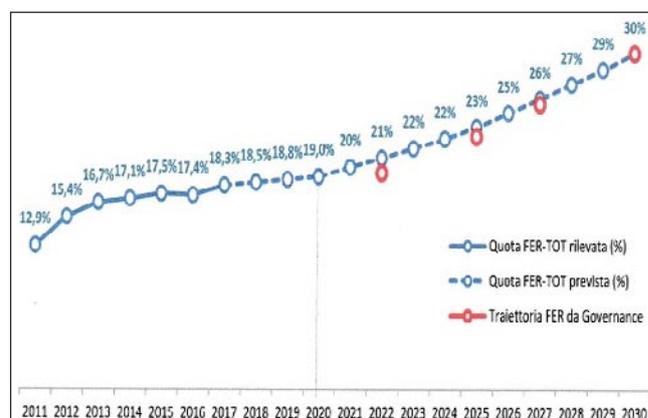


Fig. 1 Ipotesi di sviluppo delle FER fino al 2030 (pag. 53 del Piano).

² Il carattere in bold, qui come nel seguito, è dell’autore.

Inoltre, non ci sono proposte concrete per andare oltre gli obiettivi minimi, cosa che sarebbe auspicabile per un Paese come l'Italia che può avere abbondanti energie rinnovabili ed ha una grande dipendenza energetica dall'estero. Ci auguriamo che, con il rimescolamento delle carte in vista della realizzazione del Next Generation Eu, si ponga mano ad una seria revisione di queste prospettive energetiche perché del tutto inefficaci a che il Paese possa raggiungere gli obiettivi posti dalla Comunità Europea. Ma quale è attualmente lo sviluppo delle fonti rinnovabili (FER) in Italia?

Nel 2019 le FER hanno coperto il 35,6% della produzione elettrica nazionale e il 19,2% della termica. L'idroelettrico rappresenta il tipo più importante di fonte rinnovabile e rappresenta attualmente il 41% di queste fonti in Italia. Con 18,9 GW installati fornisce il 16,5% dell'energia elettrica del Paese. Il fotovoltaico con 822.000 impianti (l'80% di piccole dimensioni da 3 a 10 kW) fornisce quasi 20 GW e copre il 7% del consumo elettrico. L'Italia ha (2019) solo 0,3 GW nell'eolico, ma ha in corso di realizzazione diversi progetti che determineranno fra pochi anni un deciso incremento di potenza eolica installata. Ad esempio, ENEL Green Power (EGP) sta ultimando a Partanna, in provincia di Trapani, un parco eolico di 6 generatori per una potenza di 14,4 MW. Questo impianto è il primo di cinque parchi eolici che EGP costruirà in Italia dopo essersi aggiudicata una prima asta da 80 MW e altri 82,7 MW con una seconda asta. Nel 2019 l'azienda energetica ha prodotto il 21% della produzione energetica nazionale da fonti rinnovabili. I nuovi parchi eolici sorgeranno in Campania, Basilicata, Molise e Sicilia.

Come si colloca in Europa la nostra produzione da rinnovabili?

La Svezia, con il 53,9% dell'energia proveniente da rinnovabili, è il Paese più green d'Europa, seguita da Finlandia (38,7%) e Lettonia (37,2%). Questi Paesi hanno raggiunto gli obiettivi fissati per il 2030 con largo anticipo. Altre nazioni come i Paesi Bassi (6%) e Belgio (8,7%) sono molto lontani dal traguardo. La Danimarca detiene il record mondiale dell'eolico: il 42% della sua elettricità proviene dal vento. In Italia, **le rinnovabili**, nonostante forniscano il 35% della produzione elettrica nazionale, **coprono solo il 18% circa della produzione energetica totale** (dati GSE 2019).

Come si vede *il nostro Paese per quanto riguarda l'energia si colloca in Europa in una fascia intermedia ed è chiaro che per la decarbonizzazione del settore deve ancora percorrere molta strada per raggiungere gli obiettivi fissati al 2030.*

Settore manifatturiero

Lo sguardo sul settore manifatturiero non si rivolge tanto alla sua decarbonizzazione quanto alla sua più generale trasformazione green. Per renderci conto di quale sia oggi la situazione manifatturiera italiana in termini green si può attingere al Rapporto Greenitaly 2020 a cui abbiamo già fatto riferimento nell'introduzione. Da questo undicesimo Rapporto si evince che le imprese italiane dell'industria e dei servizi che hanno investito negli ultimi 5 anni (2015-2019) in tecnologie e prodotti green sono 432.000 e nel manifatturiero rappresentano il 35,8%, più di una su tre. La Regione che ha il maggior numero di imprese green è la Lombardia con 78.000 imprese che hanno effettuato investimenti nell'ultimo quinquennio.

In altre parole, **la transizione verde è un percorso in cui le imprese italiane si sono ormai decisamente avviate** e un quarto di esse intende continuare ad investire. Le imprese della green economy sono più resilienti delle altre e nel 2020 hanno registrato perdite inferiori alle altre; inoltre, ritengono di recuperare entro 1-2 anni i livelli di attività precedenti alla crisi.

Le imprese green sono anche più innovative, investono maggiormente in R&S, utilizzano più tecnologie 4.0 e privilegiano le competenze 4.0. Quelle guidate da giovani, poi, guardano di più al green: il 47% delle imprese di under 35 ha investito nella green economy nel passato biennio contro il 23% delle altre imprese.

L'Italia è uno dei campioni mondiali nel campo della chimica verde e sostenibile e delle bioplastiche. Un ampio panorama di esempi lo si può trovare nel libro scritto alcuni anni fa, ma sempre valido e interessante, da Ermete Realacci [2]: è una carrellata dal Nord al Sud del Paese di 25 storie tra imprese e ambiente che hanno puntato su conoscenza, ricerca, inventiva, riciclo e qualità.

In questo libro Realacci afferma: *Ci aspettano tempi difficili, ma anche sfide affascinanti che ci obbligheranno a scommettere di più sul futuro e a pensare a una nuova ipotesi di sviluppo. Ce la possiamo fare, se perseguiremo con convinzione la riconversione ecologica della nostra economia, dei consumi, degli stili di vita, scommettendo su una green economy tricolore, che sposi i saperi e le vocazioni nazionali.*

L'Italia è inoltre il primo paese europeo per numero di aziende agricole impegnate nel biologico, dove sono ormai coinvolti più di 80.000 "nuovi" agricoltori (2019). Anche durante il periodo della pandemia COVID-19 queste hanno avuto un incremento delle vendite dell'11%.

Dal Rapporto più volte citato ricaviamo anche interessanti dati su occupazione e innovazione: nel 2018 il numero dei green jobs in Italia ha superato 3.000.000 di unità, il 13,4% dell'occupazione complessiva. E l'occupazione green è cresciuta tra il 2017 e il 2018 di oltre 100.000 unità.

