

C_nS

La Chimica nella Scuola

n. 2 anno 2024

- **Tre laboratori per la Scuola Superiore di secondo grado: dall'analisi dell'aria, all'effetto ouzo e alla costruzione di un bot-chimico**
- **Due percorsi didattici per la Scuola Primaria: dall'educazione ambientale alla scoperta dell'acqua**
- **H. Kolbe: un chimico del passato noto, ma discutibile**
- **News: Premio Asimov, Piano Mattei e letteratura straniera**



Società Chimica Italiana

DIRETTORE ONORARIO

Gianluca Farinola

COMITATO EDITORIALE

Direttore: Margherita Venturi

Vice-direttori: Eleonora Aquilini, Giovanni Villani

COMITATO DI REDAZIONE

Eleonora Aquilini, Luigi Campanella, Giorgio Cevasco,
Marco Ciardi, Valentina Domenici, Maria Funicello,
Silvano Fuso, Elena Ghibaudi, Elena Lenci, Anna Maria Madaio,
Raffaele Riccio, Antonella Rossi, Antonio Testoni,
Francesca Turco, Mariano Venanzi, 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

Indice

Editoriale

- Tra laboratori, storia e news 1
Margherita Venturi

Percorsi laboratoriali per la Scuola Secondaria di secondo grado

- Formazione Green al Nautico S. Giorgio per cittadini attivi e consapevoli..... 4
Tiziana Caliman e Alessandra Casarino
- Consolidamento del concetto di soluzione attraverso un'esperienza laboratoriale..... 19
Fabiola Toncelli, Patrizia Nocchi e Massimiliano Volpi
- Crea il tuo bot-chimico telegram..... 31
Giovanni Merola, Maria Cristina Mancini e Maria Laura Alessandroni

Percorsi didattici per la Scuola Primaria

- Educazione scientifica e/o educazione ambientale 58
Paola Conti
- Alla scoperta dell'acqua! Unità didattica interdisciplinare realizzata in modalità laboratoriale..... 67
Marianna Marchini e Erica Cameran

Pagine di Storia

- Hermann Kolbe. L'ultimo resistente 89
Renato Noto

News

- Premio Asimov per l'editoria scientifica: in corso la nona edizione..... 97
Silvano Fuso
- Il "Piano Mattei" e l'Italia hub europeo del gas naturale..... 100
Fabio Olmi
- Dalla letteratura internazionale: qualche spunto interessante (open access)..... 103
Elena Ghibaudi

Tra laboratori, storia e news

Margherita Venturi

Cara lettrice e caro lettore,

dopo il primo numero dedicato ai contributi presentati al Convegno della Divisione di Didattica del 2023, la nostra rivista torna al suo formato standard con le associate rubriche sempre di grande interesse formativo/culturale.

Per quanto riguarda la scuola superiore di secondo grado potrai leggere ben tre contributi. Il primo descrive i risultati di un'attività in cui gli studenti indagano la qualità dell'aria nella zona della loro scuola e delle loro abitazioni; il secondo prende spunto da una ricetta del limoncello per far entrare i ragazzi nel mondo delle soluzioni, delle emulsioni e dell'effetto ouzo (che mi ha tanto incuriosito); il terzo, infine, ci catapulta verso gli sviluppi nuovi (se così si può dire) dell'insegnamento della chimica, svelandoci quante informazioni si possono ricavare usando programmi informatici realizzati ad hoc per la nostra disciplina. Si tratta di tre laboratori: i primi due lo sono nel senso stretto del termine, mentre il terzo non è sicuramente un laboratorio di tipo tradizionale, ma è altrettanto interessante.



Questo numero è ricco anche per quanto riguarda la scuola primaria; nella rubrica ad essa dedicata sono, infatti, riportati due contributi: il primo ci parla del dibattuto tema di come affrontare l'educazione ambientale per far sì

che non sia “una moda dell’ultima ora”, ma qualcosa di veramente formativo; il secondo, invece, presenta un laboratorio sulle proprietà speciali dell’acqua in cui i bambini scoprono che il comportamento del mondo materiale ha una sua spiegazione nel mondo dell’invisibile fatto di atomi e molecole (con tutti i pro e i contro che questo approccio può comportare).



E, poi, ancora nelle news troverai un’anteprima sulla nona edizione del Premio Asimov e sui libri selezionati in attesa del giudizio finale previsto per maggio, una considerazione di tipo economico/sociale sul cosiddetto “Piano Mattei” e un breve elenco di articoli usciti recentemente nella letteratura straniera (rigorosamente open access) che possono offrire spunti interessanti per il tuo lavoro di docente.

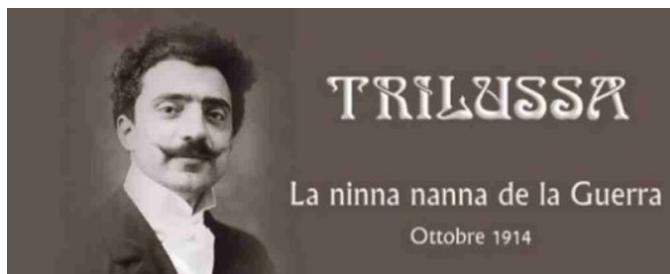
Infine, come abitudine per i numeri “tradizionali” del CnS, c’è la rubrica Pagine di Storia con un contributo su una figura di chimico noto e al tempo stesso discutibile.

La cosa che mi affascina di più (e mi preoccupa un po’) della storia è che ritroviamo aspetti/comportamenti che sembrano non avere tempo e che, evidentemente, sono una caratteristica intrinseca dell’uomo. Nel caso specifico affrontato nell’articolo si tratta delle gelosie fra chimici, dell’incapacità ad ammettere i propri errori e della mancanza di umiltà ad accettare le idee altrui.

Usando una frase ben conosciuta, questi sono “i corsi e i ricorsi della storia”, che ci potrebbero insegnare molto per evitare di rifare gli stessi errori, ma l’uomo ha la memoria corta.

Le guerre ne sono un drammatico esempio: infatti, dopo due guerre mondiali, le cui ferite non sono ancora state rimarginate del tutto, si riaffaccia lo spettro di una terza guerra.

Allora, concludo con una poesia di Trilussa *La ninna nanna de la Guerra* pubblicata nel lontano 1914.



<p><i>Ninna nanna, nanna ninna, er pupetto vò la zinna, dormi dormi, cocco bello, se no chiamo Farfarello, Farfarello e Gujermone che se mette a pecorone Gujermone e Cecco Peppe che s'aregge co' le zeppe: co' le zeppe de un impero mezzo giallo e mezzo nero; ninna nanna, pija sonno, che se dormi nun vedrai tante infamie e tanti guai che succedeno ner monno, fra le spade e li fucili de li popoli civili.</i></p>	<p><i>Ninna nanna, tu nun senti li sospiri e li lamenti de la gente che se scanna per un matto che comanna, che se scanna e che s'ammazza a vantaggio de la razza, o a vantaggio de una fede, per un Dio che nun se vede, ma che serve da riparo ar sovrano macellaro; che quer covo d'assassini che c'insanguina la tera sa benone che la guera è un gran giro de quatrini che prepara le risorse pe li ladri de le borse.</i></p>	<p><i>Fa la ninna, cocco bello, finché dura 'sto macello, fa la ninna, che doman rivedremo li sovrani che se scambieno la stima, boni amichi come prima; so' cuggini, e fra parenti nun se fanno complimenti! Torneranno più cordiali li rapporti personali e, riuniti infra de loro, senza l'ombra de un rimorso, ce faranno un ber discorso su la pace e sur lavoro pe' quer popolo cojone risparmiato dar cannone.</i></p>
--	---	---

È una ninna nanna che potremmo cantare ai nostri figli e ai nostri nipoti ancora oggi, perché le sue parole risuonano terribilmente attuali, a dimostrazione del fatto che ci dimentichiamo degli insegnamenti della storia (mi scuso per la “parolaccia” della penultima riga della poesia di cui, però, è responsabile solo Trilussa).

Buona lettura e alla prossima

Illegible signature

Formazione Green al Nautico S. Giorgio per cittadini attivi e consapevoli

Tiziana Caliman

Istituto Nautico San Giorgio, Genova, Docente di Matematica

Alessandra Casarino

Istituto Nautico San Giorgio, Genova, Docente di Tecnologie chimiche

e-mail: calimantiziana@itnautico.edu.it;
casarinoalessandra@itnautico.edu.it

Abstract. The study presents an innovative, multidisciplinary laboratory for education and training in ecological transition, involving students directly in monitoring nitrogen dioxide levels around their residences. This study aims to understand the primary causes of air pollution to enhance attention to eco-sustainability and climate change as a significant segment of the educational curriculum in Italian schools. Italian schools have a long-standing tradition of developing projects aimed at fostering an understanding of the intricate relationship between humans and the environment. These educational initiatives promote the integration of various school disciplines and environmental education, assisting students in synthesizing knowledge and viewing their academic learning as a tool to comprehend both local and global realities. Furthermore, they help students recognize their roles as active citizens who can contribute to intergenerational air quality preservation through informed and rational choices.

Keywords: didattica laboratoriale; inquinamento atmosferico; diossido di azoto; polveri sottili

1. Introduzione: il progetto Sentinelle, dotazioni e contributo originale del nostro Istituto

Sentinelle dell'aria è un progetto presentato dall'Associazione Ecoistituto di Reggio Emilia e di Genova e dal Centro di Solidarietà Bianca Costa Bozzo (CEIS), nell'ambito del Patto Giovani, promosso dalla Regione Liguria. Trattasi di un percorso didattico/laboratoriale che racchiude tematiche riconducibili all'Educazione Civica e all'Educazione Ambientale che ha coinvolto alcuni plessi scolastici genovesi. Al fulcro del progetto c'è l'aria che respiriamo, un bene comune, di vitale importanza, la cui qualità, spesso, viene meno per scelte collettive, quali ad esempio, modalità di trasporto, di produzione e di consumo

e per scelte individuali, ad es. fumo di sigarette, non buona ventilazione di ambienti e usi inadeguati dei sistemi di riscaldamento.

Il nostro Istituto ha colto l'opportunità di partecipare al progetto, diventando un centro di monitoraggio della qualità dell'aria, con la partecipazione attiva degli studenti, guidati dalla Prof.ssa Casarino e dalla Prof.ssa Caliman, dagli esperti di Ecoistituto Re-Ge, dal responsabile del progetto Dott. Federico Valerio, dal fondatore della Rete CheAriaCheTira, Niccolò Villiger, e da alcuni dirigenti dell'Arpal, il Prof. Federico Grasso e il Prof. Andrea Bisignano, che si sono resi disponibili durante le analisi.

La nostra scuola ha ricevuto:

- una mini-centralina per il monitoraggio continuativo di polveri sottili (PM_{10}) e ultra sottili ($PM_{2,5}$);
- un sensore per la determinazione della concentrazione di CO_2 , misurata in ppm, della temperatura (T) e dell'umidità (U%) per verificare la qualità ambientale;
- alcuni campionatori passivi per misurare le concentrazioni di inquinanti problematici per Genova, quali gli ossidi di azoto e i composti organici volatili (la scelta dei campionatori passivi è motivata dal contenuto costo e da un utilizzo semplice che non richiede un'alimentazione elettrica o a batterie); trattasi di una tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell'inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore e non richiede quindi l'impiego di un dispositivo per l'aspirazione dell'aria.

Gli studenti "tester" hanno ricevuto campionatori di NO_2 , da tenere per una settimana in casa propria, con allegato un questionario da compilare, in cui veniva loro richiesto di descrivere dettagliatamente gli ambienti e le condizioni di vita familiari, ossia la presenza o meno di riscaldamento a legna, calderina, presenza di fumatori e altri fattori identificati come *drivers*. I ragazzi sono stati, in primo luogo, edotti sulle reazioni chimiche che avvengono tra i gas atmosferici e sui condizionamenti reciproci che si possono verificare nella troposfera. All'interno del cilindretto del campionatore c'è, infatti, una parte assorbente che "cattura" l' NO_2 .

In questo modo si sono raccolti numerosi dati provenienti dalle rilevazioni e dai questionari; quindi, si deciso di effettuare analisi statistico/matematiche sul DB realizzato: due classi seconde (2A di Genova e 2B di Camogli) si sono occupate della realizzazione del DB e dell'analisi statistica dei dati, mentre una classe quinta (5C di Genova) si è interessata della modellizzazione dei dati per indagare e testare le possibili determinanti del diossido di azoto e delle polveri sottili.

Il grande apporto del nostro Istituto è stato, pertanto, quello di saper coinvolgere un discreto numero di maturandi in analisi che si sono svolte in orario

extracurriculare fornendo loro:

- conoscenze su come si costruisce e si depura un DataBase attraverso
 - la selezione delle fonti opportune e accreditate
 - l'eliminazione di eventuali *outliers*
 - la conversione di dati qualitativi in variabili di tipo binario (*dummy*), ovvero categoriale (*count variable*)
 - la selezione dei regressori mediante uno studio della letteratura sul tema
 - la scelta del modello e del metodo di stima che offre la miglior rappresentazione dei dati osservati
- modalità di analisi dei risultati andando ad approfondire le motivazioni prettamente chimiche che condizionano, riducono o aumentano l'influenza dei parametri ambientali sulla qualità dell'aria
- strategie d'indagine, di procedure sperimentali e di linguaggi specifici che costituiscono la base di applicazione del metodo scientifico applicato necessariamente come protocollo operativo al fine di valutare l'impatto sulla realtà concreta di applicazioni tecnologiche specifiche; il fenomeno dell'inquinamento atmosferico è stato, quindi, affrontato per ipotesi e verifiche sperimentali, raccolta di dati, valutazione della loro pertinenza a un dato ambito, formulazione di congetture in base a essi e costruzioni di modelli, favorendo la capacità di analizzare fenomeni complessi nelle loro componenti fisiche e chimiche
- *skill* e competenze di tipo sociale e di lavoro in *team*, capacità organizzative nella divisione del compito finalizzato ad un prodotto; il progetto si è realizzato con metodologie proprie della didattica laboratoriale in un clima di inclusività e collaborazione, facilitando lo sviluppo delle capacità personali e relazionali del discente e migliorando l'autonomia di giudizio e di azione grazie alle interdipendenze positive e alla proficua collaborazione
- competenze informatiche e multimediali che derivano, inizialmente, dall'aver dovuto scegliere un software per le analisi, studiandone il pacchetto aggiuntivo (Analisi Dati), necessario per le stime prodotte, e, secondariamente, dalla produzione di una presentazione ppt dei risultati ottenuti
- competenze dell'area scientifico-tecnologica che, contribuendo a fornire la base di lettura della realtà, diventano esse stesse strumento per l'esercizio effettivo dei diritti di cittadinanza, una cittadinanza che diviene attiva e consapevole; anche l'Agenda 2030 definisce prioritaria l'acquisizione di una visione critica sulle proposte che vengono dalla comunità scientifica e tecnologica, in merito alla soluzione di problemi, specie in ambito ambien-

tale e di salvaguardia inter intragenerazionale

- competenze disciplinari in campo chimico, dal momento che la conoscenza del comportamento dei composti chimici può aiutare a identificare la sorgente che li ha generati (traffico, industria, risolleamento crostale, trasformazione in atmosfera, ecc.), nonché a comprendere le proprietà degli inquinanti atmosferici e dei loro impatti sull'ambiente e sulla salute; in particolare, si sono approfonditi aspetti quali la formazione e composizione degli inquinanti secondari in atmosfera (particolato fine e ultrafine) e l'identificazione del legame tra la composizione del particolato presente in aria e le fonti

2. Analisi effettuate: il progetto Sentinelle al Nautico

A seguito di alcune sessioni di *brainstorming* effettuate con gli studenti della 5C e delle necessarie analisi di fattibilità si è deciso di indagare:

- a) da una parte, come i fattori climatici influenzano la concentrazione delle polveri sottili rilevate da tre centraline della Rete CheAriaCheTira e predisposte grazie al progetto Sentinelle dell'aria, una proprio all'interno del nostro Istituto, il Nautico San Giorgio in Darsena, le altre due individuate secondo il criterio di prossimità geospaziale (via Buozzi e Corso Firenze);
- b) dall'altra, come la concentrazione del diossido di azoto rilevato dalle nostre sentinelle può essere influenzato da fattori rilevati dal questionario e che secondo la letteratura figurano come regressori; tuttavia, stante l'estrema limitatezza campionaria che non consentiva di ottenere risultati statisticamente significativi, si è proceduto a caricare i dati NO₂ prodotti dalla centralina dell'ARPAL più prossima al Nautico e si è esaminato il legame traffico/concentrazione NO₂.

Sono state, però, riscontrate enormi difficoltà nel reperimento dei dati inerenti al traffico giornaliero medio cittadino: l'Anaf, infatti, poteva fornire solamente informazioni relative al traffico extraurbano, mentre Enex permetteva la consultazione del DB solo a personale dipendente delle PA. Considerati i tempi stretti, dettati dal concorso nazionale "La Sfida dei Big Data" ed. 2022-2023, si è deciso di operare estendendo la dimensione temporale di analisi al quadriennio 2019-2023 e introducendo una *dummy lock down* come misura indiretta del traffico.

2.1 Laboratorio sentinelle: posizionamento attrezzature, selezione studenti sentinelle, istruzioni sulle modalità di rilevazione dei dati

È stato inizialmente allestito un mini-laboratorio su un banco all'interno della classe 2A, dove sono stati posizionati la centralina per misurare la concentrazione di CO₂, due campionatori per NO₂, un termoisigrometro per la valutazione

della T e della U% relativi ad ogni intervallo temporale ritenutosi opportuno e stabilito ex ante (Figura 1). Stessa procedura è stata seguita nella classe 2B di Camogli.



Figura 1. Campionatori passivi di NO₂ (sinistra); termoisgrometro e centralina di CO₂ (destra)

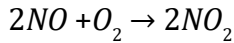
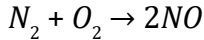
Gli studenti, incaricati delle rilevazioni in aula, per una settimana hanno preso nota (e poi riportato sul file dedicato al progetto) dei valori di T, U% e delle concentrazioni di CO₂ registrati in classe. I dati osservati sono stati messi in relazione con la frequenza di ricambio dell'aria e il numero di studenti/persone scolastiche presenti in classe.

Invece, agli studenti *Sentinella*, edotti sul protocollo di trasporto e modalità di corretto posizionamento, sono stati consegnati i campionatori passivi di NO₂ che hanno portato a casa e posizionato nel locale cucina. Agli stessi è stato somministrato un questionario, in cui si chiedevano dettagli sulla propria abitazione: piano, localizzazione in aree trafficate, prossimità geospaziale a un impianto semaforico, vista porto, presenza o meno di stufe a legna, frequenza di utilizzo dei fornelli a gas e su eventuali altre fonti di inquinamento (ad es. presenza di fumatori in casa).

Coerentemente con le attese, i ragazzi abitanti in zone molto trafficate hanno riscontrato dati "preoccupanti" per quel che riguarda la salubrità dell'aria, con valori di NO₂ alquanto elevati. Disattendendo i risultati previsti, la "vista porto" influenza positivamente la qualità dell'aria associandosi a un livello inferiore di NO₂. Questa evidenza potrebbe giustificarsi con il fatto che, se un'abitazione ha la vista sul porto, si presuppone che la stessa sia decentrata e sopraelevata rispetto al livello del mare: quindi non essendo nel retroporto si registrano livelli inferiori di NO₂.

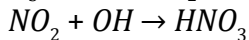
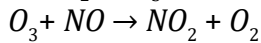
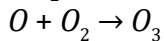
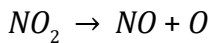
Si è riscontrata, altresì, una correlazione diretta tra l'uso dei fornelli a gas (metano) all'interno delle abitazioni e il livello di NO₂. Il diossido di azoto si forma, infatti, quando ad alte temperature o ad alte pressioni l'azoto atmosferico reagisce con l'ossigeno dell'aria creando così il NO₂.

Durante l'allestimento del laboratorio si è, pertanto, illustrato ai discenti che l' NO_2 si origina per la reazione dell'azoto contenuto nell'aria (ca. 79% N_2) con l'ossigeno atmosferico secondo le seguenti reazioni



dando ampio spazio all'approfondimento sulle modalità con cui il monossido si converte in diossido.

Inoltre, si è spiegato loro che, alle normali temperature dell'aria, l'ossigeno e l'azoto reagiscono pochissimo tra loro e che, invece, in concomitanza di processi di combustione in cui vengono superati i 1100 °C, si ha una rapida produzione di NO mediante la prima reazione, mentre mediante la seconda reazione si forma al più lo 0.5% di NO_2 . La sintesi dell' NO_2 inoltre può avvenire anche attraverso il ciclo fotolitico che coinvolge principalmente gli NO_x , l'ozono (O_3), gli idrocarburi, le aldeidi e il perossiacetilnitrito (PAN), cioè gli inquinanti fotochimici. L' NO_2 è l'inquinante che assorbe più efficientemente la luce UV che raggiunge la Terra e questa interazione conduce ad una complessa serie di reazioni:



L' NO_2 viene rigenerato dalla reazione fra l'NO e l' O_3 formati e, pertanto, il risultato complessivo sembrerebbe una reazione ciclica continua: in condizioni di stato stazionario, l'NO e l' O_3 dovrebbero essere sintetizzati e distrutti in uguali quantità. Tuttavia, non mantenendosi costanti i rapporti tra NO_2 e NO presenti in atmosfera, a causa dell'introduzione degli idrocarburi, si alterano gli equilibri in quanto gli idrocarburi reagiscono con gli atomi di ossigeno formando dei radicali liberi altamente reattivi che, a loro volta, ossidano l'NO a NO_2 , favorendo l'accumulo di NO_2 e di O_3 . Questa reazione avviene senza il consumo di una equivalente quantità di O_3 e, quindi, il risultato finale consiste in un accumulo di NO_2 e O_3 e in una rimozione di NO.

I radicali liberi possono ancora reagire con l' NO_2 per formare PAN o con gli idrocarburi per formare aldeidi, chetoni e alchilnitriti.

Pertanto, le fonti antropiche sono costituite dalle reazioni di combustione dei combustibili fossili sia in sorgenti stazionarie (quali le centrali termoelettriche e i riscaldamenti domestici) sia mobili (quali gli autoveicoli a com-

bustione interna), fattori che sono stati indagati dai ragazzi come variabili esplicative.

Altri fonti antropiche di NO_x , non legate a reazioni di combustione, sono rappresentate dalle industrie che utilizzano o producono l'acido nitrico (HNO_3), da quelle che producono fertilizzanti, dai processi di saldatura e dall'uso di esplosivi. Le sorgenti antropiche, a differenza di quelle naturali, sono generalmente circoscritte a determinate aree, dove può pertanto verificarsi un rilevante accumulo di NO_x .

In sala insegnanti, infine, è stata collocata una centralina per la determinazione della concentrazione delle polveri sottili $\text{PM}_{2,5}$ e PM_{10} (Figura 2), che ha registrato valori *outlier* solo in alcuni casi, ossia quando la stanza era troppo affollata o quando l'operatore della manutenzione del distributore di caffè muoveva la centralina e la sottoponeva a un eccesso di polveri per le operazioni di pulizia. Le principali variabili che influenzano le polveri sottili sono riconducibili alle condizioni meteorologiche che sono state indagate direttamente dai ragazzi attraverso un'analisi della letteratura sul tema e dei report ARPAL.



Figura 2. Centralina per le PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$

2.2 Un'analisi sulle determinanti delle polveri sottili

Dalla prima indagine si sono stimate 3 regressioni lineari OLS attraverso il pacchetto Excel (scaricando Analisi Dati come componente aggiuntiva), dove, come variabile dipendente, si sono considerati alternativamente i livelli di

PM₁₀ o PM_{2,5}, rilevati dalle tre centraline prese in considerazione e, come regressori, sono stati selezionati: la temperatura media giornaliera, l'umidità, il punto rugiada, la velocità media del vento, la pressione atmosferica, la visibilità in termini di km, e una variabile *dummy* "pioggia", che assume il valore 1 qualora ci siano state in quel giorno precipitazioni di qualsiasi natura (pioggia, grandine o neve).

Nelle figure 3, 4 e 5 sono riportati gli output delle regressioni lineari delle PM_{2,5} ricavati, rispettivamente, per la centralina in Corso Firenze, per quella di Pagano Doria e per quella posta nell'istituto Nautico San Giorgio (i dati relativi alle PM₁₀ sono del tutto comparabili).

Negli output presentati, le celle numeriche che riportano i test F di significatività dei coefficienti stimati sono state approssimate a due decimali dopo la virgola, dato che i valori ottenuti dal programma raggiungevano un numero di decimali eccessivamente elevato (fino a 10⁻¹⁷).

OUTPUT RIEPILOGO - CORSO FIRENZE								
<i>Statistica della regressione</i>								
R multiplo	0,49							
R al quadrato	0,24							
R al quadrato corretto	0,24							
Errore standard	4,85							
Osservazioni	779,00							
<i>ANALISI VARIANZA</i>								
	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>			
Regressione	7,00	5.807,82	829,69	35,32	0,00			
Residuo	771,00	18.113,83	23,49					
Totale	778,00	23.921,65						
	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superiore 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superiore 95,0%</i>
Intercetta	- 196,92	24,40	- 8,07	0,00	- 244,81	- 149,03	- 244,81	- 149,03
TMEDIA Å°C	0,17	0,13	1,30	0,19	- 0,08	0,42	- 0,08	0,42
PUNTORUGIADA Å'	- 0,33	0,15	- 2,26	0,02	- 0,62	- 0,04	- 0,62	- 0,04
UMIDITA %	0,08	0,03	2,75	0,01	0,02	0,13	0,02	0,13
VISIBILITA km	- 0,74	0,10	- 7,43	0,00	- 0,93	- 0,54	- 0,93	- 0,54
VENTOMEDIA km/h	0,15	0,03	4,82	0,00	0,09	0,21	0,09	0,21
PRESSIONESLM mb	0,21	0,02	9,05	0,00	0,17	0,26	0,17	0,26
pioggia	- 1,67	0,45	- 3,75	0,00	- 2,55	- 0,80	- 2,55	- 0,80

Figura 3. Output regressione (Corso Firenze)

OUTPUT RIEPILOGO - PAGANO DORIA									
<i>Statistica della regressione</i>									
R multiplo	0,54								
R al quadrato	0,29								
R al quadrato corretto	0,29								
Errore standard	5,41								
Osservazioni	1.089,00								
<i>ANALISI VARIANZA</i>									
	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>				
Regressione	7,00	13.158,90	1.879,84	64,30	1,87E-77				
Residuo	1.081,00	31.601,22	29,23						
Totale	1.088,00	44.760,11							
	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superiore 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superiore 95,0%</i>	
Intercepta	- 159,30	21,58	- 7,38	0,00	201,65	116,95	201,65	116,95	
TMEDIA Â°C	0,37	0,13	2,92	0,00	0,12	0,62	0,12	0,62	
PUNTORUGIADA Â°C	- 0,62	0,14	- 4,26	0,00	0,90	0,33	0,90	0,33	
UMIDITA %	5,65	2,71	2,09	0,04	0,33	10,97	0,33	10,97	
VISIBILITA km	- 1,13	0,10	- 11,78	0,00	1,32	0,94	1,32	0,94	
VENTOMEDIA km/h	0,11	0,04	3,16	0,00	0,04	0,18	0,04	0,18	
PRESSIONESLM mb_rip	18,17	2,01	9,04	0,00	14,22	22,11	14,22	22,11	
pioggia	- 1,85	0,43	- 4,27	0,00	2,70	1,00	2,70	1,00	

Figura 4. Output regressione (Pagano Doria)

OUTPUT RIEPILOGO NAUTICO SAN GIORGIO									
<i>Statistica della regressione</i>									
R multiplo	0,30								
R al quadrato	0,09								
R al quadrato corretto	0,04								
Errore standard	2,65								
Osservazioni	134,00								
<i>ANALISI VARIANZA</i>									
	<i>gdl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>				
Regressione	7,00	88,07	12,58	1,79	0,005542				
Residuo	126,00	887,42	7,04						
Totale	133,00	975,50							
	<i>Coefficienti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superiore 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superiore 95,0%</i>	
Intercepta	- 37,82	32,02	- 1,18	0,24	101,18	25,54	101,18	25,54	
TMEDIA Â°C	- 0,14	0,21	- 0,71	0,48	0,55	0,26	0,55	0,26	
PUNTORUGIADA Â°C	0,20	0,23	0,88	0,38	0,25	0,66	0,25	0,66	
UMIDITA %	0,97	4,04	0,24	0,81	7,04	8,97	7,04	8,97	
VISIBILITA km	0,00	0,13	0,01	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	
VENTOMEDIA km/h	0,13	0,05	2,50	0,01	0,03	0,22	0,03	0,22	
PRESSIONESLM mb_rij	3,91	2,94	1,33	0,19	1,91	9,72	1,91	9,72	
pioggia	- 1,26	0,60	- 2,11	0,04	2,44	0,08	2,44	0,08	

Figura 5. Output regressione (Nautico)

Si evidenziano problemi con la centralina disposta all'interno del nostro istituto riconducibili *in primis* all'aver dovuto installare la centralina in sala professori, piuttosto che all'esterno dell'istituto, tuttavia, questo limite sarà superato in corso del prossimo anno scolastico. Inoltre, durante le rilevazioni la centralina è stata spostata e durante le azioni di manutenzione della macchina del caffè si registravano picchi anomali; pertanto, in alcuni periodi si è proceduto alla depurazione del DB. Da qui la scarsa significatività sia delle variabili esplicative, sia la scarsa capacità esplicativa (R²) e robustezza del modello stesso (test F).

Per le altre regressioni rileviamo invece un test F di significatività congiunta dei coefficienti stimati buona e una discreta o buona capacità regressiva. Quasi tutte le variabili esplicative individuate risultano significative e di impatto non trascurabile, in particolare: pressione atmosferica; precipitazioni; vento e nebbia. Per ciascuna di queste variabili se ne sono analizzate le motivazioni con i ragazzi e con il personale ARPAL.

Quando la pressione atmosferica, ossia la forza esercitata dall'atmosfera sulla superficie terrestre, diminuisce, l'aria tende a salire verso lo spazio, portando con sé le particelle di polvere sottile presenti nell'aria. Viceversa, quando la pressione atmosferica aumenta, l'aria tende a scendere verso la superficie terrestre, trascinando con sé le particelle di polvere sottile (da qui i coefficienti stimati significativi e positivi).

Le precipitazioni d'altronde possono lavare via le particelle di polveri sottili dal cielo, pulendo l'aria. Ciò avviene perché le particelle di polvere sottile vengono raccolte e trasportate dalla pioggia o dalla neve e depositate a terra (coefficienti significativi e negativi).

Il vento diffonde le particelle di polvere sottili nell'aria; in particolare, i venti forti possono sollevare grandi quantità di polveri sottili da superfici come il suolo e spostarle in altre zone (coefficienti significativi e positivi).

La nebbia (visibilità), infine, può contribuire all'accumulo di particelle di polvere sottile nell'aria; quando la nebbia si forma, le goccioline d'acqua si condensano sulle particelle già presenti nell'aria e le fanno cadere verso il suolo (coefficienti significativi e negativi).

2.3 Un'analisi dell'influenza del traffico sul diossido di azoto: il DB e le analisi con giustificazioni chimiche dei risultati

In tabella 1 sono riportati gli output delle rilevazioni effettuate dai ragazzi coinvolti nel progetto quali sentinelle dell'aria.

