

# C<sub>n</sub>S

## La Chimica nella Scuola

n. 2 anno 2022



- › **Le energie rinnovabili in Italia: c'è un ripensamento?**
- › **La didattica in ambito museale durante il Covid-19**
- › **Metodologie didattiche per l'università: le tecniche di gamestorming**
- › **Percorsi laboratoriali: conoscere la plastica e «osservare» lo spin**
- › **La scoperta dell'ossigeno e la storia della Chimica a Palermo nel XVIII secolo**

### EDITORIALE

- 3** Qualche riflessione sulla guerra e alcune domande  
Margherita Venturi

### LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

- 5** Proposte sul PNRR e una lettera aperta al Governo italiano  
Gruppo Energia per l'Italia
- 14** Ricominciamo a spingere sulle rinnovabili in Italia?  
Fabio Olmi

### METODOLOGIE DIDATTICHE PER L'UNIVERSITÀ

- 15** Gamestorming: dalla Silicon Valley alle aule universitarie  
Eleonora Polo

### PERCORSI STORICO-EPISTEMOLOGICI PER LA SCUOLA SUPERIORE

- 21** La scoperta dell'ossigeno  
Eleonora Aquilini, Antonio Testoni e Roberto Zingales

### PERCORSI LABORATORIALI

- 25** La plastica: un mondo da scoprire  
Laura Fortunato, Maria Consiglia De Donno, Sabrina Scippa e Vita Lina Giannuzzi
- 34** Un approccio sperimentale allo spin elettronico  
Pasquale Fetto e Roberto Soldà

### MUSEI SCIENTIFICI E DIDATTICA

- 38** Progettazione di attività didattiche STEAM in ambito museale durante i due anni di pandemia Covid-19  
Valentina Domenici

### PAGINE DI STORIA

- 41** La Chimica a Palermo nel XVIII secolo  
Roberto Zingales

### 48 UNO SGUARDO ALLA LETTERATURA INTERNAZIONALE

### NEWS

- 50** La settima edizione del Premio Asimov per l'editoria scientifica  
Silvano Fuso
- 52** Global Women's Breakfast 2022: Empowering Diversity in Science  
Marta Da Pian, Elena Lenci, Maddalena Corsini e Giusy Tassone
- 54** Come "Costruirsi un futuro nell'industria chimica" con i Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento in digitale  
Federchimica



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

# Qualche riflessione sulla guerra e alcune domande

**C**ara/o lettrice/lettore, è con gran fatica che prendo in mano la penna (ormai è solo un modo di dire) per scrivere l'editoriale; oltre ai due anni abbondanti di pandemia, a destabilizzare ulteriormente il nostro animo ci mancava solo questa guerra Russia-Ucraina che è vicina alle porte di casa nostra e che, per gli armamenti che possono essere coinvolti, rischia di diventare il terzo problema planetario dei nostri tempi, assieme al Covid-19 e all'emergenza climatica.

La cosa che mi disturba ancora di più è che dietro all'iniquità di questo conflitto non ci sono motivi come democrazia o libertà di scegliere a quale nazione appartenere, che al limite potrebbero anche essere condivisi; dietro all'iniquità di questo conflitto si nasconde il solo e unico motivo alla base di quasi tutte le guerre: la disponibilità e il controllo dell'energia.

Sì, perché l'energia è il vero potere che governa il mondo e, finché il mondo andrà avanti usando petrolio, carbone e metano, i conflitti continueranno e continuerà anche il riscaldamento globale con il conseguente cambio climatico, che è il più grave problema di fronte al quale si trova l'umanità (come è stato sottolineato durante la COP21 di Parigi).

Forse sarò banale e noiosa a ripetere le stesse cose, ma questa guerra è un ulteriore, chiaro e drammatico segnale di quanto sia urgente la transizione dalle fonti fossili, prevaricatrici perché in mano a pochi e inquinanti, alle fonti rinnovabili, gentili perché ben distribuite e non inquinanti. Se l'Italia avesse continuato con la velocità di dieci anni fa verso la transizione energetica, oggi le ritorsioni di Putin sulle forniture di gas ci farebbero meno paura.

Il conflitto Russia-Ucraina ha anche messo in evidenza, fra le altre, una grande criticità nell'utilizzo dell'energia nucleare; le centrali nucleari sono, infatti, punti sensibili in caso di attacchi di guerra e



non solo perché bombardare una centrale nucleare mette in ginocchio il paese aggredito che rimane senza elettricità, ma anche perché tiene con il fiato sospeso tutto il mondo, dal momento che l'eventuale contaminazione radioattiva va ben al di là dei confini di quel paese.

Il ministro Cingolani, che vorrebbe il ritorno al nucleare dell'Italia, dovrebbe avere ben presente questo problema, oltre ai tanti altri legati al nucleare. Prima di tutto non si tratta di una fonte energetica verde perché, se è vero che nelle centrali nucleari viene prodotta elettricità senza generare CO<sub>2</sub>, uno dei principali gas clima alteranti, a monte se ne genera moltissima (ad esempio, per processare il combustibile e costruire la centrale); inoltre non è una fonte energetica rinnovabile e le scorte di combustibile sono limitate; non sappiamo come gestire le scorie e risolvere i gravi incidenti alle centrali; la costruzione di una centrale nucleare richiede grandi investimenti e almeno 15 anni per completare i lavori; la dismissione di una centrale è un'impresa ancora più costosa della sua costruzione e produce altre scorie che non sappiamo dove mettere; i reattori di quarta generazione di cui tanto si discute sono ancora sulla carta, per non parlare, poi, della fusione nucleare. Nel caso specifico dell'Italia c'è anche da considerare che il nostro paese non è

adatto al nucleare, essendo un territorio densamente popolato e sismico, che non ha riserve di uranio e, ormai, non ha neanche più le competenze per costruire e gestire una centrale nucleare, cosa che ci renderebbe dipendenti dalle nazioni che ci danno uranio e tecnologia.

Insomma, visto che l'Italia ha tanto Sole, ma anche vento e acqua, perché non sfruttare totalmente queste meravigliose fonti che ci darebbero energia pulita praticamente subito e ci offrirebbero l'indipendenza energetica? Cosa stiamo aspettando ancora?

A questo proposito, però, vorrei fare un'ulteriore considerazione. Anche nel caso in cui la società fosse alimentata esclusivamente da fonti rinnovabili, i problemi non sarebbero finiti; infatti, queste fonti per essere sfruttate devono essere convertite in forme di energia per uso finale, cioè calore, elettricità e combustibili, e per farlo servono materiali che, essendo la Terra un sistema finito, sono in quantità limitata. Inoltre, quelli utilizzabili allo scopo non sono neanche ben distribuiti sul pianeta; ad esempio, come ben sappiamo, un solo paese, la Cina, controlla la disponibilità delle Terre Rare, elementi indispensabili per utilizzare le fonti rinnovabili. E, allora, tutto questo ci dice due cose; la prima è che dobbiamo necessariamente abbandonare l'attuale economia dell'usa e getta per passare all'economia circolare che, imitando la natura, si basa su alcune parole chiave come riciclare, riusare, riparare e che ci insegna a seguire uno stile di vita all'insegna del risparmio e della sobrietà. La seconda cosa è che i paesi dovranno sempre più collaborare scambiandosi risorse e questo è possibile solo in un mondo in cui regna la pace. La pace, quindi, è fondamentale per il futuro sviluppo scientifico e tecnologico di ogni nazione; paradossalmente, in un'ottica di questo

tipo, la pace è una necessità egoistica per sopravvivere e non tanto il modo più sublime per convivere.

A questo punto, cioè parlando di pace, c'è un'altra domanda che mi pongo: il tema guerra, che a mio avviso è la peggior manifestazione dell'animo umano, deve essere affrontato a scuola? È possibile coniugare didattica e guerra?

Nel caso specifico del conflitto Russia-Ucraina direi che la risposta è sicuramente affermativa non solo perché parlandone si possono sostenere i valori universali del pacifismo e condannare ogni forma di aggressione e di violenza, ma anche e soprattutto perché si ha la possibilità di discutere con gli studenti del significato di Europa e di europeo. Si ha la possibilità di insegnare che l'Europa non è quella che "leggiamo" nella carta geografica. Alla nascita dell'Europa di oggi hanno avuto un ruolo fondamentale le culture e le tradizioni che attualmente non vengono considerate europee: cosa sarebbe la musica europea se non ci fosse stato Čajkovskij; la chimica europea senza Mendeleev; la letteratura europea senza Dostoevskij e la pedagogia europea senza Vygotskij? Ai nostri giovani dobbiamo insegnare che i confini devono essere superati e sarebbe bello se ridisegnassero la carta dell'Europa cancellando quelle barriere materiali e culturali che dividono i paesi e ancora più bello sarebbe se disegnassero un mondo senza confini.

Concludo nella speranza che quando leggerete questo editoriale la guerra Russia-Ucraina sia finita. Voglio, però, ricordare che, oltre agli ucraini ai quali va tutto il mio sostegno, ci sono molte altre persone al mondo che soffrono, tante persone che continuano a fuggire dal loro paese per fame, per conflitti, per dare una vita migliore ai loro figli, persone che, per un diverso colore della pelle, invece di essere accettate si trovano davanti muri di nome e di fatto. Non dimentichiamoci di loro. ■



# Proposte sul PNRR e una lettera aperta al Governo italiano

Il Gruppo Energia per l'Italia (<http://www.energiaperlitalia.it>), che è stato presentato ai lettori del CnS nell'ultimo numero del 2021, è particolarmente attivo in questo momento molto delicato per il nostro paese (e non solo).

Di seguito si riportano un documento del 4 aprile 2021 elaborato da alcuni membri del Gruppo, che contiene proposte molto chiare e dettagliate per l'utilizzo dei fondi del PNRR, e una lettera aperta al Governo italiano a firma del Coordinatore del Gruppo, ma condivisa da tutti i suoi membri.

## Proposte sul PNRR

Il Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) è il programma di investimenti che l'Italia deve presentare alla Commissione europea nell'ambito del Next Generation EU, lo strumento per rispondere alla crisi pandemica provocata dal Covid-19. Il



termine per la presentazione dei Piani nazionali di ripresa e resilienza è il 30 aprile 2021.

Il piano dovrà dettagliare i progetti, le misure e le riforme previste nelle aree di intervento riconducibili ai seguenti pilastri fondamentali:

1. transizione verde;
2. trasformazione digitale;
3. crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, compresi coesione economica, occupazione, produttività, competitività, ricerca, sviluppo e innovazione

e un mercato unico ben funzionante con PMI forti;

4. coesione sociale e territoriale;
5. salute e resilienza economica, sociale e istituzionale, anche al fine di aumentare la capacità di reazione e la preparazione alle crisi;
6. politiche per la prossima generazione, infanzia e gioventù, incluse istruzione e competenze.

Il Piano dovrà essere coerente con i nuovi obiettivi climatici di riduzione delle emissioni di gas climalteranti di almeno il 55% entro il 2030, da recepire nella prima Legge europea sul clima, così come dovrà urgentemente adottare misure adeguate a raggiungere gli obiettivi europei sulle energie rinnovabili, l'efficienza energetica, la mobilità sostenibile, la biodiversità, l'economia circolare, la riduzione dell'inquinamento.

I Piani di ripresa e resilienza dovranno essere coordinati e complementari con i Piani nazionali integrati energia e clima (PNIEC) e i Piani di adattamento ai cambiamenti climatici, nonché con gli altri piani di programmazione. Importante, poi, è il coordinamento con i principali fondi messi a disposizione dall'Unione Europea.

In questo breve documento, il gruppo Energia per l'Italia esamina e commenta alcuni aspetti del PNRR, con particolare attenzione ai provvedimenti ritenuti centrali e fondamentali per attuare una transizione ecologica basata su una vera e urgente transizione energetica e su azioni reali di mitigazione e adattamento. I prossimi dieci anni sono cruciali per fronteggiare l'emergenza ambientale e sociale e abbiamo di fronte un'opportunità unica che non possiamo permetterci di sprecare.

## Rivoluzione verde e transizione ecologica (Missione 2)

La transizione ecologica deve basarsi sul concetto di ecologia integrale, ben espresso nel capitolo 4 dell'enciclica *Laudato si'* di papa Francesco: ecologia

Missione 2

Rivoluzione verde e transizione ecologica



# PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



ambientale, economica, sociale e culturale, per il bene comune e la giustizia tra le generazioni. Siamo di fronte a un impegno senza precedenti, che appare quasi insormontabile, soprattutto in termini di urgenza. Ma occorre accogliere la sfida e avviare da subito la transizione necessaria.

A nostro parere l'ultima versione del PNRR non affronta in maniera adeguata gli obiettivi in materia di clima ed energia delineati nel Quadro 2030 per il clima e l'energia e nel Green Deal Europeo e non considera pienamente i capisaldi delineati nella Guidance Europea (Commission Staff Working Document – Guidance to MS Recovery and Resilience Plans, 17.9.2020). Infatti, considerando le proposte di investimenti in nuove azioni in campo climatico (incluso l'energia), non si raggiunge la quota (come prescritta nelle Guidance Europee) del 37% del totale dei fondi.

Nel PNRR questi fondi sono pianificati principalmente per i seguenti obiettivi: contrasto del dissesto idrogeologico; gestione sostenibile della risorsa idrica; attuazione di un programma di riforestazione; miglioramento della qualità delle acque interne e marine. Sono invece scarsi i fondi assegnati per l'adattamento climatico.

## 1. Transizione energetica e sviluppo delle rinnovabili

### Premessa

La transizione energetica dai fossili alle energie rinnovabili implica il passaggio dai combustibili all'elettricità come energia di uso comune. Produrremo quantità sempre maggiori di energia elettrica con fonti rinnovabili (Sole, vento, acqua). Dovremo estendere l'uso dell'energia elettrica nell'industria, nell'agricoltura, nella climatizzazione degli edifici e ancor più nella mobilità, perché i motori elettrici

sono da 3 a 4 volte più efficienti dei motori termici. Dovremo sviluppare prevalentemente trasporti pubblici alimentati dall'elettricità e, quindi, usare meno aerei, più treni, tram e autobus elettrici e costruire meno autostrade e più ferrovie. Dovremo smettere di fornire sussidi alle fabbriche di auto, soprattutto se di lusso, con motori a combustione e trasferire alle energie rinnovabili i sussidi di cui ancora oggi godono i combustibili fossili.

Purtroppo, notiamo che nel Piano manca una exit strategy dai combustibili fossili al 2050, cioè manca uno schema con cui agire concretamente.

Fotovoltaico ed eolico oggi sono le due tecnologie che forniscono energia elettrica ai costi più bassi, anche tenendo conto dell'integrazione con sistemi di accumulo. Nel mercato mondiale della nuova potenza elettrica installata hanno raggiunto una quota di circa il 70%, superando nettamente le tecnologie tradizionali basate su carbone, gas e nucleare. Il fotovoltaico converte la luce del Sole in energia elettrica con un'efficienza di circa il 20%, quasi cento volte maggiore dell'efficienza con cui la fotosintesi naturale converte la luce solare in energia chimica.

### Sviluppo delle energie rinnovabili

Secondo il PNRR "Gli obiettivi fissati al 2026 sono rappresentati da un aumento di 4,5 - 5 GW della capacità di rinnovabili installata, al fine di supportare l'obiettivo del PNIEC per il 2025. In combinazione con gli impianti eolici, saranno progettati e installati impianti fotovoltaici galleggianti da 100 MW in un'area ad alto irraggiamento, aumentando così la produzione totale di energia."

Questo aumento è assolutamente insufficiente. La potenza installata deve essere almeno 5 volte al 2026 (20 - 20 GW) e 10 volte al 2030 (40 - 50 GW). Con un capacity factor medio del 20% (fotovoltaico + eolico) 50 GW corrispondono a circa 90 TWh, cioè un quarto della domanda attuale. Questo è il minimo necessario per raggiungere nel 2030 l'obiettivo UE di 2/3 di elettricità rinnovabile sul totale. Bisogna fare, dunque, uno sforzo ciclopico per non rimanere indietro. Il potenziale eolico in Italia è di 16 GW, 9 dei quali già realizzati per cui, ora, dobbiamo andare a coprire aree complesse e a bassa accettabilità sociale. Quindi, bisogna sviluppare soprattutto il fotovoltaico. Gli impianti galleggianti per 100 MW previsti dal Piano sono ben poca cosa.

Anche considerando l'obiettivo fissato dall'UE di abbattere le emissioni del 55% al 2030 si capisce che è necessario un grande sforzo. È necessario nei prossimi 10 anni correre 9 volte più veloci di quanto fatto negli ultimi 30 anni nell'abbattere i gas climalteranti.

Pertanto, bisogna semplificare le procedure per l'approvazione dei progetti di risorse rinnovabili e promuovere e finanziare adeguatamente impianti eolici e fotovoltaici offshore e a terra in aree dismesse o da bonificare (come le ex discariche chiuse e altre aree da riqualificare).

È anche necessario promuovere l'autoproduzione domestica e industriale per realizzare una rete capillare di piccoli impianti con benefici per i territori e per le famiglie attraverso la diffusione delle comunità energetiche. Se si considerasse un bonus del 65% sul fotovoltaico domestico, scontato in fattura, non sarebbe difficile rilanciare le installazioni su milioni di tetti, con grande risparmio in bolletta per le famiglie.

### Altre osservazioni

- Il Piano prevede di rilanciare la produzione di moduli fotovoltaici in Italia, un'iniziativa inutile poiché il mercato di moduli fotovoltaici è saldamente in mano alla Cina. Questo non significa che tutta la complessa filiera produttiva del fotovoltaico sia in mano alla Cina, come spesso viene affermato: è una filiera globale e interconnessa, come tutte le grandi filiere industriali (abbiamo visto in questi mesi quanto sia complessa e globale la catena produttiva dei vaccini).
- Nel Piano si parla anche di realizzare sistemi di accumulo termico abbinati a impianti CCGT, cioè turbogas a metano. Questi impianti vengono definiti strategici poiché permettono di avviare le centrali termoelettriche in modo più flessibile, cosa necessaria per sopperire a eventuali buchi di potenza in rete generati dalle rinnovabili. I sistemi di accumulo termico non sono altro, in realtà, che un'altra "invenzione" per mantenere attive le centrali turbogas e chiedere sussidi per garantire la stabilità della rete. A nostro parere il modo più flessibile per gestire questi buchi è quello di usare blocchi di batterie di grande potenza (400 MW), come stanno facendo in California; oppure, tramite pompaggi nelle dighe.
- In tutto il PNRR non c'è neppure un cenno sulla filiera dei sistemi di accumulo in batteria. Tutto il settore elettrochimico è stato trascurato, quando invece potrebbe essere un asse strategico considerato anche che in Italia abbiamo gruppi di ricerca di eccellenza in questo settore. La produ-

zione delle batterie è "meccatronica di precisione" e in questo campo nel nord Italia ci sono eccellenti industrie.

- Sostenere la mobilità elettrica incentivando stazioni di ricarica non è strategico in quanto queste stazioni saranno certamente realizzate anche senza sussidi con l'aumento delle automobili circolanti. Occorre invece incentivare l'allacciamento delle colonnine in modo diffuso. Il 20% del costo di installazione (2500 euro su 14 mila euro, per una colonnina da 22 kW) è dovuto alla richiesta del contatore.
- La strategia sull'idrogeno, di cui si parlerà diffusamente in seguito, deve essere focalizzata soltanto su tre settori: aeronautica, nautica e grandi produzioni industriali. Treni e autoarticolati devono essere alimentati con elettricità implementando la rete di distribuzione per i primi e la rete di ricarica veloce per i secondi.
- Non è strategico produrre idrogeno verde (con rendimenti non superiori al 30% e l'annesso consumo di acqua) per poi bruciarlo in centrali turbogas in sostituzione del gas metano. Questa è pura "follia" energetica, si avrebbero rendimenti complessivi del solo 10%.
- La produzione di idrogeno è nettamente in contrasto con la "Tutela del territorio e della risorsa idrica" tanto che nel Piano mancano scenari su quello che dovrebbe essere il consumo di suolo legato alla generazione di energia rinnovabile necessaria per ottenere l'idrogeno.

## 2. Mitigazione degli impatti climatici

Il PNRR afferma (pag. 13): "La transizione ecologica sarà la base del nuovo modello economico e sociale di sviluppo su scala globale, in linea con l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. Per avviarla sarà necessario, in primo luogo, ridurre drasticamente le emissioni di gas clima-alteranti in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi e del Green Deal europeo". Per raggiungere questo obiettivo sarà fondamentale una revisione del PNIEC.

A pag. 76 del PNRR si riportano le cifre della questione: emissioni nazionali di riferimento (1990) 516 MtCO<sub>2</sub>eq; riduzione necessaria al 2030: -55%. Quindi, al 2030 le emissioni non dovranno superare  $516 \times 0,45 = 232$  MtCO<sub>2</sub>eq. Questo significa che nei prossimi 10 anni occorre tagliare le emissioni di circa 160 MtCO<sub>2</sub>eq. Sempre a pag. 76 si evidenzia la grande occasione di finanziare un cambiamento di passo significativo: "Gli investimenti in cui si concretizzano le quattro componenti della missione Rivoluzione verde e transizione ecologica sono distribuiti su diverse

linee progettuali per un ammontare complessivo di risorse pari a 68,9 miliardi di euro.” A tale proposito il PNRR rimanda a “ulteriori analisi pertinenti alla capacità di raggiungere con efficacia ed efficienza gli obiettivi PNIEC”. Tuttavia, non si parla del metodo con cui misurare la capacità di realizzazione dei “cantieri” che saranno finanziati.

Va dunque individuato e applicato un metodo capace di:

- fare lo screening dei progetti (Rilevante/Non Rilevante ai fini dell’obiettivo di riduzione delle emissioni);
- quantificare per i progetti Rilevanti il bilancio delle emissioni climalteranti dalla data di inizio di cantiere (i cantieri aumentano le emissioni rispetto a far nulla) fino al 2030.

Come apparato tecnico per l’individuazione del metodo di analisi e l’applicazione del metodo agli interventi indicati nel Piano possiamo suggerire SNPA. A margine, notiamo che il dimensionamento dei parchi agricoli appare incongruente: “si punterà ad ottenere entro il 2026 una superficie coperta con pannelli fotovoltaici pari a 13.250 m<sup>2</sup>, tale da produrre 1.300 - 1.400 GWh a regime.”

### 3. Adattamento alla crisi climatica

A nostro parere i fondi pianificati per l’adattamento ai cambiamenti climatici (finalizzato ad accrescere la resilienza climatica del territorio, includendo i vari settori socio-economici, le infrastrutture e gli ecosistemi) sono veramente esigui.

In particolare, è stata data poca attenzione al grande e trasversale tema del “climate proofing” con riguardo alla resilienza climatica e al tema della “perdita di biodiversità e degrado degli ecosistemi”.

Questo è evidenziato anche dagli scarsi fondi pianificati per la sostenibilità delle aree urbane - un tema molto complesso per il territorio italiano che deve tener conto di sfide non solo ambientali, climatiche, energetiche, urbanistiche, ma anche di preservazione di importanti e unici beni culturali. A nostro parere c’è il rischio di una non continuità nelle azioni proposte e finanziate dai Recovery fund dopo il 2026, in particolare proprio in merito alle tematiche di lotta ai cambiamenti climatici e alla perdita di biodiversità. Questo rischio potrà essere amplificato dalla mancanza di una definizione nel PNRR di una governance unica finalizzata alla pianificazione e coordinazione dei progetti.

Questa governance dovrebbe:

- integrarsi nelle strutture settoriali già esistenti (e.g., gestione risorse idriche);

- applicare le varie modalità più efficienti di processi partecipativi;
- fare buon uso di uno schema di monitoraggio/valutazione dell’efficacia nell’attuazione delle nuove misure mediante consistenti ed efficaci indicatori.

Occorre infine finanziare tecnologie verdi per la resilienza urbana come strumenti indispensabili all’adattamento delle nostre città ai cambiamenti climatici, come viene fatto per tante città europee.

### 4. Economia Circolare

Molto contenuta appare la quota di finanziamento destinata all’Economia Circolare (4,5 miliardi di euro).

Occorre realizzare una rete impiantistica tale da rendere autosufficiente ogni regione e provincia italiana per il riciclo dei rifiuti e il riuso dei prodotti dismessi in centri di preparazione per il riutilizzo.

Occorre promuovere iniziative di ricerca e sviluppo per nuove tecnologie e processi industriali per il riciclo dei rifiuti elettrici ed elettronici, in un’ottica di Urban Mining per il recupero e riciclo di materie prime seconde preziose e critiche.

Occorre promuovere iniziative di ricerca e sviluppo per nuove tecnologie e processi per la riduzione della produzione di plastiche e di rifiuti di plastica e massimizzarne il riciclo attraverso un’implementazione dell’efficienza soprattutto a livello industriale.

Occorre finanziare impianti di smaltimento rifiuti adeguati in Campania per uscire dalle procedure di infrazione che costano alla comunità centinaia di migliaia di euro al mese.

È anche necessario velocizzare le pratiche amministrative nei vari ministeri per le Valutazioni di Impatto Ambientale e per le VAS.

### Istruzione e Ricerca (Missione 4)

Una conoscenza diffusa del metodo scientifico e dei suoi sviluppi contemporanei è necessaria: aiuta a comprendere che i problemi cui ci troviamo di fronte in tanti campi diversi non sono semplici. Oc-





corre colmare questa lacuna, perché oggi viviamo “immersi” in sistemi complessi, con cui dobbiamo interagire in maniera corretta per trovare delle soluzioni efficaci ed eque (come economia globalizzata, diffusione delle pandemie, sistema climatico, web, ecc.)

È oggi indispensabile e urgente porre in atto un grande piano di formazione e informazione, principalmente nella scuola, ma anche con interventi extrascolastici di formazione permanente, che permetta di raggiungere un’alfabetizzazione estesa e un avvicinamento ai metodi e ai risultati della scienza da parte dei giovani e di strati i più ampi possibili della cittadinanza. Questo consentirà un maggiore e diffuso apprezzamento della scienza, dei risultati raggiunti e delle incertezze che permangono, e si potranno riconoscere e isolare con più facilità le *fake news* che sempre più spesso compaiono nei mezzi di informazione.

Insegnamento e corretta comunicazione della scienza sono una priorità del paese, così come la ricerca e la ricerca scientifica in particolare. In questo senso, come indicato da studi di autorevoli economisti, gli investimenti in ricerca risultano un efficace moltiplicatore di sviluppo. Ma qui, purtroppo, scontiamo gravi carenze: basti pensare che l’Italia investe in ricerca solo 150 euro annui per ogni cittadino, contro i 250 e i 400 di Francia e Germania, rispettivamente, e che i nostri ricercatori sono solo 75.000 contro i 110.000 della Francia e 160.000 della Germania.

In questa situazione, riteniamo fondamentale investire in istruzione e ricerca, sfruttando anche il PNRR, per raggiungere i futuri obiettivi europei di spesa in questi settori, o almeno per allinearci con la percentuale di PIL dedicata attualmente a questo scopo dai paesi che maggiormente puntano su un’economia della conoscenza.

### Salute (Missione 6)

Assolutamente prioritario è il diritto alla salute pubblica, inteso come pieno benessere e non soltanto come assenza di malattia. È necessario il rafforzamento della medicina territoriale e della copertura sanitaria di qualità per tutti.

È anche necessaria un’azione capillare di diffusione, con ogni mezzo d’informazione, della cultura e della pratica della evitabilità di molte malattie mediante la conservazione e la difesa dell’ambiente e delle sicurezze logistiche quotidiane, la modalità e la qualità del produrre e consumare, l’adozione di op-

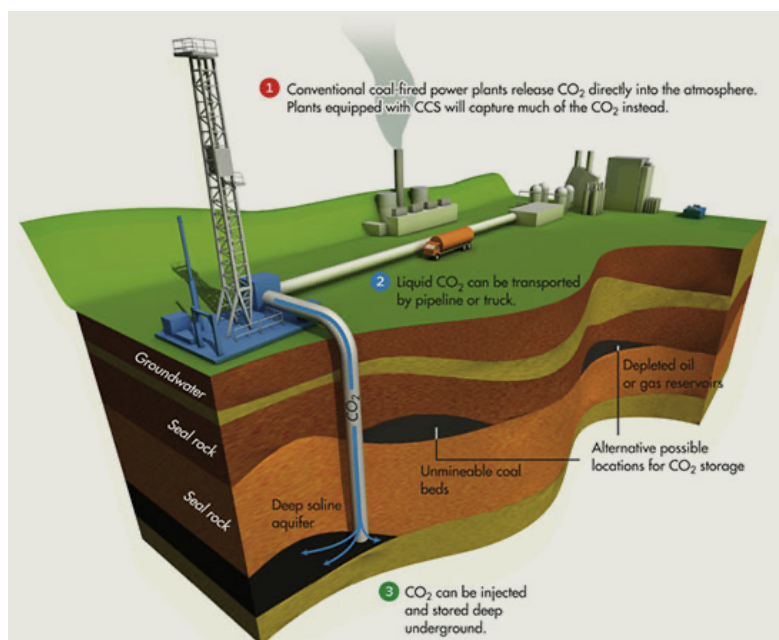
portuni stili di vita, la scolarizzazione e il contrasto alle disuguaglianze sociali.

Inoltre, è importante promuovere la prevenzione primaria (evitabilità delle malattie connesse all’organizzazione sociale, ai sistemi produttivi e di consumo) e quella secondaria (diagnosi precoce) presso la pubblica opinione, le Istituzioni, le sedi della Politica, delle autorità scientifiche, accademiche e scolastiche.

*Alle note sul PNRR sopra riportate, aggiungiamo un approfondito commento su tre importanti problemi fra loro collegati*

### 1. CCS (Carbon Capture and Storage)

Come è noto, la CO<sub>2</sub>, gas generato dalla combustione dei combustibili fossili, immessa nell’atmosfera contribuisce ad aumentare l’effetto serra e il conseguente



cambiamento climatico. Secondo gli scienziati dell’IPCC per frenare il cambiamento climatico, definito dalla conferenza di Parigi del 2015 “il pericolo più grave per l’umanità”, è necessario azzerare le emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2050. Questo è quanto prevede l’Accordo di Parigi, al quale hanno aderito praticamente tutte le nazioni del mondo, compresi gli Stati Uniti che poi, con Trump presidente, sono usciti dall’accordo e con Biden vi sono rientrati. Poiché in questi ultimi sei anni le emissioni di CO<sub>2</sub> sono aumentate, secondo gli scienziati bisogna agire più rapidamente di quanto fosse stato previsto e azzerare le emissioni entro il 2035.

