

CnS



La Chimica nella Scuola

n. 4 anno 2022

- › **Gli studenti incontrano le difficoltà analitiche dei chimici dell'Ottocento**
- › **In classe con vecchie ricette cosmetiche**
- › **La nascita dell'ITS Academy**
- › **La fotosintesi non finisce mai di stupirci**
- › **La storia del ritrovamento di un testo didattico**
- › **I colleghi e gli amici ricordano Antonio Floriano**

EDITORIALE

- 3** Un numero ricco per tornare in aula e una novità per la nostra rivista
Margherita Venturi

RICORDANDO ANTONIO FLORIANO

- 3** Le testimonianze di colleghi, ma soprattutto di amici

L'APPROCCIO STORICO-EPISTEMOLOGICO PER LA SCUOLA SUPERIORE

- 13** Come superare oggi le difficoltà analitiche a cui andarono incontro i chimici dell'Ottocento utilizzando semplici metodi moderni in un laboratorio scolastico
Giuseppe D'Angelo

PERCORSI LABORATORIALI

- 23** Sulla bellezza delle donne - Un percorso PCTO tra chimica, storia ed economia solidale
Fabio Capuano

PERCORSI DIDATTICI PER LA SCUOLA PRIMARIA

- 32** Il corpo umano: un grande laboratorio chimico – Un percorso di didattica laboratoriale per la scuola primaria
Valentina Peila, Giuseppina Cerrato

METODOLOGIE DIDATTICHE PER L'UNIVERSITÀ

- 35** ITS Academy: una grande opportunità per i giovani e per il paese
Marco Ghirardi

MUSEI SCIENTIFICI E DIDATTICA

- 41** La storia dei musei scientifici
Luigi Campanella

PAGINE DI STORIA

- 42** Un inedito testo di Chimica Applicata di Francesco Mauro
Carmine Colella, Maurizio D'Auria

DARE VOCE AGLI STUDENTI

- 50** Approcci etici a epidemie e pandemie, causate da virus
Carmine Iorio

LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

- 56** Elogio della fotosintesi – La cattura del CO₂ e la liberazione di O₂ da parte delle piante
Fabio Olmi

NEWS

- 64** Un grande insegnamento: l'eredità di Piero Angela
Silvano Fuso
- 67** Nuova edizione del Premio Nazionale Federchimica Giovani: orientare alle STEM a partire dalla scuola primaria
Veronica Cremonesi

UNO SGUARDO ALLA LETTERATURA INTERNAZIONALE

- 69** Alcuni articoli selezionati dalla letteratura



Società Chimica Italiana

DIRETTORE ONORARIO

Gaetano Guerra

COMITATO EDITORIALE

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

COMITATO DI REDAZIONE

Eleonora Aquilini, Luigi Campanella, Giorgio Cevasco, Marco Ciardi, Valentina Domenici, 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

Margherita Venturi

Un numero ricco per tornare in aula e una novità che riguarda la rivista

Care/i lettrici/lettori, dopo il numero speciale della nostra rivista su “Fascismo, Chimica e Scienza” curato da Franco Calascibetta, Marco Ciardi e Roberto Zingales (<https://www.soc.chim.it/CnS/2022/4>; <https://chimicanellascuola.it>), veramente speciale per il tema affrontato e i contributi in esso contenuti, ho pensato che non sarebbe stato facile rimanere all'altezza della situazione e, invece, mi sembra proprio che ci siamo riusciti. Questo numero, infatti, non è da meno; è ricco e tutto da leggere per i tanti spunti didattici e culturali che offre.

Nella rubrica “L'approccio storico-epistemologico per la scuola superiore” si descrive come sia possibile, con le semplici attrezzature presenti in un laboratorio scolastico, determinare la composizione percentuale in massa di un elemento di un composto, mettendo così gli studenti di fronte alle difficoltà analitiche incontrate dai chimici dell'800.

Nei “Percorsi laboratoriali” si affronta, invece, un tema molto “stuzzicante e di genere”, quello della bellezza delle donne, suggerendo vecchie ricette cosmetiche che possono essere facilmente riprodotte in classe. La cosa interessante è che gli studenti non solo vengono catapultati indietro nel tempo analizzando queste “vecchie” preparazioni, ma sono anche riportati nella realtà presente, discutendo sulla necessità di introdurre modifiche in caso queste preparazioni volessero essere riproposte oggi.

Ma c'è anche qualcosa per i più piccoli con un percorso didattico sul corpo umano, che è a tutti gli effetti un perfetto laboratorio chimico, e qualcosa per i più grandi

con la grande opportunità formativa che si è aperta con la nascita dell'ITS Academy.

E poi, ancora, si parla di fotosintesi, un processo che, nonostante sia vecchio quasi quanto il mondo, nasconde sempre aspetti nuovi, dimostrando che le piante non finiscono mai di stupirci.

Inoltre, come dicevo prima, in questo numero ci sono tanti altri spunti interessanti: la storia dei musei scientifici, quella del ritrovamento di un testo didattico di Francesco Mauro, un allievo di Cannizzaro, e una breve rassegna di articoli presi dalla letteratura internazionale.

È tornata anche la rubrica “Dare voce agli studenti” con il contributo di un dottorando che si interroga sui problemi etici legati alle pandemie e alle epidemie causate da virus, mentre nelle News troviamo un ricordo di Piero Angela, che ci ha lasciato da poco, e l'annuncio della nuova edizione del premio nazionale Federchimica Giovani, rivolto agli studenti della scuola primaria e secondaria di primo grado che, come nell'edizione precedente, si dovranno confrontare sul tema Chimica e Sostenibilità.

Infine, ci tengo a sottolineare che il numero si apre con le testimonianze toccanti di colleghi e amici per ricordare ulteriormente Antonio Floriano, che è scomparso lo scorso aprile e che per la didattica italiana è stata una figura fondamentale. Per quanto

✓ Stanislao Cannizzaro (1826-1910):
determina i pesi atomici

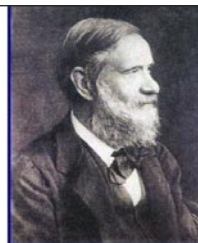
Regola di Cannizzaro:

Le quantità in peso di uno stesso elemento contenute nelle molecole di sostanze diverse, sono tutte multipli di una stessa quantità, la quale deve ritenersi il peso atomico dell'elemento



Risolve il problema della determinazione dei pesi atomici

Costruisce la prima scala dei pesi atomici relativi rispetto all'idrogeno cui assegna peso atomico relativo 1.





mi riguarda, ad Antonio devo moltissimo; è lui che mi ha traghettato nel mondo della didattica ed è stato sempre lui che mi ha spinto ad accettare la direzione di CnS, cosa di cui ora sono felicissima perché, nonostante l'impegno sia considerevole, in questo modo ho la possibilità di interfacciarmi con voi e di crescere sia dal punto di vista didattico che culturale.

Concludo annunciando **una novità**: la nostra rivista diventerà quanto prima totalmente online, probabilmente già dal prossimo numero. Questo significa che si arricchirà per quanto riguarda l'aspetto grafico e didattico perché nei vari contributi potranno essere inseriti video, immagini 3D e in movimento, e altre

funzioni interattive. Sarà, comunque, sempre stampabile e rimarrà ad accesso libero.

Per gli eventuali contributori "vecchio stampo", dico che ovviamente queste opzioni sono facoltative e che continueremo ad accettare articoli anche nel formato semplice come è stato fatto finora.

La speranza è che con questa nuova veste la nostra rivista diventi sempre più attraente per i docenti e, soprattutto, per gli studenti e, sparando alto, competitiva con le riviste internazionali di didattica.

Confido in voi per realizzare tutto ciò; saranno, infatti, i vostri contributi che ci permetteranno di andare in questa direzione.

Grazie e, come sempre, buona lettura! ■

Le testimonianze di colleghi, ma soprattutto di amici

Per Antonio

Anna Caronia

Direttivo Associazione SPAIS

Negli anni il mio rapporto con l'università e in particolare con quella che veniva chiamata facoltà di Chimica non si è mai interrotto. Penso che ciò accada a molti chimici, perché le relazioni che si costruiscono con i docenti vanno al di là del semplice rapporto professore discente. Antonio però non lo conobbi durante il mio periodo di studio, perché quando frequentavo il corso di laurea lui svolgeva la sua attività di ricerca all'estero. Conobbi Antonio durante una riunione nell'inverno del 2005 al Vittorio Emanuele III di Palermo, alla quale partecipavano alcuni docenti palermitani appartenenti a diverse associazioni disciplinari, ci accomunava la passione per la didattica e l'insegnamento della propria disciplina. L'intento era quello di realizzare una Scuola di aggiornamento sulla base di un accordo di collaborazione tra l'USR Sicilia e le associazioni disciplinari AIC, AIF, ANISN e DD-SCI. Quella fu la prima di tante riunioni svolte a Palermo, a Catania e in giro per la Sicilia per realizzare le varie edizioni della Scuola Permanente di Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali (SPAIS). Nel tempo però SPAIS non fu solo una Scuola di aggiornamento, nel febbraio del 2013, per volere principalmente di Antonio assieme ad un gruppo di amici io, Delia, Claudio, Concetta, Giovanni, Roberta, Mario fu fondata l'associazione di promozione sociale e culturale SPAIS. Antonio chiaramente ne fu eletto Presidente.

Collaborare e lavorare con Antonio per me è stato negli anni una piacevole e divertente avventura. Nel tempo un rapporto all'inizio formale e professionale è diventato di vera amicizia e stima reciproca. Tanti sono stati i pomeriggi durante i quali prima si chiacchierava per qualche minuto di fatti personali, i figli, le partite del Palermo, i problemi scolastici e poi si iniziava a parlare di Chimica: di solubilità, di legame chimico, di particelle o "palluzze", come le chiamava Antonio. Ricordo che durante il periodo della pandemia tanti miei amici erano in crisi non sapevano come trascorrere le giornate chiusi in casa. Io e

Antonio di sicuro non ci siamo annoiati mai, abbiamo solo cambiato una abitudine e cioè quella di vederci di presenza e anche noi ci siamo abituati agli incontri a distanza su Skype per organizzare e allestire la sceneggiatura del suo primo corso di Metodologie e Strumenti in Didattica della Chimica.

Negli anni, sicuramente, per me Antonio è diventato un punto di riferimento, è stato quel mentore che qualsiasi insegnante che crede nella didattica e che nutre passione per la disciplina che insegna dovrebbe avere. Caro Antonio, hai lasciato in sospenso tante sceneggiature; alcune cercherò di portarle avanti, ma purtroppo non so se saranno belle e affascinanti come quelle che abbiamo realizzato assieme. Ciao mio caro amico, mi mancherai sempre tanto. ■



Antonio Floriano promotore degli studi in didattica all'Università di Palermo

Delia Chillura Martino e Antonella Maggio
Università di Palermo

Antonio Floriano ha rivolto molta parte della sua attenzione e del suo impegno alla promozione degli studi in didattica della chimica.

Questo suo impegno si è espresso anche in occasione dell'entrata in vigore, nel 2017, del Decreto Legislativo 59/2017, con cui venivano introdotti i 24 CFU come requisito di partecipazione al concorso per l'immissione in ruolo dei docenti delle scuole secondarie. Non essendo presente un settore scientifico disciplinare che inquadrasse i docenti che, nella comunità dei chimici, si occupano di Storia e didattica, si pose il problema di individuare qualcuno che elaborasse una proposta per uno o più insegnamenti di didattica disciplinare.

Nelle concitate fasi iniziali, la Divisione di Didattica della SCI promosse e coordinò l'interlocuzione fra coloro che, all'interno dei propri atenei, avevano espresso interesse nello sviluppare questo progetto. A valle di questo percorso furono date delle indicazioni sui contenuti degli insegnamenti.

Con Antonio Floriano, a Palermo, cominciammo a studiare e a progettare l'articolazione di ben due percorsi diversi. Furono lunghi pomeriggi di accese discussioni, che molto spesso si allontanavano dagli obiettivi specifici del lavoro che stavamo facendo e si trasformavano in dibattiti sulla natura della Scienza, sul significato di alcuni concetti fondanti della disciplina, sull'opportunità di scegliere una modalità didattica piuttosto che un'altra. Alla fine, di solito, ne uscivamo senza aver aggiunto un rigo in più alla "Scheda di Trasparenza", molto stanchi, ma arricchiti di spunti, di idee e di conoscenza.

Ad aprile del 2018 eravamo comunque pronti per presentare al Consiglio del Corso di Laurea Magistrale in Chimica la proposta dell'inserimento di ben 12 CFU di didattica disciplinare così come auspicato dall'allora coordinatore prof. Martorana. Con nostra grande sorpresa la proposta venne accettata dai colleghi all'unanimità. Evidentemente il lungo lavoro di Antonio per sensibilizzare la comunità locale sui temi della didattica disciplinare e della comunicazione della chimica stava dando i suoi frutti.

Dall'anno accademico 2018-2019 il Corso di Laurea Magistrale in Chimica dell'Università di Palermo ha nella sua offerta formativa l'insegnamento di Fondamenti in didattica della Chimica, due moduli da 3 CFU, svolto da Delia Chillura Martino e Antonella Maggio, e Metodologie e strumenti per la didattica della chimica, 6 CFU, svolto da Antonio Floriano. Entrambi i corsi hanno un cospicuo numero di ore di esercitazione perché è apparso sin da subito evidente l'importanza dell'approccio laboratoriale.

I corsi sono stati scelti sin dal primo anno da un considerevole numero di studenti che, tramite questionari di gradimento, hanno sempre espresso apprezzamento non solo per i contenuti, ma soprattutto per l'approccio metodologico, che ha permesso loro di affrontare i temi propri della disciplina da un punto di vista diverso.

Rimarremo sempre grate ad Antonio per essere stato da guida ed ispiratore della ricerca in didattica della Chimica all'Università di Palermo. ■



Il mio "viaggio" con il prof. Floriano

Ugo Cosentino

Coordinatore Progetto Nazionale di Chimica del Piano Lauree Scientifiche
Università di Milano-Bicocca

Avevo conosciuto il prof. Floriano frequentando, da giovane ricercatore, i congressi della Divisione di Chimica Fisica della SCI sin dagli anni 1990. Mi

aveva sempre molto colpito il suo rigore metodologico nell'affrontare le tematiche di ricerca che presentava. Tra l'altro, ci accomunava anche la passione per l'utilizzo di metodologie computazionali per affrontare lo studio dei sistemi complessi e ricordo che iniziammo anche a discutere della possibilità di utilizzare alcune delle metodologie implementate nel suo gruppo per lo studio di sistemi di interesse biologico. A partire dal 2005, le nostre frequentazioni ebbero un'ulteriore accelerazione a seguito dell'avvio del Piano Lauree Scientifiche. In Bicocca mi venne affidato il ruolo di referente di sede per la Chimica del PLS e questo mi diede modo di avvicinarmi alle problematiche riguardanti il rapporto fra le scienze chimiche e il loro insegnamento, in particolare nelle scuole superiori. A seguito della scomparsa del prof. Ulderico Segre, nel 2009 divenni il Coordinatore Nazionale PLS per l'Area Chimica: seppur conoscessi bene il funzionamento della "macchina PLS", ero consapevole che per poter indirizzare al meglio questo progetto occorreva rivolgersi a chi affrontava da anni le problematiche della Didattica della Chimica. Contattai allora la Divisione Didattica della SCI (DD-SCI) e fu allora che incontrai nuovamente Antonio, che ne era il Presidente. Fu davvero importante per me poter discutere con Antonio dei molti aspetti di quel mondo che mi erano ancora in parte sconosciuti: la complessa tematica dell'insegnamento della chimica in rapporto alle classi di concorso nella scuola; le problematiche della formazione iniziale e in servizio degli insegnanti; la ricerca nel campo della didattica; il rapporto fra mondo della ricerca disciplinare e didattica.

Insieme a lui e ad altri componenti della DD-SCI (Marilena Carnasciali, Livia Mascitelli, Antonella Rossi, Sandro Torroni) avviammo subito un impegnativo lavoro di valorizzazione del materiale didattico prodotto in quegli anni dalle sedi del PLS. Venne sviluppato il sito "*Strumenti didattici per l'insegnamento della Chimica nelle Scuole Medie Superiori*" (<http://www.pls.chim.it/>) per la raccolta ragionata e fruibile delle 300 e più esperienze didattiche realizzate nell'ambito del PLS.

Sotto la presidenza di Antonio, la DD-SCI istituì la Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica dedicata a Ulderico Segre. La lungimiranza di quel progetto è confermata, a distanza di quindici anni: questa iniziativa, giunta alla sua XIV edizione, costituisce un punto di riferimento per le tematiche dell'insegnamento della chimica, tenuto anche conto del fatto che in questi anni gli atenei sono stati chiamati a svolgere un ruolo istituzionale nei percorsi di formazione iniziale degli insegnanti.

Ma l'attività che meglio riassume il modo di concepire la didattica e la ricerca in ambito didattico di Antonio è sicuramente la Scuola permanente per l'Aggiorna-

mento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali (SPAIS), da lui fondata e che quest'anno è alla sua XVI edizione. La Scuola rappresenta la sintesi dell'idea di Antonio del legame indissolubile fra ricerca scientifica avanzata e acquisizione dei concetti fondamentali delle scienze di base. A tale proposito, mi piace ricordare il sostegno dato negli ultimi anni a SPAIS dalla collaborazione di tutte le sedi siciliane del PLS, sia di ambito chimico sia degli altri ambiti scientifici. E da ultimo voglio ricordare le riunioni avute quest'anno per l'organizzazione della nuova edizione della Scuola Segre alle quali ho partecipato in qualità di componente del Direttivo della Divisione. In questi incontri Antonio ci ha sempre posto domande fondamentali che costringevano tutti a focalizzare meglio il nostro pensiero, consentendoci di approfondire e rendere più stringente la discussione. Ci manca il suo contributo, il suo stimolo, la sua ironia e la sua persona. ■



Antonio Floriano e la complessità

Elena Ghibaudi

Università di Torino

Il mio primo contatto con Antonio Floriano è avvenuto nel segno della complessità. Nel 2008 comincio ad interessarmi a questo tema, in relazione alle basi chimiche della vita. Chiacchierando con una collega, scoprii che il prof. Floriano di Palermo stava organizzando una edizione della scuola SPAIS dedicata proprio ai sistemi complessi. Lo contattai un po' timidamente, chiedendogli se avrei potuto iscrivermi alla sua Scuola pur non essendo un'insegnante della scuola secondaria. Allora non potevo saperlo, ma quella telefonata sarebbe stata l'inizio di un lungo rapporto di amicizia e collaborazione. Antonio mi propose di incontrarci a Genova, dove di lì a poco si sarebbe tenuto il convegno annuale della DD-SCI. E fu così che, in men che non si dica e non senza sorpresa, mi ritrovai ingaggiata a gestire un pomeriggio di lavori di gruppo per gli insegnanti di SPAIS intorno al tema della complessità, insieme a Paola Ambrogio. Questo episodio mi fece scoprire fin da subito una delle grandi doti di Antonio: la capacità di coinvolgere le persone e di farle crescere, accogliendole e dando loro fiducia.

Da allora i contatti con Antonio divennero abituali e frequenti: ogni anno, immancabilmente, arrivava la telefonata che mi annunciava il tema di SPAIS e chiedeva suggerimenti su chi invitare. Grazie alle sue sollecitazioni, partecipai a varie edizioni della scuola e crebbe anche il mio impegno dentro DD-SCI, nel cui direttivo condividemmo un mandato e fummo entrambi

impegnati nell'organizzazione di varie edizioni della scuola Segre. Di tutte queste esperienze mi sento profondamente debitrice verso Antonio e gli sono grata. A conclusione di questo breve ricordo, vorrei richiamare due aspetti della sua personalità che ho sempre apprezzato. Il primo è la sua *vis polemica*: Antonio amava discutere ed era abilissimo nel formulare domande capaci di far emergere gli aspetti critici dei temi in discussione. Questa dote arricchiva in modo unico le discussioni preparatorie della scuola Segre, che diventavano luogo di confronto dialettico franco e vivace. Ricordo che un giorno, al telefono, mi disse che una discussione è efficace solo se ti incontri/scontri con chi la pensa diversamente da te e ha il coraggio di dirtelo. Altrimenti non c'è gusto. La seconda qualità alla quale vorrei rendere omaggio è il suo coraggio: negli ultimi anni Antonio ha dovuto affrontare la sfida terribile della cecità. Invece di ripiegarsi su se stesso, come altri forse avrebbero fatto, non ha consentito alla malattia di sottrargli terreno né di 'rubargli vita'. È rimasto attivo e propositivo, non ha rinunciato a viaggiare, a partecipare ad iniziative che lo interessavano e a promuoverne in prima persona, sapendo di poter contare sull'appoggio fedele di Anna Caronia e delle persone a lui più vicine. Chiunque abbia avuto l'avventura di partecipare con Antonio a qualche seminario non avrà potuto fare a meno di stupirsi della sua capacità di cogliere dettagli che sfuggivano ai più, grazie ad uno sguardo mentale assai più penetrante del mero senso della vista. Con una parola divenuta di moda potremmo dire che Antonio è stato 'resiliente', ma sarebbe riduttivo: Antonio è stato un combattente e la sua *vis pugnantis* ci manca molto. ■



Il mio ricordo di Antonio

Giovanni Magliarditi

Vicepresidente SPAIS e Consigliere AIF

Era il 2005 ed in seguito ad un accordo firmato con l'USR Sicilia i rappresentanti regionali della Associazione disciplinari scientifiche decisero di incontrarsi per fare qualcosa insieme, l'incontro avvenne al Liceo Boggio Lera di Catania. Allora partecipavo alla riunione in qualità di Segretario della Sezione messinese di AIF, dopo le presentazioni di rito, mi colpì la presenza di un uomo cortese ma determinato: era il Prof. Michele Floriano che aveva già le idee chiare su cosa fare. Il suo suggerimento fu quello di istituire una Scuola di formazione interdisciplinare rivolta agli insegnanti di Scienze, la proposta fu accolta con favore dai partecipanti e nacque così l'idea di quella che in seguito fu denominata SPAIS. In successivi incontri vennero definiti i

termini della Scuola ed il Prof. Floriano divenne per tutti Antonio, così come era chiamato dai suoi intimi. Col tempo il rapporto professionale si mutò in qualcosa che era molto vicino all'amicizia, anzi, direi proprio amicizia così come dovrebbe essere tra persone che condividono le stesse passioni e che superano le inevitabili divergenze di opinione. C'era un accordo esplicito tra di noi: ci si può accalorare su questioni operative o di principio ma nulla può intaccare il rispetto e l'amicizia che si instaurano tra persone che si stimano. Così abbiamo lavorato fianco a fianco assieme al team di SPAIS per ben 17 anni, ovviamente non ci si limitava a questo ma ci si confrontava su vari temi che non fossero strettamente professionali ed in questo emergevano ancora oltre le sue qualità di scienziato anche quelle umane. Nell'ultimo aprile, come spesso facevo, ho provato a chiamarlo telefonicamente ma non sono riuscito a sentirlo. Di solito quando non riusciva a rispondere mi richiamava ma questa volta non succedeva. Mi sono preoccupato ed ho chiamato Anna Caronia, anche lei organizzatrice di SPAIS della prima ora e stretta collaboratrice di Antonio. Anna mi comunicava che purtroppo Antonio non era stato bene, che aveva subito un intervento e che tutto sembrava procedere per il meglio. Confidavo sulle sue note capacità di non "mollare" evidenziate in altre occasioni in cui aveva avuto difficoltà di salute e da cui era uscito con spirito combattivo come si addice ad un vecchio leone. Questa volta non ce l'ha fatta, l'ho appreso dopo qualche giorno. Ciao Antonio, ci mancherai! ■



Per un amico

Mariano Venanzi

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, Università di Roma "Tor Vergata"

È molto difficile per me parlare di Antonio. Il fatto è che del Prof. Michele Floriano, Ordinario di Chimica Fisica dell'Università di Palermo, sono semplicemente amico. E da amico ne parlo, anche se ricordi troppo personali affiorano ora che inizio a scrivere. Ci siamo conosciuti nel 1998, grazie ad una di quelle storie puramente accademiche che attraversano la nostra vita. Eravamo entrambi risultati vincitori nell'ultimo concorso nazionale per professore associato di Chimica Fisica. Per una di quelle regole che accompagnano la burocrazia universitaria, la presa di servizio era limitata al primo novembre di ogni anno e ogni sede doveva selezionare il prescelto tra i 22 vincitori di allora. Essendo le nomine arrivate ad ottobre, era praticamente impossibile rispettare i tempi, e quindi ci organizzammo

in modo da far arrivare ad ogni sede 21 rinunce. Questo presupponeva un accordo tra i 22 vincitori e uno scambio di rinunce ben organizzato. Tutto andò per il meglio, ma richiese una serie di incontri in cui ci scambiammo le relative rinunce, e Roma era ovviamente al centro di questa frenetica attività. Da quella serie di incontri, nacque un gruppo che si autodefinì con una qualche ironia 'i ragazzi del '98', anche se noi non eravamo proprio ragazzi e certo vincitori di una guerra infinitamente più piccola.

'I ragazzi del '98' però presero a vedersi con regolarità e a ragionare con regolarità attorno a cose universitarie, ma visto che di concorsi ne avevamo avuto abbastanza, cominciammo a discutere di quello che avevamo in comune, che era l'insegnamento della chimica fisica. E in quell'occasione venne alla luce e cominciai a comprendere la personalità complessa di Antonio, che aveva la capacità di portarti a fare la cosa che a lui interessava senza darlo a vedere, anzi senza che tu lo capissi, se non alla fine o molto dopo. È quello che mi è successo regolarmente con Antonio. Si parlava, si discuteva, e poi mi ritrovavo a fare esattamente la cosa che lui auspicava che io facessi. Però, nel farlo, usava un tratto di eleganza socratica, portandoti alla necessaria e voluta conclusione senza esprimere certezze assolute, ma ponendo domande via via più serrate. Nella natura di Antonio c'era la propensione netta a tenere una posizione defilata, da dove, più agevolmente e segretamente, governare le fila del discorso. Così mi ritrovai a far parte del direttivo della Divisione di Chimica Fisica con l'incarico di aprire una discussione sulla didattica chimico-fisica all'interno della comunità, e poi nella commissione della Società Chimica che disegnò il 'core chemistry' per le nuove lauree triennali, e poi nella conferenza dei presidenti dei corsi di laurea in chimica, e poi, e poi, e poi... Ora, a ripensarci, mi sembra quasi di essere stato etero-diretto, in un gioco delle parti che Antonio governava da presidente della Divisione Didattica e poi da vice-presidente della Società Chimica Italiana.

E poi ci furono le innumerevoli serate siciliane della SPAIS, a cui mi invitò praticamente sempre. In tutte quelle occasioni, alla fine delle mie prove oratorie, non ho mai ricevuto un bravo, una parola di apprezzamento da Antonio. Avrei dovuto indovinare, ma chi lo ha conosciuto sa che indovinarne i pensieri dalla sua espressione era praticamente impossibile. Perché un'altra cosa che mi ha insegnato a praticare Antonio è quel meraviglioso modo di esprimersi, o meglio di essere, che si riassume nel precetto filosofico nascosto nell'idioma 'mezzaparola'. Non c'era veramente bisogno di dire nulla con Antonio. Bastava 'mezzaparola'.

E allora mi viene in mente adesso quello stare in un bar di piazza della Marina, ad ascoltare un po' di sciato che veniva dal porto, guardando i nodi degli alberi secolari del giardino, come se potessimo imparare da quelli a sciogliere i nostri nodi.

La domanda insistente in una scuola a Siracusa. A.: *'Che cosa è l'energia?'*. Io: *'Dai Antonio, è più semplice parlare di scambi di energia. In termodinamica solo differenze di energia possiamo misurare'*. A.: *'Sì. Ma che cosa è veramente l'energia?'*. Celentano cantato al bordo di una piscina a Santo Stefano Quisquina. *'A mezzanotte sai, che io ti cercherò, dovunque tu sarai, sei mia.'* Quel Roma-Palermo allo stadio Olimpico, per fortuna finito 1 a 1. Sul lago Maggiore, in un congresso di chimica fisica organizzato da Elena Selli (un'altra ragazza del '98), in cui per la prima volta lo vidi inciampare ripetutamente, e capii che dovevo essere io a guidarlo per una volta. Anche lì, nessuna parola, solo gli strinsi il braccio ed andammo insieme. Ho una ammirazione stupita per la forza dimostrata da Antonio in questi ultimi anni.

In tutti questi anni, non avevamo scritto nulla insieme. Solo, lo scorso ottobre abbiamo pubblicato un lavoro sulla natura del legame a idrogeno e, a gennaio, un breve resoconto su la 'Chimica nella scuola' della Scuola Segre dello scorso autunno. Sono contento adesso che ci siano almeno due piccole cose che accomunano i nostri nomi.

Una delle ultime volte che ho sentito Antonio. Un sabato mattina di marzo, al telefono. A.: *'Ti disturbo?'* Io: *'No, sto facendo minchiate'*. A.: *'Allora ti disturbo veramente'*. Mi ha poi chiamato alla fine di marzo. Ho messo giù, impegnato in una riunione. L'ho richiamato il giorno dopo, e poi ancora. Non ha più risposto. Poi la telefonata di Delia, un sabato mattina.

Adesso che devo dirti Antonio? Quale è la prossima cosa che devo fare? Quale è la parte giusta della Sicilia, tu che mi accusavi di frequentare troppo quella sbagliata? Che cosa non dirai della mia lezione alla prossima SPAIS? *Che cosa è l'energia, Antonio?* ■



In ricordo di Antonio

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici del CNR di Pisa

Non è facile assemblare i ricordi di una persona con cui hai condiviso molti momenti: le immagini si accavallano e non le riesci più a posizionare nello spazio e nel tempo.

Io Antonio sicuramente l'ho incontrato la prima volta a Torino dove aveva portato una sua iniziativa sulla

"Magia della Chimica". Credo che l'iniziativa torinese si chiamasse *Experimenta* ed erano i primi anni 2000. Io ero a Torino per un congresso della SCI e ricordo che sono andato con lui ed altri colleghi a questa iniziativa, ma ricordo soprattutto che in una di quelle sere Antonio ci preparò una splendida pasta alle sarde a casa di un collega. Antonio doveva essere una "buona forchetta" perché più di un mio ricordo legato a lui è su aspetti culinari.

Il primo incontro in ambito scientifico fu alla prima edizione della Scuola SPAIS, sua invenzione didattica. Tale "Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali" è una scuola itinerante per la Sicilia che vuole approfondire le conoscenze di base per aiutare i docenti a portare in classe la moderna ricerca scientifica. La prima edizione è stata a Caccamo vicino Palermo e io fui invitato da Antonio. Dopo quella volta ho partecipato a molte altre edizioni; ero uno degli "affezionati" che spesso andava in Sicilia per stare 5 cinque giorni con gli insegnanti. Ricordo che la cosa più bella di quella Scuola era il "clima culturale" che Antonio riusciva a creare: la sua squisita ospitalità, la sua capacità di discussione, lo stesso "stile" della scuola riflettevano la sua personalità. Ricordo anche che la scelta del posto e del tema di ogni anno erano per lui impegni lunghi e gravosi. Una volta, finita una Scuola, Antonio mi stava accompagnando in macchina all'aeroporto e già rifletteva sul luogo e sul tema della scuola successiva. I miei contatti con Antonio non erano legati solo alla SPAIS. Anche lui era un "affezionato" delle iniziative che io organizzavo in Toscana sulla Didattica. Credo che non si sia perso neppure un'edizione della Scuola "Giuseppe Del Re" che io ed altri organizzavamo annualmente a San Miniato (PI).