Localizzazione	data: d	data:	CODset	Class	Indirizzo	Pian	traffico	semafor	vista port	uso forn	Fumo sigaret	legn	metan	NO2
Borzoli	22-nov	27-nov	OV572	2B	via Antica Romana Occ	1	1	1	0	3	0	0	0	5,00
Borzoli	16-nov	23-nov	OQ093		Salita Granarolo 24 Est	3	0	0	1	0	0	0	0	5,00
Borzoli	30-ago	06-set	OQ089		via Mazzini Bogliasco	2	0	0	0	0	0	0	0	5,00
Borzoli	25-nov	02-dic	OZ372		Esterno terrazzo	4	0	0	1	0	0	0	0	7,00
Borzoli	25-nov	02-dic	OZ372	2A	Esterno terrazzo	4	0	0	1	0	0	0	0	7,00
Borzoli	16-nov	23-nov	OQ092	1B	Salita Granarolo 24 int	3	0	0	1	0	0	0	0	7,00
Borzoli	30-ago	06-set	OQ090		via Mazzini Bogliasco	2	0	0	0	2	0	0	1	7,00
Naut. Colombo	25-nov	02-dic	OZ367	2A	Interno 2A	2	0	0	1	0	0	0	0	8,00
Naut. Colombo	16-nov	23-nov	OQ095	1B	via San Marino	0	0	0	0	3	0	0	1	8,00
Naut. Colombo	30-ago	13-set	OQ088		via Mazzini Bogliasco	2	0	0	0	2	0	0	1	9,00
Naut. Colombo	07-set	14-set	OV556		via Torti 35 esterno gia	0	1	0	0	0	0	0	0	10,00
Naut. Colombo	07-set	14-set	OV558		via Torti Sala ingresso	0	1	0	0	1	0	0	0	11,00
Naut. San Giorgio	25-nov	02-dic	OZ371	2A	via Dino Bellucci	5	0	0	0	3	1	0	0	12,00
Naut. San Giorgio	07-set	21-set	OV557		via Torti 35 esterno gia	0	1	0	0	0	0	0	0	12,00
Naut. San Giorgio	11-ott	18-ott	OV566	2A	via san felice	4	0	0	0	3	0	0	1	14,00
Naut. San Giorgio	11-ott	18-ott	OV565	2A	Interno 2A	2	0	0	1	0	0	0	0	15,00
Naut. San Giorgio	11-ott	25-ott	OV564	2A	Interno 2A	2	0	0	1	0	0	0	0	15,00
Naut. San Giorgio	22-nov	30-nov	OZ356		via Pacinotti GE	1	1	1	0	0	0	0	0	15,00
Naut. San Giorgio	26-nov	02-dic	OZ362		via Torti	1	1	0	0	1	1	0	1	16,00
Naut. San Giorgio	21-nov	28-nov	OV573	2B	Piazzale Europa	6	1	0	0	3	0	0	0	17,00
Naut. San Giorgio	11-ott	18-ott	OV559		Esterno terrazzo	4	0	0	1	0	0	0	0	17,00
Naut. San Giorgio	11-ott	25-ott	OV553	2A	Via gromagnani	7	0	0	1	3	0	0	1	17,00
Naut. San Giorgio	16-nov	23-nov	OQ097	1B	via San Marino	2	1	0	1	3	0	0	1	17,00
Naut. San Giorgio	17-nov	23-nov	OQ099	1B	via San Marino	1	0	0	1	3	1	0	1	17,00
Naut. San Giorgio	22-nov	29-nov	OQ107	3D	via Molinassi	2	0	0	0	2	1	0	1	18,00
Naut. San Giorgio	22-nov	29-nov	OQ101	3C	v. s. Biagio di Valpolcev	5	0	0	0	3	0	0	0	19,00
S. Francesco Paola	22-nov	29-nov	OQ104	3C	via Costa Verde	3	1	0	0	0	0	0	1	19,00
S. Francesco Paola	22-nov	28-nov	OV570	2B	via Andrea di Rovereto	0	0	0	0	0	0	1	1	19,00
S. Francesco Paola	25-nov	02-dic	OZ359	2A	via Monte Zovetto	2	0	1	0	3	0	0	1	20,00
S. Francesco Paola	25-nov	02-dic	OZ369	2A	via Stefano Moro	6	1	0	0	0	0	0	0	21,00
S. Francesco Paola	22-nov	28-nov	OZ353		via Marina di Robliant	5	0	0	0	3	0	0	1	21,00
S. Francesco Paola	22-nov	29-nov	OQ103	3C	via Borzoli	2	1	0	0	3	0	0	1	22,00
S. Francesco Paola	21-nov	07-dic	OV567	2B	Villa tassani	2	0	0	0	3	0	0	1	22,00
S. Francesco Paola	22-nov	29-nov	OQ105	3D	via Borzoli	5	1	0	0	3	0	0	1	23,00
ANPAS Uffici	25-nov	02-dic	OZ370	2A	via G. Pittaluga	0	1	1	0	3	1	0	1	28,00
volontario ANPAS	25-nov	02-dic	OZ368	2A	corso Martinetti	0	0	0	0	1	0	0	0	29,00
volontario ANPAS	16-nov	23-nov	OQ098	1B	via A. Scariaglia	1	1	1	0	3	0	0	1	29,00
volontario ANPAS	25-nov	01-dic	OZ361		via Cellini	0	0	0	0	1	0	0	0	30,00
Circolo Zenzero	21-nov	28-nov	OV569	2B	Via Monsignore Podest	1	1	0	0	3	0	1	0	32,00
Circolo Zenzero	16-nov	23-nov	OQ096	1B	via Faenza	4	0	0	1	3	0	0	0	32,00
Circolo Zenzero	16-nov	23-nov	OQ094	1B	via Barbareschi	6	0	0	1	3	0	0	0	33,00
Circolo Zenzero	22-nov	29-nov	OQ106	3D	via Costa Verde	4	0	0	0	2	1	0	1	34,00
Dopo scuola	22-nov	29-nov	OQ108	3C	via Pietro Leva	1	1	0	0	3	1	0	1	34,00
Dopo scuola	11-ott	25-ott	OV562		Esterno terrazzo	4	0	0	1	0	0	0	0	37,00
Bogliasco estemo	22-nov	30-nov	OZ355		V. Michele de Negri (sei	1	0	0	0	3	1	1	0	37,00
Bogliasco interno	22-nov	30-nov	OV563		viale alla Pineta	2	1	0	0	3	0	0	1	42,00
Bogliasco interno	25-nov	02-dic	OZ360		via Torti Cucina circolo	0	1	0	0	3	0	0	1	63,00

Tabella 1. Estratto DB

Si è cercato di indagare la correlazione tra i livelli di NO₂ riscontrati nelle loro abitazioni su una serie di variabili ritenute rilevanti e colte attraverso la somministrazione di questionari sviluppati ad hoc: la presenza di fumatori in casa, l'utilizzo dei fornelli a gas (1-3 a seconda dei pasti cucinati in casa), la localizzazione dell'abitazione in zone trafficate o in prossimità del porto o di semafori e la tipologia di riscaldamento.

Tuttavia, data la scarsa numerosità campionaria non si poteva stimare un modello regressivo: la significatività e robustezza dei risultati erano scarsi.

Pertanto, si è proceduto utilizzando dati forniti dall'ARPAL relativi ad una centralina posta in prossimità del nostro istituto (via Buozzi) e ci si è concentrati sul legame tra NO₂ e traffico. Infatti, in fase di accelerazione o di marcia normale veicolare, si ha maggior produzione di ossidi di azoto. Come già detto, la reazione tra l'azoto molecolare, estremamente inerte, e l'ossigeno avviene in presenza di calore, emesso dal motore, che fornisce un'elevata quantità di energia (energia di attivazione). Le marmitte catalitiche hanno invece la proprietà di riportare questi inquinanti ad azoto molecolare.

Si sono costruite due variabili lockdown, come misura indiretta del traffico cittadino, e si sono stimate due distinte regressioni. Le due variabili sono di seguito riportate:

- variabile *dummy strong*, che tiene conto dei periodi nei quali si era impossibilitati a uscire dalle proprie abitazioni, eccezion fatta per alcune limitate esigenze disciplinate legalmente; questi periodi, nel nostro DB, vengono identificati col numero 1;
- variabile *categorica easy & strong*, che tiene conto delle chiusure sia totali che parziali; questi periodi, nel DB, vengono identificati con 1 per le chiusure totali e 0,5 per le chiusure parziali.

In entrambe le regressioni (Figura 6), la *dummy strong* risulta significativa e di una magnitudo non trascurabile: circa 10 punti in meno di NO₂ qualora ci sia il blocco totale. Per la *categorica easy & strong*, qualora il blocco sia parziale, si ha un abbassamento di NO₂ di circa 5 punti, ossia il valore assunto dalla variabile in caso di limitazioni parziali diventa 10,3 × 0,5.

OUTPUT RIEPILOGO NO2 E LOCK DOWN STRONG									
<i>Statistica della regressione</i>									
R multiplo	0,251474								
R al quadrato	0,063239								
R al quadrato corr	0,06237								
Errore standard	14,73713								
Osservazioni	1079								
ANALISI VARIANZA									
	<i>gdf</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>				
Regressione	1	15790,68	15790,67776	72,70678981	5,0289E-17				
Residuo	1077	233906,1	217,1829866						
Totale	1078	249696,8							
	<i>Coefficie nti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superior e 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superior e 95,0%</i>	
Intercetta	48,8478	0,496789	98,32715784	-	47,8730216	49,82259	47,87302	49,82259	
LOCK DOWN	-9,86378	1,156793	-8,528827652	5,02889E-17	-12,1336007	-7,59395	-12,1336	-7,59395	
OUTPUT RIEPILOGO LOCKDOWN EASY E STRONG									
<i>Statistica della regressione</i>									
R multiplo	0,26501								
R al quadrato	0,07023								
R al quadrato corr	0,069367								
Errore standard	14,68204								
Osservazioni	1079								
ANALISI VARIANZA									
	<i>gdf</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Significatività F</i>				
Regressione	1	17536,31	17536,31318	81,35153946	8,4607E-19				
Residuo	1077	232160,4	215,5621552						
Totale	1078	249696,8							
	<i>Coefficie nti</i>	<i>Errore standard</i>	<i>Stat t</i>	<i>Valore di significatività</i>	<i>Inferiore 95%</i>	<i>Superior e 95%</i>	<i>Inferiore 95,0%</i>	<i>Superior e 95,0%</i>	
Intercetta	49,53655	0,526398	94,10481394	-	48,5036718	50,56943	48,50367	50,56943	
LIMITAZIONI									
SOFT & STRONG	-10,2502	1,136447	-9,019508826	8,46069E-19	-12,4800944	-8,02029	-12,4801	-8,02029	

Figura 6. Output regressione NO₂

Si è osservata una forte correlazione tra il traffico veicolare e l'NO₂, con un impatto di 10,3 su 50, sintomo di una situazione che deve essere maggiormente "regolamentata".

3. Conclusione

Questa attività è stata realizzata con gli studenti con un primario obiettivo: comprendere appieno il ruolo di cittadino attivo che, un domani, gli studenti dovranno saper svolgere nella società, riconoscendo il problema pressante dell'inquinamento atmosferico, capendone le sue determinanti e le possibili strategie attuabili per la salvaguardia intra e intergenerazionale.

Per questo motivo si sono studiati, modellizzandoli, gli inquinanti, le loro determinanti, con un approfondimento sugli aspetti chimici. Si è analizzato, inoltre, l'impatto che le particelle inquinanti hanno sull'ambiente e sulla salute umana.

I ragazzi partecipando a questo progetto si sono costituiti parte attiva di uno studio che ha esplorato l'asse scientifico-tecnologico del mondo circostante: hanno osservato, misurato, studiato alcuni inquinanti atmosferici. In tal modo hanno compreso il valore della conoscenza del mondo naturale e di quello delle attività umane, come parte integrante della loro formazione globale.

Durante le attività proposte gli studenti hanno acquisito metodi, concetti, atteggiamenti indispensabili a interrogarsi, osservare e comprendere il mondo e si sono misurati con la molteplicità, problematicità e trasformabilità del reale.

Per questo l'apprendimento centrato sull'esperienza e l'attività di laboratorio assume particolare rilievo. L'adozione di strategie d'indagine, di procedure sperimentali e di linguaggi specifici costituisce la base di applicazione del metodo scientifico e della matematica applicata. Secondariamente, il lavoro in gruppi eterogenei ha migliorato l'inclusività e ha creato un ambiente favorevole all'apprendimento.

In ultimo, la partecipazione al concorso nazionale ha costituito un rilevante incentivo che ha indotto alcuni ragazzi a uno notevole impiego di tempo extracurricolare grazie alla motivazione intrinseca (desiderio di riuscire a concludere il lavoro producendo stime robuste) ed estrinseca (speranza di vincere i crediti universitari come premio).

La consideriamo, pertanto, un'esperienza di successo da replicare in futuro per l'indubbio carattere multidisciplinare e *green* dell'attività, per il riscontro avuto dai ragazzi, per le conoscenze e competenze acquisite, in primis imparare a imparare, facendosi parte attiva del processo di apprendimento che è andato ben oltre i meri programmi didattici, infine per i risultati ottenuti. Si è, infatti, partecipato a un concorso nazionale per studentesse e studenti degli istituti d'istruzione di secondo grado, terza edizione 2023-24, bandito dal Dipartimento di Economia e Statistica Cognetti de Martiis dell'Università di Torino e intitolato "La sfida dei Big Data – Comprendere il cambiamento climatico grazie ai dati".

Ringraziamenti

Le autrici desiderano ringraziare il Dirigente Scolastico dell'Istituto Nautico San Giorgio, Prof. Paolo Fasce, per la disponibilità degli ambienti ove sono state collocate le centraline e i rilevatori, il personale della scuola, che ha personalmente sorvegliato e controllato le centraline e gli studenti coinvolti, i nostri ragazzi, che hanno dimostrato una grande maturità e autonomia di gestione e, *last not least*, i colleghi che hanno pazientemente supportato le nostre attività.

Bibliografia di riferimento

- AA.VV., *Verso una cultura della sostenibilità: educazione e formazione come leve del cambiamento*, Seminario Tecnico, 27 settembre 2021- Evento virtuale (<https://www.mase.gov.it/pagina/verso-una-cultura-della-sostenibilita-27-settembre-2021>).
- ARPAL (Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente ligure – U.O. Qualità dell'Aria), Report sugli effetti per la qualità dell'aria del lockdown, 2020 (https://www.arpal.liguria.it/files/ARIA/2020/Lockdown/report_lockdown_4_0_ok.pdf).
- G. Morgan, D. Lincoln, V. Sheppard, B. Jalaludn, The effects of low-level air pollution on daily mortality and hospital admissions in Sydney, Australia, 1994 to 2000, *ISSE-571, Epidemiology*, 2003, **14**(5), S111-S112.
- E. Garnett, Developing a feeling for error: Practices of monitoring and modelling air pollution data, *Big Data & Society*, 2016, **3**, 1-12 (DOI: 10.1177/2053951716658061).
- D. Traversi, C. Pignata, E. Anedda, G. Gilli, Perspective of low-cost biosensors for genotoxic potential evaluation of urban air, *European Journal of Public Health*, 2020, **30** (Supplement 5), V562-V563 (<https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa166.090>).
- G. A. Hurst, et al., International perspectives on green and sustainable chemistry education via systems thinking, *Journal of Chemical Education*, 2019, **96**, 2794-2804 (<http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00341>).
- X. Li, L. Ma, S. Khan, X. Zhao, The role of education and green innovation in green transition: advancing the United Nations Agenda on Sustainable Development, *Sustainability*, 2023, **15**, 12410 (<https://doi.org/10.3390/su151612410>).
- WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>)

Siti dai quali si sono ricavati i dati

Sito usato per accedere alle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria, installate grazie al progetto Sentinelle dell'Aria nella provincia di Genova:

<http://www.cheariatira.it/rete-centraline-di-monitoraggio-provincia-di-genova/>

Sito usato per estrarre i dati meteorologici riguardanti vento, temperatura media, precipitazioni, pressione atmosferica e altri dati nel periodo 01/01/2019 - 31/03/2023: <https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Genova/>

Siti usati per risalire ai giorni di lockdown durante la pandemia per valorizzare una variabile dummy come misura indiretta del traffico: <https://www.ilgiorno.it/cronaca/lockdown-1.6111968>; https://it.wikipedia.org/wiki/Gestione_della_pandemia_di_COVID-19_in_Italia

Sito usato per estrarre i dati relativi al diossido di azoto (NO₂): <https://www.arpal.liguria.it/area-riservata/58-flexicontent/temi-news/4755-report-arpal-sugli-effetti-per-la-qualità-dell-aria-del-lockdown.html>

Consolidamento del concetto di soluzione attraverso un'esperienza laboratoriale¹

Fabiola Toncelli

*Liceo scientifico del Liceo Statale Enrico Fermi di Cecina (LI),
Docente di Scienze naturali, chimica e biologia*

Patrizia Nocchi

*Liceo scientifico del Liceo Statale Enrico Fermi di Cecina (LI),
Docente di Italiano e latino*

Massimiliano Volpi

*Liceo scientifico del Liceo Statale Enrico Fermi di Cecina (LI),
Docente di Lingua e civiltà straniera (inglese)*

e-mail: patrizianocchi@fermicecina.it

Abstract. The students of two classes of a scientific high school have been working on a project whose aim was to make them fully understand the fundamental ideas of solution and of other new chemical concepts. The students had to reflect on a question posed by their teachers: why any limoncello is always murky. To find an answer, they took advantage of their teacher's theoretical explanations, read books and used a laboratory approach which led them to be engaged in practical activities.

Since the idea of this project was born in 2020 and went on in the years following, its side purpose was to help pupils restore those social relationships the COVID-19 pandemic had undermined.

Each part of the whole project has been carried out bearing in mind the following distinctive sequence: observation - individual verbalization - collective verbalization - shared conclusion.

Keywords: miscugli; colloidi; soluzioni; effetto Tyndall; sistemi ouzo

1. Introduzione

L'idea del progetto è nata con lo scopo di valutare l'effettivo apprendimento del concetto di "soluzione", alla fine del biennio del liceo. Pertanto, nel mese di maggio dell'a.s. 2020/2021, l'insegnante ha proposto agli studenti della seconda classe un compito di realtà:

"Aiutare la signora Anna, ultranovantenne, a ottenere un limoncello limpido, dal momento che quando lo prepara risulta sempre torbido e per questo non le sembra un prodotto attrattivo".

¹ Con la partecipazione degli alunni della classe 4A e della classe 4B.

I ragazzi hanno lavorato in piccoli gruppi durante l'estate, facendo esperimenti e formulando ipotesi per giungere alla soluzione del quesito. Nel mese di settembre 2021, tornati dalle vacanze, i diversi gruppi hanno presentato i loro lavori in classe, confrontando anche i limoncelli prodotti, esponendo le eventuali modifiche apportate al percorso standard ed esponendo le loro considerazioni. Questa fase ha permesso loro di apprendere meglio il significato di "miscuglio", "torbidità", "limpidezza", "soluzione", "colloide" ed "emulsione".

Il concetto di "soluzione", infatti, non è semplice da acquisire ed è abbastanza frequente trovare ancora nel triennio studenti che usano il termine in maniera non appropriata, anche nel caso di un percorso scolastico lineare e adeguato. Inoltre, negli anni scolastici 2020/21 e 2021/22, a causa della situazione pandemica, gli studenti hanno usufruito di una didattica piuttosto insolita, caratterizzata da periodi di Didattica a Distanza e altri di Didattica Digitale Integrata.

La situazione non garantiva, quindi, la giusta introduzione allo studio della chimica del primo biennio; quest'ultimo, infatti, si dovrebbe basare su un approccio fenomenologico-induttivo da svolgere in laboratorio, metodo che apre nuovi scenari per uno studio ragionato della chimica e che sfrutta la curiosità e la propensione alla "scoperta", caratteristiche tipiche dell'età adolescenziale.

Il lavoro assegnato, che partiva dalla semplice osservazione di fenomeni che sono alla base di importanti nodi concettuali, si rendeva utile anche per interrompere la situazione di isolamento, nella quale i giovani si sono trovati, offrendo loro un pretesto per poter tornare ad incontrarsi, facendo esperimenti, formulando e verificando ipotesi, discutendo insieme per arrivare a definizioni operative, frutto della sperimentazione e, successivamente, della rielaborazione collettiva. In tale contesto tutti gli studenti hanno avuto un ruolo attivo nel processo di costruzione delle idee.

Gli obiettivi di questa indagine sono stati:

- imparare a osservare la realtà che ci circonda
- scomporre una problematica in tanti sottoproblemi
- usare un linguaggio rigoroso e appropriato, valutando l'importanza dell'uso dei termini corretti
- cercare di dare un'interpretazione dei fenomeni osservati
- imparare a confrontare le proprie idee con quelle degli altri, comprendendo il valore del lavoro collaborativo
- imparare a scrivere un articolo scientifico, collaborando con studenti di classi diverse
- imparare a usare piattaforme on-line per presentare elaborati in maniera più coinvolgente
- capire l'importanza di una comunicazione efficace

2. Materiali e metodi

La metodologia utilizzata è partita dall'esperienza diretta degli alunni (tramite attività pratiche svolte nel periodo estivo in piccoli gruppi), successivamente ci sono state discussioni in classe, spiegazioni del docente e le considerazioni finali.

In particolare, la sequenza è stata: osservazione - verbalizzazione individuale - verbalizzazione collettiva e conclusioni collettive.

Lo studio ha visto la partecipazione di due classi (inizialmente seconde), composte da studenti di età compresa tra i 16 e i 17 anni.

2.1 Fase di consegna del compito di realtà

L'insegnante di Scienze naturali ha proposto agli studenti di due classi seconde (2A e 2B) di indagare sui concetti di "miscuglio", "soluzione" e "colloide" e ha presentato loro un compito di realtà dal titolo "Il problema della torbidità del limoncello". Il lavoro è stato assegnato su Classroom di Google Suite della Scuola, in data 25 maggio 2021; la consegna è stata fissata per il giorno 15 settembre, all'inizio dell'anno successivo.

Situazione problematica (engagement)

Problema del limoncello

La signora Anna, ultranovantenne, da anni prepara il limoncello con la ricetta riportata di seguito e me ne fa dono, ma tutte le volte che mi dà una bottiglietta è mortificata perché mi dice che "anche questa volta ha un aspetto torbido", però mi assicura che è molto buono. È proprio vero, è veramente buono! Per questo ho promesso alla signora Anna che farò indagare i miei studenti sul perché della torbidità e saprò dirle se il risultato può essere corretto, cioè se può ottenere, con qualche accorgimento, un limoncello limpido. Dobbiamo scoprire il colpevole di tale torbidità!

Sapresti risolvere il mistero?

La ricetta della signora Anna "per fare un buon limoncello" è la seguente.

Ingredienti

- nove limoni non trattati;
- 1 litro di alcol puro al 95%;
- 800 grammi di zucchero;
- 1,25 litri di acqua

Procedimento

1. Dopo aver lavato bene i limoni, asciugarli e sbucciarli servendosi di un pelsa patate, lasciando la parte bianca della buccia, che darebbe al liquore un sapore troppo amaro.

2. Tagliare a piccole listarelle le scorze e poi metterle a macerare insieme all'alcol in un barattolo di vetro chiuso ermeticamente. Riporre il contenitore in un luogo fresco e al riparo dalla luce e lasciarlo riposare per otto/dieci giorni.
3. Mettere sul fuoco una pentola contenente l'acqua e appena inizia a bollire, spegnere il fuoco. Aggiungere tutto lo zucchero e mescolare per farlo sciogliere e lasciare raffreddare.
4. Unire le due miscele e con una schiumarola togliere le bucce.
5. Con un pestello schiacciare le bucce e filtrare il poco liquido ottenuto con un colino a trama stretta e inserirlo all'interno della miscela.

Prima parte: Vi chiedo di formare dei gruppi di circa tre alunni e di progettare degli esperimenti da eseguire per comprendere il processo e rispondere al quesito della signora Anna

Nella prima fase conoscitiva gli studenti sono stati invitati a non consultare il web, alla ricerca di soluzioni frettolose; se fossero stati ancora incuriositi, avrebbero potuto fare una ricerca con l'aiuto di internet, ma solo nella fase finale.

2.2 Fase di formazione dei gruppi di lavoro e organizzazione del lavoro

Gli studenti si sono divisi in piccoli gruppi di 2/3 persone, in maniera spontanea, e hanno seguito il seguente schema di organizzazione del lavoro:

- formulare l'ipotesi per ottenere una soluzione del problema;
- progettare un esperimento e trovare la procedura da seguire;
- fare un elenco del materiale necessario per svolgere l'indagine;
- prevedere i risultati possibili

2.3 Fase di presentazione dei lavori

Alla fine del lavoro di ricerca, svolto durante l'estate, a settembre, i ragazzi hanno presentato le loro osservazioni alla classe in un tempo di circa 40 minuti, dando origine a discussioni collettive, verbalizzate da 2 alunni, nominati come segretari. La metodologia seguita è stata quella della flipped-classroom, in cui lo studente diventa promulgatore del proprio lavoro, diventando momentaneamente docente. Le argomentazioni sono state autonome, ma sempre sotto la supervisione dell'insegnante che interviene anche per fare approfondimenti su argomenti che, fino a quel momento, non sono ancora stati affrontati durante il percorso scolastico.

Di seguito si riportano i tratti salienti di alcuni lavori degli studenti, nei quali in modo schematico sono evidenziate le conclusioni e le eventuali personalizzazioni.

3. Elaborati della classe 3A

Primo lavoro (studenti: Montanelli, Morelli)

Ipotesi della torbidità: è causata dal breve tempo di macerazione e dalla poca cura nello sbucciare i limoni.

Modifiche al procedimento originale: maggiore cura nello sbucciare i limoni e prolungamento del tempo di macerazione delle bucce fino a 14 giorni.

Osservazioni conclusive: l'ipotesi si è rivelata errata, in quanto il prodotto finale è risultato maggiormente torbido.

<https://view.genial.ly/6116300c6e78180db9a947ac/presentation-problema-del-limoncello>

Secondo lavoro (studenti: Falleni, Volpi)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla miscelazione dell'alcol con le scorze di limone.

Modifiche al procedimento originale: nessuna

Osservazioni conclusive: nelle scorze di limone sono presenti degli olii che, mischiati insieme all'alcol e all'acqua, danno vita all'effetto ouzo.

<https://view.genial.ly/613c6422124b880d527e836b/presentation-il-questo-del-limoncello>

Terzo e quarto lavoro (studenti: Boni, Niccolini, Pellegrini, Biondi, Pazzaglia)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla sequenza di aggiunta degli ingredienti.

Modifiche al procedimento originale: cambiamento dell'ordine di aggiunta degli ingredienti.

Sono stati uniti prima l'alcol con lo zucchero (è stato notato che in questa fase la miscela rimane limpida) e solo in seguito l'acqua con le scorze di limone (è stato visto che in questa fase la miscela invece risulta torbida). Un'altra modifica al procedimento è stata quella di aumentare la quantità di alcol.

Osservazioni conclusive: la torbidità non dipende né dal rapporto dell'acqua con lo zucchero, né dal rapporto dell'alcol con le scorze di limone e né dal rapporto dell'alcol con lo zucchero, ma dipende dall'unione dell'acqua con le scorze di limone. Queste osservazioni hanno portato alla scoperta del limonene nelle bucce di limone, un idrocarburo appartenente alla classe dei terpeni che non si scioglie in acqua, ma solo nell'alcol, poiché le molecole dell'acqua sono fortemente polari, mentre le molecole del limonene sono apolari. Il secondo esperimento ha portato a osservare che una maggiore quantità di alcol porta a una minore torbidità.

<https://view.genial.ly/6139c389efed6c0dda8c922c/presentation-il-limoncello>

<https://view.genial.ly/613f7817844c040e0400e1c1/presentation-il-problema-del-limoncello>

https://drive.google.com/file/d/1A1yfx7RKeC4kiN025X2L_ftbs3hnfHhq/view?usp=sharing

Quinto lavoro (studenti: Sovran, Stefanini, Calò, Di Martino)

Ipotesi della torbidità: è causata da una sostanza presente nella buccia del limone quando questa viene a contatto con l'acqua.

Modifiche al procedimento originale: diminuzione del tempo di macerazione delle scorze di limone a cinque giorni

Osservazioni conclusive: la miscela proposta rimane comunque torbida

Sesto e settimo lavoro (studenti: Cavallini, Ferri, Camus)

Ipotesi della torbidità: è causata dall'interazione tra lo zucchero e l'alcol o tra le scorze di limone e l'alcol.

Modifiche al procedimento originale: cambio dell'ordine di aggiunta degli ingredienti, unione dell'acqua con le bucce di limone e poi dell'alcol con lo zucchero. Filtraggio del limoncello con un panno a maglia stretta.

Osservazioni conclusive: non è stata raggiunta la limpidezza con nessuna modifica al procedimento.

<https://view.genial.ly/614711e72c6ff60ddba8e03f/presentation-il-problema-del-limoncello>

Ottavo lavoro (studenti: Frongillo, Nicotra, Bernardeschi)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla presenza di una sostanza all'interno delle bucce che rende torbida la miscela oppure dall'unione dell'alcol con lo zucchero.

Modifiche al procedimento originale: maggiore cura nello sbucciare i limoni, formando listelli di uguali dimensioni

Osservazioni conclusive: le bucce di limone, dopo il contatto con l'alcol, sono sbiadite mentre l'alcol è diventato giallo; la limpidezza richiesta non è stata raggiunta neppure con la modifica apportata.

Nono lavoro (studenti: Chiappi, Felli, Morabito) e Decimo Lavoro (Studenti: Melani, Spagnoli)

Ipotesi della torbidità: è causata dall'unione di acqua e le scorze di limone o etanolo e le scorze di limone.

Modifiche al procedimento originale: nessuna

Osservazioni conclusive: la torbidità è data dall'unione di acqua e scorze di limone.

È stato svolto uno studio della parola "torbidità" attraverso l'uso del vocabolario e la definizione emersa è la seguente: "sospensione di alcune particelle in un liquido". Le particelle sembrerebbero essere contenute nelle bucce del limone e probabilmente sono queste che rimangono in sospensione in acqua! Dopo ricerche su internet è stato scoperto il limonene con l'effetto ouzo.

<https://view.genial.ly/613735aac2a41a0e03373d02/presentation-limocello-chiappi-felli-morabito>

4. Elaborati della classe 3B

Primo lavoro (studenti: Abasta, Lozzi, Santucci) e secondo lavoro (studenti: Martellacci, Massa, Camerini)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla mescolanza tra scorze di limone e acqua e dalla mescolanza tra zucchero e alcol.

Modifiche al procedimento originale: nessuna

Osservazioni conclusive: per ottenere un limoncello limpido si dovrà cambiare il procedimento nella macerazione.

Terzo lavoro (studenti: Colombaro, Tozzini, Mosca)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla temperatura esterna.

Modifiche al procedimento originale: un limoncello viene lasciato a riposare in frigo e uno a temperatura ambiente.

Osservazioni conclusive: mentre il limoncello lasciato in frigo è rimasto torbido, il secondo si è stratificato, formando uno strato più trasparente sul fondo e uno più giallo sopra; alla bocca della bottiglia, è stata osservata un'area con olii traslucidi e residui. Sulla base di queste osservazioni, si può affermare che la causa della torbidità sono le scorze di limone che non si legano bene con gli altri ingredienti per le loro proprietà chimiche.

Quarto lavoro (studenti: Dini, Torsella)

Ipotesi della torbidità: è causata da particolari sostanze presenti nelle bucce di limone che si trovano a contatto con l'acqua.

Modifiche al procedimento originale: l'acqua è stata fatta bollire e, in seguito, a fuoco spento, sono stati aggiunti l'alcol, lo zucchero e le bucce di limone lasciate a macerare.

Osservazioni conclusive: il limoncello rimane torbido.

Quinto lavoro (studenti: Maione, Doneddu, Manciuilli)

Ipotesi della torbidità: è causata dalla breve durata della macerazione, oppure dalla troppa quantità di acqua.

Modifiche al procedimento originale: prolungamento della macerazione fino a 1 mese e mezzo nel primo esperimento e diminuzione della quantità di acqua a 0,75 L nel secondo esperimento.

Osservazioni conclusive: nel primo esperimento il limoncello rimane torbido, mentre nel secondo la torbidità diminuisce. Per ottenere un limoncello non torbido si deve mettere una quantità d'acqua molto inferiore rispetto all'alcol, ottenendo un limoncello molto alcolico e, quindi, imbevibile.