La strada maestra per raggiungere l’obiettivo dell’azzeramento delle emissioni di CO<sub>2</sub> è una graduale

transizione dall'uso dei combustibili fossili a quello delle energie rinnovabili (Sole, vento e acqua), che non producono né CO<sub>2</sub> né sostanze inquinanti.

Le compagnie petrolifere invece, prima fra tutte ENI, stanno intensificando le estrazioni di combustibili fossili in tutto il mondo e, con il loro grande potere, agiscono a tutti i livelli e con ogni mezzo per evitare che i combustibili fossili vengano messi al bando. Secondo le compagnie petrolifere, infatti, si può continuare ad usare i combustibili fossili, anche ben oltre il 2050, evitando che la CO<sub>2</sub> prodotta sia immessa in atmosfera. Questa operazione, indicata con la sigla CCS (Carbon Capture and Sequestration), implica la cattura dell'anidride carbonica dai fumi emessi da impianti industriali, la sua separazione da altri gas, il suo trasporto con gasdotti in un impianto di raccolta e infine il suo deposito in giacimenti di idrocarburi ormai esauriti, dove dovrà rimanere "per sempre". Nelle intenzioni di ENI, quello di Ravenna sarà il più grande impianto del genere in Europa e un "hub" per il sud Europa e il Mediterraneo.

La strategia basata sul CCS per controllare il cambiamento climatico a nostro parere è irrazionale e impraticabile, come si evince dalle numerose, grandi criticità che si possono riassumere nei seguenti 12 punti.

1. Produrre CO<sub>2</sub> per poi catturarla e immagazzinarla è un procedimento contrario ad ogni logica scientifica ed economica; è molto più semplice ed economico usare, al posto dei combustibili fossili, le energie rinnovabili (fotovoltaico, eolico, idroelettrico) che non producono né CO<sub>2</sub>, né inquinamento.
2. Il CCS è una tecnologia sperimentale ancora in fase di ricerca; studi sugli impianti CCS sono stati finanziati con fondi europei dal 2009 al 2017, ma non hanno portato ad alcun risultato utile.<sup>1</sup>
3. È possibile applicare il CCS solo ai grandi impianti emettitori di CO<sub>2</sub>, come le centrali termo-elettriche. Non è possibile usarlo per catturare le emissioni di mezzi di trasporto, abitazioni e piccole industrie.
4. La tecnologia CCS è molto dispendiosa perché per catturare CO<sub>2</sub> c'è bisogno di energia. Ad esempio, per applicare questa tecnologia a una centrale termoelettrica a carbone è necessario affiancare alla centrale un'unità dedicata, alimentata a gas. Cioè, si brucia gas fossile (senza compensare le relative emissioni) per alimentare l'impianto CCS

che poi cattura solo una piccola parte della CO<sub>2</sub> emessa dalla centrale. Oltre al costo dell'impianto dedicato, si deve anche considerare che la cattura di CO<sub>2</sub> all'interno della centrale riduce le sue prestazioni del 10% - 20%.

5. Un impianto CCS in Norvegia viene utilizzato dalla compagnia petrolifera Equinor per rivitalizzare parzialmente, con l'immissione di CO<sub>2</sub>, giacimenti petroliferi quasi esauriti (Enhanced Oil Recovery, EOR). Questo, che attualmente è l'unico uso che si può fare della CO<sub>2</sub> catturata, potrebbe essere lo scopo nascosto della costruzione di un impianto CCS di ENI a Ravenna. L'Enhanced Oil Recovery, che taluni considerano come un esempio di economia circolare, è semplicemente un artificio per continuare ad estrarre e quindi usare i combustibili fossili.
6. L'unico impianto CCS americano, utilizzato per sequestrare una parte della CO<sub>2</sub> emessa dalla centrale a carbone di Petra Nova in Texas, è stato chiuso da pochi mesi a tempo indeterminato perché ritenuto non più sostenibile dal punto di vista economico dal gestore dell'impianto, NRG Energy.<sup>2,3</sup> Anche in questo caso la CO<sub>2</sub> catturata era trasportata via tubo in giacimenti petroliferi per potenziare l'estrazione (EOR). La performance dell'impianto di Petra Nova era considerato un test per capire se la tecnologia CCS può veramente essere utile nella battaglia contro il cambiamento climatico. La risposta è chiara: il CCS è economicamente insostenibile.
7. La cattura della CO<sub>2</sub> non elimina l'inquinamento causato da combustibili fossili, che ogni anno causa in Italia 80.000 morti premature; il passaggio dai combustibili fossili alle energie rinnovabili risolverebbe anche questo problema.
8. La letteratura scientifica è scettica sulla possibilità che si possa immagazzinare permanentemente CO<sub>2</sub>. La sua fuoriuscita vanificherebbe l'opera intrapresa per combattere il cambiamento climatico; una fuoriuscita improvvisa potrebbe creare danni gravi alla popolazione (soffocamento: CO<sub>2</sub>, gas pesante, non si allontana dalla superficie della Terra).
9. Lo stoccaggio di CO<sub>2</sub>, come hanno dimostrato analoghe attività in altre aree, potrebbe provocare un progressivo incremento della sismicità; cosa molto pericolosa nel territorio ravennate, che

<sup>1</sup> Corte dei conti Europea, N. 24, 2018, Relazione speciale: ... I progressi attesi non sono stati realizzati ...

<sup>2</sup> Qual Energia, 5 febbraio 2021: La cattura della CO<sub>2</sub> fa un buco nell'acqua negli Usa: il caso di Petra Nova.

<sup>3</sup> Reuters, August 7, 2020: Problems plagued U.S. CO<sub>2</sub> capture project before shutdown: document.

- già presenta un rischio sismico medio-alto ed è soggetto a significativi fenomeni di subsidenza.
10. Sviluppare il CCS significa investire miliardi di euro pubblici che sarebbe invece necessario e urgente utilizzare per sviluppare l'uso di energie rinnovabili pienamente collaudate come fotovoltaico ed eolico. A questo proposito è bene notare che il costo di un kW di fotovoltaico è diminuito di oltre 20 volte negli ultimi 20 anni e che attualmente, con l'eolico, il fotovoltaico è la tecnologia meno costosa per produrre energia elettrica. L'efficienza di conversione della luce in elettricità di un pannello fotovoltaico supera ormai il 20%. Se la paragoniamo all'efficienza della fotosintesi naturale, che è mediamente inferiore all'1%, possiamo capire come il fotovoltaico sia tra le invenzioni più dirompenti del XX secolo.
  11. Il CCS non è stato ancora sviluppato su una scala macroscopica corrispondente alla necessità di evitare l'immissione di significative quantità di CO<sub>2</sub> in atmosfera.<sup>4</sup>
  12. Un'analisi comparativa dimostra inequivocabilmente che l'elettricità prodotta dalle energie rinnovabili ha un ritorno energetico superiore a quello dell'elettricità da centrali termoelettriche dotate di CCS.<sup>5</sup>

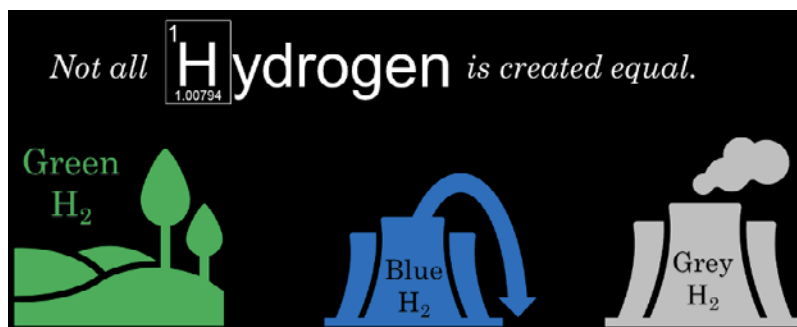
Si conclude quindi che il CCS è un disperato tentativo delle compagnie petrolifere per tenere in vita processi produttivi e di approvvigionamento energetico basato sui combustibili fossili. In ogni caso, non è opportuno investire ingenti risorse pubbliche nella realizzazione di un sistema di cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub> perché i risultati promessi non sono affatto garantiti, né dal punto di vista della sicurezza, né dal punto di vista climatico. Le risorse disponibili debbono essere usate per lo sviluppo delle energie rinnovabili, particolarmente fotovoltaico ed eolico, nonché per gli impianti di accumulo di energia elettrica, per l'efficienza energetica degli edifici e delle attività produttive e commerciali; tutti questi settori garantiscono anche un'alta intensità di posti di lavoro rispetto al settore dei combustibili fossili.

## 2. CCS e idrogeno

Quando la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili sarà molto abbondante, diventerà con-

veniente utilizzarla, in parte, per produrre idrogeno (H<sub>2</sub>) mediante elettrolisi dell'acqua. L'idrogeno è un gas che può essere usato come combustibile (contenuto energetico molto superiore a quello del metano), oppure può essere riconvertito in energia elettrica mediante pile a combustibile (fuel cells). In entrambi i casi produce solo acqua: niente CO<sub>2</sub>, nessuna sostanza inquinante. L'idrogeno è un gas incolore. Quello prodotto mediante energia elettrica rinnovabile mediante l'elettrolisi dell'acqua è idrogeno purissimo e viene chiamato significativamente *idrogeno verde*. La produzione e l'utilizzo di idrogeno verde richiedono vari processi di conversione, che implicano un'efficienza sostanzialmente inferiore rispetto all'utilizzo diretto dell'elettricità. L'idrogeno è, quindi, una risorsa costosa e preziosa che deve essere utilizzata solo in alcuni settori specifici come il trasporto pesante (es., navi e aerei) e l'industria pesante (es., acciaierie). Il primo passo verso la produzione e l'uso di idrogeno verde è l'aumento della potenza elettrica rinnovabile per possederne surplus da immagazzinare sotto forma di idrogeno.

Attualmente l'idrogeno viene usato principalmente per la sintesi dell'ammoniaca (fertilizzanti) o per la raffinazione del petrolio e viene quasi tutto prodotto a partire da metano, petrolio o carbone mediante processi che comportano l'emissione di ingenti quantità di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Questo idrogeno viene chiamato *idrogeno grigio*; non è puro, ma oggi costa circa tre volte meno dell'idrogeno verde. Utilizzando



impianti basati sull'uso di combustibili fossili abbinati a CCS, la CO<sub>2</sub> generata potrebbe venire catturata e intrappolata: questo idrogeno, che non è ancora stato prodotto, viene chiamato *idrogeno blu*.

Le aziende del petrolio e del gas, in Italia ENI e SNAM, puntano sull'idrogeno blu per poter continuare a estrarre e usare metano. Il principale obiettivo del progetto CCS ENI a Ravenna è proprio diffondere

<sup>4</sup> *Energy Environ. Sci.*, 1062, 11, 2018: Carbon capture and storage (CCS).

<sup>5</sup> *Nature Energy*, 456, 4, 2019: Comparative net energy analysis of renewable electricity and carbon capture and storage.

l'idea che si possa produrre idrogeno blu. Ma abbiamo visto che la tecnologia CCS non è economicamente sostenibile e neppure tecnicamente provata, dopo 20 anni di prove. In ogni caso, ENI e le altre compagnie petrolifere cercano di rientrare in gioco per ottenere finanziamenti dal Next Generation EU spacciando per verde la tecnologia CCS perché, in teoria, cattura e sequestra CO<sub>2</sub>. Accade così che nell'Unione Europea la lobby delle aziende dei fossili, registrata col nome di Hydrogen Europe, preme perché l'idrogeno blu sia incluso nei piani di finanziamento per la transizione energetica. La Re:Common, un'associazione che fa inchieste e campagne contro la corruzione, ha notato con preoccupazione che in effetti "la strategia europea sull'idrogeno varata dalla Commissione Europea nel luglio 2020 è molto vicina alle richieste della lobby". RE:Common definisce il CCS un inganno che serve all'ENI per dare una parvenza di transizione; è, cioè, una operazione di green washing, quando in realtà l'azienda continua a puntare su giacimenti di metano e petrolio.

### 3. Idrogeno e fusione nucleare

Il 16 marzo 2021, nell'illustrare il programma del Ministero della Transizione Ecologica, il ministro Cingolani ha fatto alcune dichiarazioni molto discutibili. Ha citato il nucleare da fusione, che dagli anni Settanta del secolo scorso ci viene ripetutamente promesso come fattibile "entro 30 anni" per risolvere la crisi energetico-climatica. In effetti, anche oggi gli esperti ci dicono che la fusione nucleare, nella migliore delle ipotesi, non potrà dare alcun contributo concreto alla produzione di energia elettrica per usi civili prima del 2060, mentre sappiamo che dobbiamo mettere sotto controllo il cambiamento climatico entro i prossimi 15 - 20 anni.

Il ministro Cingolani è, inspiegabilmente, molto più ottimista: "Io spero che se avremo lavorato bene, fra dieci anni i nostri successori parleranno di come abbassare il prezzo dell'idrogeno verde e di come investire sulla fusione nucleare. Questa è la transizione che ho in testa ... L'universo funziona con la fusione nucleare. Quella è la rinnovabile delle rinnovabili. Noi oggi abbiamo il dovere nel PNRR di potenziare il ruolo dell'Italia nei progetti internazionali ITER e MIT sulla fusione. Quello è un treno che non possiamo perdere". L'idrogeno prodotto per elettrolisi dell'acqua utilizzando energia elettrica proveniente dal nucleare



viene chiamato *idrogeno viola* ed è puro come l'idrogeno verde.

Cingolani ha anche affermato che "Fra dieci anni avremo l'idrogeno verde e le automobili che andranno a celle a combustibile". Forse ignora che il consumo totale di energia di un'auto a idrogeno è oltre il triplo di quella di un'auto elettrica a causa delle perdite associate alla produzione di idrogeno da rinnovabili, al suo trasporto e stoccaggio e alla ri-conversione dell'idrogeno in elettricità con le celle a combustibile. Quindi, la competizione delle auto a idrogeno con le auto elettriche è persa in partenza per un fattore tre a vantaggio dell'elettrico.

Cingolani ha inoltre detto "Abbiamo un decennio per rendere la nostra società competitiva sull'idrogeno verde. Al momento non abbiamo gli impianti, non sappiamo come stoccare e come utilizzare l'idrogeno. Ma questa è solo la realtà odierna. Dobbiamo cominciare a lanciare i nostri programmi, dobbiamo creare quel sistema che intorno a quel vettore energetico ci consenta di operare al meglio". E in più occasioni ha anche parlato di idrogeno blu, il progetto proposto da ENI con impianti CCS. Questo progetto in un primo tempo era stato inserito nel Recovery Plan; scartato nella seconda versione, potrebbe riapparire in quella finale. Insomma, non vorremmo che l'uso dell'idrogeno blu fosse considerato un ponte necessario per passare poi all'idrogeno verde, così come ENI sostiene da anni che l'uso del metano è un ponte necessario per poi passare alle rinnovabili, giudicate non ancora mature.

Infatti, a proposito della transizione energetica, Cingolani ha parlato anche, implicitamente, del ruolo del metano: "Sappiamo quale strada dobbiamo fare, dobbiamo partire da A e arrivare a B, più difficile è dire con quale pendenza raggiungere la meta". Il Piano integrato energia e clima del governo Conte prevedeva molto metano e una curva di

crescita delle rinnovabili «schiacciata»: 4,5 - 5 GW di potenza di rinnovabili installata per il 2025. Come abbiamo visto, questo aumento è assolutamente insufficiente. La potenza installata deve essere di almeno 20 GW al 2026 e 40 - 50 GW al 2030. Con un capacity factor medio del 20% (fotovoltaico ed eolico), 50 GW corrispondono a circa 90 TWh, cioè circa un quarto della domanda attuale, che è il minimo per raggiungere l'obiettivo EU di 2/3 di elettricità rinnovabile al 2030. Si tratta di un obiettivo ciclopico che va affrontato con urgenza, incominciando con

l'attuare procedure autorizzative serie, ma molto più snelle per sviluppare eolico e fotovoltaico, tecnologie sulle quali si sa già tutto. L'ultimo impianto eolico entrato in funzione ci ha messo otto anni per essere autorizzato. ■

Bologna, 4 aprile 2021

Hanno contribuito alla stesura di questo documento:

*Nicola Armaroli, Vincenzo Balzani,  
Alessandra Bonoli, Sergio Castellari,  
Marco Cervino, Vittorio Marletto e Leonardo Setti*

### Lettera aperta al Governo Italiano, febbraio 2022

Dopo due anni di crisi pandemica, la società italiana e i settori produttivi stanno oggi affrontando anche la grave crisi generata dal forte rincaro dei prezzi del gas (+42%, fonte Arera) e dell'elettricità (+55%).

Le bollette stanno mettendo in ginocchio molte famiglie e imprese, e già si contano a centinaia le realtà aziendali a rischio chiusura per l'impossibilità di sostenere i nuovi costi dell'energia.

La crisi in atto è figlia della dipendenza italiana dal gas, climalterante e non rinnovabile. Il metano consumato in Italia (74 miliardi di metri cubi, fonte IEA, dati per il 2019) è quasi tutto (94%) importato e viene utilizzato per il 42% nella produzione di energia elettrica, per il 39% negli usi residenziali, commerciali e nei servizi pubblici, per il 14% nell'industria come fonte energetica, per il 2% nei trasporti.

Di fronte a tutto questo assistiamo sgomenti a un'azione di governo di cui non comprendiamo la visione strategica: invece di puntare alla rapida sostituzione del gas fossile con fonti rinnovabili in tutti i settori di impiego, il governo italiano reperisce ovunque risorse per sostenere i consumi di gas, invocando addirittura la ripresa delle estrazioni di metano dal sottosuolo nazionale, quando è certificato dal Mise che le riserve sono assai modeste, ed equivalenti a circa un anno di consumi nazionali. Ben diverso è a tale proposito l'approccio del governo tedesco, che si sta muovendo nella direzione opposta, agevolando al massimo le nuove installazioni a rinnovabili (eolico e solare), puntando all'efficienza e alla riduzione dei consumi di energia, e favorendo l'impiego di mezzi di trasporto elettrici sia per le persone che per le merci.

Chiediamo quindi soluzioni ben diverse da quelle adottate finora in Italia; bisogna infatti aggredire

con urgenza i settori di maggior impiego del gas, e a questo fine:

- sostituire velocemente il gas con nuove installazioni di fonti rinnovabili elettriche (eolico e solare),
- sbloccare le installazioni di impianti a rinnovabili sia in terra che in mare, invocando l'emergenza climatica e l'urgenza di abbattere i costi dell'energia e l'inquinamento,
- alimentare in tutte le regioni la penetrazione del nuovo modello di comunità energetica, che mette in relazione produzione rinnovabile, smart-grids e consumi,
- ridurre ed efficientare gli usi civili dell'energia (isolamento degli edifici, pompe di calore) attraverso l'uso razionale, facile e controllato di incentivi come l'ecobonus, da estendere e migliorare,
- stimolare i percorsi di efficienza e decarbonizzazione dell'energia per usi industriali (certificati bianchi),
- favorire l'impiego di mezzi di trasporto elettrici sia per le persone che per le merci; sebbene oggi il settore sia in minima parte alimentato dal gas, e molto dai combustibili liquidi fossili, è facile prevedere (anzi, il fenomeno è già in atto) che la dipendenza nazionale dall'estero presenterà conti analoghi e necessarie risposte (anche per mitigare il danno climatico e sanitario del loro abuso).

Come Gruppo scientifico Energia per l'Italia mettiamo a disposizione del governo le nostre competenze e chiediamo con urgenza un confronto sui temi qui solo tratteggiati.

*Vincenzo Balzani*  
Coordinatore del Gruppo scientifico  
Energia per l'Italia

Fabio Olmi

✉ fabio.olmi@gmail.com

# Ricominciamo a spingere sulle rinnovabili in Italia?

**D**ai provvedimenti presi in questo scorcio di marzo 2022 sembrerebbe di poter rispondere affermativamente alla domanda del titolo. Ci voleva forse la grave crisi energetica conseguente alla guerra Russia-Ucraina per far smuovere le acque?

Se analizziamo, infatti, quello che non è stato fatto negli anni precedenti non può che montare la rabbia ad un comune cittadino del nostro Paese. In un documento apparso su Nuova Ecologia<sup>1</sup> si sostiene che, facendo riferimento a dati noti, è chiaro come *“I governi che si sono succeduti in questi anni abbiano sottovalutato l'importanza e le grandi potenzialità delle rinnovabili, che proprio nel 2013 hanno registrato un brusco rallentamento dovuto alla riduzione degli incentivi, portando le installazioni di eolico e solare a meno di 1 GW l'anno, contro i 5,9 installati nel triennio 2010 - 2013. In particolare, in questi otto anni ... il nostro paese avrebbe potuto installare complessivamente al 2021, tra impianti solari ed eolici, almeno 50 GW, mentre l'energia elettrica aggiuntiva sarebbe ammontata a + 90 TWh/anno”*. Quanto gas occorre per produrre 90 TWh/anno di energia elettrica? Ne occorre una quantità pari a  $2 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup> (20 miliardi di metri cubi), cioè il 70% di quanto si sarebbero ridotte le importazioni di gas dalla Russia.

Che cosa è successo in questo periodo di marzo 2022? Da un articolo apparso su la Repubblica<sup>2</sup> si evince che sono stati emanati provvedimenti per stimolare l'applicazione del fotovoltaico da parte delle ferrovie, delle caserme e degli edifici pubblici (scuole, edifici amministrativi, depositi ...). In esso si stabilisce che almeno il 60% dei consumi energetici



in questi edifici debba essere coperto da fonti rinnovabili.

Il 1° marzo u.s. è stato poi pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il Decreto Energia 17/22, entrato immediatamente in vigore, per abbattere i costi dell'energia elettrica e del gas naturale e per lo *sviluppo delle energie rinnovabili per abitazioni civili e centri industriali*. In particolare, si legge che l'installazione del fotovoltaico su un tetto rientra in *“interventi di ordinaria manutenzione”* e, quindi, non ha bisogno di alcuna di autorizzazione.

Accanto ai provvedimenti che dovrebbero produrre nel nostro paese un deciso incremento del fotovoltaico, si devono registrare anche quelli per stimolare l'eolico. *Il Consiglio dei ministri ha sbloccato sei parchi eolici (in Puglia, Sardegna e Basilicata) per complessivi 418 MW*.<sup>3</sup> Inoltre, da fine 2021 sono stati sbloccati 18 impianti eolici, di cui 10 solo nel Lazio. Quanto abbiamo detto sembra indicare che il governo vuole tornare a promuovere con fermezza sia il fotovoltaico che l'eolico; tuttavia, l'obiettivo di installare 8 GW l'anno per raggiungere quanto previsto nel 2030 appare ancora lontano: è necessario fare di più!

<sup>1</sup> Legambiente – Gas: l'Italia avrebbe potuto ridurre del 70% le importazioni dalla Russia, *Nuova Ecologia*, 10 marzo 2022.

<sup>2</sup> Luca Pagni – Rinnovabili, il fotovoltaico di Stato riparte da ferrovie, caserme ed edifici pubblici, *la Repubblica*, marzo 2022.

<sup>3</sup> <https://www.ilfattoquotidiano.it/10/03/2022>.

**Eleonora Polo**

CNR-ISOF Bologna e Università degli Studi di Ferrara

✉ e.polo@unife.it

# Gamestorming: dalla Silicon Valley alle aule universitarie

**RIASSUNTO** Nel programma del corso di Didattica della Chimica all'Università di Ferrara sono state introdotte le tecniche di gamestorming, un insieme di pratiche sviluppate in ambito aziendale per facilitare l'innovazione. Con gli opportuni adattamenti, sono utili per progettare in modo efficiente e rapido attività pratiche di formazione adattabili a vari contesti. Vedremo le basi di questa metodologia e come è stata applicata nella didattica e nella divulgazione.

**ABSTRACT** In the Chemistry Teaching course for the second level degree in Chemical Sciences at the University of Ferrara we have included several gamestorming techniques, a set of practices developed to facilitate innovation in the business environment. With the appropriate adaptations, they have proved useful for an efficient and fast planning of practical training activities adaptable to various contexts. We will describe the basics of this methodology, and how it has been applied to teaching and dissemination activities.

## 1. Introduzione

Da tempo si studiano e sperimentano approcci didattici complementari o alternativi alla tradizionale lezione frontale per porre rimedio alla crisi di questo modello che, tuttavia, non è assolutamente da cestinare. In ambito scolastico - un po' meno in quello universitario - si parla molto di metodologie *attive* che prevedono il coinvolgimento diretto degli studenti, la socializzazione, la valorizzazione dell'esperienza personale e la realizzazione di attività pratiche. Inoltre, si cerca di sviluppare la *metacognizione*, cioè la consapevolezza dei propri processi di apprendimento per arrivare a elaborare un metodo di studio personale. Queste nuove metodologie, di solito mutuata dal mondo anglosassone, devono essere utilizzate con elasticità e intelligenza, contestualizzandole e adattandole alla nostra cultura e alla classe reale. Possono essere impiegate in modo esclusivo o in combinazione secondo le necessità.

Le più popolari sono la *lezione frammentata* (chunked lesson), l'*apprendimento cooperativo* (cooperative learning), l'*apprendere facendo* (learning by doing), l'*istruzione tra pari* (peer-to-peer education) e la *classe capovolta* (flipped classroom). Una serie di tecniche meno note, ma particolarmente interessanti, sono quelle di *gamestorming* (tempesta di giochi) che nascono in ambito aziendale, ma che con gli opportuni aggiustamenti possono essere utilizzate sia nella scuola secondaria sia all'università. Nella loro applicazione si possono trovare quasi tutte le modalità didattiche sopra elencate e realizzate attraverso un processo guidato partendo dalla risoluzione di un problema (*problem solving*), o dall'educazione scientifica basata sull'indagine (*inquiry based science education*).

## 2. Il gamestorming

La cultura del gamestorming ha avuto origine nella Silicon Valley negli anni '70, un periodo di grande fermento imprenditoriale in cui erano particolarmente apprezzate la creatività e la capacità di ragionare fuori dagli schemi. Dopo un'iniziale diffusione attraverso il passaparola, un centinaio di tecniche di gamestorming si sono evolute fino ad assumere una fisionomia strutturata e sono state raccolte in un libro [1] oltre che nel corrispondente sito web [2]. Nelle aziende queste dinamiche sono utilizzate anche quando devono essere prese decisioni di tipo tecnico, perché permettono di esprimere al meglio la creatività e fanno emergere idee originali lavorando in un clima disteso e collaborativo. Un certo numero è stato adottato e rielaborato da vari progetti europei come strumento per programmare le attività di divulgazione scientifica. In particolare, la *EIT Climate-KIC: Innovation for climate action* nel *Visual toolbox for system innovation* [3] le ha impiegate per aiutare studenti e insegnanti ad approfondire tematiche relative alla sostenibilità e al riscaldamento climatico. In rete sono disponibili

altre collezioni di *canvas*<sup>1</sup> e modelli grafici per ogni tipo di problema [4].

### 3. Creativi si nasce o si diventa?

Queste attività guidate aiutano non solo a concentrare l'attenzione sul processo di risoluzione di un problema, ma migliorano anche il processo stesso di apprendimento nel momento in cui si individuano e perfezionano le possibili soluzioni. È opinione comune che la creatività sia una dote innata, una sorta di scatola nera da cui spuntano idee come per magia, ma, al di là delle differenze individuali, non è del tutto vero, perché può essere *educata* e stimolata. Chi lavora nel campo della conoscenza dovrebbe sempre diventare, in una certa misura, creativo/a. Quelle che sono definite personalità creative adottano, spesso inconsapevolmente, strategie che favoriscono la produzione di idee nuove. Una specie di workshop mentale che esamina le cose in profondità, esplora nuove idee, esegue esperimenti e verifica ipotesi, lasciando spazio a nuove intuizioni. Il *gamestorming* vuole proprio mettere in moto un processo analogo.

### 4. Le regole

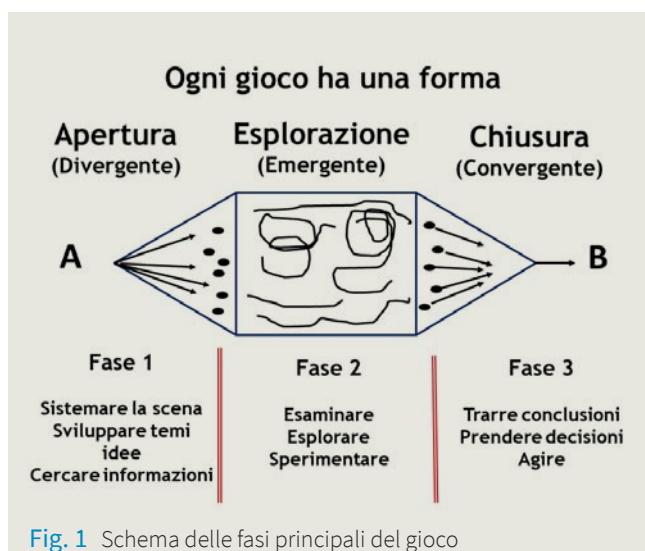
Indipendentemente dalla dinamica specifica svolta, un gioco è un'attività strutturata che presenta sempre cinque caratteristiche: spazio, confini, regole d'interazione, manufatti e obiettivo.

**Spazio:** il gioco crea un mondo alternativo, un luogo in cui le regole della vita quotidiana sono temporaneamente sospese e sostituite. I giocatori devono accettarle per poter operare in uno spazio protetto in cui sono permessi comportamenti che sarebbero considerati rischiosi, scomodi o perfino maleducati nella vita quotidiana. Senza questo accordo, il gioco non è possibile.

**Confini:** il gioco è limitato nel tempo e nello spazio in base a regole stabilite fra i giocatori. Non deve per nessuna ragione sconfinare nella vita personale.

**Regole d'interazione:** come nelle attività sportive organizzate, i giocatori si accordano sulle regole da seguire.

**Manufatti:** sono tutti gli oggetti necessari a realizzare il gioco e a visualizzarne il progresso. Spesso si tratta di oggetti fisici che in inglese sono definiti *artifact*, un termine difficile da tradurre in modo appropriato, perché in italiano *artefatto* ha la connotazione negativa di qualcosa di falso, mentre *ma-*



*nufatto* indica una lavorazione a mano o a macchina. Può essere oggetto (pallone, post-it...) necessario a portare avanti il gioco.