Le aziende coinvolte nella rivoluzione verde sono essenzialmente di tipo medio-piccolo. E nel settore della grande industria la svolta green è arrivata? Qui gli scenari sono di due tipi: nella grande industria manifatturiera (automobilistica, meccanica, farmaceutica, ecc.) la spinta green è circoscritta al controllo scarichi di liquidi, di fumi e polveri e all'uso di energia rinnovabile mediante pannelli solari per le diverse esigenze.

Tuttavia, in alcune industrie come la metallurgia e quella del cemento, che non possono essere alimentate dalle rinnovabili perché si basano sull'effettuazione di combustioni, la loro trasformazione green consisterebbe, oltre al più accurato controllo di fumi e polveri, nella **sostituzione della combustione con combustibili solidi con quella a gas e soprattutto con quella ad idrogeno**.

Come accennato in un precedente contributo [3], mentre si è realizzata in Russia un'acciaiera alimentata a gas che elimina l'uso del coke, si sta mettendo a punto in Svezia un'altra acciaiera alimentata ad idrogeno (progetto Hybrit).

Nel nostro paese, in questo settore industriale, siamo alle prime idee e si seguiranno due vie: o eliminazione di altiforni e impiego di forni elettrici producendo acciaio riciclato (a Piombino), o conversione degli altiforni all'alimentazione a idrogeno (alla ex ILVA di Taranto); comunque il problema vedrà forse la soluzione fra vari anni.

Settore del riciclaggio dei rifiuti

Il già citato Rapporto Symbola- Unioncamere rileva che **l'Italia (dati Eurostat) è il Paese europeo con la più alta percentuale di riciclo sulla totalità dei rifiuti: il 79%, il doppio rispetto alla media europea (39%).**³ È chiaro che è anche sviluppata l'economia circolare, una green economy più spinta perché non solo permette il riutilizzo dei materiali di scarto o rifiuto, ma produce con essi anche prodotti diversi da quelli di partenza.

Nel riciclo degli imballaggi l'Italia è un'eccellenza europea: il loro riciclo è aumentato dal 64% al 70% negli ultimi 10 anni, anticipando il target europeo al 2025 e avendo già raggiunto quello del 70% fissato

per il 2050. In particolare, nel riciclo degli imballaggi di carta e cartone siamo all'81%, nel vetro al 76%, nell'alluminio al 80%, nell'acciaio al 79% e nel legno al 63%. Per gli imballaggi in plastica siamo al 45%, non ancora al target europeo fissato al 50% per il 2025.

La nuova Direttiva sulla riduzione delle plastiche monouso definisce nuovi obiettivi: tutti gli imballaggi di plastica dovranno essere economicamente riciclabili entro il 2030 e il 77% delle bottiglie di plastica dovrà essere raccolto separatamente entro il 2025 e, delle bottiglie di PE, almeno il 30% dovrà essere riciclato.

Per quanto riguarda *i rifiuti solidi urbani* (RSU) è in forte crescita la raccolta differenziata della frazione organica che negli ultimi 10 anni è più che raddoppiata, passando da 3 a 7 milioni di tonnellate. Con il compostaggio, risultato della decomposizione aerobica delle biomasse,⁴ è possibile riutilizzare la frazione umida degli RSU come ammendante e fertilizzante dei terreni. Il processo industriale permette il controllo delle diverse variabili da cui dipende il processo stesso (umidità, ossigenazione, temperatura). Tutto ciò crea in ulteriore fabbisogno impiantistico al quale è necessario provvedere al più presto, soprattutto nelle Regioni dove le carenze sono maggiori.

Per quanto riguarda i rifiuti speciali, che oggi *raccontano circa il quadruplo di quelli urbani*, essi si distinguono a loro volta in pericolosi e non pericolosi: ad esempio, i residui da lavorazioni edilizie non sono pericolosi, quelli derivanti da attività sanitarie sono, invece, pericolosi. I non pericolosi rappresentano il 92,8% e quelli pericolosi il 7,2%. La loro gestione è fondamentale per evitare danni ambientali e il recupero di materia è un tassello fondamentale dell'economia circolare. **Il nostro Paese ricicla oltre il 65% dei rifiuti speciali e siamo anche in questo campo un'eccellenza europea.**

Dobbiamo osservare però che, se la tecnologia aiuta il riciclo dei rifiuti, i ritardi normativi e la carenza di impianti costituiscono ostacoli importanti al compimento dei processi. Mancano, ad esempio, alcune norme sull'end of waste e questo crea molti problemi [4]; inoltre alcune Regioni mancano delle necessarie apparecchiature. Per avere un quadro completo del settore può essere utile consultare il recente libro “Un mondo senza rifiuti?” [5].

Si può, comunque, concludere che *dal punto di vista della differenziazione e del riciclo dei rifiuti il nostro*

³ La Francia ha un indice di riciclo del 56%, il Regno Unito del 50% e la Germania del 43%.

⁴ Il compost può derivare anche dal trattamento degli sfalci verdi, dai fanghi di depurazione e da altre biomasse.

Paese, pur con i problemi di una necessaria adeguatezza degli impianti di trasformazione e della normativa, si colloca in una posizione buona-ottima a livello europeo.

Settore della mobilità

Il settore della mobilità, in particolare di quella terrestre, ha un forte impatto sull'inquinamento dell'aria ed è di grande importanza per la decarbonizzazione.

Quando si parla di auto elettriche dobbiamo tener presente che non si tratta di un unico tipo, ma di tre tipi diversi: quelle alimentate da sole batterie, Battery Electric Vehicle (BEV), quelle che hanno un motore elettrico insieme ad un motore tradizionale a combustione interna, Plug-in-Hybrid Electric Vehicle (PHEV) e quelle di tipo ibrido, Hybrid Electric Vehicle (HEV), che hanno un motore elettrico attivato da quello termico e impiegato solo in alcune circostanze, e che, quindi, non sono ricaricabili con energia elettrica, ma solo con combustibile fossile.

Un'inchiesta promossa da Areté (società di consulenza specializzata nel settore automotive) afferma che c'è molta confusione nei consumatori sulle tecnologie elettriche e ibride, sulle loro differenze, sul loro funzionamento e sul loro livello di sostenibilità [6]. Da ciò che abbiamo detto sopra è chiaro che solo il tipo di auto a batterie (BEV) è a impatto zero, mentre sia le ibride (HEV) che le plug-in (PHEV) sono in diversa misura inquinanti. Dalla stessa indagine si rileva che, *complice anche l'incerto scenario economico determinato dalla pandemia, l'elevato costo di questi veicoli, in assenza di più rilevanti incentivi all'acquisto, rischia di frenarne la diffusione.*

Nel campo degli incentivi, tuttavia, bisogna ricordare che nel nostro Paese ci sono differenze anche marcate fra Nord e Sud. Ci sono infatti incentivi statali e incentivi locali (regionali e comunali) che sono previsti un po' in tutte le Regioni del Nord [7].