Sesto lavoro (studenti: Buti, Gambini, Ulivi)

Ipotesi della torbidità: è causata da una quantità errata degli ingredienti.

Modifiche al procedimento originale: sono stati proposte diverse varianti dai componenti del gruppo. Le varianti consistono nella modifica della quantità dei limoni sbucciati, nella variazione della quantità di alcol, nel tempo di macerazione, nella quantità di acqua e di zucchero.

Osservazioni conclusive: per ottenere un limoncello limpido è necessaria una quantità di alcol superiore a quella dell'acqua. Pertanto, ottenere un limoncello non torbido con il medesimo sapore di quello torbido è impossibile.

Settimo lavoro (Studenti: Tinagli, Giannoni)

Ipotesi della torbidità: è causata da un errato rapporto tra alcol e acqua.

Modifiche al procedimento originale: dopo aver seguito la ricetta della signora Anna, è stato realizzato il limoncello secondo la ricetta della mamma di Filippo. La mamma di Filippo, durante la macerazione, pone le bucce in una soluzione composta da 50% di acqua e 50% di alcol.

Osservazioni conclusive: il limoncello della mamma di Filippo è vistosamente più trasparente. Per appurare che il limoncello della mamma di Filippo fosse una soluzione, è stato messo in un bicchiere di vetro davanti a uno sfondo nero e sul bicchiere è stata proiettata una luce laser di colore rosso. All'interno del bicchiere si è osservato un particolare fenomeno di diffusione della luce, dovuto a particelle di particolari dimensioni. Questo effetto è chiamato "Effetto Tyndall" e contraddistingue i colloidali dalle soluzioni. Pertanto, il limoncello realizzato non risulta una soluzione, ma una emulsione.

Ottavo lavoro (studenti: Fargion, Gazzarri, Geppi, Ciaffone)

Ipotesi della torbidità: è causata da una scarsa solubilità di un componente presente nelle scorze del limone.

Modifiche al procedimento originale: modifiche all'ordine di aggiunta degli ingredienti.

Osservazioni conclusive: se l'acqua viene aggiunta all'alcol e alle bucce senza lo zucchero, la soluzione si presenta limpida.

5. Relazione finale delle classi

In seguito ad un'ampia discussione, dopo le presentazioni dei lavori, anche grazie alle osservazioni emerse fra i compagni e agli interventi del docente, sono state prodotte da ogni classe le relazioni finali per mezzo di documenti Google condivisi.

Si riportano i pensieri condivisi dei ragazzi, frutto dell'esperienza affrontata.

Abbiamo capito che la torbidità è data da una sostanza che si trova nelle bucce del limone: il limonene. Questo, a contatto con l'acqua, dà origine ad emulsioni spontanee. Questo effetto è detto effetto ouzo. Con i mezzi che abbiamo non siamo riusciti ad arrivare a produrre un limoncello limpido, ma non escludiamo che ci sia un metodo per ottenerlo. Secondo le nostre conclusioni, la signora Anna, per non alterare né il sapore né la ricetta, dovrebbe continuare a seguire il proprio metodo di produzione del limoncello. Inoltre, sosteniamo che l'esperienza fatta sia stata divertente e abbia aiutato tutti a comprendere meglio la chimica. Noi crediamo, infatti, che di questa materia siano importanti le fasi pratiche; tali fasi, purtroppo, non possono essere sempre esegui-

te in classe: per tale ragione siamo stati contenti di “sporcarci le mani” con la chimica e siamo pronti a farlo di nuovo.

6. Risultati ottenuti in termini di conoscenze acquisite

Dopo l'esperienza del limoncello, fatta nell'estate della classe seconda, e lo studio della struttura tridimensionale di una molecola, durante la classe terza, gli studenti, a partire dall'inizio della classe quarta, hanno approfondito nuovamente il concetto di soluzione e di concentrazione, studiando le relative proprietà colligative. Dall'esperienza di questi tre anni, dopo la condivisione dei risultati, le ampie discussioni guidate dal docente, la rielaborazione critica e alla luce di nuove conoscenze teoriche acquisite, i ragazzi possono affermare di avere una buona conoscenza riguardo agli argomenti di seguito riportati.

Il limonene

Il limonene è un idrocarburo ciclico (molecola costituita solo da atomi di carbonio e idrogeno che nello spazio forma un ciclo), volatile, classificato come monoterpene ciclico. È un liquido incolore con odore caratteristico e con formula molecolare $C_{10}H_{16}$, massa molecolare pari a 136,23 u, un punto di ebollizione di 178 °C, un punto di fusione di -74 °C e densità relativa uguale a 0,84 g/cm³.

Effetto ouzo

L'ipotesi della torbidità del limoncello è nata dopo la seguente osservazione: l'acqua e l'etanolo sono completamente miscibili tra di loro (solubili l'uno nell'altro), così come lo sono il limonene e l'etanolo, ma il limonene e l'acqua lo sono appena. Al momento della combinazione di questi tre liquidi, si produce spontaneamente una “emulsione”: una sospensione di minuscole goccioline di un liquido nell'altro. I ragazzi, approfondendo l'argomento, hanno appreso che “*tuttavia, questo accade in alcuni specifici intervalli di composizione*” e ciò ha portato allo studio dei diagrammi trifasici e dell'*effetto ouzo*. Questo fenomeno di formazione spontanea di emulsioni prende il nome dall'omonimo liquore mediterraneo che diventa subito torbido quando viene mescolato con l'acqua, formando un'emulsione. L'ouzo, dal punto di vista scientifico, è infatti abbastanza simile al limoncello, essendo costituito di acqua, etanolo e anetolo, un componente aromatizzante che, come il limonene, è altamente solubile nell'etanolo, ma solo leggermente solubile in acqua.

Differenza tra i sistemi ouzo e le emulsioni tipiche

In contrasto con i sistemi ouzo, le emulsioni classiche richiedono un input energetico molto elevato, come lo shakerare o il mescolare; un esempio di emulsione è la maionese, preparata mescolando con molta energia un olio vegetale e tuorlo d'uovo, contenente acqua. Un'altra differenza fra i sistemi ouzo e le emulsioni classiche è l'assenza di qualsiasi agente stabilizzante. La lecitina e le proteine, presenti nel tuorlo d'uovo, sono altresì necessarie per stabilizzare l'emulsione.

Importanza dei sistemi ouzo

I sistemi ouzo vengono utilizzati nei processi industriali, come la produzione di polimeri, al posto delle emulsioni tipiche, perché richiedono un piccolissimo apporto energetico che rende il processo più efficiente e sostenibile. Inoltre, l'estrazione del polimero e dei catalizzatori risulta essere molto più semplice, dato che i componenti si possono separare facilmente. Un'altra applicazione di tali sistemi è quella usata nei pesticidi per consentire a questi prodotti insolubili in acqua di essere diluiti e sparsi sui terreni, evitando di introdurre nell'ambiente tensioattivi che sono dannosi.

Molecole chirali e il doppio odore del limoncello

Durante l'esperienza, sono stati percepiti due odori diversi della stessa molecola, per cui sono emerse delle domande sul motivo di tale fenomeno e, cioè, se ciò dipendesse dalla molecola o dalla percezione olfattiva nei vari momenti della giornata. L'indagine ha condotto al concetto di molecole chirali e, nonostante fosse prematuro affrontare tale argomento con studenti di classe terza superiore, esso è stato comunque in parte trattato dal docente.

Le molecole chirali sono molecole non sovrapponibili, l'una l'immagine speculare dell'altra nelle tre dimensioni, con la stessa formula molecolare e fanno parte dell'argomento simmetrie molecolari.

Il limonene è una di queste molecole, è chirale e si può presentare nelle forme enantiomere destrogira e levogira (Figura 1) e nella forma racema, detta anche dipentenica. I due enantiomeri hanno odori differenti: odore di arancia per l'enantiomero R e di trementina per l'enantiomero S. La principale forma, presente in natura e di maggior interesse in campo industriale e merceologico, è l'R-limonene.

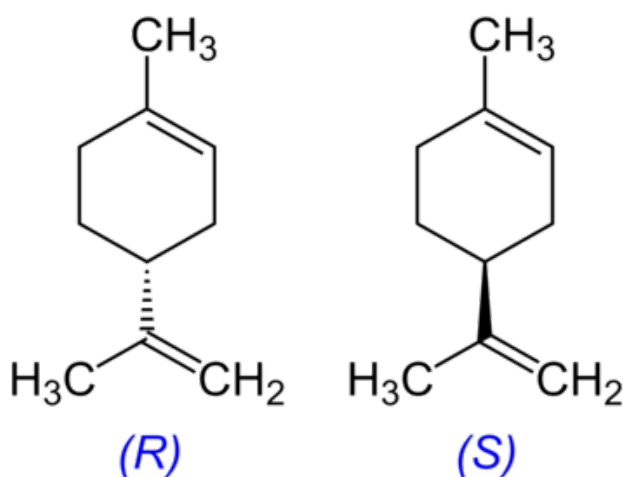


Figura 1. I due enantiomeri del limonene: R-(+)-4-isopropenil-1-metil-1-cicloesene e S-(-)-4-isopropenil-1-metil-1-cicloesene (<https://it.wikipedia.org/wiki/Limonene>)

Il fatto che i due enantiomeri vengano percepiti in modo diverso è prova che, nel sistema olfattivo, vi sono dei recettori chirali che permettono una risposta diversa a seconda dell'enantiomero che percepiscono, cosa che non accade comunque per tutte le coppie di enantiomeri presenti in natura.

Effetto Tyndall

L'effetto Tyndall, così chiamato in onore dello scienziato inglese John Tyndall, consiste nella dispersione della luce da parte dei colloidi contenenti particelle di dimensione compresa tra un nanometro e un micrometro; nelle soluzioni, invece, l'effetto Tyndall non si verifica, in quanto i soluti sono troppo piccoli per poter disperdere la luce. Presa, per esempio, la luce rossa di un laser, essa sarà visibile quando attraversa una dispersione colloidale, mentre non lo sarà quando attraversa una soluzione.

Maggiore conoscenza di strumenti informatici e matematici

Gli studenti, per la preparazione dei loro elaborati, hanno utilizzato presentazioni multimediali, tabelle a doppia entrata, hanno prodotto video e usato piattaforme web.

7. Considerazioni finali

Alla fine di questo percorso, possiamo concludere che il limoncello, sulla base di tutte le ricerche, compresa quella della signora Anna, e delle esperienze eseguite, non può essere limpido.

Questo lungo e impegnativo lavoro, richiamato ogni qualvolta fosse necessario all'interno del programma di chimica, ha condotto gli studenti a riflettere soprattutto su come deve essere affrontato l'apprendimento della materia, cioè riprendendo nel tempo più volte gli stessi concetti. I ragazzi hanno potuto capire anche l'importanza della collaborazione nei lavori di gruppo e dell'arricchimento che ne consegue, situazione venuta meno nel periodo di Covid che ha portato a un inevitabile isolamento.

Alcuni riferimenti di interesse

<https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/alimentazione/del-limone-e-la-scorza-la-parte-piu-benefica>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775703003315>

<https://www.scienceinschool.org/it/article/2020/limoncello-and-science-emulsions-it/#:~:text=L'acqua%20e%20l'etanolo,di%20un%20liquido%20nell'altro.>

<https://www.chimicamo.org/chimica-fisica/diagramma-di-fase-a-tre-componenti/>

<https://www.libreriauniversitaria.it/chimica-blu-materia-elettrochimica-scuole/libro/9788808725271>

L. Chiappisi, I. Grillo, Looking into limoncello: the structure of the Italian liquor revealed by small-angle neutron scattering, *ACS Omega*, 2018, **3** 15407-15415 (<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.8b01858>).

<https://it.wikipedia.org/wiki/Limonene>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Carvone>

Crea il tuo bot-chimico telegram

Giovanni Merola, Maria Cristina Mancini e Maria Laura Alessandroni
Istituto Tecnico Industriale Statale “Stanislao Cannizzaro”, Colleferro (RM)
e-mail: giovanni.merola@itiscannizzarocolleferro.it

Abstract. In the digital age we live in, interactive learning has become a fundamental approach to engaging students effectively and stimulating their interest. Chemistry, with its complex formulas and molecular properties, can be a challenging subject for many students. However, recent advancements in artificial intelligence and the widespread availability of scientific data enable us to harness the potential of messaging bots to create innovative educational tools. A Telegram bot is a software application that operates within the Telegram messaging platform. Bots are designed to automate interactions and provide services to users through text-based chats. In the context of this project, the chemical bot on Telegram is developed with the aim of functioning as an interactive chemistry expert. Users can send questions and requests to the bot via chat, and the bot will respond by providing relevant chemical information. The educational significance of creating a Telegram bot extends beyond students specialized in computer science to include chemistry students. The process of developing a chemical bot involves acquiring cross-disciplinary skills that are valuable in various fields of study. By creating a bot, chemistry students can enhance their understanding of programming concepts and gain practical experience in integrating technology into their domain of study. This project provides a guide on creating a chemical bot using Python code executed on Google Colab. It explores how the bot utilizes the PubChemPy library to retrieve chemical information from the PubChem database. Users can interact with the bot, obtaining answers to basic questions such as retrieving the molecular mass of a compound based on its formula. Through the development of a chemical bot, students can develop critical thinking, problem-solving, and communication skills. Moreover, this innovative approach to studying chemistry fosters a deeper understanding of the subject matter and encourages active engagement with technology.

Keywords: intelligenza artificiale nella didattica; apprendimento interattivo; bot Telegram, competenze STEM

1. Introduzione

In questo articolo presentiamo un nuovo Bot Telegram progettato per supportare l'apprendimento della chimica in modo interattivo. Il nostro bot sfrutta la libreria PubChemPy [1-3] per accedere a un vasto database di composti chimici e fornire informazioni fondamentali come la massa molare e il nome IUPAC di un composto, sia in base alla formula inserita dall'utente sia in base al nome del composto stesso. Il bot offre agli studenti una piattaforma intuitiva per esplorare le proprietà chimiche dei composti, facilitando la comprensione delle relazioni tra struttura molecolare e comportamento chimico. Attraverso una semplice interfaccia di chat, gli studenti possono interagire con il bot, formulando domande e ottenendo risposte immediate e accurate. L'obiettivo di questo articolo è quello di fornire agli insegnanti e agli studenti uno strumento pratico per arricchire l'esperienza di apprendimento della chimica.

Un bot Telegram è un'applicazione software che interagisce con gli utenti all'interno della piattaforma di messaggistica Telegram. Questo articolo esplora come la costruzione di un bot su Telegram possa offrire agli studenti delle scuole superiori l'opportunità di sviluppare competenze STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) in modo interdisciplinare e approfondire la comprensione dei concetti di programmazione e di chimica. Negli ultimi anni, l'utilizzo del coding Python e di strumenti come Telegram ha acquisito sempre maggiore rilevanza nel campo dell'istruzione. L'uso di Python come strumento didattico e la sua crescente importanza nel campo della formazione sono stati oggetto di studio e ricerca da parte di esperti del settore. Lana e Mazzoli [4] hanno affrontato l'argomento nel loro articolo *Il coding e le sue potenzialità didattiche*, evidenziando come il coding, con l'utilizzo di Python, possa promuovere lo sviluppo di competenze didattiche e il pensiero computazionale nei giovani studenti. Altri autori [5, 6] hanno analizzato l'uso di Python nella ricerca scientifica, sottolineandone l'efficacia e la flessibilità nell'elaborazione e nell'analisi dei dati scientifici.

I risultati di questi studi dimostrano come Python abbia assunto un ruolo sempre più rilevante nell'istruzione chimica, permettendo agli studenti di sviluppare competenze STEM fondamentali come il pensiero critico, la risoluzione dei problemi e l'analisi dei dati. Inoltre, l'utilizzo di piattaforme di messaggistica come Telegram, in accordo con quanto evidenziato da Ismawati et al. [7, 8], si è dimostrato efficace nel fornire un ambiente didattico interattivo e accessibile per gli studenti. Attraverso la creazione di un bot chimico interattivo, gli studenti avranno l'opportunità di esplorare il mondo della chimica in modo coinvolgente e innovativo, sviluppando al contempo competenze chiave in ambito STEM. Oltre all'apprendimento dei concetti di programmazione e all'uso della libreria PubChemPy, gli studenti acquisiranno abilità trasversali, come il pensiero critico, la risoluzione dei problemi e la comunicazione. Il

nostro lavoro si inserisce in questo contesto dinamico, mirando a esplorare il potenziale positivo dell'integrazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) nella didattica. Tuttavia, riconosciamo la necessità di un approccio cauto e di una costante revisione di queste affermazioni. Sebbene diversi studi [9-11] abbiano evidenziato i benefici dell'IA nell'ambito educativo, dobbiamo ammettere che questa è un'area in continua evoluzione. Le tecnologie emergenti portano con sé sfide e opportunità e il loro impatto sulla didattica non può essere considerato conclusivo. Con l'avanzamento della tecnologia, l'IA ha raggiunto una fase di sviluppo senza precedenti, influenzando profondamente vari aspetti della vita. L'educazione, come evidenziato, è diventata un campo cruciale per l'implementazione dell'IA, con impatti significativi sui metodi di insegnamento, l'ambiente di apprendimento, il management scolastico e la valutazione dell'insegnamento. È altrettanto fondamentale riconoscere che, con l'ampia adozione di strumenti digitali, realtà aumentata e canali di comunicazione come Telegram nell'ambito educativo, emergono questioni cruciali. La nostra indagine mira a stimolare una riflessione critica sul modo in cui queste tecnologie possono migliorare l'apprendimento, ma allo stesso tempo, riconosciamo la necessità di sottolineare con forza l'importanza di un'educazione informatica e della consapevolezza dei rischi associati a un uso improprio di tali strumenti come indicato da alcuni autori [12]; questa trasformazione, infatti, non è priva di sfide, con impatti etici, legali e sulla sicurezza dei dati che richiedono un'attenzione particolare. In tale contesto, esploriamo le dinamiche di creare un "bot chimico" su Telegram, riconoscendo che il docente, oltre alla sua utilità educativa, debba comprendere appieno l'impatto degli strumenti digitali sulla formazione degli studenti [13].

L'articolo illustra i passaggi necessari per la creazione di un bot chimico su Telegram utilizzando il codice Python eseguito su Google Colab [14]. Saranno presentate le funzionalità del bot, come il recupero delle informazioni chimiche dal database PubChem, e verranno forniti esempi di interazioni tra gli utenti e il bot. L'integrazione della tecnologia nel campo di studio della chimica contribuirà a un apprendimento più significativo e coinvolgente, fornendo agli studenti strumenti pratici per esplorare e applicare concetti scientifici in un contesto reale. Verrà fornita una guida pratica per aiutare gli studenti delle scuole superiori a sviluppare il proprio bot chimico interattivo, incoraggiando l'apprendimento attivo e lo sviluppo delle competenze necessarie per le future carriere in campo scientifico e tecnologico. In questo modo si offre una panoramica degli strumenti e delle metodologie disponibili per sfruttare al meglio il potenziale del coding e in particolare il linguaggio Python nell'ambito dell'istruzione chimica nelle scuole superiori. Il percorso educativo presentato in questo lavoro potrebbe essere più adatto negli istituti tecnici, oppure nei nuovi percorsi come liceo "Made in Italy", dove il tempo dedicato all'insegnamento della chimica è più ampio, favorendo progetti STEM multidisciplinari con in-

segnanti di informatica. Al contrario, nelle scuole con un numero limitato di ore settimanali per l'insegnamento della chimica, l'implementazione di un approccio di questo tipo potrebbe risultare più problematica. In particolare, negli istituti tecnici si riconoscerà il ruolo chiave degli insegnanti e degli studenti dell'indirizzo informatico o elettronico come risorsa preziosa per lo sviluppo del codice e l'utilizzo degli strumenti necessari per il progetto. Questa collaborazione sinergica può non solo facilitare il processo di apprendimento, ma anche potenziare la creatività degli studenti nell'implementazione pratica dei concetti di chimica attraverso la programmazione. La possibilità che gli studenti di informatica diventino i principali artefici del bot, integrando le loro competenze nell'ottica STEM, rappresenta un'opportunità unica per l'apprendimento interdisciplinare della chimica.

Il Bot Telegram

Un bot Telegram può essere progettato per eseguire una vasta gamma di funzioni, come rispondere a domande degli utenti, fornire informazioni, eseguire calcoli e persino interagire con fonti esterne di dati come Wikipedia o PubChem. Ad esempio, un bot Telegram potrebbe essere programmato per rispondere alle domande degli studenti relative alla chimica. Utilizzando il linguaggio di programmazione Python, il bot può essere istruito per interpretare e comprendere il testo delle domande inviate dagli utenti. Successivamente, il bot può utilizzare il codice Python per eseguire una serie di operazioni, come cercare informazioni su una reazione chimica specifica, o calcolare la massa molare di un composto. Per creare un bot su Telegram è necessario registrarlo utilizzando il BotFather [15], uno strumento fornito da Telegram.

BotFather

BotFather è uno strumento fornito da Telegram che permette agli utenti di creare e configurare i propri bot Telegram. È fondamentalmente un bot Telegram, sviluppato da Telegram stesso, che funziona come un assistente per la creazione e la gestione dei bot. Con BotFather, gli utenti possono registrare i propri bot e ottenere un token unico per identificarli. Il token generato da BotFather è una sorta di "chiave" che identifica il tuo bot Telegram. È come una password segreta che permette al tuo bot di accedere all'API di Telegram e comunicare con gli utenti. Il token è necessario per configurare il tuo bot e consentire al codice che hai scritto di interagire con Telegram. Inoltre, BotFather offre diverse funzionalità di configurazione per il bot, come la possibilità di impostare un'immagine del profilo, una descrizione, comandi personalizzati e risposte predefinite. Gli utenti possono anche impostare le condizioni di privacy del bot, come limitare l'accesso solo agli utenti specifici o consentire l'accesso a tutti. In appendice è presente una mini-guida sull'utilizzo di BotFather e su come ottenere il token.

Python

Python è un linguaggio di programmazione creato nel 1991 da Guido van Rossum [16, 17]. È ampiamente utilizzato nel campo scientifico grazie alle sue librerie specializzate. È anche popolare nell'ambito didattico grazie alla sua sintassi intuitiva e alla facilità di apprendimento. Il codice Python è un insieme di istruzioni scritte nel linguaggio di programmazione Python. Python è noto per la sua sintassi semplice e leggibile, che lo rende adatto sia per i principianti che per i programmatori esperti. Con Python, è possibile creare programmi per una vasta gamma di applicazioni, come sviluppo web, analisi dei dati, automazione dei processi e molto altro ancora. Il codice Python può essere organizzato in moduli, che sono file separati contenenti funzioni, classi o variabili che possono essere riutilizzati all'interno di altri programmi. È anche possibile creare pacchetti, che sono insiemi di moduli correlati. Python supporta una vasta gamma di librerie e framework che consentono di ampliare le funzionalità di base del linguaggio.

Un semplice esempio di codice Python è quello di seguito riportato.

```
# Calcola e stampa la somma di due numeri
def somma(a, b):
    return a + b

num1 = 5
num2 = 3

risultato = somma(num1, num2)
print("La somma di", num1, "e", num2, "è", risultato)
```

Questo codice definisce una funzione somma che accetta due argomenti e restituisce la somma dei due numeri. Vengono quindi definiti due numeri (num1 e num2) e viene chiamata la funzione somma per calcolare il risultato. Infine, il risultato viene stampato a schermo. Questo è solo un esempio molto semplice, ma Python può essere utilizzato per creare programmi complessi e interattivi.

Google Colab

Google Colaboratory, o più semplicemente Colab (<https://colab.google/>), è un ambiente di sviluppo integrato basato sul cloud che consente di scrivere, eseguire e condividere codice Python. È particolarmente utile per gli studenti di una scuola perché offre diversi vantaggi. In primo luogo, Colab fornisce un'interfaccia intuitiva e facile da usare, che rende l'apprendimento della programmazione accessibile anche ai principianti. Gli studenti possono scrivere il codice Python direttamente nel browser senza dover installare nulla sul proprio computer. Inoltre, Colab offre una potente capacità di esecuzione in tempo reale, consentendo agli studenti di testare immediatamente il loro codice e visualizzare i risultati. Colab supporta anche la creazione di documenti interattivi chiamati "notebook", che permettono agli studenti di integrare

il codice con testo, immagini, grafici e altri elementi per creare un'esperienza di apprendimento più coinvolgente. Infine, Colab offre la possibilità di eseguire codice su risorse di calcolo potenti e permette di condividere facilmente i notebook con gli insegnanti o i compagni di classe, favorendo la collaborazione e la revisione del codice. Complessivamente, Google Colab è uno strumento completo e accessibile per gli studenti di una scuola per imparare e utilizzare il codice Python in modo efficace [18].

Per accedere a Colab e creare un nuovo notebook occorre accedere con il browser all'indirizzo URL <https://colab.new/> e assicurarsi di essere connessi al proprio account Google; in mancanza di un account personale, è necessario crearne uno.

Nella pagina principale di Google Colab, si può creare un nuovo notebook o aprirne uno già esistente.

Creazione di un nuovo notebook

- a) File → Nuovo Notebook:
 - una volta su Google Colab, andare su “File” e selezionare “Nuovo notebook”.
- b) Assegnazione di un Nome:
 - il nuovo notebook verrà creato con un nome generico come “Untitled0.ipynb”; si può fare clic sul nome e assegnarne uno personalizzato.
- c) Aggiunta di celle:
 - un notebook è diviso in celle; si possono aggiungere nuove celle facendo clic su + CODE o + TEXT nella parte superiore o inferiore di una cella esistente.
- d) Tipo di Cella:
 - ogni cella può essere di tipo “CODE” per il codice Python, o “TEXT” per il testo (Markdown).
- e) Esecuzione di Codice:
 - per eseguire il codice in una cella, si può premere Shift + Enter o fare clic sul pulsante di riproduzione (PLAY) sulla sinistra della cella.
- f) Salvataggio del Notebook:
 - si può salvare il proprio notebook su Google Drive o scaricarlo localmente; andare su “File” → “Salva una copia su Drive” per salvarlo su Google Drive, o “File” → “Scarica” per scaricarlo sul proprio dispositivo.
- g) Condivisione del Notebook:
 - si può condividere il proprio notebook con altri utenti facendo clic su “Condividi” in alto a destra, concedendo loro l'accesso in sola lettura o in modalità di modifica.

h) Ambiente di Esecuzione:

- Google Colab fornisce un ambiente di esecuzione gratuito con accelerazione hardware GPU e TPU; si può selezionare l'ambiente di esecuzione desiderato andando su "Ambiente di esecuzione" → "Cambia tipo di ambiente di esecuzione".

Per maggiori informazioni si può consultare la guida in linea di Colab [19].

2. Telegram-bot

Uno dei modi più semplici per iniziare a creare un bot Telegram con Python è utilizzare la libreria **python-telegram-bot**. Con poche righe di codice, è possibile creare un bot che risponde ad alcune interazioni di base.

Ad esempio, un semplice codice Python per un bot che risponde a un saluto dell'utente è mostrato di seguito.

Questo codice crea un gestore di messaggi che controlla ogni messaggio inviato al bot. Se il messaggio è "ciao" o "salve", il bot risponderà con "Ciao! Come posso aiutarti?" In caso contrario, risponderà con "Mi dispiace, non ho capito."

Per eseguire il nostro codice abbiamo bisogno di installare le librerie con il comando:

```
!pip install python-telegram-bot==13.13
```

Tale comando installerà nell'archivio locale di Google Colab le librerie necessarie, ovvero una serie di script di codice già scritti che implementa delle funzioni standard che possono essere richiamate da un altro codice.

```
from telegram.ext import Updater, MessageHandler, Filters
def handle_message(update, context):
    text = update.message.text.lower()
    if text == 'ciao' or text == 'salve':
        response = 'Ciao! Come posso aiutarti?'
    else:
        response = 'Mi dispiace, non ho capito.'
    update.message.reply_text(response)
updater = Updater('TOKEN') # Inserisci il token del tuo bot
updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, handle_message))
updater.start_polling()
updater.idle()
```

*il codice è commentato in appendice

Oltre alle interazioni di base, i bot Telegram possono anche utilizzare API diverse da Wikipedia o PubChem per ottenere informazioni aggiuntive. Ad esem-

pio, un bot potrebbe utilizzare l'API di OpenWeatherMap per dare informazioni meteo, l'API di Google Translate per traduzioni, o l'API di YouTube per cercare e riprodurre video. Si può utilizzare l'AI di ChatGPT per creare un codice adatto, considerando però che attualmente l'AI di ChatGPT si riferisce a dati del 2021 e che, quindi, i comandi e le librerie nel frattempo potrebbero essere cambiate.

3. Il bot chimico

Il bot chimico (Figura 1) sfrutta la libreria PubChemPy per accedere a un vasto database di composti chimici e fornire informazioni fondamentali come la massa molare e il nome IUPAC di un composto, sia in base alla formula inserita dall'utente sia in base al nome del composto stesso.

Il bot offre agli studenti una piattaforma intuitiva per esplorare le proprietà chimiche dei composti, facilitando la comprensione delle relazioni tra struttura molecolare e comportamento chimico. Attraverso una semplice interfaccia di chat, gli studenti possono interagire con il bot, formulando domande e ottenendo risposte immediate e accurate.

Il nostro bot Telegram offre un approccio interattivo e coinvolgente, permettendo agli studenti di esplorare in modo autonomo i concetti chiave della chimica e di ottenere informazioni accurate e tempestive. Siamo convinti che questa innovativa combinazione tra tecnologia e didattica possa contribuire a rendere l'apprendimento della chimica un'esperienza stimolante e accessibile a tutti.



Figura 1. Pagina iniziale del bot chimico

Il bot è in grado di restituire il nome IUPAC, il nome comune e la massa molare di un composto, sia che venga fornita la formula che il nome del composto

(Figura 2). Si noti che il nome del composto deve essere fornito in inglese e possibilmente il nome IUPAC; in alternativa, se si usa un sinonimo e ci sono casi di ambiguità sulla possibile struttura e nome, potrebbe restituire un errore.

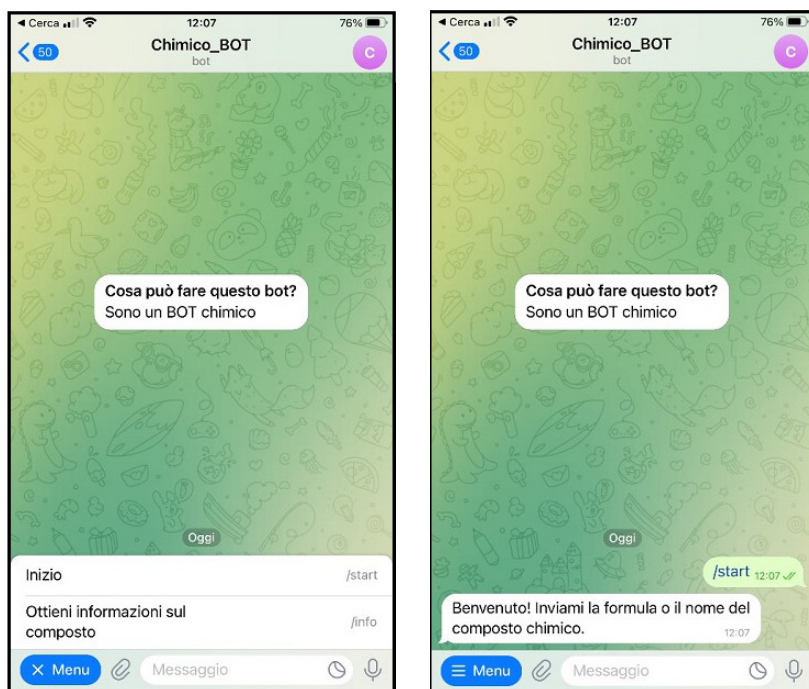


Figura 2. Esempio di utilizzo del bot chimico

Ecco come utilizzare il bot.