Poi con Antonio c'erano i contatti telefonici. Può sembrare strano, ma i contatti telefonici erano importanti per lui e per me. Quando Antonio aveva un "dubbio" chimico, mi chiamava. In genere iniziava la chiacchierata dicendo "facciamo finta che io questa cosa me la sia dimenticata" e mi poneva delle questioni generali a cui pensavo per settimane, a volte per mesi. Anch'io quando volevo "testare" un'idea lo chiamavo e in lunghe chiacchierate cercavo di "chiarirmi le idee". Proprio una di queste telefonate è stata il mio ultimo contatto con lui. A quella chiamata ha risposto dall'ospedale dove era stato ricoverato. Sembrava che il problema fosse stato risolto e qualche giorno dopo l'ho richiamato. Questa volta non mi ha risposto e mi è arrivato un mail della moglie che mi informava che Antonio era tornato in ospedale. Non l'ho più sentito e alla vigilia di Pasqua ho ricevuto l'ultima telefonata che lo riguardava. ■

In memoria di Antonio Floriano

Roberto Zingales

Palermo

Conosco Antonio sin dagli anni dell'Università, lui due anni più giovane, collega di corso di colei che sarebbe poi diventata mia moglie. Indirizzi diversi, percorsi diversi, lui con prestigiosa formazione estera, io, più fortunato, da subito a Palermo.

Tornò dall'America ricco di esperienza e, come sempre, pieno di entusiasmo e di progetti. Fu così che, a inizio anni '90, venne a propormi un'impresa *pazza*, come tutte quelle che ha sempre progettato: organizzare, sulla scia di quanto già avveniva all'estero, uno spettacolo per scolaresche, nel quale realizzare una serie di reazioni chimiche *semplici* e veloci, ma dagli effetti strabilianti, presentandole come se fossero opera di magia. Aveva attinto, dal *Journal of Chemical Education*, una lista di *ricette*, per cui la maggior parte del lavoro era fatto, bastava preparare le soluzioni e farle reagire davanti al pubblico.

Preso dalla frenesia della ricerca *alta*, e dalla preoccupazione per una carriera che non decollava, rifiutai l'offerta, ritenendola un'inutile *distrazione* da quelli che erano i nostri compiti istituzionali. Ma, Antonio non si è mai fermato davanti al primo NO, e così mi ritrovai, mio malgrado, a preparare con lui i reattivi, provarne l'efficacia, organizzare le battute per presentare le diverse magie, realizzare lo spettacolo davanti agli studenti, una volta al giorno, per un'intera settimana.

Quello che non era previsto, ma che si realizzò puntualmente, fu che riuscimmo ad affascinare e divertire il pubblico. La cosa più sorprendente, fu che restammo noi stessi affascinati dalle reazioni che realizzavamo con le nostre mani. Ci stavamo rendendo conto del fatto che la *Magia della Chimica* sta proprio nella sua capacità di realizzare trasformazioni della materia, spesso accompagnate da effetti eclatanti, come cambiamenti di aspetto o colore, produzione di fumi o effetti luminosi, che emozionano il chimico che le esegue.

Chemistry is fun, la Chimica è divertente, divenne il nostro motto e il nostro slogan, e assumemmo con entusiasmo la missione di trasmettere questo messaggio agli altri, ai colleghi che praticavano i laboratori come una necessità da espletare, ma, soprattutto, agli studenti che percepivano la Chimica come astrusa, noiosa, da evitare.

Seguirono anni intensi ed esaltanti: Antonio procedeva a valanga (come sempre, un vulcano di idee e di trovate) e io, e gli altri coinvolti nell'impresa, arrancavamo

per stare al passo. Il successo venne e ci travolse: iniziammo anche le prime trasferte, e i viaggi di trasferimento, più o meno lunghi, erano l'occasione per progettare nuove attività.

Ripensandoci, dopo tanti anni, credo che la riuscita stesse nella perfetta simbiosi che siamo riusciti a realizzare Antonio ed io: la mia abilità nelle manipolazioni chimiche e la mia austera aria professionale si combinava perfettamente con la sua capacità di tenere sempre desta l'attenzione del pubblico, senza concedere pause, gestire gli imprevisti, stravolgere con la sua ironia misurata la mia aria di chimico serio. E, soprattutto, nel fatto che ci siamo divertiti da matti. Molti altri si sono cimentati, con fantasia e abilità, in queste rappresentazioni, ma penso che solo raramente si sia raggiunto un simile affiatamento e un simile coinvolgimento del pubblico.

In sintonia con il nostro ruolo di docenti universitari, abbiamo pubblicato alcuni articoli divulgativi sull'argomento, e stampato anche un paio di opuscoli, che purtroppo, non sono mai stati accessibili agli utenti, ancora oggi interessati a consultarli.

Come tutte le cose belle, anche quest'avventura è giunta alla conclusione: quando ho avuto l'impressione che terze persone volessero trarre profitto dal nostro lavoro e gestirlo secondo i propri criteri, ho deciso di abbandonare tutto e percorrere altre strade. Sebbene a malincuore, Antonio ha accettato la mia decisione, e, per fortuna, la separazione non è stata traumatica, lasciandoci in buoni rapporti: ancora tre anni fa mi ha invitato a tenere un intervento nella Scuola SPAIS, presentandomi al pubblico in maniera molto lusinghiera. Dopo il mio pensionamento, le occasioni di incontrarci si sono azzerate (anche a causa della pandemia), per cui ora continuerò a pensare a lui come un caro amico che non vedo da tempo per la mia innata pigrizia, ma che porto sempre nel cuore. E, del resto, la sua personalità è sempre stata così *ingombrante* che continuerà a riempire il vuoto creato dalla sua scomparsa. ■

Antonio, amico e mentore

Delia Chillura Martino

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

Conobbi Antonio agli inizi degli anni 1990: lui un borsista appena rientrato dagli Stati Uniti e io "interna in tesi" nel gruppo di ricerca del Prof. Roberto Triolo. Ci ritrovammo a condividere un "laboratorio" di nemmeno 20 metri quadri con un numero variabile di studenti in tesi e dottorandi. La prima impressione fu di una persona riservata, ma di grande valore cul-

turale che presto divenne una guida e un esempio per tutti noi. Da subito apparve chiaro che nessuno di noi avrebbe ricevuto una risposta diretta ai nostri numerosi “*perché*”, “*ma come lo faccio*”, “*è così?*”. Le giornate trascorrevano veloci discutendo di modelli per analisi di dati di diffusione a basso angolo (raggi X e neutroni), di processi all’equilibrio, di approccio microscopico, di grandezze termodinamiche, ...

Antonio aveva portato una ventata di novità, era il luglio del 1991 quando il gruppo di ricerca comprò “il 382”, il primo computer che ci permise di compilare ed eseguire i nostri programmi di elaborazione, rigorosamente modificati da noi, in Fortran 77. E ricordo vividamente il suo commento alle nostre frasi di stizza quando l’esecuzione di un codice ci restituiva un messaggio di errore: “il computer ha sempre ragione!”. Imparai a verificare i “risultati” perché “l’errore più subdolo è quello che si annida nella sequenza di istruzioni sintatticamente corrette”. Cominciai a imparare anche le basi e l’importanza della comunicazione nella chimica. Non dimenticherò mai la sensazione di frustrazione quando sottoposi al suo giudizio la mia prima presentazione: A. “*così non funziona! ... cosa vuoi raccontare?*”. Così imparai a selezionare le informazioni rilevanti e a presentarle in maniera semplice e chiara. Ma era anche il periodo in cui gli orizzonti culturali si sono ampliati: Antonio era un grande estimatore dei motori e appassionato di sport, le discussioni spesso si incentravano sulla “bellezza” e “potenza” della Ducati Monster, sulla formazione e sui risultati del Palermo, sulla pole o vittoria della Ferrari (sigh! Il bello di essere l’unica ragazza in un gruppo di ragazzi!).

Alla fine degli anni 1990 ci trasferimmo di sede, ognuno di noi aveva il proprio studio; pertanto, divenne un rito quotidiano “andare a fumare la sigaretta sul terrazzo”. Era l’occasione in cui ci raccontavamo la nostra quotidianità, ma anche in cui si innescavano discussioni scientifiche che continuavano, spesso per ore, nel suo studio. Allora non lo comprendevo, ma era un processo di formazione continua durante il quale l’intento di Antonio era di “farti ragionare, imparare a leggere tra le righe” ... portarti a cogliere il significato “autentico” delle conoscenze. Fu una palestra dura ma preziosa.

Con Antonio abbiamo condiviso numerosi viaggi Palermo-Petralia Sottana, erano i primi anni 2000 durante i quali esplose il numero di corsi di studio in sedi decentrate, e il “tempo della strada” era un’ulteriore occasione di discussioni sui contenuti delle lezioni che, di solito, avvenivano durante il viaggio di andata. Il ritorno era riservato ad ascoltare la sua collezione di brani di Lucio Battisti o dei Pink Floyd, spesso accompagnati dalla sua voce.

In quegli anni cominciai anche a coinvolgermi in alcune sue iniziative mirate alla diffusione della cultura chimica: già dal 2005 fui coinvolta, assieme ad Eugenio Caponetti, nella realizzazione di un laboratorio PLS perché era importante “non lamentarsi, ma fare!”. E mi coinvolse nell’organizzazione della Scuola SPAIS. Altra importante occasione che mi ha permesso di comprendere il significato della trasversalità e della multidisciplinarietà.

Questo percorso ha trovato la naturale evoluzione nella progettazione e attuazione dei due corsi di didattica disciplinare nel Corso di Laurea in Chimica dell’Università di Palermo.

Antonio è stato per me, prima di tutto e soprattutto, un grande amico sincero. È stato colui che mi ha consolata nei momenti di sconforto, che mi ha spronata a rialzare la testa, che mi ha insegnato che la vita può, spesso, essere dura, ma che va sempre vissuta con dignità!

Tante cose hai detto, preziosamente conservate nei miei ricordi, ma l’insegnamento più autentico è stato il tuo esempio, la tua signorilità, la tua sottile ironia. Grazie Antonio per la tua amicizia e per l’eredità unica e preziosa che mi hai lasciato! ■



Ad Antonio che ha accompagnato gran parte della mia vita lavorativa

Margherita Venturi

Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician”, Università di Bologna

Nel preparare questo ricordo ho pensato cosa Antonio ha rappresentato e rappresenta per me e mi sono accorta che ha praticamente accompagnato buona parte della mia vita lavorativa.

Il mio primo incontro con il “nome” Antonio Floriano è avvenuto nel 1976; io facevo ricerca al CNR di Bologna nell’ambito della Chimica delle Radiazioni, una disciplina a quei tempi giovanissima in Italia, nata sotto l’ala di centri di ricerca stranieri molto più avanzati di noi. Fra questi figurava, per il suo prestigio, quello fondato nel 1964 da Gordon Freeman a Edmonton in Canada; il fatto di aver saputo da un collega che Antonio stesse lavorando in questo centro fu per me sufficiente per vederlo come un mito. Ma ancora non avevo potuto dare un volto al nome, perché allora internet e i social non esistevano, e rimase tale per molto tempo, fino ai primi anni del 1990. In questo periodo ho, infatti, cambiato tema di ricerca e mi sono trasferita al Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician” dell’Università di Bologna, dove ho cominciato ad accarezzare l’idea di organizzare

qualcosa per “uscire all’esterno” e far conoscere ai giovani e alla cittadinanza il vero volto della nostra disciplina. L’aver saputo che a Palermo, grazie ad Antonio Floriano e Roberto Zingales, era nata la “Magia della Chimica” fu per me illuminante: la palla al balzo che aspettavo per realizzare un progetto simile a Bologna. Fu l’occasione per dare finalmente un volto al nome Antonio Floriano: presi il coraggio a quattro mani e lo contattai chiedendo aiuto. Con la sua usuale disponibilità Antonio venne a Bologna al mio dipartimento; mi dedicò tantissimo tempo dandomi suggerimenti, svelandomi i segreti del mestiere e avvertendomi che non sarebbe stato facile. Lui la vedeva lunga e sapeva che avrei avuto la resistenza di molti colleghi, ma ancora non conosceva la mia cocciutaggine che, alla fine, mi permise di realizzare il progetto con la nascita del Gruppo “Per conoscere la Chimica”.

Dopo di ciò i nostri rapporti si sono rafforzati; mi chiamò per partecipare a SPAIS e così ebbe l’opportunità di apprezzare quest’altra creatura di Antonio, nata dalla sua mente prolifica e dalla sua attenzione per l’aggiornamento dei docenti di Scienze, un impegno a cui i professori universitari normalmente si sottraggono. Vi confesso che più di una volta ho chiesto ad Antonio come facesse a trovare per SPAIS, anno dopo anno, temi sempre nuovi, scientificamente avanzati, ma soprattutto come facesse a trovare, in maniera veramente magistrale, così tanti raccordi inter- e trans-disciplinari, arrivando ad un perfetto connubio fra scienza e altri ambiti del sapere.

Antonio partecipò anche al Progetto PRIN “Infochem” del 2011 da me coordinato e vi partecipò ancora una volta con un’idea innovativa; propose, infatti, di inserire un’unità operativa, la sua, dedicata a far conoscere i risultati scientifici ottenuti nell’ambito del progetto, con l’obiettivo di stabilire un canale di comunicazione fra ricerca, divulgazione e didattica e per coniugare didattica e innovazione. Un esempio ante litteram dell’attuale terza missione dell’università.

Galeotto fu questo progetto perché, grazie ad esso, ebbi varie occasioni di andare a Palermo. Ricordo con gran piacere una delle mie ultime visite, avvenuta nel 2016, durante la quale Antonio mi fece da cicerone accompagnandomi in un meraviglioso giro della città: gli occhi di Antonio, quelli della sua memoria, della profonda conoscenza della sua Palermo, della sua grande cultura, mi hanno fatto vedere cose che con i miei occhi non avrei mai visto. Fra l’altro, era la settimana prima di Pasqua e, allora, ho visitato assieme a lui i Sepolcri, una tradizione che nella cittadina della Romagna in cui abito si è un po’ persa; mi ha anche portato a vedere la tomba di Cannizzaro e quella di Falcone nella chiesa di San Domenico. Mi

raccontò il motivo per cui la prima era relegata in un angolo buio e nascosto della chiesa e mi spiegò, da palermitano, come l’omicidio di Falcone avesse finalmente risvegliato gli animi dei cittadini che, durante i funerali, uscendo allo scoperto, avevano riempito la piazza antistante la chiesa. Il giro si concluse attraversando la Vucciria e qui ho deluso Antonio; sicuramente l’avrò deluso in tante altre occasioni, questa volta, però, il suo disappunto è stato totale ed esplicito quando non ho voluto assaggiare la milza: gli chiedo scusa ancora oggi, ma proprio non ce l’ho fatta!

A partire dal 2013 abbiamo anche collaborato nell’ambito del progetto europeo “Irresistibile” esplicitamente dedicato all’innovazione della didattica.

Di questo aspetto Antonio è stato sicuramente un maestro; ha dato, infatti, contributi fondamentali sia come Vicepresidente della Società Chimica Italiana che, soprattutto, come Presidente della Divisione di Didattica. Ricordo, fra tutto il resto, che ricoprendo questa carica si è battuto per l’istituzione della Scuola di Didattica Chimica e di Ricerca Educativa che, sempre con il suo appoggio, fu dedicata a Ulderico Segre.

Proprio a partire dalla Scuola Segre del 2018 il nostro lavoro in comune si è intensificato moltissimo, essendo diventata, nel frattempo, Presidente della Divisione di Didattica, grazie anche al suo appoggio. Antonio era il faro che illuminava noi del Direttivo della Divisione nel definire, anno dopo anno, i temi e i programmi della Scuola Segre.

Partecipava alle riunioni in preparazione della Scuola inizialmente in silenzio, ci ascoltava, ci lasciava parlare e, quando noi, soddisfatti, pensavamo di aver ottenuto un qualche risultato definitivo, diceva “molto bene, ma ...”. Ecco, con quel “ma” ci metteva tutti letteralmente in buca, perché con la sua intelligenza e con il suo acume riusciva sempre a mettere in evidenza dove il nostro ragionamento faceva acqua e dove erano i punti deboli.

All’inizio di quest’anno siamo partiti con l’organizzazione della Scuola Segre 2022 e, ancora una volta, è stato Antonio a individuare il tema su cui focalizzare questa edizione. Purtroppo, però, come ben sappiamo non ha potuto partecipare alle fasi della discussione. Noi siamo dovuti andare avanti lo stesso; facevamo delle lunghe pause quando veniva presa una decisione; ciascuno di noi aspettava, o meglio sperava, di sentire la sua voce che diceva “molto bene, ma ...”. Il “ma” non è più arrivato; ci manca e ci mancherà sempre, motivo per cui abbiamo deciso di dedicare ad Antonio la Scuola Segre di quest’anno.

Grazie Antonio per tutto quello che hai dato a me e a tutti noi; non ti dimenticheremo mai! ■

Giuseppe D'Angelo

✉ sitdang010762@gmail.com

Come superare oggi le difficoltà analitiche a cui andarono incontro i chimici dell'Ottocento utilizzando semplici metodi moderni in un laboratorio scolastico

RIASSUNTO Due semplici esperienze realizzate in un laboratorio scolastico. Anche a scuola è possibile determinare sperimentalmente la composizione percentuale in massa di un elemento di un composto e verificare il rapporto di combinazione tra carbonio e ossigeno nel diossido di carbonio. In questo breve lavoro si descrive come sia possibile fare oggi, con semplici attrezzature moderne, quello che hanno realizzato i chimici dell'Ottocento applicando la “legge degli atomi” del grande chimico italiano Stanislao Cannizzaro.

ABSTRACT Two simple experiences were carried out in a school laboratory. Even at school it is possible to experimentally determine the percentage composition by mass of an element of a compound and verify the combination ratio between carbon and oxygen in carbon dioxide. This short work describes how it is possible to do today, with simple modern equipment, what the chemists of the nineteenth century achieved by applying the “law of atoms” of the great Italian chemist Stanislao Cannizzaro.

PAROLE CHIAVE legge degli atomi; Stanislao Cannizzaro; percentuale in massa; rapporto di combinazione; esperienze laboratorio scolastico

1. Introduzione

La Chimica moderna non potrebbe essere altamente performante, come lo è oggi, senza il duro lavoro dei primi pionieri di questa affascinante disciplina scientifica. Scoprire da cosa sono composte le differenti sostanze presenti in natura è stato uno dei primi obiettivi della ricerca chimica. Le sostanze semplici vengono così separate da quelle composte e identificate. L'analisi chimica diventa prassi irrinunciabile per scoprire i segreti della materia. Sebbene spesso complessa, l'analisi dei composti si è dimostrata l'unica via percorribile anche nel momento

in cui bisognava conoscere il peso dei singoli atomi di ciascun elemento. Quando in classe si affronta l'argomento “Pesi atomici” non sempre si riesce a far comprendere come abbiano fatto nella realtà dei fatti i chimici dell'800 a determinare i pesi atomici relativi (all'idrogeno) dei vari elementi chimici. L'argomento è strettamente collegato alle leggi ponderali ed all'ipotesi atomistica di Dalton, pertanto, si orientano gli sforzi didattici soprattutto per far comprendere tali importanti concetti più che per approfondire la questione. In questo resoconto didattico si propongono alcune brevi esperienze, facilmente realizzabili in un laboratorio scolastico, con le quali è possibile avvicinarsi alle problematiche operative che hanno dovuto affrontare i padri fondatori di questa importante disciplina. In particolare, si vuole dare risalto al fondamentale contributo dato da Stanislao Cannizzaro nel risolvere il problema della identificazione dei pesi atomici ricordando la sua “legge degli atomi”. Va anche precisato che le esperienze proposte rappresentano un percorso analitico creato ad arte per essere proposto ad una scolaresca dei nostri tempi e nulla hanno a che vedere con le reali specifiche esperienze fatte dai chimici dell'Ottocento con le quali sono state scoperte le leggi fondamentali della Chimica. Lo scopo delle esperienze proposte è palese ed è quello di mettere i giovani neofiti nello studio di questa coinvolgente disciplina di fronte alle stesse difficoltà che hanno dovuto risolvere i padri della Chimica nel tentare di scoprire come è fatta la materia e quali sono le leggi che la governano. Partendo da conoscenze basilari ed inventandosi tecniche e protocolli analitici di volta in volta necessari essi sono stati capaci di venire a capo dei perché e dei come è fatto un determinato composto. Con lo stesso spirito dei ricercatori, partendo da conoscenze di base, e con una notevole dose di creatività sono

state realizzate delle semplici apparecchiature indispensabili per rendere possibili specifiche misurazioni.

2. Le esperienze

Le esperienze proposte riguardano le seguenti problematiche:

1. come determinare la percentuale in massa di un elemento in un composto
2. come determinare il rapporto di combinazione tra gli atomi di un composto come la CO_2

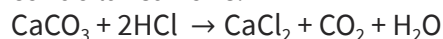
Le esperienze sono state realizzate con gli alunni di una quarta liceale, indirizzo Scienze Applicate, e hanno richiesto non meno di sei ore di lezione cadenzate nel corso del quadrimestre. Il protocollo seguito non è probabilmente molto ortodosso, ma ci ha permesso comunque di comprendere la problematica operativa di laboratorio e quanto sia importante la creatività nell'ipotizzare e costruire semplici apparati dimostrativi. Va, infatti, detto che tutte le attività e le semplici apparecchiature realizzate non sono state riprodotte da esperienze già riportate in letteratura, ma integralmente ipotizzate e realizzate per la nostra specifica attività.

Prima esperienza

Come fare a determinare in laboratorio la composizione percentuale di un composto? Si è pensato di analizzare alcuni carbonati che, essendo tutti caratterizzati dalla presenza nella loro molecola del gruppo CO_3 , ci permettevano di fare alcune riflessioni sui pesi atomici degli elementi metallici componenti. Appare evidente che l'analisi proposta presuppone la conoscenza della composizione qualitativa dei carbonati, tutti caratterizzati infatti dalla presenza del gruppo CO_3 . Pur volendoci considerare dei "pionieri" della Chimica, abbiamo avuto bisogno di alcune conoscenze precedentemente acquisite da altri. Per giustificare questa conoscenza pregressa sulla composizione dei carbonati, si può ipotizzare che siano già state fatte delle prove sperimentali di raccolta del gas prodotto a seguito della reazione con acidi. Con tale gas è possibile, ad esempio,

estinguere una fiamma libera. Si può anche rendere frizzante l'acqua nella quale viene fatto gorgogliare e si può osservare il cambiamento di colore della sua soluzione in presenza di un indicatore di pH. Queste osservazioni, e altre ancora che si possono aggiungere, suggeriscono che possa realmente trattarsi di anidride carbonica (il cui nome accettato oggi è diossido di carbonio). Gas ben conosciuto perché presente nelle esalazioni del vulcanismo secondario e nel processo di fermentazione. Infine, la combustione di sostanze organiche, come lo stesso carbone, produce un gas con le medesime proprietà fisiche e chimiche. Si deduce per certo che si tratta dunque di un ossido del carbonio la cui formula dovrà però essere accertata (CO_2 o CO).

Il primo carbonato preso in esame è stato il carbonato di calcio CaCO_3 (PF = 100,089 u). Sappiamo che tale sale reagisce vivacemente con l'acido cloridrico secondo la reazione:



Tuttavia, nella nostra indagine non viene data per certa la formula del carbonato, ma si assume di conoscere la formula del cloruro di calcio e si ipotizza quella degli altri composti presenti. Si deduce, quindi, una possibile formula del composto e si lavora con la reazione sopra riportata presupponendone la correttezza, che dovrà poi essere verificata in relazione ai risultati dell'analisi realizzata e di altre simili indagini analitiche ad essa correlate.¹

Se si fanno reagire quantità stechiometriche del sale con l'acido si ottiene una certa massa di cloruro di calcio che può essere isolata per evaporazione del solvente presente nel recipiente di reazione. In tal modo si elimina tutta l'acqua e l'anidride carbonica prodotte dalla reazione. La conoscenza delle masse iniziali dei reagenti (CaCO_3 e HCl) e del prodotto principale (CaCl_2) ci permette di determinare la massa dei prodotti volatili CO_2 e H_2O . Presupponendo di conoscere già il peso molecolare dell'acqua e quello dell'anidride carbonica,² la conoscenza della sommatoria delle masse di CO_2 e H_2O prodotte ci permette di conoscere la massa del gruppo CO_3 presente nel carbonato. Infatti, tenuto conto che: $\text{PM CO}_2 = 44,01 \text{ u}$

¹ Dare per acquisita la composizione dello ione carbonato e dei pesi atomici degli elementi che lo costituiscono è ovviamente una semplificazione procedurale necessaria in un contesto operativo scolastico che ci permette di proseguire senza troppe difficoltà in questa simulazione analitica.

² L'analisi proposta potrebbe rappresentare un protocollo percorribile solo dopo aver risolto problematiche più basilari per quanto riguarda la determinazione della composizione percentuale degli elementi di un composto. Come vedremo, anche nelle esperienze di seguito proposte, è possibile determinare la quantità di CO_2 e di H_2O prodotte, nonché il rapporto volumetrico dei gas coinvolti nella formazione di questi composti, ma il problema di fondo rimarrà la determinazione dei pesi atomici degli elementi componenti. Dobbiamo dire grazie ai grandi padri della Chimica, e in particolar modo a Stanislao Cannizzaro, che con le loro leggi ponderali hanno indicato la strada giusta per la risoluzione di tale problema.

PM H₂O = 18,015 u

PM (CO₂ + H₂O) = 62,025 u

I grammi di CO₃ presenti nel carbonato è possibile ricavarli dalla seguente relazione:

$g \text{ CO}_3 = [\text{MM}(\text{CO}_2) + \text{MM}(\text{O})]/62,025 \times g (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ ³ (1)

Indicando con X la quantità in grammi inizialmente usata di CaCO₃ si ha:

$X - g \text{ CO}_3 = g \text{ Ca}$

Possiamo, quindi, ricavare la percentuale di calcio presente nel composto con la seguente relazione:

$g \text{ Ca} \times 100/X = \% \text{ in peso Ca}$

Materiali e attrezzature

Becher da 50 mL

Pipetta Pasteur

Bacchetta di vetro

Indicatore metilarancio

Indicatore blu di bromotimolo

Cilindro graduato da 10 mL

Spruzzetta con acqua distillata

Bilancia analitica

Procedimento

Si è deciso di utilizzare 1 mL di HCl non diluito del quale è stato calcolato il numero teorico di moli di HCl presenti così come di seguito riportato⁴:

V HCl = 1 mL d = 1,19 g/mL 37% in peso

PM = 36,461u

$g \text{ HCl} = 1,19 \times 0,37 = 0,4403 \text{ g}$

$\text{moli HCl} = 0,4403/36,461 = 0,0121 \text{ mol}$

Dal numero di moli di HCl è stato calcolato il numero di moli di carbonato pari alla metà di quelle dell'acido così come indicato dai coefficienti stechiometrici riportati nell'equazione di reazione.

$\text{mol CaCO}_3 = 0,0121/2 = 0,00605$ ⁵

che corrispondono a:

$g \text{ CaCO}_3 = 0,00605 \times 100,089 = 0,606 \text{ g}$

Si procede quindi pesando le quantità calcolate. Prelevato l'acido con pipetta Pasteur se ne misura il volume utilizzando un cilindro graduato da 10 mL.⁶ Versato l'acido in un becher si provvede a sciacquare il cilindro con acqua distillata fino a formare nel becher utilizzato circa 20 mL di soluzione acida. Si aggiunge poi metilarancio come indicatore di pH (pH di viraggio 3,2 – 4,4) e si versa gradualmente la polvere di carbonato fino al viraggio da rosso ad arancio. Si aggiungono poi alcune gocce di un secondo indicatore, il blu di bromotimolo (pH di viraggio 6 – 7,6), e si continua ad aggiungere un altro po' di carbonato fermandosi ad inizio del secondo viraggio. Ci si accorge che serve meno della quantità pesata del sale per raggiungere la neutralizzazione della soluzione di acido cloridrico. Infatti, il colore della soluzione vira prima di aver esaurito il sale pesato (si confronta la raggiunta neutralizzazione anche con la cartina tornasole). Evidentemente

³ Il gruppo carbonato è costituito dall'insieme degli atomi presenti in CO₂ e H₂O (ΣPM = 62,02528) ad esclusione dell'idrogeno. Essendo la somma del peso molecolare dell'anidride carbonica e del peso atomico dell'ossigeno pari a = 44,01 + 15,9994 = 60,009, il rapporto 60,009/62,02528 = 0,9675 indica anche la frazione in peso di CO₃ in rapporto alle quantità in grammi di CO₂ + H₂O che si ottiene dalla reazione.

⁴ I decimali dopo la virgola non sono stati arrotondati a tre cifre dopo la virgola, come vuole la prassi, essendo i valori teorici tabulati (o derivati da essi per moltiplicazione o divisione) la base di calcolo per gli sviluppi successivi (si tratta di valori da considerare attendibili, come i pesi atomici e molecolari, la purezza percentuale di un composto, ecc.). Se consideriamo le operazioni di moltiplicazione e divisione fatte con tali valori è necessario considerare anche qualche altra cifra dopo la virgola rispetto a quelle ritenute sufficienti (di solito 3). Infatti, a causa dell'effetto moltiplicatore o riduttore di queste operazioni di base si può incorrere nel problema di eliminare involontariamente una certa quantità di massa. Sebbene questo problema possa essere di solito trascurabile nella normale pratica laboratoriale, nel caso in specie, poiché si vuole determinare la composizione percentuale di un elemento in un composto, il valore percentuale trovato potrebbe differire in modo significativo imponendo una revisione del procedimento sperimentale. Per queste ragioni nei calcoli di seguito riportati è stato realizzato un arrotondamento alla terza cifra decimale nelle misure eseguite con la bilancia analitica a quattro cifre dopo la virgola. Nelle altre, là dove si poteva temere l'effetto su menzionato, l'arrotondamento ha lasciato una o due cifre oltre la terza.

⁵ Vedi nota 4.

⁶ Pur sapendo che la misura di piccoli volumi va realizzata utilizzando la buretta abbiamo comunque (per ragioni di tempo, l'ora di lezione sembra volare via in un attimo!) scelto di effettuare tale misurazione con un cilindretto da 10 mL in quanto in esperienze precedenti avevamo verificato la sua sensibilità proprio con l'uso di una buretta. Dalle verifiche effettuate sembrava presentare una precisione adeguata che ci rassicurava. Questa semplificazione procedurale ci ha però costretto ad effettuare la titolazione con il carbonato in modo inverso a come conviene per una migliore precisione, cioè abbiamo versato il carbonato nell'acido invece che il contrario. Ciò probabilmente è una ulteriore causa di imprecisione che affligge le misure effettuate.

la concentrazione dell'acido non corrispondeva a quanto calcolato, probabilmente anche a causa delle perdite per evaporazione correlabili alle numerose aperture del flacone.⁷ Si riportano i dati in Tabella 1:

CaCO ₃ residuo: 0,022 g
CaCO ₃ usato: 0,604 (pesata) – 0,022 (residuo) = 0,582 g
moli CaCO ₃ = 0,582/100,089 = 0,00582 mol ⁸

Tab. 1.