Nel nostro Paese, nei primi 10 mesi del 2020, sono state immatricolate 36.000 auto elettriche di tutti e tre i tipi con prevalenza delle BEV (20.000). Alla stessa data i veicoli elettrici circolanti erano circa 76.000, facendo registrare un incremento del 173% rispetto al periodo corrispondente del 2019. Secondo l'Acea, l'associazione dei costruttori, in tutti i Paesi dell'Europa, salvo Grecia e Spagna, il mercato è più ampio che in Italia: da noi corrisponde al 6,5%, in Francia è intorno al 10% e in Europa rappresenta il 7,2% del

mercato. Per avere un'idea della diversa diffusione delle macchine elettriche in Europa basta ricordare i dati di alcuni Paesi forniti da Icea a fine 2018: in Norvegia ne circolavano 55,9 ogni 1000 abitanti, in Germania il 2,4%, in Francia il 3,1 % e in Italia meno dell'1%.

Indubbiamente la diffusione dei veicoli elettrici è legata anche alla diffusione dei punti di ricarica, le cosiddette "colonnine": in Italia nel 2020 c'erano circa 17.000 punti di ricarica, pari al 5% dell'Unione Europea, mentre la Germania raggiunge il 20 % e i Paesi Bassi il 25%. La distribuzione in Italia delle colonnine è poi assai squilibrata: il Nord ha il 56% dei punti di ricarica, il Centro ne ha il 23% e il Sud e le isole solo il 21%.

Concludendo, in Europa l'auto elettrica è al 7,2% del mercato ed è ancora ben lontana da fornire un apporto significativo alla decarbonizzazione della mobilità; **in Italia, poi, siamo a livello veramente insignificante.**⁵

Grave è il problema dell'inquinamento da auto circolanti a combustibili fossili, soprattutto nelle grandi città. In un recente e interessante articolo di Vincenzo Balzani [8] si puntualizza che, in base ad un'indagine europea a cui ha collaborato Lega Ambiente, il costo medio riferibile direttamente e indirettamente all'inquinamento è assai pesante in Italia, in particolare nelle città medio-grandi. Ad esempio, il costo sociale dell'inquinamento a Milano (2019) è stato di 2843 euro a persona, il doppio di città come Londra, Amsterdam e Bruxelles. Le prime cinque città europee in questo campo sono tutte italiane (Brescia, Lecco, Bergamo, Milano e Piacenza). I costi sociali dell'inquinamento sono essenzialmente correlati al numero di auto in circolazione.

A questo riguardo, è interessante notare che in Italia è stato il Ministero dei trasporti e delle Infrastrutture a varare, nel 2017, un decreto per la realizzazione dei **Piani Urbani di Mobilità Sostenibile (PUMS)**, obbligatorio in tutte le città metropolitane, per sviluppare piani urbani con un tipo di mobilità più efficiente e più green. Nel 2020 erano 164 le città che stavano articolando il proprio PUMS, di questi 36 sono già stati approvati, 35 adottati e 93 sono in redazione. La Toscana ne ha 16. I PUMS coinvolgono sia il trasporto passeggeri che quello di merci.

Qual è la situazione dell'autotrasporto merci? La quasi totalità dei veicoli pesanti si muove a gasolio, ma si sta avviando l'utilizzo anche del Gnl (gas na-

⁵ Quanto detto è ancora più significativo se teniamo presente il parco auto circolante in alcuni Paesi europei: in Germania circolano 43.851.000 veicoli, in Francia 32.244.000, nel Regno Unito 28.500.000, in Italia 36.963.000 e in Norvegia 2.550.000. Solo in Norvegia si comincia ad avere qualche effetto di miglioramento dell'inquinamento atmosferico e sulla decarbonizzazione poiché nel Paese circolano 162.525 veicoli BEV che costituiscono il 6,5 % del parco circolante.



Fig. 2 Littorina Alstom a idrogeno in servizio in Germania.

naturale liquefatto) meno inquinante, ma pur sempre combustibile fossile. Con il Decreto del 20 agosto 2020 si forniscono incentivi alle imprese di autotrasporto per investimenti “verdi” per il 2020-2021, per l’acquisizione, cioè, di veicoli industriali a motorizzazione alternativa a gas naturale, biometano ed elettrica. A fine ottobre 2020 in Italia circolavano 2711 camion a Gnl (+ 30% sul 2019). Il Piano Nazionale Energia e Clima prevede l’installazione di 800 distributori a Gnl per mezzi pesanti (anche autobus) per 2030. Di togliere gli incentivi al gasolio in questo settore per ora non se ne parla.

Dal punto di vista della mobilità su strada siamo messi piuttosto male e siamo il fanalino di coda in Europa: c’è molto di lavorare e da realizzare strumenti legislativi che promuovano decisamente la marcia verso lo sviluppo green.

Mobilità, però, non vuol dire solo di tipo auto o mezzi di trasporto di merci o persone, ma anche ferroviaria, marina e aerea.

Per quanto riguarda la mobilità ferroviaria la novità interessa le linee minori non elettrificate che oggi sono servite da littorine diesel. In Italia le linee non elettrificate coprono circa 5.000 km e su queste circolano 1259 convogli al giorno. Mentre in Germania già sono in esercizio treni ad idrogeno (Alstom) tra Amburgo e Cuxhaven (115 km) e si stanno provando an-

che in Austria e Olanda (Figura 2), in Italia sta per diventare operativo un accordo tra Alstom e Trenord per attivare una linea con treni ad idrogeno. Inoltre, la Snam, in accordo con FS, sta investendo per rendere la propria rete compatibile con l’idrogeno ... creare una filiera italiana e acquisire una leadership tecnologica italiana [9]. Alstom Italia afferma che puntiamo a vedere sulla rete ferroviaria italiana una cinquantina di treni ad idrogeno entro il 2025. Interessante è il fatto che si potranno convertire ad idrogeno anche le attuali motrici diesel. Per quanto riguarda la mobilità marina si sta compiendo un primo passo dotando anche grosse navi



Fig. 3 La nave ZEUS con propulsione a idrogeno in costruzione nei cantieri di Castellammare di Stabia.

di motori a Gnl come transizione a futuri motori ad idrogeno. Oggi sono in attività oltre 400 navi alimentate a Gnl (dati Assoarmatori) e il ritmo di crescita medio è del 30% l'anno. È interessante quanto si sta realizzando nel nostro Paese a Castellamare di Stabia: si tratta della *nave ad idrogeno ZEUS*, acronimo di Zero Emission Ultimate Ship (Figura 3).

La nave è mossa da un impianto di fuel cell da 130 kW alimentato da 50 chili di idrogeno contenuto in bombole a idruri metallici e un sistema di batterie; tutto ciò consente un'autonomia di otto ore di navigazione a zero emissioni ad una velocità di 7,5 nodi. La nave lunga 25 metri e con una stazza di 170 tonnellate sarà un vero e proprio laboratorio galleggiante che aprirà la strada alla costruzione di navi più grandi ad emissioni zero [10].

L'Italia non ha in cantiere progetti di aerei ad emissioni zero. È la Francia che ha progettato e sta costruendo tre tipi di aerei ad idrogeno di cui abbiamo accennato in un precedente contributo già ricordato [3].