1. Inserire il token personale del bot Telegram nella variabile **TOKEN**.
2. Avviare il bot eseguendo il codice; il bot si metterà in ascolto per i comandi su Telegram.
3. Inviare il comando **/start** al bot su Telegram per iniziare la conversazione.
4. Dopo aver inviato il comando **/start**, il bot risponderà con un messaggio di benvenuto e chiederà di inviare la formula o il nome del composto chimico.
5. Si può inviare la formula o il nome del composto chimico al bot utilizzando il comando **/info**; ad esempio, inviare il comando **/info H2O** per ottenere informazioni sull'acqua.
6. Il bot eseguirà una ricerca nel database di PubChem, utilizzando la formula o il nome del composto fornito; se il composto viene trovato, il bot

restituirà il nome IUPAC, il nome comune (se disponibile) e la massa molare del composto.

7. Se il composto non viene trovato nel database, il bot invierà un messaggio di avviso.
8. Si può continuare a interagire con il bot inviando altri comandi o richieste di informazioni sui composti chimici.

Questo il codice da eseguire in Colab e da lasciare in esecuzione per avviare il bot chimico

L'installazione delle librerie aggiuntive è necessaria per la prima esecuzione del codice

```
!pip install python-telegram-bot==13.13
```

```
!pip install pubchempy
```

Una volta installate le librerie si può eseguire il codice

```
import telegram
from telegram.ext import Updater, CommandHandler
from pubchempy import get_compounds
# Inserisci il tuo token del bot Telegram qui
TOKEN = 'xxxxxxxxxxxxxxxx'
def start(update, context):
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Benvenuto! Inviami la formula o il nome del composto chimico.")
def compound_info(update, context):
    compound_input = ' '.join(context.args)
    try:
        compounds = get_compounds(compound_input, 'name' if compound_input.isalpha() else 'formula')
        if compounds:
            compound=compounds[0]
            compound_name_iupac = compound.iupac_name if compound.iupac_name else compound.synonyms[0]
            # Se il nome comune è presente tra i sinonimi, lo utilizzi; altrimenti, utilizzi il codice CAS.
            compound_name_common = next((synonym for synonym in compound.synonyms if synonym != compound_name_iupac), "N/A")
            compound_mass = compound.molecular_weight
            response = f"Nome IUPAC: {compound_name_iupac}\n" \
                f"Nome comune: {compound_name_common}\n" \
                f"Massa molecolare: {compound_mass} g/mol"
            context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text=response)
```

```

else:
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Nessuna
informazione trovata per il composto inserito.")
except Exception as e:
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Si è verifi-
cato un errore. Riprova più tardi.")
def main():
    updater = Updater(token=TOKEN, use_context=True)
    dispatcher = updater.dispatcher
    start_handler = CommandHandler('start', start)
    compound_info_handler = CommandHandler('info', compound_info)
    dispatcher.add_handler(start_handler)
    dispatcher.add_handler(compound_info_handler)
    updater.start_polling()
    updater.idle()
if __name__ == '__main__':
    main()

```

*il codice è commentato in appendice

Si ricorda che PubChemPy restituisce una lista di sinonimi per il nome comune del composto, ad esempio: etanolo, alcool etilico, ecc. Se il nome comune non è presente tra i sinonimi verrà utilizzato il codice CAS (Figura 3).

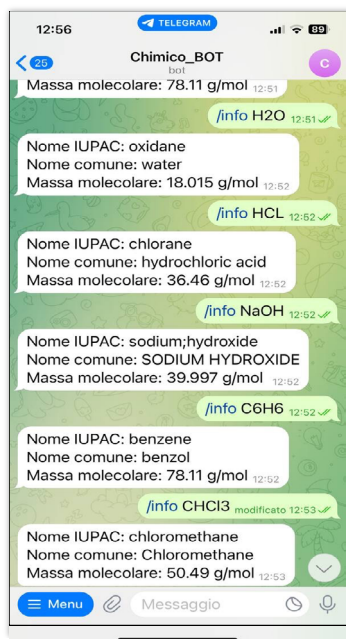


Figura 3. Utilizzo del bot

Il bot chimico rappresenta un'innovativa soluzione per l'apprendimento interattivo della chimica nell'era digitale. Questo permette agli utenti di avere una panoramica immediata delle caratteristiche principali di un composto. Tuttavia, le potenzialità del bot non si fermano qui. Esistono molte possibilità di espandere le sue funzionalità, come l'aggiunta di altre proprietà chimiche, la ricerca avanzata dei composti, il supporto per altre lingue e l'integrazione con altre fonti di dati scientifici. Ciò consentirebbe agli utenti di accedere a una gamma più ampia di informazioni e migliorare l'esperienza di apprendimento. Inoltre, il bot potrebbe essere arricchito con funzionalità interattive, come calcoli chimici e gestione degli errori più informativa. L'obiettivo finale è offrire agli studenti uno strumento didattico completo, intuitivo e coinvolgente per esplorare il mondo della chimica in modo efficace e stimolante.

3.1 Bot chimico avanzato

In questo esempio più complesso, modificato con l'aiuto dell'IA di ChatGPT, il bot è in grado di ricevere la formula, o il nome di un composto chimico da un utente e restituisce diverse informazioni su quel composto. Utilizzando la libreria PubChemPy, il bot recupera le proprietà del composto, come la formula molecolare, la massa molare, lo SMILES canonico, l'InChI, l'InChIKey, il nome IUPAC, il valore XLogP e la massa esatta. Inoltre, il bot restituisce fino a dieci nomi comuni associati al composto. I messaggi di risposta includono tutte queste informazioni, consentendo agli utenti di ottenere rapidamente dettagli sui composti chimici di interesse.

Librerie da installare (se non installate in precedenza):

```
!pip install python-telegram-bot==13.13
!pip install pubchempy
```

Codice del BOT:

```
import telegram
from telegram.ext import Updater, CommandHandler
from pubchempy import get_compounds

# Inserisci il tuo token del bot Telegram qui
TOKEN = "INSERISCI_IL_TUO_TOKEN"

def start(update, context):
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Benvenuto!
Inviarmi la formula o il nome del composto chimico per ottenere le informazioni.")

def compound_info(update, context):
    compound_input = ' '.join(context.args)

try:
    # Cerca il composto in base alla formula o al nome
    compounds = get_compounds(compound_input, 'name' if compound_input.isalpha() else 'formula')
```

```

if compounds:
    compound = compounds[0]

    # Recupera le proprietà del composto
    properties = {
        "Molecular Formula": compound.molecular_formula,
        "Molecular Weight": compound.molecular_weight,
        "Canonical SMILES": compound.canonical_smiles,
        "InChI": compound.inchi,
        "InChIKey": compound.inchikey,
        "IUPAC Name": compound.iupac_name,
        "XLogP": compound.xlogp,
        "Exact Mass": compound.exact_mass
    }

    # Recupera i nomi comuni del composto (massimo 10)
    common_names = compound.synonyms[:10]

    # Costruisci il messaggio di risposta con le proprietà e i nomi comuni del
    composto
    response = f"Informazioni sul composto:\n\n"
    for key, value in properties.items():
        response += f"{key}: {value}\n"
    response += "\nNomi comuni:\n"
    if common_names:
        for name in common_names:
            response += f"- {name}\n"
    else:
        response += "Nessun nome comune trovato."
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id,
                                text=response)
    else:
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id,
                                text="Nessuna informazione trovata per il composto inserito.")
    except Exception as e:
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id,
                                text="Si è verificato un errore. Riprova più tardi.")

def main():
    updater = Updater(token=TOKEN, use_context=True)
    dispatcher = updater.dispatcher
    start_handler = CommandHandler('start', start)
    compound_info_handler = CommandHandler('info', compound_info)

```

```

dispatcher.add_handler(start_handler)
dispatcher.add_handler(compound_info_handler)

updater.start_polling()
updater.idle()

if __name__ == '__main__':
    main()

```

3.2 Bot chimico con foto

Se vogliamo aggiungere una foto della molecola del composto nel risultato del bot Telegram, è necessario utilizzare il concetto di “Inline Query” per recuperare un’immagine della molecola da una fonte esterna e inviarla come risposta (Figura 4).

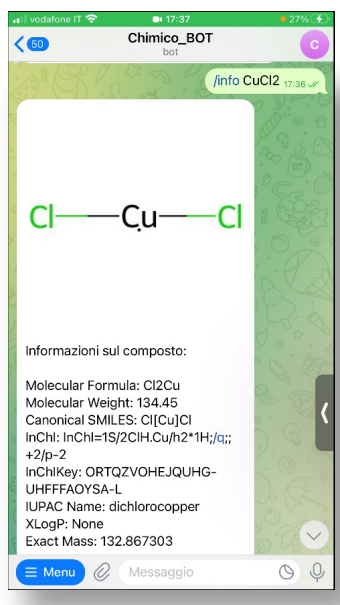


Figura 4. Risposta del bot con immagine della molecola

Tuttavia, il modulo pubchempy non fornisce un modo diretto per ottenere l’immagine di una molecola.

Per risolvere questo problema, possiamo utilizzare la libreria rdkit per generare un’immagine della molecola in formato PNG. Ecco una versione aggiornata del codice che include l’invio dell’immagine del composto:


```
!pip install rdkit pillow
!pip install python-telegram-bot==13.13
!pip install pubchempy
import telegram
from telegram import InlineQueryResultPhoto, InputTextMessageContent
from telegram.ext import Updater, CommandHandler, InlineQueryHandler
from pubchempy import get_compounds
from rdkit import Chem
from rdkit.Chem import Draw
# Inserisci il tuo token del bot Telegram qui
TOKEN = "INSERISCI_IL_TUO_TOKEN"

def start(update, context):
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Benvenuto! Inviami la formula o il nome del composto chimico per ottenere le informazioni.")

def compound_info(update, context):
    compound_input = ' '.join(context.args)
    try:
        # Cerca il composto in base alla formula o al nome
        compounds = get_compounds(compound_input, 'name' if compound_input.isalpha() else 'formula')
        if compounds:
            compound = compounds[0]
            # Recupera le proprietà del composto
            properties = {
                "Molecular Formula": compound.molecular_formula,
                "Molecular Weight": compound.molecular_weight,
                "Canonical SMILES": compound.canonical_smiles,
                "InChI": compound.inchi,
                "InChIKey": compound.inchikey,
                "IUPAC Name": compound.iupac_name,
                "XLogP": compound.xlogp,
                "Exact Mass": compound.exact_mass
            }
            # Recupera i nomi comuni del composto (massimo 10)
            common_names = compounds.synonyms[:10]
            # Genera un'immagine della molecola
            mol = Chem.MolFromSmiles(compound.canonical_smiles)
            img = Draw.MolToImage(mol)
            img_path = "compound.png"
            mg.save(img_path)
```

```
# Costruisci il messaggio di risposta con le proprietà e i nomi comuni del composto
response = f"Informazioni sul composto:\n\n"
for key, value in properties.items():
    response += f"{key}: {value}\n"
response += "\nNomi comuni:\n"
if common_names:
    for name in common_names:
        response += f"- {name}\n"
else:
    response += "Nessun nome comune trovato."
# Invia il messaggio di risposta con l'immagine della molecola
context.bot.send_photo(chat_id=update.effective_chat.id, photo=open(img_path, 'rb'), caption=response)
else:
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Nessuna informazione trovata per il composto inserito.")
except Exception as e:
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Si è verificato un errore. Riprova più tardi.")

def main():
    updater = Updater(token=TOKEN, use_context=True)
    dispatcher = updater.dispatcher

    start_handler = CommandHandler('start', start)
    compound_info_handler = CommandHandler('info', compound_info)

    dispatcher.add_handler(start_handler)
    dispatcher.add_handler(compound_info_handler)

    updater.start_polling()
    updater.idle()

if __name__ == '__main__':
    main()
```

In questo codice, è stata aggiunta la generazione dell'immagine della molecola utilizzando il modulo rdkit e salvato l'immagine su disco come "compound.png". Successivamente, si è utilizzato il metodo `context.bot.send_photo` per inviare l'immagine insieme al messaggio di risposta.

Il codice risulta ancora incompleto per quanto riguarda la ricerca per il nome comune e, per non fare confusione fra formule e nome comune che potrebbero causare ambiguità nel bot, possiamo utilizzare comandi diversi:

```

import telegram

    if len(compounds) == 1:
        compound = compounds[0]

    # Recupera le proprietà del composto
    properties = {
        "Molecular Formula": compound.molecular_formula,
        "Molecular Weight": compound.molecular_weight,
        "Canonical SMILES": compound.canonical_smiles,
        "InChI": compound.inchi,
        "InChIKey": compound.inchikey,
        "IUPAC Name": compound.iupac_name,
        "XLogP": compound.xlogp,
        "Exact Mass": compound.exact_mass
    }

    # Recupera i nomi comuni del composto (massimo 10)
    common_names = compound.synonyms[:10]

    # Genera un'immagine della molecola
    mol = Chem.MolFromSmiles(compound.canonical_smiles)
    img = Draw.MolToImage(mol)
    img_path = "compound.png" # Sostituisci con il percorso completo
    img.save(img_path)

    # Costruisci il messaggio di risposta con le proprietà e i nomi comuni del
    composto
    response = f"Informazioni sul composto:\n\n"
    for key, value in properties.items():
        response += f"{key}: {value}\n"
    response += "\nNomi comuni:\n"
    if common_names:
        for name in common_names:
            response += f"- {name}\n"
    else:
        response += "Nessun nome comune trovato."

    # Invia il messaggio di risposta con l'immagine della molecola
    context.bot.send_photo(chat_id=update.effective_chat.id, photo=open(img_
    path, 'rb'), caption=response)

else:
    # Gestione dell'ambiguità quando ci sono più composti corrispondenti al

```

```
nome comune
# Verifica se il nome comune inserito corrisponde a un pattern con più
parole
words = re.findall(r'\w+', compound_input.lower())
if len(words) > 1 and len(words) <= 5:
    compounds_filtered = [compound for compound in compounds if
any(word in compound.synonyms_lower for word in words)]

if compounds_filtered:
    if len(compounds_filtered) == 1:
        compound = compounds_filtered[0]

# Restituisci le informazioni per il composto trovato
properties = {
    "Molecular Formula": compound.molecular_formula,
    "Molecular Weight": compound.molecular_weight,
    "Canonical SMILES": compound.canonical_smiles,
    "InChI": compound.inchi,
    "InChIKey": compound.inchikey,
    "IUPAC Name": compound.iupac_name,
    "XLogP": compound.xlogp,
    "Exact Mass": compound.exact_mass
}

# Recupera i nomi comuni del composto (massimo 10)
common_names = compound.synonyms[:10]

# Genera un'immagine della molecola
mol = Chem.MolFromSmiles(compound.canonical_smiles)
img = Draw.MolToImage(mol)
img_path = "compound.png" # Sostituisci con il percorso completo
img.save(img_path)

# Costruisci il messaggio di risposta con le proprietà e i nomi comuni del composto
response = f"Informazioni sul composto:\n\n"
for key, value in properties.items():
    response += f"{key}: {value}\n"

response += "\nNomi comuni:\n"
if common_names:
    for name in common_names:
        response += f"- {name}\n"
else:
```

```

        response += "Nessun nome comune trovato."
    # Invia il messaggio di risposta con l'immagine della molecola
    context.bot.send_photo(chat_id=update.effective_chat.id, photo=open(img_path, 'rb'), caption=response)
    else:
        # Se ci sono ancora più composti corrispondenti al nome comune, chiedi di riformulare la domanda
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Ci sono più composti corrispondenti al nome comune inserito. Riformula la domanda in modo più specifico.")
    else:
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text=f"Non ho trovato informazioni per il nome comune '{compound_input}'.")
    else:
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Il nome comune inserito deve essere formato da 2 a 5 parole.")
    else:
        context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text=f"Non ho trovato informazioni per il composto '{compound_input}'.")
except ValueError as ve:
    print(f"Errore: {str(ve)}")
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Il nome comune inserito non è valido.")
except Exception as e:
    print(f"Errore: {str(e)}")
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Si è verificato un errore. Riprova più tardi.")

def main():
    updater = Updater(token=TOKEN, use_context=True)
    dispatcher = updater.dispatcher

    start_handler = CommandHandler('start', start)
    cerca_nome_comune_handler = CommandHandler('info', cerca_nome_comune)

    dispatcher.add_handler(start_handler)
    dispatcher.add_handler(cerca_nome_comune_handler)

    updater.start_polling()
    updater.idle()

if __name__ == '__main__':
    main()

```

Ora il bot risponderà ai comando `/info` per effettuare la ricerca delle sostanze chimiche rispettivamente tramite nome comune, formula e nome IUPAC (Figura 5).

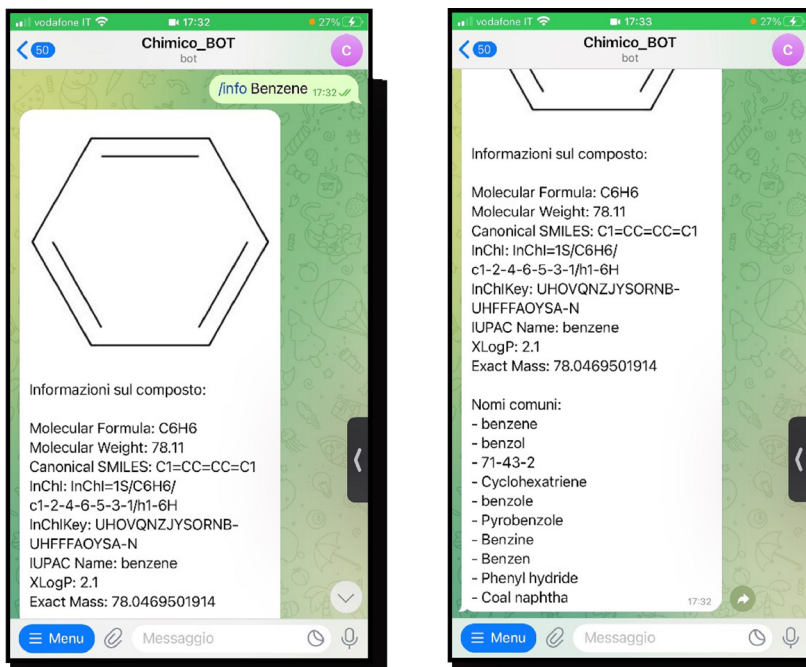


Figura 5. Risposta del bot

3.3 Risoluzione dei problemi

Se gli script non si avviano, assicurarsi che siano state installate le librerie necessarie:

```
pip install --upgrade python-telegram-bot==13.13
pip install --upgrade pubchempy
pip install rdkit # richiesto dal bot con immagini
```

Assicurarsi che nello script sia inserito il token giusto al posto della frase "YOUR_BOT_TOKEN" o "TOKEN"

Esempio:

```
import telegram
from telegram.ext import Updater, CommandHandler
from pubchempy import get_compounds
# Inserisci il token personale del bot Telegram qui
TOKEN = '6263886992:AA5D3ffijCRO0YmIjldUWLxjA29HQkj7oE'
```

```
def start(update, context):
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Benvenuto! Inviami
    la formula o il nome del composto chimico.")
    def compound_info(update, context):
        compound_input = ' '.join(context.args)
    ...
```

3.4 Eccezioni non gestite (debug)

Un problema nell'esecuzione di `get_compounds` dalla libreria `PubChemPy` potrebbe generare un'eccezione non gestita. Verificare se l'eccezione specifica viene catturata correttamente e mostrata nella finestra di output dello script.

```
except Exception as e:
    print(f"Errore: {str(e)}")
    context.bot.send_message(chat_id=update.effective_chat.id, text="Si è verificato un errore. Riprova più tardi.")
```

Una volta identificato l'errore specifico, si potranno prendere le misure necessarie per risolverlo.

4. Conclusioni

L'esperienza con il bot chimico può essere affascinante e utile per gli utenti interessati alla chimica. Tuttavia, è importante notare che il bot è ancora in fase di sviluppo e potrebbe non funzionare correttamente in tutte le situazioni. Essendo stato realizzato da principianti, potrebbero esserci alcuni difetti o limitazioni nel codice.

È possibile incontrare alcune problematiche durante l'utilizzo del bot, come la mancanza di informazioni per alcuni composti, errori di ricerca o problemi nel riconoscimento dei nomi comuni. Questi problemi potrebbero derivare dalla complessità delle query chimiche, dalle possibili ambiguità nei nomi dei composti, o da errori nell'implementazione del codice stesso. Tuttavia, nonostante questi eventuali problemi, l'esperienza con il bot può comunque fornire informazioni utili sulla chimica e sulle proprietà dei composti. È importante considerare il bot come uno strumento di apprendimento in via di sviluppo e non come una fonte di informazioni completamente affidabile. Per migliorare l'efficienza e l'accuratezza del bot, potrebbe essere necessario effettuare ulteriori sviluppi, come l'implementazione di algoritmi più sofisticati per la ricerca e l'elaborazione dei dati chimici, l'ottimizzazione delle query e la gestione delle possibili ambiguità. È innegabile che il nostro approccio possa essere più agevolmente integrato negli istituti tecnici oppure nei nuovi percorsi come liceo *"Made in Italy"*, dove le ore dedicate alla chimica sono più numerose e progetti multidisciplinari, soprattutto nell'ottica STEM, sono più facilmente attuabili.

L'esperienza con il bot chimico può avere diversi risvolti didattici e coinvolgere i ragazzi in modo interattivo nel campo della chimica. Essendo un bot accessibile tramite Telegram, offre un'opportunità di apprendimento divertente e stimolante per i giovani interessati alla materia. Attraverso l'utilizzo del bot, i ragazzi possono sperimentare l'interazione diretta con un programma informatico che fornisce informazioni sulla massa molare, le proprietà e altre caratteristiche dei composti chimici. Siamo convinti che questa innovativa combinazione tra tecnologia e didattica possa contribuire a rendere l'apprendimento della chimica un'esperienza stimolante e accessibile a tutti. Questo coinvolgimento attivo può aiutare a rafforzare la comprensione dei concetti chimici e consentire agli studenti di approfondire i loro studi in modo autonomo. Lo sviluppo del codice del bot chimico potrebbe presentare un'opportunità per coinvolgere i ragazzi nel processo di apprendimento della chimica attraverso l'interazione con un programma informatico. L'approccio graduale nel descrivere lo sviluppo del codice e l'accento sull'aspetto didattico possono rendere l'esperienza interessante e accessibile per tutti, fornendo al contempo una solida base di conoscenza sulla chimica e sullo sviluppo di applicazioni bot. È imperativo sottolineare che l'integrazione di strumenti digitali, realtà aumentata e risorse online, compresi canali come Telegram, richiedono una considerazione ponderata. Dobbiamo porre una forte enfasi sull'importanza di educare gli utenti su eventuali rischi e limiti associati a questi strumenti, cosa che include una consapevolezza critica su temi come la sicurezza online, la privacy e l'accuratezza delle informazioni.

Riferimenti

- [1] B. Dahlgren, ChemPy: A package useful for chemistry written in Python, *Journal of Open Source Software*, 2018, **3**(24), 565.
- [2] Chempy: <https://pythonhosted.org/chempy/>.
- [3] PubchemPy: <https://pubchempy.readthedocs.io/en/latest/>.
- [4] L. Lana, V. Mazzoli, Il coding e le sue potenzialità didattiche, *Educare. it*, 2021, 21(9), 98-105.
- [5] J. E. Menke, C. S. Reese, T. R. Martinez, Hierarchical models for estimating individual ratings from group competitions, in *American Statistical Association*, 2007 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=293122079779b53acca7b83d7ba3eb3a0cbd1032>).
- [6] F. Nati, Python e il suo utilizzo nella ricerca scientifica, in *Linux Day*, Roma, 2002.
- [7] M. I. Ardiansyah, M. H. Widianto, Development of online learning media based on Telegram Chatbot (Case studies: Programming courses), in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, **1987**, 012006 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1987/1/012006/pdf>).
- [8] D. Ismawati, Studing while playing: a new method of e-learning for mille-

- nials using social media, *International Journal of Learning, Management and Digitalization (IJLMD)*, 2020, **1**(1), 8-13.
- [9] M. L. Owac, A. Sawicka, P. Weichbroth, Artificial intelligence technologies in education: benefits, challenges and strategies of implementation, in *Artificial Intelligence for Knowledge Management. AI4KM 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, (M. L. Owoc, M. Pondel, Eds.), Springer, 2019, vol. 599 (https://doi.org/10.1007/978-3-030-85001-2_4).
- [10] K. M. Al-Tkayneh, E. M. Alghazo, D. Tahat, The Advantages and Disadvantages of Using Artificial Intelligence in Education, *Journal of Educational and Social Research*, 2023, **13**(4), 105-117.
- [11] A. Y. Kenchakkanavar, Exploring the Artificial Intelligence Tools: Realizing the Advantages in Education and Research, *Journal of Advances in Library and Information Science*, 2023, **12**(4), 218-224.
- [12] F. J. Hinojo-Lucena, I. Aznar-Díaz, M. P. Cáceres-Reche, J. M. Trujillo-Torres, J. M. Romero-Rodríguez, Problematic Internet Use as a Predictor of Eating Disorders in Students: A Systematic Review and Meta-Analysis Study, *Nutrients*, 2019, **9**(11), 2151.
- [13] Y. Liu, S. Saleh, J. Huang, Artificial Intelligence in Promoting Teaching and Learning Transformation in Schools, *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 2021, **3**(15), 892-900.
- [14] E. Bisong, Google Colaboratory, in *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform: A Comprehensive Guide for Beginners* by E. Bisong, Apress Berkeley, CA, 2019, 59-64.
- [15] From BotFather to 'Hello World', Telegram.org, 2023: <https://core.telegram.org/bots/tutorial>.
- [16] G. Van Rossum, Python Programming language, *USENIX annual technical conference*, 2007.
- [17] G. Van Rossum, F. L. Drake, *Python reference manual*, Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, 1995.
- [18] G. Merola, J. Campagna, S. Celletti, M. Maglia, Imparare la chimica analitica con il coding in Python, *CnS Chimica nella Scuola*, 2023, **4**, 49-81.
- [19] Ti diamo il benvenuto in Colab: <https://colab.research.google.com/>.

APPENDICE

Guida dettagliata all'utilizzo di BotFather per creare e configurare un Bot Telegram

Passo 1: Trovare e avviare BotFather

- Aprire Telegram e cercare BotFather
 - Avviare l'app Telegram sul proprio dispositivo.
 - Nella barra di ricerca, digitare "BotFather" e avviare la chat con BotFather.

Passo 2: Avviare e creare un Nuovo Bot

- Inviare il comando /newbot a BotFather per iniziare a creare un nuovo bot.
- Seguire le istruzioni per assegnare un nome al tuo bot.
- Dopo aver scelto un nome, BotFather chiederà di assegnare un username al bot personale (deve terminare con "bot").

Passo 3: Ottenere il Token del Bot

- Dopo aver completato la creazione, BotFather fornirà un messaggio di conferma contenente il token del bot personale.
- Copiare il token del bot (ad es.: 1234567890:ABCdefghIJKlmnOpqrStuvWxyz12345678)

Passo 4: Impostare comandi personalizzati

- Usare il comando /setcommands per definire una lista di comandi personalizzati e relative descrizioni.
- Ad esempio: start - Avvia il bot
info - Cerca le proprietà del composto

Passo 5: Configurare menu e bottoni (opzionale)

- Utilizzare comandi come /setinline, /setinlinefeedback, e /setcommands per creare tastiere personalizzate e pulsanti inline.

Passo 6: Testare il Bot personale

- Tornare alla chat con il bot personale su Telegram.
- Inviare il comando /start per avviare il bot e verificare che risponda correttamente.

Passo 7: Personalizzare il proprio Bot

- Utilizzare una serie di comandi come /setname, /setdescription, e altri per gestire le impostazioni del proprio bot.

Considerazioni Aggiuntive:

- Immagini Esplicative:
 - Inserire le immagini nei punti appropriati, ad esempio, uno screen-

shot della ricerca di BotFather e un altro dello screenshot che mostra il token del bot.

- Documentazione BotFather:
 - Per ulteriori dettagli e opzioni, consultare la documentazione ufficiale di BotFather su BotFather Documentation.

Seguendo questa guida dettagliata, lo studente sarà in grado di creare e configurare il proprio bot Telegram in modo efficace, personalizzando comandi, tastiere e impostazioni per fornire un'esperienza utente ottimale.

Commenti al codice Telegram Bot

- *from telegram.ext import Updater, MessageHandler, Filters*

Importa le classi ovvero i comandi necessari (**Updater, MessageHandler, Filters**) dalla libreria **telegram.ext** per creare e gestire il bot Telegram.

- *def handle_message(update, context):*

Definisce una funzione di gestione dei messaggi del bot e prende in input l'oggetto **update**, che contiene le informazioni sul messaggio ricevuto, e **context**, che fornisce ulteriori contestualizzazioni; all'interno di questa funzione vengono eseguiti i seguenti comandi.

- **text = update.message.text.lower()** - estrae il testo del messaggio ricevuto e lo converte in minuscolo per semplificare la gestione delle risposte.
- **if text == 'ciao' or text == 'salve':** - controlla se il testo del messaggio è "ciao" o "salve"; se la condizione è verificata esegue
 - **response = 'Ciao! Come posso aiutarti?'**: se il messaggio contiene "ciao" o "salve", viene assegnata una risposta di saluto.
- **else:** - se il messaggio non corrisponde a "ciao" o "salve", allora esegue
 - **response = 'Mi dispiace, non ho capito.'** e viene assegnata una risposta di default per gestire le domande non riconosciute.
- **update.message.reply_text(response)** - in entrambi i casi invia la risposta al mittente del messaggio originale.

- *updater = Updater('TOKEN')*

Crea un oggetto **Updater** utilizzando il token del bot Telegram personale. È necessario sostituire **'TOKEN'** con il token reale del bot personale fornito da BotFather.

- *updater.dispatcher.add_handler(MessageHandler(Filters.text, handle_message))*

Aggiunge un gestore dei messaggi al dispatcher dell'updater. Il gestore dei messaggi utilizza la funzione **handle_message** per gestire i messaggi di testo.

- **updater.start_polling()**

Avvia il polling per ricevere i messaggi dal bot Telegram.

- **updater.idle()**

Mantiene l'esecuzione del programma fino a quando non viene interrotto manualmente.

Commenti al codice del bot chimico

1. **import telegram**

Importa il modulo **telegram** (che deve essere stato installato in precedenza con il comando "pip install...") che fornisce le funzionalità per interagire con l'API di Telegram.

2. **from telegram.ext import Updater, CommandHandler**

Importa la classe **Updater** e la classe **CommandHandler** dal modulo **telegram.ext**. Queste classi sono necessarie per gestire gli aggiornamenti del bot e i comandi ricevuti.

3. **from pubchempy import get_compounds**

Importa la funzione **get_compounds** dal modulo **pubchempy**. Questa funzione sarà utilizzata per ottenere informazioni sui composti chimici.

4. **TOKEN = '...'**

Definisce la chiave di accesso del bot Telegram; è importante sostituire '...' con il token reale (quello personale).

5. **def start(update, context):**

Definisce una funzione chiamata **start** che viene eseguita quando il comando **/start** viene inviato al bot. Questa funzione invia un messaggio di benvenuto al chat_id corrispondente.

6. **def compound_info(update, context):**

Definisce una funzione chiamata **compound_info** che viene eseguita quando il comando **/info** viene inviato al bot. Questa funzione gestisce la ricerca e l'invio delle informazioni sul composto chimico richiesto.

7. **def main():**

Definisce la funzione principale **main** che crea un'istanza di **Updater** e **Dispatcher** per gestire gli aggiornamenti del bot.

8. **if __name__ == '__main__':**

Verifica se lo script viene eseguito direttamente e, in tal caso, chiama la funzione **main()** per avviare il bot.