Le moli di HCl realmente utilizzate sono state quindi:

$$\text{moli HCl} = 0,00582 \times 2 = 0,01164 \text{ mol}^9$$

e i corrispondenti grammi di HCl:

$$\text{g HCl} = 0,01164 \times 36,461 = 0,4244 \text{ g}^{10}$$

Chiamando con X i grammi di CaCO₃ utilizzati e con Y i grammi di HCl avremo:

$$X + Y = 0,582 + 0,4244 = 1,0064 \text{ g}$$

Con i dati ricalcolati la quantità di CaCl₂ (PF = 110,986 u) attesa è:

$$\text{g CaCl}_2 = 0,00582 \times 110,986 = 0,646 \text{ g}$$

A reazione completata la soluzione è stata pesata versandola in un altro equivalente becher posto sulla bilancia analitica, dopo averne azzerato la tara. Posto il secondo becher con la soluzione su un fornello elettrico lo si è lasciato a riscaldare fino a completa evaporazione di tutta l'acqua contenuta. Pesando nuovamente il becher con il suo contenuto essiccato è stato possibile ricavare la massa del cloruro di calcio ottenuto.

Quantità di CaCl₂ ottenuta: 0,647 g

Adesso è possibile risalire per differenza alla quantità di CO₂ e H₂O prodotte:

$$(X + Y) - Z = \text{g}(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) = 1,0064 - 0,647 = 0,3594 \text{ g}^{11}$$

Facendo riferimento alla relazione (1) si ha:

$$\text{g CO}_3 = (44,01 + 15,999)/62,025 \times \text{g}(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) = (44,01 + 15,999)/62,025 \times 0,3594 = 0,3477 \text{ g}$$

Sale	% in peso del metallo
CaCO ₃	40,04
MgCO ₃	28,8
CuCO ₃	51,4
BaCO ₃	79
BeCO ₃	13,1
SrCO ₃	59,4
Na ₂ CO ₃	43,4
K ₂ CO ₃	56,6

Tab. 2.

Quindi:

$$\text{g Ca} = X - \text{g CO}_3 = 0,582 \text{ g} - 0,3477 = 0,2343 \text{ g}$$

$$\text{g Ca} \times 100/X = 0,2343/0,582 \times 100 = 40,2 \% \text{ peso Ca}$$

Supponiamo adesso di aver analizzato con lo stesso metodo tutti i sali riportati nella Tabella 2 e di aver ottenuto i rispettivi valori percentuali.¹²

Possiamo confrontare i pesi atomici dei precedenti elementi con le percentuali così trovate, disponendoli ad esempio in ordine crescente (Tabella 3):

Come si vede in Tabella 3, ad eccezione degli elementi presenti in quantità doppia nella formula del composto (segnati in rosso), le percentuali trovate se-

Elemento	% in peso	P.A.
Be	13,1	9,01218
Mg	28,8	24,305
Ca	40,2	40,08
Na	43,4	22,98977
Cu	51,4	63,546
K	56,6	39,098
Sr	59,4	87,2
Ba	79	226,0254

Tab. 3.

⁷ In verità nei calcoli riportati è stato probabilmente commesso un errore sistematico che è quello di considerare la densità dell'acido cloridrico pari a 1,19 g/mL alla concentrazione del 37%, nonostante che tali valori fossero dichiarati in etichetta. A tale concentrazione la densità della soluzione acida presente nel suo contenitore dovrebbe essere di circa 1,1856 (corrispondente ad una molarità di 12,031 mol/L) come si può dedurre dai dati riportati nella tabella presente su Wikipedia al seguente link: https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_cloridrico.

⁸ Valore lasciato appositamente con un arrotondamento minimo perché derivato da una misurazione ponderale (già arrotondata) che viene divisa per un valore tabulato che è quello del peso formula accertato con precisione elevata. Arrotondare ulteriormente, in questo caso, significherebbe togliere arbitrariamente massa al composto.

⁹ Valore non arrotondato (o con arrotondamento minimale) perché derivato da una operazione matematica che riguarda un valore già accertato precedentemente e quindi non deve modificare le quantità decimali quando queste possono essere cifre significative per accertare grandezze come i pesi atomici relativi.

¹⁰ Vedi nota 9.

¹¹ Vedi nota 9.

¹² Le percentuali riportate in Tabella 2 sono state calcolate sulla base della formula del composto.

guono l'andamento crescente dei pesi atomici. Esse, quindi, rappresentano in qualche modo i pesi atomici. Ma come ricavare i pesi atomici veri e propri?

Agli inizi del 1800 Amedeo Avogadro¹³ riconosce valida la legge dei volumi di Gay-Lussac e precisa che: "volumi uguali di gas diversi alle stesse condizioni di pressione e temperatura contengono lo stesso numero di molecole". Secondo l'ipotesi di Avogadro, quindi, la densità di una qualsiasi sostanza gassosa X (elemento o composto) rispetto all'idrogeno rappresenta anche il rapporto tra le loro masse, come indicato dalla relazione (2), dove *m* ed *n* corrispondono ai rispettivi indici interatomici:

$$\text{densità } X_m / \text{densità } H_n = MM(X_m) / MM(H_n) \quad (2)$$

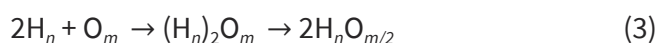
In tal modo essendo

$$\text{densità } H_2O / \text{densità } H_n = 9$$

si ha anche

$$MM(H_2O) / MM(H_n) = 9$$

Un enorme balzo in avanti nella determinazione dei pesi atomici si ebbe quando Stanislao Cannizzaro,¹⁴ consapevole dell'ipotesi di Avogadro, assunse per l'idrogeno la formula diatomica H₂.¹⁵ Fino a quel momento non si aveva idea di quale fosse il numero di atomi che costituiva la molecola dell'elemento idrogeno e quella dell'elemento ossigeno. L'evidenza empirica che dalla reazione tra i gas idrogeno e ossigeno i volumi consumati del primo fossero sempre doppi rispetto a quelli del secondo non chiariva quanti atomi componessero le rispettive molecole. La reazione di formazione dell'acqua poteva essere scritta soltanto nella forma generica:



Con l'ipotesi di Cannizzaro la (3) diventa:



In tal modo Cannizzaro dedusse che la massa molare relativa (all'idrogeno) dell'acqua dovesse essere 18 (cioè 2 × 9). Infatti, indicando con *d*(X) la densità

della sostanza X presa in considerazione, con *d*(H₂) la densità dell'idrogeno, con MM(X) la massa in grammi della molecola/entità X e con MM(H) la massa in grammi dell'atomo di idrogeno possiamo porre:

$$d(X)/d(H_2) = MM(X)/2 \times MM(H) \quad (5)$$

Dove

$$MM(X)/MM(H) = MM(X)_{rel}$$

diventa la massa molare relativa della sostanza X. Quindi riscrivendo la (5) nella forma di seguito riportata, si ottiene:

$$d(X)/d(H_2) = MM(X)_{rel}/2 \quad (6)$$

Ne discende:

$$MM(X)_{rel} = 2 \times d(X)/d(H_2) \quad (6a)$$

Quindi nel 1858 Stanislao Cannizzaro ipotizza la biatomicità della molecola di idrogeno e definisce la sua "legge degli atomi" che così recita: "... le varie quantità dello stesso elemento contenute in diverse molecole sono tutte multiple intere di una medesima quantità, la quale, entrando sempre intera, deve a ragione chiamarsi atomo."

Consideriamo ora, ad esempio, i dati riportati nella Tabella 4 riguardanti la densità e la composizione qualitativa e quantitativa risultante da analisi chi-

Sostanza X	d(X)/d(H ₂)	% C	% H	% O
Idrogeno: H ₂	1,00	-	100	-
Metano: CH ₄	8,02	74,87	25,13	-
Alcool metilico: CH ₃ OH	15,9	37,48	12,58	49,93
Alcool etilico: C ₂ H ₅ OH	22,9	52,11	13,13	34,73
Glicole etilenico: (CH ₂) ₂ (OH) ₂	30,8	38,70	9,74	51,55
Etere etilico: (C ₂ H ₅) ₂ O	36,8	64,82	13,60	21,39
Ossigeno: O ₂	15,9	-	-	100
Acqua: H ₂ O	9,01	-	11,19	88,81

Tab. 4.

¹³ Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (Torino, 9 agosto 1776 – Torino, 9 luglio 1856) è stato un fisico e chimico italiano. Approfondisci su: https://it.wikipedia.org/wiki/Amedeo_Avogadro

¹⁴ "Stanislao Cannizzaro (1826 - 1910) fu un illustre scienziato di fama internazionale che contribuì allo sviluppo della Chimica a Palermo e nelle altre sedi universitarie di Genova, Alessandria e di Roma dove venne chiamato ad insegnare. A Palermo creò il gabinetto di Chimica che costituì il nucleo fondante del Regio Istituto di Chimica Generale e fu anche rettore dell'Università dal 1865 al 1868. Fu il fondatore della Gazzetta Chimica Italiana, il primo giornale scientifico italiano dedicato alle ricerche nel campo della Chimica, dove sono raccolti i risultati delle ricerche dei più eminenti chimici dell'epoca da Piria a Berthelot, a Wurtz a Mendeleev a Kekulé, solo per citarne alcuni. Per il suo alto impegno sociale fu nominato Senatore del Regno e componente della Commissione Pubblica Istruzione." Da: Stanislao Cannizzaro scienziato e politico all'alba dell'Unità d'Italia in *Raccolta di memorie nel centenario della morte* (a cura di) Antonella Maria Maggio e Roberto Zingales – Ermes. Servizi Editoriali Integrati S.r.l. 2011.

¹⁵ Tale assunzione fu, in realtà, la conclusione logica a cui Cannizzaro giunse considerando le esperienze condotte da Gay-Lussac sulla combinazione tra sostanze gassose. Probabilmente Cannizzaro applicò la sua *legge degli atomi* e la *regola di semplicità* di Dalton ai dati riguardanti le sostanze contenenti idrogeno. Confronta con [1] pag. 161 e pag. 162.

Sostanza X	d(X)/d(H ₂)	MM(X) _{rel}
Idrogeno: H ₂	1,00	2,00
Metano: CH ₄	8,02	16,0
Alcool metilico: CH ₃ OH	15,9	31,8
Alcool etilico: C ₂ H ₅ OH	22,9	45,8
Glicole etilenico: (CH ₂) ₂ (OH) ₂	30,8	61,6
Etere etilico: (C ₂ H ₅) ₂ O	36,8	73,6
Ossigeno: O ₂	15,9	31,8
Acqua: H ₂ O	9,01	18,0

Tab. 5.

niche simili a quella ora effettuata su sostanze gassose o liquide facilmente vaporizzabili.¹⁶

Le masse molari $MM(X)_{rel}$ calcolate con la (6a) diventano quelle mostrate in Tabella 5.

Partendo adesso dalla convinzione che la composizione percentuale dell'elemento nella sostanza che indichiamo con %E/X sia uguale a quella nella singola molecola possiamo scrivere:

$$MM(X)_{rel} \times \%E/X = MM(E) \times nE \quad (7)$$

dove nE rappresenta il numero di atomi di quell'elemento presenti nella sostanza X.

Utilizzando la (6) si ha allora:

$$2[d(X)/d(H_2)] \times \%E/X = MM(E) \times nE \quad (8)$$

Con quest'ultima relazione possiamo calcolare, con i dati di Tabella 4, i prodotti $MM(E) \times nE$ di tutti i composti riportati nella medesima tabella (Tabella 6).

Dai dati di Tabella 6 si riconosce la grande validità della "legge degli atomi" di Cannizzaro: la quantità più piccola, espressa da un numero intero, con la quale un determinato elemento entra a far parte della composizione di una molecola rappresenta il

Sostanza X	MM(C) × nC	nH	MM(C) × nO
Idrogeno: H ₂	-	2	-
Metano: CH ₄	12,0	4	-
Alcool metilico: CH ₃ OH	12,0	4	16,0
Alcool etilico: C ₂ H ₅ OH	24,0	6	16,0
Glicole etilenico: (CH ₂) ₂ (OH) ₂	24,0	6	32,0
Etere etilico: (C ₂ H ₅) ₂ O	48,0	10	16,0
Ossigeno: O ₂	-	-	32,0
Acqua: H ₂ O	-	2	16,0

Tab. 6.

peso dell'atomo di quell'elemento! La quantità più piccola ed intera in cui è presente il carbonio è 12,00, mentre per l'ossigeno è 16. Essi rappresentano i pesi atomici relativi rispetto all'idrogeno di questi elementi!

Nel caso di sostanze solide o liquide alto bollenti non vaporizzabili Cannizzaro utilizzò la "legge dei calori specifici dei corpi semplici e dei composti". Il principio si basa sulla legge di Dulong e Petit per la quale il calore specifico di qualsiasi sostanza semplice è uguale a circa 25 J/K × g-atomo = 6 Cal/K × g-atomo. Considerando che il calore specifico per atomo non cambia passando dall'elemento ai suoi composti ed indicando con C_x il calore specifico dell'unità di massa della sostanza si può quindi impostare la seguente uguaglianza:

$$C_x \times MM(X)_{rel}/(nE_x) = 6 \quad (9)$$

dove $MM(X)_{rel}$ è massa molare della sostanza di cui si sta cercando di determinare il peso atomico, nE_x il numero di atomi dell'elemento X e $MM(X)_{rel}/(nE_x)$ la massa molare relativa dell'elemento considerato.

La (9) può quindi essere utilizzata per confermare i dati ottenuti applicando la legge degli atomi o per fare previsioni sui pesi atomici di elementi non ancora determinati per questa via.

Nel nostro caso, ad esempio, possiamo verificare che il valore del 40,19% ottenuto per il calcio nell'analisi del suo sale possa essere sostanzialmente corretto e rappresentare il peso atomico dell'elemento. Tenuto conto, infatti, che il calore specifico dell'unità di massa del calcio è di 632 J/Kg × K, equivalenti a 0,15105 Cal/g × K, avremo un valore di $MM(Ca)_{rel}$ pari a $6/0,15105 = 39,72$ g. Questo risultato ci conforta, in quanto molto simile al peso atomico reale del calcio e sostanzialmente prossimo anche al valore da noi ottenuto; ci informa anche che nella formula del carbonato si trova un solo atomo di calcio. Diversamente il valore della percentuale trovata avrebbe dovuto essere un multiplo del valore suggerito dalla legge in questione.

Combinando la (9) con misure chimiche di massa equivalente, cioè con massa dell'elemento che si combina con 1 g di idrogeno o con 8 g di ossigeno, è possibile ottenere masse atomiche abbastanza precise.

In molti casi, quando bisogna determinare la composizione percentuale in peso degli elementi che costituiscono un composto organico, si procede per

¹⁶ I valori riportati nelle Tabelle 4, 5 e 6 sono tratti da: G. Moretti, Dalla legge degli atomi di Cannizzaro alle leggi della chimica classica, *CnS - La Chimica nella Scuola* (luglio - settembre 2010), 155-169.

combustione del composto medesimo. Dalle quantità di CO_2 , NO ed H_2O ottenute si può risalire alla formula minima del composto. Ad esempio, se dall'analisi di Z g di un composto organico si ottenessero X g di H_2O e Y g di CO_2 , si può fare il seguente semplice ragionamento. Si ricavano le moli di acqua e di anidride carbonica:

$$\text{moli H}_2\text{O} = X/18,016 = X_1 \text{ mol}$$

$$\text{moli CO}_2 = Y/44,011 = Y_1 \text{ mol}$$

Tenuto conto che nella molecola dell'acqua vi sono 2 atomi di H ed 1 di O ne discende che le moli di H saranno il doppio delle moli di H_2O cioè:

$$\text{moli H} = 2 \times X_1 = X_2 \text{ mol}$$

Le moli di C saranno invece uguali a quelle della CO_2 , visto che il carbonio nella molecola è presente con un solo atomo:

$$\text{moli C} = Y_1 \text{ mol}$$

Determiniamo adesso i grammi di carbonio e di idrogeno presenti nella massa del composto:

$$\text{g C} = Y_1 \times 12,011 = C_y \text{ g}$$

$$\text{g H} = X_2 \times 1,008 = H_x \text{ g}$$

I grammi di ossigeno vengono determinati per differenza:

$$\text{g O} = Z - C_y - H_x = O_z \text{ g}$$

che corrispondono a:

$$O_z/16 = Z_1 \text{ mol}$$

Il rapporto tra le moli è dunque:

$$X_2 \text{ (H)} : Y_1 \text{ (C)} : Z_1 \text{ (O)}$$

Se adesso dividiamo ciascun valore del numero di moli per quello più piccolo trovato, otteniamo il numero di atomi di ciascun elemento (a , b , c) che sono presenti nella formula minima del composto: $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$. Ricavata la formula minima bisognerà effettuare ulteriori indagini analitiche per risalire al tipo di composto e alla sua eventuale formula molecolare.

Seconda esperienza

Nella nostra attività analitica abbiamo supposto di conoscere già il rapporto tra ossigeno e carbonio nell'anidride carbonica (come anche la composizione del gruppo carbonato). Ma anche questo rapporto deve essere stato determinato con qualche analisi chimica come nel caso delle percentuali in massa degli elementi carbonio, idrogeno e ossigeno presenti nei vari composti di Tabella 4. In generale, un metodo per determinare la percentuale di un elemento in un composto potrebbe probabilmente essere anche quello che abbiamo visto nella prima esperienza.

Oltre a conoscere il rapporto di combinazione tra carbonio e ossigeno nell'anidride potrebbe essere necessario determinare anche il rapporto di combinazione tra C e O nel gruppo carbonato presente nei vari sali. Proviamo quindi a determinare inizialmente il primo rapporto; la determinazione del secondo risulterà poi più facile.

Basandoci sulle analogie fisico – chimiche abbiamo ipotizzato che l'aeriforme liberato dalla reazione con l'acido cloridrico possa trattarsi del gas della fermentazione alcolica. Un'ipotesi analitica per accertare il rapporto di combinazione tra carbonio e ossigeno potrebbe allora essere quella di seguito descritta basata su semplici principi fisici più che su analisi chimiche vere e proprie.

Si tratterebbe di determinare la densità di tale gas e porla in relazione a quella dell'idrogeno. Lo scopo è quello di determinare la sua massa molare utilizzando la (8), così come è stato fatto dai chimici dell'Ottocento quando hanno determinato le masse dell'idrogeno, del carbonio e dell'ossigeno (vedi Tabella 6). In tal modo dalla (8) sarà possibile conoscere la massa molare dell'ossido liberato e poi, utilizzando i valori delle masse molari atomiche riportati in Tabella 6 (utilizzando quindi il lavoro fatto ai tempi di Cannizzaro), determinare il rapporto di massa tra ossigeno e carbonio. Quindi, se nella (8) poniamo $\%E/X = 100/100$ ¹⁷ e $nE = 1$,¹⁸ si dovrebbe avere:

$$2[d(X)/d(\text{H}_2)] = MM(E) \quad (10)$$

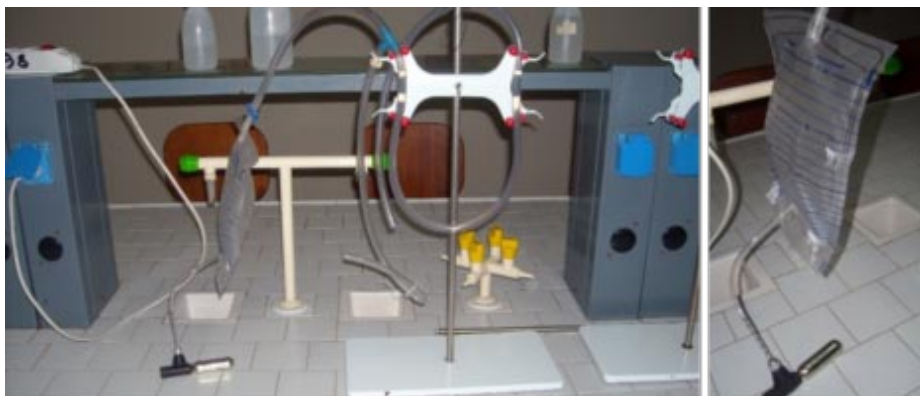
che è sostanzialmente identica alla (6) e che porta a:

$$2[d(X)/d(\text{H}_2)] \approx 44 \quad (10a)$$

Se nE non fosse uguale a 1 allora $MM(E)$ sarebbe un multiplo di $2[d(X)/d(\text{H}_2)]$. La densità della CO_2 può essere facilmente determinata immagazzinando dapprima tale gas, ottenuto da processi di fermentazione anaerobici, per poi saturare a pressione atmosferica contenitori, di volume noto, di cui va determinato il peso prima e dopo la saturazione con CO_2 . Volendo evitare il lungo e laborioso iter di produrre CO_2 in pressione, utilizzando il processo di fermentazione, abbiamo fatto ricorso al moderno uso di bombolette di CO_2 pressurizzate, di solito utilizzate per gonfiare le camere d'aria delle bici, impiegandole nella semplice apparecchiatura mostrata nella foto sotto riportata.

¹⁷ Non stiamo analizzando un elemento di un composto, ma l'intero composto che è di fatto il gas liberato dalla reazione, non più il carbonato di partenza. Quindi la percentuale sul totale è il 100%.

¹⁸ Cioè una molecola del composto liberato dalla reazione.



Per quanto riguarda il contenitore da riempire con la CO_2 abbiamo utilizzato una sacca per la raccolta delle urine della capacità massima di 2 L, comprata in farmacia. Per garantire infine il riempimento della sacca a pressione atmosferica, abbiamo sfruttato il principio dei vasi comunicanti utilizzando l'apparecchiatura sopra mostrata. L'apparecchiatura consiste di un semplice tubo di plastica piegato ad U e tenuto in questa posizione da una pinza a ragno montata su un sostegno. Il tubo è riempito d'acqua che raggiunge lo stesso livello sia nel ramo di destra che in quello di sinistra, appunto per il principio dei vasi comunicanti. Mentre il ramo di destra del tubo è lasciato aperto quello di sinistra viene collegato all'uscita inferiore della sacca dotata di rubinetto. Il tubicino di ingresso della sacca è stato invece collegato con la bomboletta di CO_2 , tramite l'apposito erogatore. Un secondo tratto di tubo viene collegato a quello principale, tra la sacca e il ramo di sinistra, utilizzando una T e viene tenuto chiuso all'estremità libera semplicemente piegandolo e legandone la piega. La sua funzione è quella di equilibrare la pressione della CO_2 nel modo che verrà chiarito tra breve. Dopo aver accertato il peso a vuoto della sacca, l'esperienza è stata eseguita aprendo un po' il rubinetto di erogazione del gas al fine di riempire la sacca. Va anche precisato che la sacca non viene completamente riempita con la CO_2 fino al suo volume massimo, perché l'equilibrio pressorio viene raggiunto prima. Riempiendo la sacca si osserva che, ad un certo punto, il livello dell'acqua nel lato di destra del tubo ad U comincia a salire. Se sale bisogna ridurre la pressione della CO_2 contenuta nella sacca, facendo sfiatare l'eccesso attraverso il

tubo di scarico. In tal modo si potrà far scendere il livello dell'acqua nel ramo di destra del tubo ad U fino ad ottenere lo stesso livello raggiunto nel ramo di sinistra. In tal modo la pressione interna della CO_2 sarà uguale a quella atmosferica. A questo punto, ad erogatore chiuso, si chiude anche il rubinetto della sacca e la si stacca dal tubo ad U. Si stacca il tubicino della sacca anche dal lato dell'erogatore di CO_2 , piegando il tubicino stesso per evitare che la CO_2 fuoriesca. Si inserisce un anellino di plastica sulla piega del tubicino in modo che rimanga chiuso e si ripesa la sacca sulla bilancia (anche l'anellino di plastica era stato pesato inizialmente insieme alla sacca vuota). Va adesso osservato che la differenza di peso della sacca, registrata con le due pesate successive, rappresenta la differenza di peso tra volumi uguali di anidride carbonica ed aria. Infatti, il volume interno alla sacca, occupato dalla CO_2 , corrisponde ad un eguale volume di aria spostato dal nuovo gas introdotto. In altre parole, pesando sulla bilancia la sacca vuota viene pesata anche l'aria che la sacca non può spostare. Quando la sacca è piena di CO_2 viene pesato il volume di CO_2 che riempie la sacca al posto di un egual volume d'aria che adesso non grava più sulla bilancia. Quindi, la bilancia pesa lo scarto differenziale tra le due masse di gas, aria e CO_2 .¹⁹ Il peso della CO_2 sarà pertanto uguale a: peso del volume d'aria pari al volume della sacca più la differenza ponderale misurata. Dopo aver pesato la sacca riempita con CO_2 abbiamo verificato il volume occupato dal gas all'interno della sacca. Per fare questo ci siamo serviti di una scodella di opportune dimensioni di cui abbiamo verificato il volume riempiendola d'acqua fino al trabocco, per poi determinarne la quantità contenuta utilizzando un cilindro graduato da 250 mL. Abbiamo quindi misurato il volume della sacca vuota ponendola all'interno della scodella vuota e riempiendo nuovamente quest'ultima con acqua fino al trabocco. Misurando poi la quantità d'acqua

¹⁹ L'aria esercita un peso sulla bilancia. Possiamo provare questo facendo un semplice esperimento. Prendiamo una bottiglia di vetro di piccole dimensioni (una bottiglia di birra può andare bene). Prepariamo un tappo di gomma forato di opportune dimensioni e un tubicino che serve come raccordo al fine di poterla collegare ad una pompa del vuoto. Pesiamo prima bottiglia aperta, tappo e tubicino di raccordo sulla bilancia per segnare il peso del nostro sistema. Poi colleghiamo il tutto alla pompa del vuoto e aspiriamo l'aria contenuta all'interno della bottiglia. Dopo aver creato la depressione spegniamo la pompa, pieghiamo il tubicino di raccordo e lo leghiamo con un filo e ripesiamo il nostro sistema sulla bilancia. Si noterà che il peso complessivo è diminuito perché adesso non stiamo pesando l'aria che riempiva la bottiglia. Quindi abbiamo accertato che l'aria ha un peso.

n moli gas in 1,378 L (da $PV = nRT$)	g N ₂ (% N ₂ × n moli × 28)	g O ₂ (% O ₂ × n moli × 32)	massa aria (g)	peso sacca piena di CO ₂ (g)	g CO ₂
0,05735	1,253	0,4037	1,6567	0,88	2,537
Volume molare a 20 °C	n moli corrispondenti a 1,378 L	g CO ₂ corrispondenti (n moli × 44)			
24,026	0,05735	2,5234			

Tab. 7. (Dati di partenza: pressione atmosferica = 1 atm; temperatura = 20 °C; volume della sacca piena = 1,378 L; % N₂ = 78; % O₂ + % altri gas considerati come O₂ equivalente = 22)

presente nella scodella abbiamo determinato, per differenza con il volume d'acqua massimo che la riempie, il volume a vuoto della sacca. Successivamente abbiamo ripetuto in modo analogo la misurazione immergendo questa volta la sacca piena di CO₂; i dati sono riportati in Tabella 7.

Conosciuta la massa della CO₂ contenuta nella sacca è possibile adesso determinarne la densità dal rapporto tra massa e volume. Nel nostro caso si ha:

$$2,537/1,378 = 1,841 \text{ g/L}$$

Sapendo che la densità dell'idrogeno a 20 °C è pari a 0,0838 Kg/m³,²⁰ che corrispondono a 0,0838 g/L, si determina facilmente il rapporto delle due densità:

$$1,841/0,0838 = 21,97$$

Il valore trovato corrisponde quasi perfettamente a quello conosciuto pari a 22. Inserendo tale valore nel primo membro della (10a) notiamo che l'uguaglianza viene soddisfatta. A questo punto, fidandoci della Tabella 6 e del lavoro di Cannizzaro, deduciamo che, essendo il peso atomico del carbonio uguale a 12 u e quello dell'ossigeno a 16 u, la formula dell'anidride carbonica deve essere CO₂, perché $2 \times 16 = 32$ e $32 + 12 = 44$. Questo risultato non può essere ottenuto nell'ipotesi di una formula molecolare del tipo C₂O o di altro tipo.

Come abbiamo già detto, da semplici verifiche sperimentali qualitative si può dedurre che il gas liberato dalla reazione dei carbonati con l'acido cloridrico debba essere anidride carbonica. L'analisi precedente lo ha confermato. Un primo passo analitico da fare per determinare adesso il rapporto di combinazione tra ossigeno e carbonio nel gruppo carbonato dovrebbe essere quello di determinare la quantità di CO₂ che si libera dalla reazione, per poi confrontare questo dato con le masse di partenza e quelle ottenute dalla reazione. Possiamo raggiungere l'obiettivo ripetendo la medesima esperienza fatta inizialmente, con la quale abbiamo determinato la percentuale di calcio presente nel carbonato misurando i grammi di cloruro ottenuti dalla reazione. Conoscendo quindi la quantità di anidride e di sale cloruro prodotti, sarà possibile determinare la massa residua

sottraendo alla massa iniziale di carbonato la somma delle masse dell'anidride e del cloruro. La massa residua così determinata dovrà contenere ossigeno se, come è vero, dalla reazione si forma acqua e, quindi, dovrebbe essere proporzionale alla massa atomica di questo elemento. In tal modo deduciamo che il gruppo che forma i carbonati è costituito da anidride carbonica + ossigeno. Pertanto, la sua formula dovrà essere CO₃ con un rapporto di combinazione ossigeno - carbonio di 3 : 1. Per determinare la quantità di CO₂ è stato seguito il semplice principio analitico che prevede di ripetere la reazione tra carbonato e acido cloridrico e verificare con una doppia pesata la variazione di massa dovuta alla CO₂ liberata. Si è quindi proceduto nel seguente modo.

1. Sono stati poggiati due becher da 50 mL sul piatto della bilancia analitica ed è stata azzerata la tara.
2. In uno dei due becher è stato pesato 1 g di carbonato di calcio; poi sono stati aggiunti circa 2 mL di acqua distillata per favorire un parziale scioglimento del sale.
3. Nell'altro becher è stato aggiunto dell'acido solforico (scarsamente volatile rispetto all'HCl) stechiometricamente in eccesso rispetto al carbonato (circa 2 mL).
4. Si è preso nota della massa complessiva indicata dalla bilancia.
5. In una vaschetta è stato preparato del ghiaccio tritato nel quale è stato posto a bagnomaria il becher contenente la soluzione di carbonato. Lo scopo è stato quello di abbassare, per quanto possibile, la temperatura della soluzione presente in modo da mantenerla al di sotto di valori che possono far evaporare eccessivamente acqua dal becher, quando viene aggiunto l'acido solforico a causa del calore liberato. La variazione di peso registrata alla fine deve essere causata solo dalla perdita di CO₂ e non anche di H₂O. L'esiguo volume d'acqua utilizzato riduce, poi, la quantità di CO₂ che rimane disciolta sotto forma di acido carbonico.

²⁰ Confrontare con [12] e [13].

g CaCO ₃	mL H ₂ SO ₄	mL H ₂ O	massa iniziale (g)	massa finale (g)	differenza di massa (g)
1	2	circa 2	6,55	6,083	0,467

Tab. 8.

- Con una pipetta e molto gradualmente è stato aggiunto poi l'acido solforico al carbonato presente nell'altro becher mescolando contemporaneamente la soluzione per favorire la liberazione della CO₂ prodotta.
- Completata la reazione si è provveduto a riportare sulla bilancia i due becher utilizzati al fine di registrare il nuovo valore del peso. Poiché tale valore segnato dalla bilancia diminuiva progressivamente con il passare dei secondi a causa della ulteriore e progressiva liberazione di CO₂, presente ancora in soluzione sotto forma di acido carbonico, si è atteso per circa 45 minuti prima di effettuare la lettura del nuovo peso. L'innalzamento termico verificatosi dopo che il becher era stato tolto dal bagnomaria con ghiaccio aveva favorito l'eliminazione della CO₂ presente in soluzione. Dopo tale intervallo di tempo si è visto che il peso segnato dalla bilancia analitica diminuiva molto più lentamente rispetto a prima. Abbiamo quindi deciso che era il momento di prendere lettura del peso. I dati ottenuti sono riportati in Tabella 8.