Riassumendo, *sul piano della decarbonizzazione della mobilità in Italia siamo molto indietro e sarebbe urgente una decisa spinta da parte del governo per affrontare il problema in modo serio.*

CONCLUSIONI

Per avere un quadro generale della situazione del nostro Paese rispetto ai 17 obiettivi (*Sustainable Development Goals, SDG 17*) fissati dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite il 25 Settembre 2015, è di grande utilità consultare il libro del prof. Enrico Giovannini (recentemente entrato nel governo Draghi alla guida del Ministero Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile) "L'utopia sostenibile" [11]. Il libro è stato dettagliatamente esaminato dal sottoscritto in un recente lavoro [12].

Ogni Paese deve impegnarsi a definire una propria strategia di sviluppo sostenibile che consenta di raggiungere questi SDG. Cosa significa per noi questo? Citando dal testo ricordato, Giovannini afferma:

– ***In Italia c'è bisogno di un radicale cambiamento nei processi produttivi.*** Per realizzare un'economia circolare occorreranno molte revisioni di tutte le fasi della produzione, cambiamenti nel sistema fiscale, nelle infrastrutture, ma soprattutto cambiamenti di mentalità nelle persone e questo può avvenire soltanto intervenendo sulla formazione nelle scuole (e non solo), sulla ricerca e con campagne informativo/educative rivolte all'opinione pubblica.

E ancora:

– In questo quadro è chiaro che le "politiche tra-

sformative" che l'Italia dovrebbe adottare riguardano il sistema energetico, il sistema produttivo, il sistema educativo e il sistema fiscale.

Pur tenendo presenti le numerose eccellenze che il nostro Paese vanta in Europa, l'autore citato conclude

– ***L'Italia è molto distante dagli obiettivi fissati per la povertà, la salute, l'energia, le disuguaglianze, le performance economiche, lo stato delle infrastrutture e delle città, la qualità dell'ambiente e delle istituzioni. Insomma, abbiamo un quadro abbastanza desolante.***

Voglio chiudere con una nota di speranza: tenendo conto delle parole usate dal Presidente del Consiglio Draghi nella presentazione del nuovo governo e delle persone da lui nominate per rivedere e integrare il documento del precedente governo, sembra che la messa a punto del Piano italiano del Next Generation EU possa essere in grado di garantire uno sviluppo innovativo del Paese rispetto al passato e sostenibile per il futuro.

Bibliografia

- [1] E. Zanchini, PNIEC, Il Piano che non salva il clima", *QualEnergia.it*, 15 Gennaio 2019.
- [2] E. Realacci, *Green Italy, perché ce la possiamo fare*, Editore Chiarelettere, 2012.
- [3] F. Olmi, Dal mito dell'idrogeno ad un suo impiego razionale nell'ambito dello sviluppo sostenibile, *CnS - La Chimica nella Scuola*, 2020, 5, 13-19.
- [4] T. Colacillo, *Una miniera di possibilità*, Editoriale la Nuova Ecologia, 2019.
- [5] A. Massarutto, *Un mondo senza rifiuti?*, Editore Il Mulino, 2019.
- [6] G. Balestreri, Tanta voglia di elettrico, ma serve l'incentivo, *La Repubblica*, 8 febbraio 2021.
- [7] G. Marino, L'auto elettrica. Così gli incentivi dividono l'Italia, *La Repubblica*, 15 giugno 2020.
- [8] V. Balzani, Astronave Terra, trasporti inquinanti, *L'Avvenire*, 13 dicembre 2020.
- [9] S. Carli, Treni, l'idrogeno scalza la vecchia littorina, *La Repubblica*, 23 novembre 2020.
- [10] V. de Ceglia, Cambio di rotta nei trasporti, si avvicina lo stop al petrolio, *La Repubblica*, 8 febbraio 2021.
- [11] E. Giovannini, *L'utopia sostenibile*, Editore Laterza, 2019.
- [12] F. Olmi, *Salviamo il pianeta, interviste virtuali ad alcuni prestigiosi rappresentanti del pensiero ecologista*, PM Edizioni, 2020, pp.147-162.

Claudio Dutto

Studente della LM in Didattica e Comunicazione delle Scienze Naturali dell'Università di Bologna; autore della Newsletter "Prima ora, scienze"

✉ claudio.dutto@studio.unibo.it

Quattro chiacchiere con **Keith S. Taber**

Gli ho scritto una mail per chiedergli un'intervista. È bastata la sua mail automatica di risposta perché pensassi che fosse geniale. La mail diceva più o meno così:

Attenzione: sono andato in pensione dalle mie attività di insegnamento all'Università. Non farò più supervisione di lavori di ricerca, attività di peer review, lettere di raccomandazione ecc. Farò solo quello che deciderò di fare.

Ero divertito, ma senza molta fiducia. E invece il giorno dopo mi ha risposto e ne è nata un'intervista. Lui è Keith S. Taber, ex professore di Science Education all'Università di Cambridge, autore di centinaia di articoli sulla didattica della chimica e delle scienze e relatore alla XII Edizione della Scuola di Didattica Chimica e di Ricerca Educativa "Ulderico Segre" il cui resoconto è riportato in questo numero del CnS (pag. 4).

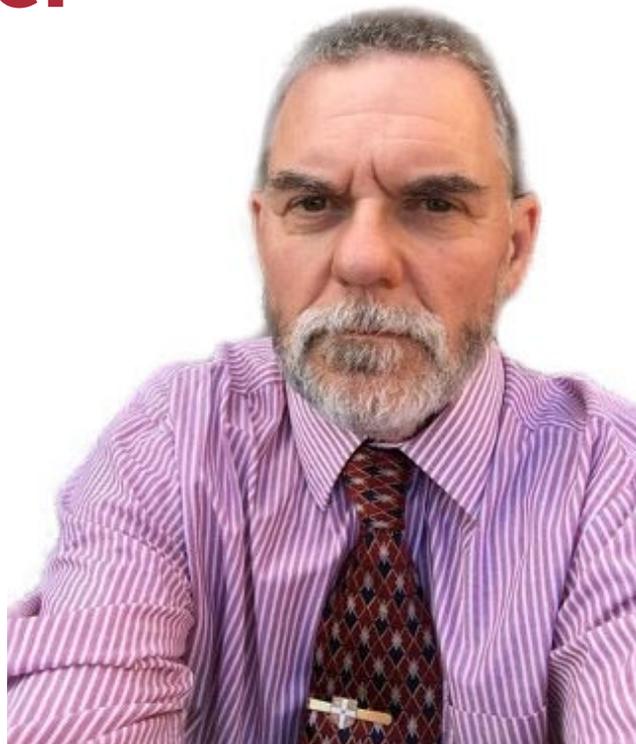
Professor Taber, dopo tanti anni a studiare la didattica della chimica, quale messaggio ne ha ricavato?

Più di altre scienze, la chimica offre molte occasioni sia per attirare gli studenti sia per frustrarli.

Quali sono gli argomenti che mettono più in difficoltà gli studenti?