Le linee di codice all'interno delle funzioni **start** e **compound_info** sono responsabili dell'invio delle risposte ai messaggi ricevuti. Utilizzano il modulo **telegram.ext** per ottenere l'oggetto **context** che fornisce il metodo **send_message** per inviare i messaggi di risposta.

La funzione **compound_info** viene eseguita quando viene inviato il comando **/info** al bot. Questa funzione gestisce la richiesta di informazioni su un composto chimico specifico, che può essere fornito tramite nome o formula.

La riga **compound_input = ' '.join(context.args)** recupera l'input dell'utente, che può essere una stringa contenente il nome o la formula del composto. Viene utilizzata la funzione **join** per unire tutti gli argomenti della lista **context.args** in una singola stringa.

Successivamente, viene utilizzata la funzione **get_compounds** del modulo **pubchempy** per ottenere informazioni sui composti chimici corrispondenti alla stringa **compound_input**. La funzione accetta due parametri: la stringa **compound_input** e il tipo di ricerca, che viene determinato in base al tipo di input fornito dall'utente (nome o formula).

Se vengono trovati composti corrispondenti, la funzione seleziona il primo composto dalla lista dei risultati e recupera il suo nome IUPAC utilizzando l'attributo **iupac_name**. Se l'attributo **iupac_name** è vuoto, viene utilizzato il primo sinonimo presente nell'attributo **synonyms**. Inoltre, viene verificata la presenza di un secondo sinonimo nell'attributo **synonyms** e, se presente, viene assegnato alla variabile **compound_name_common**. Altrimenti, viene assegnato il valore "N/A" per indicare l'assenza di un nome comune. Successivamente, viene estratta la massa molecolare del composto utilizzando l'attributo **molecular_weight**. Infine, viene costruita una risposta che contiene il nome IUPAC, il nome comune (se disponibile) e la massa molare del composto. Questa risposta viene inviata all'utente utilizzando il metodo **send_message** dell'oggetto **context.bot** per inviare il messaggio al **chat_id** corrispondente.

Se non vengono trovate informazioni per il composto inserito, viene inviato un messaggio indicando l'assenza di informazioni. In caso di errori durante l'esecuzione della funzione, viene inviato un messaggio di errore generico.

Educazione scientifica e/o educazione ambientale¹

Paola Conti

CIDI di Firenze (Scuola dell'Infanzia)

e-mail: paola.conti1@posta.istruzione.it

Abstract. This contribution describes a pedagogical way of addressing the problem of the environmental emergency that combines the method for teaching scientific education with an ecological perspective based on attitudes and behaviors. Starting from knowledge and discovery it is, in fact, possible to build emotional bonds with what we are observing. This is a first approach to the issue which, however, represents an attempt to underline some points useful to start the work in this direction.

Keywords: curricolo; educazione scientifica; scienza; scuola dell'infanzia

1. Introduzione

Da decenni il Gruppo di Ricerca e Sperimentazione del CIDI di Firenze (Scuola dell'Infanzia) elabora, progetta, sperimenta e documenta percorsi curricolari di educazione scientifica per i bambini dai 3 ai 6 anni. In tutti questi anni abbiamo accuratamente evitato di usare l'espressione "educazione ambientale" perché non volevamo che le nostre proposte potessero essere messe in relazione con la miriade di progetti che le scuole andavano realizzando sotto quella dicitura. Troppo spesso, infatti, al di là delle buone intenzioni c'era ben poco. Talvolta si trattava di proposte di enti esterni alla scuola, operanti sul territorio e che venivano sponsorizzate dalle amministrazioni locali; altre volte prendevano le mosse dalla "passione ecologista" di qualche insegnante. Raramente si concretizzavano in proposte adatte all'età dei bambini e mostravano scarsa attenzione nei confronti della costruzione di competenze stabili e durature, ancorché trasversali. Sulla base di questa valutazione, come dicevo, ci siamo tenute a debita distanza. Negli ultimi anni però le cose sono cambiate e abbiamo sentito l'esigenza, come gruppo, di "riaprire la pratica" dell'educazione ambientale accantonando istintivi pregiudizi.

¹ Pubblicato su *Insegnare* il 29 marzo 2023

Ciò che ci ha imposto uno sguardo nuovo sulla questione è l'emergenza ambientale che stiamo vivendo e che ha assunto nel giro di pochi anni, dimensioni (intese come entità dei fenomeni e come globalità di effetti) nei confronti delle quali non sono ammesse distrazioni. Quasi quotidianamente assistiamo a catastrofi che sconvolgono territori più o meno vicini con una sorta di disagio frutto di frustrazione, ansia e impotenza. Sembra che tutto dipenda da noi (l'impronta dell'uomo sul pianeta) ma, allo stesso tempo, sembra che qualunque atto o comportamento possiamo mettere in atto sia sempre troppo piccolo, insufficiente (se non ininfluente) di fronte alla vastità dei fenomeni coinvolti. E poi ci sono le nostre abitudini, i nostri ritmi, i nostri stili di vita che diamo per scontati come "normali" e ai quali non crediamo di dover rinunciare neanche con piccole modifiche. Allora bisogna che la scuola si faccia carico della questione, affrontandola in modo nuovo, visto che decenni di progetti fatti di buoni propositi non hanno sortito l'effetto sperato. "Di buone intenzioni è lastricata la via dell'inferno", recita un proverbio popolare e mai come in questo caso la saggezza popolare è in grado di descrivere la situazione in cui ci troviamo a vivere.

Partendo da queste considerazioni, abbiamo cercato un modo pedagogico di affrontare la questione, combinando il nostro metodo per l'insegnamento dell'educazione scientifica con uno sguardo ecologico fondato su atteggiamenti e comportamenti che, partendo dalla conoscenza e dalla scoperta, fosse in grado di costruire legami anche emotivi con ciò che andiamo osservando. In verità, lo abbiamo sempre fatto, ma in maniera implicita; dando per scontato che (anche in funzione dell'età dei bambini) quei legami si stabilissero quasi in automatico e che, altrettanto automaticamente, fossero in grado di produrre atteggiamenti rispettosi e protettivi.

Dobbiamo riflettere sul fatto che, forse, le cose non vanno sempre così e che, forse, (vista la gravità della situazione) bisogna che ciò che davamo per scontato, che rimaneva implicito anche nelle nostre progettazioni, debba diventare oggetto di riflessione, prima, e di sperimentazione e ricerca didattica, poi.

Ciò che segue rappresenta solo un primo approccio alla questione; un tentativo di mettere sul campo alcuni punti da cui poter iniziare un lavoro in questo senso.

2. Tra scienza e ambiente: un legame sempre più forte

Il legame si può determinare non solo perché solo la scienza può aiutarci a ridurre l'impatto delle catastrofi climatiche e ambientali, ma soprattutto perché è a partire dall'osservazione dell'ambiente che ci circonda (terra, animali, piante) che si possono costruire metodi di ricerca e saperi generalizzabili.

Si è sempre definita la storia "maestra di vita"; dobbiamo cominciare a dire che la natura è maestra di vita e sperare che i suoi insegnamenti siano più seguiti di quelli della storia. Cosa ci insegna la natura in campo educativo?

Trascorrere del tempo nella natura fa bene al corpo e alla mente dei bambini.

I bambini (tutti ormai, anche quelli che vivono nei piccoli paesi e in campagna) sono deprivati del contatto con la natura e le cose naturali. Gli anni del Covid hanno decretato poi la separazione definitiva da qualunque contatto di tipo naturale. Ma negli ultimi due decenni numerosi studi scientifici hanno cercato di isolare tutti i benefici del verde. La scoperta più importante è il legame tra tempo speso nella natura ed efficace apprendimento scolastico: contrariamente a quello che si potrebbe pensare, i bambini che trascorrono qualche ora nel verde ogni settimana ottengono risultati migliori di chi è costretto in casa o non ha modo di spostarsi dall'ambiente urbano.

3. Il contatto con la natura

3.1 La natura migliora l'attenzione dei bambini

Il tempo trascorso nella natura rigenera e potenzia l'attenzione dei bambini. Addirittura, è emerso da studi scientifici [1-3] che le attività nella natura alleviano i sintomi dell'ADHD (deficit di attenzione e iperattività).

3.2 La natura combatte lo stress

Trascorrere del tempo nel verde aiuta grandi e bambini ad alleviare lo stress. In particolare, uno studio [4, 5] sui bambini che abitavano nelle aree rurali ha rivelato che chi cresce circondato dal verde presenta livelli di logoramento molto più bassi rispetto a chi cresce in un contesto urbano. La natura aiuta a sviluppare l'auto-disciplina. L'autocontrollo e la disciplina sono elementi molto importanti per il successo a scuola, nel lavoro e, più in generale, per il benessere personale. I disturbi nel controllo degli impulsi e della condotta sono sempre più frequenti nei bambini: anche in questo caso, prendere parte ad attività nella natura aiuta a ritrovare l'autocontrollo e porta ad un miglioramento della condotta.

3.3 L'educazione all'aperto cattura l'interesse dei bambini

Gli insegnamenti scolastici impartiti all'aperto catturano l'attenzione dei bambini in modo molto maggiore di quelli impartiti in aula. Esistono delle sperimentazioni molto interessanti [6-8] su come sia possibile svolgere l'intero curriculum di scienze del ciclo primario all'aperto, in un orto didattico, con effetti benefici sulla motivazione e sulla partecipazione dei bambini. Inoltre, al rientro da un'attività svolta all'aperto, i bambini riescono a concentrarsi meglio sulla lezione successiva.

3.4 Il tempo trascorso all'aperto migliora la forma fisica

È scontato che le attività nella natura migliorino la forma fisica; meno intuitiva è la correlazione tra questa forma fisica e i risultati scolastici dei bambini: gli antichi dicevano *mens sana in corpore sano* e i moderni ricercatori [9, 10] possono confermarlo. In particolare, la capacità cardiorespiratoria è legata ai processi cognitivi.

3.5 Le attività nella natura promuovono le relazioni sociali

Gli studi scientifici [11, 12] rivelano che l'ambiente sociale dei bambini è molto importante per il loro successo scolastico. Il gioco e l'esplorazione nell'ambiente naturale promuovono le relazioni tra pari e la costruzione di un gruppo affiatato: si tratta di obiettivi educativi importanti.

4. Un esempio: camminare

Sembra una provocazione, ma i bambini che arrivano alla Scuola dell'Infanzia non sanno camminare. Corrono, deambulano, mettono un piede dietro l'altro, ma non camminano. In parte dipende dal normale sviluppo delle abilità motorie che, a tre anni, è ancora caratterizzato da uno scarso controllo e consapevolezza su movimenti che pure si è capaci di compiere. Su questo la scuola lavora con percorsi didattici specifici di educazione motoria. Ma in larga misura i bambini (anche oltre i 3 anni) non sanno camminare perché non hanno spazi idonei per poter imparare, occasioni nelle quali esercitare ciò che potenzialmente sono già in grado di fare. Muoversi dentro un'aula piena di arredi e di persone non è camminare, come non lo è fare esercizi in palestra. I bambini corrono, sbattono nei giochi e tra di loro. Fuori dall'aula inciampano, non si fermano in tempo davanti ad un ostacolo e non ne valutano l'eventuale pericolosità, non si fermano a guardare ciò che calpestano, si stancano alla prima, lieve, pendenza.

Camminare è un'altra cosa.

- Camminare rilassa
- Mentre si cammina, si scopre e si osserva
- Camminare è esplorare (l'ambiente ma anche le nostre possibilità)
- Camminare stabilisce una relazione tra ciò che pensiamo del mondo e ciò che il mondo è

Le nostre scuole non hanno un giardino e quando ce l'hanno è troppo piccolo per il numero dei bambini che lo usano, o è troppo pieno di giochi e giocattoli. Per camminare bisogna uscire dalla scuola, anche dal giardino; bisogna individuare aree adatte a questo tipo di attività; organizzare modalità sicure, ma continuative nel tempo in modo che si non tratti di una "gita" da fare una volta all'anno.

5. Ambiente naturale e ambienti digitali

Ogni nuova tecnologia introduce nel mondo non solo nuovi strumenti, ma anche nuovi modi di guardare la realtà. Ogni nuova tecnologia è portatrice di potenzialità e di rischi. Naturale e digitale non sono necessariamente in conflitto e la scuola non deve parteggiare per l'uno o per l'altro, ma anche qui si tratta di riflettere pedagogicamente su potenzialità e rischi senza demonizzare il digitale, rincorrendo una fantomatica età dell'oro in cui vivevamo tutti felici

senza cellulari e tablet, ma evitando anche facili entusiasmi generati da una narrazione intenzionale che lascia intravedere nell'utilizzo di strumenti digitali la panacea di tutti i problemi della scuola, determinando il miglioramento dell'interesse dei bambini, la facilitazione dell'apprendimento, la risoluzione delle dinamiche relazionali, ecc. Va poi considerato che il digitale "va avanti da sé"; per le sue caratteristiche e per la potenza attrattiva che gli è intrinseca, attrae e pervade la vita dei bambini dalla nascita. I bambini scoprono e utilizzano da soli le potenzialità dei dispositivi e degli applicativi: spesso sono loro ad indicarcene alcune che noi non conoscevamo. Ci sono, tuttavia, anche i rischi. Gli strumenti digitali sono idonei ad aiutare i bambini di questa età nella costruzione del senso di realtà? Nella ricerca della realtà? Nell'individuazione delle modalità e degli strumenti per giungere alla realtà? O rischia di costruire mondi nei quali non c'è distinzione tra realtà e finzione, dove la realizzazione di desideri, spesso effimeri e momentanei, mette in secondo piano (quando non elude del tutto) la considerazione delle conseguenze della loro realizzazione? E, per tornare al tema di questo ragionamento, i dispositivi digitali non sono in grado di avvicinare i bambini alla realtà naturale che li circonda e producono piuttosto (seppure involontariamente) un allontanamento, dovuto alla sostituzione della realtà naturale con una natura artefatta, priva di odori, umori, sensazioni tattili talvolta anche spiacevoli.

Non c'è il rischio che creino un'immagine della natura piuttosto che un contatto con essa?

6. Educazione scientifica come antidoto

Dunque, ci vuole un antidoto; qualcosa in grado non di combattere, ma di accompagnare l'inevitabile (e spesso utilissimo) utilizzo del digitale in modo che i bambini non siano soli con le immagini; qualcosa che li riporti alla realtà, alla natura, all'ambiente, quello reale, quando il digitale diventa troppo invasivo e fuorviante. Però, come i "veleni" presi nelle giuste dosi e sotto controllo medico possono essere usati in medicina, ci sono occasioni e momenti nei quali gli strumenti digitali rappresentano un valido aiuto e devono essere inseriti all'interno di quella "cassetta degli attrezzi" didattici che costituisce il bagaglio indispensabile di ogni insegnante. Ma non possono diventare il soggetto dell'azione didattica, il suo centro, il suo fine. Come qualsiasi altro strumento, sono portatori di potenzialità e di pericoli, specialmente quando vengono usati con bambini molto piccoli. L'alto grado di formalizzazione, che si nasconde dietro l'apparente semplicità di immagini e video, stimola la creazione di spiegazioni fantasiose se non fantascientifiche, nei bambini. Così come l'abbondanza di stimolazioni contemporanee (immagini, suoni, emozioni, sollecitazioni di desideri e bisogni indotti) indirizza la mente dei bambini verso modalità standardizzate di costruzione dei concetti, li conduce verso esiti "obbligati" che non sono il risultato di un'elaborazione cognitiva personale, magari meno accurata

o esatta, ma sicuramente più feconda dal punto di vista delle competenze che sviluppa. Infine, proprio il fatto che tutto sembri così facile, così vicino, così immediato da ottenere, rischia di alimentare atteggiamenti superficiali e passivi, in cui lo sforzo cognitivo, la ricerca, l'esperienza dell'errore sono ridotti al minimo.

Di fronte a questi rischi, la scuola deve interrogarsi e riflettere, realizzando proposte di educazione scientifica capaci di contrastare le derive che sopra abbiamo esposto e di promuovere e incrementare competenze e atteggiamenti caratterizzati da attenzione, ricerca, curiosità attiva, sviluppo di un metodo autonomo, in grado di portare i bambini e le bambine gradualmente verso la concettualizzazione degli elementi che compongono l'esperienza.

C'è bisogno di un'ambientazione didattica di alta qualità: ricerca di materiali, costruzione di strumenti operativi e concettuali, organizzazione e strutturazione di tempi e spazi, attenzione alle dinamiche di gruppo e alle strategie individuali di apprendimento. Bisogna scegliere saperi sempre diversi e progressivamente più strutturati. L'operatività, la dimensione corporea, la manipolazione sono le basi sulle quali promuovere l'avvio alla rielaborazione concettuale delle esperienze e dei vissuti e lo sviluppo delle prime forme di rappresentazione, socializzazione, documentazione e ricostruzione delle conoscenze. Diventano, quindi, fondamentali gli spazi aperti, le aule verdi, l'esplorazione di boschi, fiumi, prati, ambienti naturali vissuti direttamente e non visti su uno schermo, o ricostruiti con effetti 3D all'interno di aule immersive.

7. Come? La scuola del curriculum

Il curriculum verticale di educazione scientifica e ambientale si deve far carico di questa necessità, di questo bisogno di contatto organizzando, proponendo e realizzando occasioni di attività all'aperto che poi continuano in sezione con l'esame e l'osservazione, effettuata anche tramite strumentazioni tecnologiche dei materiali raccolti che, a loro volta producono nuove ipotesi e piste di lavoro, che richiedono nuove uscite per essere verificate nel confronto con l'ambiente reale.

Quali criteri per scegliere?

- Far incontrare i bambini con le cose (oggetti, esseri viventi, ambienti, relazioni) in modo per loro significativo, cioè concettualmente dominabile
- Partire da cose vicine, quanto più familiari e concrete, per rivalutare ciò che viene dato per scontato e di cui si sottovalutano attrattive e potenzialità; per facilitare l'apprendimento favorendo il trasferimento delle abilità conquistate all'interno di contesti conosciuti a cose più lontane dal vissuto
- Prima di un approccio razionale ci deve essere spazio per l'esperienza quanto più possibile libera e completa con l'oggetto dell'osservazione,

perché le cose osservate sono portatrici di una forte carica emotivo - affettiva e coinvolgono aspetti della personalità non riconducibili al solo ambito cognitivo; per permettere a ciascuno di relazionarsi alla cosa secondo modalità e tempi a lui più congeniali; per far sì che l'entusiasmo e l'interesse fungano da stimolo e non da intralcio

8. Una proposta sintetica delle fasi del percorso

- a) Fase esplorativa libera
- b) Fase esplorativa guidata (eventuale raccolta di materiale e documentazione)
- c) Rielaborazione individuale (schede strutturate, disegni, costruzioni, verbalizzazioni, relazioni scritte ...)
- d) Rielaborazione collettiva (cartelloni di codifica, tabelle, diagrammi, attività di simbolizzazione e modellizzazione, ...)
- e) Sviluppo e potenziamento delle abilità linguistiche (capacità di descrizione, argomentazione, uso di un linguaggio specifico, allargamento del patrimonio lessicale, costruzione del testo scientifico)
- f) Verifiche: concetti e competenze (schede individuali, conversazioni registrate, interviste, prove strutturate); comportamenti (osservazione sistematica delle modifiche comportamentali iniziali e finali e delle produzioni linguistiche spontanee)

9. L'ossessione sul curricolo

Sembra scontato parlare di curricolo, che, dopo un'ondata di entusiasmo che ha preceduto e seguito di poco l'emanazione delle Indicazioni Nazionali del 2012, è stato fatto entrare nell'ambito degli adempimenti della scuola, ma non nella sua prassi. Ogni scuola a suo modo, con il proprio schema e il proprio linguaggio ha realizzato documenti periodicamente revisionati da commissioni più o meno partecipate, senza abbandonare, nella maggioranza dei casi, la tutela del modo tradizionale di insegnare. "Abbiamo il curricolo" si dice e, con questo, abbiamo evaso la pratica. Una sfilza di obiettivi, contenuti, qualche accenno di metodologia genericamente espressa ("il bambino al centro") e poi si fa scuola come sempre si è fatto. Oppure, in maniera più subdola, si adottano alcuni aspetti di ciò che è indicato nel documento curricolare senza, tuttavia, modificare la sostanza del fare scuola. Assumere una prospettiva curricolare vuol dire cambiare lo sguardo che si ha sui bambini, ribaltare le priorità dell'insegnamento realizzando uno spostamento fondamentale dai contenuti alle competenze, ricercare continuamente, continuamente modificare e adattare i percorsi sulla base delle risposte dei bambini che abbiamo davanti qui e ora.

Il curricolo non "si ha": si fa e si disfa continuamente.

Anche per l'educazione ambientale c'è bisogno di curricolo, c'è bisogno di rigore progettuale, intenzionalità pedagogica e consapevolezza professionale, altrimenti si finisce ai progetti di riciclo e alle visite alle isole ecologiche. Il curricolo di educazione ambientale richiede "ambiente" e le nostre scuole non sono attrezzate per questo. Ancora una volta, come sempre, prima di potersi mettere a lavoro con i bambini, c'è bisogno di creare le condizioni per potere svolgere quel lavoro.

Ma non abbiamo scelta: non ci sono scorciatoie.

Riferimenti

- [1] F. E. Kuo, A. Faber Taylor, A potential natural treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence from a national study, *American Journal of Public Health*, 2004, 94, 1580–1586 (DOI: 10.2105/AJPH.94.9.1580).
- [2] F. Mårtensson, C. Boldemann, M. Soderstrom, M. Blennow, J.-E. Englund, P. Grahn, Outdoor environmental assessment of attention promoting settings for preschool children, *Health & Place*, 2009, 15, 1149–1157 (DOI: 10.1016/j.healthplace.2009.07.002D).
- [3] D. R. Williams, P. S. Dixon, Impact of garden-based learning on academic outcomes in schools: synthesis of research between 1990 and 2010, *Review of Educational Research*, 2013, 83, 211–235 (DOI: 10.3102/0034654313475824).
- [4] M. McCree, R. Cutting, D. Sherwin, The hare and the tortoise go to forest school: taking the scenic route to academic attainment via emotional wellbeing outdoors, *Early Child Development and Care*, 2018, 188, 980–996 (DOI: 10.1080/03004430.2018.1446430).
- [5] L. Chawla, K. Keena, I. Pevec, E. Stanley, Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence, *Health Place*, 2014, 28, 1–13 (DOI: 10.1016/j.healthplace.2014.03.001).
- [6] V. Ulset, F. Vitaro, M. Brendgren, M. Bekkus, A. I. H. Borge, Time spent outdoors during preschool: Links with children's cognitive and behavioral development, *Journal of Environmental Psychology*, 2017, 52, 69–80 (DOI: 10.1016/j.jenvp.2017.05.007).
- [7] G. Scott, M. Boyd, D. Colquhoun, Changing spaces, changing relationships: the positive impact, *Journal of Outdoor and Environmental Education*, 2013, 17, 47–53 (DOI: 10.1007/BF03400955).
- [8] P. Dadvand, et al., Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren, *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.A.)*, 2015, 112, 7937–7942 (DOI: 10.1073/pnas.1503402112).
- [9] C. C. A. Santana, L. B. Azevedo, M. T. Cattuzzo, J. O. Hill, L. P. Andrade, W. L. Prado, Physical fitness and academic performance in youth: A systematic review, *Scandinavian Journal of Medicine & Science Sports*, 2017, 27, 579–603 (DOI: 10.1111/sms.12773).
- [10] A. C. Bell, J. E. Dyment, Grounds for health: the intersection of green scho-

- ol grounds and health-promoting schools, *Environmental Education Research*, 2008, **14**, 77–90 (DOI: 10.1080/13504620701843426).
- [11] J. A. Benfield, G. N. Rainbolt, P. A. Bell, G. H. Donovan, Classrooms with nature views: evidence of differing student perceptions and behaviors, *Environment and Behavior*, 2015, **47**, 140–157 (DOI: 10.1177/0013916513499583).
- [12] C. Becker, G. Lauterbach, S. Spengler, U. Dettweiler, F. Mess, Effects of Regular Classes in Outdoor Education Settings: A Systematic Review on Students' Learning, Social and Health Dimensions, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, **14**, 485 (DOI: 10.3390/ijerph14050485).

Alla scoperta dell'acqua!

Unità didattica interdisciplinare realizzata in modalità laboratoriale

Marianna Marchini e Erica Cameran¹

Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna

e-mail: marianna.marchini2@unibo.it

ericacameran@gmail.com

Abstract. This paper reports an interdisciplinary teaching unit design for a 4th grade of a primary school and tested in the outskirts of Bologna aimed to investigate three of the properties of water (surface tension, capillarity, and solvent power) by using the "hands-on, minds-on" approach of the 5Es instructional model.

The three properties of water were investigated at both macro and sub-micro level. The experiments were designed to be performed autonomously by the students; two atomic theories were explored with multimedial teaching material to deepen the peculiar behavior of water molecule.

Keywords: unità didattica; laboratorio; 5Es instructional model; cooperative learning; peer tutoring; interdisciplinarietà; proprietà dell'acqua; teoria atomica

1. Introduzione all'unità didattica

Alla scoperta dell'acqua! è un'unità didattica interdisciplinare sulle peculiarità dell'acqua, progettata a partire dalle Indicazioni Nazionali² [1] e realizzata in modalità laboratoriale con metodologie didattiche attive (5Es instructional model, cooperative learning e peer tutoring).

L'unità didattica è trasversale alle scienze; tratta, infatti, argomenti di chimica, biologia, fisica e matematica; inoltre, esplora alcuni aspetti etici e sociali legati all'acqua, come ad esempio l'accesso all'acqua potabile e il concetto di acqua invisibile. Ha una durata di 33 ore ed è stata realizzata come progetto di tesi di laurea in Scienze della Formazione Primaria in una classe quarta dell'Istituto Comprensivo di Granarolo dell'Emilia, in provincia di Bologna.

¹ Laureata in Scienze della Formazione Primaria

² Ciascuna fase di cui si compone l'unità didattica è stata costruita sulla base di obiettivi specifici relazionati all'obiettivo generale delle Indicazioni Nazionali.

Alla scoperta dell'acqua! si compone di cinque fasi, due valutazioni formative, ciascuna con un successivo incontro di recupero, e una valutazione sommativa (Figura 1).

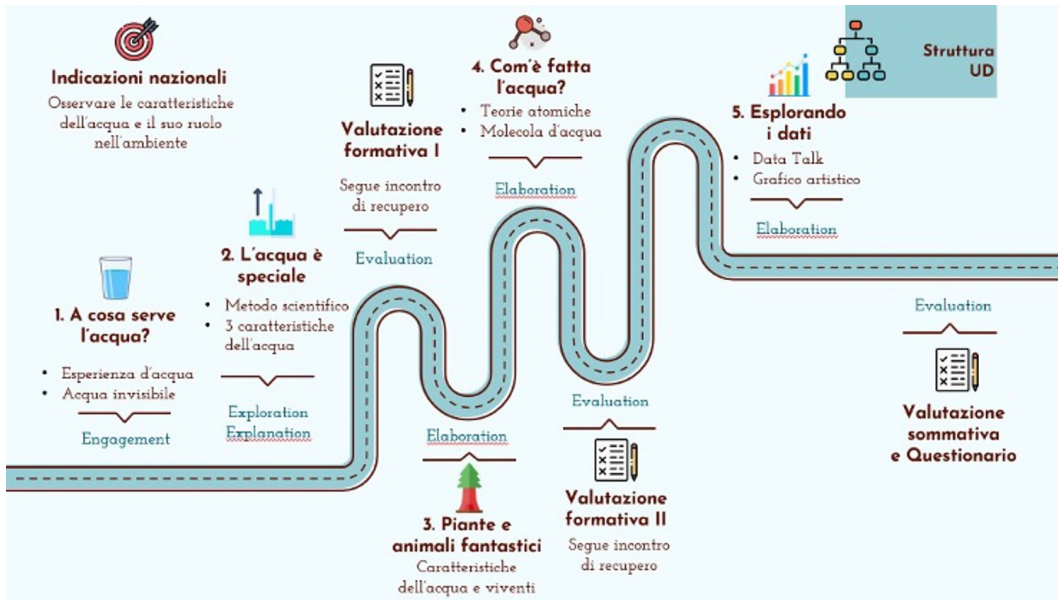


Figura 1. Struttura dell'unità didattica Alla scoperta dell'acqua!

L'attività didattica parte dal vissuto quotidiano dei bambini e delle bambine nel loro rapporto con l'acqua per ampliarne il concetto di utilizzo fino a estenderlo all'acqua invisibile [2]; successivamente i bambini e le bambine esplorano, mediante esperimenti eseguiti in autonomia con l'applicazione del metodo scientifico, l'acqua come sostanza peculiare focalizzandosi su tre delle sue caratteristiche: potere solvente, capillarità e tensione superficiale. La trattazione dei contenuti comincia da un livello "macro" (esperimenti con l'acqua con effetti visibili a occhio nudo) e si addentra in un livello "sub-micro" (teorie atomiche, comportamento dell'acqua a livello molecolare), sempre considerando l'osservazione del mondo circostante e l'importanza delle caratteristiche dell'acqua per i viventi (in particolare la sequoia, il tardigrado e i gerridi). Conclude il percorso una riflessione sull'acqua da un punto di vista sociale (utilizzo dell'acqua nei settori produttivi e accesso all'acqua potabile nei vari Paesi) e personale (il rapporto intimo di ciascun bambino e bambina con l'acqua) grazie a un Data Talk [3] e alla realizzazione di un "grafico artistico" [4], basato sull'utilizzo dell'acqua durante una intera giornata.

L'unità didattica è stata sviluppata attraverso le 5 fasi del 5Es instructional model (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, Evaluation), con

una differenza rispetto al modello classico: sono state inserite due valutazioni formative seguite da due incontri di recupero prima della valutazione sommativa, in accordo con la metodologia del Mastery learning di Bloom [5].

2. Focus sugli esperimenti: l'acqua è speciale

2.1 La classe come comunità scientifica

La classe è stata trasformata in una comunità scientifica, così come previsto dall'approccio dell'Inquiry-based Science Education in cui si situa il metodo del 5Es instructional model [6]. Posti a semicerchio davanti alla LIM, i bambini e le bambine hanno guardato cinque brevi video³ che narravano le biografie e le scoperte di cinque tra chimici e chimiche: Antoine-Laurent de Lavoisier; Dmitrij Ivanovič Mendeleev; Marie Skłodowska Curie; Rosalind Franklin e Raychelle Burks.

Dopo ogni visione venivano poste molte domande: *Lavoisier è vivo? Come è morto? Perché hanno rubato la foto di Rosalind? Chi l'ha rubata? Cosa succede se si rompe il DNA? Perché il marito di Marie Curie è morto? Perché Marie non ha fatto il brevetto?*

Solitamente nella scuola primaria le scienze si studiano a prescindere dalla storia di chi ha contribuito a svilupparle, a parte, forse, nominare alcuni personaggi ritenuti geniali (Pitagora, Galileo, Einstein e pochi altri); non è prassi diffusa trattare una storia della scienza collegandola a scoperte e invenzioni; quindi, spesso la scienza appare come monolitica, soggetta a giustapposizioni sempre migliorative e non a cambiamenti di paradigma, errori, fallimenti, ricerche ancora in corso cominciate centinaia di anni prima, collaborazioni tra scienziati [7]. Conoscere, seppur sommariamente, le biografie degli scienziati è un passo verso la contestualizzazione delle scienze in un flusso storico; inoltre, genera un interesse e una curiosità che spingono a voler saperne di più.

I gruppi erano composti da quattro persone per favorire una migliore riuscita del lavoro e ogni partecipante era dotato di uno speciale "pass scienziato", cioè un'immagine plastificata corredata di nastro colorato in modo da poterla indossare come una collana. L'immagine recava anche le date di nascita e di morte in modo da poter situare lo scienziato o scienziata nel tempo. Inoltre, applicando la metodologia del cooperative learning [8], ogni membro del gruppo ricopriva uno specifico ruolo per contribuire al raggiungimento dell'obiettivo. I ruoli erano assegnati casualmente tramite delle carte appositamente preparate⁴ e, nel corso delle attività, i ruoli sono stati ricoperti a turno da ciascun bambino o bambina, così che tutti hanno avuto la possibilità di sperimentare tutti i ruoli (Figura 2).