Il risultato atteso era 0,44 g,²¹ tuttavia, considerate le condizioni operative sperimentali possiamo ritenere accettabile il risultato ottenuto. Misurazioni più attente possono fornire il risultato atteso. Ricordando la percentuale ottenuta per il calcio nel carbonato, pari a circa il 40% (40,19% nella nostra analisi), si deduce che la differenza di massa percentuale si aggira intorno al 16% (considerando magari i risultati di un'analisi più puntuale). Appare quindi chiaro (usando opportuni arrotondamenti per tenere conto degli errori di misurazione) che, se su 1 g di carbonato circa 0,40 g sono costituiti da calcio e 0,44 g sono dati dalla CO₂, ne rimangono per differenza 0,16 g di un ultimo elemento. Ma 0,16 è un valore proporzionale a quello del peso atomico relativo dell'ossigeno, come 0,44 lo è al peso molecolare dell'anidride carbonica e 0,40 al peso atomico del calcio. Ciò conferma, quindi, la nostra previsione sulla formula del gruppo carbonato.

Conclusioni

Il veloce cambiamento della didattica e della concezione della formazione scolastica pone nuovi limiti

all'insegnamento della Chimica che tende a restare, comunque, una disciplina distante dalla percezione del discente. Non esiste una cura totalmente efficace per questo problema. Tuttavia, il percorso esperienziale fatto in un laboratorio scolastico può rappresentare un momento di coinvolgimento volto a scuotere le coscienze e a svegliare la curiosità scientifica. Le semplici esperienze proposte in questa relazione non richiedono apparecchiature particolari, difficilmente reperibili in un comune laboratorio scolastico, ma si crede che possano essere comunque in grado di stimolare l'approccio logico – scientifico e tecnico – operativo necessario per la crescita formativa del discente permettendo un proficuo approccio alla disciplina. ■

Sitografia

- https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/sci_didattica/Cannizzaro-chimica-classica.pdf
- https://online.scuola.zanichelli.it/scopriamolachimica-files/Approfondimenti/Zanichelli_Bagatti_Scopriamo_Ca_p03_A_Composizione.pdf
- https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_elementare#:~:text=In%20chimica%20analitica
- <https://www.chimica-online.it/download/legge-dalton-proporzioni-multiple.htm>
- <https://www.chimica-online.it/test/esercizio-formula-minima-molecolare-5.htm>
- <https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/100852>
- <https://www.chimica-online.it/download/densita-dell-idrogeno.htm>
- <https://www.chimica-online.it/download/densita-anidride-carbonica.htm>
- https://online.scuola.zanichelli.it/pidatellameccanica-files/vol2/approfondimenti/Zanichelli_Pidatella_approfondimento_2_25A.pdf
- https://it.wikipedia.org/wiki/Acido_cloridrico
- <https://digilander.libero.it/padetti/5/Meccanica/deforabili/gas/atm/atmosfera.htm>
- <https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/113071>
- <https://www.siad.com/documents/30774/82464/propriet%C3%A0+fisiche.pdf/f8a36765-91ad-de2d-0182-9f01342e6380>

²¹ Nel CaCO₃ la quantità di CO₂ presente contribuisce per circa il 44% in peso nella formula. Infatti, in CaCO₂O: %Ca = 40,08/100,089 ↔ 100 = 40,04; %CO₂ = 44,0098/100,089 ↔ 100 = 43,971; %O = 15,9994/100,089 ↔ 100 = 15,985.

Fabio Capuano

IIS "B. Focaccia", Salerno

✉ fabio.capuano.00@gmail.com

Sulla bellezza delle donne

Un percorso PCTO tra chimica, storia ed economia solidale

RIASSUNTO Una classe di istituto tecnico ad indirizzo chimico è stata guidata nello sviluppo di un percorso PCTO incentrato sulla realizzazione di formulati cosmetici ispirati alle ricette di Trotula De Ruggiero, esponente di rilievo dell'antica "Scuola Medica Salernitana". Tali ricette sono state opportunamente rivisitate mettendo in luce, in prospettiva chimica, gli ingredienti che ancora sono ritenuti validi nella moderna cosmetologia, e quelli che invece non sono più usati. Sfruttando un protocollo d'intesa tra il MIUR e Confcooperative, e con il supporto formativo della azienda madrina Cooperativa Sociale "Stalker" di Eboli, la classe si è costituita in Associazione Cooperativa Scolastica, attuando in simulazione d'impresa la gestione delle attività mediante l'applicazione pratica dei principi cooperativi. Il presente contributo descrive i diversi aspetti di questo percorso didattico che cerca un forte impulso motivazionale all'apprendimento nell'interazione tra chimica, storia ed economia solidale.

ABSTRACT A class of a technical institute for chemistry developed a PCTO path focused on the realization of cosmetics inspired by the recipes of Trotula De Ruggiero, a prominent exponent of the ancient "Schola Medica Salernitana". These recipes were revisited by highlighting, from a chemical perspective, the ingredients that, in the modern cosmetic science, are still considered valid, and those that have been rejected. Starting from a protocol between MIUR and Confcooperative, and with the training support of the "Stalker" Social Cooperative of Eboli (SA), the class made up a Scholastic Cooperative Association, implementing in a business simulation the management of activities through the practical application of the cooperative principles. The present contribution describes the different aspects of this educational path that seeks a strong motivational impulse to learning in the interaction between chemistry, history and solidarity economy.

PAROLE CHIAVE formulati cosmetici; Scuola Medica Salernitana; Trotula de Ruggiero; PCTO

1. Introduzione

Il progetto si è svolto a partire da una visita scolastica ai Giardini della Minerva (Figura 1), nel centro storico di Salerno, orto botanico tra i più antichi del mondo occidentale, già noto da quando, al principio del XIV secolo, l'illustre maestro della "Scuola Medica Salernitana", Matteo Silvatico, lo utilizzava per coltivare e classificare piante ed erbe e per studiarne le proprietà terapeutiche e medicamentose.

Sotto la guida dei docenti, attingendo alla storia e alle tradizioni del territorio, gli alunni di una classe terza ad indirizzo chimico si sono ispirati alla Scuola Medica, e, in coerenza con le finalità dell'indirizzo di studi, hanno progettato una filiera produttiva nel campo della fito-cosmesi e della eco-cosmesi, sviluppata in un percorso PCTO nella modalità dell'impresa formativa simulata che li ha coinvolti per l'intero triennio di studi, fino alla classe quinta.

La tradizione della Scuola Medica ha permesso di riscoprire nei capitoli più illustri della storia del territorio salernitano la matrice di un sapere al tempo stesso umanistico e scientifico, che attinge a tutte le radici culturali afferenti al bacino del Mediterraneo, per renderne una sintesi che si pone in modo sincretico all'origine della cultura europea. Vuole infatti un'antica leggenda che l'ars medica salernitana sia nata dall'incontro tra quattro maestri, l'ebreo Helinus, l'arabo Adela, il greco Pontus e l'italico Salernus. Dall'unione dei loro saperi avrebbe avuto origine quella scuola la cui fama avrebbe travalicato i confini del paese.

La città di Salerno divenne nel IX secolo la capitale dell'omonimo principato longobardo. *Opulenta Salernum* fu la dizione coniata sulle monete che erano battute dalla città per i suoi traffici nel X e XI secolo, a testimonianza di un periodo di particolare splen-



Fig. 1. I Giardini della Minerva a Salerno (foto originale di Miguel Hermoso Cuesta - Licenza Creative Common CC BY-SA)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giardino_della_Minerva_Salerno_34.JPG

dore. Ai traffici mercantili si unirono gli scambi culturali con l'Oriente, l'Africa e la Sicilia, in un sincretismo che è alla base della formazione della Scuola Medica. In questo periodo la Scuola Medica Salernitana raggiunse la sua massima fama come prima e più importante istituzione medica d'Europa.

Importante fu il ruolo che all'interno della Scuola ebbero le donne: lo statuto della Scuola, infatti, non precludeva l'esercizio della professione medica al gentil sesso. Tra le *Mulieres Salernitanae*, le personalità femminili che hanno operato nell'ambito della Scuola Medica Salernitana, la più celebre fu Trotula de Ruggiero, autrice del *De passionibus mulierum ante in et post partum*, un trattato di ostetricia e ginecologia. L'ultimo capitolo di tale trattato può essere considerato un'opera a sé stante: è il *De ornatu mulierum*, comunemente tradotto con il titolo *Sulla bellezza delle donne*.¹ Si tratta di una raccolta di ricette di cosmetica e medicinali, nella quale Trotula considera la cura cosmetica tutt'altro che una pratica frivola: al contrario, la donna esprime, attraverso la propria bellezza, un corpo sano in armonia con la natura.

Nel lavoro svolto dagli alunni, attraverso l'Impresa Formativa Simulata, alcune ricette suggerite da Trotula de Ruggiero sono state recuperate, rivisitandole però alla luce di conoscenze moderne, chimiche e cosmetologiche, sulle effettive proprietà curative e benefiche di piante e minerali, e sono state realizzate nei laboratori di chimica della scuola.

2. Obiettivi didattici e classi a cui ci si rivolge

Il lavoro di rivisitazione delle ricette medioevali non ha avuto alcuna pretesa di ricostruzione filologica, ma ha piuttosto inteso prendere spunto dalla storia del territorio, in cui la scuola opera, per affrontare "in situazione" alcune tematiche di interesse chimico, sia in merito ai materiali adoperati, sia in merito alle metodiche.

In particolare, l'esame dei rimedi proposti da Trotula ha fornito l'occasione di affrontare lo studio degli aspetti tecnici specifici della filiera cosmetica: cosa sono e come sono fatti i cosmetici; di quali tipologie possono essere e quali sono le rispettive proprietà chimico-fisiche; in cosa si distinguono da altri prodotti per la cura del corpo come farmaci, integratori e prodotti nutraceutici, sia in termini funzionali che da un punto di vista normativo; quali sono le implicazioni sanitarie del loro utilizzo; come devono essere confezionati, conservati ed etichettati, e come devono essere indicati gli ingredienti secondo la nomenclatura INCI.

In un'ottica più ampia, il percorso ha sviluppato e perseguito anche obiettivi culturali e sociali: il riferimento alle ricette di Trotula de Ruggiero e alla Scuola Medica Salernitana è stato, da un lato, inteso nel senso del richiamo alla storia e alla cultura del territorio, come strumento di riconoscimento culturale e identitario; dall'altro, nell'ispirazione al sincretismo, da cui tale Scuola fu animata, si è reso veicolo di un senso più esteso di comunità, di condivisione, di accoglienza e di apertura all'altro. L'afflato comunitario è stato favorito anche dalla forma societaria scelta per la simulazione d'azienda: ci si è orientati, infatti, verso una società cooperativa, al fine di promuovere tra gli alunni i valori della solidarietà, della partecipazione democratica, dell'accettazione dei diversi e dell'assunzione di responsabilità personali nei confronti della collettività. Lo scopo mutualistico, tipico della cooperazione, suggerisce che l'attività d'impresa sia finalizzata non al lucro, ma al pieno sviluppo del lavoro a beneficio dell'intera compagine sociale.

Grazie al sostegno dell'azienda madrina, la Cooperativa Sociale "Stalker" di Eboli, e con il patrocinio del Comitato Provinciale di Salerno di Confcooperative, è stato attuato un protocollo d'intesa² tra Confcooperative e MIUR: la classe si è costituita nell'As-

¹ La prima sezione del *De passionibus mulierum ante in et post partum* è nota anche con il nome di *Trotula major*, mentre all'ultima sezione, il *De ornatu mulierum*, è attribuito il titolo *Trotula minor*.

² Tale protocollo è stato siglato per la prima volta il 3/5/1995, e poi rinnovato il 18/11/2005 ed il 02/08/2016, tra quello che allora era il Ministero per la Pubblica Istruzione (MPI, oggi MIUR) e la Confcooperative, per la promozione della cultura cooperativa nelle scuole. In particolare, tra le altre iniziative, all'art. 3 il protocollo promuove: «la costituzione fra gli alunni di Associazioni Cooperative Scolastiche attraverso le quali sperimentare il metodo cooperativo.»

sociazione Cooperativa Scolastica dal nome “Schola Medica – Officina cosmetica”, stilando uno specifico statuto, dotandosi di un organigramma, nominando al suo interno le proprie cariche per via elettiva e procedendo, in seno ad apposite assemblee, alla gestione democratica dell’impresa da parte degli stessi alunni come una vera e propria società cooperativa.

Ampio spazio è stato dato anche ad attività di rielaborazione: gli alunni hanno rivisitato il percorso svolto, producendone una sintesi multimediale, realizzando un manifesto espositivo e volantini informativi; hanno inoltre partecipato a diversi eventi e manifestazioni, dove hanno avuto modo di presentare in pubblico la propria esperienza.³

Un’occasione particolarmente significativa in tal senso è stata la fiera annuale “Salerno porte aperte”. In questa manifestazione annuale, ogni scuola di Salerno si fa carico di “adottare” un monumento della città, presidiandolo per un week-end primaverile e presentandolo ai turisti e ai visitatori curiosi.

Nel corso di tale manifestazione, l’Istituto Focaccia ha adottato il museo della Scuola Medica Salernitana, ambiente nel quale gli alunni hanno potuto arricchire e valorizzare la propria esperienza, esponendo i cosmetici realizzati ed illustrando ai visitatori il percorso svolto.

Altre occasioni in cui gli alunni hanno potuto sviluppare capacità elaborative e comunicative sono stati eventi di disseminazione presso le scuole medie durante attività di orientamento: nell’ottica del tutoraggio tra pari (peer to peer), gli alunni della Cooperativa scolastica hanno guidato alcuni studenti di scuola media nella realizzazione di semplici prodotti cosmetici, sia in giornate appositamente organizzate presso le scuole medie del territorio, che hanno aderito all’iniziativa, sia in giornate in cui gli alunni delle medie sono venuti in visita presso i laboratori dell’IIS Focaccia.

Le attività hanno coinvolto una classe di alunni dell’indirizzo chimico dell’istituto tecnico “Basilio Focaccia” di Salerno, per una durata triennale (dal terzo fino al quinto anno di corso).

La maggior parte del lavoro pratico di realizzazione dei prodotti cosmetici si è svolta nel corso del secondo anno, durante la frequenza della classe quarta.

3. Procedimento e metodologia

Il percorso si è articolato in maniera transdisciplinare: lo studio dell’opera di Trotula ha intersecato una prospettiva storica e linguistica con un’analisi prettamente tecnica delle sue ricette che ha coinvolto le discipline di indirizzo, oltre ad un approfondimento botanico sulle piante adoperate nei preparati.

La fase operativa, curata più specificamente dai docenti di chimica organica e biochimica, di chimica analitica e di tecnologie chimiche industriali, è stata elaborata a partire da una breve introduzione alla cosmetologia, incentrata sulla trattazione dei principali aspetti chimico-fisici dei materiali e dei processi di interesse cosmetico.

Le attività sono state articolate come di seguito indicato.

Attività d’aula:

- cenni di fisiologia della cute
- cenni di fisiologia dell’olfatto
- uso delle piante officinali e dei relativi estratti in ambito cosmetico: cenni di fitocosmesi
- la tensione di vapore in una miscela di fluidi ed estrazione in corrente di vapore
- studio dei sistemi monofasici: gli unguenti
- studio dei sistemi bifasici: le creme cosmetiche come emulsioni A/O ed O/A
- studio dei sistemi idrocolloidali
- la piramide olfattiva: la composizione di profumi
- conservazione e confezionamento dei cosmetici
- nomenclatura INCI

Attività operative laboratoriali:

- estrazione di oli essenziali in corrente di vapore ed estrazione di essenze con metodo Soxhlet
- estrazione con imbuto separatore e purificazione mediante evaporatore rotante
- purificazione della cera d’api grezza ai fini cosmetici
- produzione di unguenti, stick labiali, creme cosmetiche, acque di colonia, saponi
- confezionamento dei prodotti realizzati

La fase di progettazione e realizzazione dei formulati non ha potuto non muovere da una analisi critica dell’opera di Trotula.

Innanzitutto, va considerato che, per l’illustre donna medico salernitana, il piano estetico e quello sanitario sono sovrapposti: non c’è distinzione tra cosmetico

³ Oltre agli eventi citati nel seguito, il percorso svolto è stato presentato nelle seguenti manifestazioni: “Open day” dell’istituto; “Fiera del crocifisso ritrovato” nel centro storico di Salerno; Workshop “Comunicare la Chimica” - Università della Basilicata, Potenza (PZ); Convegno “Comunicare la chimica” - Liceo Scientifico Statale G.B. Torricelli, Somma Vesuviana (NA).

e farmaco. I preparati proposti hanno dichiaratamente funzione terapeutica, in quanto prescritti in caso di particolari disturbi o affezioni, la cui cura porta al ripristino di uno stato di salute che trova manifestazione in un bell'aspetto estetico. Complementarmente, un bell'aspetto è indice di piena salute; ne consegue che un prontuario di rimedi per salvaguardare la bellezza delle donne (*De ornatu mulierum*) mira a promuoverne l'equilibrio fisiologico in un corpo sano.

Nella cosmetologia moderna, invece, un cosmetico deve essere necessariamente e chiaramente distinto da un farmaco, soprattutto in relazione alle differenti procedure di individuazione dello specifico settore merceologico, volte a verificare la mera sicurezza sanitaria per il primo, piuttosto che l'efficacia terapeutica per il secondo.

Pertanto, nella progettazione di formulati, la nostra cooperativa scolastica ha consapevolmente rinunciato alla prospettiva medica, pur fortemente delineata in Trotula, per trovare una chiara collocazione nel solo settore cosmetico.

Inoltre, sin dalla prima lettura del *De ornatu*, è apparso necessario apportare modifiche significative alle ricette di Trotula nelle formulazioni cosmetiche, sia per una intrinseca difficoltà interpretativa di termini proto-botanici, che non sempre consentono un'identificazione certa della pianta citata, sia perché, nella concezione delle medicine tradizionali prescientifiche, l'episteme relativo all'utilizzo di essenze vegetali, animali e minerali era connesso ad un sistema valoriale di tipo simbolico-religioso, cioè il sistema delle "segnature", differente dal sistema scientifico moderno. La funzione terapeutica di un'essenza andava individuata dal medico sulla base di segni (*segnature*), ovvero di analogie morfologiche o fisiologiche con il corpo umano, che dovevano essere riconosciuti dal medico e la cui conoscenza andava tramandata nella sua dottrina [1].

Ad esempio, la sassifraga (Figura 2), pianta che, come specifica il nome, cresce rompendo le rocce, veniva utilizzata nella cura dei calcoli; così come la polmonaria, la cui foglia è puntinata di macchie che ricordano gli alveoli del polmone umano, si adoperava per curare le affezioni respiratorie.

Sarebbe stato dunque anacronistico, oltre che antiscientifico e pericoloso per la salute, riprodurre fedelmente le ricette medioevali, anche se i cosmetici prodotti sono stati sempre realizzati per mero scopo dimostrativo-didattico, senza una destinazione d'uso sull'epidermide.

Si è, invece, preferito prendere spunto dalle prescrizioni di Trotula per ricercare nella moderna bi-



Fig. 2. Pianta di sassifraga (*Saxifraga oppositifolia*) tra rocce (foto originale di Apollonio Tottoli - Licenza Creative Common CC BY-NC-ND 2.0) https://www.flickr.com/photos/apollonio_tottoli/7589264286

bliografia l'efficacia e la sicurezza degli ingredienti indicati, eventualmente sostituendoli con altri più adatti.

Dal punto di vista didattico, l'attenzione dedicata alla ricerca bibliografica scientifica ha costituito probabilmente l'esercizio più formativo dell'intero percorso.

4. Alcuni esempi di formulati cosmetici

Nel seguito, si illustrano in dettaglio le modalità operative per tre esempi di formulati, citando le ricette del *De ornatu* da cui hanno tratto ispirazione. Per il testo, si è fatto riferimento al lavoro di Monica H. Green [2]. Le ricette sono indicate con un numero in parentesi graffe.

Stick labiale

Una delle ricette più semplici è quella per realizzare un unguento protettivo per le labbra: {297} «*Le screpolature delle labbra vengono rimosse ungendole accuratamente con olio di rose o semi di lino cotti in una cavità scavata nel bulbo di un ciclamino. E dovrebbero anche essere cosparse di semi di sassifraga pestati con succo di centaurea o di aristolochia rotonda.*» Il preparato è un semplice olio per ungere le labbra.

Il ciclamino era ampiamente adoperato nella medicina tradizionale, ma attualmente il suo uso è stato abbandonato in quanto riconosciuto tossico, soprattutto per il tubero [3, 4].

I semi di lino sono mucilluginosi: in ambiente acquoso producono un idrocolloide polisaccaridico le cui principali componenti sono costituite da acido glucuronico, ramnosio, galattosio e arabinosio. Si tratta di un idrogel con funzione emolliente, rinfrescante e lenitiva [5].

Il preparato di Trotula prevede un'applicazione estemporanea, dunque non presenta problemi di

conservabilità. Per realizzare, invece, un prodotto conservabile e con ridotto rischio microbico, le mucillagini da semi di lino sono state sostituite da glicerina, che costituisce l'umettante più utilizzato in ambito cosmetico [6], e che ha un'analogia funzione emolliente. Per questo motivo, ci siamo limitati a realizzare un prodotto monofasico a base di olio di oliva: L'olio di lino, essendo un olio siccativo, è infatti facilmente deperibile.

L'olio utilizzato è stato adoperato come solvente estrattivo per petali di rose e, per una migliore spalmabilità, la viscosità è stata aumentata miscelandolo con burro di cacao.

Quanto alle altre specie vegetali indicate da Trotula, la sassifraga, la centaurea e l'aristolochia, si è preferito sostituirle con essenze che dessero un aroma più gradevole al prodotto finale. La scelta degli alunni è ricaduta su olio essenziale di arancio. Il prodotto, infine, è stato confezionato in appositi stick (Figura 4).

La nostra ricetta per uno stick labiale

Ingredienti	Percentuale in massa
Petali di rosa	10 (rispetto alla massa di olio)
Olio di oliva	51
Burro di cacao	25
Cera d'api	22
Glicerina	1,5
Oli essenziali	0,5

Materiale occorrente

- barattolo richiudibile per preparare un estratto lipidico di petali di rose
- colino
- becher
- attrezzatura per bagnomaria
- contenitori lipstick per il confezionamento

Procedura

preparare un estratto lipidico di petali di rose, lasciando in infusione i petali in olio al buio e in un barattolo chiuso per circa un mese, rimestando un paio di volte alla settimana

quando l'olio è pronto, filtrarlo in un becher tramite un colino, introdurre la cera e porre a bagnomaria, avendo cura di mantenere la temperatura a non più di 60 °C

attendere che la cera si sia fusa, quindi mescolare bene e togliere dal bagnomaria

lasciar raffreddare un poco (il miscuglio deve però rimanere fluido), quindi aggiungere gli oli essenziali e mescolare

colare il miscuglio ancora fluido nei contenitori lipstick

Osservazioni

Da preferire una varietà di rosa odorosa. Gli oli essenziali possono essere aggiunti in miscela, la composizione può variare sulla base del gusto personale. È opportuno non superare il quantitativo dell'1 % per evitare fenomeni di sensibilizzazione cutanea.



Fig. 4. Stick labiale

Crema doposole

Ecco la ricetta di Trotula per realizzare una crema doposole: {167} «C'è un unguento, utile in caso di ustioni da sole e per qualsiasi screpolatura, specialmente per quelle causate dal vento, ed è ottima contro pustole e macchie causate dall'aria e contro escoriazioni del volto, di cui si servono le donne di Salerno. Prendi un'oncia di radice di giglio, due di biacca, mezza dracma di lentisco e d'olibano, una dracma di canfora, un'oncia di grasso e acqua di rose quanto basta. Si prepari così: pulito il giglio e cotto in acqua, dopo averlo estratto, si macina a fondo. Poi versiamo il grasso, che è stato liquefatto sul fuoco e ben scolato e pulito dal suo sale per farlo sciogliere. Quindi mettiamo del piombo bianco, che è stato sciolto nell'acqua di rose e quasi polverizzato. E nota che questo unguento è buono sia per il trattamento delle predette affezioni, sia per la loro prevenzione. E così con questo unguento la paziente dovrebbe ungere se stessa la sera davanti al fuoco, sì che la mattina e per tutta la giornata rimanga protetta dai disturbi anzidetti, vale a dire da scottature e screpolature e pustole e cose di questo genere causate dall'aria o dal calore del sole.» Il prodotto è presentato da Trotula sia come protettivo solare sia come doposole, ma, a causa del possibile effetto fotosensibilizzante degli oli essenziali, abbiamo preferito considerarlo semplicemente un lenitivo doposole.

Trotula chiama *unguento* («*unguentum*») questo prodotto, anche se, nella moderna classificazione cosmetologica, dovremmo considerarlo una *crema*, dato che si tratta di un formulato bifasico: la base formulativa è infatti costituita da una emulsione di grasso e acqua di rose. Il grasso è dosato, mentre per l'acqua di rose se ne indica di adoperarne «quanto basta». Ciò lascia supporre che si tratti di una emulsione acqua in olio (A/O), ovvero di una matrice lipidica disperdente la fase acquosa.

In questa ricetta Trotula non specifica di quale grasso si tratti,⁴ ma spesso in altre ricette menziona il sego di bue o la sugna di maiale, probabilmente perché, trattandosi di grassi solidi, consentono una migliore spalmabilità per unguenti e creme. I grassi animali, però, presentano alcune criticità: oltre ad irrancidire rapidamente, hanno spesso un odore sgradevole. Si è inoltre preferito evitare l'uso di tali lipidi anche per promuovere una sensibilità nei confronti degli animali. Come base lipidica, dunque, si è utilizzato olio di oliva, altro prodotto tipico del territorio salernitano. L'olio di oliva, come gran parte degli oli vegetali, è però liquido, perché costituito in larga parte da trigliceridi contenti acidi grassi insaturi, e ciò comporta problemi di consistenza per un unguento. Per questo motivo, è stato aggiunto alla ricetta un «modificatore reologico» per aumentare la viscosità della miscela. A tal fine, si è attinto ad un'altra ricetta antica, risalente a Galeno, medico del II secolo d.C. e padre della Galenica, il quale, per ottenere un'emulsione di acqua aromatica e olio di oliva sufficientemente consistente, la miscelò con cera d'api, formando il *ceratum refrigerans galeni*, una prima forma di «cold cream» (crema rinfrescante).

Quanto agli altri ingredienti, Trotula include la «radice di giglio», frequentemente citata in molti suoi rimedi. Tuttavia, il giglio è una pianta bulbacea, cosa che potrebbe suggerire un'attribuzione incerta, dato anche che la famiglia delle liliacee ha subito nel tempo molte diverse delimitazioni fino ad includere un gran numero di generi appartenenti ad altre famiglie e in alcuni casi ad altri ordini [7]. Si è preferito perciò non includerlo nel formulato.

L'olibano e il lentisco sono piante resinose: la prima produce incenso, la seconda mastice. Probabilmente, più che per una funzione terapeutica o protettiva, vengono inseriti da Trotula tra gli ingredienti per conferire una profumazione gradevole al suo un-

guento. Tali ingredienti sono stati sostituiti con oli essenziali, che fungono allo stesso scopo, ma che sono più compatibili con il formulato finale e che possono più agevolmente essere estratti in un laboratorio didattico. Gli alunni hanno estratto gli oli essenziali mediante distillazione in corrente di vapore, a partire da diverse matrici vegetali (cannella, chiodi di garofano, lavanda, anice stellato); inoltre sono state ricavate essenze dalla scorza di agrumi mediante estrazione alcolica con Soxhlet (limone, arancio).

Usando anche oli essenziali commerciali, dalle diverse essenze, sono state create differenti miscele, facendo riferimento alla piramide olfattiva, così da testare differenti profumazioni da introdurre nell'unguento.

La canfora è stata usata frequentemente in passato in ambito medico e cosmetico; Trotula la inserisce nella sua ricetta probabilmente perché, oltre ad avere un odore gradevole, applicata sulla pelle ha un effetto rinfrescante. Tuttavia, l'applicazione ripetuta può provocare sensibilizzazione cutanea, inoltre la canfora presenta serie indicazioni di pericolo per la salute nelle schede di sicurezza. Per questo motivo, si è preferito eliminarla dalla ricetta.

Nel rimedio citato, Trotula inserisce anche una polvere minerale: la biacca. Si tratta di un carbonato basico di piombo, di formula $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, e come tutti i composti del piombo, è molto tossico. Trotula, che probabilmente non conosceva il saturnismo, adoperava la biacca per il suo effetto sbiancante: in epoca antica veniva spesso utilizzata come una cipria. Ovviamente, la ricetta è stata riformulata sostituendo la biacca con un'altra polvere minerale ad uso cosmetico: ossido di zinco, (ZnO) , che ha anche note proprietà antinfiammatorie e costituisce un filtro fisico schermante per i raggi solari [8]. Inoltre, l'ossido di zinco funge da stabilizzante per l'emulsione.

La nostra ricetta per una crema doposole

Ingredienti	Percentuale in massa
Olio di oliva	45
Cera d'api	10
Acqua aromatica	35
Ossido di zinco	5
Glicerina	2,5
Tocoferolo	2

⁴ È indicato con il termine latino *auxungia*, spesso adoperato per indicare il grasso animale.

Materiale occorrente

- frullatore ad immersione
- becher a bordo alto in cui possa essere introdotto il frullatore ad immersione (occorre produrre una quantità complessiva di crema sufficiente da poter essere miscelata con il frullatore)
- attrezzatura per bagnomaria
- sac-à-poche
- vasetti per il confezionamento

Procedura

- preparare la fase oleosa, versando l'olio e la cera nel becher a bordo alto e ponendo a bagnomaria (Figura 5)
- attendere che la cera si sia fusa, quindi versare l'acqua aromatica, la glicerina e l'ossido di zinco, spargendo lentamente la polvere in modo da evitare grumi
- mantenendo attivo il riscaldamento a bagnomaria, introdurre il frullatore ed attivarlo per creare l'emulsione
- quando si è formata un'emulsione uniforme, estrarre il becher dal bagnomaria e lasciar raffreddare per qualche minuto, continuando a rimescolare fino a quando la temperatura sia diminuita a circa 40 °C, per evitare che l'emulsione cominci a compattarsi in prossimità delle pareti del becher
- mantenendo ancor fluida l'emulsione, versare il tocoferolo e gli oli essenziali, mescolando bene
- mantenendo ancor fluida l'emulsione, riversare l'emulsione nei vasetti, aiutandosi eventualmente con una sac-à-poche, chiudendo e sigillando i vasetti quando la crema è ancora calda (Figura 6)

Osservazioni

Il colore e l'odore tipici dell'olio di oliva influenzano le caratteristiche della crema. Per avere un prodotto finale più chiaro e che non odori di oliva, si possono usare oli più delicati, come l'olio di mandorle, l'olio di riso, o l'olio di vinaccioli, che hanno colore e odore più neutri.

L'acqua aromatica può essere ricavata in laboratorio dalla distillazione in corrente di vapore di essenze odorose, scelte sulla base del gusto personale. Il tocoferolo acetato (vitamina E) è usato come antiossidante e conservante, mentre la glicerina ha funzione umettante. Gli oli essenziali possono essere aggiunti in miscela con una composizione che può variare sulla base del gusto personale. È, comunque, opportuno non superare il quantitativo dell'1% per evitare fenomeni di sensibilizzazione cutanea.