Ogni studente trova difficoltà diverse: qualcuno ha problemi con gli aspetti matematici applicati alla scienza, non importa quanto basilari; altri non riescono a visualizzare le molecole e a orientarle mentalmente nello spazio. La chimica è una materia concettuale, quindi anche se all'inizio può attirare coloro che amano gli esperimenti spettacolari, presto richiede un alto livello di sviluppo cognitivo per essere compresa fino in fondo.

La conoscenza della chimica, infatti, si basa su modelli. A meno che gli studenti non comprendano la natura e lo scopo dei modelli scientifici, che cosa se ne fanno, per esempio, della legge dei gas ideali e della legge di Raoult, che non sembrano avere ap-



Prof. Keith S. Taber

plicazioni strette con nient'altro? Che cosa se ne fanno dei modelli della struttura atomica (per esempio, il modello a gusci), che sono utili in un certo contesto, ma non lo sono affatto in altri? Non aiuta molto l'idea che agli studenti venga insegnata una cosa e pochi anni dopo venga detto loro che quella cosa era sbagliata e quindi occorre ricominciare (o almeno, questa è l'idea che si fanno gli studenti).

Perché molti studenti sono spaventati dalla chimica organica?

La chimica fisica si basa su un numero limitato di leggi e principi che una volta padroneggiati possono essere applicati da coloro che hanno sviluppato un pensiero altamente astratto (ad esempio, da coloro che hanno pienamente acquisito le operazioni formali di Piaget).

La chimica organica, invece, implica l'apprendimento di tanti tipi di gruppi funzionali, classi di composti e reazioni con nomi difficili che richiedono condizio-

ni particolari o danno risultati diversi a seconda dei reagenti presenti. In più la sintesi di nuovi composti può sembrare più una forma d'arte che una scienza. Tutto questo genera disordine nella mente degli studenti.

Ciò dimostra ancora una volta la diversità che c'è nella chimica. Per aiutare gli studenti, gli insegnanti dovrebbero mettersi nei loro panni degli studenti e non agire da esperti della materia.

Quanto dovrebbe essere integrato l'insegnamento della chimica con quello delle altre discipline?

Le tendenze sono due: da una parte l'insegnamento attraverso discipline separate (chimica, fisica, ecc.), dall'altra integrato in un curriculum più ampio (come STEM). Penso ci sia del buono in entrambi gli approcci (soprattutto per gli studenti più grandi), ma quello integrato non può essere applicato completamente. Può però tornare utile per capire il modo in cui le scienze vengono applicate per la tecnologia e l'ingegneria.

Come è cambiato l'insegnamento della chimica negli ultimi 10 o 20 anni?

Penso ci siano due settori in cui la didattica della chimica si è sviluppata maggiormente, anche se più in alcuni stati e meno in altri (in Italia non saprei dire). Il primo è l'influenza della pedagogia costruttivista, che ha dimostrato agli insegnanti quanto sia importante coinvolgere gli studenti e condividere con loro un modo di pensare e capire. Perché l'apprendimento è interpretativo, incrementale e iterativo e un insegnamento efficace deve tenerne conto.

Il secondo è l'importanza di insegnare la natura della scienza così come i suoi risultati (teorie, modelli, scoperte). Questo permette di collegarsi a uno degli obiettivi più ampi dell'educazione scientifica, ovvero portare avanti tutti e non solo coloro che intraprenderanno la carriera di scienziati. Ma permette anche di far capire meglio dei concetti chimici. Per esempio, credo sia importante insegnare quegli argomenti che hanno un valore extra-scientifico, ovvero quegli argomenti in cui non basta la conoscenza

scientifica pura, ma occorre tenere conto di aspetti sociali, ambientali, economici eccetera. Per esempio, attraverso la scienza si può spiegare quali siano i costi ambientali di un impianto chimico in una determinata area, ma non si può spiegare quanto siano accettabili quei costi e quali ricadute economiche possano avere.

In che modo gli insegnanti possono far crescere la creatività e l'immaginazione degli studenti?

Credo che questo sia un obiettivo a lungo termine, da condividere con tutte le materie del curriculum scolastico. La vera questione è: perché studenti che in genere sono creativi in altre discipline e nelle loro attività extra-scolastiche non esprimono più creatività quando si occupano di scienze? Temo che il messaggio implicito che traggono sia che le scienze si occupano di logica e di fatti, non di immaginazione e creatività. Ovviamente le scienze hanno bisogno di logica e di una buona base di conoscenze, ma non vanno molto lontano se hanno solo quelle: creatività e logica hanno bisogno di procedere insieme per portare un progresso.

Come si può applicare questo principio a scuola?

Innanzitutto, il ruolo dell'immaginazione nelle scienze deve essere enfatizzato di più dall'insegnante. Poi agli studenti vanno dati dei compiti che prevedano dei premi per la loro creatività, non solo per la correttezza delle risposte. Si può chiedere agli studenti di cercare analogie o metafore tra i concetti che hanno studiato e la loro esperienza; questo può fornire spunti e idee che permetteranno loro di capire meglio i modelli di cui parlavamo prima.

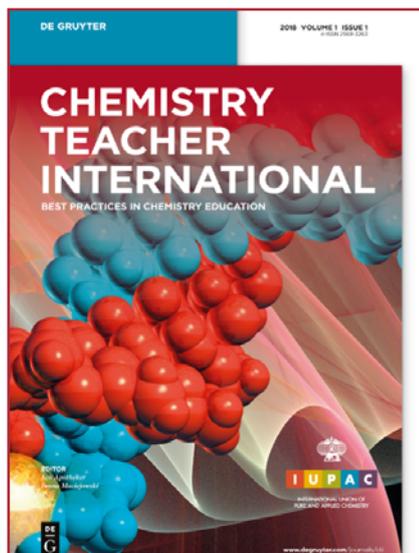
Quali ricercatori suggerisce di seguire per capire dove stia andando la didattica delle scienze?

Sarebbe ingiusto se citassi dei ricercatori perché rischierei di dimenticare tanti giovani di talento che stanno emergendo. Mi limito a suggerire un mio ex studente che spero continui il lavoro che sta facendo: il dottor Richard Brock del Kings' College di Londra.

Qualche notizia

a cura di Antonella Russo e Silvano Fuso

Chemistry Teacher International



Chemistry Teacher International – Best practices in Chemistry Education (<https://www.degruyter.com/view/journals/cti/cti-overview.xml>) è una rivista che pubblica articoli nel campo della Didattica Chimica selezionati da revisori esperti (peer reviewed). È un giornale Open Access della Commissione di Didattica della Chimica della IUPAC. Il giornale, il cui editore è Jan Apotheker (j.h.apotheker@rug.nl), aspira a:

- essere una piattaforma per gli insegnanti di tutti i livelli
- fornire un contributo per sviluppare una didattica della Chimica di alta qualità
- colmare il divario tra ricerca e didattica
- riunire tutte le attività della IUPAC nel campo dell'educazione in chimica
- proporre un giornale internazionale che non sia legato ad un'area specifica, o ad una nazione.

La rivista pubblica articoli su attività innovative da proporre in classe come dimostrano i contributi pubblicati nei primi due anni, consultabili al seguente link: https://www.degruyter.com/view/journals/cti/ctioverview.xml?tab_body=toc-79151.