³ I video sono stati prodotti utilizzando il software gratuito **Da Vinci Resolve**.

⁴ Le carte dei ruoli sono state preparate utilizzando l'app **CANVA** nella versione gratuita.



Figura 2. Un esempio di “pass scientifico” e una carta dei ruoli

2.2 L'aula come laboratorio di chimica

L'aula si è trasformata in un laboratorio: i banchi sono stati disposti a isole per formare cinque “Stazioni sperimentali”, dotate di tutto il necessario affinché i gruppi potessero svolgere gli esperimenti in completa autonomia (Figura 3).



Figura 3. Una Stazione sperimentale

Ciascuna Stazione sperimentale conteneva:

- un Vademecum per spiegare cosa sono le stazioni sperimentali e come utilizzarle e per descrivere i compiti dei vari ruoli dei membri del gruppo (Sperimentatore, Osservatore, Esperto, Mediatore);
- le istruzioni per realizzare gli esperimenti;
- il materiale per effettuare gli esperimenti, diverso in ciascuna Stazione;
- le Schede di osservazione, ovvero gli strumenti cartacei per raccogliere dati e formulare ipotesi;
- 1 timer per rendere il tempo “visibile” e facilitare così il rispetto dei tempi da parte del gruppo.

Ciascun gruppo ha avuto 30 minuti di tempo per eseguire l'esperimento in ciascuna Stazione, osservare il fenomeno e formulare una ipotesi che spiegasse il fenomeno osservato. Dopo l'utilizzo, la Stazione veniva lasciata pulita e ordinata per il gruppo successivo.

Gli esperimenti contenuti nelle Stazioni riguardavano tre peculiarità dell'acqua (tensione superficiale, capillarità e potere solvente), ma questi concetti non erano stati in alcun modo introdotti alla classe: era stato semplicemente accennato che l'acqua possiede delle caratteristiche speciali da scoprire tramite il metodo sperimentale. Come accade in una ricerca scientifica, gli scienziati e le scienziate non avevano le risposte alle proprie domande, così hanno raccolto dati, discusso, modificato le variabili degli esperimenti, quando necessario, e condiviso le proprie idee con la Comunità scientifica per trovare una teoria. I gruppi sono riusciti a svolgere questo percorso di ricerca con grande autonomia perché guidati dai materiali didattici preparati appositamente. La presenza dell'insegnante non serviva a dare risposte ma, come una sorta di “enzima”, facilitava lo sviluppo della ricerca attraverso domande e osservazioni.

Di seguito una breve descrizione degli esperimenti di ciascuna Stazione sperimentale, corredate delle immagini dei gruppi al lavoro.

- *Stazione 1: potere solvente.* I bambini e le bambine avevano a disposizione varie sostanze da sciogliere in acqua per poi annotare le loro osservazioni in una griglia dettagliata in modo funzionale alla formulazione di un'ipotesi⁵ (Figura 4).

⁵ La Scheda di osservazione richiedeva di annotare, per ciascuna sostanza, se si scioglieva o meno nell'acqua e come appariva l'unione della sostanza con l'acqua. Successivamente, chiedeva di osservare la tabella nel suo complesso confrontando i dati e scrivendo le proprie osservazioni. Infine, invitava a formulare un'ipotesi per spiegare la caratteristica misteriosa dell'acqua della Stazione sperimentale. Le sostanze erano: farina, sale, olio, terra, aceto, solfato di rame.



Figura 4. Potere solvente: i bambini e le bambine mescolano le sostanze all'acqua e annotano i risultati

- *Stazione 2: tensione superficiale.* I bambini e le bambine hanno contato quante gocce d'acqua si potevano mettere su di una moneta da 5 centesimi di euro prima che l'acqua debordasse e, poi, hanno formulato un'ipotesi che spiegasse il fenomeno⁶ (Figura 5).



Figura 5. Tensione superficiale: i bambini e le bambine contano quante goccioline d'acqua riescono a mettere su di una moneta

⁶ La Scheda di osservazione chiedeva di stimare, prima di condurre l'esperimento, quante goccioline d'acqua fosse possibile mettere sulla moneta da 5 centesimi di euro prima che l'acqua debordasse: tutti i gruppi hanno sottostimato il numero di goccioline e si sono poi sorpresi scoprendo che era possibile mettere più goccioline di quelle che si aspettavano.

- *Stazione 3: tensione superficiale.* I bambini e le bambine hanno messo dell'acqua in un piattino, poi hanno spolverato del pepe sulla superficie dell'acqua annotando le osservazioni. In seguito, hanno intinto la punta di un bastoncino nel sapone per piatti e lo hanno appoggiato delicatamente sulla superficie dell'acqua. Dopo aver osservato e annotato ciò che era accaduto, hanno cercato una spiegazione (Figura 6).



Figura 6. Tensione superficiale: i bambini e le bambine osservano cosa succede immergendo un bastoncino intinto nel sapone in una ciotola con acqua spolverata di pepe

- *Stazione 4: capillarità.* I bambini e le bambine hanno realizzato un fiore di carta che si apre una volta appoggiato sulla superficie dell'acqua. Osservandolo, hanno formulato un'ipotesi per rispondere alla domanda: perché il fiore si apre? (Figura 7).



Figura 7. Capillarità: i bambini e le bambine preparano un fiore di carta che si apre a contatto con l'acqua

- *Stazione 5: capillarità.* I bambini e le bambine hanno trasferito dell'acqua colorata da un bicchiere a un altro con un ponte di carta assorbente e poi hanno formulato un'ipotesi per spiegare perché ciò succede (Figura 8).

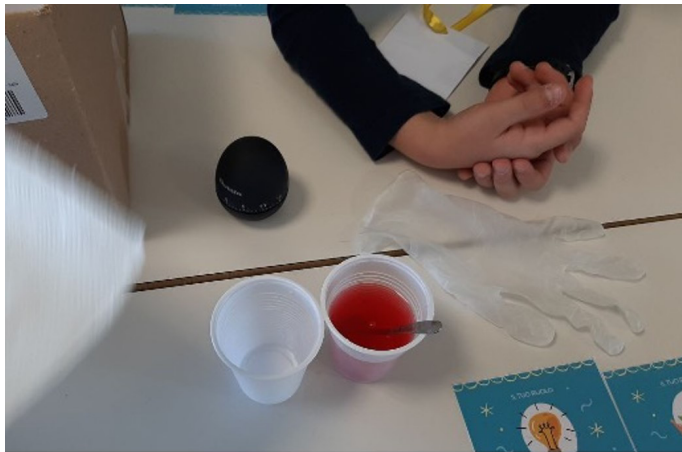


Figura 8. Capillarità: i bambini e le bambine preparano un ponte di carta assorbente per trasferire l'acqua colorata da un bicchiere all'altro

2.3 Esperimenti di verifica e condivisione nella comunità scientifica

Dopo l'incontro in cui i gruppi hanno realizzato gli esperimenti, sono state analizzate tutte le ipotesi formulate dei vari gruppi (ciascuna Stazione aveva cinque ipotesi, una per gruppo): poiché alcune di queste avevano dei fattori in comune, è stata preparata una presentazione power point per riflettere collettivamente, notando le somiglianze e le differenze tra le varie ipotesi e ragionando su come potevano essere messe alla prova. Un esempio è l'ipotesi formulata da tre gruppi secondo la quale l'acqua rimaneva sulla moneta perché aveva dei bordi leggermente rialzati. L'esperimento è stato, allora, ripetuto utilizzando un dischetto di metallo delle stesse dimensioni della moneta, ma senza bordi. In ognuno di questi casi sono stati i bambini e le bambine o, meglio, è stata la comunità scientifica che, discutendo, ha proposto la variazione dell'esperimento necessaria a verificare le ipotesi. Non è stato introdotto il concetto di "variabile" negli esperimenti ma, in pratica, è quanto la classe è riuscita a fare: identificare le variabili da modificare per avere una conferma o una confutazione delle proprie supposizioni. Lo scopo dell'incontro era la condivisione dei risultati nella comunità scientifica per arrivare alla formulazione di un'ipotesi condivisa. In pratica, gli Esperti di ciascuna Stazione sperimentale si sono riuniti con i dati raccolti e le ipotesi formulate dai cinque gruppi e hanno discusso. Per facilitare le interazioni, i gruppi avevano a disposizione una infografica dal titolo "Come condividere le

idee nella comunità scientifica”, che spiegava come procedere,⁷ e degli appositi fogli da compilare, denominati “Documento di condivisione dei risultati”, specifici per ciascuna Stazione sperimentale⁸ (Figura 9).

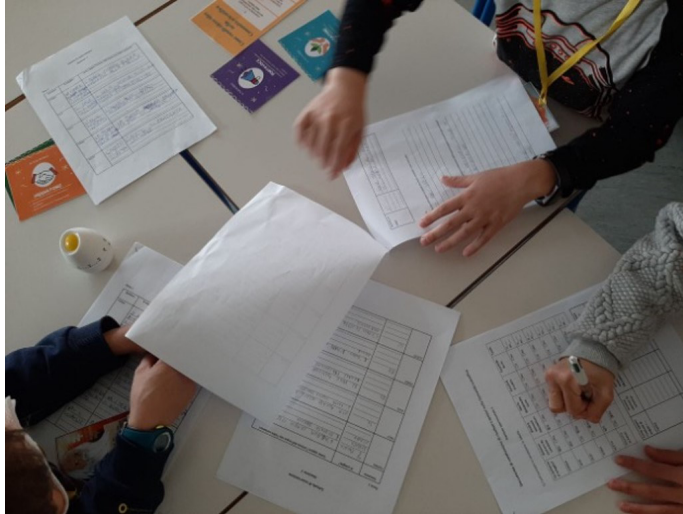


Figura 9. Un gruppo di Esperti condivide risultati e ipotesi dei vari gruppi per giungere ad un'ipotesi comune

Dalle discussioni ciascun gruppo di Esperti ha formulato le seguenti ipotesi.

- **Stazione 1:** *Alcune sostanze si sciolgono, ma altre non si sciolgono, dipende dalle sostanze che sono. Molte si sciolgono.* Il fatto che una sostanza si sciolga o meno viene attribuito alle caratteristiche delle sostanze, in

⁷ L'infografica riportava i passi da seguire per rendere possibile la discussione in piccolo gruppo: 1) condividete tutti i dati richiesti nel documento, annotandoli; 2) ciascuno scienziato o scienziata spiega agli altri la propria ipotesi sulla caratteristica misteriosa dell'acqua; 3) appoggiate sul banco tutti i fogli con le ipotesi; 4) raggruppate i fogli che hanno ipotesi simili; 5) discutendo, scegliete un'ipotesi, oppure formulatene una nuova basandovi su quelle presentate.

⁸ Per la Stazione sperimentale 1, si chiedeva di annotare in una griglia se le sostanze si scioglievano oppure no e come appariva la miscelazione di acqua e della sostanza, mettendo così a confronto in modo sinottico i dati di tutti i gruppi. Per la Stazione sperimentale 2, si chiedeva di confrontare il numero di goccioline messe sulla moneta (e questo gruppo aveva scartato l'ipotesi che fossero i bordi a contenere l'acqua, grazie all'esperimento di verifica). Per la Stazione sperimentale 3, si chiedeva di mettere a confronto, in una tabella, il movimento del pepe prima e dopo avere toccato la superficie dell'acqua con un bastoncino intinto nel detergente per piatti (e questo gruppo aveva scartato l'ipotesi che l'acqua fosse estranea al verificarsi del fenomeno grazie all'esperimento di verifica). Per la Stazione sperimentale 4, si chiedeva di mettere a confronto le osservazioni sul comportamento del fiore di carta una volta appoggiato sull'acqua. Per la Stazione sperimentale 5, si chiedeva di confrontare il trasferimento o meno di acqua da un bicchiere all'altro tramite il ponte di carta assorbente.

realtà questo dipende dall'interazione tra le sostanze e l'acqua. È stato, invece, correttamente osservato che “molte” si sciolgono, ovvero che la maggior parte delle sostanze analizzate sono solubili in acqua.

- *Stazione 2: Le gocce si uniscono e la moneta ha una grandezza più elevata e perché l'acqua contiene ossigeno e fa ingrandire la goccia unendosi all'acqua.* Il gruppo ha poi articolato la propria ipotesi dicendo che le gocce d'acqua possono unirsi perché la moneta è più grande di una goccia; quindi, offre una superficie sufficientemente ampia per far unire le gocce: diversamente, l'acqua deborderebbe subito, dopo la seconda goccia. Il fenomeno è spiegato dal fatto che l'acqua “contiene ossigeno”, e che questo ossigeno, in qualche modo non specificato, ingrandisce la goccia d'acqua. Ma perché? Perché, secondo il gruppo, più acqua significa più ossigeno, quindi aumentano le gocce d'acqua si aumenta l'ossigeno. Qualcuno, nel gruppo, conosceva la formula chimica dell'acqua, sapeva quindi che contiene O, ossigeno: da qui il loro ragionamento. La classe ha studiato gli stati di aggregazione della materia, sa che l'ossigeno è un gas, e che il gas si espande. Nonostante non sia ciò che accade in realtà, è interessante il fatto che il gruppo abbia ipotizzato una ragione legata alla composizione molecolare dell'acqua.
- *Stazione 3: L'acqua e il detergente sono sostanze diverse e quindi fanno allontanare il pepe verso i bordi.* Il fenomeno è correttamente spiegato dall'interazione tra due sostanze che sono “diverse”, in qualche modo non compatibili, e che “quindi” fanno allontanare il pepe. L'allontanamento del pepe è coerentemente visto come conseguenza dell'interazione tra le altre due sostanze.
- *Stazione 4: La carta ha una consistenza diversa dall'acqua se tu metti l'alluminio non si indebolisce perché non assorbe l'acqua.* Il gruppo ha considerato come “protagonista” del fenomeno “il fiore di carta”, il fatto che la carta ha una consistenza diversa dall'acqua e ha fatto riferimento all'esperimento mentale realizzato, quello del fiore di carta alluminio (che purtroppo non avevamo a disposizione in quel momento). Il gruppo ha messo a confronto la carta con l'acqua, osservando che hanno due “consistenze” diverse. Cosa sono queste “consistenze”? Il gruppo ha risposto che significa che sono fatte in modo diverso e che una assorbe l'altra. Il perché questo succeda non è stato compreso, ma il fatto dell'interazione, della relazione tra le due cose - l'acqua e la carta - è stato oggetto di riflessione: l'interazione tra acqua e carta dà l'assorbimento, mentre l'interazione tra acqua e alluminio no.

- Stazione 5: *L'acqua passa da un bicchiere all'altro perché viene assorbita dalla carta.* Anche questo gruppo non è riuscito a dare una motivazione del *perché* la carta riesca ad assorbire l'acqua. Gli esperimenti mentali fatti con una sostanza diversa al posto dell'acqua (metallo fuso e plastica fusa) sono forse troppo lontani dall'esperienza dei bambini e delle bambine e, anche osservando la carta assorbente controluce alla finestra, non hanno percepito la sua texture come dotata di spazi vuoti che l'acqua poteva riempire, probabilmente perché, in effetti, non è così chiaro osservando a occhio nudo che la carta abbia del "vuoto" dentro.

Per concludere l'incontro, partendo dalle esperienze e dalle riflessioni fatte, sono state trattate le tre caratteristiche dell'acqua nominandole, fornendo una spiegazione e vari esempi tratti dalla vita di tutti i giorni, con l'ausilio di tre presentazioni power point e quattro infografiche di riepilogo appositamente preparate. La spiegazione si è svolta in modo dialogico: la classe ha partecipato attivamente rispondendo a domande mirate e ricevendo feedback immediati. Inoltre, i bambini e le bambine erano liberi di rivolgersi domande tra di loro e di ricevere spiegazioni dai compagni.

Un'ultima considerazione: la capillarità si è dimostrata, di fatto, la caratteristica dell'acqua più complicata da capire, anche dopo la spiegazione, perché i "tubicini" lunghi e stretti in cui l'acqua può "arrampicarsi" non erano visibili nella carta utilizzata negli esperimenti. L'effetto è stato finalmente chiaro quando è stata mostrata dell'acqua colorata che risaleva dentro due tubicini di vetro: erano state mostrate delle immagini simili nella spiegazione, ma erano statiche e, quindi, i bambini e le bambine non erano riusciti a visualizzare la risalita dell'acqua. Quando l'hanno osservata dal vivo, rimanendo sorpresi dalla velocità con cui l'acqua risale, hanno capito il fenomeno della capillarità.

3. Focus sulle teorie atomiche: com'è fatta l'acqua?

3.1 Perché trattare le teorie atomiche alla Scuola primaria?

Le Indicazioni Nazionali citano l'acqua e le sue proprietà in più punti e in nessuno si parla esplicitamente di "atomi" e "molecole", neppure negli obiettivi della scuola secondaria di primo grado. D'altra parte, le Indicazioni raramente elencano contenuti specifici, essendo diseguate sulla base delle competenze che gli alunni dovrebbero acquisire al termine della loro formazione; spetta dunque alla progettazione del Collegio docenti e alla programmazione del singolo insegnante decidere quali contenuti trattare per raggiungere gli obiettivi generali forniti delle Indicazioni, stabilendo obiettivi specifici, contenuti, metodi e strumenti didattici in linea con le Indicazioni stesse.

Per quanto riguarda questo contesto, i bambini conoscevano già termini come "atomo", "quantico", "molecola", "elettrone" e anche formule di alcune molecole, come H_2O e CO_2 . Sono, infatti, termini e concetti utilizzati in diversi ambiti e conte-

sti quotidiani: nei notiziari (spesso riferendosi all'inquinamento e al riscaldamento globale), nell'intrattenimento, nei documentari disponibili nelle piattaforme di streaming, in contenuti disponibili su YouTube e in libri rivolti all'infanzia [9-12].

Si è anche constatato che le conoscenze che i bambini avevano dell'atomo erano frammentate e spesso inesatte e che la classe era molto incuriosita dall'argomento, facendo molte domande.⁹

Inoltre, come sottolineato da A.H. Johnstone con il suo celebre lavoro del 1993 [13], l'apprendimento dei concetti scientifici passa attraverso la conoscenza delle relazioni tra i tre livelli concettuali, macro, sub-micro e simbolico: la mancanza di attenzione nella collocazione di un concetto chimico all'interno di ciascuno di questi tre livelli potrebbe creare confusione nella comprensione di concetti scientifici di base. Nel caso specifico di questo contributo, si tratta di spiegare la capacità delle molecole d'acqua di formare legami a ponte idrogeno, interazione fondamentale per comprendere le sue proprietà speciali.

Tenendo in considerazione tutto questo, abbiamo deciso di introdurre l'atomo in modo più dettagliato, trattando dunque le teorie atomiche, il che ha reso necessario impiegare il concetto di modello, fondamentale per la comprensione della scienza, scoprendo anche che nessun modello è perfetto e definitivo, ma perfezionabile. I modelli ci permettono di spiegare i fenomeni e di fare previsioni, spesso molto accurate, ma non sono "la realtà": questo concetto complesso e astratto, così fondamentale per l'avanzamento della conoscenza, può diventare più comprensibile se applicato a qualcosa di concreto, come appunto questo percorso di scoperta dell'acqua.¹⁰

⁹ Gli elettroni sbattono l'uno contro l'altro? (Nella corrente elettrica) se tutti gli elettroni vanno da una parte, cosa ci va dall'altra? Cosa succede se un elettrone va a sbattere contro il nucleo? Quanto girano veloci gli elettroni? Dove vanno gli elettroni quando c'è l'esplosione nucleare? Come si fa una esplosione nucleare? Come si fa l'energia nucleare? Come faccio a far muovere gli elettroni? (riferito alla corrente elettrica) Come funziona la lampadina? Perché se sfrego la plastica faccio elettricità? Perché a volte prendo la scossa quando tocco la macchina? Quando si prende la scossa si muore sempre? Quando prendo la scossa, l'elettricità rimane nella mano? Se io metterei (sic) un dito in un atomo, riuscirei a toccare un elettrone? O toccherei il nucleo? Se muovo una mano nell'aria, sposto gli elettroni? Perché nell'aria c'è elettricità? Perché gli atomi fanno le radiazioni che hanno ucciso Marie Curie? Perché ci fanno morire?

¹⁰ I modelli sono strumenti di conoscenza e di studio estremamente potenti: ci consentono di comprendere concetti o situazioni, anche molto complessi, e di manipolarli per ottenere spiegazioni e per fare previsioni. Ma le rappresentazioni presentano il rischio di essere identificate con la realtà stessa. Come la mappa non è il territorio, allo stesso modo una rappresentazione di un atomo a gusci non è un atomo. Sebbene possa sembrare scontato, oppure possiamo pensare di esserne consapevoli, nella pratica commettiamo spesso l'errore di confondere le due cose, facendo coincidere la realtà con la sua rappresentazione. Ad esempio, i modelli non sono in scala, perché la distanza tra il nucleo e gli elettroni è troppo vasta per entrare in foglio o in una slide. I modelli sono statici e bidimensionali, mentre in realtà ogni parte dell'atomo si muove continuamente ed è tridimensionale nello spazio. Per cercare di veicolare il concetto la mappa non è il territorio applicato agli atomi, nei tre incontri dedicati al mondo atomico e molecolare sono state preparate alcune slide *ad hoc*.

3.2 Due modelli dell'atomo

La prima parte di questo incontro prevedeva un brainstorming volto a rendere esplicite le idee della classe rispetto alla natura dell'acqua, rispondendo alla domanda: *Di cosa è fatta l'acqua?* Tuttavia la classe aveva già affrontato la questione accennando agli atomi e alle molecole, per cui si è scelto di eliminare questa parte. Dopo una prima attività di "riscaldamento" in cerchio, funzionale all'attivazione del corpo e a ripercorrere quanto realizzato fino a quel momento, i bambini e le bambine si sono seduti a semicerchio davanti alla LIM in cui era proiettata una presentazione power point guida dell'incontro, dal titolo *Di cosa sono fatte tutte le cose?*

La presentazione power point era strutturata in modo da ripercorrere brevemente le tappe che hanno portato alla formulazione dei modelli atomici di Rutherford e Bohr. Si è deciso di presentare entrambi i modelli perché il modello di Rutherford è il più conosciuto, la sua rappresentazione grafica è riportata nei libri di testo, mentre il modello a gusci, essendo più accurato, è fondamentale per comprendere la formazione delle molecole.

In seguito, i ragazzi sono stati divisi in gruppi per la prima attività pratica: avevano a disposizione sette mattoncini LEGO® per costruire il massimo numero possibile di combinazioni in dieci minuti. Il gioco è stato vissuto come una gara ed è risultato molto divertente. Inizialmente i gruppi montavano una combinazione di mattoncini, poi la smontavano completamente e ne rimontavano una nuova, ma rapidamente hanno capito che non era necessario tutto questo lavoro: per ottenere una nuova combinazione era sufficiente spostare un mattoncino alla volta. In tal modo sono riusciti a realizzare centinaia di combinazioni diverse e a rendersi conto di quante possibilità offrono sette semplici mattoncini, che rappresentavano altrettanti atomi (Figura 10).

In seguito, è stato affrontato il concetto di "modello" e, quindi, sono stati presentati il modello di Rutherford, quello planetario, e il modello a gusci di Bohr.

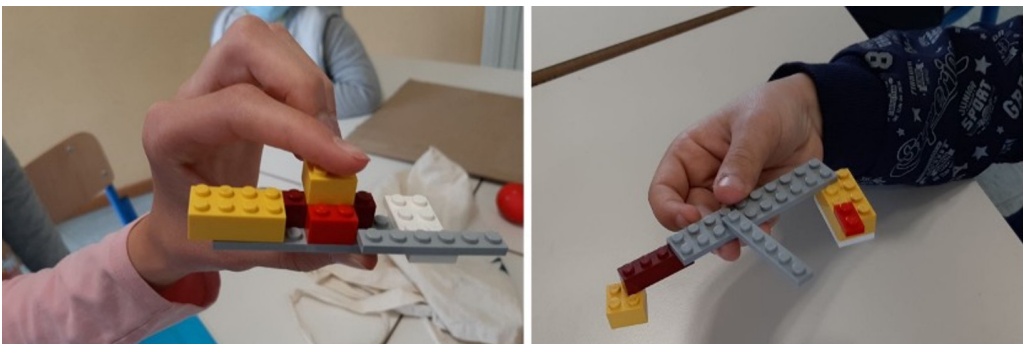


Figura 10. Due esempi delle numerose combinazioni di mattoncini LEGO® realizzate

Poiché nello studio delle scienze i modelli che descrivono un fenomeno non sono solo un passaggio di informazioni, ma sono anche il risultato di un ragionamento sul fenomeno, erano state progettate varie attività per rappresentare atomi e molecole e, quindi, per manipolare i concetti [14].

La classe si è divisa nei gruppi della comunità scientifica per rappresentare i modelli atomici utilizzando spago, tappi e colla (Figura 11).

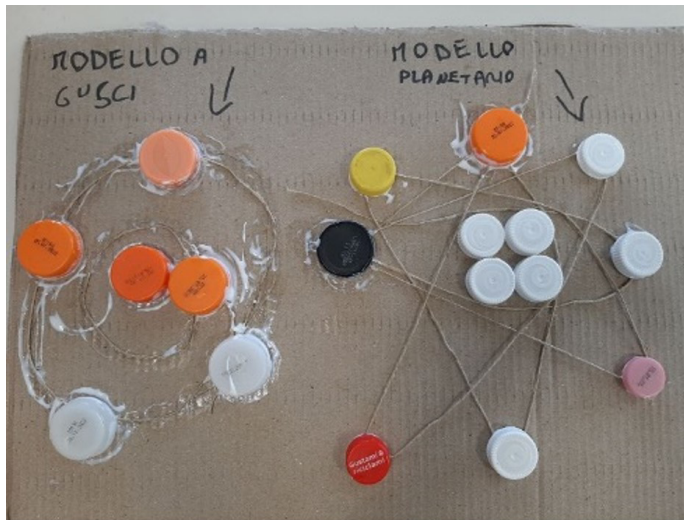


Figura 11. Un esempio di rappresentazione dei modelli atomici con spago e tappi di bottiglia

Dopo la visione dei lavori dei gruppi, è stata posta una domanda: *Secondo voi, quanto è grande un atomo?* Tutti sono stati concordi nel dire che un atomo è piccolissimo, ma risultava difficile fare paragoni per esprimere quanto. Con la visione di un breve video di TedEducation dal titolo *Just how small is an atom?*¹¹ e una presentazione power point, la classe ha preso familiarità con le dimensioni degli atomi.

L'incontro è proseguito con un gioco di memoria visiva: sono stati mostrati solo per pochi secondi il modello planetario e il modello a gusci; i bambini e le bambine sono stati invitati a disegnare i due modelli. Lo stesso esercizio è stato ripetuto chiedendo di rappresentare le particelle atomiche (Figura 12).

¹¹ È stata estrapolata la parte del video <https://www.youtube.com/watch?v=yQP4UJhNn0I> in cui si parla delle dimensioni dell'atomo, tralasciando quella in cui si tratta della densità del nucleo, ed è stato realizzato un doppiaggio in italiano in modo da non dover usare i sottotitoli a cui i bambini e le bambine non sono abituati e che avrebbe reso ancora più difficile la comprensione dei concetti trattati.

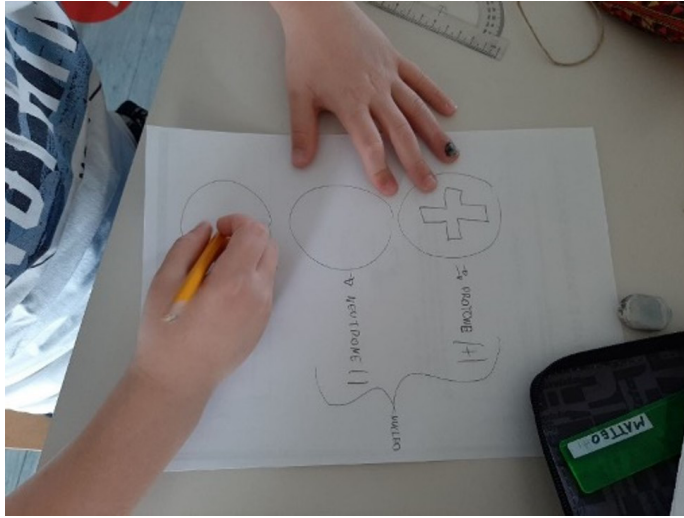


Figura 12. Un bambino rappresenta i tipi di particelle che compongono l'atomo nel gioco di memoria

3.3 La molecola d'acqua

Nell'incontro successivo si è proseguita l'esplorazione del mondo degli atomi.

Per riprendere quanto fatto in precedenza, sono state poste una serie di domande collegate tra loro: *Di cosa sono fatte tutte le cose? Che cos'è un atomo? Si può vedere un atomo?* e altre ancora.¹²

Ciascun gruppo ha poi avuto a disposizione della pasta di sale per realizzare i due modelli, senza disporre di un'immagine guida (Figura 13).



Figura 13. Due modelli di atomi realizzati in pasta di sale

¹² Ciascuna slide è animata in modo da far apparire prima solo la domanda e poi, al secondo clic, la risposta, per dare il tempo alla classe di riflettere e rispondere.

A questo punto, per evitare che la rappresentazione del modello fosse un puro atto mnemonico, è stata fornita un'altra consegna per i lavori di gruppo: *“Modellate due atomi con 1 elettrone, 1 protone e 0 neutroni per ciascun atomo”*. In questo modo i bambini e le bambine hanno iniziato a manipolare la rappresentazione cogliendone la stessa essenza, e cioè che c'è un nucleo attorno al quale girano, in orbite concentriche, uno o più elettroni (in questo caso un solo elettrone).¹³ Non tutti i gruppi hanno realizzato correttamente gli atomi, perché qualcuno ha inserito anche il neutrone nel nucleo; è stato chiesto, allora, di rileggere la consegna e di controllare con attenzione: l'errore è stato corretto e sono stati realizzati due atomi uguali.

Era arrivato il momento di porre delle domande sugli atomi per cominciare a capire come *“funzionano”*, come interagiscono tra di loro: *Gli atomi sono tutti uguali? Quanti sono i tipi di atomi esistenti in natura?* Queste domande hanno permesso di parlare degli elementi e del fatto che tutto ciò che compone il nostro universo è dato dalla combinazione di soli 92 tipi di atomi. L'attività che coinvolgeva le combinazioni di mattoncini LEGO® dell'incontro precedente è stata molto d'aiuto per figurarsi come sia possibile che un numero che appare così esiguo possa essere sufficiente a formare un numero di combinazioni così grande da non essere concepibile.

La classe era ora pronta a considerare l'interazione tra atomi in modo più specifico: *Come fanno gli atomi a unirsi? Cosa succede quando gli atomi si uniscono con un legame covalente?*¹⁴ È stato, quindi, chiesto ai gruppi di realizzare un legame covalente con i loro due atomi di idrogeno in pasta di sale, utilizzando il modello atomico a gusci (Figura 14).

Avendo considerato uno dei *“meccanismi”* che permette agli atomi di unirsi, è stato possibile passare alla molecola d'acqua.¹⁵

Trattando la molecola, per ragioni di funzionalità, è stato cambiato il modello di riferimento, utilizzando sia quello a calotte che quello a sfere e bastoncini. La classe ha esplorato la molecola d'acqua grazie ad alcune simulazioni computerizzate:¹⁶ il vantaggio del multimediale, in questo caso, è che ha permesso di *“osservare”* le molecole in 3D, di capire che sono costantemente in movimento e che non hanno un sotto o un sopra.

¹³ Alla classe è stato detto che ciascun guscio ha un numero massimo di elettroni che può *“ospitare”*, ma non abbiamo visto nel dettaglio quanti. La consegna richiedeva di rappresentare un solo elettrone, perché non ci fosse ambiguità sul numero di orbite.