Fig. 5. Produzione della crema: bagnomaria per la fase lipidica



Fig. 6. Crema solare

Maschera viso esfoliante e depurativa

La ricetta di Trotula recita come segue: {282} «Per sbiancare il viso, prendi il succo di ciclamino, brionia, gomma adragante, gigaro, insieme a miele privato della sua schiuma. Mescola queste polveri e unisci il succo di ciascuna nella quantità di un uovo d'oca o mezzo. Quindi prendi un po' di biacca pulita al sole con acqua e mescola con acqua di rose calda, falla bollire un poco a fuoco lento. Dopo che è bollito a metà, aggiungi zenzero macinato, incenso, senape bianca o selvatica e cumino in quantità uguali. Mescola tutto con cera e miele, e, quando {la donna} va a dormire, lascia che si asperga vigorosamente il viso con questo preparato, dopo essersi asciugata il volto dal vapore di una pentola di acqua calda. E la mattina si lavi vigorosamente con briciole di pane o

con una polvere fatta di fave o con farina di lupini. In mancanza di questi, lascia semplicemente che si lavi per bene.»

Si è già citata la tossicità del ciclamino. Altrettanto tossica è la brionia [9] e il gigarò [10], dunque tali essenze sono state eliminate dalla ricetta. Anche della biacca si è già detto che, per la sua pericolosità, può efficacemente essere sostituita da ossido di zinco. Quanto alla gomma adragante, essa, citata anche da Plinio, viene impiegata già da circa due millenni nella medicina e nella cosmetica. Costituisce l'essudato di alcune specie di una leguminosa appartenente alla famiglia dell'*Astragalus*, originaria dell'Asia Minore, ma molto diffusa anche in tutta la penisola italiana. La gomma è costituita da una miscela complessa di polisaccaridi acidi contenenti acido D-galatturonico e da zuccheri come galattosio, xilosio e arabinosio. Ha aspetto gommoso in virtù del suo alto peso molecolare medio (ca. 800 000 Da), che comporta alte viscosità anche con piccole aggiunte di acqua (un gel consistente si ottiene con solo un 2 - 3 % di acqua) [11]. La sua funzione è quindi, come per la cera d'api, quella di aumentare la viscosità della maschera. Anche la cera è prevista nella ricetta di Trotula, ma per la sua scarsa affinità con questa maschera a base acquosa è stata completamente sostituita dalla gomma adragante.

Delle altre spezie citate da Trotula, sono state inserite nella maschera quelle di tipo alimentare: zenzero, senape e cumino, che non comportano alcun rischio per la sicurezza e sono di semplicissima reperibilità. Oltre alla loro funzione aromatica, tali spezie stimolano il microcircolo ed aggiungono al formulato fibre inerti con funzione esfoliante.

La nostra ricetta per una maschera viso esfoliante

Ingredienti	Percentuale in massa
Miele	30
Acqua aromatica	60
Gomma adragante	2,5
Zenzero macinato	1,5
Senape macinata	1,5
Cumino macinato	1,5
Ossido di zinco	3

Materiale occorrente

- agitatore ad immersione (o, in mancanza, bacchetta di vetro)
- due becher
- doppia attrezzatura per bagnomaria
- mortaio e pestello



Fig. 7. Preparazione della maschera viso

Procedura

- se il miele è cristallizzato occorre fluidificarlo, ponendolo a bagnomaria e agitando
- separatamente, in una seconda attrezzatura per bagnomaria, porre a riscaldare un secondo becher con l'acqua aromatica e versarvi lentamente la gomma adragante, agitando vigorosamente
- riversare l'idrogel nel becher contenente il miele, continuando ad agitare
- mantenendo attivo il riscaldamento a bagnomaria e continuando ad agitare, aggiungere lentamente l'ossido di zinco, spargendo sempre lentamente la polvere in modo da evitare grumi
- pestare nel mortaio le spezie (zenzero, senape e cumino) e aggiungerle al becher, mantenendo attivo il riscaldamento a bagnomaria e continuando ad agitare per circa altri 10 minuti (Figura 7)
- riversare in un contenitore la maschera ed attendere che si raffreddi

Osservazioni

Questo è un preparato estemporaneo, ovvero, andrebbe utilizzato immediatamente dopo la preparazione: raffreddandosi, infatti, tende a diventare troppo viscoso per poter essere applicato. L'acqua aromatica può essere ricavata in laboratorio dalla distillazione in corrente di vapore di essenze odorose, scelte sulla base del gusto personale.

5. Conclusioni

Lo studio delle ricette di Trotula ha consentito agli alunni di affrontare in situazione lo studio della chimica, in maniera critica nella fase di analisi ed in maniera creativa nella fase di riformulazione: una parte significativa del lavoro degli alunni è stata dedicata alla ricerca delle proprietà farmacologiche delle piante e dei minerali suggeriti da Trotula, alla sicurezza del loro impiego e alla loro reperibilità. Nei casi frequenti in cui si è reputato opportuno non adoperare le essenze indicate nelle ricette, si è valutata la possibilità di sostituirle con altri ingredienti

di analogia funzione ma più idonei. Questo sforzo di ricerca ha permesso di sviluppare una particolare sensibilità in merito alla sicurezza nell'uso dei prodotti chimici, oltre alla consapevolezza del delicato ruolo del chimico nel bilanciarne gli effetti positivi e quelli negativi.

La riscoperta di una parte importante della storia del proprio territorio ed il forte legame che si è creato con essa, la realizzazione materiale di prodotti cosmetici a partire dalla fase di progettazione fino al confezionamento e all'etichettatura, la partecipazione a molteplici eventi, in cui gli alunni hanno potuto confrontarsi in prima persona con un pubblico illustrando il proprio percorso, anche con sessioni pratiche e operative, sono processi che hanno suscitato un notevole impulso motivazionale allo studio, emerso dal senso di protagonismo degli alunni nella costruzione del proprio sapere e dall'entusiasmo nel sentirsene parte attiva. ■

Riferimenti

Bibliografia e sitografia citata nelle note

- [1] L. Giannelli, *Medicina tradizionale mediterranea*, Tecniche nuove ed., 2006, pp. 233-237.
- [2] M. H. Green, *The Trotula - a medieval compendium of women's medicine*, University of Pennsylvania, Philadelphia, 2001.
- [3] Acta Plantarum; https://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=2455 (accesso: 20 luglio, 2022).
- [4] Giardino della Minerva; <https://www.giardinodellaminerva.it/le-piante/course/cyclamen-hederifolium-aiton-cyclamino.html> (accesso: 20 luglio, 2022).
- [5] G. Proserpio, *Piante oleaginose, mucillaginose e colorate per uso alimentare, erboristico, cosmetico e industriale*, Sepem ed., 2000, 188-189.
- [6] AAVV, *Manuale del cosmetologo*, Tecniche nuove ed., 2007, 265-266.
- [7] Wikipedia - voce "Liliacee"; <https://it.wikipedia.org/wiki/Liliaceae> (accesso: 20 luglio, 2022).
- [8] G. Proserpio, *Chimica e tecnica cosmetica*, Sinerga ed., 1984, Vol III, 49.
- [9] Acta Plantarum: https://actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=1362 (accesso: 20 luglio, 2022).
- [10] Acta Plantarum: https://www.actaplantarum.org/flora/flora_info.php?id=9627 (accesso: 20 luglio, 2022).
- [11] G. Proserpio, Rif. [5] – ibidem, 183.

Bibliografia di approfondimento

- [12] F. Bettiol, F. F. Vincieri, *Manuale delle preparazioni erboristiche*, Tecniche nuove ed., 2009.
- [13] E. Campanini, *Dizionario di fitoterapia e piante medicinali*, Tecniche nuove ed., 2012.
- [14] I. Morelli, G. Flamini, L. Pistelli, *Manuale dell'erborista*, Tecniche nuove ed., 2005.
- [15] G. Proserpio, A. Martelli, G. F. Patri, *Elementi di fitocosmesi*, Sepem ed., 1983.
- [16] G. Vollmer, M. Franz, *La chimica di tutti i giorni*, Zanichelli ed., 1990.

Per una traduzione italiana dell'opera di Trotula: T. de Ruggiero, *Sulle malattie delle donne, a cura di Pina Boggi Cavallo*, La luna saggia ed., 1994.

Per un ritratto storico di Trotula de Ruggiero: P. Greco, *Trotula. La prima donna medico d'Europa*, L'Asino d'Oro, 2020.

Valentina Peila

Laureata in Scienze della Formazione Primaria

✉ valentinapeila94@gmail.com

Giuseppina Cerrato

Dipartimento di Chimica, Università di Torino

✉ giuseppina.cerrato@unito.it

Il corpo umano: un grande laboratorio chimico

Un percorso di didattica laboratoriale per la scuola primaria

Articolo tratto dalla tesi di laurea magistrale in Scienze della Formazione Primaria, Università di Torino, di Valentina Peila “*Il più efficiente laboratorio chimico: il corpo umano! Un percorso di educazione alimentare per la scuola Primaria*”

RIASSUNTO Nel seguente articolo sono riportate le attività proposte nel percorso di tesi sperimentale svolto in una classe quinta della scuola primaria. Grazie a questo percorso è stata approfondita la tematica dell'apparato digerente e dell'alimentazione, ponendo attenzione al viaggio del cibo nel corpo e promuovendo l'apprendimento significativo, attraverso l'impiego di attività laboratoriali e un approccio sistemico, per creare così connessioni tra i vari argomenti. Gli apprendimenti sono stati valutati attraverso una rilevazione iniziale, in itinere e finale.

ABSTRACT In the following manuscript you will find the activities proposed in the fifth grade of the primary school, throughout an experimental thesis in Education Sciences (namely Primary School Teacher Formation). The subject of the digestive system and nutrition has been deepened, paying attention to the journey of food in the body and promoting meaningful learning. By proposing laboratory activities, it was possible to verify the learning through the use of initial, in itinere and final surveys. A practical teaching has demonstrated that multiple connections between the various topics can be created.

PAROLE CHIAVE scuola primaria; il corpo umano; l'apparato digerente; attività laboratoriali

1. Introduzione al percorso

Durante il percorso didattico ci si è concentrati sulla simulazione del viaggio del cibo all'interno del nostro corpo. Attraverso la didattica laboratoriale è stato possibile strutturare un'unità di apprendimento significativa; dopo aver presentato l'argomento e posto le domande stimolo, si è passati all'osservazione, alla formulazione e alla verifica delle ipotesi attraverso

l'esperimento. Infine, ci si è concentrati sull'analisi e la raccolta dei dati con relativa verbalizzazione.

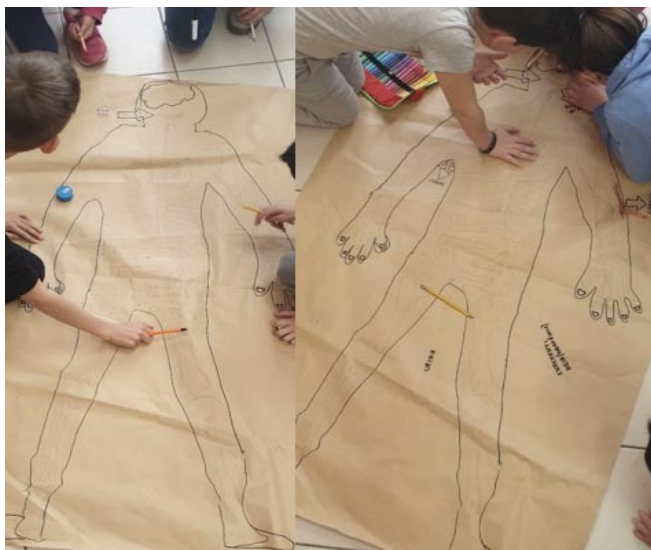
L'incipit del percorso proposto è caratterizzato dall'analisi delle preconcordanze di ogni studente, così da poter ragionare sul concetto di sistematicità del corpo umano. È importante mettere in evidenza la relazione fra il tutto e le parti, specialmente dal punto di vista funzionale. La contemporaneità tra le diverse funzioni: respiratoria, circolatoria e digestiva, rende ovviamente difficile una gerarchizzazione di parti funzionanti, in cui ognuna ha bisogno delle altre.

Nella prima parte si propone dunque un'attività in cui ogni studente, facendo riferimento alle proprie preconcordanze, prova a rappresentare graficamente tutte le componenti interne al corpo, concentrandosi su ciò che entra e ciò che esce dall'organismo sotto qualsiasi forma.

L'approfondimento relativo alla strada del cibo nel corpo rappresenta il punto focale delle attività proposte. Ciascun gruppo ha rappresentato graficamente il percorso di un alimento, indicando le varie tappe e numerandole per stabilire la progressione delle fasi. Attraverso la discussione e il confronto, basandosi sulle proprie conoscenze, ciascuno ha espresso i dubbi sui passaggi sconosciuti. Per aiutarli nel lavoro, sono state proposte domande stimolo che hanno orientato l'attività e la discussione. Nella fase successiva, per verificare le varie ipotesi, si è proposta la consultazione di alcuni libri di testo e la ricerca delle informazioni in Internet, ponendo attenzione a individuare siti attendibili.

2. Il percorso sperimentale

Nella seconda fase dell'attività, è stato simulato il passaggio del cibo nel corpo, attraverso materiali di uso quotidiano. Le tappe dell'esperimento corrispondono ad un organo o un passaggio del processo della digestione; ogni gruppo si è occupato di una tappa specifica. A turno i gruppi, ruotando tra i banchi, hanno potuto visionare tutte le fasi in modo diretto.



- Il primo gruppo si è occupato della simulazione di ciò che avviene nella bocca.

Occorrente: un bicchiere con scritto “Bocca”, una bottiglietta d’acqua con scritto “Saliva”, un oggetto per triturare e sminuzzare il cibo, un cucchiaino, un pezzetto di un qualsiasi alimento (ad esempio, un cracker) e un tubo di gomma della lunghezza di circa 20 cm.

Procedimento: nel bicchiere che simula la bocca si inserisce un cracker, poi con il tubetto rigido, che rappresenta i denti, si frantuma l’alimento, si aggiunge un po’ d’acqua che rappresenta la saliva e, infine, si mescola con il cucchiaino che simula la lingua. Si crea così una pallina che denominiamo “Bolo”. In questo caso è importante far ragionare i bambini sull’importanza dell’acqua nel processo di digestione; infatti, il “canale dell’acqua” rappresenta una misconcezione frequente tra le idee dei bambini: molti credono che vi siano diversi canali con diverse funzionalità, attraverso l’esperienza pratica è molto utile e costruttivo sfatare la concezione errata.

Nel passaggio successivo alcuni bambini, appartenenti allo stesso gruppo, utilizzano il tubo di gomma per simulare l’esofago e, quindi, il processo di deglutizione. Tutto il bolo viene trasferito dal bicchiere della bocca al bicchiere dello stomaco, attraverso il tubo.

- Un secondo gruppo si è occupato della simulazione dei processi interni allo stomaco.

Occorrente: un bicchiere con scritto “Stomaco” e una bottiglietta contenente dell’aceto etichettata “Succhi Gastrici”.

Procedimento: il bicchiere “stomaco” contenente il cracker sminuzzato viene riempito per metà circa

con l’aceto, che rappresenta il succo gastrico. Si osserva e si spiega che lo stomaco ha funzione di dissolvimento, che il tempo di transito dipende dal tipo di alimento e che il contenuto dello stomaco, quando esce per entrare nell’intestino, è una poltiglia semi-solida e acida chiamata “Chimo”.

- Altri due gruppi si occupano di simulare le due ghiandole principali legate al processo digestivo: fegato e pancreas.

Occorrente: acqua, detersivo per i piatti, bicarbonato di sodio, un bicchiere con scritto “Fegato” e uno con scritto “Pancreas”.

Procedimento: gli studenti che si occupano del fegato simulano la bile mescolando acqua e detersivo per piatti in un apposito bicchiere. Si ragiona sul ruolo del fegato come “centrale di controllo del sangue”, di “magazzino dello zucchero”, oltre che di produttore della bile, che emulsiona i grassi.

Gli studenti che simulano il Pancreas preparano il succo pancreatico nel bicchiere, mescolando acqua e bicarbonato di sodio.

Anche in questo caso si ragiona sulla funzione del pancreas ovvero quella di produrre il succo pancreatico, che ha la funzione di “sminuzzare ulteriormente” (non si fa cenno a molecole ed enzimi) i nutrienti presenti nel chimo, e di neutralizzare l’acidità.

Attraverso tali passaggi si sottolinea il fatto che sia fegato che pancreas sono ghiandole e svolgono funzioni precise.

- L’ultimo gruppo si occupa di simulare il passaggio nell’intestino.

Occorrente: un bicchiere denominato “Duodeno”. Per quanto riguarda l’intestino tenue, servono due bicchieri, di cui uno con dei fori sul fondo.

Procedimento: per prima cosa è stato travasato il contenuto del bicchiere stomaco, poi del fegato e in ultimo del pancreas, nel bicchiere più grande denominato “duodeno”. Nel bicchiere si crea una sospensione formata da schiuma e materiali semisolidi, al di sopra della frazione liquida. La sospensione costituisce l’insieme delle sostanze di scarto che verranno eliminate con gli escrementi, la parte liquida contiene, invece, le sostanze nutritive, oramai completamente digerite e pronte per essere assorbite. Si travasa dunque tutto il miscuglio del bicchiere duodeno nei bicchieri dell’intestino. L’intestino è composto da un bicchiere all’interno di un altro, quello più interno presenta dei fori sulla base. Un componente del gruppo deve sollevare il bicchiere e tenere fermo



il secondo nel quale è inserito. Mescolando, i fori effettuati nel primo bicchiere filtrano parte del miscuglio trattenendo le sostanze di scarto. Vengono quindi individuati a) il “succo buono” nel bicchiere sottostante, filtrato attraverso i fori, che rappresenta il nutrimento che verrà assorbito dal corpo attraverso i villi intestinali; b) il “succo di scarto” caratterizzato da “schiuma e residui” rimasti nel bicchiere interno, che costituisce quello che diventerà feci.

Nell’ultima fase dell’esperimento viene analizzata la parte dell’intestino crasso grazie alla quale vi è l’eliminazione degli escrementi solidi; questo procedimento è descritto oralmente.

Al termine delle attività, i bambini si sono preoccupati di relazionare i passaggi e le fasi sul proprio quaderno attraverso uno schema riassuntivo.

3. Valutazione e conclusione

La valutazione del percorso si articola in alcuni momenti fondamentali tra i quali: l’analisi delle precognosce, l’osservazione in itinere, la verifica finale e l’autovalutazione.

Attraverso tale percorso, è possibile accrescere le conoscenze e sviluppare la competenza in merito ad alcuni obiettivi importanti quali: la conoscenza terminologica corretta, la consapevolezza della complessità sistemica dell’organismo, la conoscenza tematica e fisiologica del corpo umano. Il fine da raggiungere, inoltre, è relativo alla capacità di osservare gli aspetti scientifici nella loro globalità.

Ogni obiettivo è stato valutato mediante griglie specifiche di osservazione con indicatori stabiliti sulla base di quattro livelli: prima acquisizione, livello base, livello intermedio e livello avanzato; è stato inoltre analizzato il livello di competenze possedute nella fase precedente al percorso e successivamente nella parte finale. Tutte le verifiche, le osservazioni e le rilevazioni effettuate hanno dimostrato un notevole miglioramento degli indicatori stabiliti, ed in particolare nella consapevolezza della sistematicità dell’organismo.

Al termine di tutto il percorso laboratoriale è stato proposto agli studenti un questionario di autovalutazione per avere un riscontro delle attività proposte e per verificarne il grado di interesse. È emerso che l’attività laboratoriale è stata utile per comprendere meglio tutti i fenomeni proposti; si evince, quindi, che tutti gli obiettivi sono stati raggiunti a livelli soddisfacenti. ■

Marco Ghirardi

Istituto Tecnico Industriale "Q. Sella" di Biella e Istituto Tecnologico Superiore "Tessile Abbigliamento Moda" di Biella

✉ mrc.ghirardi@gmail.com

ITS Academy: una grande opportunità per i giovani e per il paese

RIASSUNTO Sono trascorsi circa dieci anni dalla costituzione degli ITS; tuttavia, tale importante possibilità formativa è poco conosciuta. Alcuni pensano addirittura che la sigla ITS identifichi gli Istituti Tecnici Industriali e cioè istituti di scuola secondaria superiore; vi è anche chi sostiene che l'eco di tale confusione sia reperibile sulla stampa nazionale. Far cooperare strettamente il mondo dell'istruzione e della formazione con quello del lavoro e della produzione, uno degli obiettivi che ha portato all'istituzione degli ITS, è necessario sia per potenziare le azioni di orientamento sia per sviluppare l'incontro tra domanda e offerta di lavoro. Nell'intento di estendere la conoscenza degli ITS si è tentato di descriverne la struttura generale, l'evoluzione normativa e gli obiettivi che sono chiamati a far conseguire ai loro studenti; infine, per essere concreti, si è tratteggiata l'esperienza di un ITS in particolare, l'ITS TAM di Biella (BI).

ABSTRACT ITSs were founded about ten years ago. However, this important educational opportunity is little known. Most people believe that ITS stays for Industrial Technical Institutes, i.e., High School Institutes. This misunderstanding also affects the national press. The collaboration between school and the productive system is a goal of the ITSs; this is necessary to enhance orientation and to reduce unemployment. In this paper we describe the structure of ITSs, their regulatory evolution and their institutional objectives. To give a concrete example, we make specific reference to the ITS TAM in Biella.

1. Introduzione

ITS è un acronimo che prima della riforma approvata il 15 luglio 2022 ha significato Istituto Tecnico Superiore; ora invece indica *Istituto Tecnologico Superiore*, modificato però nella nuova sigla *ITS Academy*. La sigla ITS è di seguito usata per identificare l'isti-

tuzione nella situazione prima della riforma, mentre l'uso di ITS Academy è riservato per l'assetto post-riforma.

Gli ITS Academy sono percorsi di studio post-diploma paralleli a quelli universitari e dunque da essi distinti; il loro compito istituzionale è formare personale tecnico specializzato da occupare in settori produttivi ritenuti rilevanti per lo sviluppo economico del Paese [1]. L'auspicio è quello di poter impiegare i diplomati ITS Academy in qualità di quadri intermedi fortemente qualificati in ambito tecnico-scientifico e ciò al fine di accrescere l'innovazione tecnologica dei diversi settori lavorativi specialmente nelle piccole e medie imprese.

Agli ITS Academy si può accedere, dopo aver superato una selezione, con un diploma di scuola secondaria di secondo grado oppure, per chi possiede un diploma quadriennale di istruzione e formazione professionale, con la frequenza di un corso annuale del sistema di *Istruzione e formazione tecnica superiore (IFTS)*. Il sistema IFTS organizza percorsi annuali, gratuiti, mirati all'acquisizione di competenze richieste dal mondo del lavoro, programmati dalle Regioni e a cui può accedere sia chi possiede un diploma di scuola secondaria di secondo grado, sia chi ha un diploma professionale [2].

I corsi ITS Academy possono avere una durata di 4 semestri (1.800 ore di formazione) che corrispondono a due anni di impegno, ovvero possono arrivare a 6 semestri (3.000 ore di formazione) e dunque tre anni di studio; almeno il 35% del monte ore è svolto come stage in azienda (con possibilità di esperienze all'estero), mentre il 60% delle unità formative (insegnamenti) deve essere impartito da docenti provenienti da realtà aziendali e produttive.

Al termine del percorso ITS Academy si consegue il *diploma di tecnico superiore* al quale è allegata la certificazione delle competenze acquisite che si ri-

feriscono al livello V (corso di 4 semestri) o VI (corso di 6 semestri) del *Quadro Europeo delle qualifiche dell'apprendimento permanente (EQF)*. L'EQF consiste in una descrizione dei possibili risultati di apprendimento, applicati ad ognuna delle qualificazioni esistenti, strutturato in 8 livelli; il livello 1 indica una acquisizione base di conoscenze, abilità e autonomia di svolgimento di un compito, mentre il livello 8 indica piena indipendenza riguardo all'acquisizione e alla realizzazione di compiti complessi [3]. L'obiettivo dell'EQF è di trasporre l'un l'altro i differenti quadri nazionali delle qualificazioni; è stato istituito nel 2008 e successivamente rivisto nel 2017.

Il diploma ITS era corredato dall'*Europass Diploma Supplement (EUROPASS)* che specifica in dettaglio le competenze acquisite e, dunque, integra le informazioni indirizzate ai datori di lavoro, o ad altre scuole al fine di descrivere meglio le qualificazioni dei diplomati; infatti, la candidatura per un posto di lavoro, così come per la prosecuzione degli studi all'estero, richiede chiarezza riguardo a ciò che si è imparato nel paese di provenienza. Per questo motivo l'EUROPASS descrive il tipo e il livello di qualificazione ottenuta, l'istituto in cui si è studiato, i contenuti del corso e i risultati acquisiti, nonché i dati del sistema nazionale di istruzione [4]. È del tutto verosimile che anche il diploma nei nuovi ITS Academy sarà corredato dall'EUROPASS.

In Italia si contano 21.244 studenti che seguono complessivamente 833 corsi ITS e sono suddivisi in 121 istituti. Le cifre indicano che tale segmento formativo potrà, in futuro, realizzare ancora un significativo incremento; ciò è auspicabile, soprattutto in relazione alla positiva correlazione tra possesso di un diploma ITS e occupazione; infatti, si stima che l'80% dei diplomati abbia ottenuto un lavoro ad un anno dal conseguimento del titolo e che il 91% di essi svolga un'occupazione coerente con il percorso seguito [5].

2. Norme e riforma

Comprendere *il perché* di un'istituzione implica percorrere – benché concisamente e in termini essenziali – l'iter normativo che ne ha permesso l'avvio e ne consente la prosecuzione, nonché considerare i processi di riforma in atto; ovviamente, ciò non è sempre agevole per il carattere intermittente e composito che caratterizza la normazione.

Dall'analisi del Rapporto OCSE 1996 emerse che l'Italia era all'ultimo posto, tra i Paesi occidentali più industrializzati, riguardo la percentuale degli adulti tra 25 e 34 anni aventi una formazione di livello terziario anche non universitaria; quindi, si

avvertì l'urgenza di introdurre anche nel nostro Paese un sistema di *Formazione integrata superiore (FIS)*. Ciò indusse, attraverso l'*Accordo per il lavoro* del 24 settembre 1996, l'istituzione di un sistema di formazione superiore, affiancato ai percorsi universitari e caratterizzato da una marcata connessione con i settori produttivi; l'idea portante fu quella di valorizzare tutte le esperienze formative e, dunque, integrare formazione professionale, scuola e università [6].

Il 9 luglio 1998, la Conferenza Unificata puntualizzò gli obiettivi del nuovo sistema FIS nel contrasto alla disoccupazione giovanile e nella qualificazione del sistema produttivo; quindi, si ritenne necessario sia integrare l'impegno dei soggetti del mondo del lavoro e delle professioni con quelli della ricerca, sia rendere concreta l'alternanza tra formazione pratica sui luoghi di lavoro e formazione in aula, nonché incrementare un efficace sistema di certificazione delle competenze [6]. A tale determinazione si aggiunse il *Patto sociale per lo sviluppo e l'occupazione* del 1998 che, richiamando "*esperienze consolidate in ambito europeo ed internazionale*", chiarì l'intenzione del Governo di costruire il nuovo canale di *Istruzione e formazione tecnico-superiore (IFTS)* all'interno del FIS [7]. L'art. 69 della L. 144/1999 statuì definitivamente, appunto nell'ambito della Formazione integrata superiore, il sistema dell'*Istruzione e formazione tecnica superiore (IFTS)* appena accennato e ciò nell'intento di "*riqualificare e ampliare l'offerta formativa destinata ai giovani e agli adulti, occupati e non occupati*" [8].

La precisazione delle caratteristiche del sistema IFTS fu affidata sia all'allegato tecnico dell'Accordo siglato in sede di Conferenza Unificata del 14 settembre 2000, sia al D.I. 436/2000 che costituì il *Regolamento di attuazione* dell'art. 69 della L. 144/1999 sopra richiamata; le caratteristiche decretate più importanti furono l'affidamento alle Regioni della programmazione dei corsi IFTS, l'attribuzione ad un'associazione di almeno quattro soggetti (scuola, ente di formazione professionale, università, impresa, o altro soggetto privato o pubblico) della loro progettazione e gestione, l'obbligo di stage aziendale e tirocinio formativo per almeno il 30% delle ore totali e, infine, l'affidamento degli insegnamenti per almeno il 50% ad esperti provenienti dal mondo professionale [6].

Un determinante progresso verso la costituzione degli ITS fu la consapevolezza – emersa in sede di Conferenza Unificata (2004) – che le esperienze formative fino ad allora realizzate fossero piuttosto frammentate e provvisorie, specialmente riguardo il tema dell'apprendimento *lungo tutto l'arco della*

vita (*lifelong learning*) e che, dunque, richiedessero una cornice formale più strutturata e stabile all'interno della quale si potessero includere tutti i soggetti ritenuti imprescindibili; pertanto, con la Legge n. 296 del 2006, si stabilì la necessità di riorganizzare il sistema IFTS “*nel quadro del potenziamento dell'alta formazione professionale e delle misure per valorizzare la filiera tecnico-scientifica*” e si istituì il Fondo per l'istruzione e formazione tecnica superiore con “*l'obiettivo di migliorare l'occupabilità dei giovani che hanno concluso il secondo ciclo di istruzione e formazione*” [9]. Fu così che successivamente, con la Legge n. 40 del 2007 [10], si stabilì che Istituzioni scolastiche superiori di secondo grado, Enti di formazione, Centri di ricerca, Università e Imprese potevano costituire sia i Poli formativi per l'IFTS, a cui fu assegnato il compito di analizzare gli effettivi bisogni formativi e di realizzarne una stabile programmazione pluriennale, sia finalmente gli ITS [6]; dal Rapporto OCSE del 1996 erano oramai trascorsi undici anni. Con il DPCM del 25 gennaio 2008 furono adottate le linee guida per la riorganizzazione del Sistema IFTS e per la costituzione degli ITS. I fini generali del decreto furono l'estensione della cultura tecnica e scientifica e lo sviluppo economico e la competitività del nostro sistema produttivo; tali fini vennero esplicitati negli obiettivi di seguito riassunti: (a) stabilizzazione e articolazione dei percorsi di specializzazione tecnica per giovani e adulti; (b) rafforzamento dell'istruzione tecnico-professionale con l'istituzione degli ITS; (c) sviluppo della cooperazione con territorio, mondo del lavoro, istituti di ricerca scientifica e tecnologica e formazione professionale attraverso i Poli formativi; (d) promozione dell'orientamento dei giovani verso le professioni tecniche; (e) promozione dell'aggiornamento dei docenti di discipline tecniche, scientifiche e professionali; e (f) sostegno alla formazione continua dei lavoratori (*lifelong learning*).

In seguito al DPCM del 25 gennaio 2008 furono approvate norme che hanno regolato svariati aspetti degli ITS; merita citare schematicamente e in ordine temporale alcune delle misure in esse contenute: (i) determinazione dei diplomi di tecnico superiore e dei relativi standard e definizione delle modalità di verifica finale e certificazione delle competenze acquisite [11]; (ii) semplificazione degli organi di indirizzo, gestione e partecipazione degli ITS e coordinamento dei relativi percorsi in ambito nazionale [12]; (iii) adozione delle linee guida relative al punto precedente [13]; e (iv) definizione del sistema di monitoraggio dei percorsi ITS [14].