Chi desiderasse sottomettere un articolo può collegarsi a: <https://mc.manuscriptcentral.com/chemistryteacher>.

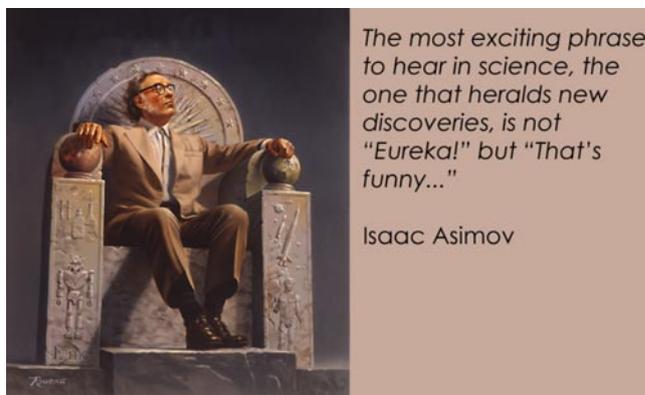
EUROVARIETY 2021



La conferenza EUROVARIETY 2021 (<http://www.eurovariety2021.si/>), organizzata dai colleghi dell'Università di Lubiana in Slovenia, si svolgerà dal 7 al 9 Luglio. Il suo obiettivo è quello di condividere le buone pratiche e i risultati della ricerca in didattica chimica a livello universitario.

Il fatto che l'evento sia online favorirà sicuramente la partecipazione di molti ricercatori che non potrebbero viaggiare per motivi legati agli impegni accademici e/o per problemi economici.

Il Premio Asimov



La sesta edizione del Premio ASIMOV per l'editoria scientifica, nato per avvicinare il mondo della scienza e quello della scuola, è in pieno svolgimento. Ideato dal fisico Francesco Vissani, che ne è anche il

coordinatore nazionale, il Premio è stato istituito nel 2015 grazie alla collaborazione tra il GSSI (Gran Sasso Science Institute) e l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare). Oggi si fregia di numerosi e autorevoli partner, tra cui l'Accademia Nazionale dei Lincei, la Società Italiana di Fisica, il CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze), l'Associazione Librai Italiani, Libri Progetti Educativi, DeepBlue, ecc.

Alla nascita del Premio diede un fondamentale contributo anche la compianta giornalista scientifica Rossella Panarese, recentemente scomparsa, che verrà affettuosamente ricordata con un'iniziativa speciale.

Il Premio si avvale di una commissione scientifica di circa 400 insegnanti di scuola superiore, ricercatori e professori universitari, giornalisti, scrittori e amici della cultura scientifica. Tra i circa 200 libri esaminati, pubblicati dal 2019, la commissione ha individuato per questa edizione la seguente cinquina di finalisti:

- Telmo Pievani con *Imperfezione. Una storia naturale* (Raffaello Cortina)
- Barbara Mazzolai con *La natura geniale. Come e perché le piante cambieranno (e salveranno) il pianeta* (Longanesi)
- David Quammen con *L'albero intricato* (Adelphi)
- Amedeo Balbi con *L'ultimo orizzonte. Cosa sappiamo dell'universo* (UTET)
- Gianfranco Pacchioni con *L'ultimo sapiens. Viaggio al termine della nostra specie* (Il Mulino)

L'ultima parola per decretare il vincitore assoluto spetta però alla giuria, composta da migliaia di studenti e studentesse di scuola superiore. La scorsa edizione ha visto la partecipazione di oltre 4000 studenti provenienti da più di 100 scuole di 13 regioni italiane: quest'anno i numeri sono ulteriormente aumentati.

Ogni partecipante leggerà, valuterà e recensirà uno dei libri in lizza e saranno i voti di questa impressionante giuria popolare a scegliere il vincitore del premio ASIMOV 2021.

Le recensioni saranno raccolte in un database, e verranno lette e valutate dalla commissione scientifica; le migliori saranno a loro volta premiate. Gli enti organizzatori certificheranno le recensioni valide e le scuole potranno riconoscere il lavoro svolto dagli studenti ai fini di percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO) e/o per i crediti formativi. Anche l'impegno degli insegnanti che parteciperanno alla valutazione delle recensioni verrà riconosciuto ai fini dell'aggiornamento professionale, previa iscrizione all'iniziativa sulla piattaforma SOFIA e successivo rilascio di attestato.

Il Premio ASIMOV è un'iniziativa multi-sede. Le numerose sedi della commissione scientifica del premio – Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Molise, Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana, Umbria e Liguria – si coordinano tra loro per il successo dell'iniziativa, collaborando con 197 scuole superiori di tutta Italia.

Al termine delle valutazioni delle recensioni (presumibilmente nel mese di maggio) in ciascuna sede regionale, i libri in lizza saranno presentati al pubblico dagli autori delle migliori recensioni. Subito dopo, verrà annunciato il libro vincitore della sesta edizione del Premio ASIMOV per il 2021 e si svolgerà la cerimonia conclusiva nazionale. A causa dell'emergenza Covid, le cerimonie, sia regionali che nazionale, quest'anno saranno svolte online.

Molte le novità di questa sesta edizione. Oltre alle nuove regioni partecipanti che si sono aggiunte, anche la lista di enti organizzatori e patrocinatori si è ulteriormente arricchita delle sezioni INFN di Bari e di Genova, del Dipartimento Inter-ateneo di Fisica dell'Università di Bari (UniBa) e del Politecnico di Bari (PoliBa), dell'Università degli Studi della Basilicata (Unibas), dell'Università degli Studi del Molise e dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF) e di altri enti ancora. Per maggiori informazioni si veda il sito del Premio <https://www.premio-asimov.it/>

Labster: la tecnologia come supporto

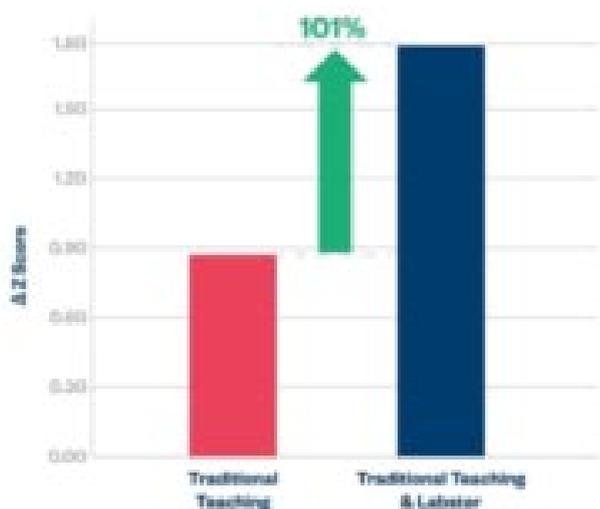
Con l'esperienza didattica di Labster, gli studenti impareranno a padroneggiare concetti e tecniche per arrivare più preparati a metterli in pratica in un laboratorio reale. Labster è stato studiato come integrazione per i corsi tradizionali, impartiti da docenti, e le sue oltre 160 simulazioni hanno obiettivi di apprendimento specifici che corrispondono ai classici programmi didattici. Specialmente se abbinato ad un insegnamento di qualità, Labster aiuta gli studenti a potenziare il loro rendimento.