¹⁴ Il legame covalente è stato l'unico tipo di legame affrontato durante l'unità didattica, perché funzionale alla comprensione della molecola d'acqua. Però, alla classe è stato detto che esistono altri tipi di legami, ma che non li avremmo trattati.

¹⁵ La finalità di questa parte dell'unità didattica era quella di utilizzare i modelli atomici e molecolari al fine di una maggiore e più profonda comprensione dell'acqua e delle sue particolari caratteristiche; quindi, non ci si è soffermati a studiare altri tipi di molecole.

¹⁶ Sono state utilizzate le simulazioni gratuitamente offerte dall'università del Colorado: <https://phet.colorado.edu/it/>



Figura 14. Il legame covalente tra due atomi di idrogeno

Il fatto di mostrare diversi tipi di modelli è utile per evitare (o, quantomeno, correggere) “l’ostacolo didattico” postulato dalla Teoria delle situazioni didattiche di Brousseau [15]: il modo in cui scegliamo di presentare un concetto è fondamentale e, se noi lo presentiamo sempre allo stesso modo, quello che il discente può interiorizzare è solo la rappresentazione che noi gli offriamo, identificandola con il concetto stesso.

Dopo aver scoperto la molecola d’acqua e riflettuto sulle diverse rappresentazioni, i gruppi hanno costruito le proprie molecole in 3D. Ciascun gruppo aveva a disposizione un vasetto di pongo colorato e degli stuzzicadenti e, in caso desiderasse avere pongo di colori diversi, poteva proporre degli scambi agli altri gruppi (Figura 15).

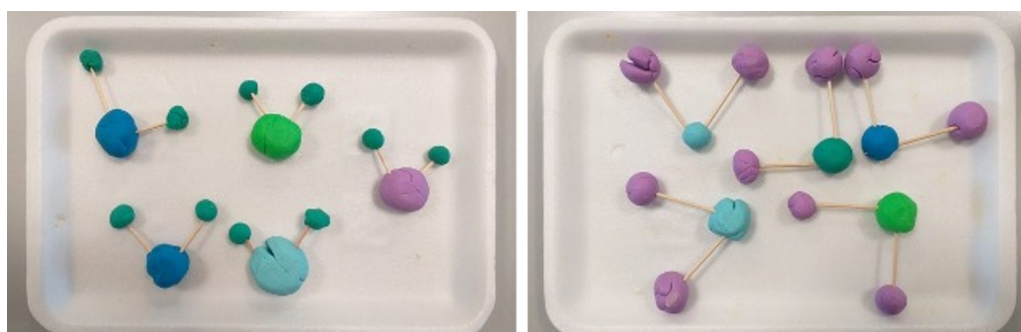


Figura 15. Alcune delle molecole d’acqua realizzate

3.4 Tensione superficiale, capillarità e potere solvente a livello molecolare

L’ultimo incontro dedicato al mondo atomico e molecolare si è incentrato sulle caratteristiche dell’acqua. Il fatto di riproporre le caratteristiche dell’acqua a livello molecolare si basa sulla concezione di Jerome Bruner della conoscenza “a spirale” [16] nel curriculum di studi: inizialmente la classe ha sperimenta-

to, descritto e spiegato alcuni comportamenti peculiari dell'acqua; ora studia nuovamente questi comportamenti a un livello più profondo, grazie alla conoscenza dei modelli atomici.

L'incontro è iniziato con un Quiz. Nonostante non ci fossero premi in palio, l'idea ha catturato l'attenzione dei gruppi: il gioco ha motivato tutti a impegnarsi e a dare il proprio meglio. L'inserimento di elementi di gamification, come il punteggio e i badge, è stato utile per far vivere in modo ludico un'attività che altrimenti non lo sarebbe stata. Le domande erano di due tipi, aperte e chiuse, e il punteggio variava a seconda del tipo di domanda.

Terminato il Quiz, i bambini e le bambine si sono seduti a semicerchio davanti alla LIM per continuare il viaggio nel mondo delle molecole. Il power point di riferimento si intitolava *Come sono le molecole d'acqua nei vari stati?* e mostrava un breve video¹⁷ di una simulazione del comportamento delle molecole d'acqua nei diversi stati di aggregazione.

A questo punto è stato affrontato il concetto di polarità, che si è rivelato complicato da comprendere: il concetto che una molecola d'acqua sia polare, abbia cioè un polo positivo e uno negativo, un po' come una calamita, è fondamentale per capire come funzionano i legami a ponte idrogeno e, quindi, per capire anche le proprietà degli stati di aggregazione.

Lo stesso termine "polo" ha generato confusione, perché quasi tutti avevano in mente il polo come bioma, associandolo al freddo e al ghiaccio, e non alle due zone opposte di un qualcosa, nel nostro caso di una calamita, o di una molecola.

Il problema di comprensione è stato chiaro quando è stato richiesto ai gruppi di realizzare dei legami a ponte idrogeno con della carta alluminio tra le molecole in pongo: nessun gruppo ha realizzato correttamente la consegna. La "tendenza" più diffusa è stata quella di collegare tra loro la parte della molecola corrispondente all'atomo di ossigeno, probabilmente perché più grande degli atomi di idrogeno.

È stato, allora, mostrato nuovamente alla classe il video delle molecole d'acqua nei tre stati di aggregazione, dicendo di fare molta attenzione ai legami a ponte idrogeno, fermando anche il video quando necessario. Inoltre, sono state riviste le slide di spiegazione della polarità della molecola d'acqua e le slide in cui erano rappresentate varie molecole d'acqua legate tra loro da legami a ponte idrogeno. In tal modo, i gruppi sono stati in grado di modificare quanto avevano realizzato, posizionando correttamente i legami (Figura 16).¹⁸

¹⁷ Il video mostrato in classe è un adattamento di un video prodotto dall'Associazione EURESIS e reso disponibile su YouTube a questo indirizzo: <https://video.link/w/7gJ4d>

¹⁸ L'argomento della polarità è poi stato trattato approfonditamente nell'incontro di recupero dopo la seconda valutazione formativa, anche con l'utilizzo di calamite e di modellini in plastica delle molecole d'acqua.

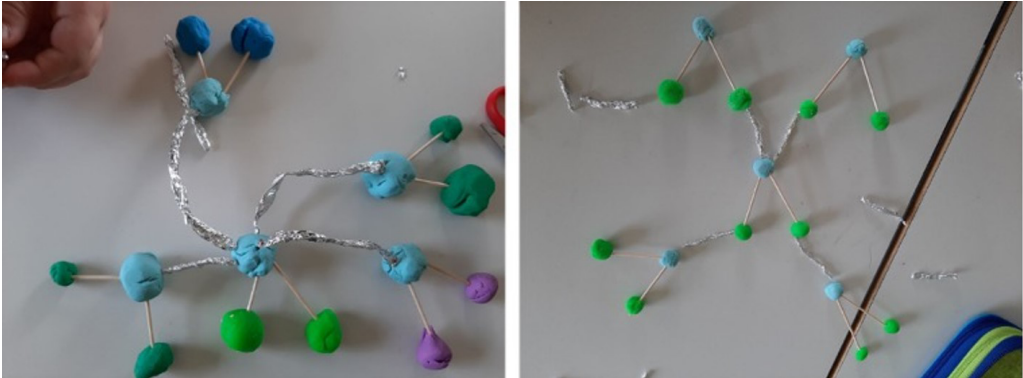


Figura 16. Molecole d'acqua unite da legami a ponte idrogeno in modo scorretto (a sinistra) e in modo corretto (a destra)

Una volta studiati i legami a ponte idrogeno è stato possibile chiudere il cerchio tornando alle tre caratteristiche peculiari dell'acqua osservate negli esperimenti e che erano state spiegate senza ricorrere al piano molecolare. Come di consueto, una presentazione power point (*Perché l'acqua si comporta in modo speciale?*) ha aiutato a mantenere il filo del discorso e a focalizzarsi sulle informazioni e i ragionamenti essenziali.

4. Valutazione degli apprendimenti

Per la valutazione sono stati utilizzati due tipi di prove:

- la prova pratica, in cui era richiesto di svolgere esperimenti in modo completamente autonomo, senza poter chiedere all'insegnante né chiarimenti, né suggerimenti;
- la prova scritta, con diversi tipi di domande: aperte, a scelta multipla, a risposta multipla, ordinamento e vero/falso; spesso era richiesto anche di motivare la risposta, in modo da avere accesso al ragionamento che il bambino aveva usato per rispondere.

Per ciascuna prova sono stati indicati i criteri di determinazione dei punteggi.

Le domande erano formulate sulla base degli obiettivi specifici e testavano fino al livello di "analisi" così come inteso nella tassonomia di Bloom [17].

Il feedback formativo è stato fornito in un colloquio individuale personalizzato con ciascun alunno al termine dell'incontro di recupero, con inclusa la visione della prova: in questo modo era possibile verificare nell'immediato se l'incontro di recupero¹⁹ era stato efficace.

¹⁹ Sono stati pianificati i due incontri di recupero dopo aver visto i risultati delle due prove formative. Per realizzare gli incontri, è stato chiesto ai bambini e alle bambine, che avevano raggiunto il 70% dei risultati apprendimento, di fare da tutor.

Il feedback è stato dato sia in modo visivo, con grafici a torta o a barre (in caso di confronto tra le prove) per permettere di vedere a colpo d'occhio il raggiungimento percentuale dell'obiettivo, sia in modo scritto, più analitico, per evidenziare i punti di forza e di debolezza (Figura 17).

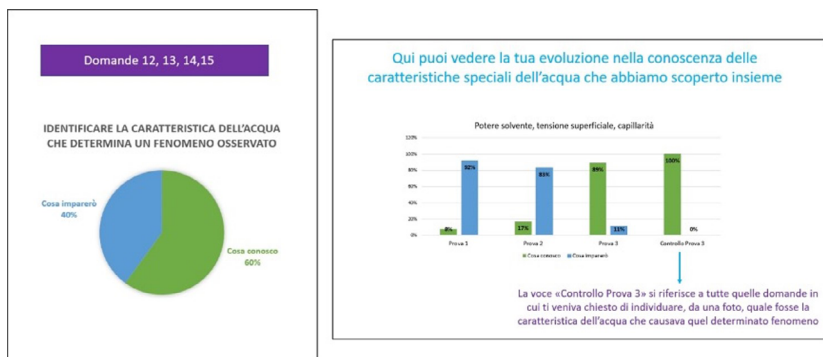


Figura 17. Un esempio di grafico a torta (a sinistra) e di grafico a barre (a destra) usati per dare un feedback sull'apprendimento

Al termine dell'unità didattica è stato chiesto alla classe di compilare un questionario di gradimento in cui era stata inserita una domanda specifica per avere riscontro dell'utilità – o meno – dei feedback grafici: tutti i bambini e le bambine hanno risposto che i grafici permettevano di avere un feedback chiaro sulla propria performance, ad esempio: *Posso osservare se sono andato bene o male. Capivo in cosa andavo meglio e dove andavo peggio. Capivo i miei errori e potevo migliorare.*

5. Conclusioni

La percentuale di apprendimento rilevato dalla prova sommativa è dell'81% (dati aggregati), un dato che denota un buon livello. La conoscenza della parte specifica relativa ad atomi e molecole è ancora più alta: 84%. La conoscenza delle caratteristiche dell'acqua è arrivata all'81%, ed è salita all'86% se si considera la parte "di controllo", cioè quelle domande in cui veniva mostrata una foto chiedendo di individuare qual era la caratteristica dell'acqua che determinava il fenomeno, sempre motivando la risposta.²⁰ Questa parte ha avuto risul-

²⁰ Se l'individuazione era corretta, ma non veniva fornita alcuna motivazione, oppure veniva data una motivazione non giusta, il punteggio assegnato era 0. Se il bambino o la bambina riconosceva nella foto una caratteristica che non era stata prevista e la motivava adeguatamente, riceveva un punteggio pieno. Ad esempio, in una immagine in cui c'era una bustina di tè nell'acqua si era pensato al potere solvente, ma ci sono state risposte che hanno indicato, giustamente, anche la capillarità.

tati migliori rispetto alla parte più nozionistica, cioè quella in cui era richiesto di definire le tre caratteristiche studiate.

Con il questionario di gradimento, i bambini e le bambine hanno indentificato gli esperimenti come l'attività più gradita, seguita a parimerito dalle attività pratiche e dai video. Inoltre, alla voce *Consigli per migliorare il laboratorio*, al primo posto, a parimerito, si collocano l'aggiunta di altri esperimenti e la considerazione che il percorso "va bene così com'è". Appare, quindi, che le attività "hands on" sono state le più gradite. Le attività "minds on", invece, cioè le discussioni nei gruppi, non sono risultate altrettanto gradite. Ciò è comprensibile, perché gli esperimenti solitamente sono divertenti, mentre le discussioni possono essere fonte di conflitto. Ma, spesso, è proprio la divergenza di opinioni che porta avanti la discussione generando comprensione. L'attività cognitivo-relazionale impiegata nelle discussioni ha bisogno di allenamento, così come ogni altra attività, e il gruppo classe non era abituato a questa modalità, a cui ha dovuto abituarsi mentre apprendeva nuovi concetti.

A questo proposito, osservando il grafico che riporta la progressione dell'apprendimento per quanto riguarda le caratteristiche dell'acqua (l'unico argomento presente in tutte e tre le prove), si osserva come, nella seconda prova, la percentuale di conoscenze apprese superi la percentuale di conoscenze ancora da apprendere: è possibile che, a quel punto dell'unità didattica, la classe avesse già cominciato a familiarizzare con le metodologie attive utilizzate, alleggerendo quindi il carico cognitivo relazionale all'apprendimento di un diverso modo di "fare lezione" (Figura 18).

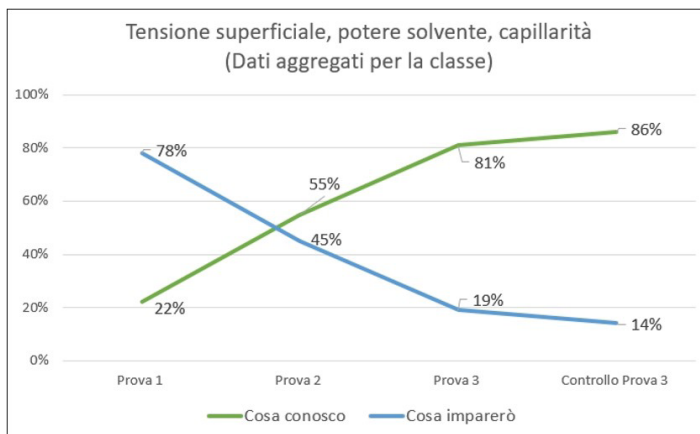


Figura 18. Grafico che traccia la progressione dell'apprendimento delle caratteristiche dell'acqua

Riferimenti

- [1] A.A.V.V., *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, Annali della pubblica istruzione, Le Monnier, Firenze, 2012, p. 68 (*Osservare le caratteristiche dell'acqua e il suo ruolo nell'ambiente*).
- [2] <https://thewaterweeat.com/>
- [3] <https://www.youcubed.org/wp-content/uploads/2020/05/What-is-a-Data-Talk-1.pdf>; <https://online.stanford.edu/courses/xeduc315n-21st-century-teaching-learning-data-science>
- [4] <https://www.dear-data.com/theproject>
- [5] E. Nigris, L. A. Teruggi, F. Zuccoli, *Didattica generale*, Pearson, Milano, 2016.
- [6] M. R. Gillies, *Inquiry-based Science Education*, CRC Press, Ebook Edition, 2020; R. W. Bybee, The BSCS 5E instructional model: personal reflections and contemporary implications, *Science and Children*, 2014, **51**(8), 10-13.
- [7] P. R. Costa da Silva, P. R. Miranda Correia, M. E. Infante-Malachias, Charles Darwin goes to school: the role of cartoons and narrative in setting science in an historical context, *Journal of Biological Education*, 2009, **43**(4), 175-180.
- [8] D. W. Johnson, R. T. Johnson, E. J. Holubec, *Cooperation in the classroom (revised)*, Interaction Book Company, Edina, Minnesota, 1991, pp. 1-19.
- [9] S. Cerrato, La forza nell'atomo. Lise Meitner si racconta; *Editoriale la Scienza*, 2016.
- [10] M. Barfield, La tavola degli elementi. Scopri la chimica intorno a te, *Editoriale la Scienza*, 2019.
- [11] S. Gillingham, *Esplorando gli elementi. Una guida completa alla tavola periodica*, Ippocampo, 2020.
- [12] L. Sciortino, *La vita di un atomo raccontata da sé medesimo*, Erickson, 2010.
- [13] A. H. Johnstone, The development of chemistry teaching, *J. Chem. Educ.*, 1993, **70**(9), 701.
- [14] M. R. Gillies, Representations, though, are more than simply transmitting information; they are integral to reasoning about the scientific phenomena, *Inquiry-based Science Education*, CRC Press, Ebook Edition, 2020, p. 114.
- [15] Ref. 5, pp. 125-151.
- [16] J. Bruner, *Verso una teoria dell'istruzione*, Roma, Armando, 1982.
- [17] <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/>

Hermann Kolbe L'ultimo resistente

Renato Noto

Professore emerito di Chimica Organica dell'Università di Palermo

e-mail: renato.noto@unipa.it

Abstract. With the advent of the structural theory, modern organic chemistry began to develop. Some of the most famous chemists of the time took a cold attitude towards the new theory, others were decidedly against it. Prominent among them was Kolbe, who was decidedly hostile not only towards the structural theory but also towards those who were its greatest supporters.

Keywords: teoria strutturistica; teoria dei radicali, stereochimica

1. Introduzione

Davanti a ogni innovazione epocale o anche soltanto a cambiamenti significativi nel modo di vedere le cose, ci si divide molto spesso in due categorie. A una categoria appartengono gli entusiasti, spesso acritici, sostenitori del nuovo; all'altra afferiscono coloro che pregiudizievolemente si oppongono a ogni cambiamento. In molti casi le due categorie sono caratterizzate da età e caratteri differenti; i giovani e gli ottimisti sono largamente presenti nella prima categoria mentre i meno giovani, gli anziani e i pessimisti affollano la seconda categoria. La composizione degli schieramenti si determina, inizialmente, su basi essenzialmente emotive e successivamente ciascun schieramento cerca un supporto razionale.

Anche nel mondo scientifico si assiste alla stessa divisione davanti a ogni significativo cambiamento. Le resistenze degli anziani sono tali che un grande scienziato come il fisico Max Plank (1858-1947) affermava *"Una nuova verità scientifica non si afferma convincendo i suoi avversari e illuminandoli, ma piuttosto perché dopo molti anni i suoi avversari muoiono e le nuove generazioni crescono abituate ad essa"* [1].

2. La teoria strutturistica

In chimica, nel secolo XIX, cambiamenti ce ne furono parecchi, quello su cui porrò la mia attenzione è legato alla nascita e all'affermazione della teoria strutturistica che possiamo collocare nel ventennio che va dal 1855 al 1875. Il russo Alexander Butlerov (1828-1886), nel 1861, esprimeva i principi fondamentali della teoria della struttura affermando che la natura chimica delle molecole era determinata, non solo, da quella degli atomi componenti e dal loro numero, ma dipendeva anche dalla struttura chimica [2]. Insieme a Butlerov un ruolo di primo piano spetta a Friederich August Kekulé (1829-1896) per avere proposto la tetravalenza dell'atomo di carbonio, nonché la possibile formazione di strutture cicliche. In realtà, successivamente si è riconosciuto il ruolo fondamentale che ebbe il chimico scozzese Archibald Scott Couper (1831-1892) nella descrizione della struttura del benzene e in generale delle molecole organiche, ma negli anni in cui si sviluppò la polemica oggetto di questo scritto il nome del chimico scozzese fu del tutto ignorato.

Quando la chimica strutturistica venne proposta, la maggior parte dei chimici aderiva alla teoria dei radicali organici, secondo la quale si riteneva che le molecole organiche fossero costituite da – e quindi risolvibili in – sottocomponenti (“radicali”) che potevano esistere anche indipendentemente. Questi radicali venivano assimilati agli atomi e come gli atomi indistruttibili. Quando la teoria strutturistica incominciò a prendere corpo, e a essere accettata dalla maggioranza dei chimici, contro di essa si schierò con vigore e arroganza il chimico tedesco Kolbe.

3. Note biografiche

I grandi scienziati sono utili nella prima metà della loro vita e dannosi nell'altra. Gaston Bachelard [3]

Adolph Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884) era il figlio maggiore del reverendo Carl Kolbe di Elliehausen, paese vicino a Göttingen (Hannover) nella bassa Sassonia. Fu educato a casa dal padre fino al quattordicesimo anno, quando entrò nel Ginnasio di Göttingen. Nell'aprile del 1838 iniziò lo studio della chimica, sotto la guida di Friederich Wöhler (1800-1882), all'Università di Göttingen, dove acquisì anche una profonda conoscenza teorica e pratica della fisica e della mineralogia. Conseguì il dottorato nel 1843 con Robert Bunsen (1811-1899) all'Università di Marburgo (Assia) con una tesi dal titolo “Sui prodotti dell'azione del cloro sul bisolfuro di carbonio”. Successivamente, trascorse a Londra un periodo di due anni (1845-1847) come post-doctor presso Lyon Payfair (1819-1898). In questo periodo fece amicizia e iniziò a collaborare con Edward Frankland (1825-1899). Tornato a Marburgo, successe a Bunsen, in tale Università, nel 1851. Nel 1865 fu chiamato all'Università di Lipsia (Sassonia). Dal 1857 ebbe una serie di gravi malattie e una serie di rancorose dispute con colleghi che sicuramente influirono negativamente sulla sua psiche. Kolbe fu un leader nel campo della

chimica organica, proprio quando questo campo stava entrando in un periodo di crescita esplosiva. Già nel 1844/45 pubblicò un metodo per la sintesi dell'acido acetico a partire da materiali inorganici, realizzando la prima sintesi generalmente accettata di un composto organico da composti inorganici (cloro e solfuro di carbonio).¹ Come la maggior parte dei chimici degli anni Quaranta del XIX secolo aderì alla teoria dei radicali organici. Le indagini di Kolbe su questi radicali fornirono gradualmente i mezzi per discernere la costituzione dettagliata delle sostanze organiche. Il nome di Kolbe, oltre alla sintesi dell'acido acetico, è legato a quella dell'acido salicilico, nonché all'elettrolisi degli acidi carbossilici.

Morì improvvisamente, per una malattia cardiaca, la sera del 25 novembre 1884 [4, 5].

4. La polemica

Come detto, quando la teoria strutturistica incominciò a prendere corpo e a essere accettata dalla maggioranza dei chimici, Kolbe assunse una posizione di netto rifiuto, ritenendo che i diagrammi strutturali molecolari non fossero corrispondenti alla realtà, ma addirittura dannosi allo sviluppo della chimica. Kolbe accettava la teoria classica dei radicali, che concepiva gruppi di atomi tenuti insieme da presunte forze elettrostatiche, perfettamente sufficiente per rappresentare anche le molecole organiche più complesse, e riteneva che le nuove formule strutturali fossero eccessivamente speculative. La posizione di Kolbe era preconcepita; infatti, ammise che fino al 1881 non aveva mai letto il classico trattato di Kekulé [6], dove la teoria della struttura era trattata in modo sistematico, poiché sapeva di non poterne trarre alcun insegnamento [5].

Altri chimici assunsero un atteggiamento prudente verso la nuova teoria, ma nessuno ebbe un atteggiamento così chiuso e ostile come Kolbe “... *l'inconciliabile divergenza tra Kolbe e tutti i chimici dell'epoca nostra* ...” [7]. La posizione di Kolbe nei confronti della teoria strutturistica è in qualche modo sorprendente, visto che è considerato, insieme a Frankland, uno dei chimici che aveva contribuito a stabilire le basi della teoria [5]. Probabilmente, a questo riguardo, è vera l'ipotesi di Marino che “*Alla difesa del vecchio contro il nuovo partecipano, a volte, anche eminenti scienziati, feriti forse nell'orgoglio per non averci pensato loro, difensori delle teorie che avevano concorso a stabilire e che vengono messe in discussione*” [8]. L'estrema difesa della teoria dei radicali risultò a tanti anacronistica. Eloquenti sono le parole con cui Stanislao Cannizzaro (1826-1910) presentò, in una storica seduta² del 27 marzo 1869, le memorie di Emanuele

¹ Con l'intervento determinante della luce solare, vedi H. Kolbe, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1845, **54**, 146-188.

² Paternò mostrò, attraverso l'uso di modelli molecolari, come fosse spiegabile l'esistenza di un terzo isomero del dibromobenzene; Körner dimostrò che i sei atomi di idrogeno del benzene erano identici.

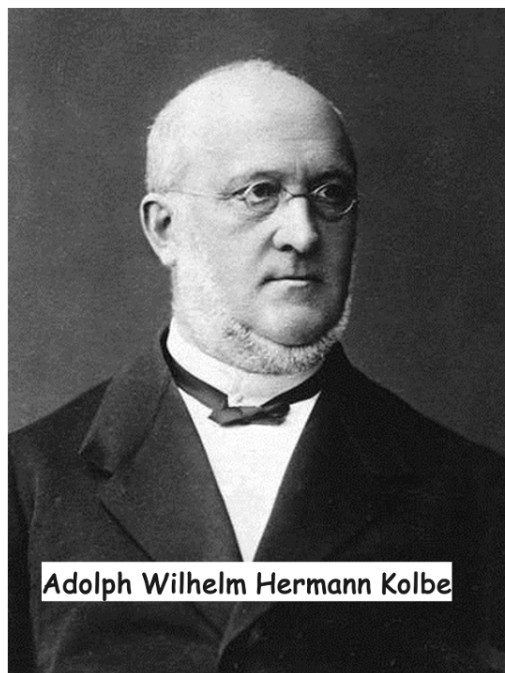
Paternò (1847-1935) e di Johann Wilhelm Körner (1839-1925). *“Nel dimetile (etano, ndr) si hanno connessi insieme due atomi di carbonio, ognuno dei quali porta tre atomi di idrogeno. Non credo che siavi chimico (eccetto Kolbe) il quale ponga in dubbio che i due residui CH_3 legati insieme siano perfettamente simili”* [9]. Secondo Kolbe in una molecola organica vi era un atomo di carbonio gerarchicamente predominante e gli altri subordinati [10]. Così, ad esempio, nell’1-cloropropano,³ l’atomo di carbonio 1 è quello gerarchicamente dominante, mentre, se dall’1-cloropropano si passa all’1,3-dicloropropano, i due atomi di cloro non sono identici perché legati ad atomi di carbonio aventi posizioni gerarchiche differenti. La rappresentazione strutturalistica dell’1,3-dicloropropano non dava conto di questa differenza; pertanto, era errata secondo l’opinione di Kolbe. Cannizzaro mostrò, con una serie di esempi, quanto erronea fosse la posizione di Kolbe [11]. La sintesi dell’etano per condensazione di due molecole di ioduro di metile indotta da sodio metallico fa dire a Cannizzaro *“Come può dubitarsi che nell’etano i due residui siano eguali?”* Allo stesso modo, considerando tutta una serie di reazioni ben note attraverso cui era possibile arrivare dal cianogeno $(\text{CN})_2$ all’acido ossalico $(\text{COOH})_2$ e da questi all’alcol etilico, passando per l’acido idrossiacetico prima e all’acido acetico successivamente, Cannizzaro scrive *“Se si ammettesse che in quest’ultimo (alcol etilico, ndr) i due atomi di carbonio non siano di egual grado, cioè l’uno sia predominante e l’altro subordinato, dovrà ammettersi che lo stesso segua nell’acido ossalico e nel cianogeno”* [11].

Quando Kolbe nel 1870 assunse la direzione della rivista *Journal für Praktische Chemie*, sfruttando il ruolo di editore, si fece appassionato e ossessivo oppositore della chimica strutturale, che, sulla base della dottrina della tetra-valenza e della capacità di formare catene di atomi di carbonio, portò al chiarimento di molti problemi irrisolti e a una fioritura senza precedenti della chimica organica, nonché costruì le basi della chimica organica moderna. Kolbe non solo si oppose alla nuova teoria, ma si scagliò con forza contro questa “eresia” e contro il suo maggiore artefice.

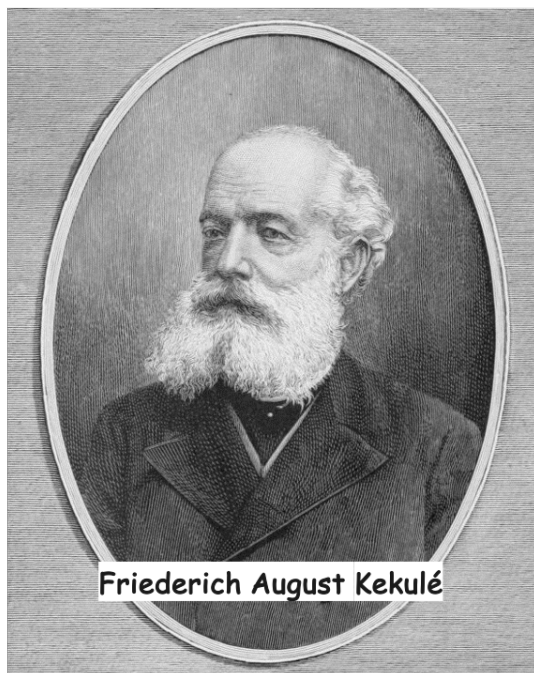
Per quale ragione Kolbe fu così rigido e, si potrebbe dire, odioso nei confronti di Kekulé, del suo insegnamento e di tutti i suoi seguaci?

Sembra che Kolbe disprezzasse Kekulé e che lo considerasse *uno sciocco chiacchierone, uno che ostentatamente promuoveva sé stesso e le proprie idee*. Inoltre, riteneva che la reputazione di cui godeva sarebbe venuta meno quanto prima [5].

³ I nomi dei composti sono quelli corretti secondo le regole IUPAC e non quelli che compaiono nell’articolo originale.



Adolph Wilhelm Hermann Kolbe



Friederich August Kekulé

Sicuramente certi aspetti caratteriali e culturali dividevano i due. Alcuni contemporanei, che ebbero divergenze, con Kolbe lo descrissero come uno incapace di ascoltare le opinioni altrui. Inoltre, bisogna considerare la sua educazione che, immagino, si basasse su verità assolute e non ammettesse di dubitare di queste. L'educazione, come detto, avvenne a opera del padre, pastore protestante, che viene descritto [5] come individuo determinato, eccezionalmente energico, di ferma volontà, parole che possono essere applicate anche al figlio. Kolbe era sciovinista convinto, orgoglioso del costituito impero germanico (1871); il tono dei suoi scritti e l'immagine che si trova su *internet* danno l'idea di un individuo burbero.

Di contro Kekulé proveniva da una famiglia della medio-alta borghesia, cosmopolita in grado di parlare correttamente le maggiori lingue europee. A leggere ciò che Kekulé raccontò circa l'ispirazione che lo indusse a pensare alla struttura ciclica del benzene, ci si fa l'idea di un buontempone dotato di grande fantasia. Infatti, Kekulé modificò, negli anni, il racconto, passando dal serpente che si mordeva la coda, alle scimmiette che si tenevano fra loro formando un circolo, agli atomi in movimento che si combinavano fra loro e gli ballavano davanti agli occhi. Un altro motivo alla base dell'aspra disputa era legato al fatto che Kolbe riteneva di aver riconosciuto, ancor prima di Kekulé, la tetravalenza dell'atomo di carbonio [12]. Tuttavia, non avendola mai resa pubblica, questa idea era evidente solo per lui, ma non così per gli altri [5].

Bisogna anche considerare che Kekulé corresse i risultati comparsi in una

pubblicazione di Kolbe, mostrandosi stupito dell'errore commesso [5]. Un ulteriore motivo di contrasto era probabilmente legato al fatto che quando il giovane Kekulé, insieme a Charles-Adolphe Wurtz (1817-1884) e a Karl Weltzien (1813-1870), organizzò il primo Congresso dei chimici a Karlsruhe (1860), Kolbe non era compreso tra i chimici a cui fu inviata la prima circolare.