**Obiettivo:** deve essere definito e chiaro affinché i giocatori possano capire quando il gioco è finito.

### 5. Game design

Il numero di giochi possibili è infinito, ma devono essere sempre ben chiari il punto di partenza (A) – che cosa sappiamo? cosa ignoriamo? chi è nella squadra? che risorse abbiamo? – e l'obiettivo finale (B) – qualcosa di tangibile che non va perso di vista per quante divagazioni si compiano.

Ogni gioco crea un universo parallelo che si sviluppa secondo la sequenza:

Immagina il mondo – Crea il mondo – Apri il mondo – Esplora il mondo – Chiudi il mondo.

Come nelle *Cronache di Narnia* di C.S. Lewis dove un guardaroba nasconde la via d'accesso segreta che fa entrare in un mondo fantastico.

Ogni gioco ha anche una *forma* articolata in tre fasi come mostrato in figura 1.

I atto - *Apertura* (Divergente): creare il set, la scena del gioco, introdurre i giocatori, sviluppare i temi, le idee e fornire informazioni.

II atto - *Esplorazione* (Emergente): esaminare, sperimentare ed esplorare i temi.

III atto - *Chiusura* (Convergente): trarre conclusioni, prendere decisioni e tradurle in azioni.

### 6. La pratica

Nel gioco è sempre presente un *facilitatore/trice* che introduce l'argomento, spiega l'organizzazione

<sup>1</sup> Canvas letteralmente significa *canovaccio, tela*, ma è un termine utilizzato anche per indicare un foglio suddiviso in sezioni tematiche che i partecipanti al gioco compilano a penna o con post-it.



del lavoro e guida uno o più gruppi di persone verso un obiettivo. La maggior parte dei giochi si svolge in un arco di tempo compreso fra 15 e 90 minuti e coinvolge preferibilmente gruppi da 5-6 persone. In una giornata di lavoro si può eseguire una sessione unica, oppure si possono svolgere più attività della stessa intensità in serie o alternate ad altre più leggere per dare un po' di respiro ai partecipanti. Nel caso di grandi numeri la parte iniziale del lavoro può essere svolta a sessioni parallele, purché alla fine si converga su di un solo obiettivo.

Nella mia esperienza, se chi coordina segue da vicino i lavori e interviene nei momenti di stallo, anche gruppi di sconosciuti possono lavorare bene insieme coinvolgendo anche le persone più timide, perché lo strumento ludico sospende molti protocolli della vita normale e li sostituisce con nuove regole d'interazione. È un processo che coinvolge anche la *sfera emotiva*, perché bisogna raggiungere il *momentum*, cioè l'esplosione emozionale controllata che favorisce l'intuizione, e quella *sensoriale*, perché si usano oggetti che si toccano, come foglietti adesivi, poster, pennarelli, immagini ritagliate da riviste o altri oggetti che stimolano la mente. Le abilità richieste sono la capacità di porre e porsi domande, strutturare diagrammi, abbozzare idee, fondere parole e immagini in un linguaggio visivo e, soprattutto, avere il coraggio di improvvisare.

## 7. Problema pentagonale

È un percorso che scompone passo dopo passo un problema complesso con un approccio non lineare in grado di allargare la visione alla rete di interrelazioni, cause e concause in gioco. Si chiama così perché in un poster si disegna un pentagono (Figura 2) dai cui vertici si fanno partire cinque semirette che delimitano i settori in cui si mettono a fuoco i punti più importanti. In ogni sezione ciascuno lavora qualche minuto da solo, annota le idee su uno o più post-it e le condivide con gli altri [5].

È preferibile che i gruppi non superino le cinque persone, un numero gestibile anche quando si lavora con gli adolescenti, soprattutto se chi coordina l'attività non li ha mai incontrati prima.

La durata è di un'ora esatta così suddivisa: 15 + 15 + 5 + 15 + 10 minuti. Questa scansione rigida evita dispersioni e perdite di tempo. Alla fine, gli studenti stessi restano stupiti di quanto siano riusciti a fare in una sola ora. Un consiglio: consegnare il poster con il pentagono già tracciato, per evitare che un *genio* nel gruppo si intestardisca a voler disegnare un poligono perfetto consumando molto tempo in una operazione inutile.



Fig. 2 Schema di lavoro del Problema pentagonale

Il lavoro si articola in sette fasi.

FASE 0: *Formulare il problema* e descriverlo in modo chiaro e condiviso è il primo passo per arrivare a impostare una soluzione. Nella forma originale al centro sta la decisione di chi si vuole impersonare (un'azienda, un ente, una start-up, un'associazione...), perché lo stesso problema è percepito e valutato in modo diverso quando lo si affronta da prospettive differenti. In ambito scolastico, invece, è meglio impersonare sé stessi e collocare al centro quello che si vuole realizzare in concreto (video, poster, plastici, realizzazioni multimediali, giochi, videogiochi). Se all'inizio ci sono ancora dubbi su cosa fare, si può cominciare a lavorare per inquadrare il problema e decidere quando le idee saranno più chiare, al più tardi nella fase 4.

FASE 1 (15 min): *Che problema affrontiamo?* (economia circolare, disponibilità materie prime, riciclo...)

FASE 2 (15 min): *Quale beneficio ricaverà chi userà il tuo prodotto? Che contenuti offriamo?* (scientifici, civili...).

FASE 3 (5 min): *A chi ci rivolgiamo?* (età, cultura...)

FASE 4 (15 min): *Che modalità utilizzare?* (grafica, linguaggio, video...)

FASE 5 (10 min): *Che cosa ci manca?* (informazioni, materiali, risorse economiche...)

FASE FINALE: *Revisione del lavoro* in cui ogni gruppo presenta il suo poster agli altri e lo commenta. Alla fine, è importante tirare sempre le fila del lavoro.

## 8. Cover story ovvero Si può imparare dal futuro?

Si immagina un ipotetico futuro costruito come proiezione delle aspettative del presente sospendendo ogni giudizio e vincolo legato alla situazione attuale. È un'attività di narrazione collettiva in cui il gruppo immagina che un progetto abbia avuto un successo



Fig. 3 Schema di lavoro della Cover Story

così folgorante da finire nell'inserto speciale di un giornale del futuro, quando il problema affrontato nell'attività precedente è stato risolto con successo. È necessario spingersi abbastanza avanti nel tempo (30 - 50 anni) così da poter immaginare cose *incredibili* ed essere liberi da condizionamenti. Immaginare scenari, soprattutto quando si trattano argomenti interdisciplinari (es. risorse del pianeta, inquinamento), aiuta ad allargare gli orizzonti più che restando costantemente ancorati al presente.

Il lavoro analizza le fasi di sviluppo delle soluzioni adottate nel corso degli anni per risolvere il problema. Si devono costruire in sequenza (Figura 3) i *titoli di testa* (la copertina che *buca*, il titolo di forte impatto), un *articolo di fondo* che racconta la storia, alcuni brevi riquadri con le *opinioni di vari personaggi* (blogger, influencer, giornalisti, esperti...), un *diario di bordo* con brevi storie minori correlate (percorsi intermedi anche fallimentari, brevi racconti che descrivono le difficoltà di un percorso) e *istantanee delle varie fasi* (la sfida iniziale e quelle nel breve,

medio e lungo termine). In tutti i casi il contenuto deve stare all'interno di un post-it, non si devono scrivere romanzi, ma una frase significativa, un disegno o anche soltanto una parola. La durata complessiva è di 40 minuti [6].

### 9. Il gamestorming in un'aula universitaria

Perché proporre un'attività di questo tipo in un corso di Didattica della Chimica? Perché nella formazione di un insegnante non devono mai mancare indicazioni sulla comunicazione, su quali mezzi utilizzare e su come organizzare eventi di formazione in vari contesti. Spesso queste attività sono demandate alle persone che sembrano *più portate*, anche se in realtà un buon livello è accessibile a chiunque, purché ci sia la volontà di mettersi in gioco, si conosca l'argomento e si dedichi un tempo adeguato alla preparazione e all'organizzazione.

Sicuramente uno dei metodi più efficaci consiste nel *far vedere* e nel *far fare*. Sulla base dell'esperienza maturata durante workshop interattivi sul gamestorming e nella sperimentazione diretta nell'ambito del progetto europeo di divulgazione scientifica RM@Schools, l'attività che ha coinvolto gli studenti universitari è consistita inizialmente in due lezioni, la prima per spiegare le basi e le modalità del gamestorming e la seconda specifica sull'argomento che si sarebbe dovuto trattare nella parte operativa. Da quando è stato istituito il corso a Ferrara (A.A. 2018 - 2019), soltanto il primo anno è stato possibile tenerlo in presenza e completare l'intero percorso fino all'esecuzione pratica del progetto durante il Festival della Scienza di Ferrara (18/05/2019). È stato realizzato un gioco dell'oca (*Ricicloca*) sulla raccolta differenziata dei rifiuti urbani (fascia di età: 11 - 15 anni). Abbiamo lavorato tutti insieme perché gli studenti erano solo cinque e provenienti da triennali

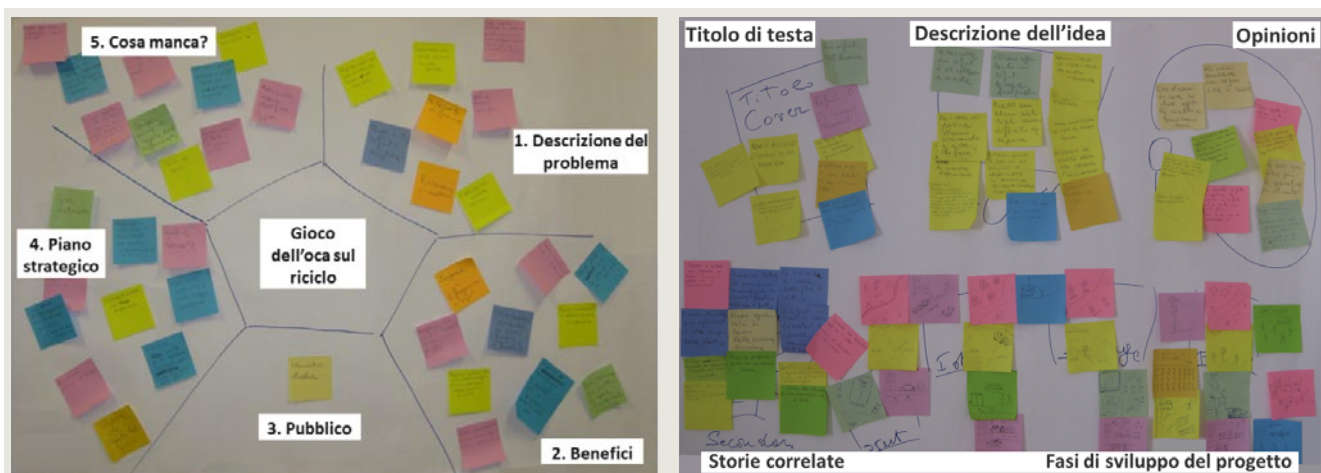


Fig. 4 Lavori di gruppo sulle due tecniche svolti dagli studenti del corso di Didattica della Chimica

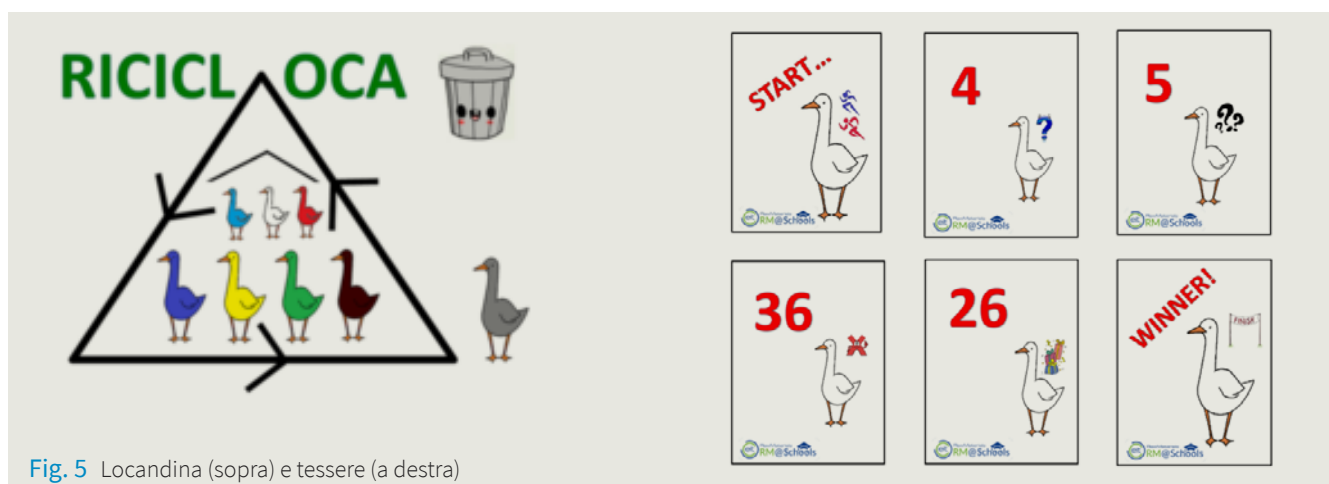


Fig. 5 Locandina (sopra) e tessere (a destra)

differenti, quindi poco affiatati. Dopo le lezioni si sono tenute due sedute di gamestorming in cui sono stati affrontati in gruppo prima il Problema pentagonale, poi la Cover story, le tecniche più efficaci per raccogliere le idee, mettere a fuoco in tempi rapidi l'obiettivo da conseguire e abbozzare un primo progetto. Dopo l'imbarazzo iniziale, gli studenti sono entrati nella logica del gioco e hanno cominciato a comunicare meglio e a lavorare in modo più rilassato e creativo (Figura 4).

In entrambi i casi hanno realizzato un cartellone in cui hanno raccolto tutti i contributi e hanno delineato le fasi del lavoro successivo, la realizzazione pratica del gioco dell'oca (Figura 5) e la stesura di un regolamento volutamente differente da quello tradizionale. Infatti, nella maggior parte dei casi la posizione conquistata con il lancio del dado risulta confermata soltanto se si risponde correttamente a un quesito sulla raccolta differenziata. In occasione del Festival della Scienza sono stati mostrati fisicamente gli oggetti da smaltire, mentre nelle trasferte è più pratico impiegare le fotografie. Si è scelto di usare caselle singole (fogli A4 stampati e imbustati) che possono essere collocate su tavoli/pavimento adattandosi alla logistica del luogo.

Anche l'organizzazione di tutti i dettagli pratici è importante dal punto di vista educativo, perché la programmazione di un'attività all'aria aperta o in ambienti non sempre attrezzati richiede modalità di lavoro e capacità di improvvisazione a cui solitamente gli studenti universitari sono poco abituati. Questa scarsa dimestichezza con l'organizzazione delle attività l'ho riscontrata anche quando sono coinvolti nell'assistenza durante i laboratori di PCTO con le scuole superiori.

Al Festival della Scienza gli studenti hanno partecipato attivamente alla conduzione del gioco, io mi sono limitata a curare i dettagli della logistica e a tenere una mini-lezione iniziale sull'argomento della raccolta differenziata in modo che tutti i partecipanti partissero da una base comune. Anche se la sistemazione nelle aule non è stata ideale (all'esterno diluviava e tutte le aule avevano i banchi avvitati al pavimento, Figura 6), il risultato è stato comunque positivo e i partecipanti sono usciti soddisfatti.

Dopo il festival abbiamo analizzato il lavoro svolto per fare tesoro sia di quanto ha funzionato che degli aggiustamenti necessari a prevenire alcuni disguidi.

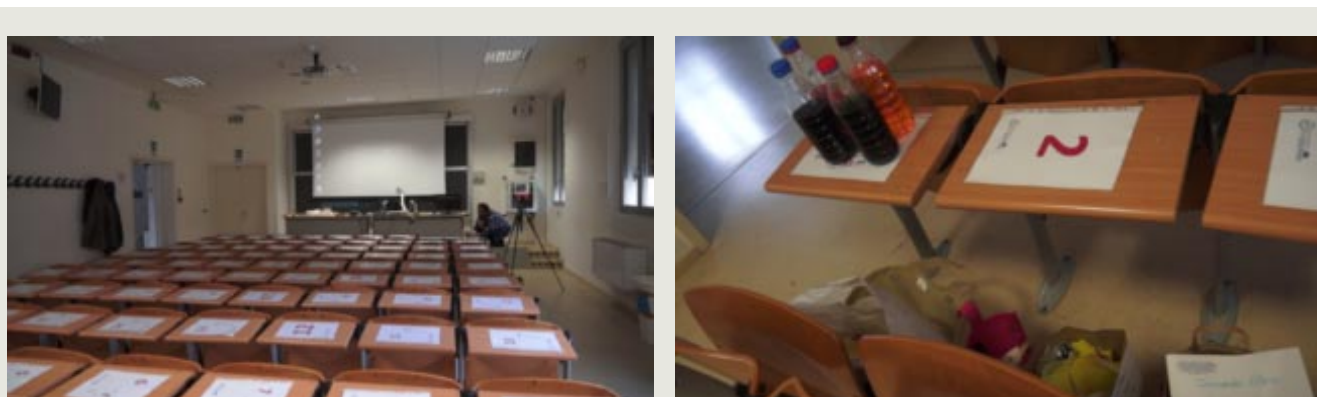


Fig. 6 Sistemazione delle tessere del gioco

### Aspetti positivi emersi:

- Imparare a lavorare insieme a un progetto mettendo a disposizione i talenti personali
- Scoprire che ci sono modi alternativi per approfondire un argomento
- Capire che si può lavorare in modo efficace divertendosi
- Riflettere sul proprio modo di tradurre in pratica le proprie conoscenze

### Criticità:

- Gli studenti non sono abituati a lavorare in squadra (questo dato emerge anche dalle valutazioni OCSE)
- Una certa rigidità creativa nell'elaborare strategie o risolvere problemi inusuali
- Manca l'allenamento alla metacognizione
- Per questo tipo di attività non è facile trovare spazi adeguati nei complessi universitari
- Gli orari delle lezioni sono incompatibili con la sperimentazione diretta nelle scuole secondarie

Nei due anni successivi, causa lockdown e didattica unicamente a distanza, sono state realizzate in pratica soltanto le due attività di gamestorming creando i poster virtuali in live streaming sempre su tematiche legate alla sostenibilità e alla gestione delle risorse.

Ora il gioco, adattato a un contesto europeo, è stato tradotto in lingua inglese (*The Recycling Goose Game*) e tedesca ed è diventato un toolkit del progetto RM@Schools disponibile nel Virtual Center per i partner europei che aderiscono al progetto.

## 10. Conclusioni

Le attività di gamestorming, se impiegate in modo appropriato e ben contestualizzate, funzionano sia dal punto di vista organizzativo che formativo. Offrono anche l'opportunità agli studenti di allenarsi a mettere in pratica quello che hanno studiato, un'abilità che colloca sempre gli studenti italiani nelle ultime posizioni nelle graduatorie OCSE-PISA. Il gamestorming funziona bene anche con gli studenti della scuola secondaria e può essere impiegato in classe per approfondire in modo creativo alcuni argomenti specifici. Nel 2018 l'insegnante di scienze di una terza del Liceo Ariosto di Ferrara (opzione Scienze Applicate) mi ha chiesto un aiuto per presentare qualcosa di originale – non il solito poster – al RemTech Expo, un evento internazionale annuale dedicato alla protezione e sviluppo sostenibile del territorio e all'industria chimica sostenibile. Ho proposto la preparazione di campioni di bioplastiche ottenute da scarti alimentari (bucce di banane e di

arance, foglie esterne di vari ortaggi...) da presentare insieme ad altre realizzazioni (plastici, video, storie) sul tema delle risorse e dell'ecologia. Ho seguito uno schema che poi ho riproposto con qualche modifica agli studenti universitari: lezione introduttiva per conoscere l'argomento, preparazione di dispense per l'insegnante e gli allievi, un laboratorio per imparare a trasformare in bioplastiche i materiali vegetali, Pentagonale a gruppi (5 ↔ 5) per decidere cosa fare e indicazioni sulla Cover story (che hanno fatto benissimo da soli creando il numero di un quotidiano del futuro). Quando alla fine della mattina ho chiesto agli studenti come si erano trovati con questo modo di lavorare, mi hanno risposto che era stata "una boccata di aria fresca". Tutto il resto del lavoro pratico e dell'allestimento dello stand è stato svolto in autonomia dall'insegnante con la classe. È stata una delle esperienze più gratificanti di PCTO alle quali abbia partecipato. ■

## Riferimenti

- [1] D. Gray, S. Brown, J. Macanufo, *Gamestorming. 100 giochi da fare in team per innovatori, facilitatori e decision maker*, Flaco Edizioni, Palermo 2021.
  - [2] Gamestorming, 2022: [www.gamestorming.com](http://www.gamestorming.com)
  - [3] J. de Vicente, *Visual toolbox for system innovation*, Transitions Hub and Professional Education Climate-KIC, Brussels 2016, scaricabile al seguente indirizzo: <https://transitionsHub.climate-kic.org/publications/visual-toolbox-for-system-innovation>
  - [4] Toolboxtoolbox, 2019: <https://www.toolboxtoolbox.com>
  - [5] Problema pentagonale (video), 2000, <https://vimeo.com/353954664>
  - [6] Cover story (video), 2000: <https://vimeo.com/356739056>
- Ultimo accesso ai siti web: 15/03/2022. La visione dei filmati richiede la registrazione al piano free.

Eleonora Aquilini, Antonio Testoni e Roberto Zingales

Divisione Didattica della SCI

✉ ele.aquilini6@gmail.com; antonio.testoni55@gmail.com; robertozingales@outlook.it

# La scoperta dell'ossigeno

La scoperta dell'ossigeno costituì una frattura netta nell'evoluzione della Chimica, perché modificò il paradigma che definiva la natura dell'atmosfera e degli aeriformi, e i meccanismi attraverso i quali avvengono differenti classi di reazioni. Chi fu il primo a *scoprirlo* non può essere stabilito su basi meramente temporali, ma richiede un esame accurato del modo con il quale ciascun ricercatore interpretò i risultati dei propri esperimenti, e dello *status* che attribuì a questa sostanza aeriforme.

In ogni caso, la scoperta si colloca nell'ambito della *chimica pneumatica*, cioè di quella serie di indagini sistematiche sulle proprietà chimiche degli aeriformi, che furono condotte lungo tutto il XVIII secolo e che hanno portato al loro riconoscimento come sostanze individuali ben caratterizzate. La maggior parte di queste indagini e delle interpretazioni dei risultati va inquadrato nello schema concettuale definito dalla cosiddetta *teoria del flogisto*, formulata da Johann Joachim Becher (1635 - 1682) nel 1667, e poi ripresa e consolidata, nei primi anni del secolo successivo, da Georg Ernst Stahl (1660 - 1734).

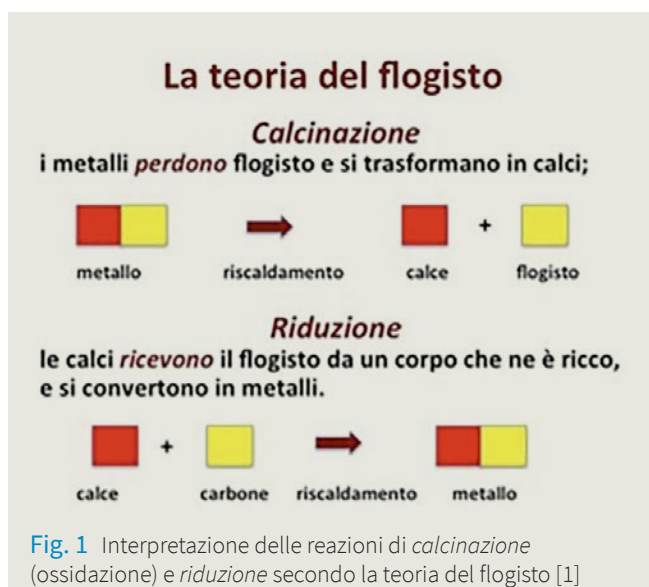
Per meglio comprendere l'ambito nel quale questa concezione strutturale della materia nacque e si sviluppò, occorre ricordare che, sulla scia della tradizione alchemica, l'indagine chimica era ancora, essenzialmente, qualitativa, e le reazioni erano viste come trasformazioni, nel corso delle quali variava l'aspetto esteriore delle sostanze (colore, lucentezza, consistenza). Fino alla metà del 1700, i chimici prestarono poca attenzione al loro aspetto quantitativo, disinteressandosi alle variazioni di parametri come la massa o il volume, ritenuti pertinenza della Fisica. Inoltre, la Filosofia Naturale settecentesca piuttosto che le modalità secondo le quali si verificavano i fenomeni, preferiva identificarne le cause, e stabilire la presenza o l'assenza dei *principi generali* che le determinavano, giustificando il comportamento delle sostanze nelle quali erano presenti.

In questo scenario, la teoria del flogisto costituì il primo tentativo di elaborare una spiegazione unitaria di molti fenomeni, chimici e non, al di là delle loro apparenti differenze: tra i principali, la combustione,

l'ossidazione dei metalli, la respirazione animale e la fermentazione vegetale, la cui intrinseca somiglianza era stata intuita da Jan Rey (1583 - 1645), Robert Hooke (1635 - 1703), John Mayow (1641 - 1679), già nel secolo precedente.

Gli alchimisti avevano sempre ritenuto che, riscaldate a un fuoco il violento, le sostanze si decomponessero nei loro *elementi* costituenti, spesso con perdita di qualche componente volatile, come sembrava dimostrare il moto verso l'alto di fiamme e fumo. Stahl identificò questo componente volatile con un principio elementare, il *flogisto*, che, come tale, non poteva essere isolato – e, infatti, non lo fu mai – ma solo rivelato dagli effetti che produceva. L'effetto principale era quello di rendere combustibili o ossidabili i corpi che lo contenevano, non combustibili, né ossidabili, quelli che non lo contenevano. Durante la combustione, la calcinazione o la respirazione, era ceduto dai corpi che, restandone privi, non erano più in grado di bruciare o calcinarsi.

I metalli erano ritenuti corpi composti, costituiti da due componenti elementari: uno comune a tutti, il flogisto, l'altro diverso per ogni metallo, pulverulento, privo di lucentezza, chiamato *calce*. Un energico riscaldamento causava la loro *calcinazione*, cioè una decomposizione a calci, nel corso della quale il flogisto si separava dai metalli, disperdendosi nell'atmosfera, che funzionava da recipiente inerte. Al contrario, riscaldate con corpi ricchi di flogisto (come carbone o grassi), le calci si combinavano con esso, riconvertendosi (*riducendosi*) a metalli. I processi di calcinazione e riduzione a metallo erano visti come un trasferimento di flogisto in direzioni opposte, a seguito del quale i corpi semplicemente si scomponevano o ricomponevano, come mostrato in figura 1 [1]. Per la prima volta, si cercava di spiegare tutte le reazioni chimiche con il trasferimento di una semplice sostanza elementare (il flogisto) da una sostanza che ne era ricca, capace di cederlo, a un'altra, che ne era più povera, capace di riceverlo [2]. Questo trasferimento non era in contrasto con le concezioni particellari sulla composizione della materia, sempre più diffuse, ma, a differenza delle



precedenti filosofie, aveva una solida base sperimentale, costituita dai risultati di numerose indagini, finalmente condotte con metodo scientifico. Nella sua semplicità, il sistema concepito da Stahl consentiva di guardare da un unico punto di vista una vasta classe di reazioni, apparentemente molto diverse tra di loro, coordinando e mostrando anche le somiglianze fondamentali tra i fenomeni chimici e quelli fisiologici.

Questa ipotesi sulla struttura dei metalli realizzava la sintesi tra l'esigenza di unità concettuale (un unico componente caratterizzante, comune a un'intera classe di sostanze) e l'evidenza delle diversità osservabili (una calce diversa che identificava ciascun metallo). Gli ambienti intellettuali, scientifici e non, accolsero con grande interesse, e persino con entusiasmo, la teoria del flogisto: nella prefazione alla seconda edizione della *Critica della Ragion Pura*, Kant affermò che una gran luce aveva illuminato i naturalisti, non solo grazie a Galilei e Torricelli, ma anche quando *Stahl trasformò dei metalli in calce, e questa di nuovo in metalli, con l'aggiunta o la sottrazione di qualcosa* [3].

Grazie alla sua semplicità, la teoria fu accettata dai chimici progressisti in tutta Europa: tra questi Priestley, Cavendish, Scheele, Richter, Marggraf, Black, Berthollet e, inizialmente, anche Lavoisier [4]. Sebbene il flogisto non fosse mai stato isolato, né la sua presenza rivelata, anche fuggacemente, in qualche esperimento, la teoria semplicemente spiegava troppe cose per essere abbandonata, e regnò incontrastata, costituendo un vero e proprio *paradigma*, all'interno del quale furono inquadrati tutti gli esperimenti e interpretati i risultati sperimentali, e nel quale tutta la chimica pneumatica trovò piena accoglienza.

Sulla scia di Robert Boyle (1627 - 1691), l'aria era considerata un ricettacolo inerte nel quale potevano essere riversate differenti sostanze volatili, che la contaminavano in maniera diversa, variandone le proprietà, non la natura. Sintomatico, da questo punto di vista, è il titolo che Joseph Priestley (1733 - 1804) diede all'opera in sei volumi nella quale descrisse gli esperimenti da lui condotti, tra il 1770 e il 1776, sugli aeriformi: *Experiments and Observations on different kinds of Airs*. Il titolo rifletteva il paradigma all'interno del quale egli si muoveva, preferendo parlare di differenti *tipi* di aria, piuttosto che usare il nuovo termine specifico, *gas*, coniato da Jean Baptiste van Helmont (1577 - 1644) un secolo prima.