Ecco come Labster può aiutare docenti e studenti

Migliori risultati di apprendimento

“Gli studenti tendono ad imparare meglio se si abbinano simulazioni e laboratori virtuali con l'esperienza pratica”

– Selinda Martinez, Laredo College



Labster aiuta a colmare i gap di conoscenza tra gli studenti

Con Labster, è possibile coinvolgere meglio gli studenti meno performanti. È stato dimostrato che sono proprio gli studenti che più faticano con i metodi di insegnamento tradizionali a beneficiare maggiormente di Labster!

Le simulazioni potenziano l'apprendimento, la motivazione, l'auto-efficacia e la rilevanza percepita dei contenuti

“Labster può essere un grosso vantaggio per gli studenti meno preparati, che hanno frequentato scuole con meno risorse e che non hanno un background scientifico significativo. Labster può aiutare a colmare le loro lacune.” – Jennifer Bobenko, Professor of Biochemistry, University of Maryland Eastern Shore

Più motivazione e coinvolgimento per gli studenti

Gli studenti di oggi sono abituati a esperienze ricche e multimediali e perdono facilmente l'attenzione e il focus con le lezioni e la formazione in laboratorio tradizionali. Labster, con la sua piattaforma interattiva e basata sulla gamification, coinvolge gli studenti con missioni story-driven che li spingono ad applicare le loro conoscenze e competenze per risolvere problemi realistici.

“Le simulazioni sono coinvolgenti e stimolano l'interesse degli studenti alla pratica di laboratorio. Aiutano ad accrescere la comprensione non solo delle competenze pratiche, ma anche dei principi che sono alla base del lavoro in laboratorio.” – Wei-Hsum Yap, Taylor's University

“Gli studenti apprezzano davvero come ogni simulazione abbia una storia, che li aiuta a capire come possono usare le tecniche apprese ed applicarle nel mondo reale. È un tipo diverso di apprendimento, in cui c'è un flusso costante di teoria, domande, eccetera. Si impara facendo.” – Pirjo Spuul, Tallinn University of Technology

Risparmiare tempo prezioso in laboratorio usando Labster come preparazione

“Gli studenti passavano anche tre ore a fare una cosa semplicissima come preparare qualche soluzione tampone da usare poi in laboratorio, un tempo davvero assurdo. Dopo aver proposto loro la simulazione di Labster sulla preparazione delle soluzioni e delle soluzioni tampone, hanno concluso la stessa operazione in un'ora e mezza! Usare Labster come preparazione al laboratorio semplifica la vita a me e

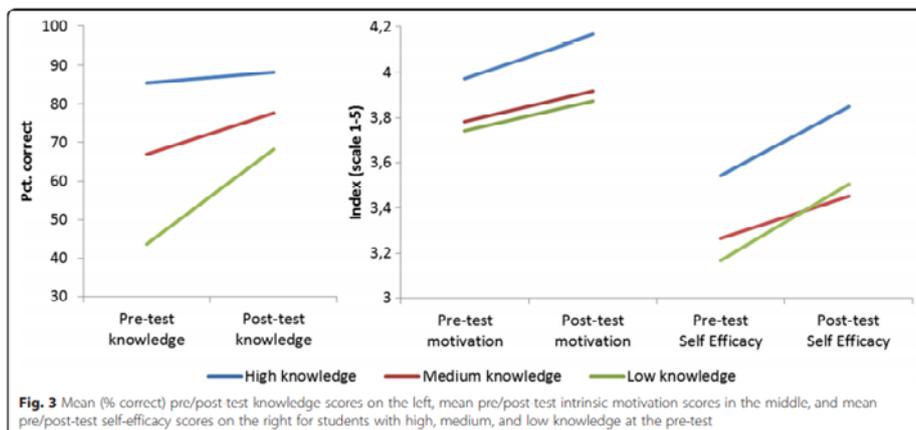


Fig. 3 Mean (% correct) pre/post-test knowledge scores on the left, mean pre/post-test intrinsic motivation scores in the middle, and mean pre/post-test self-efficacy scores on the right for students with high, medium, and low knowledge at the pre-test

Fonte: Makransky, G., Bonde, M. T., Wulff, J. S., Wandall, J., Hood, M., Creed, P. A., ... & Nørremølle, A. (2016). Simulation based virtual learning environment in medical genetics counseling: an example of bridging the gap between theory and practice in medical education. BMC Medical Education, 16(1), 1-9.

ai miei studenti. Riduce sia il loro stress che il mio carico di lavoro.” – *Stephanie Dillon, Director of Freshman Chemistry Laboratories presso la Florida State University*

Il feedback immediato facilita la comprensione dei contenuti

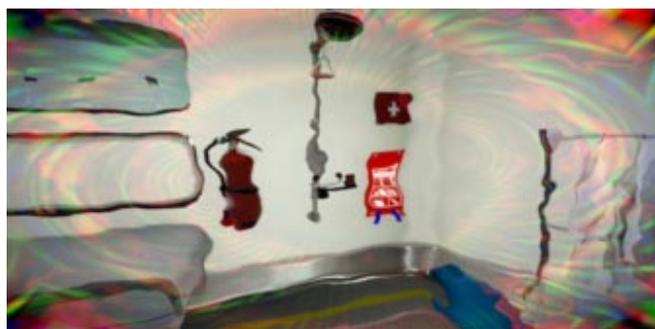
Le domande dei quiz contenuti in Labster richiedono agli studenti di leggere e assimilare la teoria proposta nella simulazione. Ricevendo un feedback immediato sulle loro risposte, gli studenti hanno più controllo sul loro auto-apprendimento, identificando da subito eventuali lacune. Inoltre, più gli studenti diventano consapevoli dei loro progressi, più è probabile che si sentano motivati all'apprendimento. Dalla Teacher Dashboard è possibile monitorare la performance dei singoli studenti e i trend di apprendimento della classe, così da poter intervenire con un supporto didattico mirato se necessario.

“Avendo 220 studenti del primo anno, è praticamente impossibile fornire loro un feedback individuale per il lavoro svolto durante il corso. Labster mi fa risparmiare il tempo per la preparazione delle domande per le simulazioni d'esame e i quiz. Gli studenti possono esercitarsi a casa e ricevere un feedback personalizzato.” – *Sabine Matallana-Surget, Stirling University*

“Le simulazioni di Labster hanno dato ai nostri studenti accesso ad un apprendimento più individuale, orientato alla pratica e autonomo, che ognuno può seguire con i propri ritmi. Il format delle simulazioni, con quiz e risorse teoriche integrati, consente agli studenti di utilizzare diverse tecniche di apprendimento per raggiungere gli obiettivi didattici.” – *Dr. Carmen Nußbaumer, Management Centre Innsbruck*

Gli studenti imparano dagli errori in sicurezza

Labster permette agli studenti di sbagliare e vedere le conseguenze dei propri errori.