Per avere idea dell'asprezza, almeno da parte di Kolbe, della disputa possiamo considerare cosa scriveva in alcuni articoli pubblicati sul *Journal für Praktische Chemie*. Nell'articolo dal titolo emblematico "Critica al discorso di A. Kekulé: Sugli obiettivi e i risultati scientifici della chimica" Kolbe esordisce scrivendo "*Degli scritti di Kekulé presento al lettore una serie di passaggi, che indicano innanzitutto il suo stile (carente, ndr) e la sua mancanza di logica e successivamente quelli che testimoniano le sue eccentricità chimiche*" [13]. Come si vede, prescindendo dalla critica alla teoria, veniva attaccato pesantemente Kekulé; denigrare Kekulé era un modo per screditare le idee che questi sosteneva. Più avanti nel suo articolo Kolbe scriveva "*Con la dottrina del legame tra atomi e soprattutto dell'anello benzenico, Kekulé ha promesso di spiegare le numerose isomerie, soprattutto dei composti aromatici. Questa ipotesi ha indubbiamente dato molti frutti ma in una direzione completamente diversa. Ha portato alla scoperta di nuovi composti isomerici, in alcuni casi piuttosto interessanti. Per la spiegazione delle cause di queste isomerie, ciò che Kekulé e i suoi seguaci affermano di aver spiegato non è altro che immagini, come figure disegnate in modo fantasioso e artistico, figure più o meno simmetricamente ordinate e collegate tra loro da trattini. Questi simboli, come comparse sul palcoscenico, possono assumere posizioni diverse l'uno rispetto all'altro, l'orto-, para- e meta- posizioni, e così si spiega l'isomeria*" [13]. Kolbe si lasciò andare a fare una previsione "*Nel giro di pochi anni, la teoria delle catene avrà lo stesso destino della teoria dei tipi, sarà obsoleta e dimenticata*" [12].

Secondo Kolbe la teoria strutturistica non era altro che figure disegnate in modo fantasioso e destinata da lì a poco a essere dimenticata e sostituita. Interessante è la parte dell'articolo in cui critica l'idea di Kekulé della dinamicità delle valenze, ovvero del doppio legame oscillante. Kolbe giustamente, anche se ironicamente, afferma che con il movimento degli atomi all'interno delle molecole queste non potevano essere descritte in uno spazio tridimensionale, che lui non accettava, ma necessitavano di uno spazio tetradimensionale introducendo la dimensione tempo. Kolbe, che mi sembra volesse con ironia "distruggere" quest'altra ipotesi fantasiosa, anticipava, involontariamente, ciò che oggi è del tutto chiaro: le molecole sono delle realtà dinamiche.

Anche se Kekulé fu il suo principale bersaglio, non si salvarono dalle critiche altri illustri chimici, quali August W. Hofmann (1818-1892), Friedrich Baeyer (1825-1880), Johannes Vislicenus (1835-1902) e Emil Fischer (1852-1919). "*La scienza chimica in Germania sta andando sempre più a rotoli*" [14].

Quando la chimica strutturale compì un ulteriore, oserei dire ovvio, passo

avanti, grazie a due giovani chimici l'olandese Jakobus H. van't Hoff (1852-1911) e il francese Joseph A. Le Bel (1847-1930), Kolbe si scagliò contro questa nuova eresia che dava alle formule una struttura spaziale. *“In un saggio pubblicato di recente ho descritto come una delle cause dell'odierno declino (sic) della ricerca chimica in Germania sia la mancanza di una formazione chimica generale e allo stesso tempo approfondita. A chi questa preoccupazione sembra esagerata, legga, se può, la recente pubblicazione del signor van't Hoff. Il dott. van't Hoff, della Scuola di Medicina Veterinaria di Utrecht, sembra non avere alcun gusto per la ricerca chimica esatta. Ha trovato più conveniente salire sul Pegaso, apparentemente preso in prestito dalla Thierarzneischule, e con un volo ardito proclamare nel suo “La chimie dans l'espace” come gli atomi fossero disposti nello spazio”* [15]. Non solo gli atomi legati fra loro, ma addirittura una disposizione spaziale di questi. Anche in questo caso Kolbe cercava di mettere in cattiva luce l'autore della pubblicazione (appartenente alla Scuola di Medicina Veterinaria e non all'Università) così da denigrare la teoria proposta.

A questa filippica van't Hoff rispose nel modo più sobrio e più sereno con una nota pubblicata nel 1877. *“Se qualcuno, anche se è un uomo di merito nella chimica come Kolbe, pensa che un chimico non dovrebbe preoccuparsi delle teorie perché è ancora sconosciuto e impiegato in una scuola di medicina veterinaria; se non ritiene degno salutare i rappresentanti di una nuova visione (magari errata), come gli eroi di Omero facevano con i loro avversari prima della battaglia, sostengo che tale comportamento non debba fortunatamente essere interpretato come un segno dei tempi, ma come un contributo alla conoscenza di un individuo”* [16].

Nell'ottobre del 1878 van't Hoff iniziò la sua prolusione come professore ad Amsterdam, con la lettura testuale dell'attacco di Kolbe, non per una polemica diretta, ma per una serena rivendicazione dell'importanza e della legittimità dell'intervento della fantasia creatrice nelle scienze esatte [17]. *“Se la fantasia – disse van't Hoff – non si trova in contrasto con i fatti, essa diventa ipotesi; quando quest'ultima, direttamente studiata, si dimostra esatta, essa diventa verità”* [18].

5. Conclusioni

Kolbe fu sicuramente uno dei maggiori chimici organici del suo tempo; il suo scontro con i di lui più giovani chimici strutturali fu dovuto sicuramente non solo a una diversa visione della chimica, ma anche a un insieme di altri fattori (caratteriali, culturali) che contribuirono ad alimentare l'aspra polemica. Secondo Kolbe la chimica era una scienza sottile, che richiedeva sofisticate catene di inferenze per trarre conclusioni affidabili; la chimica strutturale, viceversa, sembrava a Kolbe materialistica, meccanica e non rispondente alla sua visione di chimica, dove le molecole dovevano rispondere a un “disegno” paragonabile a una monarchia costituzionale ben organizzata [12]. Altresì, la descrizione strutturalistica, “negando” aprioristicamente l'esistenza di una gerarchia preconstituita, doveva, a mio avviso, sembrargli una sorta di democrazia popolare.

Kolbe aveva un'idea romantica della chimica, mentre quella strutturistica era una visione naturalistica.

L'aspro scontro che Kolbe ebbe con Kekulé e con i chimici strutturali ci insegna almeno due cose. La prima è che nel giudicare dobbiamo prescindere da aspetti umorali; la seconda è che in tutte le attività umane la rigidità nelle proprie convinzioni può essere una debolezza. Sforzarci di capire le opinioni differenti ci aiuta a migliorare i nostri convincimenti. Non sono le opinioni della maggioranza a renderle corrette, ma se una maggioranza, di nostri pari, ha un'opinione differente dalla nostra ciò dovrebbe indurci a una seria riflessione. Nel caso di Kolbe tutto indica che questa riflessione non ci fu.

Riferimenti

- [1] G. Polizzi, Bachelard e la formazione dello spirito scientifico: una prospettiva di pedagogia della conoscenza, *Comunicazione Filosofica*, n. 10 (maggio 2022); www.sfi.it/archivosfi/cf/cf10/articoli/polizzi.htm ultimo accesso 21.02.2024.
- [2] J. Solov'ev, *L'evoluzione del pensiero chimico dal '600 ai giorni nostri*, Mondadori EST, Milano, 1976.
- [3] F. Barone, *Revue Internationale de Philosophie*, 1963, **17**, 453-476.
- [4] E. von Mayer, *Journal für Praktische Chemie*, 1884, **136**, 417-466.
- [5] A. J. Roche, *Ambix*, 1987, **34**, 156-168; A. J. Roche, *The Quiet Revolution. Hermann Kolbe and the Science of Organic Chemistry*, University of California Press, 1993.
- [6] F. A. Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Erlangen and Stuttgart, 1861.
- [7] S. Cannizzaro, *Gazzetta Chimica Italiana*, 1871, **1**, 402.
- [8] G. Marino, *Rendiconti dell'Accademia delle Scienze detta dei XL*, 1995, 219-223.
- [9] S. Cannizzaro, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, 1869, **5**, 115-116.
- [10] G. Pisati, *Gazzetta Chimica Italiana*, 1871, **1**, 402-406; traduzione di un articolo di Kolbe comparso su *Journal für Praktische Chemie* dello stesso anno.
- [11] S. Cannizzaro, *Gazzetta Chimica Italiana*, 1871, **1**, 407-421.
- [12] H. Kolbe, *Journal für Praktische Chemie*, 1880, **132**, 353-378.
- [13] H. Kolbe, *Journal für Praktische Chemie*, 1878, **125**, 139-156.
- [14] H. Kolbe, *Journal für Praktische Chemie*, 1882, **134**, 323-340.
- [15] H. Kolbe, *Journal für Praktische Chemie*, 1877, **124**, 473-477.
- [16] J. H. van't Hoff, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 1877, **10**, 1620-1623.
- [17] G. Bruni, *Scientia*, 1911, **XIX**, 55-31.
- [18] Riferimento 2, pagina 429.

Premio Asimov per l'editoria scientifica: in corso la nona edizione

Silvano Fuso

e-mail: silvanofuso@tin.it

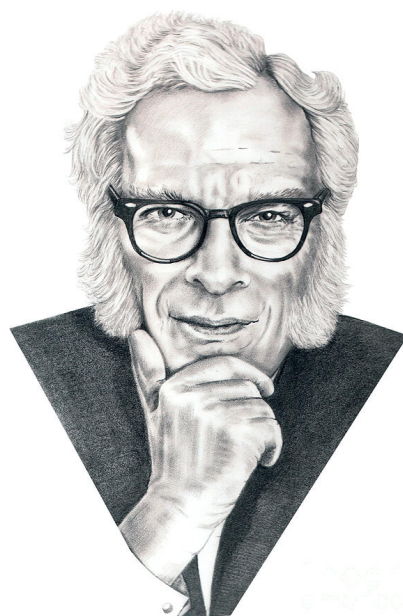
Anche quest'anno è in pieno svolgimento il Premio ASIMOV, giunto alla sua nona edizione.

Ideato dal fisico dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso 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, che si rivolge alle scuole superiori di secondo grado per avvicinare ragazzi e ragazze a libri che trattano di argomenti scientifici.

Il Premio è finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) attraverso la Commissione di Terza Missione ed è patrocinato e organizzato da numerosi e prestigiosi enti culturali, tra cui anche la Divisione di Didattica della SCI.

Intitolata allo scrittore Isaac Asimov (1920 - 1992), autore di numerose opere di divulgazione scientifica, l'iniziativa vuole promuovere la scienza e l'unità della cultura. Gli studenti delle scuole superiori di secondo grado sono coinvolti sia nella veste di giurati - chiamati a scegliere la migliore opera di divulgazione scientifica pubblicata nei due anni precedenti - sia in quella di concorrenti. Essi infatti leggono, votano e recensiscono i libri finalisti, selezionati da una Commissione scientifica nazionale. Gli autori e le autrici delle migliori recensioni saranno a loro volta premiati in occasione della cerimonia conclusiva che si terrà nel mese di maggio in contemporanea nelle regioni aderenti all'iniziativa.

La prima edizione del 2015 si era svolta a livello regionale, coinvolgendo sol-



tanto studenti delle scuole dell'Abruzzo. Nel corso del tempo i numeri sono rapidamente aumentati e ora il Premio Asimov è una grande realtà, diffusa a livello nazionale. I dati dell'edizione del 2023 lo confermano ampiamente: 20 il numero di regioni partecipanti, 200 le città coinvolte, 320 le scuole, 952 i professori, 15.860 gli studenti registrati e 13.011 le recensioni caricate sul sito.

Per l'edizione 2024 i libri selezionati dalla Commissione Scientifica Nazionale sono stati i seguenti:

- Piero Angela, *Dieci cose che ho imparato*, Mondadori, 2022.
- Annalisa Cherchi, Susanna Corti, *Clima 2050 - La matematica e la fisica per il futuro del sistema Terra*, Zanichelli, 2022.
- Filippo Bonaventura, Lorenzo Colombo, Matteo Miluzio, *L'universo su misura. Viaggio nelle incredibili coincidenze cosmiche che ci permettono di essere qui*, Rizzoli, 2021.
- Giovanni Covone, *Altre terre. Viaggio alla scoperta di pianeti extrasolari*, Harper Collins Italia, 2023.
- Nello Cristianini, *La scorciatoia. Come le macchine sono diventate intelligenti senza pensare in modo umano*, Il Mulino, 2023.



Alcuni degli autori finalisti, a partire dal mese di gennaio, hanno partecipato a incontri, in presenza e online, durante i quali gli studenti hanno avuto la possibilità di ascoltarli e allo stesso tempo 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. Non vi sono ancora dati numerici definitivi, ma anche quest'anno si è avuto un ulteriore incremento nella partecipazione.

Ogni studente partecipante legge, valuta e recensisce uno dei libri in lizza e saranno i voti di questa impressionante giuria popolare a decretare il vincitore del premio ASIMOV 2024.

Le recensioni vengono raccolte in un database e verranno lette e valutate dai membri della Commissione scientifica nazionale: 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, rilasciato dall'INFN.

Terminata la valutazione delle recensioni (nel mese di maggio), in ciascuna sede regionale, i libri in lizza saranno presentati al pubblico dagli studenti, autori delle migliori recensioni. Subito dopo, verrà annunciato il libro vincitore della nona edizione del Premio ASIMOV per il 2024 e si svolgerà la cerimonia conclusiva nazionale. Le iniziative saranno svolte sia in presenza che online per consentire la massima partecipazione. Il Premio, con la presenza dell'autore vincitore 2024 e della rappresentanza studentesca di molte scuole partecipanti, sarà inoltre presentato il giorno 9 maggio al Salone internazionale del libro di Torino.

Per maggiori informazioni e per seguire lo svolgimento delle varie fasi del Premio, si può visitare il sito: <https://www.premio-asimov.it/>

The image shows the homepage of the Premio Asimov website. The header features the logo 'PREMIO ASIMOV' and '2024' on the left, and a navigation menu on the right with items: 'EDIZIONE 2024', 'COS'È', 'ALBO DEI VINCITORI', 'BIBLIOTECA', 'COMMISSIONE SCIENTIFICA', 'GRUPPO DI LAVORO', 'PROMOTORI', 'DICONO DI NOI', 'NEWS', and 'LOGIN'. Below the header, there are three orange boxes with 'NaN' and 'GIORNI', 'ORE', 'MINUTI' respectively. The main content area is divided into two columns. The left column has a white background with the text 'IX EDIZIONE PREMIO ASIMOV AL VIA LA NONA EDIZIONE DEL PREMIO ASIMOV' and a 'SCOPRI DI PIÙ' button. The right column has a blue background with the text 'COS'È' and a 'SCOPRI DI PIÙ' button. Below that, there is an orange background with the text 'COME PARTECIPARE' and another 'SCOPRI DI PIÙ' button.

Il “Piano Mattei” e l’Italia hub europeo del gas naturale

Fabio Olmi

e-mail: fabio.olmi@gmail.com

Il 29 gennaio 2024 la Presidente del consiglio Giorgia Meloni ha presentato al Senato il “Piano Mattei” con il discorso di apertura del vertice Italia-Africa. Erano presenti 25 capi di governo dei Paesi africani e 11 ministri degli Esteri. La premier ha detto che il Piano prevede lo stanziamento di 5,5 miliardi di euro, di cui 3 prelevati dal Fondo per il Clima (!!) e 2,5 dal fondo della Cooperazione allo Sviluppo, e ha sostenuto che la sua mission è creare una partnership “paritaria, non predatoria” con mutui benefici tra l’Italia e l’Africa: un partenariato strategico “volto a promuovere uno sviluppo comune, sostenibile e duraturo nella dimensione politica, economica, sociale, culturale e di sicurezza”. Nel suo intervento Meloni ha fatto vaghi riferimenti a progetti di sviluppo per alcuni Paesi africani (Marocco, Tunisia, Algeria, Mozambico, Egitto e Repubblica del Congo), coinvolgendo società partecipate tra cui spicca l’ENI, presente in 14 Paesi dell’Africa. Nella presentazione non sono emersi indizi su strategie per lo sviluppo delle energie rinnovabili.¹



¹ Santolo Meo – Il paradosso dell’energia, *la Repubblica*, 4 gennaio 2024.

È intervenuto però, subito dopo la presentazione, il presidente della Commissione dell’Unione Africana Moussa Faki Mahamat che ha sottolineato *il mancato coinvolgimento dei governi africani nella stesura del progetto*. In altre parole, il “Piano Mattei” è stato calato sulla testa dei Paesi africani senza alcuna collaborazione con i Paesi interessati, un’operazione puramente verticistica e solitaria, direi propagandistica, con Meloni a capo della Cabina di Regia creata per la sua attuazione.

Mauro Albrizio, responsabile dell’ufficio europeo di Legambiente, sostiene in un articolo pubblicato su Nuova Ecologia:² “Questo Piano è un’operazione politica a sostegno degli interessi di ENI in Africa, coperta da una narrazione beccera sulle politiche migratorie sotto lo slogan “aiutiamoli a casa loro”. Il governo Meloni vuole fare dell’Italia un hub del gas, quando bisognerebbe mirare a un approccio condiviso che abbia l’energia pulita come protagonista: il problema sorge quando la politica nazionale coincide con la strategia di un’impresa, l’ENI.”³

Nel Mediterraneo ci sono già le infrastrutture pronte per le importazioni di gas dall’Africa e in Italia, poiché quelle esistenti non sarebbero sufficienti per svolgere il compito di rifornire anche l’Europa, si è avviata la costruzione di un secondo gasdotto da Sud a Nord della penisola a riprova della concreta volontà di perseguire l’obiettivo anzidetto. Stanno, infatti, procedendo i lavori della costruzione del nuovo gasdotto tra Sulmona in Abruzzo e Minerbio in provincia di Bologna per raddoppiare il collegamento tra Puglia e il Nord sulla direttrice adriatica. Nella trasmissione TV di Rai 3 “Presa diretta” di lunedì 8 aprile si è fatto riferimento a questo nuovo gasdotto, che dovrebbe essere ultimato entro il 2026, e sono stati messi in luce grossi problemi per l’attraversamento del nuovo tubo in territori sismici.

Ma la domanda a cui è essenziale dar risposta è la seguente: *all’Europa servirà il gas che ci apprestiamo a inviare?* Tanto più che il consumo del gas è ormai in deciso calo.⁴ Ebbene la risposta alla domanda sembra essere negativa.

Qual è, infatti, la proiezione del mix energetico dei principali Paesi europei e il suo sviluppo nel tempo?

La Germania, che ha spento ormai le sue centrali nucleari e sta impiegando un po’ più di carbone nelle sue centrali termoelettriche, punta essenzialmente sulle energie rinnovabili per sopperire alla mancanza del gas russo, incrementando fortemente e velocemente soprattutto l’eolico.⁵ Nel 2023 questo paese ha coperto la produzione di elettricità per il 52% con le rinnovabili, registrando un incremento del +5% rispetto all’anno precedente.⁶ Amburgo poi, diventerà

² Francesca Stazonelli – Sulle rotte del gas, *Nuova Ecologia*, aprile 2024.

³ Luca Pagni – Dal gas alle rinnovabili, Italia hub dell’energia nel Mediterraneo, *la Repubblica*, 21 febbraio 2024.

⁴ Alcune stime valutano che il fabbisogno europeo di gas nel 2030 potrebbe essere tra il 30% e il 50% inferiore a quello del 2019.

⁵ <https://citynext.it/2023/12/26/germania-a-due-velocita>

⁶ L’energia solare e soprattutto eolica ha coperto in Germania il 75% dell’energia rinnovabile;

la città hub europeo per l'idrogeno entro il 2030.⁷ Comunque, la Germania non ha fatto come l'Italia che ha cercato di rimpiazzare il gas russo importandone *una eguale quantità* mediante contratti pluriennali di fornitura da diversi Paesi (nei quali è attiva l'ENI), soprattutto africani (in primo luogo l'Algeria), senza puntare su un deciso incremento delle rinnovabili.

La Francia (dati del 2022) ha un mix energetico formato da un 40% di energia nucleare, un 45% di gas e petrolio, un 4% di carbone e 11% di energie rinnovabili. Mentre alcune centrali nucleari vengono chiuse, ne sono previste tre nuove entro il 2035 e si stima un loro ulteriore sviluppo. Inoltre, ci sarà anche un forte incremento delle rinnovabili. Il Presidente della Rete Elettrica Francese (RTE), Predaczyk, ha infatti dichiarato recentemente che "L'energia nucleare da sola non sarà sufficiente per portare la Francia alla decarbonizzazione, è necessario puntare sulle rinnovabili il più rapidamente possibile".⁸

L'insieme dei Paesi nord-europei si sta poi preparando a far crescere ulteriormente la sua grande capacità rinnovabile: grazie all'energia eolica, all'elettrolisi verde dell'idrogeno e all'energia nucleare (che, però, non è rinnovabile), Rystad Energy ha identificato Danimarca, Svezia e Finlandia come Paesi leader nella rivoluzione energetica verde⁹ e ha previsto che questa crescerà da un totale di 30GW del 2022 a 74 GW entro il 2030. Questi Paesi diverranno così esportatori di grandi quantità di energia verde all'Europa, ma non solo, perché aiuteranno l'Europa a decarbonizzare le industrie pesanti, come quelle dell'acciaio e del cemento.¹⁰

In conclusione, nessun Paese d'Europa ha fatto la corsa a rimpiazzare il gas della Russia con altrettanto gas come ha fatto l'Italia, che così rimarrà bloccata, con i contratti conclusi, per molti anni all'impiego del gas, mentre gli altri Paesi europei, dipendenti in parte dal gas russo, spingono per un forte e rapido incremento delle energie rinnovabili. *Dove sono allora i presunti futuri acquirenti europei di gas previsti dall'Italia? Non si sa!!* Il governo italiano sta facendo un'opera inutile con l'etichetta del "Piano Mattei" e non solo per l'obiettivo di divenire hub europeo del gas, ma anche nel non riuscire a dare per ora concretezza ai previsti progetti africani.

il resto proviene da biomasse ed energia idroelettrica e si punta a raddoppiare l'energia rinnovabile entro il 2030 per arrivare a 600 terawattora.

⁷ <https://hydronews.it/amburgo-presenta-la-sua-strategia>

⁸ <https://edoardobeltrame.com/2023/08/28/la-rete-francese-rte/>

⁹ La Danimarca copre con le rinnovabili, soprattutto con l'eolico, l'88,4% del suo fabbisogno energetico e punta a raggiungere il 99% nel 2030; la Norvegia, importante esportatrice di gas, copre con le rinnovabili il 77,4% della sua energia; la Svezia, facendo ricorso all'idroelettrico, all'eolico e ai biocarburanti, copre il 60,1% del suo fabbisogno energetico; la Finlandia copre con le rinnovabili il 47,9% della sua energia.

¹⁰ <https://energiaoltre.it>

Dalla letteratura internazionale: qualche spunto interessante (open access)

Elena Ghibaudi

Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino

e-mail: elena.ghibaudi@unito.it

“Sharp of taste”: the concept of acidity in the Greek system of natural explanation

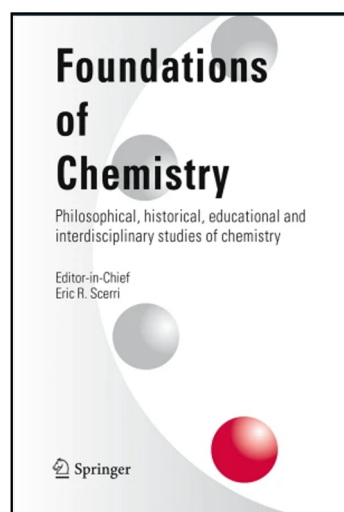
Apostolos K. Gerontas

Found. Chem., (2023)

(<https://doi.org/10.1007/s10698-023-09483-w>)

Abstract. Acidic substances were known for thousands of years, and their macroscopic-sensory characteristics were reflected by words in most ancient languages. In the Western canon, the history of the concept of acidity goes back to Ancient Greece. In Greek, the word associated with acidity from its early literary references was $\acute{\alpha}\xi\acute{\upsilon}\varsigma$ (“sharp”), and still in contemporary Greek the words “sour” and “acidic” have the same root. This paper makes a short presentation of the appearance of the abstract concept in the works of Plato and Aristotle and relates it, on one side to the already existing theological-philosophical tradition, starting with Hesiod’s *Theogony* and on the other, to the then available to the Greeks organoleptic experiences of sourness-vinegar and sour milk.

Keywords: acidity; theogony; Greek philosophy; early history of alchemy; Hesiod; Plato; Aristotle; history of vinegar and dairy products



The poetry of the universe, the periodic table, and the scientific progress: a review of new studies on the periodic table of the elements

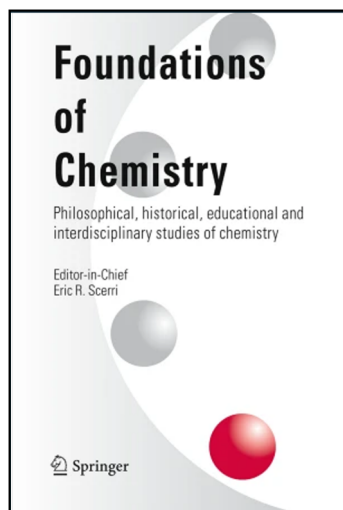
Klaus F. Gärditz

Found. Chem., 2023, **25**, 269–283

(<https://doi.org/10.1007/s10698-023-09468-9>)

Abstract. In 1869, two distinguished scientists, Dimitri Mendeleev and Lothar Meyer, discovered a certain periodicity among the chemical characteristics of the then known elements. Both developed first versions of the periodic table, independently. In the wake of the 150th anniversary, UNESCO proclaimed 2019 the “International Year of the Periodic Table of Chemical Elements”. Two lucid and detailed studies on the periodic table—accompanied by smaller studies on the occasion of the anniversary—have been published, recently, one of them analysing the scientific history, contributing to the (philosophical) theory of science (Eric Scerri), the other analysing the structures, patterns, and irregularities of the table (Geoff Rayner-Canham). Both studies are profound and vivid examples how scientific progress works. They illustrate that even in hard sciences—mirroring Merton’s concept of middle range theory—the required degree of exactness can remain on an intermediate level, as imperfection allows interpretations which could not (yet) be reached by pure mathematics and logic. Both of these brilliant studies provide valuable material, especially for a social science, to better understand how scientific ideas develop, how the power of visualization helps shape ideas, and how contingency is absorbed by the scientific process.

Keywords: Periodic Table; theory of science; freedom of science; history of science



10 Guiding principles for learning in the laboratory

Michael K. Seery, Hendra Y. Agustian, Frederick V. Christiansen,
Bente Gammelgaard, Rie H. Malm
Chem. Educ. Res. Pract., 2024, **25**, 383-402
(<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/rp/d3rp00245d>)

Abstract. Laboratory work in chemistry has been extensively researched in the last decade but the gap between research and practice is still broad. This *Perspective* shares 10 guiding principles relating to university laboratory education, drawing on research over the last decade. Written with an audience of practitioners in mind, the *Perspective* aligns with Hounsell and Hounsell's congruence framework, so that the 10 principles consider all aspects of the laboratory curriculum: design, teaching approaches, and assessment approaches as suggested by Biggs, but additional contextual factors relating to teaching context: backgrounds of students and their support, and overall laboratory organisation and management. After discussing the rationale for each guiding principle, examples of approaches are given from recent literature along with prompts to help enact the guiding principle in practice.



Making sense of chemical equilibrium: productive teacher–student dialogues as a balancing act between sensemaking and managing tension

Ylva Hamnell-Pamment

Chem. Educ. Res. Pract., 2024, 25, 171-192

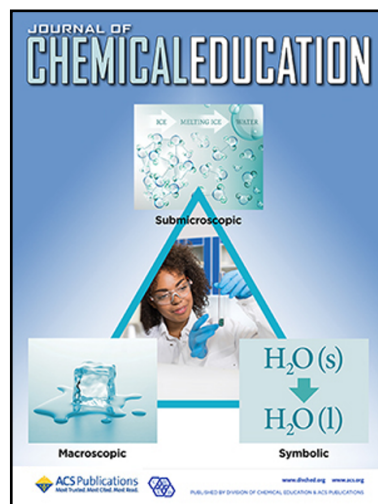
(<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/rp/d3rp00249g>)

Abstract. Navigating the observational, symbolic, and theoretical knowledge domains of chemistry is crucial for chemistry sensemaking. However, this has been shown to be particularly challenging for students of chemistry. In order to reach government standards for sensemaking in the chemistry subject, it is important to investigate how chemistry teachers can sustain sensemaking practices in their classrooms. In this study, conversation analysis was used to study videotaped teacher–student dialogues at upper secondary school practical lessons in chemical equilibrium. Common patterns in how sensemaking was produced in interaction were found in four experienced chemistry teachers' sensemaking dialogues with students. The data show how the teachers use coordinated actions in conversations to create a balance between (1) managing sensemaking dialogues in the laboratory classroom on a moment-to-moment basis through connecting theory and experience, and (2) managing the tension between exposing students' knowledge gaps and presenting the students as competent as part of the interaction. The results of the study indicate that resolving tension in interaction is an important part of teacher–student sensemaking in chemistry, and also identify the chemical equation as a possible tool for sensemaking progression. The detailed examples of teacher–student sensemaking can be used as models for chemistry teachers interested in how sensemaking can be achieved practically.



Hands-On Activity Illustrating the Sorting Process of Recycled Waste and Its Role in Promoting Sustainable Solutions

Ronard Herrera Monegro, Savannah R. Graham, Jaiah Steele, Megan L. Robertson, Jerrod A. Henderson
J. Chem. Educ., 2024 (asap)
(<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c01128>)



Abstract. Effective recycling is not merely a matter of collecting waste; it also requires meticulous categorization to maximize the potential for reusing material and minimizing waste sent to landfills. Education and awareness of the sorting and recycling process bottlenecks need to be emphasized and extended beyond higher educational contexts (e.g., in multiple stages of educational pathways, such as middle or high school). Hence, this project introduces a hands-on plastic sorting activity where students use recycled waste to be sorted based on their physical properties. Several tools were provided to perform the separation, such as water, sieves, magnets, and manual/visual separation while considering the time and cost associated with each tool. The activity was evaluated by pre- and post-evaluations based on Likert-scale and open-ended questions grouped in several categories related to the sorting process. In several categories, we observed that the activity enhanced student knowledge (e.g., general sorting understanding), while in other categories, there was no growth. From open-ended questions, students expressed an understanding of how to sort recycled waste and an appreciation for the trade-offs in developing sorting solutions. This activity effectively enhanced students' awareness of the sorting process of recycled waste. It lays the foundation for future inquiry and outreach project design.

Keywords: plastic sorting; recycling; K-12 activity

Teaching with Augmented Reality Using Tablets, Both as a Tool and an Object of Learning

Sabrina Syskowski, Chantal Lathwesen, Canan Kanbur, Antje Siol, Ingo Eilks, Johannes Huwer
J. Chem. Educ., 2024, **101**, 3, 892–902
(<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c00607>)

Abstract. In this paper, we present a novel approach to utilizing tablets in chemistry education. In the context of education for sustainable development, we utilize tablets as objects of learning to address the lithium-ion battery. In addition, we used tablets as learning tools by making use of augmented reality technology. This way, we have created an innovative digital learning scenario that corresponds to a 3-h laboratory. Evaluation took place during the implementation of nonformal student laboratories. Results show positive effects in interest to working with tablets as a tool and an object of learning.

Keywords: high school; laboratory instruction; inquiry-based/discovery learning; multimedia-based learning; education for sustainable development; system thinking; electrochemistry