Questo ruolo consentiva a Priestley e agli altri flogististi di spiegare perché, in un recipiente chiuso, la combustione di una candela o la respirazione di una cavia si interrompevano in un tempo più o meno breve: il flogisto liberato in questi processi si riversava nell'aria, fino a saturarla, trasformandola in *aria flogisticata*. Essendone satura, essa non poteva accoglierne dell'altro, e questo impediva che proseguissero quei processi, come la combustione, la calcinazione, la respirazione, che ne avrebbero prodotto ancora. Al contrario, quando Priestley decompose l'ossido di mercurio in un bagno pneumatico e ne ottenne un'aria particolarmente buona da respirare, ritenne che la calce avesse assorbito tutto il flogisto, riducendosi a metallo, e lasciando nel recipiente dell'aria completamente *deflogisticata*, più respirabile dell'aria comune. Quest'ultima ipotesi era supportata anche da prove quantitative: Priestley aveva scoperto che l'ossido di azoto reagiva con la porzione respirabile dell'aria, causando una contrazione di volume, per cui poté dimostrare che l'ossido di azoto causava con l'aria deflogisticata (ossigeno) una contrazione di volume maggiore di quella causata con l'aria comune.

Sebbene Lavoisier ritenesse che la teoria del flogisto avesse rallentato il progresso della Chimica, è certo che essa stimolò lo studio dei gas e fornì, in definitiva, uno schema unificante, che contribuì a indirizzare la sperimentazione verso il conseguimento di importanti scoperte. Tra i ricercatori che ottennero i risultati più significativi, due contesero a Priestley il primato della *scoperta* dell'ossigeno: un farmacista svedese, Karl Wilhelm Scheele (1742 - 1786), e un appaltatore delle tasse parigino, Antoine Laurent Lavoisier (1743 - 1794).

Avendo osservato che, nel corso delle combustioni in un bagno idropneumatico, il volume dell'aria si contraeva, Scheele formulò l'ipotesi che l'aria comune fosse costituita da due componenti: uno era l'aria

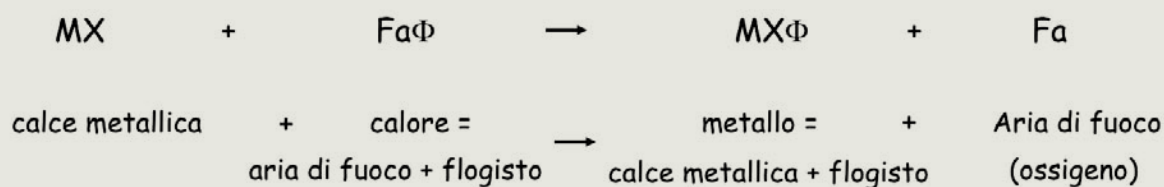


Fig. 2 Rappresentazione della decomposizione per riscaldamento degli ossidi metallici, secondo l'ipotesi di Scheele [5]

di fuoco, *fuertluft* ( $Fa$ ), in grado di estrarre il flogisto dalle sostanze che lo contenevano, combinandosi con esso per dar luogo a un vero e proprio composto chimico, il calore senza peso. Eliminata l'aria di fuoco, nel recipiente rimaneva soltanto l'altra componente, l'aria viziata, che non interagiva con il flogisto, e nella quale le cavi morivano.

Allo stesso modo, per riscaldamento, una calce metallica ( $MX$ ), che era ritenuta una sostanza semplice, si combinava con il calore ( $Fa\Phi$ ), estraendone il flogisto ( $\Phi$ ), formando con esso il metallo ( $MX\Phi$ ) e liberando l'aria di fuoco, secondo lo schema di figura 2 [5].

Riscaldando diversi ossidi metallici (di mercurio, di piombo, di manganese), il carbonato di argento e il nitrato di potassio, ottenne l'aria di fuoco pura (ossigeno) e mostrò che essa favoriva la respirazione. Registrò sul suo quaderno di laboratorio i risultati di questi esperimenti tra il 1771 e il 1772, ma li pubblicò soltanto nel 1777, per cui perse la priorità della scoperta. Sebbene questa interpretazione della combustione si sviluppasse ancora in chiave flogistica, l'aver legato il flogisto in un composto con l'aria di fuoco costituì un notevole passo in avanti rispetto alla precedente concezione. Essa aveva una sua consistenza interna, ma è verosimile che Scheele non abbia colto appieno il significato della propria scoperta, anche perché interessato a elaborare una nuova teoria centrata sul ruolo del fuoco, piuttosto che allo studio dei gas [6], e alla determinazione dei loro rapporti ponderali.

L'indagine scientifica di Lavoisier fu invece caratterizzata da una scrupolosa e meticolosa attenzione al controllo delle condizioni sperimentali, lavorando su sistemi chiusi e misurando costantemente le variazioni di peso e di volume che le sostanze subivano nel corso delle reazioni. Piuttosto che i combustibili tradizionali a base di carbonio, bruciò del fosforo, entro un bagno pneumatico: si accorse che il sistema complessivo non variava di peso, ma che, nel corso della combustione, diminuiva il volume delle sostanze gassose, mentre aumentava il peso del fosforo. Quest'aumento dimostrava che il fosforo si era combinato con una sostanza che si trovava in fase gassosa, riducendone il volume.

Ritenne di poter estendere questo risultato e la sua interpretazione a tutte le combustioni e a tutte le calcinazioni. Se nel processo di formazione delle calci l'aria si combinava con i metalli era evidente che, durante la riduzione a metallo, essa poteva essere liberata. Per confermare questa intuizione, riscaldò il *litargirio* (ossido di piombo) sotto una campana di vetro immersa in un bagno d'acqua; osservò che la calce si convertiva in metallo, e, contemporaneamente, si liberava una *prodigiosa* quantità d'aria, che occupava un volume mille volte maggiore di quello del litargirio impiegato [7]. In definitiva, aveva identificato alcune reazioni alle quali partecipava una sostanza gassosa, sia liberandosi, che combinandosi con le sostanze solide. Tutto ciò era in evidente contrasto con il paradigma che attribuiva all'aria soltanto il ruolo di contenitore inerte e passivo.

La pratica sistematica di privilegiare la determinazione delle variazioni quantitative (di massa, di volume, di contenuto termico), rispetto a quelle qualitative, fornì a Lavoisier gli strumenti per colpire la teoria del flogisto nel suo punto debole, cioè nel non riuscire a spiegare in maniera convincente le variazioni di peso registrate durante le trasformazioni chimiche, e realizzare così una vera e propria rivoluzione, rovesciando di 180° l'approccio allo studio dei fenomeni chimici. Il cambio netto di paradigma è evidente: quella che per Priestley era aria alla quale era stato aggiunto qualcosa, *aria flogisticata*, per Lavoisier era aria che era stata *privata* della sua componente respirabile, e che, non essendo adatta alla vita, chiamò *azoto*. Ancora, quella che per Priestley era aria assolutamente priva di flogisto (*deflogisticata*), per Lavoisier era un componente dell'atmosfera che consentiva la respirazione, la combustione, l'ossidazione dei metalli. Poiché si combinava con carbonio, zolfo, fosforo dando i corrispondenti acidi carbonico, solforico, fosforico, propose di chiamarla *ossigeno*, cioè generatore di acidi.

Tuttavia, anziché limitarsi a rovesciare la prospettiva dalla quale guardare ai fenomeni di combustione, calcinazione, respirazione, Lavoisier si rese conto, e dimostrò, che l'*aria eminentemente respirabile* (ossigeno) possedeva tutti i requisiti che caratterizzavano

zavano un *corpo semplice* (elemento); si combinava con differenti sostanze, per dare composti chimici diversi: l'acqua con l'idrogeno, gli acidi con carbonio, zolfo, fosforo, azoto, le calci con tutti i metalli, mantenendo invariata, in tutte queste combinazioni, la propria identità, e, soprattutto, il proprio peso. A differenza degli altri, Lavoisier non cercò soltanto di identificare, isolare e caratterizzare questa sostanza aeriforme, ma la incorporò nel nuovo sistema che stava elaborando, per dare alla Chimica un nuovo assetto, che la elevasse al rango di Scienza.

In conclusione, l'attribuzione della priorità della scoperta dell'ossigeno richiede un attento esame del ruolo che ciascun ricercatore gli attribuì nelle differenti reazioni cui prende parte, dando maggiore peso alla correttezza dello schema interpretativo nel quale i diversi esperimenti sono stati inseriti. In altre parole, per una piena comprensione della natura elementare dell'ossigeno si dovette prima chiarire la natura dell'aria comune e dei gas che la costituiscono: molti di quelli che si contesero il primato della scoperta mantennero, riguardo alla natura delle sostanze aeriformi, una concezione, che poi si rivelò errata, perché si muovevano entro differenti paradigmi.

Allora, chi scoprì l'ossigeno? Scheele che l'isolò per primo, Priestley, che ne definì le proprietà, o Lavoisier che lo identificò come elemento e componente chimicamente attivo dell'aria [8]? In realtà, nessuno di loro attribuì all'ossigeno le proprietà che gli attribuiamo oggi e le loro deduzioni sulla sua natura differivano radicalmente, perché facevano riferimento a schemi teorici in netta contrapposizione tra di loro. Priestley cercò di interpretare tutti i fenomeni chimici nel quadro della teoria flogistica, Scheele aveva invece cercato di formulare una nuova teoria della combustione, nella quale il fuoco aveva un ruolo centrale, mentre Lavoisier aveva intuito che la Chimica poteva essere radicalmente riformata, se si fosse compresa correttamente la natura dei gas e il ruolo da essi svolto durante le reazioni chimiche [6].

La Chimica pneumatica, iniziata negando che l'aria fosse un elemento, terminò con la demolizione di un altro elemento concepito dalla filosofia greca, l'acqua. Non si può sopravvalutare il contributo che i chimici delle arie diedero allo sviluppo di questa scienza; la Chimica pneumatica giungerà a piena maturazione nel XIX secolo con le leggi di Gay-Lussac e il principio di Avogadro, che formeranno le basi della teoria atomica e della comprensione dei concetti di atomo e molecola. ■

### Riferimenti

- [1] A. M. Maggio, R. Zingales, *Appunti di Storia della Chimica*, Aracne editrice, Roma, 2019, p. 132.
- [2] Y. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, E.S.T. Mondadori, Milano, 1976, p. 55.
- [3] F. Abbri, *L'atomo fino al XVIII secolo*, in *Molecole*, Tessere, CUEN, Napoli, 2001.
- [4] C. W. Beck, *J. Chem. Educ.*, 1960, **37**, 506 - 509.
- [5] J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, Dover Publications Inc., New York, 1989, p. 108.
- [6] M. Beretta, *Lavoisier, la rivoluzione chimica*, I grandi della Scienza n. 3, Le Scienze, Milano, 1998.
- [7] A. L. Lavoisier, *Nota sigillata del 1° Novembre 1772*, in *Memorie Scientifiche*, Ferdinando Abbri editore, Edizioni Theoria, Roma, 1986.
- [8] B. Bensaude-Vincent, I. Stengers, *A History of Chemistry*, Harvard University Press, Cambridge, 1996.



Laura Fortunato, Maria Consiglia De Donno, Sabrina Scippa e Vita Lina Giannuzzi

IISS Cezzi De Castro Moro di Maglie (Lecce)

✉ laura.fortunato@iisscezzidecastromoro.edu.it

# La plastica: un mondo da scoprire

con la collaborazione di:

F. Angelelli, S. Febbraro, R. De Benedetto, R. Chilla, I. De Donno, L. De Masi, E. Leanza, C. Maggiulli, M. Montagna, R. A. Nutricato, M. G. Paiano, S. Puce e gli altri alunni della II A di Amministrazione Finanza e Marketing (AFM)

C. E. Cazzetta, L. Chilla, I. D'Aurelio, S. De Luca, C. Marra, M. Marino, L. Rossetti, D. S. Santoro e gli altri alunni della II B di Amministrazione Finanza e Marketing (AFM)

**RIASSUNTO** Conoscere la plastica e i danni che comporta il suo utilizzo è fondamentale ai giorni nostri così come lo è la conoscenza del corretto riciclaggio. Ultimamente si parla molto di bioplastiche, ma non tutti conoscono la loro natura ed il loro utilizzo. Nell'ambito dell'unità didattica di apprendimento (UDA) relativa alla conoscenza della plastica ed al suo riciclo, gli alunni delle classi II A AFM e II B AFM dell'Istituto Cezzi De Castro Moro di Maglie (LE) hanno condotto un'indagine finalizzata, attraverso un'analisi statistica dei dati raccolti, a valutare il livello di conoscenza su queste tematiche.

**ABSTRACT** The knowledge of plastic and damages of its use is fundamental nowadays as is the knowledge of correct recycling. Lately we talk a lot about bioplastics, but not everyone knows their nature and their use. Within the learning teaching unit related to the knowledge of plastic and its recycling, the students of II A AFM and II B AFM classes of the Cezzi De Castro Moro Institute of Maglie (LE) conducted a survey aimed, through a statistical analysis of the data collected, to evaluate the level of knowledge about these issues.

## 1. Introduzione

La plastica è stata creata tra il 1861 e il 1862 da Alexander Parkers. Le materie plastiche sono dei polimeri, molecole ad elevata massa molecolare ottenute dalla ripetizione di molecole più semplici dette monomeri, principalmente costituite da carbonio e idrogeno e ricavate da fonti combustibili. Esistono varie tipologie di materiale plastico: il polietilene (PE); il teflon; il cellophane; il plexiglas; il polipropilene (PP), il cloruro di polivinile (PVC), il polietilentereftalato

(PET), il poliuretano (PU), il polistirene (PS), il nylon, le fibre acriliche.

La leggerezza, la malleabilità, la resistenza e la produzione a basso costo hanno permesso a questi materiali di diffondersi in tutto il mondo a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso.

Anche se lo sviluppo dell'industria della plastica ha permesso di soddisfare le esigenze della crescente popolazione mondiale, non si può dimenticare che la produzione di plastica convenzionale si basa sui combustibili fossili, destinati ad esaurirsi, per cui sono necessarie fonti di materie prime rinnovabili. Inoltre, la maggior parte di questi polimeri non è biodegradabile.

La dispersione di plastica nell'ambiente è attualmente un problema di notevole importanza. L'inquinamento dovuto alla plastica (in particolare con la conseguente formazione di microplastiche) negli ecosistemi terreni, marini [1] e di acqua dolce causa gravi problemi agli organismi viventi e può mettere in pericolo la salute umana.

Le caratteristiche di leggerezza e durabilità rendono questo materiale particolarmente attraente, ma essendo anche altamente resistente alla degradazione in un ambiente aperto, se non smaltito in modo corretto, col passare del tempo, provoca insormontabili danni.

Purtroppo, la raccolta e la corretta gestione dei rifiuti di plastica al momento è tutt'altro che perfetta e ogni anno circa 5 - 13 milioni di tonnellate di plastica finiscono negli oceani.

Materiali che possono sostituire le plastiche tradizionali sono le bioplastiche.

Le bioplastiche, che possono essere a base biologica e/o biodegradabili, promettono di affrontare molti problemi ambientali. Le plastiche a base biologica sono ricavate da biomassa (ad esempio, cellulosa, amido, lignina e molti altri) e sono in grado di degradarsi naturalmente nell'ambiente in sostanze naturali innocue [2].

La produzione mondiale di bioplastiche mostra negli ultimi anni una crescita continua in quanto il loro riciclaggio è più facile e meno costoso rispetto alle plastiche tradizionali, come materie prime si

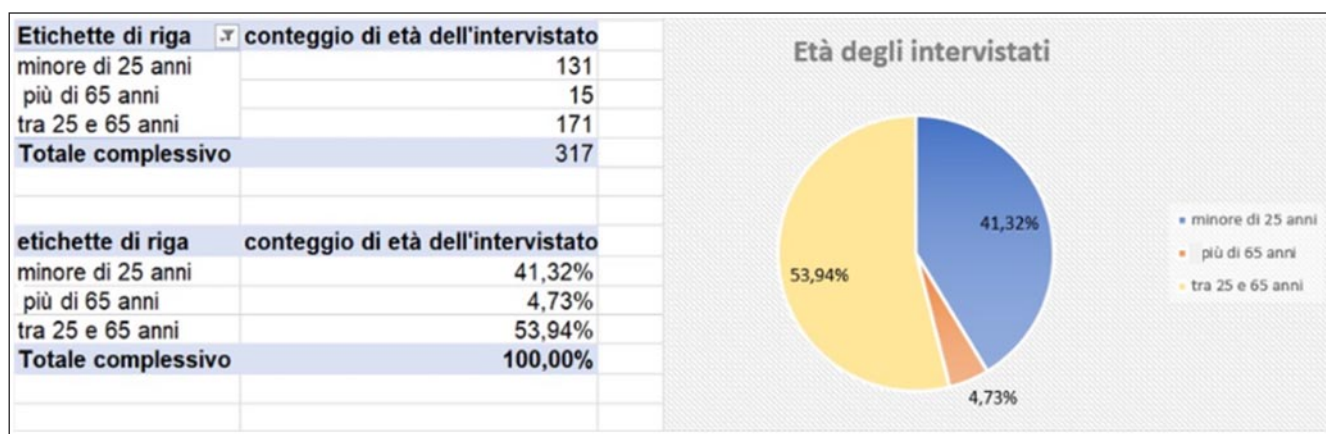


Fig. 1 Rappresentazione grafica dei dati sull'età dell'intervistato

usano risorse rinnovabili e la loro produzione funge da stimolo per le attività agricole. Tuttavia, le bioplastiche rappresentano ad oggi una quota molto piccola del mercato [3] dal momento che il costo di produzione è ancora alto e la disponibilità di derrate alimentari non è attualmente commisurata al fabbisogno.

L'obiettivo principale di questo lavoro è quello di valutare il livello di conoscenza su queste tematiche: conoscenza della plastica e degli effetti dell'inquinamento da plastica sull'ambiente; conoscenza delle regole e dinamiche del riciclaggio ed infine conoscenza della bioplastica e del suo utilizzo. L'articolo, inoltre, vuole incentivare la conoscenza di queste tematiche per contribuire a ridurre la plastica e a sostituirla con materiali biodegradabili. L'inquinamento da plastica non è un problema che vivremo in futuro ma riguarda il nostro presente.

## 2. Raccolta dati

Per la raccolta dati è stato elaborato, con Google moduli, un questionario proposto ad amici, parenti e conoscenti. La rilevazione, iniziata il primo aprile 2021 e conclusasi il 25 aprile 2021, è avvenuta per fini esclusivamente didattici. Il questionario è anonimo ed i dati raccolti sono stati trattati in forma aggregata.

Il questionario, dopo due richieste di informazioni personali sull'età e la residenza dell'intervistato, presenta 10 domande a risposta multipla, di cui solo una è corretta [4].

Le prime due domande puntano a sapere quanto gli intervistati conoscono la plastica; le successive due domande ad investigare la conoscenza dei danni arrecati dalla plastica; le successive 3 alla conoscenza delle regole/dinamiche del riciclaggio ed infine le ultime 3 indagano sulla conoscenza delle bioplastiche. Le domande del questionario sono,

quindi, riconducibili a 4 obiettivi, oggetto del nostro studio:

1. conoscenza della plastica
2. conoscenza dei danni arrecati dalla plastica
3. conoscenza delle regole e dinamiche del riciclaggio
4. conoscenza delle bioplastiche

Si riporta il questionario come allegato dell'articolo. Le risposte raccolte sono state 317. In seguito al calcolo del margine di errore [5], il campione risulta significativo con un livello di confidenza del 90 - 95% ed un margine di errore pari al 5%.

## 3. Informazioni sul campione: età e residenza

Il campione preso in considerazione è stato suddiviso per età e per residenza, come evidenziato nelle figure 1 e 2.

Per quanto riguarda la distinzione per età (Figura 1), il questionario ha avuto una scarsa risposta da parte delle persone over 65 (il 5% degli intervistati); la maggior parte degli intervistati ha un'età compresa tra i 25 e 65 anni (gli adulti), il 41% ha età inferiore ai 25 anni.

Di conseguenza, i risultati raccolti per la fascia di età degli over 65 sono considerati poco significativi e poco confrontabili con quelli degli altri due gruppi (sotto i 25 anni e tra i 25 ed i 65 anni). Nonostante questo limite, è stata comunque indagata l'eventuale correlazione tra età degli intervistati e risposte date. Per quanto riguarda la residenza (Figura 2), si può notare che gli abitanti in provincia di Lecce sono più del 75% del totale degli intervistati, solo l'8% sono cittadini pugliesi e infine il restante 16% è residente fuori dai confini regionali. Di conseguenza la ricerca di una correlazione tra residenza e risposte corrette/sbagliate non è stata attuabile.

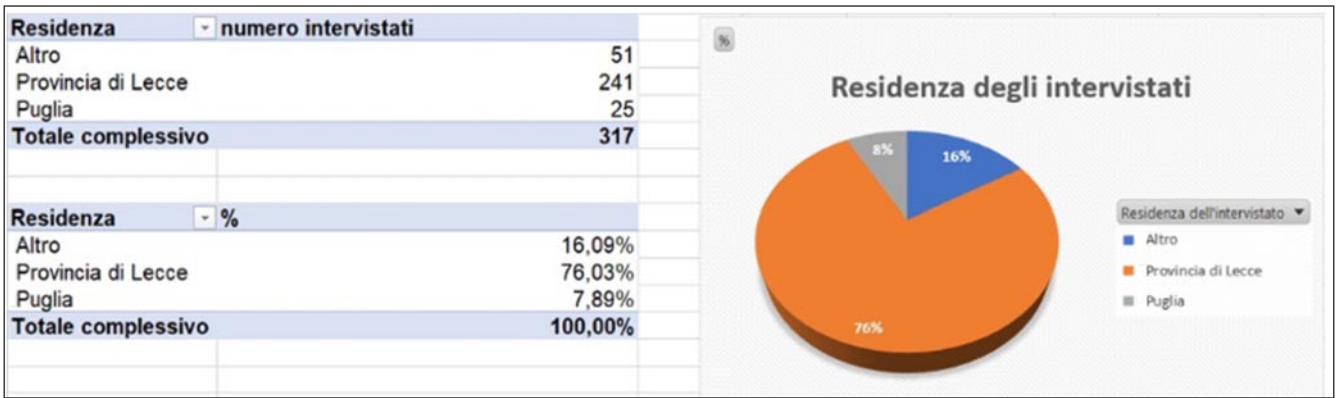


Fig. 2 Rappresentazione grafica dei dati sulla residenza dell'intervistato

#### 4. Analisi dei dati e risultati

##### 4a. Suddivisione per fasce età del numero di risposte corrette ed errate

Considerando il totale complessivo di risposte esatte/sbagliate e dividendo il campione per fasce di età (Figura 3), si nota che il gruppo con età compresa tra i 25 ed i 65 anni è quello che ha dato una percentuale maggiore di risposte esatte (il 63% circa).

Ciò trova riscontro anche analizzando il numero di risposte corrette date da ciascun intervistato (valore variabile da 0 a 10): gli adulti hanno dato mediamente 6 risposte esatte sulle 10 totali contro le 5 risposte esatte sulle 10 totali date delle altre categorie (Figura 4).

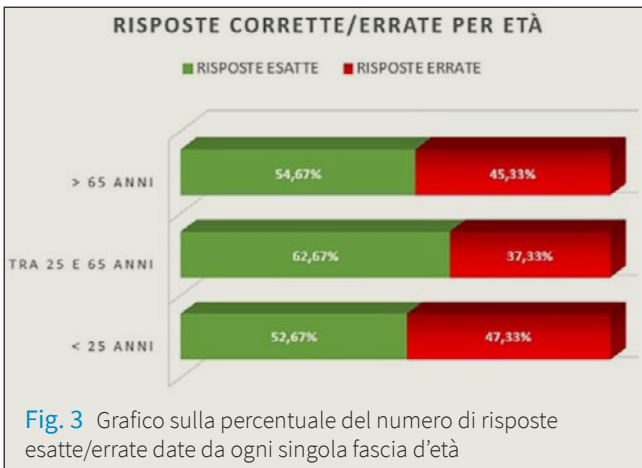


Fig. 3 Grafico sulla percentuale del numero di risposte esatte/errate date da ogni singola fascia d'età

##### 4b. Suddivisione per obiettivo del numero di risposte corrette ed errate

Considerando il totale complessivo delle risposte esatte/sbagliate, e suddividendole per obiettivo, (Figura 5) si evince che il 75% circa degli intervistati conosce i danni arrecati dalla plastica.

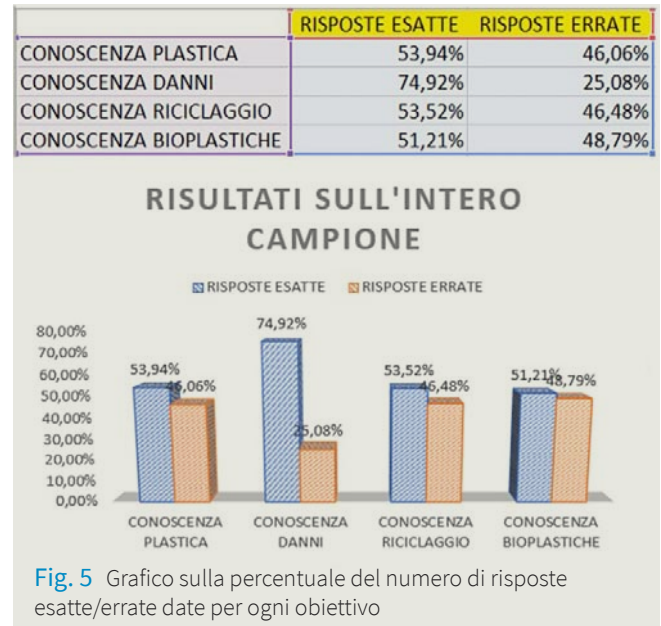


Fig. 5 Grafico sulla percentuale del numero di risposte esatte/errate date per ogni obiettivo



Fig. 4 Rappresentazione grafica della distribuzione del numero di risposte esatte date da ogni singola fascia d'età

Poco più della metà degli intervistati conosce gli altri argomenti (la plastica come materiale, le regole del riciclaggio e le bioplastiche).

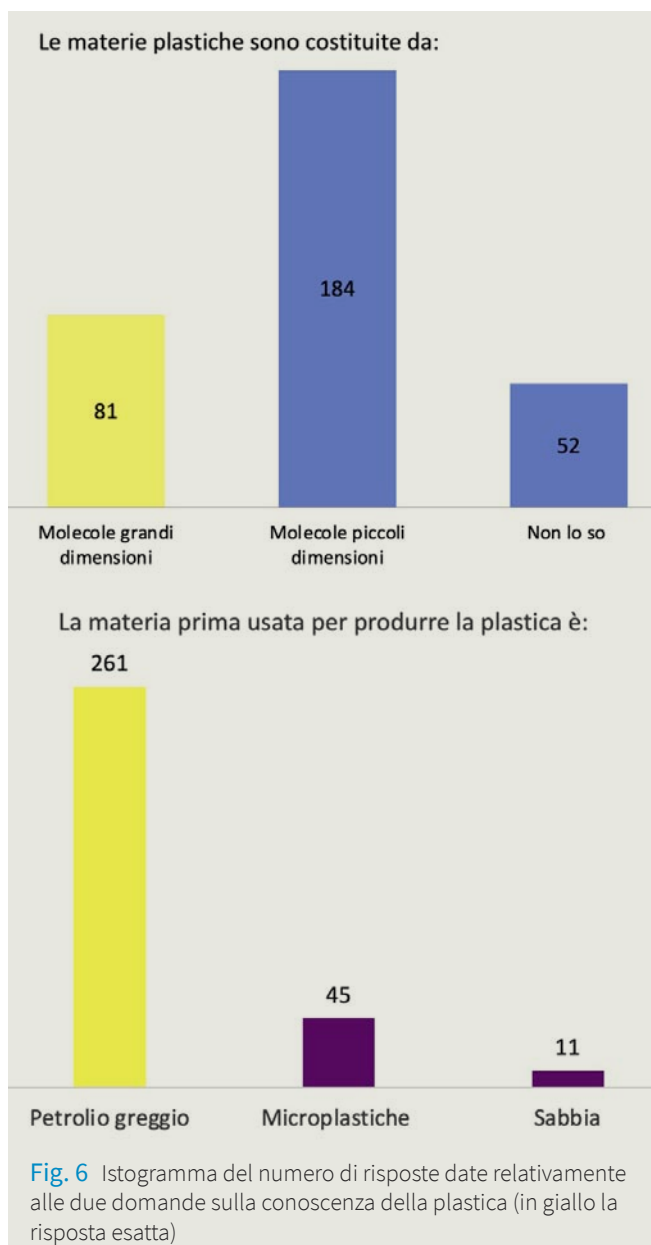
Sembra abbastanza strano che le regole del riciclaggio siano ancora così poco conosciute, visto che oramai la raccolta differenziata esiste da anni.

Una maggiore attenzione alle bioplastiche, inoltre, sarebbe auspicabile, in quanto l'utilizzo delle stesse potrebbe dare un enorme contributo alla soluzione del problema ambientale e di smaltimento dei rifiuti.

#### 4c. Suddivisione per fasce d'età e obiettivo delle risposte corrette ed errate

##### Obiettivo 1: conoscenza della plastica

Molti degli intervistati (184 persone, il 58%) hanno affermato che le materie plastiche sono costituite



da molecole di piccole dimensioni; solo 81 persone (il 25%) ha individuato la corretta natura delle materie plastiche e 52 persone (il 16 %) ha risposto "non lo so".

Per quanto riguarda l'individuazione della materia prima usata per produrre la plastica, si nota un grande distacco tra le risposte. La risposta più votata è stato "il petrolio greggio"; ben 261 (82%) persone conoscevano la risposta giusta. Pochi intervistati hanno sbagliato la risposta votando: "microplastiche" (45 persone corrispondenti al 14%) e "sabbia" (11 persone corrispondenti al 4%) (Figura 6).

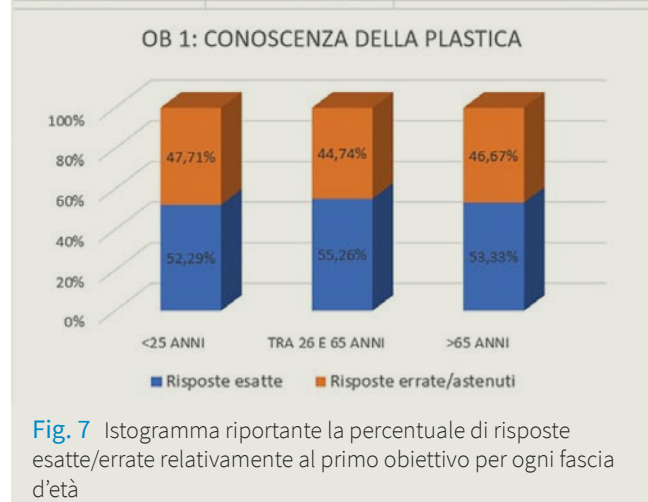
Riportando la percentuale di risposte esatte/errate relativamente al primo obiettivo per ogni fascia d'età, si può notare che tutte e tre le fasce di età hanno più o meno la stessa conoscenza dei materiali plastici; la percentuale di risposte esatte leggermente più alta (circa il 55%) è da attribuire agli adulti (Figura 7).