Le ragioni della riforma degli ITS approvata il 12 luglio 2022 sono state principalmente due: introdurre

nel sistema legislativo una regolamentazione organica non di rango secondario come lo era invece il DPCM del 2008 e avviare il programma di riforma previsto dal Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) per l'ambito istruzione. Benché nel testo definitivo della riforma non sia più esplicitamente richiamato il collegamento con il PNRR, è utile rintracciare tale collegamento in riferimento ai documenti che riguardano appunto il settore dell'istruzione. Il PNRR italiano, cioè il progetto di trasformazione del nostro Paese che – una volta realizzato – dovrebbe lasciare “*una preziosa eredità alle generazioni future, dando vita a una crescita economica più robusta, sostenibile e inclusiva*”, che è denominato anche *Italia Domani* (PNRR Italia Domani), costituirebbe “*un'opportunità unica per la crescita del Paese e per un rilancio economico a favore delle generazioni future*” [15]. Tra le articolazioni del PNRR Italia Domani è contenuta anche la parte riguardante il settore dell'istruzione (*Futura – La scuola per l'Italia di domani*) che riporta la necessità di operare una serie di riforme, tra le quali troviamo appunto quella degli ITS. La riforma degli ITS dovrebbe dunque condurre a semplificarne l'organizzazione e la didattica, incrementarne il numero di iscritti, migliorarne la connessione con la rete delle imprese e contribuire a colmare il divario tra domanda e offerta di lavoro con l'auspicio che l'attuazione della riforma si completi entro il 2025 [15].

In seguito al riordino approvato il 15 luglio 2022, gli ITS si inseriscono nel Sistema terziario di istruzione tecnologica superiore istituito con l'art. 1 della legge di riforma [16] e – come precedentemente riportato – assumono una nuova denominazione e un nuovo acronimo: *Istituti Tecnologici Superiori* ovvero *ITS Academy*. L'istituzione del Sistema terziario di istruzione tecnologica superiore che “*è finalizzata a promuovere l'occupazione, in particolare giovanile, e a rafforzare le condizioni per lo sviluppo di un'economia ad alta intensità di conoscenza, per la competitività e per la resilienza, a partire dal riconoscimento delle esigenze di innovazione e sviluppo del sistema di istruzione e ricerca*”, non modifica la disciplina del Sistema IFTS previgente [17].

Le principali innovazioni introdotte dalla riforma sono [18, 19]: (1) suddivisione dei percorsi ITS Academy in due livelli. Percorso di durata biennale corrispondente al quinto livello EQF e percorso di durata triennale corrispondente al sesto livello EQF; (2) estensione dal 30% al 35% del monte ore totale dedicato obbligatoriamente agli stages aziendali per promuovere maggiore aderenza al mondo del lavoro; (3) aumento dal 50% al 60% del personale docente proveniente dalle realtà aziendali e pro-

duitive; (4) incentivazione del diritto allo studio con l'attribuzione di borse di studio anche per lo svolgimento dei tirocini; (5) promozione delle elargizioni liberali verso gli ITS Academy attraverso l'introduzione di un credito d'imposta pari al 30% dell'ammontare erogato, ovvero pari al 60% nei territori in cui il tasso di disoccupazione supera quello medio nazionale, per consolidare la cooperazione con le imprese; (6) rinnovamento della gestione degli ITS Academy attraverso la previsione che il Presidente sia di norma espressione delle imprese; (7) istituzione di un fondo dedicato per il finanziamento dei percorsi formativi nell'ambito di una logica triennale; e (8) definizione di nuove regole per l'accREDITAMENTO degli ITS Academy quale condizione necessaria per l'accesso ai finanziamenti pubblici.

È necessario ricordare che gli ITS afferivano a sei aree tecnologiche (Efficienza energetica, Mobilità sostenibile, Nuove tecnologie della vita, Nuove tecnologie per il made in Italy, Tecnologie dell'informazione e della comunicazione e infine Tecnologie innovative per i beni e le attività culturali – Turismo) come previsto dal già citato DPCM 28 gennaio 2008; diversamente, la riforma prevede un'estensione delle aree tecnologiche, le quali saranno definite successivamente.

Infine, la legge di riforma prevede che gli ITS Academy acquistino personalità giuridica e abbiano tra i soggetti fondatori: almeno un Istituto di istruzione secondaria di secondo grado, la cui offerta formativa sia coerente con la relativa area tecnologica; una struttura formativa accreditata dalla Regione; una o più imprese, gruppi, consorzi e reti di imprese del medesimo settore produttivo; un'università, un dipartimento universitario, o un altro organismo appartenente al sistema universitario della ricerca scientifica e tecnologica, oppure un ente di ricerca, pubblico o privato [17]. I decreti attuativi della legge di riforma dovrebbero disciplinarne – sperabilmente in tempi brevi – la completa attuazione.

3. ITS TAM di Biella

Nell'intento di chiarire tutte le opportunità per i diplomati alla scuola superiore di secondo grado nonché offrire un esempio reale di ITS, e considerato che lo scrivente vi è impegnato negli insegnamenti di discipline chimiche, sarà descritta l'esperienza dell'ITS di Biella. L'Istituto Tecnico Superiore "Tessile, Abbigliamento e Moda" (ITS TAM) di Biella [20] (Figura 1) nacque nel 2011 grazie all'eminente impegno dell'allora Dirigente scolastico dell'Istituto Tecnico Industriale "Q. Sella" di Biella, Ing. Franco Rigola. Inizialmente fu proposto un solo corso di *Progettazione dei tessuti* e gli argomenti trattati si differen-



Fig. 1. Esterno della sede ITS TAM di Biella (sinistra); logo dell'istituto (in alto a destra); motto dell'istituto (in basso a destra) (<https://www.its-tessileabbigliamentomoda.it>)

ziavano di biennio in biennio, a seconda della parte di filiera tessile su cui si voleva che gli studenti fossero specializzati; in ogni caso, essi seguivano un percorso riguardante tutto il ciclo di lavorazione, benché l'attenzione fosse focalizzata su uno specifico aspetto e ciò in stretto accordo con le aziende del territorio, le quali indicavano puntualmente le figure professionali di cui necessitavano. La contiguità tra mondo della scuola e mondo delle imprese che, come visto in precedenza, ha da subito caratterizzato i percorsi ITS, ha consentito di progettare prontamente percorsi ad hoc; in tal senso, è stato ed è tuttora possibile valersi in modo mirato sia del personale sia delle risorse economiche assegnati e ciò affinché gli studenti diplomati possano essere impiegati nelle aziende il prima e il meglio possibile. L'avvio dell'ITS TAM non fu agevole sia per la novità in sé del percorso proposto, ovviamente ancora poco conosciuto, sia per la crisi del settore tessile che ancora era presente; infatti, le iscrizioni dei primissimi anni non furono particolarmente elevate. La tenacia del gruppo di lavoro di Biella, congiunta all'attiva collaborazione della Regione Piemonte, ha consentito una crescita costante e i corsi biennali sono diventati prima due e da alcuni anni sono stabilmente tre.

Attualmente sono iscritti circa 75 studenti per ogni annualità, i quali ammontano complessivamente a 150 per biennio; essi giungono da tutta Italia, anche dall'estero e nel complesso il 70 % degli iscritti sono extraterritoriali. Le aziende coinvolte sono pressoché 200, localizzate per lo più nel territorio biellese; ciò è reso possibile soprattutto dall'operato dell'*Unione Industriale Biellese* [21] con la quale vi è una stretta, proficua e stabile collaborazione. Ogni corso è strutturato secondo un piano consolidato benché flessi-

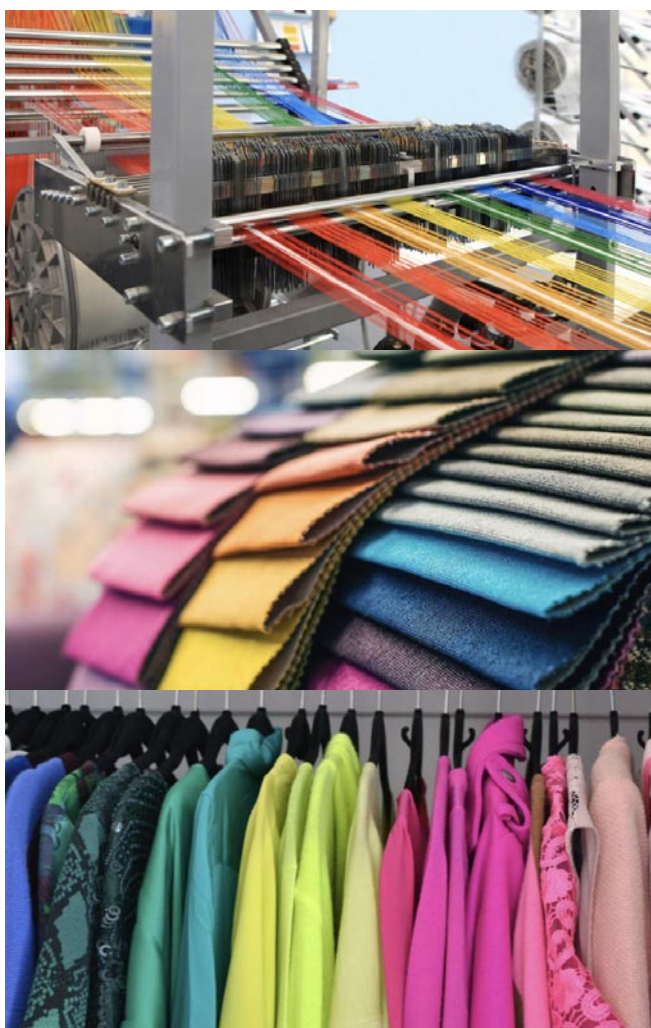


Fig. 2. I reparti dell'ITS TAM di Biella (<https://www.its-tessileabbigliamentoemoda.it>)

bile; gli ambiti sono tradizionalmente tre: (a) *processo e nobilitazione*; (b) *prodotto e progettazione tessile* e (c) *maglieria e confezione* (Figura 2).

In estrema sintesi, i risultati generali di apprendimento attesi al termine dei percorsi sono, rispettivamente per i tre ambiti: (a) competenze sull'intero ciclo produttivo tessile, abbigliamento e moda e in particolare sulle procedure organizzative di ciascun reparto; (b) competenze riguardo l'armonizzazione degli aspetti estetici e creativi con gli aspetti funzionali ed economici dei prodotti tessili e (c) competenze riguardo l'ideazione e la realizzazione di prodotti della filiera della confezione e della maglieria [22]. Il maggior numero dei docenti dell'ITS di Biella, a prescindere dalla riforma appena approvata, proviene dal mondo delle imprese e ciò ha reso possibile sia la preparazione degli studenti estesa a tutta la catena produttiva, sia l'effettiva possibilità di impiego; difatti, il 90% degli studenti ha trovato immediatamente un lavoro e alcuni di essi possono operare già in azienda tra il primo e il secondo anno grazie ai contratti di *apprendistato in alta formazione*. Tali contratti costitui-

scono un'ottima opportunità perché consentono “*ai giovani fino a 30 anni di accedere al mondo del lavoro e nel contempo di svolgere attività di ricerca o conseguire un titolo di studio terziario accademico o non accademico*” [23]. Una risorsa dell'ITS TAM consiste proprio nell'elevato numero di ore che gli studenti trascorrono all'interno delle aziende che ammonta, da tempo, a più del 60% delle ore totali di ogni percorso. Un'ulteriore importante possibilità sono gli *stages di qualità* [24] che rientrano in un progetto nato a Biella, che consente tirocini retribuiti di sei mesi presso aziende del territorio. Il restante 10% dei diplomati, in genere, sceglie di continuare gli studi in Istituti di design al fine di completare la propria formazione, o di tentare l'avvio di proprie linee moda.

Per il prossimo anno formativo (2022/2023) sarà confermata alla Regione Piemonte la richiesta per i tre corsi delineati e sarà presentato un ulteriore progetto per un quarto corso, quello di *Tecnico Superiore di Processo Orafo* [25] dell'Istituto Tecnologico Superiore “*Gioielleria, Educazione e Moda*” che avrà sede a Valenza (AL) ma che, tuttavia, afferisce all'ITS Academy di Biella [26].

4. Conclusioni

Il percorso normativo che ha portato alla costituzione degli ITS Academy è stato caratterizzato dalla chiara volontà del legislatore di porre in stretto dialogo il mondo dell'istruzione e della formazione con il mondo del lavoro e della produzione; tale condivisione di esperienze dovrebbe condurre alla realizzazione di due considerevoli traguardi: aiutare il sistema scolastico a comprendere le difficoltà che le imprese affrontano nel migliorare i propri standard produttivi ed economici e consentire al sistema del lavoro di essere maggiormente incisivo nell'orientamento dei giovani.

L'istruzione è, dunque, chiamata ad innovare contenuti e modalità di svolgimento dei corsi – auspicabilmente per ogni livello scolastico – al fine di renderli congruenti con la realtà produttiva del Paese e le imprese dovranno offrire generosamente spazi fisici e di tempo per contribuire a preparare i giovani cittadini. Questo impegno congiunto – non lo si dimentichi mai – è indirizzato al “*pieno sviluppo della persona*” [27]; infatti, un cittadino è ben integrato nel contesto politico, economico e sociale se svolge un lavoro da cui trae ampie soddisfazioni.

I traguardi formativi e di impiego che gli ITS hanno fatto e continuano a far raggiungere sono indiscutibilmente soddisfacenti; anche il mondo politico – che si è espresso con l'approvazione della Legge 15 luglio 2022, n. 99 – pare assolutamente consapevole di tali risultati e intenzionato a valorizzarli.

Il cambio di aggettivo nel nome, da *Tecnico* a *Tecnologico*, sembrerebbe inoltre sottolineare la consapevolezza che i diplomati ITS Academy dovranno “governare (e non solo utilizzare)” la tecnologia e ciò nell’intento di innovare costantemente le modalità di produzione [28]; in aggiunta, tale modifica dovrebbe contribuire a risolvere l’equivoco tra ITS (Istituto Tecnologico Superiore) e ITI (Istituto Tecnico Industriale) [29].

È infine auspicabile che, sul piano normativo, si dia corso ai necessari provvedimenti attuativi della legge di riforma e, sul piano, economico, vengano utilizzate al meglio le rilevanti risorse economiche del PNRR [28].

Ringraziamenti

Si ringrazia tutto il personale dell’ITS TAM di Biella – incluso il Presidente Dott. Pier Francesco Corcione – per le informazioni e l’aiuto offerto alla stesura del presente lavoro; particolare riconoscenza va sia al prof. Davide Furfaro, sia alla Direttrice dell’ITS TAM di Biella, prof.ssa Silvia Moglia. ■

Riferimenti e sitografia

- [1] Istituti Tecnici Superiori (ITS). Miur.gov.it; <https://www.miur.gov.it/web/guest/tematica-its> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [2] Percorsi di istruzione e formazione tecnica superiore: gli IFTS. Regione.piemonte.it; <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/istruzione-formazione-lavoro/formazione-professionale/opportunita-formative/percorsi-istruzione-formazione-tecnica-superiore-gli-ifts> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [3] Il quadro europeo delle qualificazioni. Europa.eu; <https://europa.eu/europass/it/european-qualifications-framework-efq> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [4] Il supplemento al diploma. Europa.eu; <https://europa.eu/europass/it/diploma-supplement> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [5] Camera dei deputati – Servizio studi, *Istituzione del Sistema terziario di istruzione tecnologica superiore*, 1 luglio, 2022.
- [6] C. Buonopane, P. Di Natale, *Il Dirigente Tecnico*, Tecnodid editrice, Napoli, 2021.
- [7] Presidenza del Consiglio dei Ministri, *Patto sociale per lo sviluppo e l’occupazione*, 22 dicembre, 1998.
- [8] Legge 17 maggio, 1999, n. 144, art. 69.
- [9] Legge 27 dicembre, 2006, n. 296, art. 1, commi 631 e 875.
- [10] Decreto legge 31 gennaio, 2006, n. 7, art. 13, comma 2, convertito nella Legge 2 aprile 2007, n. 40.
- [11] Decreto Interministeriale n. 8327 del 7 settembre, 2011.
- [12] Decreto legge 9 febbraio, 2012, n. 5, art. 52, convertito nella Legge 4 aprile 2012, n. 35.
- [13] Decreto MIUR del 7 febbraio, 2013.
- [14] Conferenza Unificata, Accordo del 5 agosto, 2014.
- [15] Scuola 4.0, 2022. PNRR.Istruzione.it; <https://pnrr.istruzione.it> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [16] Legge 15 luglio, 2022, n. 99.
- [17] Camera dei deputati – Servizio studi, *Dossier n. 274/2 – Scheda di lettura*, 1 luglio, 2022.
- [18] Riforma ITS, via libera definitivo alla camera, 2022. Miur.gov.it; <https://www.miur.gov.it/web/guest/-/riforma-its-via-libera-definitivo-alla-camera-bianchi-e-legge-una-delle-riforme-piu-importanti-del-pnrr-per-l-istruzione-> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [19] ITS Academy, approvato il testo di riforma alla Camera, 2022. Indire.it; <https://www.indire.it/2022/07/12/its-academy-approvato-il-testo-di-riforma-alla-camera/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [20] Riforma ITS: è legge, 2022. Its-tessileabbigliamentomoda.it; <https://www.its-tessileabbigliamentomoda.it> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [21] Unione Industriale Biellese. Ui.biella.it; <https://www.ui.biella.it/home/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [22] Corsi. Its-tessileabbigliamentomoda.it; <https://www.its-tessileabbigliamentomoda.it/corsi-tam/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [23] Apprendistato duale di alta formazione e ricerca. Regione.piemonte.it; <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/istruzione-formazione-lavoro/formazione-professionale/apprendistato/apprendistato-duale-alta-formazione-ricerca> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [24] Stage di qualità, 2021. Informagiovanibiella.it; <https://www.informagiovanibiella.it/stagediquality> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [25] Tecnico Superiore di processo Orafo, 2022. Its-tessileabbigliamentomoda.it; <https://www.its-tessileabbigliamentomoda.it/corsi/tecnico-superiore-di-processo-orafo/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [26] ITS GEM – Gioielleria Educazione Moda, 2022. Its-tessileabbigliamentomoda.it; <https://www.its-tessileabbigliamentomoda.it/gem-gioielleria-educazione-moda/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [27] Cost., art. 3.
- [28] La riforma del sistema degli ITS, 2022. Scuola7.it; <https://www.scuola7.it/2022/294/la-riforma-del-sistema-degli-its/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).
- [29] La differenza tra ITS e ITIS non è ancora chiara nel giornalismo mainstream, 2021. Educationaround.org; <https://educationaround.org/blog/2021/02/19/la-differenza-tra-its-e-itis-non-e-ancora-chiara-nel-giornalismo-mainstream/> (ultimo accesso: 25 agosto, 2022).

Luigi Campanella

Università di Roma La Sapienza

✉ luigi.campanella@uniroma1.it

La storia dei musei scientifici

La storia del Museo Scientifico parte da molto lontano ed arriva ai giorni nostri attraverso forme di esso sempre diverse. Dalla Camera delle Meraviglie al Kircheriano, dai Musei disciplinari a quelli tematici, dal Museo diffuso ai nuovi Musei in vivo, laboratorio, interattivi.

Proprio questo rapporto fra le forme tradizionali di Museo nel Palazzo e i modelli innovativi è stata per me una significativa occasione di crescita avendo avuto circa 30 anni fa l'opportunità di collaborare con Piero Angela. In effetti lui ed io partivamo da due

punti di osservazione diversi. Piero coglieva l'occasione di una congiuntura favorevole e proponeva la fattibilità del Museo della Scienza di Roma in un'area che veniva assegnata e che avrebbe consentito una struttura da quasi 50.000 m². Io da tempo cercavo, con l'appoggio della Provincia di Roma, di realizzare il Museo diffuso, a partire dalle rilevate sedi a Roma, oltre 100, dove si esponeva Scienza. Ovviamente l'occasione presentatasi non poteva andare persa, anche se poi lo sarebbe stato, ed il mio progetto fu progressivamente abbandonato in favore del grande Museo. Piero Angela fu il primo a contattarmi per dirmi che la scelta del momento non voleva dire rinunciare ad un modello alternativo di Museo che, per realtà diverse da Roma, poteva rappresentare la soluzione ideale, forse anche l'unica possibile. Le sue parole serene ed equilibrate, ben lo ricordo, allievarono la mia delusione per un'idea che non trovava lo sbocco realizzativo. Dopo un decennio, l'idea di Museo diffuso tornò a farsi sentire, come integrazione di vecchi e nuovi poli.

Fra questi, uno spazio significativo se lo sono ritagliato i Musei in vivo, quali Bioparchi, Orti Botanici, Acquari. Roma, che è sempre alla ricerca di condizioni per



realizzare il Museo della Scienza, è invece da tempo (1887) dotata di un fantastico Acquario collocato nel rione Esquilino, prossimo alla stazione Centrale e quindi facilmente raggiungibile.

La struttura che lo ospita è impreziosita da alcuni resti delle Mura Serviane, VI secolo a.C., fra le più antiche della città. L'acquario è stato realizzato dall'ittologo Pietro Garganico e nel tempo ha vissuto alti e bassi fra chiusure e rilanci, fra degrado e restauri, fino ad arrivare ai giorni nostri forse ancora poco conosciuto. Ora sta vivendo un periodo

felice che contiamo si perpetui nel tempo divenendo di fatto un Centro Culturale, aperto al territorio ed alla cultura, come espressione della conoscenza, ideale sede di convegni e dibattiti. Di esso sarà anche realizzata nel prossimo futuro una musealizzazione digitale che porterà ad avere un suo meta-verso con i relativi vantaggi per le iniziative di interesse culturale e turistico che potranno essere fruite da un numero pressoché infinito di operatori. Alcuni anni fa ricevetti un premio per il progetto *La Chimica in un Acquario*. Sostanzialmente si trattava di un programma didattico di Chimica basato su osservazioni ed esperienze in un acquario. Sulla stessa lunghezza d'onda riprovai qualche anno dopo con *La Chimica in un Albero*, senza avere successo, ma ricordo ancora con grande piacere le numerose richieste e manifestazioni di interesse di insegnanti della Scuola dell'obbligo e dei Licei, soprattutto Scientifici. Oggi, che sempre più spesso si parla di Didattica Museale, quei primi esperimenti sembrano lontani, ma sono la testimonianza della ricerca del mondo della scuola per proposte capaci di saldare la distanza fra la Chimica e la vita, e in un acquario o in un albero di vita ce ne è tanta!!

Carmine Colella

Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche,
Napoli e Accademia Pontaniana, Napoli

✉ carmine.colella@unina.it

Maurizio D'Auria

Dipartimento di Scienze, Università
della Basilicata

✉ maurizio.dauria@unibas.it

Un inedito testo di Chimica Applicata di Francesco Mauro

RIASSUNTO Viene analizzato e commentato un raro ed inedito testo di Chimica Applicata scritto da Francesco Mauro, un allievo di Stanislao Cannizzaro, che fu ordinario di Chimica Docimastica nella Scuola d'Ingegneria di Napoli alla fine dell'Ottocento. Si riconosce in Mauro uno dei docenti italiani più attivo nella transizione dalla Chimica Docimastica alla Chimica Applicata, ovvero dalla chimica degli "assaggi" alla chimica dei materiali per l'Ingegneria, tappa intermedia verso la Scienza e Tecnologia dei Materiali, che viene attualmente insegnata agli allievi ingegneri industriali. Lo studio consente anche di mettere in luce le grandi capacità didattiche di Mauro e la cura prestata nell'acquisizione di dati originali prodotti dai principali studiosi di Chimica Applicata della seconda metà dell'Ottocento.

ABSTRACT A rare and unknown text on Applied Chemistry written by Francesco Mauro, a pupil of Stanislao Cannizzaro, who was full professor of Docimastic Chemistry at the Naples School of Engineering at the end of the nineteenth century, is examined and commented on. Mauro is recognized as one of the most active Italian teachers in the transition from Docimastic Chemistry to Applied Chemistry, i. e. from the chemistry of "essays" to the chemistry of materials, an intermediate step towards the Science and Technology of Materials, which is currently being taught to industrial Engineering students. This paper also makes it possible to highlight Mauro's great teaching skills and the care taken in the acquisition of original data produced by the leading Applied Chemistry scientists of the second half of the nineteenth century.

1. Introduzione

Francesco Mauro (Figura 1) fu uno dei tanti allievi di Stanislao Cannizzaro, certo non fra i più noti, ma incontestabilmente fra i più fedeli. Lucano di origine, studiò a Napoli, mentore Arcangelo Scacchi, e a



Fig. 1. Francesco Mauro

Roma, quale allievo e poi collaboratore del grande chimico palermitano. A Cannizzaro rimase legato per tutta la sua breve vita, continuando a lavorare nel laboratorio ro-

mano, anche quando era diventato professore ordinario di Chimica Docimastica nella R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri di Napoli, dove lo aveva "sistemato" proprio il suo maestro.

Di Francesco Mauro si è a lungo perfino ignorata l'esistenza, nonostante sia stato un chimico di un certo valore, molto apprezzato per le sue riconosciute capacità analitiche, per le interessanti ricerche nel campo della chimica inorganica e dell'idrologia, per le funzioni di responsabilità svolte nella Scuola d'Ingegneria e per le innovazioni introdotte nell'insegnamento della sua disciplina a Napoli. Non gli hanno giovato di certo un carattere poco incline all'apparire, una vita di relazione ridotta all'osso, una dedizione completa al lavoro, forse anche una scarsa propensione per traguardi ambiziosi, ma di certo aggravanti non da poco sono state la morte prematura e la dispersione o distruzione di tutte le sue carte da parte di una giovanissima moglie, prostrata per una scomparsa avvenuta in circostanze drammatiche e assolutamente non preconizzabili.

La riscoperta di Mauro data da non più di dieci anni e ad essa hanno contribuito gli autori di questa

nota. Ne sono testimonianza due volumi, il primo che raccoglie, insieme ad una serie di saggi di eminenti storici della chimica, tutte le pubblicazioni di Mauro recuperate attraverso una certosina ricerca [1] ed un secondo che riporta la trascrizione commentata di un quaderno di appunti, presi da uno studente nell'anno accademico 1884-85 nel corso delle sue lezioni di Chimica Docimastica, che hanno costituito, pur nel loro moderato rilievo documentario, una preziosa testimonianza di dettaglio sul programma svolto dal docente [2].

Questo è quanto era noto a tutta l'estate del 2017, poi è avvenuto un fatto inimmaginabile, considerate le lunghe ricerche effettuate per rinvenire copia di tutti i suoi scritti. All'improvviso si è materializzato dal nulla un manuale di Chimica Applicata, più precisamente un testo di *Lezioni di Chimica Applicata*, apparso in vendita online attraverso il ben noto sito di eBay.

La libreria, che ha messo in vendita al volume, è sita a Palermo, il che suggerisce che il volume proviene da quel territorio e che, quindi, sia appartenuto verosimilmente ad uno studente siciliano che studiò Ingegneria presso l'Università di Napoli.

Non è stato difficile stabilire che si trattava di un assoluto inedito, di cui non era rimasta traccia, e che mancava in tutte le biblioteche pubbliche e private censite dall'OPAC SBN (Catalogo del servizio bibliotecario nazionale). Da allora la situazione non è cambiata, per cui è possibile affermare che si tratta verosimilmente di un *unicum*, a parte possibili sporadiche copie in possesso di privati, inconsapevoli della eccezionalità del volume. Tale convincimento deriva da un'osservazione: il volume, costituito da una serie di lezioni scritte a mano in corsivo e litografate, come era d'uso all'epoca, si riferisce all'Anno Accademico 1891-92 ed è stato pubblicato nel 1892 a Napoli. È quindi presumibilmente la testimonianza dell'ultimo corso completo tenuto da Mauro, visto che lo stesso morì improvvisamente il 5 aprile 1893. È lecito quindi pensare che del volume non si fece che una limitata tiratura e che ebbe una diffusione circoscritta agli allievi degli ultimi due anni in cui Mauro insegnò la materia, anche perché il suo successore, Orazio Rebuffat (1862 - 1938) [3], provvide a pubblicare rapidamente un suo testo, che si ispirava, peraltro, largamente a quello del suo "maestro".

Data l'eccezionalità del rinvenimento e considerato che si tratta di lezioni di Chimica Applicata e non di Chimica Docimastica, la disciplina di cui Mauro era titolare e che era stata oggetto del quaderno di appunti più su menzionato, si è ritenuto utile descrivere il contenuto del libro e stabilire un raffronto fra i

programmi dei due corsi, in un momento di transizione, in cui nelle sedi universitarie italiane si convertiva l'originario progetto della riforma Casati di dare agli allievi ingegneri una preparazione sostanzialmente analitica, atta a saggiare le proprietà dei materiali (la cosiddetta chimica degli "assaggi") ad una chimica "applicata ai materiali da costruzione" (leganti, mattoni, refrattari, metalli, ma anche acque per uso industriale, combustibili e lubrificanti), molto più istruttiva ed utile per tecnici destinati ad occuparsi di costruzioni civili (e poi anche industriali).

Necessaria premessa a tale analisi sarà la proposizione di un succinto profilo biografico dell'autore del volume e la descrizione delle iniziative messe in atto dall'Università della Basilicata e dal Comune di Calvello, dove Mauro era nato, per celebrare l'illustre concittadino e contribuire a farlo emergere dall'anonimato.

2. Vita e opere di Francesco Mauro

La vita

La vita e le opere di Mauro sono state oggetto di un'analisi dettagliata a cui rimandiamo nel caso si voglia approfondire l'argomento [4, 5].

Francesco nasce il 4 novembre 1850 a Calvello, un piccolo paese lucano nella zona ora famosa per l'estrazione petrolifera. Dopo aver effettuato studi irregolari di primo e secondo livello prima a Calvello poi a Napoli, si iscrive al corso di laurea in Scienze fisico-chimiche presso l'Università di Napoli, per poi passare successivamente a Chimica. Nell'agosto 1875, ormai prossimo alla laurea, inopinatamente Mauro si trasferisce a Roma alla Scuola di Cannizzaro. È ragionevole pensare che Arcangelo Scacchi, ordinario di Mineralogia e Accademico dei Lincei, che aveva preso Mauro sotto la sua protezione, riconoscendone le buone qualità, abbia segnalato il giovane al collega palermitano, bisognoso di collaboratori particolarmente esperti, quale il giovane era, nella pratica analitica.

Nell'ottobre 1876, Luigi Cremona, Direttore della Scuola di Applicazione per gli ingegneri dell'Università di Roma, inoltra al Ministero della Pubblica Istruzione istanza di conferimento a Mauro della posizione di assistente "provvisorio" alla cattedra di Chimica Docimastica, istanza che viene approvata a far data dal novembre 1876. Inizia un periodo di quattro anni in cui Mauro assume ufficialmente, come testimoniato dagli Annuari dell'Università di Roma, la qualifica di assistente per le Manipolazioni chimiche e per la Mineralogia e la Geologia applicate. Nel 1878 completa gli studi di Chimica a Napoli e si laurea.

Ha modo di fare anche un'esperienza didattica. Secondo un attestato di servizio, rilasciato dalla Scuola di Roma il 1° novembre 1880, il giovane era stato incaricato dell'insegnamento orale e pratico di Analisi chimica con esercizi pratici di Mineralogia e Geologia applicate ai Materiali da Costruzione.

Nei due successivi anni (1880-81 e 1881-82) svolge la funzione di assistente (sempre provvisorio) per gli Esercizi di Chimica in Facoltà di Scienze, alle dirette dipendenze di Cannizzaro. Nell'anno accademico 1881-82, Mauro viene anche incaricato della Chimica Docimastica presso la Scuola di Applicazione per gli ingegneri dell'Università di Napoli. In questo biennio partecipa a due concorsi per la Chimica Docimastica, a Napoli e a Torino. Viene dichiarato "eleggibile" in entrambi i casi, ma chiamato a Napoli, pur non essendo il più votato, in virtù di interpretazioni un po' forzate di organi di controllo del Ministero, su cui Cannizzaro esercitava la sua influenza [6]. Il 12 marzo 1883, quindi nel corso dell'Anno Accademico 1882-83, Mauro viene nominato, su proposta del Ministro della Pubblica Istruzione, professore straordinario di Chimica Docimastica a Napoli. Dopo alcuni mesi, gli viene comunicato che il Ministro è venuto nella determinazione "di sottoporre alla firma sovrana il decreto della di lui nomina a Professore Ordinario di Chimica Docimastica e a Direttore del relativo Laboratorio" presso la Regia Scuola di Applicazione di Napoli, a partire dal 1° dicembre 1883.