In questa immagine, l'avatar di uno studente subisce danni alla vista dopo l'esposizione a sostanze chimiche pericolose. Lo studente completa la missione dopo aver imparato ad effettuare con successo un lavaggio agli occhi.

“Labster è un'ottima piattaforma per imparare competenze pratiche senza correre i rischi della vita reale.” – *Studente di biologia presso l'University of Essex*

Garantire ad ogni studente l'accesso ad un laboratorio moderno

Molti studenti, specialmente in corsi triennali con molti iscritti, hanno difficilmente accesso ad attrezzature moderne. I laboratori virtuali di Labster costituiscono un'alternativa

conveniente all'acquisto di attrezzature costose o costruire nuove strutture.

“Con Labster, gli studenti possono vedere con i loro occhi come funziona un macchinario, invece di leggere solo una descrizione su un libro di teoria. Se si vuole dare a tutti gli studenti un'esperienza pratica con macchinari avanzati, ma l'università non li possiede o si vuole evitare il rischio di danneggiare attrezzature così costose, i laboratori virtuali sono un aiuto preziosissimo.” – *Sabine Matallana-Surget, Stirling University*

Aiutare gli studenti a visualizzare la scienza

Le animazioni 3D di Labster aiutano gli studenti a comprendere meglio fenomeni e processi non osservabili nella vita reale.

“Quello che mi piace di più delle simulazioni è che permettono di vedere cosa succede persino a livello molecolare. Non si possono osservare questi fenomeni in un esperimento reale, in un laboratorio fisico. In un laboratorio virtuale, invece, si capisce cosa succede esattamente in ogni fase del processo.” – *Teresa Artho, Gewerbliches Berufs- und Weiterbildungszentrum (GBS)*

Cosa accadrà? Vogliamo impegnarci con gli educatori

Mentre lo scenario didattico si trasforma in un contesto di “nuova normalità”, è fondamentale trarre insegnamento dall'esperienza maturata lo scorso anno e comprendere come poter meglio appassionare gli studenti con risorse interattive. La tecnologia ha giocato un ruolo decisivo durante la pandemia e i supporti digitali che i professori hanno iniziato ad utilizzare si stanno fortemente integrando in un contesto di insegnamento post-Covid. Diversi spunti innovativi sono emersi nel corso della fiera Didacta Italia alla quale Labster ha recentemente partecipato. Dall'incontro con insegnanti ed educatori è emersa l'esigenza di un modello di didattica ibrida che possa sfruttare la tecnologia per continuare a motivare gli studenti e ottimizzare la loro preparazione.

Questa tendenza si abbina con la missione di Labster di fornire laboratori virtuali attrezzati a più studenti possibili, democratizzando la scienza, e dando agli istruttori gli strumenti per affiancare ai loro metodi di insegnamento tradizionali dei supporti virtuali per coinvolgere gli studenti da casa e in classe.

Per avere maggiori informazioni sulle simulazioni e una prova gratuita dei laboratori virtuali, è possibile contattare le nostre referenti:

Francesca Zumbo (zumbo@labster.com)

Regional Director di Calabria, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Marche, Molise, Sardegna, Toscana, Trentino-Alto Adige e Valle D'Aosta

Vitalba Piazza (v.piazze@labster.com)

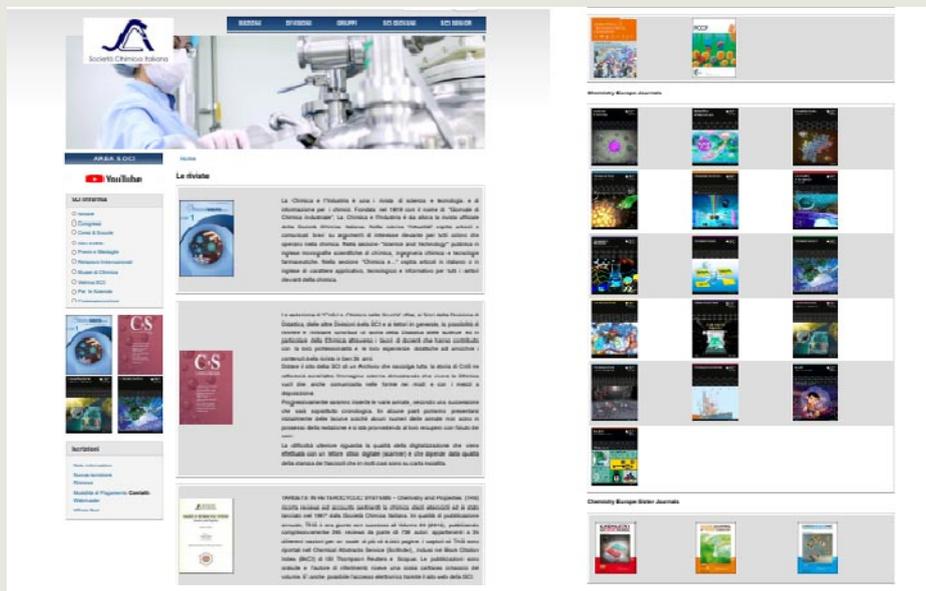
Regional Director di Abruzzo, Basilicata, Friuli-Venezia Giulia, Lombardia, Liguria, Piemonte, Puglia, Sicilia, Umbria e Veneto

Website: <https://www.labster.com/>

Ricorda che

Nella home page del sito web della Società Chimica Italiana (www.soc.chim.it), cliccando sul *Canale YouTube*, è possibile ascoltare conferenze su temi attuali di grande interesse; inoltre, con il titolo "I venerdì della SCI" sono raccolte le relazioni tenute dai tre Chemistry Fellows Europe 2020 e dai chimiche che hanno ricevuto le Medaglie SCI 2020.

Dalla stessa pagina si accedere alle riviste ufficiali SCI, *La Chimica* e *L'Industria* e, appunto, il *CnS*, ma anche a riviste europee alle quali la SCI è associata.



Nel sito della Divisione di Didattica (<http://www.soc.chim.it/it/divisioni/didattica/home>), specificatamente nella sezione Materiale Didattico, è stata creata una nuova voce chiamata Didattica a Distanza (DAD) nella quale, dopo un'accurata selezione dal mare magnum che si trova in rete, sono stati caricati, suddividendoli per i diversi livelli scolastici, dalla primaria all'università, materiali di vario tipo culturalmente e didatticamente validi.

I materiali, in continuo aggiornamento, sono a libero accesso e, quindi, visionabili e scaricabili da tutti, indipendentemente dal fatto di essere o no Soci della SCI e/o della Divisione di Didattica.



Il XXVII Congresso Nazionale SCI, che si sarebbe dovuto tenere lo scorso anno e che è stato rimandato causa pandemia, si svolgerà quest'anno dal 14 al 23 settembre in modalità on-line. Per il programma e altre utili informazioni vedere il sito web della SCI.

SCI2020 Rinvio al 2021



€ 12,00