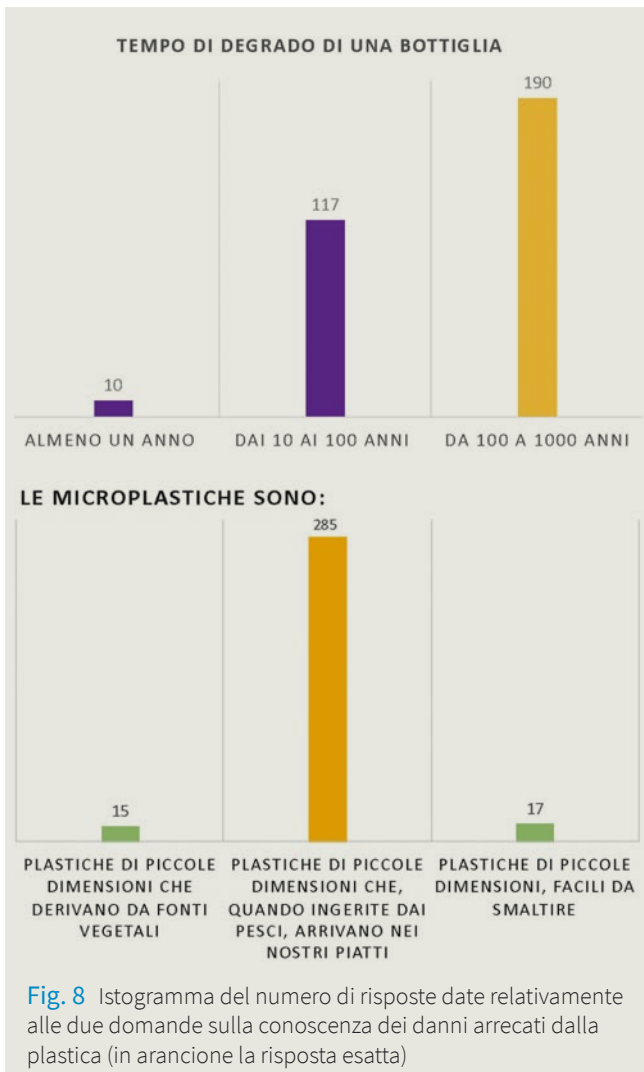
Purtroppo, il numero di risposte errate è vicino al 50% in tutte le fasce di età, probabilmente perché nonostante utilizziamo quotidianamente tanti oggetti realizzati in materiale plastico, si sottovaluta l'importanza di conoscere la plastica come materiale, sapere come viene realizzata, qual è la sua composizione chimica ed individuare le materie prime da cui essa viene prodotta.

##### Obiettivo 2: conoscenza dei danni arrecati dalla plastica

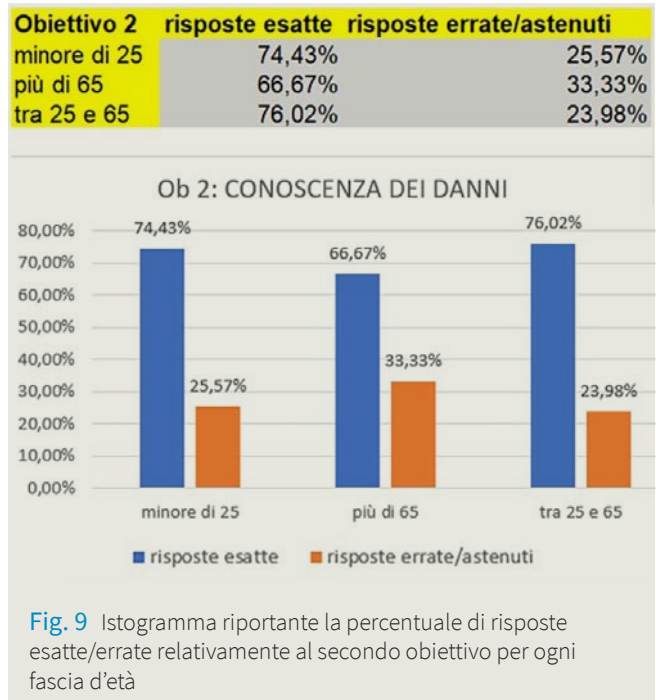
Analizzando il grafico in alto di figura 8, si riscontra che la maggior parte delle persone (190 intervistati) sa che il tempo di degradazione di una bottiglia varia da 100 a 1000 anni; la restante parte ha scelto le opzioni errate (117 intervistati ha risposto "almeno

Obiettivo 1	Risposte esatte	Risposte errate/astenuti
<25 ANNI	52,29%	47,71%
TRA 26 E 65 ANNI	55,26%	44,74%
>65 ANNI	53,33%	46,67%





10 anni”; solo 10 intervistati hanno risposto “almeno un anno”). Nel secondo istogramma di figura 8, possiamo notare che un gran numero di persone (285 intervistati) è a conoscenza del fatto che le microplastiche sono delle plastiche di piccole dimensioni che, quando ingerite dai pesci arrivano direttamente nei nostri piatti (risposta corretta), mentre una minoranza pensa che le microplastiche siano plastiche di piccole dimensioni derivanti da fonti vegetali (15 intervistati) o che siano delle plastiche di piccole dimensioni facili da smaltire (17 intervistati). Riportando la percentuale di risposte esatte/errate relativamente al secondo obiettivo per ogni fascia d’età (Figura 9), si può notare che la maggioranza degli intervistati in ogni fascia d’età conosce i danni che la plastica può provocare all’ambiente. Le fasce di età più informate, gli under 25 e gli adulti (circa il 75% di risposte esatte in entrambi i gruppi), sono probabilmente anche quelle più sensibili e maggiormente coinvolte, rispetto agli over 65, cre-



sciuti in un’epoca in cui il problema ambientale non è mai stato al centro della pubblica attenzione. L’uso smisurato della plastica e lo smaltimento inefficiente della plastica rappresentano una seria minaccia per l’ambiente in cui viviamo e per la salute umana.

**Obiettivo 3: conoscenza delle regole e dinamiche del riciclaggio**

Le domande del questionario riconducibili al terzo obiettivo si focalizzano su un tema fondamentale: il riciclaggio. Analizzando i grafici sottostanti (Figura 10) possiamo dedurre quanto siano conosciute le regole del riciclaggio. Nel primo grafico a torta possiamo osservare che circa il 75% delle persone che hanno compilato il questionario ha risposto correttamente individuando nella “plastica” il materiale più difficile da smaltire; il restante 25% ha scelto le altre opzioni. Nel secondo grafico solo il 26% delle persone intervistate conosce il significato del simbolo posto nel quesito scegliendo la risposta corretta “Non riciclabili”. Nell’istogramma sottostante della figura si riporta che 188 persone sono a conoscenza che i sacchi della spesa si possono utilizzare per l’organico “solo se è presente l’indicazione che siano biodegradabili o compostabili”. Riportando la percentuale di risposte esatte/errate relativamente al secondo obiettivo per ogni fascia d’età (Figura 11), è evidente che il riciclaggio resta un argomento troppo poco conosciuto, soprattutto nella fascia di età degli under 65 in cui il numero di risposte esatte è sotto il 50%.

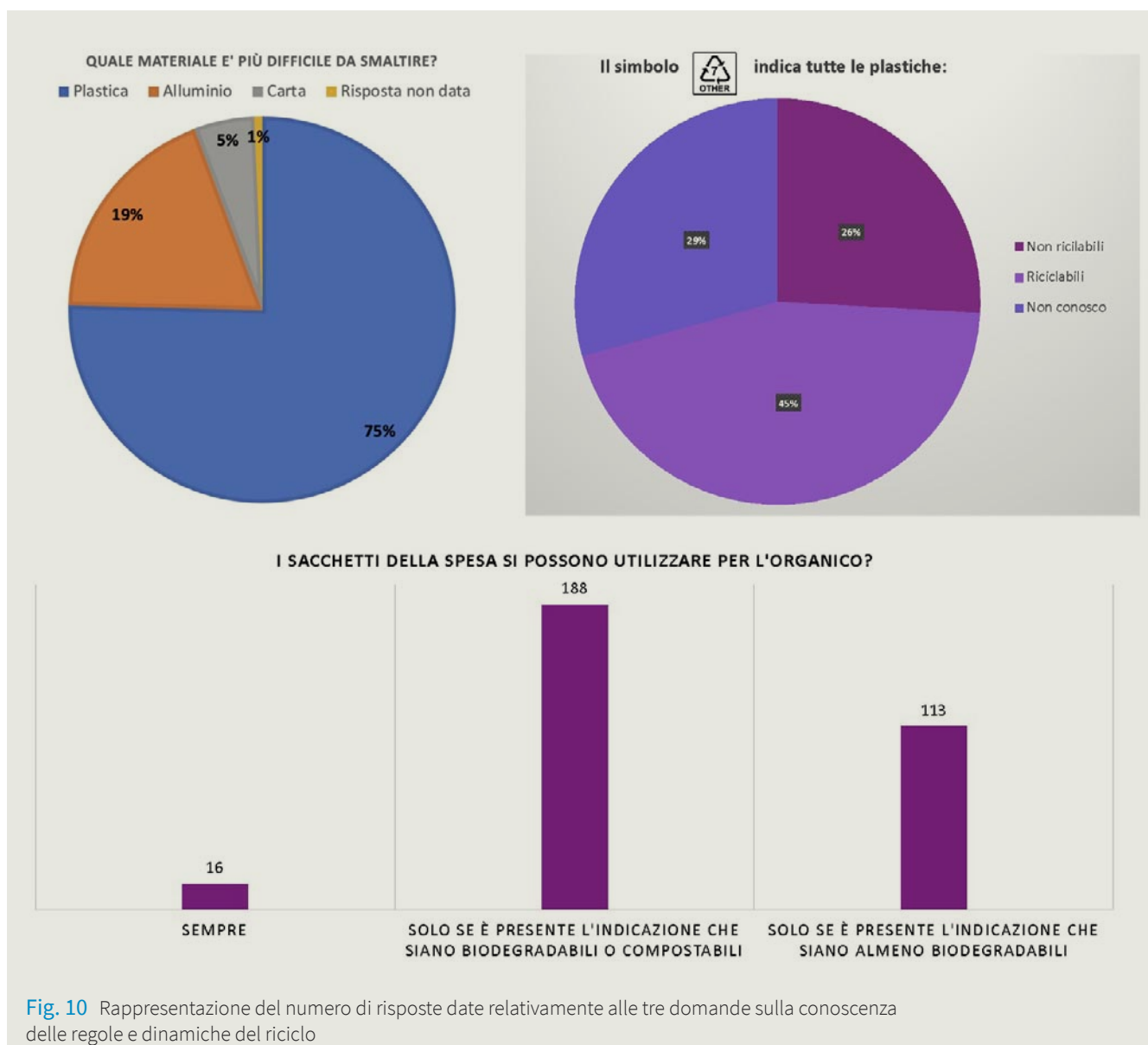


Fig. 10 Rappresentazione del numero di risposte date relativamente alle tre domande sulla conoscenza delle regole e dinamiche del riciclo

Obiettivo 3	risposte esatte	risposte errate/astenuti
<25ANNI	52,67%	47,33%
TRA 26 E 65 ANNI	54,58%	45,42%
>65ANNI	48,89%	51,11%

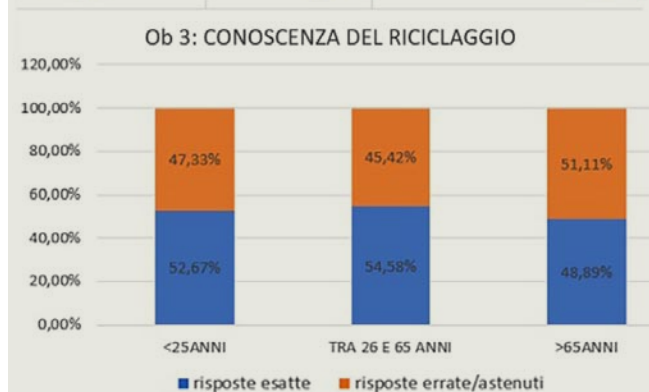


Fig. 11 Istogramma riportante la percentuale di risposte esatte/errate relativamente al terzo obiettivo per ogni fascia d'età

#### Obiettivo 4: conoscenza delle bioplastiche

L'ultima parte del questionario è dedicata all'analisi della conoscenza degli intervistati nei confronti della bioplastica e del suo utilizzo.

Dal primo grafico di figura 12 si evidenzia che la maggior parte degli intervistati non ha mai osservato la sigla che si trova negli imballaggi per alimenti derivati dal mais, 83 persone degli intervistati hanno risposto correttamente alla domanda e 61 persone hanno risposto erroneamente "PET".

Dal secondo grafico di figura 12 si evince che la maggior parte delle persone sa che plastica biodegradabile e compostabile è ricavata dalle barbabietole da zucchero, 87 persone hanno risposto dal polietilene, 34 persone hanno risposto dal petrolio e 10 persone non hanno risposto alla domanda.

L'ultima domanda del questionario richiedeva la conoscenza del significato della "scritta 30 % da

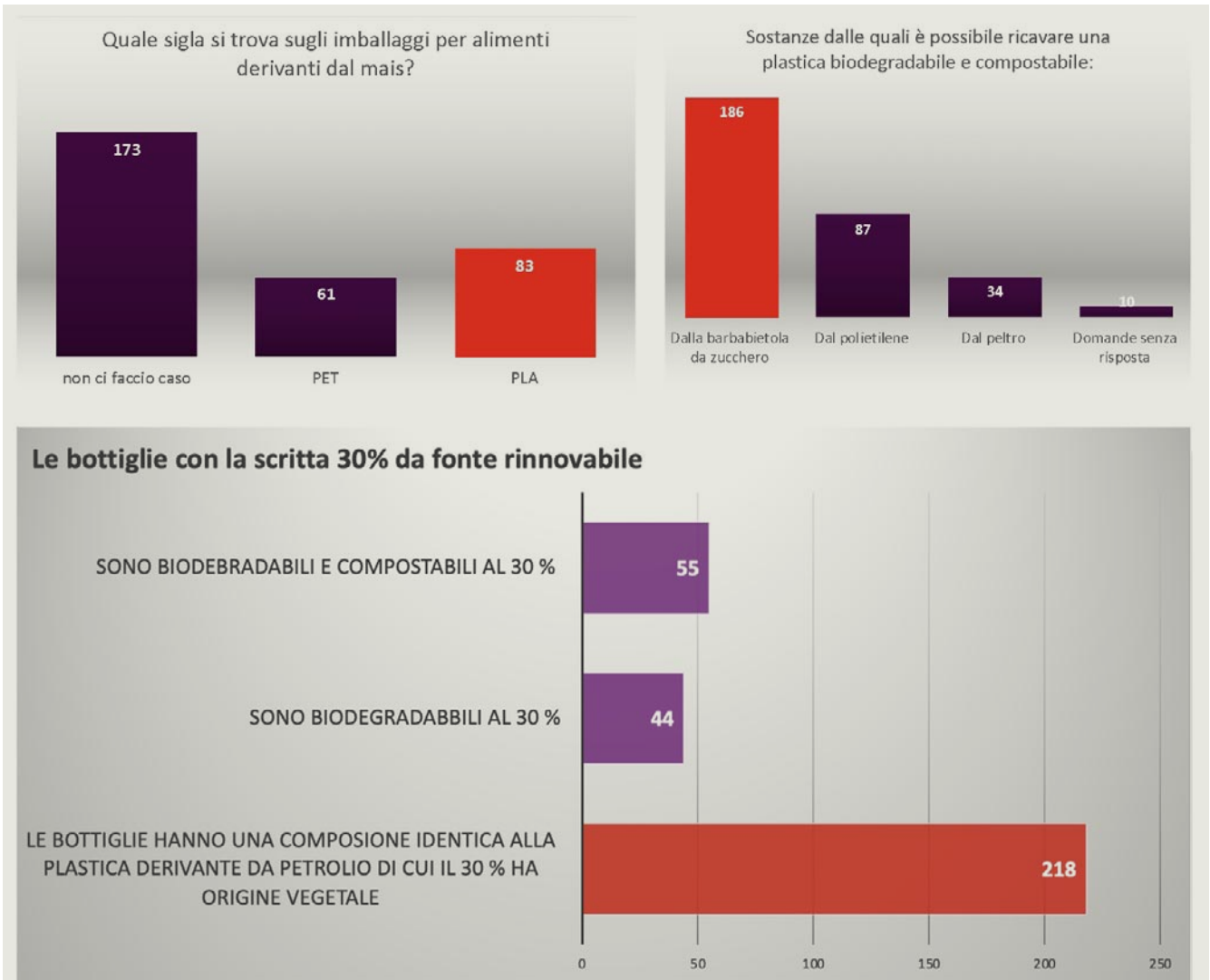


Fig. 12 Rappresentazione del numero di risposte date relativamente alle tre domande sulla conoscenza della bioplastica (in rosso la risposta esatta)

fonte rinnovabile” sulle bottiglie di plastica. La maggior parte delle persone ha risposto correttamente cioè le bottiglie hanno una composizione identica alla plastica derivante da petrolio di cui il 30% ha origine vegetale, 55 persone hanno risposto sono biodegradabili e compostabili al 30% e 44 persone hanno risposto che sono biodegradabili al 30%. Le risposte alle domande sulle bioplastiche sono quelle che hanno evidenziato differenze maggiori nelle tre fasce di età (Figura 13). Le bioplastiche risultano poco conosciute dagli under 25 (le risposte corrette sono solo il 38%). La fascia di età che ha dato una percentuale maggiore di risposte esatte (circa il 61%) è quella degli under 65. Sorprendentemente gli under 65 conoscono meglio le bioplastiche rispetto alle regole di riciclaggio, ma come già evidenziato all’inizio dell’analisi, il dato su questa fascia di età va preso con cautela in quanto il numero di intervistati risulta molto esiguo.

Obiettivo 4	risposte esatte	risposte errate/astenuti
<25 ANNI	38,42%	61,58%
>65 ANNI	53,33%	46,67%
25-65 ANNI	60,82%	39,18%

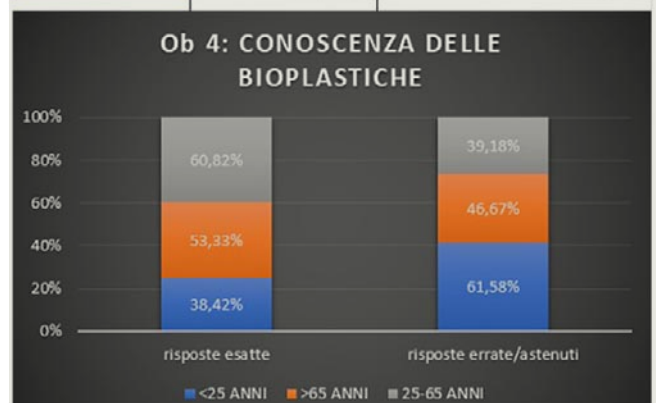


Fig. 13 Istogramma riportante la percentuale di risposte esatte/errate relativamente al quarto obiettivo per ogni fascia d’età

### 5. Conclusioni

In questo lavoro gli alunni delle classi II A e II B di Amministrazione Finanza e Marketing (AFM) hanno condotto un'indagine statistica al fine di valutare il livello di conoscenza dei materiali plastici, dei danni ambientali arrecati dalla plastica, del riciclaggio e delle bioplastiche.

Un questionario di 10 domande è stato sottoposto a 317 persone tra amici, conoscenti, parenti. I dati ottenuti sono stati suddivisi per età (<25 anni, 25 - 65 anni, >65 anni) e residenza degli intervistati.

Purtroppo, più del 75% del totale degli intervistati sono residenti in provincia di Lecce, di conseguenza, la ricerca di una correlazione tra residenza e risposte corrette/sbagliate non è stata attuabile.

In seguito a discussioni in classe e confronti con i docenti e compagni sono emerse alcune considerazioni sui risultati ottenuti.

Analizzando il totale complessivo di risposte esatte/sbagliate, gli intervistati rientranti nella fascia d'età compresa tra i 25 ed i 65 anni hanno ottenuto una percentuale maggiore di risposte esatte (il 63% circa). Si può supporre che la maggiore conoscenza dell'argomento da parte degli adulti sia da attribuire ad un loro più elevato livello culturale, derivante da studi fatti su questa tematica o semplicemente acquisito seguendo dibattiti e notizie date dai mezzi di informazione. Per avere una risposta certa in tal senso, nel questionario sarebbe stato utile inserire un quesito sul titolo di studio posseduto.

Considerando il totale complessivo delle risposte esatte/sbagliate, e suddividendole per obiettivo, si evince una maggiore conoscenza degli intervistati sui danni arrecati dalla plastica rispetto alle tematiche degli altri obiettivi; ciò sicuramente è da imputarsi come conseguenza delle campagne informative veicolate dai mezzi di informazione e dei numerosi dibattiti sull'argomento che, in generale, hanno reso molto sensibile l'opinione pubblica.

La maggior parte degli intervistati non conosce la composizione chimica della plastica, pensando che le materie plastiche siano formate da molecole di piccole dimensioni, ma è al corrente che la materia prima per la produzione della plastica è il petrolio greggio. Questo livello di conoscenza è presente in tutte e tre le fasce d'età.

La maggior parte degli intervistati è al corrente dei danni ambientali arrecati dalla plastica, del suo lento degrado nell'ambiente e della produzione di microplastiche, frammenti di meno di 5 millimetri che ingerite dai pesci arrivano nei nostri piatti. Anche in questo caso il livello di conoscenza è lo stesso nelle tre fasce d'età, conseguenza della divulgazione e sensibilizzazione effettuate dai mass media negli

ultimi anni e da parte delle istituzioni scolastiche per la prima fascia di età. La questione è molto aperta nei dibattiti politici e in questo ambito si è discusso molto affinché si adoperino misure per ridurre la plastica e salvaguardare il nostro pianeta.

L'argomento del riciclaggio dei materiali plastici è in parte conosciuto. Si ha la consapevolezza che la plastica è uno dei materiali più difficili da smaltire e che non tutti i sacchetti della spesa possono essere usati per l'organico, ma solo quelli che riportano la l'indicazione che siano biodegradabili o compostabili. Alcuni dubbi sono, comunque, presenti relativamente ai simboli del riciclo.

Il riciclaggio, infatti, risulta un argomento poco conosciuto soprattutto nella fascia di età degli over 65. La sensibilizzazione sul corretto riciclaggio dei rifiuti è affidata maggiormente ai mass media; molto importante è anche l'informazione in ambito scolastico per i giovani. È necessaria una continua informazione su come effettuare correttamente il riciclaggio. Non è possibile accettare che ci siano ancora individui che gettano rifiuti ai margini delle strade e sulle spiagge, distruggendo in questo modo gli ecosistemi ed il nostro paesaggio.

Per quanto riguarda la conoscenza delle bioplastiche, molte persone non fanno caso alle bioplastiche usate per imballaggi degli alimenti, mentre dimostrano maggiore conoscenza sulla materia prima da cui si ricava la bioplastica e sul significato di fonte rinnovabile. Le bioplastiche risultano poco conosciute dagli under 25 probabilmente perché questo argomento non è di immediata comprensione e necessiterebbe di un approfondimento in ambito scolastico. Presumibilmente questo tema risulta ancora troppo tecnico di cui sono maggiormente a conoscenza gli addetti ai lavori e le persone che hanno intrapreso studi specifici. Eppure la bioplastica potrebbe essere una valida soluzione ai molti problemi ambientali arrecati dalla plastica tradizionale.

L'analisi presentata in questo articolo vuole evidenziare la necessità di divulgare maggiormente queste tematiche perché riguardano il futuro, la salute ed il benessere di tutti.

Uno sviluppo futuro di questo lavoro potrebbe essere la redazione di un questionario in cui si richiedano maggiori dettagli sugli intervistati come il titolo di studio ed il sesso ed aggiungere altre domande per indagare più in dettaglio la conoscenza delle tematiche affrontate. ■

### Ringraziamenti

Si ringrazia il dirigente dell'Istituto Cezzi De Castro Moro di Maglie, il prof. Ing. Augusto Spicchiarelli, e tutti i docenti e collaboratori che hanno reso possibile questa attività di ricerca.



## Riferimenti

- [1] WWF Report, 2018. Come salvare il mare dalla plastica, <https://www.wwf.it/attachments/article/622/REPORT%20WWF%20Mediterraneo%20in%20trappola%20-%202018.pdf>
- [2] W. Leal Filho, et al. *Science of the Total Environment*, 2021, **755**, 142732.
- [3] European Bioplastic, 2020a. New market data 2019: bioplastics industry shows dynamic growth. <https://www.european-bioplastics.org/new-market-data-2019-bioplastics-industry-shows-dynamic-growth/>
- [4] Federchimica, 2016-2017, [https://www.federchimica.it/docs/default-source/pubblicazioni-scuola/vincitori-premio-federchimica-2016-2017-sez.-plastica-e-chimica-di-base/sez.-plastica-2016-2017/progetto-ic-albavilla\\_-con-videoa0c81799284763c48ba4ff00009a7ece.pdf?sfvrsn=4f8f7493\\_0](https://www.federchimica.it/docs/default-source/pubblicazioni-scuola/vincitori-premio-federchimica-2016-2017-sez.-plastica-e-chimica-di-base/sez.-plastica-2016-2017/progetto-ic-albavilla_-con-videoa0c81799284763c48ba4ff00009a7ece.pdf?sfvrsn=4f8f7493_0)
- [5] Survey Monkey, <https://it.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>

## Allegato

### Questionario sulla plastica e il suo riciclo

Età dell'intervistato

- minore di 25 anni  
 tra 25 e 65 anni  
 più di 65 anni

Residenza dell'intervistato

- Provincia di Lecce  
 Puglia  
 Altro

1. Le materie plastiche sono costituite da:

- molecole di piccole dimensioni  
 molecole di grandi dimensioni  
 non lo so

2. Quale è la principale materia prima usata per produrre la plastica?

- petrolio greggio  
 microplastica  
 sabbia

3. Quanto tempo impiega la plastica a degradarsi?

- almeno un anno  
 almeno 100 anni  
 almeno 1000 anni

4. Cosa sono le microplastiche?

- plastiche di piccole dimensioni facili da smaltire  
 plastiche di piccole dimensioni che, quando ingerite dai pesci, arrivano nei nostri piatti  
 plastiche di piccole dimensioni che derivano da fonti vegetali

5. Quale tra i materiali seguenti è il più difficile da smaltire?

- carta  
 plastica  
 alluminio

6. Il simbolo  indica tutte le plastiche:

- riciclabili e quindi da gettare nella raccolta plastica  
 non riciclabili e quindi da gettare nell'indifferenziato  
 non lo conosco

7. I sacchetti della spesa si possono utilizzare per la raccolta dell'organico?

- sempre  
 solo se è presente l'indicazione che siano almeno biodegradabili  
 solo se è presente l'indicazione che siano biodegradabili e compostabili

8. Quale sigla si trova sugli imballaggi per alimenti derivanti dal mais?

- PET  
 PLA  
 non ci faccio caso

9. Da quale di queste sostanze è possibile ricavare una plastica biodegradabile e compostabile?

- dalla barbabietola da zucchero  
 dal polietilene  
 dal peltro

10. Le bottiglie che riportano la scritta "30% da fonte rinnovabile":

- sono biodegradabili al 30%  
 sono biodegradabili e compostabili al 30%  
 hanno una composizione identica alla plastica derivante da petrolio, di cui il 30% ha origine vegetale

Pasquale Fetto e Roberto Soldà

✉ roberto.solda@libero.it

# Un approccio sperimentale allo spin elettronico

**RIASSUNTO** È noto che il concetto di spin elettronico, come quello di orbitale, dovrebbe essere introdotto su basi di meccanica quantistica. Quindi, tale concetto è proponibile in modo abbastanza rigoroso solo per il triennio della scuola superiore di secondo grado ad indirizzo chimico, ove fino al 2010 era incluso, fra gli altri insegnamenti di chimica, anche quello di chimica fisica in cui erano trattati adeguatamente elementi di meccanica quantistica. Attualmente, nel triennio a livello professionalizzante di chimica, la chimica fisica è integrata nei tre ambiti disciplinari riconducibili agli insegnamenti di analitica chimica, chimica organica e tecnologie chimiche industriali. E, pertanto, tali elementi di meccanica quantistica vengono introdotti solo nei limiti delle possibilità e purtroppo in maniera teorico-descrittiva, anche se sarebbe opportuno un approccio sperimentale. Pur essendo consapevoli della difficoltà, in questo articolo viene proposto un “avvicinamento” al concetto di spin elettronico, come anni fa è stato fatto in questa stessa rivista per il concetto di orbitale [1].

**ABSTRACT** It is known that the concept of electron spin, like that of orbital, should be introduced by using quantum mechanics. Therefore, this concept can be proposed in a fairly rigorous way only for the three years of high school with a chemical orientation, in which until 2010 was included, among other chemistry teachings, also physical chemistry that enabled to adequately treat elements of quantum mechanics. Currently, in the three years at a vocational level of chemistry, physical chemistry is integrated into the three disciplinary fields attributable to the teachings of chemical analytics, organic chemistry, and industrial chemical technologies. Therefore, these elements of quantum mechanics are introduced only within the limits of the possibilities and unfortunately in a theoretical-descriptive way, even if an experimental approach would be appropriate.

Despite the difficulty, this article proposes an “approach” to the concept of electronic spin, as was done years ago in this same magazine for the concept of orbital [1].

## 1. Introduzione

Relativamente alle due prove sperimentali dell'esistenza dello spin elettronico (esperimenti di magnetismo e di spettroscopia atomica) di solito si ricorda soltanto l'esperimento di magnetismo dei due fisici tedeschi Stern e Gerlach.

Ma è noto che anche gli esperimenti collegati agli studi degli spettri di emissione atomica (spettri a righe), come ad esempio quelli dei fisici Uhlenbeck e Goudsmit e Pauli, sono stati determinanti per confermare l'esistenza dello spin elettronico.