Nel 1890, assume la funzione di Direttore della Scuola di Applicazione per gli ingegneri di Napoli. Il 5 aprile 1893, in uno dei laboratori di Chimica dell'Università di Napoli, viene trovato il suo corpo esanime. Si era presumibilmente spento per un improvviso malore o, come si disse, per aver respirato gas o vapori tossici. Viene sepolto nel cimitero di Poggioreale a Napoli nel Quadrato degli uomini illustri.

Nel 1892 era iniziata la pubblicazione dello *Zeitschrift für Anorganische Chemie*, pubblicato ancora oggi. Mauro faceva parte del comitato editoriale della rivista, in cui erano presenti, tra gli altri, Berthelot, Thorpe e Mendeleev. Non stupisce quindi che alla sua morte sia stata ricordata in un fascicolo del giornale con la pubblicazione della sua foto e di un necrologio [7].

Le opere

L'attività scientifica svolta da Mauro si concretizza in ventisei pubblicazioni fra volumi e note a stampa.

I libri sono legati alla tematica dell'analisi delle acque. Il primo lavoro riguarda l'analisi delle acque

termali della Tuscia nella zona di Civitavecchia ed è del 1878 [8]. In una postfazione Cannizzaro dichiara di aver affidato le analisi al vicedirettore dell'Istituto Chimico di Roma (Michele Fileti) con l'ausilio di Mauro.

Nel 1880 appare una relazione a firma di Stanislao Cannizzaro relativa alle analisi di quattro acque potabili della città di Torino [9]. Il Comune aveva mandato quattro campioni d'acqua sia a Lieben che a Cannizzaro. Le due relazioni appariranno in sequenza sulla *Gazzetta Chimica Italiana*. Cannizzaro critica le procedure seguite da Lieben, che portano ad alcune difformità nei risultati ed elogia Mauro come esempio di analista aggiornato e accurato. Sempre nel 1880 viene pubblicato un conciso manuale sull'analisi delle acque, scritto insieme a Sormani, un igienista; questo contributo viene raccolto in un piccolo libro, ma viene anche pubblicato sul *Giornale della Società Italiana d'Igiene* ripartito in due fascicoli [10]. Negli anni successivi Mauro continuerà a occuparsi di analisi delle acque insieme a Cannizzaro. Viene valutata la potabilità di acque atte ad alimentare l'acquedotto di Padova [11], vengono analizzate le acque termali di Roma [12] e poi quelle di Telesse [13].

Nel contempo, Mauro esegue anche lavori di analisi mineralogiche e chimiche, in naturale relazione alla sua posizione di assistente di Chimica mineralogica ed analitica [14-16].

Intorno al 1880 Mauro affianca alla ricerca in Chimica analitica un interesse volto allo studio di nuovi composti inorganici principalmente del molibdeno. Ne studia la reattività chimica di sali inorganici e sintetizza nuovi composti del metallo [17-32].

La riscoperta di Francesco Mauro

La riscoperta di Mauro è dovuta essenzialmente alla tenacia dei suoi discendenti, soprattutto Nicola Masini, che intervenne con una comunicazione al XIV Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica, che si tenne a Rimini nel 2011 [33]. Già nel 2013 si poté tentare una descrizione del profilo biografico e professionale del chimico lucano. Ma solo con la partecipazione e l'intervento finanziario del Comune di Calvello è stato possibile pubblicare un libro specifico sulla sua figura [1] e realizzare alcuni convegni negli anni successivi, che hanno fatto il punto sulla ricerca nel settore. Si spera che questa attività da parte del Comune di Calvello possa concretizzarsi nel futuro nella creazione di uno spazio museale dedicato a Mauro, anche in considerazione del fatto che la Basilicata ha a suo tempo designato la figura del chimico lucano come "patrimonio culturale della Regione".

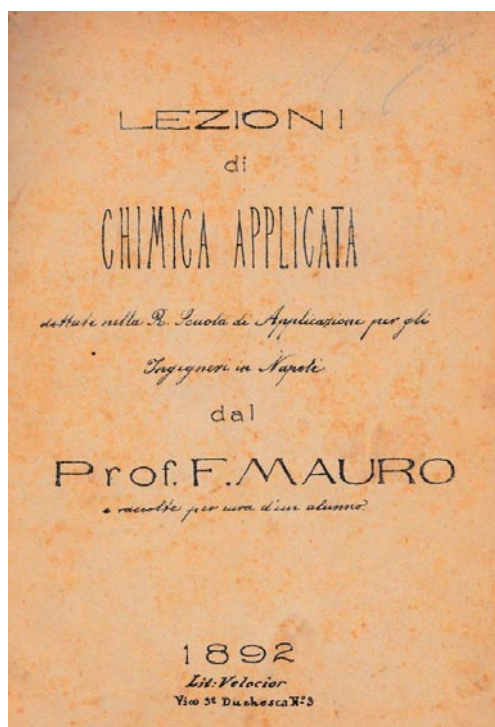


Fig. 2. Frontespizio del manuale

3. Le lezioni di Chimica Applicata

Dati editoriali e ripartizione del contenuto del volume

Iniziamo la nostra analisi, fornendo qualche dato di carattere editoriale. Come si è detto, si tratta di un testo litografato, dal frontespizio del quale (Figura 2) si può desumere la data di stampa (1892) e la notazione che le lezioni – “dettate” dal docente, come si diceva all’epoca – furono “raccolte per cura di un alunno”. Il fatto che non venga fornito il nome di chi ha presumibilmente stenografato i testi, come invece occorresse in altre analoghe occasioni, suggerisce che l’apporto dello studente sia stato di carattere meramente tecnico e che, quindi, il manuale è da attribuirsi integralmente al docente. Peraltro, il testo è scritto in un italiano ineccepibile, con estrema proprietà di linguaggio e chiarezza invidiabile, cose che confliggono con una mera trascrizione di lezioni stenografate e testimoniano, di converso, la qualità del docente e la cura prestata alla stesura del manuale. C’è da rilevare, in aggiunta, che il testo si differenzia dai manuali moderni e per certi versi si apparta di più ai trattati, visto che vengono riportati ampi riferimenti a studi sperimentali, con raffronti tra vari autori e una notevole messe di dati raccolti in diffusissime e dettagliate tabelle. Si rileva, per completezza, anche il nome dello stabilimento litografico, che curò la stampa (Velocior), sito alla Duchesca, una delle zone più popolari di Napoli, che sorge nella parte orientale della città.

Il volume consta in totale di 672 pagine, 592 di teoria e 80 di esercitazioni, numerate separatamente. Il testo è suddiviso in sei parti (più un inciso), in cui vengono trattati gli argomenti sotto riportati.

- PARTE PRIMA: *Acqua*, Lezioni 1-10, pp. 3-80
- PARTE SECONDA: *Combustibili*, Lezioni 11-21 + Appendice, pp. 81-256
- PARTE TERZA: *Delle calci*, Lezioni 22-37, pp. 257-427
- INCISO: *Della conservazione del legno*, pp. 428-440
- PARTE QUARTA: *Gesso - Vetro - Laterizi. Materiali refrattari*, Lezioni 38-46, pp. 441-488
- PARTE QUINTA: *Metallurgia*, Lezioni 47-57, pp. 489-560
- PARTE SESTA: *Materie coloranti*, Lezioni 64-70, pp. 561-588
- INDICE, pp. 589-592
- Esercizi di Chimica, pp. 1-80

Apparentemente il volume sembra mancare di qualche argomento, perché non sono indicate le lezioni che vanno dalla 58^a alla 63^a. Dal confronto con il programma pubblicato nell’annuario dell’Università per quell’anno, l’unico argomento non trattato nel libro potrebbe essere stato quello delle materie esplosive.

Si rileva, peraltro, che alla mancanza delle lezioni non fa riscontro la mancanza di pagine, né la mancanza di dispense, che si susseguono regolarmente dalla 1^a alla 74^a; quindi, salvo che non si tratti di un mero errore materiale, deve esserci un’altra spiegazione. Escluso che le lezioni mancanti possano essere state utilizzate per le esercitazioni, che di norma erano impartite separatamente e che, come detto, sono riportate alla fine del libro, rimane la possibilità che le apparenti lacune di testo non corrispondano a lezioni frontali, ma ad altre attività didattiche, ad esempio a visite di istruzione a stabilimenti, opifici o aziende, come era comune pratica all’epoca nei corsi universitari di questa e di altre discipline tecniche.

Analisi degli argomenti

Nel prosieguo si riporta l’analisi delle singole parti in cui il testo è suddiviso con appropriati commenti e con un raffronto con quanto lo stesso docente aveva proposto nell’anno accademico 1884-85 nel suo corso di titolarità di Chimica Docimastica [2].

Il tema dell’*acqua*, trattato nella prima parte del volume, copre tutti gli aspetti tecnici relativi agli usi ingegneristici di questa materia. Lo sviluppo è abbastanza contenuto per quel che concerne i criteri di potabilità e gli aspetti connessi alla potabilizzazione,

argomenti comunque di interesse per gli ingegneri civili, cui era primariamente diretto il corso. Ben più estesa è la parte relativa all'acqua per uso industriale, ovvero acqua da trasformare in vapore per impieghi quale vettore termico. Qui vengono sviscerati tutti gli aspetti relativi ai processi corrosivi in caldaia e alla formazione di depositi e incrostazioni causati dalla durezza, per i quali vengono fornite le soluzioni all'epoca più avanzate (processi di raddolcimento delle acque di alimentazione). Gran parte degli argomenti sono ancora inclusi negli attuali programmi di Chimica Applicata, dai quali non si discostano se non per gli inevitabili aggiornamenti connessi al trattamento degli equilibri chimici, alla proposizione delle reazioni in forma molecolare e alle ridotte pressioni di esercizio delle caldaie, che non erano molto discoste all'epoca dalla pressione atmosferica.

L'argomento "acqua" era presente anche nel programma della Chimica Docimastica del 1884-85, ma con un taglio notevolmente diverso. Grande rilievo veniva dato all'analisi chimica dell'acqua naturale e agli aspetti connessi alla potabilità, mentre il suo uso per alimentare le caldaie era più contenuto e meno sviluppate le problematiche chimiche connesse alla durezza delle acque e al loro superamento.

La parte relativa ai *combustibili* – in uno con quella delle calce – è la più estesa del volume. All'epoca si riteneva infatti essenziale per un ingegnere avere una preparazione approfondita dell'argomento per la sua rilevanza nella gestione dei forni di produzione di materiali ceramici, in senso lato, di leganti e di metalli. Pochi sono i riferimenti ad altre utilizzazioni dei combustibili, a parte quella di gas illuminante. Nessun riferimento viene fatto a petrolio o a gas naturale, visto che all'epoca l'uso industriale dei combustibili era circoscritto essenzialmente ai solidi e ai gas artificiali da essi derivati. Ne consegue che questa parte del libro è limitata a combustibili che oggi non hanno che scarsissimo valore, come il legno, il carbone da legna, i fossili più giovani – le torbe e le ligniti – sulle quali vengono spese decine di pagine con dati e dettagli sicuramente utili come riferimenti, ma di scarso interesse didattico. Molto estesa è anche la parte relativa alla misura di parametri energetici come il potere calorifico (Figura 3), mentre curiosamente al confronto sono ridotte le pagine dedicate alla produzione di coke siderurgico e alla gasificazione di combustibili solidi (gas all'aria e gas all'acqua).

Nel programma di Chimica Docimastica dell'inizio dell'attività didattica di Mauro i combustibili sono del tutto assenti come argomento specifico nel

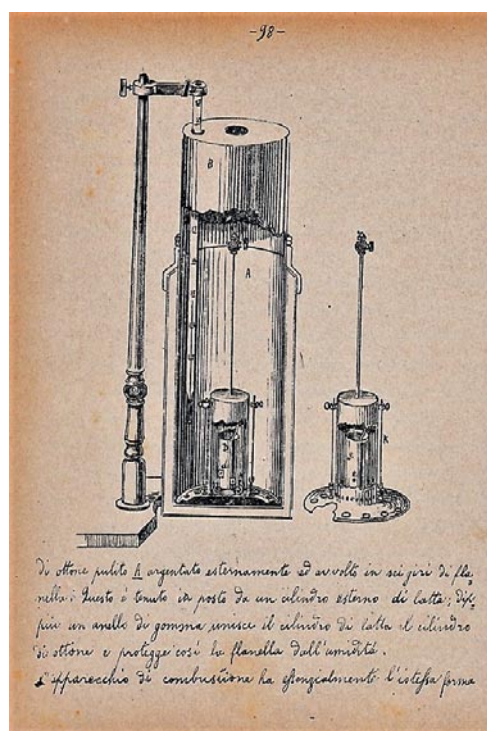


Fig. 3. Calorimetro di Stockmann per la determinazione del potere calorifico dei combustibili solidi

senso che non se ne fa una trattazione a parte, ma li si menziona esclusivamente nel corso della descrizione dei trattamenti termici per la produzione di materiali, dando qualche accenno alle loro proprietà e alle modalità d'uso.

Il terzo capitolo del volume sulle *calce* – che oggi si chiamerebbero leganti – è ricchissimo e denso di contenuti. L'autore descrive con grande dettaglio le caratteristiche e le proprietà dei vari materiali di largo uso in edilizia a partire dalle materie prime: calcare, argilla, marna, pozzolana naturale e artificiale, alle loro caratteristiche composizionali e costituzionali, ai loro difetti e pregi, alle modalità cui riferirsi per le scelte più appropriate. Grande rilievo viene dato al processo di fabbricazione dei vari leganti (calce aerea, calce idraulica, cemento Portland, cemento di scoria, cemento romano, cemento pozzolanico) con particolare attenzione alla fase della cottura, ai diversi forni adottati (Figura 4), sia in marcia discontinua che continua, e alle loro caratteristiche costruttive.

Per la cottura del clinker di Portland, in particolare, la trattazione è limitata ai forni a tino, visto che l'adozione dei forni orizzontali rotanti muoveva i suoi primi passi proprio negli anni in cui il testo veniva scritto. Molto dettagliati sono anche i procedimenti di allestimento delle malte e la pratica della loro messa in opera. Manca completamente ogni accenno ad una standardizzazione di materiali e

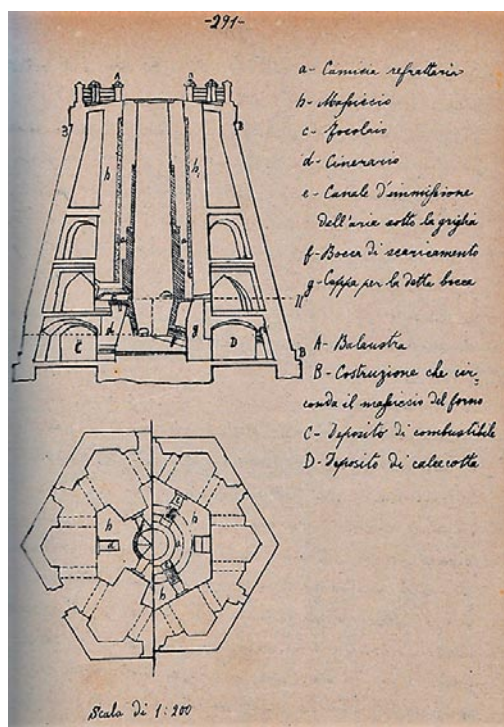


Fig. 4. Forno di Rüdgersdorf per la produzione della calce

metodi, che all'epoca aveva trovato una sua attuazione solo in Germania, e al chiarimento dei meccanismi di presa ed indurimento, la cui interpretazione era agli esordi con molte incertezze e diversità di vedute. Mauro se la cava riportando – con grande diligenza – le proposte applicative e le interpretazioni, che scaturiscono dalle ricerche dei maggiori autori del settore, di coloro che hanno fatto la storia dell'introduzione dei moderni leganti nell'industria edilizia, quali, per citare i maggiori, L. Vicat, H. Le Chatelier, E. Candlot, W. Michaelis. Anche qui si evidenzia il fatto che il testo non è un manuale, perché si limita a mettere a confronto le vedute di vari autori piuttosto che fornire risposte certe sulle problematiche del settore. Questa scelta, obbligatoria di fatto, se da una parte mirava a stimolare la capacità critica dello studente, presentava peraltro delle carenze dal punto di vista didattico, perché non era in grado di fornire dei punti fermi, atti a fungere da supporto all'edificazione delle conoscenze.

Il raffronto con il programma svolto alcuni anni prima con la denominazione di Chimica Docimastica, se da una parte pone in evidenza che quello dei leganti era un argomento trattato in maniera estesa anche in precedenza, evidenzia peraltro il grande sforzo dell'autore del testo in esame di razionalizzare e rendere più omogenea la presentazione, oltre che introdurre la parte tecnologica della fabbricazione, che era in precedenza piuttosto carente.

Segue un breve inciso sulla conservazione del legno, che dà l'impressione di essere un *addendum*, perché manca il numero progressivo della lezione in cui sarebbe stato svolto, presente invece nella maggioranza degli altri casi (a parte qualche dimenticanza). L'argomento, peraltro, non compare nei programmi pubblicati negli annuari del periodo in cui Mauro insegnò nella Scuola d'Ingegneria. La trattazione di questo materiale è piuttosto breve: qualche accenno sulla natura del legno, sui processi di degrado e sui metodi chimici per preservarne la durata. Vengono descritti i trattamenti con soluzioni di sali di metalli di transizione o con liquidi organici, di cui si esaminano vantaggi e svantaggi. Puntuali sono i riferimenti agli autori che si sono interessati dell'argomento, dei quali si riportano le interpretazioni sui possibili meccanismi di conservazione.

Il capitolo che segue tratta i materiali inorganici non metallici, quelli che oggi vengono indicati come *ceramici strutturali* (vetro, laterizi e refrattari), ma comprende anche il gesso (Figura 5) che per sua natura dovrebbe essere compreso fra i materiali leganti. Questo capitolo è obiettivamente meno curato dei precedenti, quanto meno dal punto di vista dell'estensione, il che vuol dire anche minori informazioni, meno dettagli, minori approfondimenti. Sempre piuttosto estesa è la parte mineralogica (che era appropriata all'autore, visto che costituiva l'area in cui aveva preso avvio la sua attività scientifica), non particolarmente sviluppata è invece la parte tecnologica e limitate sono le notizie in merito ai meccanismi di presa ed indurimento del gesso e del processo di sinterizzazione delle ceramiche. Migliore, comunque, è la parte relativa ai laterizi e ai refrattari, rispetto al vetro e al gesso, scarna ma tecnologicamente più curata. Soddisfacente appare la descrizione dei processi di cottura, ancorché limitati, per i laterizi, alla fornace Hoffmann, allora

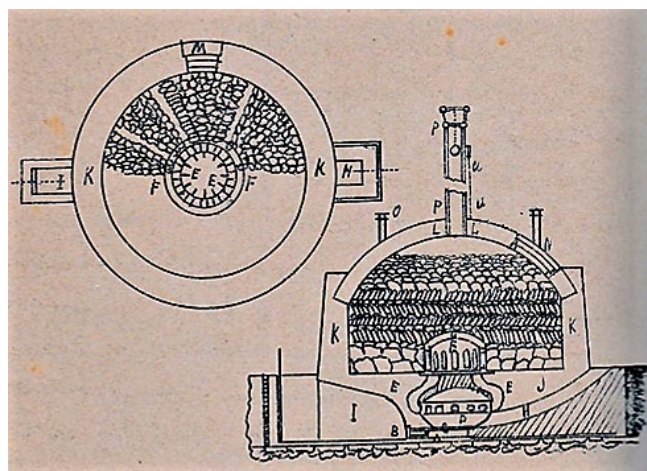


Fig. 5. Forno di Dusmenil per la cottura del gesso (minerale)

in auge. Del tutto assenti sono i ceramici a pasta compatta (porcellana, grès), che avevano all'epoca un uso pressoché nullo nelle costruzioni.

Il confronto con il programma svolto in Docimastica mette ancora una volta in luce lo sforzo fatto da Mauro nel sistematizzare e organizzare la materia, trattando i vari materiali come capitoli a sé stanti, a differenza di quanto fatto in precedenza, quando i materiali venivano richiamati nel corso dei processi per la fabbricazione dei manufatti di interesse edilizio. Sono di fatto appena accennati i laterizi, mentre sono piuttosto estesamente trattati i refrattari, richiamati ogni qual volta era da affrontarsi un processo di cottura. Manca del tutto il vetro, mentre è piuttosto estesa e paragonabile a quanto riportato nel programma più recente la parte relativa al gesso.

Il penultimo capitolo del testo riguarda la *metallurgia*, che comprende, oltre che il ferro, anche diversi altri metalli, quali rame e sue leghe (bronzo e ottone), piombo, stagno, zinco e alluminio.

Il *ferro* occupa ovviamente la parte più estesa del capitolo. L'autore si diffonde molto sulla descrittiva dell'altoforno, sul suo funzionamento e sui fenomeni che conducono all'ottenimento della ghisa. Pure dettagliati sono i processi di affinazione della ghisa per ottenere acciaio con il forno Martin-Siemens e il convertitore Bessemer, che erano stati introdotti da 30-40 anni. Come già notato in precedenza, la trattazione è sostanzialmente fenomenologica e descrittiva, in mancanza di conoscenze sulla struttura del ferro e delle sue leghe e delle modificazioni indotte negli acciai attraverso trattamenti termici e chimici. Abbondanti sono i dati, sia numerici che statistici, sulle proprietà dei vari tipi di acciai, certamente utili al tecnico, quale quello che si stava educando, ma nulla che abbia a che vedere con l'attuale proposta formativa, che al di là del *che*, fornisce informazioni soprattutto sul *come* e sul *perché*.

Le pagine relative agli altri metalli sono un mini-trattato di chimica inorganica metallica, che riassume lo stato naturale, l'estrazione o la preparazione dei vari metalli, le proprietà e gli usi. Un po' più estesa la trattazione del rame, visto che comprende le sue importanti leghe.

Negli appunti del 1884-85 dei metalli è trattato solo il ferro con contenuti non molto dissimili da quelli del testo di Chimica Applicata, salvo il fatto, già menzionato, che i vari materiali inerenti all'argomento, quali refrattari, combustibili, fondenti, sono trattati all'interno del capitolo e non costituiscono materia a sé stante.

L'ultimo capitolo del testo è riservato alle *materie coloranti*, un argomento piuttosto inusitato nei testi

di Chimica Applicata, ma sicuramente opportuno, visto che l'impiego del colore nelle costruzioni era pratica usuale, ad esempio nelle pitture ad olio o a colla o per la fabbricazione di materiali ceramici. Come Mauro ci ha abituato nei capitoli precedenti, l'argomento viene trattato in grande dettaglio, riportando per ciascun colore preso in esame (bianco, nero, rosso, giallo, verde e azzurro) le varie possibilità offerte da minerali o sali di metalli di transizione ottenuti artificialmente. Per ciascun colorante l'autore definisce la preparazione, le proprietà e gli usi, fornendo indicazioni sull'adeguatezza, sulle limitazioni o sull'inopportunità dell'impiego. Sono molto accuratamente descritte anche le analisi chimiche dei coloranti proposti ai fini dell'individuazione di eventuali adulterazioni. L'argomento dei coloranti è del tutto assente negli appunti di Chimica Docimastica di sette anni prima.

Il volume si conclude con la parte esercitativa, che è palesemente a sé stante, sia perché costituisce un unico corpo e non è suddivisa in dispense, sia perché reca una numerazione distinta delle pagine. Si tratta di una dettagliata trattazione di analisi chimica qualitativa mirata al riconoscimento di cationi e limitata all'analisi per via secca, cui era probabilmente associata una parte sperimentale. Così come proposta nel testo, manca del tutto nel programma di Chimica Docimastica, in cui invece abbondano nozioni di analisi chimica qualitativa e quantitativa destinate alle acque e a specifiche materie prime, quali il calcare.

4. Conclusioni

Qual è l'importanza di un libro del genere oggi? Ha di certo un valore obiettivo per la sua rarità, ma è anche e soprattutto una testimonianza dell'evoluzione dell'insegnamento di una disciplina sia nel contesto della Scuola sia in quello culturale e didattico del docente.

Il confronto dei programmi della materia, così come insegnata da Mauro negli anni, anche in riferimento all'ulteriore evoluzione della stessa nei decenni a venire, mette in luce un sostanziale cambiamento nella logica dell'insegnamento, che si traduce in una decisa modifica degli argomenti proposti e del modo di affrontarli.

La Chimica Docimastica, quando fu inserita nei piani di studio, voleva essere una materia tecnica, il cui scopo precipuo era quello di fornire al professionista adeguate conoscenze sui principali materiali da costruzione, senza le necessarie cognizioni sul comportamento di tali manufatti.

Con la conversione della Chimica Docimastica nella Chimica Applicata cambiò completamente la logica

della disciplina: i materiali non erano più proposti come oggetti essenziali delle costruzioni, ma come oggetti detentori di specifiche proprietà. Nella Chimica Applicata, i materiali vengono infatti presentati in quanto tali, fornendo ampie informazioni per la loro conoscenza (materie prime, processi di produzione, meccanismi delle reazioni in fase solida e liquida, struttura e proprietà dei prodotti ottenuti, applicazioni, durata in esercizio, etc.). Si vuole cioè dare al tecnico le conoscenze e la cultura, che gli consentiranno di adottare il materiale più adatto alle esigenze. Nella stessa logica, riconoscendo nel seguito che le proprietà dei materiali derivano dalla loro struttura e microstruttura, si arriva alla proposizione dell'attuale Scienza e Tecnologia dei Materiali, che, partendo dalla conoscenza dell'organizzazione delle particelle costitutive del corpo, ne deduce le proprietà macroscopiche e mette le basi per una prospettiva che, capovolgendo completamente la logica iniziale, lascia intravedere la possibilità di perseguire la progettazione dei manufatti. In questo processo è indubitabile il ruolo di Mauro, che in sintonia (e magari in collaborazione) con altri docenti delle Scuole italiane di Ingegneria, è protagonista di questa autentica rivoluzione. Il testo è peraltro anche una testimonianza delle capacità di Mauro come docente per la nitidezza della presentazione della materia e per la cura delle fonti in un'epoca in cui, in mancanza di certezze e nell'impossibilità di stilare un manuale convenzionale, non si poteva che presentare una serie di risultati spesso senza spiegazioni o con più spiegazioni alternative, affidando al futuro il superamento di dubbi, di carenze e di lacune. ■

Riferimenti

- [1] M. D'Auria, C. Colella, N. Masini (curatori), *Francesco Mauro. Un chimico lucano*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 2014, pp. 530.
- [2] C. Colella, M. D'Auria, *La chimica docimastica di Francesco Mauro*, EditricErmes, Potenza, 2016, pp. 128.
- [3] C. Colella, D. Caputo, D. Piscopo, *Atti dell'Accademia Pontaniana*, n. s., 2013, **LXI**, 247-275.
- [4] C. Colella, N. Masini, *Francesco Mauro: la vita e le opere*, in Rif. [1], pp. 57-86.
- [5] M. D'Auria, *Francesco Mauro, scienziato*, in Rif. [1], pp. 123-135.
- [6] M. D'Auria, *La Chimica e l'Industria Newsletter*, 2022, **9**(4), 18-21.
- [7] G. Krüss, *Zeitschrift für Anorganische Chemie*, 1893, **4**(1-2), 484.
- [8] M. Fileti, F. Mauro, *Analisi di alcune acque termominerali di Civitavecchia*, Stamperia Reale Roma, 1878, pp. 21.
- [9] S. Cannizzaro, *Gazz. Chim. Ital.*, 1880, **10**, 115-118.
- [11] G. Sormani, F. Mauro, *Giornale della Società Italiana d'Igiene*, 1880, **2**, 5-45 e 177-240.
- [11] S. Cannizzaro, *Relazione del Prof. Stanislao Cannizzaro sulle analisi di alcune acque potabili fatte per incarico del Municipio di Padova*, Tipografia Salviucci, Roma, 1881, pp. 71.
- [12] F. Mauro, R. Nasini, A. Piccini, *Analisi chimica delle acque potabili della città di Roma, eseguita per incarico del Municipio*, Tipografia Fratelli Bencini, Roma, 1884, pp. 104.
- [13] AA.VV., *Analisi chimiche delle acque di Telese e guida pei bagnanti*, A. Bellisario e C., Napoli, 1887, pp. 79.
- [14] F. Mauro, *Gazz. Chim. Ital.*, 1879, **9**, 70-71.
- [15] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 3, *Transunti*, 1880, **4**, 226-230.
- [16] F. Mauro, *Bull. Soc. Chim. Paris*, 1880, **33**, 564-565.
- [17] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 3, *Transunti*, 1881, **5**, 166-169.
- [18] F. Mauro, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 1881, **14**, 1379-1382.
- [19] F. Mauro, L. Danesi, *Fresenius' Z. Anal. Chem.*, 1881, **20**, 507-514.
- [20] F. Mauro, L. Danesi, *Gazz. Chim. Ital.*, 1881, **11**, 286-293.
- [21] F. Mauro, R. Panebianco, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 3, *Memorie*, 1881, **9**, 418-423.
- [22] F. Mauro, R. Panebianco, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 3, *Transunti*, 1882, **6**, 205-206.
- [23] F. Mauro, R. Panebianco, *Gazz. Chim. Ital.*, 1882, **12**, 180-182.
- [24] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 4, *Memorie*, 1887, **4**, 481-488.
- [25] F. Mauro, *Gazz. Chim. Ital.*, 1888, **18**, 120-130.
- [26] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 4, *Memorie*, 1888, **5**, 398-409.
- [27] F. Mauro, *Gazz. Chim. Ital.*, 1889, **19**, 179-195.
- [28] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 4, *Rendiconti*, 1889, **5**, 249-259.
- [29] F. Mauro, *Gazz. Chim. Ital.*, 1890, **20**, 109-121.
- [30] F. Mauro, *Atti R. Accademia dei Lincei*, Classe di Scienze M.F.N., Serie 5, *Rendiconti*, 1892, **1**(I), 194-203.
- [31] F. Mauro, *Zeitschrift für Anorganische Chemie*, 1892, **2**, 25-35.
- [32] F. Mauro, *Atti R. Accad. Lincei*, Classe Scienze M.F.N., Serie 5, *Rendiconti*, 1893, **2**(II), 382-384.
- [33] Ni. Masini, Na. Masini, E. Ruggieri, *Rend. Acc. Naz. Scienze detta dei XL*, serie V, parte II, tomo II, 2011, **XXXV**, 367-377.

Carmine Iorio*

Dottorando in Etica della Comunicazione, della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica, curriculum medico-sanitario, Università degli Studi di Perugia. Dipartimento di Filosofia, Scienze Sociali, Umane e della Formazione. Tutors: Prof.re Giuseppe Manfroni e Prof.ssa Elena Cattaneo, Senatrice a vita.
✉ carmine.iorio@studenti.unipg.it

Approcci etici a epidemie e pandemie, causate da virus

RIASSUNTO Attraverso questo progetto di ricerca intersettoriale e multidisciplinare si vorrebbe proporre un approccio etico alle future pandemie di origine virale, dall'analisi della letteratura, per sorvegliare possibili agenti causanti pandemie, alle misure di contenimento nazionale. Rimarcando l'importanza della ricerca di base per valutare possibili agenti antivirali, fino ad approdare alla comunicazione in tempi di crisi sanitaria. Quest'ultima, se fatta eticamente, favorisce il contenimento virale, aumenta la fiducia verso l'istituzione e, soprattutto, non dà spazio a teorie pseudoscientifiche, e la diffusione di notizie false, in un periodo d'incertezza.