Infatti, questi scienziati, pur seguendo diverse vie, giunsero alla conclusione che, per spiegare alcune caratteristiche degli spettri atomici, era necessario postulare l'esistenza della proprietà dello spin.

In particolare, nel 1925 (prima del lavoro di Schrödinger, ma dopo lo sviluppo del primo modello atomico di Bohr) il grande fisico austriaco Wolfgang Pauli investigò il problema del perché le righe degli spettri dei metalli alcalini non sono singole, come previsto dalla teoria di Bohr, ma in realtà costituite da due componenti strettamente spaziate. Egli dimostrò che il doppietto nella struttura fine avrebbe potuto essere spiegato ammettendo l'esistenza di due stati distinti dell'elettrone.

E i due fisici Uhlenbeck e Goudsmit di Leida li identificarono come due stati di diverso momento angolare intrinseco dell'elettrone.

Ebbene, si ritiene che proprio l'evidenza sperimentale del doppietto del sodio possa essere utilizzata per confermare sperimentalmente l'esistenza dello spin elettronico, inserendola fra le esperienze di laboratorio relative alla spettroscopia atomica di emissione.

Ciò perché:

- anche con uno spettroscopio per uso didattico, disponibile in qualsiasi laboratorio di chimica o fisica delle scuole ad indirizzo chimico, è possibile realizzare un adeguato approccio sperimentale allo spin elettronico;
- richiede prerequisiti teorici e sperimentali che la rendono proponibile per allievi provenienti dal primo biennio degli istituti ad indirizzo chimico.

## 2. Obiettivi

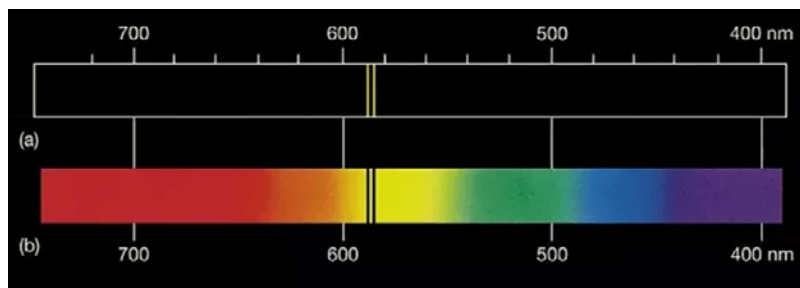
- confermare sperimentalmente l'esistenza dello spin elettronico;
- fornire un'introduzione ai metodi ottici di analisi chimica strumentale basati sullo spin elettronico.

## 3. Prerequisiti teorici e sperimentali

- Conoscenze e abilità di Scienze Integrate di Chimica del primo biennio della scuola secondaria di secondo grado ad indirizzo chimico (in particolare il modello atomico orbitalico e i numeri quantici)
- Conoscenze e abilità di Scienze Integrate di Fisica del primo biennio della scuola secondaria di secondo grado ad indirizzo chimico (in particolare, momento angolare, radiazioni elettromagnetiche e interazioni con la materia)
- Saper usare uno spettroscopio scolastico per uso didattico

## 4. Attrezzatura e materiale occorrente

Per quanto riguarda l'attrezzatura e il materiale occorrente si può fare riferimento all'esperienza relativa ai saggi alla fiamma con spettroscopio riportata in molti testi di chimica generale per la scuola superiore di secondo grado.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Fig. 1 Spettrogrammi del doppietto del sodio ottenuti con uno spettroscopio ad alta risoluzione: (a) con sviluppo su carta fotografica; (b) con sviluppo su pellicola sensibile pancromatica

Inoltre, si fornisce a ogni gruppo di ragazzi un'immagine (come quella di figura 1) che riporta lo spettro del sodio ottenuto con uno spettroscopio ad elevata risoluzione [2].

## 5. Attività di laboratorio

L'attività deve essere condotta in modo che ogni studente, aiutato dall'insegnante, abbia la possibilità di osservare la riga del sodio e prendere nota della relativa lunghezza d'onda. Tempo per l'attività di laboratorio e la discussione: 2 ore

## 6. Discussione preliminare e finale

### Richiami e premessa

Anzitutto è opportuno richiamare l'esperienza di laboratorio del primo biennio relativa ai saggi alla fiamma (con lo spettroscopio o senza spettroscopio) e l'interpretazione del fenomeno dei diversi colori della fiamma a seconda dei vari elementi.

Si ricorda che un elettrone di un atomo che si trova inizialmente sul livello energetico  $E_i$  più basso, assorbendo l'energia cedutagli dalla fiamma, sale ad un livello più alto  $E_f$ . Su questo livello ad energia elevata l'elettrone non è però stabile e la sua vita media è molto breve, per cui ricade rapidamente sul livello più basso. Ciò comporta per l'elettrone una perdita di energia che viene emessa sotto forma di energia luminosa. La sua frequenza (e quindi il suo colore) è determinata dalla relazione

$$\nu = \Delta E/h$$

dove  $h$  è la costante di Planck,  $\nu$  è la frequenza della radiazione e  $\Delta E$  è la differenza di energia corrispondente al salto di livelli compiuto dall'elettrone. Quindi, se non è già noto lo spettroscopio, si spiega il suo funzionamento e la sua funzione.

Inoltre, è opportuno un richiamo al modello atomico orbitalico e ai numeri quantici. In particolare, per quanto riguarda il concetto di spin elettronico è opportuno ricordare che l'immagine suggestiva dell'elettrone ruotante attorno al proprio asse come una trottola (in inglese, spin = trottola) è ingannevole perché si è dimostrato che lo spin è un fenomeno puramente quantomeccanico senza riscontro nella meccanica classica. Si può ribadire, quindi, che l'elettrone, oltre alle due proprietà di massa e carica, ha questa terza proprietà fondamentale che è il momento angolare intrinseco di spin.

Secondo la meccanica quantistica l'elettrone ha accesso a due stati quantici di spin aventi la stessa energia. Tali stati vengono contraddistinti, nel modello atomico orbitalico, da un quarto numero quantico, il numero quantico magnetico di spin,  $m_s$ , che, in unità  $h/2\pi$ , può assumere solo i due valori:

$$m_s = +1/2 \quad m_s = -1/2$$

Un elettrone con spin  $m_s = +1/2$  si definisce "elettrone  $\alpha$ " e si denota con il simbolo  $\uparrow$ ; un elettrone con spin  $m_s = -1/2$  si definisce "elettrone  $\beta$ " e si indica con il simbolo  $\downarrow$ .

Infine, si deve premettere che il comportamento magnetico e spettroscopico degli elementi alcalini e altri elementi (come l'argento), aventi un solo elettrone esterno di valenza, dipendono da tale elettrone, come le altre proprietà periodiche chimiche e fisiche.

### **Discussione dopo l'esperienza e il confronto della riga osservata mediante lo spettroscopio scolastico con le due righe osservate con uno spettroscopio ad alta risoluzione**

La maggioranza degli studenti, sfruttando le loro conoscenze e i richiami sopra riportati, riesce a comprendere abbastanza facilmente che, per il sodio (come per gli altri metalli alcalini e altri elementi monovalenti), uno spettro con due righe anziché una riga è una conferma sperimentale dell'esistenza dello spin.

Ciò perché riesce ragionevole pensare che, ammettendo corretta l'ipotesi dell'esistenza dei due stati dello spin, derivi uno spettro di due righe anziché una riga soltanto.

Infatti, riferendosi ad un qualsiasi gruppo di atomi di sodio, deve esistere una parte di atomi aventi gli elettroni esterni di valenza con spin up (elettroni  $\alpha$ ) e un'altra parte di atomi aventi gli elettroni esterni di valenza con spin down (elettroni  $\beta$ ).

Di conseguenza, per il sodio l'energia dei due elettroni  $\alpha$  e  $\beta$  è uguale nel livello iniziale di partenza 3s, ma non è uguale dopo la transizione e, appunto per tale motivo, si hanno alla fine due transizioni diverse di assorbimento ed emissione di energia.

A questo punto, a nostro avviso, l'insegnante, senza il ricorso al modello vettoriale dell'atomo, può dire che, come si è potuto verificare con l'esperienza relativa al sodio, in generale le righe di emissione di un elemento, in realtà, sono costituite da un doppietto perché ogni transizione elettronica può generare due stati eccitati diversi dell'atomo, anche se di energia molto simile.

Per esempio, la transizione  $3s \rightarrow 3p$  del sodio dà luogo a un doppietto di righe vicinissime fra loro, corrispondente ad una differenza di energia pari a  $\Delta E = 0,0021$  eV.

Tale fenomeno può essere spiegato in uno dei due modi seguenti.

a. *In maniera abbastanza rigorosa* [4-8].

Il doppietto di righe deriva dall'interazione spin-orbita del campo magnetico dell'elettrone generato dal moto intorno al nucleo con il momento angolare intrinseco di spin dell'elettrone stesso; in pratica, trascurando il debole accoppiamento con il mo-

mento angolare nucleare e la conseguente struttura iperfine, l'elettrone nell'orbitale s non ha un momento angolare orbitalico perché il numero quantico del momento angolare è  $l = 0$ . Questo comporta che lo stato iniziale della transizione ha una sola energia per l'elettrone up e down. Lo stato  $p$  di arrivo della transizione ha un momento angolare orbitalico perché  $l = 1$  e l'accoppiamento tra il momento angolare orbitalico e quello intrinseco dell'elettrone (accoppiamento spin-orbita) genera in questo caso due stati di energia leggermente differenti, uno per l'elettrone up e uno per il down.

b. *In maniera succinta e semplificata* [3].

Nella fase della transizione elettronica di assorbimento, si possono creare due diverse "configurazioni" a seconda che l'elettrone sia  $\alpha$  o  $\beta$ . In una "configurazione" lo spin dell'elettrone si conserva, cioè si mantiene concorde con il suo verso nel livello energetico di arrivo; nell'altra invece lo spin è discorde. In ogni caso l'evidenza sperimentale del doppietto conferma sperimentalmente l'ipotesi dell'esistenza dello spin elettronico e il fatto che:

- nella transizione di assorbimento, si ha uno stesso livello 3s energetico iniziale di partenza e due livelli di arrivo 3p con energia diversa
- nella successiva transizione di emissione dai due livelli energetici 3p al livello energetico 3s vengono emesse due radiazioni di energia evidenziate da due righe distinte a  $\lambda = 589,59$  nm e a  $\lambda = 588,99$  nm.

Si può quindi terminare la discussione dicendo che lo spin elettronico costituisce il fondamento di diverse tecniche analitiche strumentali come, ad esempio, la spettroscopia di emissione, la spettroscopia di assorbimento e la risonanza paramagnetica elettronica (EPR).

## 7. Conclusione

A nostro avviso, un approccio sperimentale come quello proposto in questo articolo, o uno simile a discrezione di ogni docente, permette un apprendimento significativo e non mnemonico del concetto di spin elettronico, senza escludere una comprensione più profonda alla luce di nuovi dati.

Inoltre, tale esperienza può anche consentire agli allievi una base abbastanza rigorosa per approfondire eventualmente il concetto di spin elettronico in relazione a loro interessi, o ricerche attuali, o ad un livello più avanzato di studi in ambito universitario. ■

## Riferimenti

A) Articoli e siti on line

[1] R. Soldà, *CnS*, 2010, **2**, 80.

[2] [https://www.3bscientific.it/PhysicsExperiments/UE5020150 IT](https://www.3bscientific.it/PhysicsExperiments/UE5020150%20IT), *Spettri a righe*.

B) Testi a livello di scuola secondaria di secondo grado

[3] R. Cozzi, P. Protti, T. Ruaro, *Elementi di chimica analitica strumentale*, Zanichelli Editore, Bologna, 2002.

[4] P. W. Atkins, J. De Paula, *Elementi di Chimica Fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, 2018.

[5] M. Guardo, *Lezioni di Chimica Fisica 1°*, Zanichelli Editore, Bologna, 1991.

C) Testi a livello universitario

[6] G. Herzberg, *Spettri atomici e struttura atomica*, Edizioni Bollati Boringhieri, Torino, 1975.

[7] H. H. Bauer, G. D. Christian, J. E. O' Reilly, *Analisi Strumentale*, Piccin Editore, Padova, 1985.

[8] P. W. Atkins, J. De Paula, J. Keeler, *Chimica Fisica*, Zanichelli Editore, Bologna, 2020.

## Appendice

### Pauli rievoca la storia del suo lavoro relativo al Principio di Esclusione



La storia della scoperta del Principio di Esclusione, per il quale io ho ricevuto l'onore dell'assegnazione del premio Nobel quest'anno, risale ai miei giorni di studente a Monaco. Mentre a scuola a Vienna,

avevo già avuto qualche conoscenza della fisica classica e dell'allora nuova teoria relativistica di Einstein, fu all'Università di Monaco che fui introdotto da Sommerfeld sulla struttura dell'atomo, piuttosto strana dal punto di vista della fisica classica. Io non dividevo la meraviglia che ogni fisico abituato al modo classico di pensare provava quando veniva a conoscenza per la prima volta del "postulato fondamentale della teoria quantistica" di Bohr ....

La serie dei numeri interi 2, 8, 18, 32, che dava le lunghezze dei periodi nel sistema naturale degli elementi chimici, era zelantemente discussa a Monaco... Sommerfeld cercava specialmente di collegare il numero 8 ed il numero di vertici di un cubo.

Quando nel 1923 Bohr compì il suo primo viaggio negli Stati Uniti, io ritornai, come assistente, all'Università di Amburgo, dove subito dopo diedi la mia lezione inaugurale come libero Docente sul sistema periodico degli elementi. Il contenuto di questa lezione mi apparve molto insoddisfacente, dal momento che il problema della chiusura delle orbite elettroniche non era stato chiarito ulteriormente. La sola cosa che era chiara era che doveva esistere una relazione più stretta tra questo problema e la teoria della struttura del multipletto. Perciò mi sforzai di esaminare di nuovo criticamente il caso più semplice, la struttura di doppietto degli spettri alcalini. Io arrivai al risultato che il punto di vista allora ortodosso – secondo il quale un momento angolare finito nel nocciolo atomico era la causa della struttura di doppietto – doveva essere presa come non corretta. Alla fine del 1924 io pubblicai alcuni dei miei argomenti sostenendo che, invece del momento angolare delle orbite chiuse del nocciolo atomico, dovesse essere introdotta una nuova proprietà quantistica teorica dell'elettrone, che io chiamai proprietà a due valori non descrivibile classicamente.

Testo tratto da:

W. Pauli, *Exclusion principle and quantum mechanics*, Nobel Lecture, December 13, 1946 (traduzione di R. Steccanella e F. Spalletti)

**Valentina Domenici**

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa

✉ valentina.domenici@unipi.it

# Progettazione di attività didattiche STEAM in ambito museale durante i due anni di pandemia Covid-19

**RIASSUNTO** In questo breve contributo riporto e discuto come gli ultimi due anni di pandemia di Covid-19 hanno modificato alcuni aspetti del metodo di progettazione didattica in ambito non formale proposto, a partire dall'anno accademico 2013-2014, nel corso di 'Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della chimica' da me tenuto presso l'Università di Pisa e riconosciuto per il percorso di formazione degli insegnanti (PF24). Il modello di progettazione completo è stato recentemente descritto nel lavoro '*STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers*' (V. Domenici, *Edu. Sci.* 2022, **12**, n. 30; vedi pag. 49 di questo numero).

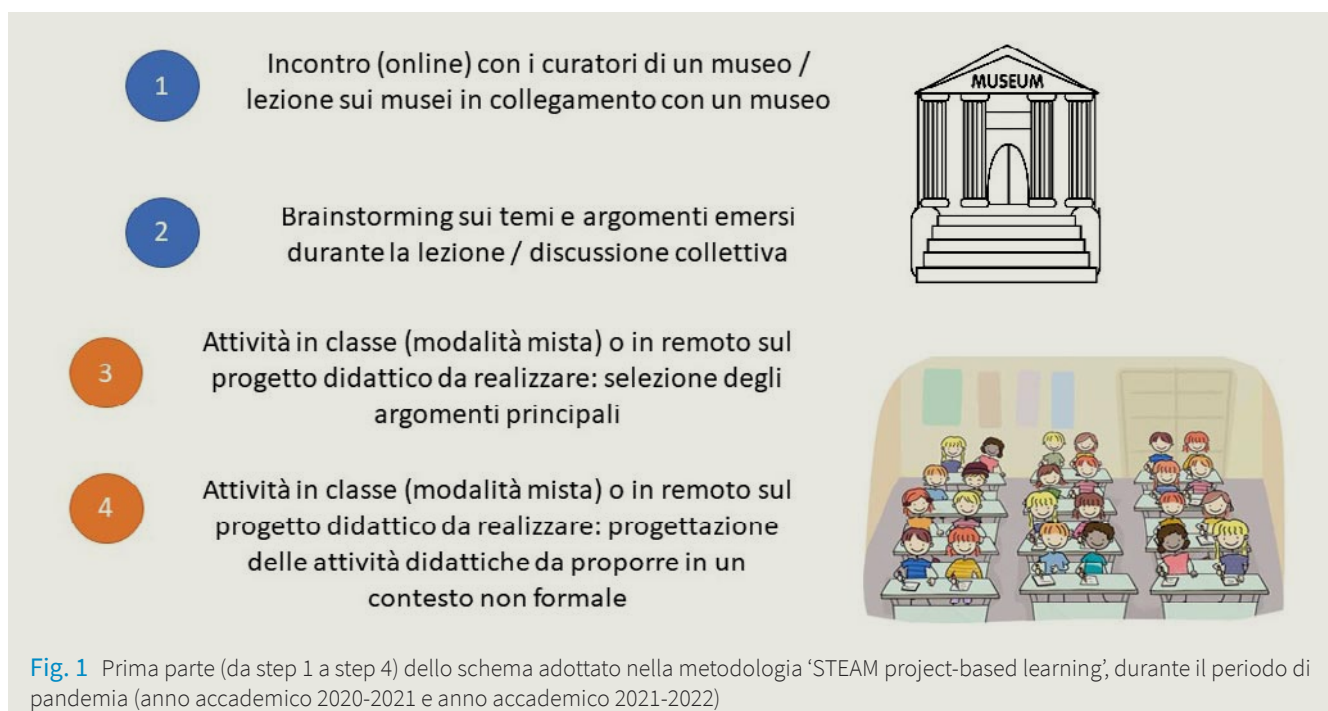
**ABSTRACT** This work reports a discussion about the effect of pandemic Covid-19 on a methodology adopted in a course of 'Chemical Education' at the University of Pisa. This course aims to train future chemistry teachers and, since 2013-2014, a new methodology was implemented called '*STEAM project-based learning*' which is centered on the development of educational activities in the non-formal context, in particular science museums and Open Days. The full description of the methodology is reported in '*STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers*' (V. Domenici, *Edu. Sci.* 2022, **12**, n. 30; see pag. 49 of this issue).

**PAROLE CHIAVE** progettazione didattica; modalità a distanza; ambito museale; STEAM; project-based learning.

A partire dall'anno accademico 2013-2014, nell'ambito del corso di 'Didattica della Chimica', già attivo presso il corso di Laurea in Chimica dell'Università di Pisa [1], ho iniziato ad adottare alcuni metodi di insegnamento attivi per aumentare il coinvolgimento degli studenti e per rendere l'insegnamento più efficace. Tra questi metodi, negli anni, ho cercato di integrare la didattica laboratoriale all'approccio

'*project-based learning*' [2], che comporta la realizzazione di progetti didattici da parte di piccoli gruppi di studenti (da 2 a 4 studenti per ogni gruppo) da mettere in pratica sia nei contesti scolastici che, preferibilmente, nei contesti non formali. Grazie alle collaborazioni attive con alcune realtà museali, in particolare con il Museo di Storia Naturale di Rosignano, queste attività sono diventate via via più strutturate e continuative, portandomi a stimolare gli allievi a progettare attività fortemente multidisciplinari, che meglio si adattassero al contesto museale [3-5]. Sulla base dei primi risultati molto positivi, sia in termini di partecipazione degli studenti che del livello delle attività proposte in ambito museale, ho ottimizzato questa metodologia, combinando le caratteristiche tipiche del '*project-based learning*' [2], dei contesti non formali [3] e dell'approccio STEAM (*Sciences, Technology, Engineering, Mathematics & Arts*), che recentemente si è diffuso come evoluzione di quello STEM (*Sciences, Technology, Engineering & Mathematics*) [6,7]. Per quanto riguarda i contesti non formali, molti dei progetti realizzati dagli studenti del corso sono stati poi messi in pratica sia all'interno del Museo, sia presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, in occasione degli Open Day, come la Notte dei Ricercatori e delle Ricercatrici, chiamata Bright in Toscana, o nell'ambito di Festival della Scienza.

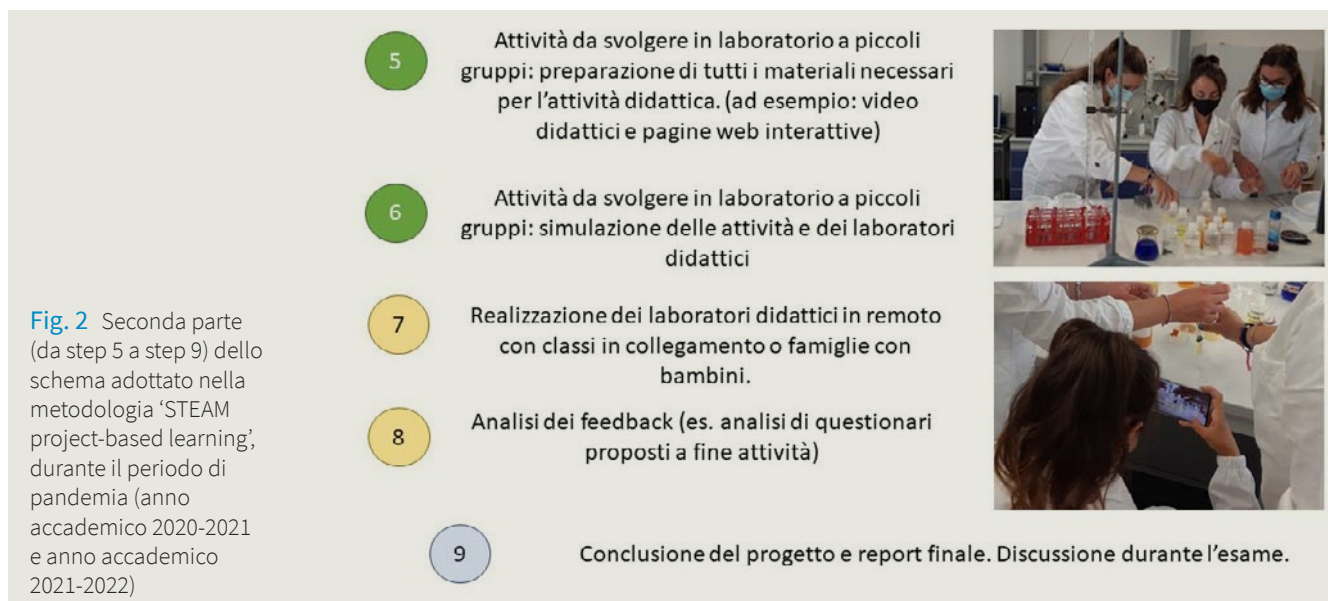
La metodologia, chiamata in breve '*STEAM project-based learning approach*', è suddivisa in 9 step e va a coprire quasi interamente la durata del corso, che viene proposto agli studenti nel primo semestre dell'anno (da settembre a dicembre). I vari step dell'approccio didattico sono stati descritti molto dettagliatamente, includendo l'analisi e la discussione dei feedback delle varie attività realizzate in ambito museale e dei questionari degli studenti raccolti negli ultimi quattro anni, in un articolo pubblicato di recente [8]. Negli ultimi due anni accademici, tuttavia, a seguito degli effetti della pandemia di Covid-19 sulla didattica, in particolare a livello universitario, si è reso necessario



modificare in parte questo approccio. Nell'anno accademico 2020-2021, il corso è stato tenuto interamente a distanza, mentre nell'anno accademico 2021-2022, il corso è stato realizzato con la modalità mista, ovvero con ragazzi in parte in presenza (in aula) e in parte, la maggior parte, a distanza. Come purtroppo sa chi si occupa di didattica, sia a livello scolastico che universitario, questi cambiamenti nell'erogazione delle lezioni hanno avuto effetti anche negativi, ad esempio in termini di coinvolgimento degli studenti e sulla loro preparazione, soprattutto nelle materie scientifiche. Tuttavia, questi aspetti sono ancora oggetto di studio e approfondimento e non è possibile fare generalizzazioni. Senz'altro, però, possiamo dire che la pandemia ha portato a dover modificare le modalità didattiche, e, nel caso del corso di *'Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della chimica'*, la metodologia adottata negli anni è stata in parte modificata, come riportato in figura 1 e figura 2. I primi due step, ad esempio, prevedevano una visita al Museo e una prima serie di attività di osservazione delle collezioni scientifiche. Questa fase è stata sostituita con incontri a distanza e come nel caso dello scorso ottobre 2021, con una lezione fatta in collegamento con un Museo (cioè, il Museo di Chimica di Genova). I due step successivi (3 e 4), che riguardano la prima ideazione di attività laboratoriali e interattive da parte degli studenti e la realizzazione del progetto didattico, si sono svolti con attività a distanza (o in modalità mista). La partecipazione degli studenti, tuttavia, è stata minore rispetto agli anni precedenti, e alcuni ragazzi non hanno partecipato alla progettazione.

I gruppi che hanno partecipato alle attività di progettazione, anche se a distanza, hanno dedicato poi un po' del loro tempo, al di fuori delle ore di lezione, per realizzare le esperienze didattiche. L'aspetto interessante è che, non essendo certi di poter mettere in pratica le attività in presenza all'interno del Museo o in occasione degli Open Day, gli studenti stessi hanno proposto di realizzare dei video didattici per vari target (in particolare per bambini della scuola primaria e per ragazzi della scuola secondaria di II grado) e di utilizzare delle piattaforme interattive facili da usare, per costruire delle pagine web da far esplorare in remoto (step 5 e 6). Alcuni studenti del corso sono stati particolarmente attivi, dimostrando di sapersi muovere molto bene tra gli strumenti digitali e i siti web, come i 'padlet', che permettono di includere video e attività di gioco interattivi (puzzle, cruciverba, quiz, ...). Alcuni di questi progetti didattici ideati dagli studenti sono stati effettivamente realizzati (step 7) e utilizzati in occasione della Notte dei Ricercatori e delle Ricercatrici (edizione 2020 [9] e edizione 2021 [10]) che si sono svolti in remoto per entrambe le edizioni. Inoltre, nel caso di un laboratorio didattico dedicato ai 'Giardini Chimici' [9, 11], alcune scuole primarie hanno chiesto di poter fare dei laboratori a distanza e gli stessi studenti che avevano progettato le attività hanno così interagito con i bambini, mostrando i video, raccontando delle storie e giocando con loro grazie al sito web interattivo che avevano creato.

Durante queste attività, inoltre, è stato possibile raccogliere attraverso dei questionari online, una serie di feedback da parte degli studenti e dei ragazzi



che hanno partecipato, rendendo possibile anche lo step 8, ovvero l'analisi degli aspetti positivi e delle eventuali criticità, e un minimo di analisi dei concetti appresi durante le attività proposte. A conclusione del progetto, gli studenti hanno presentato tutto il loro lavoro, dall'ideazione alla progettazione, in sede di esame finale (step 9).

Come già evidenziato anche in letteratura [12, 13], la pandemia di Covid-19 ha influito molto sulla modalità di erogazione della didattica della chimica e, nel caso del corso di *Fondamenti e metodologie didattiche dell'insegnamento della chimica*, ha comportato una modifica dell'approccio didattico ottimizzato negli anni per i contesti non formali, come quello museale. Benché rispetto agli anni precedenti la partecipazione alla realizzazione dei progetti didattici sia stata molto minore, gli studenti che hanno partecipato hanno sfruttato molto positivamente la modalità a distanza, mettendosi in gioco con la realizzazione di video, giochi interattivi e pagine web interamente fruibili in remoto. Complessivamente, dall'analisi dei questionari di valutazione del corso, il livello di gradimento da parte degli studenti universitari è risultato essere comunque molto positivo, anche se, dal punto di vista delle capacità sviluppate e delle conoscenze legate al programma del corso, la resa degli studenti è sensibilmente diminuita rispetto agli anni precedenti alla pandemia Covid-19. ■

### Riferimenti

- [1] Link al programma del corso: <https://esami.unipi.it/esami2/programma.php?c=38566>
- [2] I. Sasson, I. Yehuda, N. Malkinson, Fostering the skills of critical thinking and question-posing in a project-based learning environment, *Thinking Skills and Creativity*, 2018, **29**, 203 - 212.

- [3] V. Domenici, I Musei scientifici come risorsa didattica, in *Insegnare e apprendere chimica*, Mondadori Università, 2018, ISBN, pp. 202 - 217.
- [4] Autori vari, *La Chimica nei Musei Scientifici e i Musei di Chimica* (a cura di V. Domenici & L. Campanella), Casa Editrice La Sapienza, Roma, 2014.
- [5] Autori vari, *La chimica nei Musei. Creatività e conoscenza* (a cura di V. Domenici & L. Campanella), Casa Editrice, Pisa University Press, Pisa, 2020.
- [6] D. Aguilera, J. Ortiz-Revilla, STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review, *Edu. Sci.* 2021, **11**, 331 (<https://doi.org/10.3390/educsci11070331>).
- [7] C. Conradt, F. X. Bogner, From STEM to STEAM: Cracking the Code? How Creativity & Motivation Interacts with Inquiry-based Learning, *Creativity Res. J.*, 2019, **31**, 284 - 295.
- [8] V. Domenici, STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers, *Education Sciences*, 2022, **12**, n. 30.
- [9] <https://bright.dcci.unipi.it/latest-edition/edizione-2020/8-pagine-principali/26-giardini-chimici-2020.html>
- [10] <https://bright.dcci.unipi.it/chimica-colori.html>
- [11] I. Fordyce, M. Massa, C. Scala, N. Vita, I "Giardini Chimici" al Bright 2020: la divulgazione scientifica ai tempi della DAD, *La Chimica nella scuola*, 2021, **4**, p. 38 - 44.
- [12] 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, **1**, 58 - 62.
- [13] K. Salta, K. Paschalidou, M. Tsetseri, D. Koulougliotis, Shift From a Traditional to a Distance Learning Environment during the COVID-19 Pandemic University Students' Engagement and Interactions, *Sci. Edu.*, 2021, **31**, 93 - 122.



**Roberto Zingales**

Gruppo Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica

✉ robertozingales@outlook.it

# La Chimica a Palermo nel XVIII secolo

**RIASSUNTO** Malgrado la posizione periferica, le nuove teorie chimiche di Lavoisier furono insegnate anche a Palermo entro pochi anni, grazie alla lungimiranza dei governanti locali, e al lavoro attento e scrupoloso di Giovanni Meli, Professore di Chimica dell'Accademia, che, rinnegando la propria formazione flogistica, seppe accettarle e proporle agli allievi.

Invece, in campo applicativo, per esempio, nelle analisi delle acque, nel XVIII secolo, accanto a tentativi consapevoli di utilizzare i saggi qualitativi più comuni, regnava ancora molta ignoranza e mancanza delle più elementari competenze e manualità chimiche.

**ABSTRACT** Despite the peripheral position of the city, the new Lavoisier's chemical theory was taught also in Palermo within few years, thanks to the foresight of local Rulers, and to the thorough and painstaking work of Giovanni Meli (Professor at the Accademia). By renouncing to his phlogistic education, Meli was able to accept it and teach it to his students.

On the contrary, in the 18<sup>th</sup> century, in the practical field of waters analysis, despite some deliberated attempts to apply the most common qualitative tests, ignorance and lack of the most elementary chemical skills were still predominant.

## 1. Introduzione

Nel XVIII secolo, da pratica artigianale al servizio di Medicina, Farmacia e Tecnologia, la Chimica si trasformò in Scienza moderna, con un proprio specifico campo d'interesse e azione. Le indagini per individuare e caratterizzare i diversi aeriformi (gas), la teoria del flogisto (il primo tentativo di razionalizzare e unificare i fenomeni di combustione, calcinazione e respirazione), la rivoluzione di Lavoisier (che elaborò la teoria della combustione, la definizione di corpo semplice, una nomenclatura sistematica) e un più diffuso approccio quantitativo nelle indagini chimiche ne costituirono i passaggi cruciali.

Qui si cercherà di esaminare l'impatto che questa rivoluzione culturale ebbe negli ambienti, almeno geograficamente, più periferici, prendendo in con-

siderazione, come esempio, la Sicilia e, in particolare, la città di Palermo. Pur essendo capitale, solo nel 1779 vi sorse un'Accademia degli Studi, convertita in Università il 3 settembre 1805, per cui Palermo rappresenta un ambiente privo, o quasi, di un centro culturalmente egemone, nel quale verificare l'impatto di questa rivoluzione.

## 2. Gli alchimisti

È verosimile che la posizione geografica e la lunga dominazione araba abbiano favorito il diffondersi in Sicilia delle pratiche alchemiche: erano alchimisti Michele Scoto (1175 - 1232), che visse a Palermo alla corte di Federico II, il magistrato Vincenzo Percolla (? - 1572), autore dell'*Auriloquio* (1560 -

1570), un manoscritto alchemico conservato a Napoli, e come alchimista si presentava Giuseppe Balsamo (1743 - 1795), più noto come Cagliostro. Il primo testo alchemico stampato a Palermo fu il *Dell'Alchimia*, del dottor Giacinto Grimaldi [1]: iniziato all'arte dal padre, praticava e professava un'alchimia ancora legata ai principi aristotelici di materia e forma, e, come Geber e Paracelso, riteneva tutti i metalli composti di mercurio e zolfo, la cui perfetta combinazione, favorita dalla pietra filosofale, generava oro purissimo [2].



Busto di Cagliostro

neva tutti i metalli composti di mercurio e zolfo, la cui perfetta combinazione, favorita dalla pietra filosofale, generava oro purissimo [2].

Ancora a fine 1700, negli stessi anni in cui Meli cercava di adeguare il proprio insegnamento alle teorie chimiche più moderne, Giuseppe Saverio Alberti produsse quattro volumi manoscritti dal titolo *Opuscula varia chymica*, nei quali, con un linguaggio oscuro, ricco di formule e simboli, descriveva i tentativi di preparare la pietra filosofale [3].

### 3. L'istruzione pubblica e le Accademie

Sino alla fine del 1600, fedeli alla tradizione scolastica, i Gesuiti, nelle cui mani era l'istruzione pubblica, avevano insegnato l'arte della disputa e delle argomentazioni, piuttosto che stimolare gli allievi a un attento esame dei fatti e dei fenomeni naturali. A Palermo, i primi ad affrancarsi dalla scolastica e a insegnare le teorie corpuscolari di Democrito furono il medico carmelitano Domenico Alaimo (? - 1708), professore di Filosofia e Teologia, e Pietro da Melazzo, suo allievo. La diffusione delle concezioni particellari indirizzò gli intellettuali verso la filosofia cartesiana, con la quale Tommaso Campailla (1668 - 1740) spiegava i fenomeni naturali, rivisitandola alla luce degli esperimenti e delle teorie di Robert Boyle (1627 - 1691), anche se contestava la nuova fisica newtoniana: riteneva l'attrazione una causa occulta, e non fisica, e non universale, ma circoscritta al sistema solare [4]. Nel IV canto del poema filosofico *L'Adamo, ovvero il Mondo creato*, discusse la natura e la materia del fuoco e del calore, di sali, alcali, acidi, zolfi, elementi e corpi misti (composti) [5].

Nel 1716, nei *Prolegomena* alla ristampa del *Sicanarum rerum compendium* di Francesco Maurolico (1494 - 1575), il giurista messinese Giacomo Longo (1658 - 1736) condannò le vuote e sterili dispute scolastiche, invitando gli studiosi a ricercare la verità. Dopo la laurea in Giurisprudenza (1685), Longo si era trasferito a Palermo, dove aveva svolto incarichi pubblici di rilievo e fondato, nel 1718, l'*Accademia del Buon Gusto*, insieme allo storico Giovanni Battista Caruso (1673 - 1724), al marchese Gerolamo Settimo (1640 - 1719) e al principe Pietro Filangieri di Santa Flavia (? - 1762). Nel 1731, Longo istituì a Messina la prima Biblioteca pubblica di Sicilia, donandole la propria raccolta di oltre 4000 opere in quasi 8000 volumi. Tra queste, oltre a quelle di Giurisprudenza, Teologia, Patristica, Storia, Politica, le opere di illustri medici del tempo, come Baglivi, Etmüller, van Helmont, Malpighi, Rivière, Sydenham, Santorio, dei filosofi Locke e Descartes, di Galilei, dei chimici Becher, Boyle, Lémery [6], segno, non solo di un'attenzione alle teorie scientifiche più moderne, ma anche del desiderio di agevolarne la diffusione presso gli intellettuali.

Malgrado le resistenze dei Gesuiti, a metà del '700 cominciò a maturare, negli ecclesiastici più istruiti e illuminati, la consapevolezza che alla formazione culturale del clero dovesse contribuire anche l'insegnamento delle Scienze, soprattutto Matematica, Geometria e Fisica. Nelle loro scuole, Benedettini, Agostiniani e

Domenicani cominciarono ad affrancare l'insegnamento dalla scolastica [7]. Il matematico Nicolò Cento (1719 - 1780) insegnava dal 1744 allo Spedale Grande di Palermo il metodo di Cartesio, ma, soprattutto, introdusse il calcolo differenziale di Wolff, le teorie matematiche di Newton e la filosofia di Leibniz; nonostante i divieti, anche Hume, Helvetius, Spinoza e gli enciclopedisti erano molto letti e studiati. Nel 1756, il giurista Tommaso Natale (1733 - 1819), allievo di Cento, pubblicò un'opera in versi, *La Filosofia leibniziana*, che i Gesuiti fecero subito condannare dal Sant' Uffizio e mettere al rogo, ma che i Benedettini accolsero e insegnarono nelle loro scuole [8].

Nel 1767, Bernardo Tanucci (1698 - 1783), primo ministro di Ferdinando IV di Borbone, espulse i Gesuiti dal Regno delle due Sicilie; a Palermo, il decreto fu attuato il 20 novembre, con la confisca dei beni, delle Biblioteche, dei Musei. Per non interrompere l'attività didattica, il Governo si adoperò per sostituirli nell'insegnamento, e il 22 dicembre poté riaprire agli studenti il Collegio Massimo,<sup>1</sup> già sede delle scuole gesuitiche. Istituì, inoltre, una *Giunta di Educazione*, presieduta dal Viceré Giovanni Fogliani (1697 - 1780), della quale facevano parte Francesco Testa (1704 - 1773), Arcivescovo di Monreale, il Giudice Giovanbattista Asmundo Paternò (ca. 1720 - 1805), Diodato Targiani (1730 - dopo 1812), Consultore del Governo e l'Avvocato fiscale Giuseppe Jurato. La giunta nominò gli insegnanti, tra i quali Cento per la Matematica e Rosario Bisso, per Logica, Geometria e Algebra [7].

Nel maggio del 1769, fu eletto direttore del Collegio degli Studi il Giudice Gaetano Sarri (1722 - 1797), molto stimato per la sua conoscenza del Diritto pubblico, ma privo dell'esperienza e della volontà necessarie a mantenere la disciplina degli studenti. Poiché i disordini e le agitazioni nella vita del Collegio causarono una netta diminuzione del numero dei frequentanti, la Giunta lo rimosse dall'incarico e, nel 1776, Tanucci nominò al suo posto Gabriele Lancillotto Castelli (1727 - 1792), principe di Torremuzza, chiamandolo a far parte anche della Giunta. Castelli trovò le scuole in pessime condizioni, ma non riuscì ad attuare le riforme che aveva progettato, per l'opposizione di Targiani. Il Re abolì la Giunta il primo agosto 1778, sostituendola con una *Deputazione dei Regi Studj*, con il compito di dirigere e sorvegliare il Collegio degli Studi e tutte le scuole del Regno (escluse quelle di Messina e Catania), scegliere i lettori, dirigere la Biblioteca, il Museo e la Stamperia Reale. Essa era composta da cinque *deputati*, che rimasero in carica

---

<sup>1</sup> Attuale sede della Biblioteca centrale della Regione Siciliana A. Bombace, costruito tra il 1586 e il 1588 nella centrale Via Toledo, o Cassaro, oggi Via Vittorio Emanuele.

per tre anni: Castelli, Monsignor Salvatore Ventimiglia, Inquisitore di Sicilia, Alfonso Airoidi (1729 - 1812), Arcivescovo di Eraclea e Giudice del Tribunale della Regia Monarchia, Giuseppe Lanza, duca di Trabia, ed Emanuele Bonanno, Principe di Misilmeri [7].

#### 4. L'Accademia degli Studi

A Palermo, la mancanza di un'Università era stata parzialmente compensata dal fatto che il Collegio gesuitico aveva goduto del privilegio di conferire le lauree in Filosofia e Teologia; allontanati i Gesuiti, nel 1777, il Senato palermitano chiese che il privilegio fosse trasferito all'Accademia. Inoltre, con il rifiorire delle scuole pubbliche e delle attività intellettuali, si sentiva sempre più pressante la necessità che si insegnassero anche le Lettere e le Scienze. La Deputazione si fece carico di queste esigenze e ottenne che Ferdinando III istituisse, il primo maggio 1779, la Regia Accademia degli Studi, governata dalla Deputazione, la cui prima sede fu l'ex Collegio Massimo. Il 14 maggio successivo, il Re approvò il *Piano della riforma dei pubblici studj della capitale del Regno*, elaborato dalla Deputazione; l'Accademia si articolava nelle quattro Facoltà di Teologia, Filosofia, Diritto e Medicina, erano istituite 36 cattedre (poi ridotte a 20 per insufficienza di fondi), con insegnamenti nuovi, che tenessero conto del notevole progresso registrato, tra il 1750 e il 1780, dalle Scienze naturali in Sicilia. *Chimica e Farmaceutica* era una delle Discipline mediche.

Negli anni successivi alla sua istituzione, sotto i governi illuminati dei viceré Domenico Caracciolo (1715 - 1789), dal 1781 al 1786, e Francesco d'Aquino (1738 - 1795), dal 1786 al 1795, l'Accademia poté espandere la propria attività, creando l'Orto botanico (1781) e la Specola (1791), dotando di macchine e strumenti i laboratori di Fisica e Chimica [9], e il Museo di nuovi reperti, sia nel settore archeologico, che in quello di Storia Naturale [10].

In mancanza d'insegnanti capaci, la Deputazione ottenne che, alla fine degli anni '80, il Governo finanziasse il soggiorno all'estero (Italia, Francia e Inghilterra) dei giovani più promettenti, perché completassero la propria formazione, soprattutto pratica; tra di essi, il botanico Giuseppe Tineo (1756 - 1812), l'agronomo Paolo Balsamo (1764 - 1816), il veterinario Vincenzo Palizzotto e l'astronomo Giuseppe Piazzi (1746 - 1826). Infine, nel febbraio del 1786, chiamò da Napoli, alla cattedra di Fisica sperimentale, il carmelitano Eliseo della Concezione (1725 - 1809), al secolo Francesco Mango, per la sua attitudine all'uso degli strumenti e all'attività sperimentale, soprattutto nello studio degli aeriformi.

Il primo incaricato del corso di Chimica e Farmaceutica fu il lettore don Giuseppe Capaci, che, dall'anno acca-

demico 1779-80, insegnò agli aspiranti farmacisti *l'arte di comporre e manipolare medicamenti* [11]. Sebbene sia annoverato tra i membri onorari nazionali della Reale Accademia delle Scienze e delle belle Lettere di Napoli (1778) [12], il non aver lasciato altra traccia di sé [10], suscita dubbi sulla sua attitudine alla Chimica e all'insegnamento. Tra l'altro, non disponeva neppure di un laboratorio per le dimostrazioni, anche se gli era stato assegnato un operatore, l'aromatario Giuseppe Chiarelli, che si era particolarmente distinto nello studio delle Scienze Naturali e della Chimica, trasmettendo ai propri figli, Francesco Paolo (botanico) e Stefano, l'interesse per queste discipline [4].

Alla morte di Capaci, con Dispaccio del 27 settembre 1787, il Principe di Caramanico conferì l'incarico al medico e poeta dialettale Giovanni Meli, forse per assegnargli uno stipendio che gli garantisse un minimo di sussistenza [13], o in segno di gratitudine per essere stato da lui curato durante una grave malattia, e per l'Ode che gli aveva dedicato per felicitarsi della guarigione [14].

#### 5. Giovanni Meli (1740-1815)

Dopo averle frequentate fino all'età di quindici anni, Meli abbandonò le scuole dei Gesuiti, insoddisfatto del loro insegnamento, e continuò a studiare da solo, soprattutto Poesia e Filosofia, leggendo l'*Encyclopédie*, e le opere di Cartesio, Wolff, d'Alembert, Fontenelle, appassionandosi alla filosofia di Leibniz, anche se riconosceva l'importanza dell'osservazione dei fenomeni.

Pur sentendosi più incline alla Poesia, che già gli procurava i primi riconoscimenti, su insistenza della madre, nel 1757, iniziò a seguire le lezioni di Baldassare Fagiani (1713 - 1763), da poco chiamato a insegnare Istituzioni fisico-anatomico-mediche presso l'Accademia di Medicina. Fagiani leggeva e commentava le

opere di William Harvey (1578-1657), Hermann Boerhaave (1668-1738), e dei suoi allievi Gerard van Swieten (1700 - 1772) e Albrecht von Haller (1708 - 1777).

I testi preferiti da Meli, che li leggeva anche a casa, erano i *Prolegomena* e le *Institutiones Medicae* di Boerhaave, il cui sistema fisiologico era basato sull'ipotesi che tutti i fenomeni vitali fossero governati dalle stesse leggi del-



Statua di Giovanni Meli in Piazza Lolli a Palermo



Due pagine manoscritte del primo volume degli Appunti di Lezione di Giovanni Meli, conservati nella Biblioteca Comunale di Palermo Leonardo Sciascia, alle segnature 4Qq C38, C39 e C40.

l'idraulica e della meccanica alle quali sono soggetti i corpi inanimati. Studiò anche Medicina e Botanica con Stefano Pizzoli (1717 - 1797) e Clinica con Giovanni Gianconti (? - 1800), che lo portava con sé nelle visite ai malati [8]. Meli costruì la propria dottrina medica sull'interpretazione meccanicistica della fisiologia di Boerhaave, e sulla teoria del flogisto di Stahl, pubblicata in italiano nel 1766. Questa formazione influenzò la stesura delle *Riflessioni* [15], nelle quali dava un'interpretazione energetica dei processi vitali, ma fu determinante anche nell'impostazione del corso di lezioni, nel quale, per esempio, distingueva tra elementi naturali ed elementi artificiali, prodotti dall'arte, nei quali era incluso il flogisto [16]. Ritenendo, però, carente la propria preparazione [4], quando fu nominato Professore di Chimica, s'impegnò alacremente a colmare le proprie lacune, leggendo testi e giornali di Chimica, soprattutto di autori francesi come Guyton de Morveau e Chaptal, frequentemente citati nei suoi appunti. Delle sue lezioni, è rimasta una corposa raccolta di appunti manoscritti, costituita da oltre mille fogli, redatti su entrambe le facciate, che, dopo la sua morte, Agostino Gallo raccolse in ordine casuale, come deducibile dal disordine nella successione degli argomenti trattati. Si

tratta di tre volumi, intitolati *Elementi di Chimica*, custoditi nella Biblioteca Comunale di Palermo, alle segnature 4Qq C38, C39 e C40, la cui lettura è complicata da continue cancellature, correzioni, aggiunte sovrascritte, e note su tutti i margini dei fogli. Meli non volle mai darli alle stampe, perché *la chimica, per la quale vi è ora, e veramente con ragione, un grande fermento, non è tuttavia interamente sistemata* [17]. In effetti, Meli passò, sotto la spinta della Deputazione, da un'iniziale, convinta adesione alla teoria del flogisto, che ai tempi costituiva la *scienza normale*, alla teoria della combustione di Lavoisier, che studiò nella versione italiana di Luigi Valentino Brugnatelli [18]. Infatti, nel 1802, sollecitata dal nuovo Rettore dell'Accademia, Cavaliere Gregorio Speciale, la Deputazione prese in esame l'efficacia delle tecniche didattiche adottate, e l'adeguatezza dei libri di testo utilizzati. Come prassi comune, i docenti si limitavano a dettare le lezioni agli studenti, che le trascrivevano scrupolosamente, per poi studiare su questi appunti, senza consultare altri testi. Per cambiare questo stato di cose, la Deputazione impose che si adottasse un libro di testo già stampato, in molti casi di un altro autore, e che il professore ne spiegasse e commentasse il contenuto [10].

Meli si adeguò, leggendo anche i testi di Fourcroy e Berthollet, Bergman, Scheele, Priestley, e, di conseguenza, riscrisse più volte gli appunti. L'esame del manoscritto rivela la sua maturazione, sia nella teoria che nel linguaggio che, è, alternativamente, ancora legato alla tradizione del passato, o conforme a quanto proposto da Lavoisier, talvolta nella rivisitazione che ne diede Brugnatelli. Meli riconobbe ed apprezzò il valore delle teorie moderne, ma fu sempre attento a non disconoscere la validità del lavoro degli antichi: *La rovina del flogisto, la recente teoria dei gas e la novella nomenclatura stanno alzando un muro di divisione tra gli antichi e i moderni chimici più alto di quello che divise un tempo la Cina dalla Tartaria. Io non so negare ai moderni una maggiore estensione di cognizioni, ma non posso defraudare gli antichi del merito di tante utilissime indefesse fatiche. Io adunque sto aspettando gli ulteriori progressi della chimica dopo dell'epoca del Lavoisier, per poter organizzare un corso elementare, che possa abilitare i miei studenti all'intelligenza degli autori sia antichi che moderni* [17].

In un'ampia aula, in fondo al portico dell'Università, sul lato destro [11], Meli tenne lezioni sempre molto affollate: nel 1800, risultava che le frequentassero 30 studenti, mentre 70 seguivano quelle di Anatomia pratica, 24 quelle di Chirurgia ed Ostetricia, 10 quelle di Medicina pratica e Anatomia teoretica, e 8 quelle di Teoria medica, a conferma dell'interesse suscitato dalle sue lezioni [19]. Eppure, Meli non le ritenne soddisfacenti, per la mancanza di un laboratorio che consentisse di effettuare esperimenti o dimostrazioni: *non mi si è dato né laboratorio, né macchine, né un arrangemento per le opere degli esperimenti, né tampoco un soldo da potervi cavare l'intera mia sussistenza* [20].

Per le dimostrazioni pratiche, nelle quali non eccelleva, Meli ebbe la collaborazione di Giuseppe Chiarelli, sostituito nel 1802 dal figlio Stefano, che aveva pubblicato sul *Giornale di Sicilia* del 1794 (n. 10 - 30) quattro articoli sui metodi per ricavare i coloranti dalle bacche di rosaspina, la porpora dalle conchiglie marine, il blu di Prussia da alcune specie di funghi, e sull'uso della terra di Bronte (un alcali minerale, forse carbonato di calcio) nella preparazione del vetro [5]. Chiarelli diede un notevole contributo a migliorare la qualità della didattica, *giacché era nei chimici processi assai versato, amava la scienza e la coltivava con assiduità, ... sicché, sedendo il Meli da maestro e stando il Chiarelli ad operatore, pigliò lustro la Chimica in Palermo e furono i giovani meglio avviati a questa scienza che prima non erano* [4].

Meli è noto e apprezzato internazionalmente come poeta e letterato, ma fu anche uno scienziato serio e scrupoloso, sia nella pratica medica che nell'insegnamento della Chimica, curioso dei fenomeni na-

turali, attento ai progressi delle Scienze, senza perdere di vista le evidenze cliniche o gli effetti delle reazioni chimiche.

## 6. La Chimica Applicata

Se si eccettuano le normali attività dei farmacisti e qualche esperienza con le macchine elettrica e pneumatica, l'approccio alla Chimica e alla Fisica era ancora speculativo, piuttosto che sperimentale. La realizzazione dei primi palloni aerostatici e le loro ascensioni avevano suscitato grande meraviglia, sia negli intellettuali, che nei governanti e nella gente comune, accendendo l'interesse verso lo studio delle proprietà dei gas, che ha caratterizzato il XVIII secolo. Incaricati di costruire un pallone aerostatico, i professori di Matematica, Fisica e Scienze naturali di Palermo mostrarono tutti i loro limiti nell'applicazione pratica dei principi teorici, e non riuscirono nell'impresa. Al contrario, l'11 marzo 1784, Ercole Michele Branciforti e Pignatelli, Principe di Pietraperzia, riuscì a produrre idrogeno dall'acido solforico e a utilizzarlo per far sollevare un pallone, pur senza avere alcuna formazione scientifica, ma semplicemente realizzando le proprie geniali intuizioni [4].

Come in altre parti d'Italia e d'Europa, anche in Sicilia cominciava a diffondersi la pratica delle analisi delle acque, sia termali e minerali, che destinate all'uso domestico; erano eseguite, soprattutto, da medici, con cognizioni e manualità chimiche non sempre adeguate, interessati più alle proprietà terapeutiche, che alla loro composizione. Nel 1732, Vincenzo Chisari (1707 - 1767) individuò una sorgente di acqua termale, oggi nota come *Salinelle di Paternò*, nella quale trovò zolfo, sale comune, bitume, calce e altri sali. Il dottor Antonino Silvestro Bellitti analizzò le acque termali di Sciacca [21], mentre Giuseppe De Gregorio e Russo (1703 - 1771) analizzò l'acqua Santa del Molo di Palermo [22], e, nel 1746, comunicò all'Accademia del Buon Gusto la scoperta di una mofetta d'acqua a Mazzarino, evidenziando una discreta perizia nelle procedure analitiche [4]. L'Acqua Santa di Palermo fu analizzata nel 1784 anche da Meli, insieme al *nostro degnissimo Sig. dimostratore Dr. Giuseppe Chiarelli*, che vi trovò sal comune e una piccola quantità di magnesia [23], e poi dal figlio Francesco Paolo, che analizzò anche l'acqua dell'Abate, a cinque miglia dalla città, come attestato da due manoscritti conservati nella Biblioteca Comunale di Palermo [24].

Alla fine del secolo, il medico palermitano Vincenzo Ryolo (? - 1837) pubblicò un trattato di circa 200 pagine, nel quale indicava posizione e proprietà terapeutiche, presunte, favoleggiate, o solo raramente verificate, di numerose sorgenti d'acque minerali e termali siciliane [25]. Saltuariamente, spesso nelle



Le salinelle di Paternò



note a piè di pagina, in maniera non sempre comprensibile e consapevole, descrisse anche qualche metodo analitico per determinarne la composizione. Erano, prevalentemente, metodi organolettici, o basati sulle forme cristalline dei sali che otteneva svaporando le acque, ma non mancano veri e propri saggi chimici, ancor oggi utilizzati.

Tastava l'acidità delle acque, con indicatori come lo sciroppo di viole (che, a metà 1600, Boyle aveva usato per distinguere gli acidi dalle basi e dai sali neutri), o la conserva di rose rosse, e riconosceva le sostanze alcaline anche dall'effervescenza con gli acidi o dal fatto che, mescolate con il sal volatile (cloruro di ammonio) sviluppavano *un odore urinoso penetrante* (ammoniaca). Le acque sulfuree, trattate con spirito di nitro (acido nitrico) diventavano lattiginose, per la formazione di zolfo elementare finemente suddiviso. Identificava la presenza dei cloruri nelle acque salmastre dalla formazione di un precipitato bianco per aggiunta di nitrato d'argento, e dalla forma cubica dei cristalli che si separavano tirando a secco l'acqua; questi, esposti al fuoco, liberavano un fumo bianco e un odore penetrante (acido cloridrico). Riconosceva il ferro dalla colorazione rosso scuro che dava, sia con la polvere di galla (acido gallico) che con la *scorza di Balaustro* (melograno), ricca di tannino.

Ryolo pose particolare attenzione alla determinazione dell'anidride carbonica, presente nella maggior parte delle acque, che faceva svolgere, o travasandole da un recipiente a un altro, o per aggiunta di zucchero. Per le determinazioni quantitative seguì il metodo del signor Bojle (sic) e quello del dottor Brownrigg,<sup>2</sup> distillando l'acqua e raccogliendo il gas con l'apparecchio pneumatico chimico. Nel riportare in tabelle i volumi ottenuti dalle diverse acque, non specificò, però, né la

temperatura, né la pressione; soprattutto, non considerò la possibilità che fossero presenti altre sostanze gassose, forse perché, nonostante il lavoro di Priestley, continuava, come molti, a considerare i diversi gas come aria contaminata in maniera differente. Per distinguere l'aria fissa dalla mofeta (azoto) fornì criteri confusi e in contraddizione con le evidenze raccolte qualche anno prima da Priestley. In conclusione, Ryolo dimostrò molta buona volontà, perché cercò di andare al di là delle semplici determinazioni qualitative, come si usava allora, ma i suoi risultati furono poco soddisfacenti, forse a causa della sua scarsa pratica chimica [4].

Di ben altro tenore è il *Trattato* [26] nel quale il medico palermitano Marco Antonio Fichera classificò, descrisse e analizzò le acque termali e potabili di Palermo. Le sue analisi erano condotte con metodo e con buona conoscenza delle procedure fisiche e chimiche, e con precisione e destrezza nelle manipolazioni di laboratorio. Determinò la temperatura con il termometro di Réaumur e la densità con l'areometro a immersione. Oltre all'analisi organolettica, basata sul sapore dell'acqua o sulla forma dei cristalli che se ne separavano o si producevano per reazioni con opportune sostanze, usò un vasto repertorio di reagenti chimici, traendo quasi sempre conclusioni corrette dall'effetto dei saggi. A testimonianza della fase di transizione nella quale si trovava la Chimica, usava una nomenclatura ancora legata al passato, spesso di derivazione alchemica, con termini diversi per indicare la stessa sostanza, con qualche sporadico esempio in accordo con De Morveau, se non con la nuova nomenclatura di Lavoisier. Né si può dire che non fosse a conoscenza delle più recenti acquisizioni della Chimica, perché descrisse accuratamente e correttamente gli esperimenti di Watt, Cavendish e Lavoisier sulla combustione dell'idrogeno con formazione

<sup>2</sup> William Brownrigg (1711-1800), autore di *An experimental enquiry into the mineral elastic spirit, or air, contained in spa water; as well the mephitic qualitis of this spirit.* (1748).

di acqua, l'osservazione di Monge che il peso dell'acqua è la somma di quelli dell'idrogeno e dell'ossigeno dai quali è ottenuta, e l'esperimento di Lavoisier sulla scomposizione dell'acqua (giugno 1783). Tuttavia, si dichiarò non convinto delle conclusioni che Lavoisier aveva tratto dai risultati di questi esperimenti e ne diede una lettura in chiave flogistica, affermando che l'acqua è un corpo semplice (elemento).

## 7. Conclusioni

La posizione periferica ha sicuramente rallentato in Sicilia il processo evolutivo della Chimica, che ha attraversato il XVIII secolo, ma non sono mancati esempi di scienziati attenti e illuminati, pronti ad accogliere e far proprie le nuove teorie, pur con tutte le difficoltà derivanti da un ambiente ostile e ancora poco aperto alle novità.

Nella prima metà del 1800 i successori di Meli sulla cattedra di Chimica e Farmaceutica non seppero tenere la didattica al passo con i clamorosi sviluppi della Chimica, né si distinsero nella ricerca, anche perché privi delle strutture minime indispensabili, se è vero che, ancora nel 1842, il laboratorio universitario consisteva in alcuni armadi posti nella stessa sala delle lezioni, nei quali armadi vi era l'occorrente per le più elementari dimostrazioni delle lezioni [27]. Solo dopo il 1860 l'Università di Palermo ebbe un laboratorio di Chimica moderno e adeguatamente attrezzato che, per dieci anni, sotto la guida di Cannizzaro, fu un punto di riferimento per la Chimica europea. Ma questa è un'altra storia. ■

## Riferimenti

- [1] E. Oliveri-Mandalà, *Atti della reale Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Palermo*, 1942, serie IV, vol. 2, parte 1, 1-9.
- [2] G. Grimaldi, *Dell'Alchimia, opera che con fondamenti di buona filosofia e perspicacità ammirabile tratta della reale difficoltà e nobiltà di tanta scienza, delle meraviglie della natura, dell'arte dei metalli e della regola e metodo da osservarsi nella composizione dell'oro alchemico*, Alfonso dell'Isola, Palermo 1645.
- [3] <https://www.comune.palermo.it/archivio-biografico-consultazione.php?id=84> ultima visita 21.02.2022.
- [4] D. Scinà, *Prospetto della Storia letteraria di Sicilia nel secolo decimottavo*, Ufficio tipografico Lo Bianco, Palermo 1859, 40-43.
- [5] A. Narbone, *Bibliografia Sicola Sistemata, o Apparato Metodico alla Storia Letteraria della Sicilia*, Fratelli Pedone Lauriel, Palermo 1854, Volume III, 58-62.
- [6] M. Alibrandi Intersimone, *Archivio Storico Messinese*, 1996, **71** V-XXVI.
- [7] L. Sampolo, *La R. Accademia degli Studi di Palermo*, (1888) Ristampa anastatica, Stampatori Tipolitografici associati, Palermo 1976.
- [8] G. A. Cesareo, *Archivio Storico Siciliano*, Nuove Serie, Anno XL 1915, 233-267.
- [9] S. Piazza, *Dalla Real Accademia degli Studi alla Regia Università di Palermo: i progetti di Giuseppe Venanzio Marvuglia (1778-1808)*, in B. Azzaro (ed), *L'università di Roma La Sapienza e le università italiane*, Cangemi Editore S.p.A., Roma 2008, 303-11.
- [10] O. Cancila, *Storia dell'Università di Palermo dalle origini al 1860*, Laterza, Bari 2006.
- [11] G. Pitrè, *Medici, chirurghi, barbieri e speciali*, Brancato, Catania 2003.
- [12] G. Del Re, *Descrizione topografica, fisica, economica, politica de' Reali Domini al di Qua del Faro nel Regno delle Due Sicilie*, Tipografia dentro la Pietà de' Turchini, Napoli 1830, tomo I, nota 1, pag. 170.
- [13] L. Paoloni, *I dieci anni di Cannizzaro a Palermo, progetti e realizzazioni 1862-1871*, V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Perugia 1993, 21-46.
- [14] A. Gallo, *Biografia di Giovanni Meli*, in G. Meli, *Opere poetiche, Sedicesima edizione riordinata da Giovanni Alfano*, G. Leggio e G. Piazza Editori, Palermo 1908, XXXVI.
- [15] G. Meli, *Riflessioni sopra il meccanismo della Natura in rapporto alla conservazione e alla riparazione dell'individui*, De Dominicis, Napoli 1777.
- [16] L. Paoloni, *Giovanni Meli docente di Chimica*, Comunicazione al Convegno Giovanni Meli tra Arcadia e Illuminismo, Palermo, 28-30 maggio 1997.
- [17] G. Meli, *Lettera all'abate Giacomo Sacchetti (1798)*, in G. Micali, *Lettere di Giovanni Meli*, Antonio Trimarchi Editore Palermo 1919, 78-81.
- [18] L. V. Brugnatelli, *Trattato elementare di Chimica generale appoggiato alle più recenti scoperte chimiche e farmaceutiche*, Venezia 1800.
- [19] L. Sampolo, rif [7] documento XXVIII, pag LXXI-LXXII.
- [20] G. Meli, *Lettera al Rehfués (1806)*, in G. Micali rif [17], 128-132.
- [21] A. S. Bellitti, *Delle stufe e de' bagni di Siccacia, opera postuma*, Reale Stamperia, Palermo 1783.
- [22] G. De Gregorio e Russo, *Memorie Letterarie di Sicilia*, Tom. I, P. III, pag 40, citato da [4], 249.
- [23] G. Meli, *Elementi di Chimica*, manoscritto della Biblioteca Comunale di Palermo, segnatura 4QqC40, foglio 150 v.
- [24] <https://www.comune.palermo.it/archivio-biografico-consultazione.php?id=1083> ultima visita 21.02.2022.
- [25] V. Ryolo, *Discorso istorico-analitico dell'acque minerali e terme di Sicilia*, Solli, Palermo 1794.
- [26] M. A. Fichera, *Trattato su diverse acque minerali e potabili di Palermo*, presso il libraio Giuseppe Maria Porcelli, Napoli 1792.
- [27] S. Cannizzaro, *Appunti autobiografici*, in *Scritti vari e lettere inedite nel centenario della nascita*, Tipografia Leonardo da Vinci, Roma 1926, 3-10.

# Uno sguardo alla letteratura internazionale

*Per saperne di più*

*Foundations of Chemistry (2020) 22:15–29*

## The role of idealisations in describing an isolated molecule

Vanessa A. Seifert

Published online: 24 September 2019  
© The Author(s) 2019

**ABSTRACT** The investigation of the relation between chemistry and quantum mechanics includes examining how the two theories each describe an isolated molecule. This paper focuses on one particular characteristic of chemistry's and quantum mechanics' descriptions of an isolated molecule; namely on the assumptions made by each description that an isolated molecule is stable and has structure. The paper argues that these assumptions are an idealisation. First, this is because stability and structure are partially determined by factors that concern the context in which a molecule is considered (i.e. thermodynamic conditions, time-range of experiment, environment, etc.). Secondly, the stability and structure of a molecule can only be empirically identified with reference to those factors. This paper examines these assumptions in the context of the philosophical literature on idealisations. This examination is a novel contribution that raises interesting questions about the relation between the two theories, the nature of stability and structure, and the function of these assumptions in the two theories.

**KEYWORDS** Idealisations, Relation between chemistry and quantum mechanics, Stability, Molecular structure

Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-019-09342-7>

*Foundations of Chemistry (2019) 21:179–191*

## What is chemistry that I may teach it?

Peter G. Nelson

Published online: 7 May 2018  
© The Author(s) 2018

**ABSTRACT** This article presents a personal answer to the question “What is chemistry?”, set out in terms of six propositions. These cover “pure” and “applied” chemistry,

different levels of description, and the broader context of chemistry.

**KEYWORDS** “Pure”, “Applied”, Bulk, Macroscopic, Atomic, Electronic, Chemical instinct, Periodic Table, Acid, Base, Rational, Intuitive, Cerebral, Practical, Analytical.

The question “What is chemistry?” is not one that we, as chemists, are inclined to give much attention to. We tend to assume that we all know what chemistry is. Thus it is that, in his book, “The Concept of Law”, Professor H.L.A. Hart is able to write (1961: p. 1): No vast literature is dedicated to answering the questions “What is chemistry” or “What is medicine?”, as it is to the question “What is law?” A few lines in an elementary textbook is all the student of these sciences is asked to consider.

Link: <https://doi.org/10.1007/s10698-018-9315-x13>

*Una curiosità*

## Chemistry world

### A century of curly arrows

By Philip Ball 14 February 2022

Celebrating the simple symbols that – along with their straight counterparts – encapsulate complex chemical behaviours



To chemists of a certain generation, Peter Sykes' classic *A Guidebook to Mechanism in Organic Chemistry* (first published in 1961, but still going strong in the 1980s at least)

conjures up one enduring image: curly arrows. Page after page shows organic molecules reconfiguring themselves via this schematic relocation of electrons, giving the impression of chemical reactions as electronic gymnastics displays. As the student quickly learns, a curly arrow with just one barb at its head depicts the movement of a single electron, while twin barbs denote the relocation of an electron pair.

Link: [https://www.chemistryworld.com/opinion/a-century-of-curly-arrows/4015168.article?utm\\_campaign=cw\\_shared&utm\\_medium=email&utm\\_source=website](https://www.chemistryworld.com/opinion/a-century-of-curly-arrows/4015168.article?utm_campaign=cw_shared&utm_medium=email&utm_source=website)



*Per una didattica non formale**Substantia (2019) 3(2): 39-47***Chemistry Beyond the Book: Open Learning and Activities in Non-Formal Environments to Inspire Passion and Curiosity**

Sara Tortorella, Alberto Zanelli, Valentina Domenici

**ABSTRACT** Several scientific channels on TV, crowded scientific fairs, and many serious scientific board games on the market demonstrate that people are curious about science. However, when asked about the perception of scientific subjects, Chemistry in the first place, general public still shows rejection toward “too complicated”, “abstract”, and “far from everyday life” topics. Unarguably, every Chemist would not recognize Chemistry as neither “abstract” nor “far from everyday life”: actually Chemistry, the so-called central science, is all around us. Where is the gap to fill, then? Why are not we able to convert that innate curiosity, which makes people stepping out from their houses to join public engagement activities, into genuine, time-persistent, passion about Chemistry? Such questions will be addressed herein, giving practical examples of possible approaches to address the problem. Special emphasis will be given to new learning means, generically referred as “Open Learning” ones, and interactive teaching approaches typical of non-formal environments, such as Science Festivals. Real examples of activities beyond the formal curricula of chemical study, some carried out by us in the framework of the “Diffusione della Cultura Chimica – Società Chimica Italiana” (Dissemination of Chemical Culture – Italian Chemical Society) mission and vision, will be discussed underlining their role in enhancing learning and inspiring confidence and passion toward Chemistry.



**KEYWORDS** Open Learning, Chemistry, Society, Gamification, Science Festival, Didactics, Interactive Teaching Approaches.

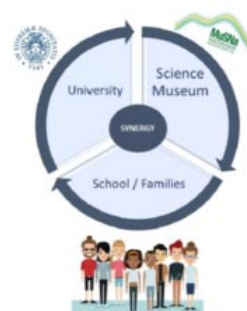
Link: <https://doi.org/10.13128/Substantia-587>

*Education sciences (2022) 12: 30***STEAM Project-Based Learning Activities at the Science Museum as an Effective Training for Future Chemistry Teachers**

Valentina Domenici

(This article belongs to the Section STEM Education)

**ABSTRACT** Non-formal learning environments, such as science museums, have a fundamental role in science education and high potentialities as ideal contexts for science teachers' training. These aspects have been analyzed and reported in several recent works mainly focused on students' perception of science and increased engagement towards scientific disciplines. In



this work, a project-based learning methodology optimized and experimented in the frame of a pre-service chemistry teachers' course at the University of Pisa (Italy), during the last eight years, involving in total 171 participants, is presented. This educational project has several distinctive features related to the STEAM philosophy, with a high level of multi-disciplinarity and creativity. Most of the laboratories and chemistry-centered activities were conceived, planned and carried out by the future chemistry teachers in non-formal contexts, such as science museums. A case study based on a series of non-formal laboratories designed by a group of students during their training in the academic year 2018–2019 and performed in a science museum is reported and examined in details. In this paper, all steps of the STEAM project-based learning methodology are described underlining the main learning outcomes and cognitive levels involved in each step and the relevant methodologies proposed during the training course and adopted in the project. The effectiveness of this pre-service teachers' training methodology is finally discussed in terms of participants' motivation and interest towards the course's content, students' final judgment of their training experiences and, in particular, of the STEAM project-based learning activities. From the students' feedbacks and final assessment, the role of the non-formal context in teaching and learning chemistry and the efficacy of developing educational activities related to current and real-life chemistry-centered topics emerged as very positive aspects of the proposed approach.

**KEYWORDS** Chemistry education; STEM; STEAM; Non-formal environment; Science museum; PjBL; Interactive learning; Project-based learning; Teacher training

Link: <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>

Silvano Fuso

✉ silvanofuso@tin.it

# Settima Edizione del Premio Asimov per l'editoria scientifica

**A**nche quest'anno è in pieno svolgimento il Premio Asimov, giunto alla sua settima edizione. Ideato dal fisico Francesco Vissani, che ne è anche il coordinatore nazionale, il Premio è stato istituito nel 2015. Si tratta di un riconoscimento riservato a opere di divulgazione e di saggistica scientifica particolarmente meritevoli. Si rivolge alle scuole secondarie di II grado per avvicinare ragazzi e ragazze a libri che trattano di argomenti scientifici. Attualmente il Premio può contare su una commissione scientifica di circa 700 persone, formata da docenti, ricercatori, scrittori, giornalisti e professori di tutta Italia, e organizzata in 17 coordinamenti regionali che, ogni anno, si occupa di selezionare i libri che formano la cinquina finalista. Il Premio è finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) attraverso la Commissione

di Terza Missione. L'evento vede quest'anno la partecipazione di 238 scuole su tutto il territorio italiano ed è patrocinato e organizzato da numerosi enti culturali.

Tra i numerosissimi libri esaminati dalla commissione, per questa edizione è stata selezionata la seguente cinquina di finalisti:

- Paolo Alessandrini, *Il Bestiario Matematico*, Hoepli, Milano 2021
- Marco Ciardi, *Breve storia delle pseudoscienze*, Hoepli, Milano 2021
- Agnese Collino, *La malattia da 10 centesimi*, Codice, Torino 2021
- Paul Sen, *Il frigorifero di Einstein*, Boringhieri, Torino 2021
- Licia Troisi, *La sfrontata bellezza del cosmo*, Rizzoli, Milano 2020



I cinque autori finalisti, nel mese di gennaio, hanno partecipato a incontri online, durante i quali gli studenti hanno avuto la possibilità di ascoltarli e allo stesso tempo di dialogare con loro, in un continuo confronto e scambio di saperi che rappresenta un sicuro arricchimento reciproco.

L'ultima parola per decretare il vincitore assoluto del Premio spetta infatti alla giuria, composta da migliaia di studenti e studentesse di scuola superiore. La scorsa edizione ha visto la partecipazione di quasi 10.000 studenti provenienti da 197 scuole di 16 regioni. Non vi sono ancora dati definitivi, ma quest'anno si è avuto un ulteriore incremento nella partecipazione.

Ogni studente partecipante ha letto, valutato e recensito uno dei libri in lizza e saranno i voti di questa impressionante giuria popolare a decretare il vincitore del premio Asimov 2022.

Le recensioni sono state 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 (con un rigoroso controllo antiplagio) e le scuole potranno riconoscere il lavoro svolto dagli studenti ai fini dei 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 con apposito attestato.

Al termine delle valutazioni delle recensioni (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 settima edizione del Premio Asimov per il 2022 e si svolgerà la cerimonia conclusiva nazionale. Quest'anno si spera di poter svolgere le iniziative in presenza e non solo online come negli scorsi due anni (nel 2021 l'unico evento in presenza è stata la presentazione dell'edizione 2022 del Premio al Salone del libro di Torino il 15 ottobre).

Numerosissimi sono stati gli enti organizzatori: l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN); i Laboratori Nazionali del Gran Sasso; i Laboratori Nazionali del Sud; le Sezioni di Bari, Bologna, Catania, Cagliari, Lecce, Milano, Napoli, Pavia, Perugia, Pisa, Roma Tor Vergata e Torino dell'INFN; Il Gran Sasso Science Institute (GSSI); il Dipartimento Interateneo di Fisica dell'Università (UniBa) e del Politecnico di



Bari (PoliBa); il Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi" dell'Università del Salento; il Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana" dell'Università di Catania; il Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria; il Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell'Università di Bologna; l'Università degli Studi della Basilicata (Unibas); l'Università degli Studi del Molise; la Scuola di Scienze e Tecnologie dell'Università di Camerino; l'Università di Napoli Federico II; l'Università di Torino; l'Università dell'Insubria; l'Università di Pavia; l'Università Statale di Milano; l'Università di Milano Bicocca; il Politecnico di Milano; il Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia; l'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF); l'Associazione Nazionale Librai (ALI).

Prestigiosi anche gli enti patrocinatori: Regione Abruzzo, Società Italiana di Fisica (SIF); Accademia Nazionale dei Lincei; Società Italiana di Relatività Generale e Fisica della Gravitazione (SIGRAV); Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze (CICAP); Società Chimica Italiana (SCI); Gruppo collegato di Cosenza dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN); Università di L'Aquila; Università di Cagliari; Università di Camerino; Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa; Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche dell'Università di Siena; Institute of Applied Sciences and Intelligent Systems (ISASI-CNR).

Per maggiori informazioni si può visitare il sito del Premio: <https://www.premio-asimov.it/>.

**Marta Da Pian** - Elsevier; **Elena Lenci** - Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff" dell'Università di Firenze; **Maddalena Corsini** e **Giusy Tassone** - Università di Siena

✉ [martadapian@gmail.com](mailto:martadapian@gmail.com)

## Global Women's Breakfast 2022 Empowering Diversity in Science

La quarta edizione della Global Women's Breakfast (GWB) si è svolta il 16 febbraio 2022 in una stretta di mano virtuale che ha coinvolto più di 400 colazioni da 75 nazioni partendo dalla Nuova Zelanda, al Sud Est asiatico, Russia, Europa, Africa ed infine concludendo il ciclo delle 24 ore in America. Facendo seguito al successo delle edizioni precedenti IUPAC ha consolidato il suo impegno nel promuovere iniziative di networking, di scambio e di arricchimento con l'obiettivo di riconoscere l'importanza della diversità nella scienza. La GWB22 si è posta come evento satellite della Giornata Mondiale delle Donne e Ragazze nella Scienza del 12 febbraio, rientrando anche quest'anno nelle attività correlate al raggiungimento del V Obiettivo di Sviluppo Sostenibile dell'Agenda delle Nazioni Unite 2030 per la responsabilizzazione delle donne.

Per citare alcuni dei comitati organizzatori infatti "la GWB ha aiutato a renderci notevolmente più visibili e a promuovere la diversità e l'equità di genere nel nostro ambiente di lavoro" riporta la Dott.ssa Hooi Ling-Lee dell'Universiti Sains Malaysia, o ancora "la GWB rafforza l'equità di genere in più modi di quanto si è soliti immaginare: partecipare ed organizzare eventi internazionali come questo ci dà la possibilità di pensare ed agire in maniera

più critica riconoscendo i bias impliciti nella nostra società" riporta il Dott. Fun Man Fung della National University of Singapore.

Come ormai è tradizione il Gruppo Giovani e il Gruppo di Diffusione della Cultura Chimica della SCI hanno organizzato sei colazioni rispettivamente patrocinate dall'Università degli Studi di Firenze, Università di Siena, Università degli Studi di Padova, l'Università degli Studi "Aldo Moro" di Bari, il NAO-CNR e l'Università degli Studi di Milano "la Statale". In aggiunta agli eventi italiani la nostra comunità ha seguito con attenzione anche la colazione organizzata dall'Eu-ChemS e da IYCN. Le varie colazioni si sono svolte in presenza o online, in diretta sui canali YouTube, e sono state anche trasmesse tramite le varie piattaforme a disposizione degli atenei. La partecipazione ai singoli eventi è stata notevole arrivando ad un numero complessivo di quasi 400 partecipanti.

A rappresentanza dei vari eventi riportiamo di seguito i comunicati trasmessi dai comitati della colazione di Firenze, aderente per la prima volta all'iniziativa, e di Siena, ormai sede consolidata.

### Università degli Studi di Firenze

La Global Women's Breakfast (GWB), iniziativa lanciata da IUPAC per discutere sul tema dell'integrazione



culturale e di genere nella ricerca e nella scienza, è arrivata per il primo anno anche a Firenze! L'evento, che si è svolto oggi, 16 Febbraio, presso l'Aula Querzoli del LENS, ha visto la partecipazione della Prof.ssa Maria Paola Monaco, Delegata all'inclusione e alla diversità di Ateneo, la Prof.ssa Roberta Sessoli, Presidente della Task Force ERC di Ateneo per l'area scientifica e la Prof.ssa Anna Maria Papini, Delegato alle Relazioni Internazionali della Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali. Grazie ai loro interventi, sono state discusse e presentate le problematiche legate al *gender scissor* e alla *leaky pipeline* che si osservano con l'avanzamento di carriera in accademia, soprattutto nel campo delle discipline STEM, le strategie di Ateneo per la mitigazione del gender gap, e l'importanza di attuare politiche per promuovere la mobilità dei ricercatori, anche in fasi più avanzate della carriera. Durante la Tavola Rotonda, aperta agli oltre 40 partecipanti, sono state riportate anche molte esperienze personali. Ad esempio la Dott.ssa Claudia Lalli, Ricercatrice del CNRS (Centro Nazionale della Ricerca Scientifica di Rennes) ha parlato delle motivazioni personali e professionali che l'hanno portata a iniziare la carriera scientifica in un altro paese, mentre la Dott.ssa Marta Rojas, che sta svolgendo il suo dottorato in Atomic and Molecular Photonics presso il LENS, ha raccontato le problematiche e le difficoltà culturali, che ha incontrato quando ha cominciato a lavorare in Italia, e le diverse impressioni che ha vissuto, soprattutto legate al suo genere e alla sua provenienza, cambiando più paesi. Con l'intervento della Dott.ssa Irene Matera, che attualmente lavora per il gruppo Kering (multinazionale della moda), ma che ha avuto esperienze lavorative anche in aziende di piccole dimensioni, è stato possibile discutere come le maggiori difficoltà legate alle discriminazioni di genere si avvertano soprattutto in contesti di piccole dimensioni, dove mancano non solo le politiche economiche volte a sostenere le donne nei loro periodi di congedo di maternità, ma anche, spesso, le basi culturali per una vera uguaglianza di genere. La discussione si è conclusa con l'intervento della Dott.ssa Natalia Bruno, che ha presentato il progetto Octopus-lab, iniziativa nata in Ateneo (in particolare tra il personale strutturato e non del LENS, del CNR, del Dipartimento di Chimica e del Dipartimento di Fisica) proprio per diffondere consapevolezza sulle cause e gli effetti della disparità di genere nel mondo accademico e della ricerca. L'evento è stato organizzato da Camilla Parmeggiani, Camilla Matassini ed Elena Lenci in collaborazione con la Società Chimica Italiana (Gruppo Giovani e Gruppo Interdivisionale Diffusione Cultura Chimica). È stato patro-

cinato dall'Università di Firenze e dal Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non lineare (LENS), che ha anche sponsorizzato la colazione in presenza, che si è tenuta subito dopo la Tavola Rotonda presso il bar del Centro Universitario Sportivo.

### Università di Siena

Il 16 febbraio 2022 si è tenuta a Siena la seconda edizione del Global Women's Breakfast (GWB2022), evento patrocinato dalla IUPAC (<https://iupac.org/gwb/>) e, a livello territoriale, dalla fondazione TLS e dal Polo Universitario Grossetano. Ospitato virtualmente dal Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia, il GWB2022 è stato aperto con un intervento dalla Direttrice del Dipartimento stesso, la Prof.ssa Agnese Magnani. La prima sessione dell'evento ha visto le ospiti confrontarsi sul tema del "Gender Equality in the Workplace" ed interessante è stato il confronto tra donne di generazioni diverse. Ciò ha permesso di evidenziare quanto la disparità di genere sia ancora presente, ma sembra assottigliarsi proprio grazie al continuo impegno delle donne. Nella seconda sessione della colazione, l'Avvocata Rossella De Franco ha messo in evidenza quanto spesso siano proprio le donne stesse a soffrire di un senso di inferiorità rispetto ai propri colleghi uomini e che spesso ciò non è altro che il frutto di una mancanza di consapevolezza. Molto c'è da fare, ma molto stiamo facendo. Ci sembra di poter quindi riassumere i temi trattati durante la colazione in due punti principali: i) in questi ultimi decenni c'è stata effettivamente un'evoluzione nel campo della disparità di genere sia nel linguaggio che nella cultura e ii) ad oggi il vero problema (molto sentito dalle donne che lavorano in ambito scientifico) non è solo quello di essere agevolate rispetto ai colleghi dell'altro sesso, quanto quello di avere una maggiore tutela della famiglia predisponendo così le condizioni necessarie al benessere dei lavoratori e delle lavoratrici. Vogliamo ringraziare anche tutti gli uomini che hanno partecipato alla "Colazione", sia con interventi pubblici che privati.

Per concludere vorremmo citare quanto detto dal CEO della RSC "Sappiamo tutti quanto è importante per l'avanzamento di carriera avere accesso ad un network solido, a persone che possano essere prese a modello, a mentori e sponsor. La IUPAC Global Women's Breakfast ci dà proprio questa opportunità, ovvero quella di essere noi stessi promotori di equità di genere e di diversità scientifica nella nostra comunità." Cari lettori e care lettrici, vi diamo appuntamento al prossimo anno, sperando di crescere sempre più uniti e di ampliare questa iniziativa portando avanti uno scambio costruttivo di idee tutti i giorni dell'anno. ■

# Come “Costruirsi un futuro nell’industria chimica” con i Percorsi per le Competenze Trasversali e l’Orientamento in digitale

**L**a disponibilità quantitativa e qualitativa di giovani, ben formati e consapevoli delle opportunità di lavoro nell’industria, non è solo un aspetto rilevante per le imprese ma è, sempre più, anche una componente della competitività e, di conseguenza, della sostenibilità di medio-lungo periodo dell’intero Paese.

Questa verità ha ancor più valore per le industrie che hanno una base scientifica e tecnologica e che, in Italia, si devono scontrare con una modesta cultura scientifica che tiene lontana la gran parte dei giovani dai percorsi formativi nelle aree STEM. Per l’industria chimica, e per la chimica come scienza, questi aspetti valgono ancor di più, perché si affiancano ad un fattore chiave di “successo” ancora poco conosciuto e apprezzato. Molti degli stereotipi che hanno caratterizzato la chimica (pericolosa, inquinante, non sostenibile), possono - e devono - essere superati grazie alla sua caratteristica principale: avere una scienza e un’industria con lo stesso nome. Questi aspetti devono guidare l’azione pubblica e gli sforzi industriali presentando correttamente la

chimica come una scienza fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità e come un’industria dotata di una sostenibilità economica che permette di garantire, alle nuove generazioni, posti di lavoro qualificati.

In generale, l’industria chimica in Italia è caratterizzata da una attenzione di primaria rilevanza alla sostenibilità sociale: assume laureati in una percentuale nettamente superiore alla media, con il 95% di collaboratori con un contratto di lavoro a tempo indeterminato ed è ben lontana dalla precarietà che contraddistingue molta occupazione giovanile.

Tantissimi sono poi gli stage offerti sia ai periti sia agli studenti universitari da aziende di tutte le dimensioni, nella consapevolezza che le risorse umane sono centrali, ma anche che l’offerta di giovani è molto limitata.

Per queste ragioni Federchimica, da più decenni, svolge un’attività specifica in ambito Education per orientare le scelte formative, ma anche per comunicare alle nuove generazioni, con fatti concreti, le caratteristiche e i valori della chimica e dei suoi

## PCTO IN DIGITALE: UN NUOVO MODO DI FARE ALTERNANZA SCUOLA LAVORO

A.S. 2021/2022

The infographic illustrates the structure of the PCTO program. On the left, a screenshot of the 'L'esperienza' website shows a list of modules. In the center, a video lesson titled 'CHIMICA UNA SCIENZA E UN'INDUSTRIA CON LO STESSO NOME' is shown. Below it, several interactive brochures are displayed, including one on 'LA COMPETITIVITÀ E SEMPRE PIÙ SOSTENIBILE E ALLA RESPONSABILITÀ SOCIALE'. On the right, a group of diverse students holds a large sign that reads '20 ORE PCTO CERTIFICATE'. Below the brochures, another sign indicates '13 ORE PCTO NUOVO MODULO AVISA 2022'. A plus sign and an equals sign connect the individual components to the total certified hours.

prodotti, troppo spesso condizionati da stereotipi e fake news ([www.fattinonfake.it](http://www.fattinonfake.it)).

L’esperienza degli ultimi anni dimostra che si deve lavorare insieme: insieme principalmente a tutto mondo della Scuola e un esempio “da manuale” è la decennale collaborazione di Federchimica con il Piano Lauree Scientifiche, per promuovere le vocazioni chimiche. Questa collaborazione ha permesso di arricchire l’offerta nei confronti delle scuole con materiali che mettono in evidenza quanto la chimica sia “una buona scelta” (materiali e approfondimenti sono disponibili sul sito [www.chimicaunabuonascelta.it](http://www.chimicaunabuonascelta.it)) e ha permesso a Federchimica di raggiungere un pubblico vastissimo proprio perché condiviso con le azioni di tante sedi scolastiche e universitarie.

Ne sono un esempio gli “Orientagiovani” che, nelle ultime edizioni in modalità webinar, riscuotono ogni anno un ampio successo di pubblico.

Proprio la situazione legata all’emergenza ha spinto le ultime azioni sulla formazione in una chiara direzione: quella di rendere disponibili a tutti, in modalità digitale, quelle conoscenze che, prima, erano strettamente legate agli eventi in presenza. Da questa consapevolezza è nato nel 2021 un programma di dieci lezioni/presentazioni ora disponibili come forma di e-learning (<https://www.educazionedigitale.it/federchimicapcto/>) che offrono, agli studenti di Scuola Secondaria di Secondo Grado, un Percorso per le Competenze Trasversali e l’Orientamento (PCTO) certificando 20 ore di formazione.

Quest’attività permette, da un lato di raggiungere un numero ampio di scuole/classi/studenti, dall’altro aiuta le imprese, impegnate in rapporti con le scuole,

ad integrare le proprie presentazioni e le presenze in azienda con attività di più ampio respiro.

Da marzo 2022 si aggiunge il PCTO realizzato da Avisa, l’Associazione di Federchimica che rappresenta i produttori di adesivi, vernici e inchiostri, con lezioni e approfondimenti specifici sul settore. Anche in questo caso il percorso multimediale è fruibile autonomamente dagli studenti per accrescere le competenze su un settore specifico e si struttura in tre moduli declinati in video-lezioni, dispense e test finali che certificano 13 ore di PCTO.

**IL PCTO DI AVISA** ([www.educazionedigitale.it](http://www.educazionedigitale.it))  
*Adesivi e sigillanti*

Dall’evoluzione tecnologica nel corso della storia, alla descrizione degli adesivi dal punto di vista del processo produttivo, delineandone anche le future sfide di sostenibilità.

*Pitture e vernici*

Modulo ricco di spunti che, analizzando la composizione chimica e le funzioni principali delle pitture e delle vernici, permette di comprendere la complessità di questo settore industriale, presentandolo in tutte le sue sfaccettature.

*Inchiostri da stampa*

Numerosi i temi trattati, tra i quali i processi di stampa, le tipologie di inchiostro attraverso componenti e formulazioni, le differenze tra inchiostri all’acqua e a solvente, gli inchiostri per imballaggi alimentari e la loro sicurezza. ■

Per info Veronica Cremonesi  
e-mail: [v.cremonesi@federchimica.it](mailto:v.cremonesi@federchimica.it)

€ 12,00