PAROLE CHIAVE pandemia; etica; misure di contenimento; crisi sanitaria; virus

1. Le pandemie fra passato, presente e futuro

Per pandemia intendiamo “un'epidemia che si verifica in tutto il mondo, che si diffonde su una vasta area, valicando confini internazionali e interessando solitamente un gran numero di persone” [1].

Al momento non esiste una definizione univoca di pandemia, infatti non tutta la comunità scientifica condivide tale definizione. A tal proposito la Britannica [2] definisce la pandemia come “un focolaio di malattia infettiva che si verifica su una vasta area geografica e che è di alta prevalenza. Una pandemia colpisce, generalmente, una percentuale significativa della popolazione mondiale, di solito nel corso di diversi mesi”.

Le definizioni comportano, intrinsecamente, dei limiti, quali: l'immunità della popolazione, la virulenza e la gravità della malattia. Potrebbe essere possibile annoverare, con la prima definizione, le influenze stagionali come pandemie, le quali però non lo sono affatto perché cicliche e ricorrenti e perché si

diffondono in momenti diversi, e non simultanei, nei due emisferi [1].

Sebbene siano molti gli agenti infettivi annoverati fra i possibili agenti causa di pandemia, è pur vero che in tempi recenti i virus sono stati responsabili delle pandemie. All'interno del progetto di ricerca quindi ci si occuperà prevalentemente di virus, anche in considerazione dell'esperienza maturata con SARS-CoV-2 e alle cinque pandemie dell'ultimo secolo, tutte di origine virale. Tra queste annoveriamo:

- il virus influenzale H1N1, del 1918
- il virus influenzale H2N2, del 1957
- il virus influenzale H3N2, del 1968
- il virus HIV, primi casi registrati nel 1981
- il virus influenza H1N1, del 2009

Rimane la possibilità che la prossima pandemia non sia causata da un virus, ma da un altro agente patogeno, per esempio, un batterio [3] come accadde con *Yersinia Pestis*, la peste nera, che durò dal 1347 al 1351 [4].

Riferendosi ancora ai virus, come focus del progetto di ricerca, si può affermare che la maggior parte dei virus a carattere potenzialmente pandemico sono agenti patogeni zoonotici. (Si sospetta che il virus HIV sia un agente zoonotico, ma non tutta la comunità scientifica concorda su tale origine [5]). È altamente probabile che, in condizioni igieniche precarie, con l'aumento della promiscuità tra esseri umani e fauna selvatica e la distruzione di particolari habitat, nicchie ecologiche per particolari patogeni [6], il salto di specie (*spillover*) tra animale ed essere umano sia favorito; proprio quello che pare sia avvenuto con SARS-CoV-2 [7], nella provincia dello Hubei.

* L'autore non ha conflitti di interesse da dichiarare rilevanti per il contenuto di questo articolo.

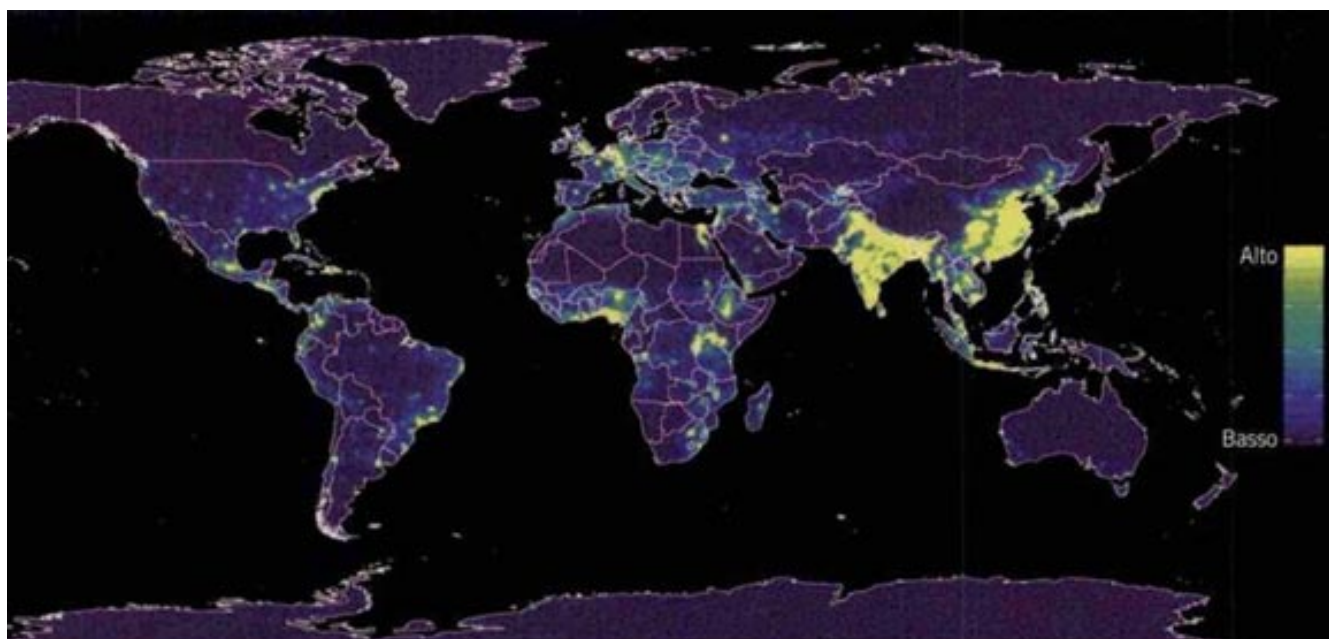


Fig. 1. Sorveglianza di virus emergenti di EcoHealth Alliance: le zone colorate sono le aree della Terra più suscettibili al salto di specie e, dunque, possibili focolai di nuove infezioni

2. È possibile prevedere la prossima pandemia?

Parlare di pandemia futura potrebbe essere prematuro, ma è necessario per attuare comportamenti atti a proteggere la popolazione mondiale. A tal proposito ci sono vari programmi a livello mondiale (OMS [8], ECDC [9], CDC [10], EcoHealth Alliance [11], GPMB [12], ...) che si occupano di segnalare eventuali focolai e valutare la potenzialità pandemica dei singoli virus. Il programma internazionale EcoHealth Alliance [11], che monitora costantemente varie zone del mondo a rischio, analizza dati per sviluppare modelli predittivi. Tra le varie ipotesi, nel 2019, aveva ipotizzato che il virus della futura pandemia poteva provenire dalla regione dello Guangdong (Figura 1).

Con questo progetto di ricerca si vorrebbe analizzare la letteratura scientifica e i vari programmi di sorveglianza per cercare di suggerire un modello almeno qualitativo di risposta olistica delle istituzioni e della società tutta, contro uno o più virus potenzialmente responsabili di una futura pandemia. Questi virus rientrano fra gli agenti eziologici di malattia, da molti definiti come il temibile patogeno X. Consci dei limiti dello studio, che si focalizza solo sui virus, il modello potrebbe essere utilizzato anche in caso di agente patogeno diverso dai virus, adattando il modello al nuovo agente infettivo. Il CSIRO [13] ha prodotto un report [14] dove ha individuato cinque famiglie virali, preoccupanti, che potrebbero potenzialmente causare la prossima pandemia, quali:

- Coronaviridae
- Flaviviridae
- Orthomyxoviridae
- Paramyxoviridae
- Togaviridae

Nell'ambito del progetto di ricerca si andranno a declinare tutti gli aspetti etici e comunicativi che hanno avuto un impatto nella risposta alla pandemia da SARS-CoV-2, mentre dal punto di vista della ricerca in laboratorio ci si focalizzerà su una famiglia di virus a potenziale carattere pandemico. Il lavoro di laboratorio sarà incentrato sulla progettazione e sintesi di molecole attive contro le arbovirosi [15], nello specifico la scoperta di agenti anti Flavivirus. Questi ultimi sono responsabili di zoonosi causate da virus trasmessi da vettori artropodi (*arthropod-borne virus*, come per esempio zanzare, zecche e flebotomi) tramite morso/puntura [16]. Al momento attuale si contano oltre cento virus [15, 16] classificati come arbovirus, in grado di causare malattia nell'uomo. La maggior parte di questi appartengono a famiglie e generi, tra i quali i *Togaviridae* (Alphavirus), i *Flaviridae* (Flavivirus) e i *Bunyaviridae* (Bunyavirus e Phlebovirus) [15].

L'interesse nel declinare la prossima pandemia come pandemia da vettore nasce soprattutto dall'aumento della diffusione delle zanzare [17] e delle malattie che esse portano; tra le cause potremmo annoverare l'aumento delle temperature e il cambiamento climatico. Come dichiarato dal *World Mosquito Program* [18], l'aumento delle temperature

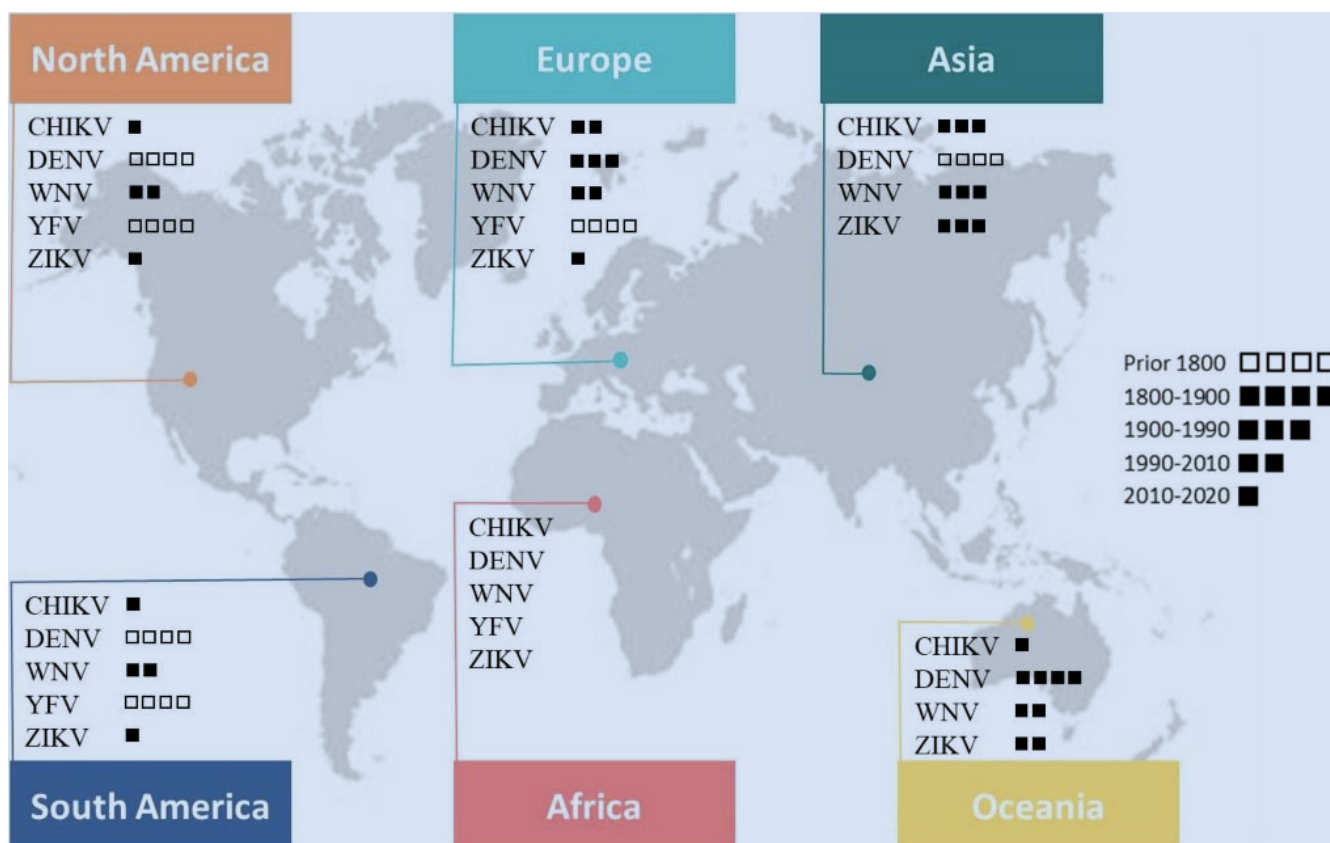


Fig. 2. Distribuzione globale di cinque arbovirus (trasmissione locale attuale o passata): i quadratini si riferiscono alla prima rilevazione documentata nell'uomo (introduzione del virus) [17]

globali sta causando un'espansione nelle aree in cui prosperano le zanzare. Questo mette più comunità a rischio e rende più mesi, ogni anno, favorevoli alla trasmissione della malattia in luoghi già suscettibili alle malattie trasmesse dalle zanzare [19]. Come dimostra lo studio di Bellone e Failloux [17], vi è già una propensione alla diffusione di tali malattie in tutti i continenti, escluso l'Antartide (Figura 2).

Tra i virus possiamo annoverare Zika (trasmessa dalla zanzara genere *Aedes aegypti*) [20], Dengue (trasmessa dalla zanzara genere *Aedes aegypti*, e alcuni casi anche da *Aedes albopictus*) [21], Yellow Fever (trasmessa dalla zanzara genere *Aedes aegypti*) [23], West Nile (trasmessa dalla zanzara genere *Culex*) [24] e Chikungunya (trasmessa dalla zanzara genere *Aedes aegypti albopictus*) [25].

Dengue, endemico in oltre 110 Paesi: secondo l'OMS causa circa 50 milioni di casi ogni anno [26].

West Nile, presente in molti paesi del mondo: dall'inizio di giugno 2022 sono stati segnalati in Italia 537 casi confermati di infezione [27].

Zika: l'OMS ha dichiarato che, a partire da luglio 2019, 87 Paesi hanno segnalato casi di trasmissione autoctona da questo virus e che, nel luglio 2019 [28], in 61 Paesi e territori è stata accertata la

presenza di vettori competenti (*Aedes aegypti*), pur in assenza di casi documentati di trasmissione.

Fino a qualche decennio fa questi virus si diffondevano molto lentamente grazie al facile contenimento dei vettori, ma oggi a causa dei fattori sopra citati (cambiamenti climatici, urbanizzazione, globalizzazione di persone e merci...) che hanno di fatto globalizzato anche il vettore, la loro diffusione è in forte aumento con focolai infettivi sempre più ampi e ricorrenti. In tal senso una diffusione ampia associata alla presenza dei vettori competenti sull'intero globo potrebbe certamente portare ad una infezione su larga scala, in periodi ristretti caratterizzandosi come pandemia.

A maggiore spiegazione, nel febbraio 2016 [29], il Direttore generale dell'OMS dichiarò "l'emergenza di sanità pubblica di livello internazionale" a causa dei focolai di Zika verificatisi in varie parti del mondo. La fine dell'emergenza sanitaria venne dichiarata a novembre dello stesso anno [29], evitando così la successiva dichiarazione di pandemia.

In un report del 2022, l'OMS, proiettandosi nello scenario narrativo di una possibile futura pandemia nel 2026, nel testo *Imagining the future of pandemics and epidemics* [30] ipotizza che la prossima pandemia potrebbe, con buona probabilità, essere indotta da

un Zika-like vector-borne virus. Nello stesso documento l’OMS dichiara l’inefficacia di alcune risposte all’emergere della nuova pandemia in aree povere della Terra, nonostante si conviva da molti anni con virus Zika. A tal proposito le misure atte a contenere l’infezione sono inefficaci e le morti aumentano notevolmente. Ciò porta a dichiarare che prepararsi a una prossima pandemia è un dovere etico, per evitare il duro costo delle vite umane, e non solo.

3. Prepararsi è un dovere etico

Nessuno prima del 2020 si era ritrovato a fronteggiare una pandemia della portata simile all’infezione provocata SARS-CoV-2. Molti Governi erano impreparati a combattere una pandemia, inoltre i continui tagli al SSN (cfr. Italia) non hanno fatto altro che alimentare il circuito dell’impreparazione. Tra il 2010 e il 2019, la Fondazione Gimbe [31] ha denunciato tagli per 37 miliardi di euro alla sanità.

Si vincono le pandemie anticipando il virus. Non si può essere nuovamente impreparati. Non si dovranno registrare alte percentuali di riempimento delle terapie intensive, orari estenuanti per il personale sanitario e ritardi nell’esito di un test per valutare la possibile infezione.

Una parte del progetto di ricerca vorrebbe essere dedicato all’analisi di alcune falle, avvenute durante la crisi da SARS-CoV-2, creando un template che potrebbe essere utile in caso di futura emergenza sanitaria. Si spazierà dal finanziamento minimo del SSN, sotto il quale non bisogna scendere, al ruolo della medicina di territorio e di prossimità approdando alla gestione attraverso piano pandemico.

È possibile attuare manovre efficaci sin da subito. Ne sono un esempio i paesi dell’area medio-orientale che hanno imparato da MERS e SAR-CoV-1, che fortunatamente si sono autolimitate, e hanno attuato manovre immediate [32] per cercare di contenere l’infezione da SARS-CoV-2.

Per la prossima pandemia dovremmo avere un piano pandemico aggiornato e flessibile, che permetta una rapida ricognizione delle aziende sul territorio per una riconversione immediata al fine di avere stock sufficienti di dispositivi di protezione individuali, dalle mascherine ai repellenti. Infine, un servizio sanitario efficace, con le giuste risorse e la giusta preparazione, per evitare pressioni in un periodo precario.

4. Lotta alle infezioni da flavivirus: la ricerca “in-bench” contro virus trascurati dalle grandi industrie farmaceutiche

Considerando l’emergenza di sanità pubblica di livello internazionale [29], verificatasi nel 2016 e

dovuta alla diffusione di Zika, la proiezione dell’OMS [30] prospetta la possibilità che sia un virus trasmesso da zanzare a causare una prossima pandemia (le arbovirosi appunto). Queste ultime meritano un’attenzione in più anche perché alcune infezioni da flavivirus sono tra le malattie emergenti e riemergenti [33]. Le malattie emergenti e riemerse di interesse globale includono le malattie tropicali (NTDs) e le infezioni trasmesse da vettori per le quali è necessario un’approccio One Health [34]. Dal 1975 al 1999 [35] solo l’1% dei prodotti entrati in commercio è per le malattie tropicali neglette (NTDs). Nello specifico solo 16 su 1393. Numeri che a distanza di dieci anni sono rimasti immutati [36]. Nel 2018 la maggior parte dei progetti di ricerca riguardava la lotta contro il cancro, mentre un ruolo marginale era riservato alle malattie emergenti [37].

Molte delle suddette sono endemiche in parti del globo in cui la povertà è dilagante. Le industrie farmaceutiche preferiscono finanziare progetti che favoriscono introiti maggiori (malattie croniche, quali diabete e cancro) rispetto alla cura di malattie infettive. Va comunque detto che la Bill&Melinda Gates Foundation, ente caritatevole, da anni è attiva a finanziare progetti atti a contrastare le malattie infettive, ampliando il ventaglio delle collaborazioni e favorendo un’interconnessione tra pubblico e privato. Bisogna che l’Accademia e il privato si uniscano per creare un circuito in cui la cura venga anteposta alla mera logica del profitto. Un ultimo esempio virtuoso è la collaborazione tra KU Leuven Rega Institute in Belgio e il Centre for Drug Design and Discovery che ha portato alla sintesi dell’inibitore PAN-SEROTIPICO verso Dengue [38].

Bisogna apprendere da questa collaborazione: è necessario che l’Accademia, in sinergia con il privato, si occupi dello sviluppo di farmaci contro tali malattie.

Come già accennato nella sezione precedente, una parte del progetto di ricerca prevede la sintesi di potenziali molecole attive contro virus emergenti e riemergenti. Molti di questi sono endemici in molte parti del globo, a tal proposito l’OMS nel suo report annuale le annovera tra le malattie prioritarie in contesti emergenziali [39], tra questi compaiono: COVID-19, Ebola, Zika, e “malattia X”.

Un promettente *hit compound* è FlaR-18 a struttura sulfonilantranilica funzionalizzata, sintetizzata presso il laboratorio di ricerca coordinato dal Prof. Giuseppe Manfroni (Università di Perugia), dove si svolgerà la parte sperimentale del lavoro. Una preliminare analisi verso la replicazione Zika e Dengue ha dimostrato come FlaR18 sia in grado di inibire, con una apprezzabile potenza, la replicazione dei due

virus, non mostrando citotossicità ad elevate concentrazione: EC₅₀ = 0.11 μM per il ceppo virale EDEN2 (DENV2) e un EC₅₀ = 0.64 μM per il ceppo virale HPF2013 (Zika), mostrando inoltre assenza di tossicità cellulare (CC₅₀ > 100 μM).

Avere composti attivi per diversi Flavivirus, o addirittura verso famiglie diverse di virus permette di iniziare a sviluppare un arsenale importante per la risposta a medio lungo termine da affiancare a vaccini e profilassi. Questo è valido soprattutto, se ci proiettassimo in uno scenario in cui una futura pandemia, come ipotizzato dall’OMS, sia causata da un “Zika-like vector-borne virus” [30]. Il progetto si propone di sviluppare molecole più potenti e selettive di FlaR18 fino a identificare composti ottimizzati pronti per la sperimentazione preclinica.

5. Comunicare la pandemia

Possiamo affermare che sono due le pandemie che viaggiano per il mondo, una causata da un agente patogeno, l’altra dalla comunicazione, battezzata dall’OMS: infodemia [40]. Quest’ultima è la circolazione di una quantità eccessiva di informazioni, talvolta non vagliate con accuratezza, che rendono difficile orientarsi su un determinato argomento per la difficoltà di individuare fonti affidabili.

Con l’aumento dell’informazione si è avuto anche un aumento di disinformazione. Infatti, la disinformazione sul COVID-19 ha rappresentato una seria minaccia per la salute pubblica globale. Se le persone vengono fuorviate da affermazioni infondate sulla natura e sul trattamento della malattia, è meno probabile che seguano le linee sanitarie ufficiali e questo può contribuire alla diffusione della pandemia e rappresentare un pericolo per sé stessi e gli altri [41].

Una chiosa, in forma interrogativa, è necessaria sull’attuale emergenza Monkeypox. Si sta comunicando correttamente il rischio sanitario di tale malattia? Il Ministero della Salute ha comunicato in maniera etica il rischio del contagio?

Un’analisi della comunicazione potrebbe sollevare dei dubbi intorno alla stessa, soprattutto per le categorie delle persone a rischio, come nel caso *Men who have sex with men* (MSM). Un’eco lontana ci riporta all’infezione da HIV e allo stigma intorno alla stessa. Ogni singola parola potrebbe alimentare

pregiudizi verso le scelte individuali e personali delle singole persone. Si dovrebbe specificare che il vaiolo delle scimmie può essere trasmesso grazie al contatto stretto con persone positive al virus. Dunque, potremmo essere tutti potenzialmente suscettibili all’infezione. Lo storytelling intorno al MSM, oltre che alimentare un pregiudizio, crea un falso senso di sicurezza nelle persone che non rientrano in tale categoria, favorendo comportamenti a rischio per il singolo e per l’intera comunità.

Non è possibile, che in un periodo emergenziale, si dia adito a potenziali cure miracolose che alimentano false speranze e il circuito della disinformazione, un esempio per tutte: l’idrossiclorochina, per la cura del COVID-19. Cura legittimata anche da alcuni Presidenti, quali Trump e Bolsonaro.

Con questo progetto di ricerca, dopo un’attenta analisi della comunicazione durante la pandemia da SARS-CoV-2, si vorrebbe stilare un decalogo etico, per la comunicazione emergenziale a carattere sanitario. Chi deve comunicare l’emergenza in televisione? Chi deve partecipare a un dibattito? Comunicare l’ennesima cura miracolosa cosa crea nell’umano sentire? È etico, durante una campagna vaccinale di massa, dare voce a chi “non crede” nel vaccino, alimentando il fenomeno della *vaccine hesitancy*?¹

Queste sono alcune domande a cui si cercherà di dare una possibile risposta all’interno della nostra ricerca. Un patto tra scienza, comunicazione e politica affinché, in caso di possibili eventi pandemici, ci sia una risposta chiara, efficace ed etica. Di ciò abbiamo bisogno, di sinergia e comunicazione, durante una crisi sanitaria.

Riferimenti

(per i siti citati, ultimo accesso: 29/09/2022)

- [1] Bulletin of the World Health Organization (who.int)
- [2] pandemic: Description, History, Preparedness, & Facts
- [3] Future pandemics might be caused by bacteria and not viruses: Recent advances in medical preventive practice - PMC (nih.gov)
- [4] Black Death: Definition, Cause, Symptoms, Effects, Death Toll, & Facts
- [5] P. A. Marx, C. Apetrei, E. Drucker, AIDS as a zoonosis? Confusion over the origin of the virus and the origin of

¹ Lo scetticismo nei confronti delle vaccinazioni è un fenomeno che esiste fin dalla prima disponibilità del primo vaccino; tuttavia, ai nostri giorni è certamente sostenuto e amplificato dalla facilità con cui chiunque può reperire informazioni contrastanti su internet e anche da molte altre motivazioni che spesso non hanno niente a che fare i vaccini. Il fenomeno definito in inglese come *Vaccine Hesitancy* e in italiano come “esitazione vaccinale” (termine che comprende i concetti di indecisione, incertezza, ritardo, riluttanza) è complesso e strettamente legato ai differenti contesti, con diversi determinanti: periodo storico, aree geografiche, situazione politica. Esitazione vaccinale: ecco le raccomandazioni Oms (iss.it).

- the epidemics, *J. Med. Primatol.*, 2004, 33(5-6), 220-226.
- [6] E. Padoa Schioppa, *Antropocene*, il Mulino, 2021.
- [7] P. Zhou, L. Shi, SARS-CoV-2 spillover events, *Science*, 2021, 371, 120-122.
- [8] www.who.int
- [9] www.ecdc.europa.eu
- [10] www.cdc.gov
- [11] www.ecohealthalliance.org
- [12] www.gpmb.org
- [13] Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australian Government - CSIRO
- [14] Strengthening Australia's Pandemic Preparedness - CSIRO - 5 virus families that could cause the next pandemic, according to the experts (theconversation.com)
- [15] PNA 27 05 2019 rev PdC (salute.gov.it)
- [16] Arbovirosi - Istituto Superiore di Sanità (iss.it)
- [17] R. Bellone, A. Failloux, The Role of Temperature in Shaping Mosquito-Borne Viruses Transmission, *Frontiers in Microbiology*, 2020.
- [18] World Mosquito Program - Releasing hope
- [19] Explainer: How climate change is amplifying mosquito-borne diseases
- [20] Virus Zika documentazione mondo (iss.it)
- [21] Febbre Dengue (iss.it)
- [22] Febbre gialla in Brasile 2017 (iss.it)
- [23] Febbre West Nile (iss.it)
- [24] Chikungunya (iss.it)
- [25] Virus Zika documentazione (iss.it)
- [26] Febbre Dengue - epidemiologia (iss.it)
- [27] West Nile Virus, situazione e prevenzione - ISS
- [28] Virus Zika aspetti epidemiologici dal mondo (iss.it)
- [29] Zika virus disease outbreak 2015-2016 (who.int)
- [30] 9789240052093-eng.pdf (who.int)
- [31] Report Osservatorio GIMBE 2019.07 Definanziamento SSN.pdf
- [32] R. Tartaglia, M. La Regina, M. Tanzini, C. Pomare, R. Urwin, L. A. Ellis, V. Fineschi, F. Venneri, C. Seghieri, P. Lachman, J. Westbrook, J. Braithwaite, International survey of COVID-19 management strategies. *Int. J. Qual. Health Care*, 2020.
- [33] La sorveglianza delle malattie virali emergenti e riemergenti in Italia: focus su Zika, West Nile e altre arbovirosi (iss.it)
- [34] SIMIT2021.progr+CO_Layout 1 (congressosimit2021.it)
- [35] B. Pedrique, N. Strub-Wourgaft, The drug and vaccine landscape for neglected diseases (2000–11): a systematic assessment. *The Lancet*, 2013, 1, E371-379.
- [36] www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/altre-news/le-malattie-della-poverta-dimenticate
- [37] 5e27136ad13c9_Access_to_Medicine_Index_2018.pdf (accesstomedicinefoundation.org)
- [38] S. J. F. Kaptein, *et al.*, A pan-serotype dengue virus inhibitor targeting the NS3-NS4B interaction, *Nature*, 2021, 598, 504-509.
- [39] Prioritizing diseases for research and development in emergency contexts (who.int)
- [40] Infodemic (who.int)
- [41] S. Evanega, M. Lynas, J. Adams, K. Smolenyak, Coronavirus misinformation: quantifying sources and themes in the COVID-19 infodemic, *Alliance for Science Cornell University*, 2020.

Fabio Olmi

✉ fabio.olmi@gmail.com

Elogio della fotosintesi

La cattura del CO₂ e la liberazione di O₂ da parte delle piante

Questo contributo riprende una parte di un precedente testo: F. Olmi, *La sfida del secolo. La transizione ecologica contro il riscaldamento globale*, Aracne, 2022

1. Introduzione

Tutti sanno che una pianta cattura diossido di carbonio¹ e libera ossigeno (Figura 1). Ma le piante hanno tutte la stessa capacità di catturare CO₂? La ricerca ha trovato che ci sono 10 tipi di piante particolarmente capaci di assorbire CO₂ e la figura 2 mostra le prime 10 piante che hanno la più elevata capacità di mitigazione della quantità di diossido di carbonio nell'atmosfera. Si tratta dell'acero riccio, la betulla verrucosa, il cerro, la ginkgo, il tiglio nostrano, il bagolaro, il tiglio selvatico, l'olmo comune, il frassino comune e l'ontano nero: sono capaci di catturare da 3,8 a 2,6 tonnellate di CO₂ in 20 anni. Vale la pena ricordare che le piante sono in grado anche di abbattere in misura diversa le polveri sottili PM10.² La pianta ha, ovviamente, come tutti gli esseri viventi, una sua respirazione in cui assume ossigeno ed elimina CO₂.³

Mentre la fotosintesi per avvenire necessita della luce solare, la respirazione si compie sia di giorno che di notte. Precisando: le piante hanno un *ciclo fotosintetico riduttivo* di sintesi del glucosio e dei derivati polisaccaridi (amido) solo alla luce solare e nel periodo vegetativo e un *ciclo ossidativo di respirazione cellulare* con formazione di CO₂ e H₂O continuo. "Il bilancio

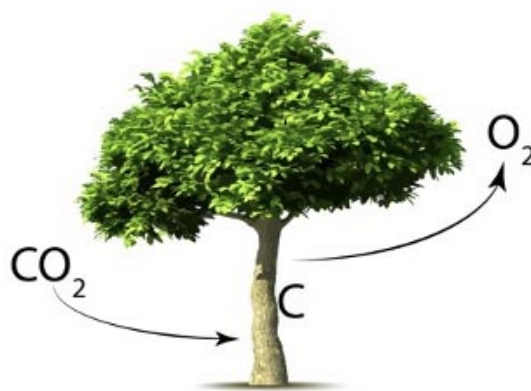


Fig. 1. Le piante assorbono CO₂ ed emettono O₂

complessivo dei flussi di ossigeno e diossido di carbonio da e verso l'ambiente esterno è comunque a netto favore della fotosintesi, ovvero la pianta [nell'insieme del suo metabolismo] si comporta come un pozzo (assorbitore) di accumulazione di carbonio e, viceversa una "sorgente" di ossigeno."⁴ In altre parole, nonostante la respirazione avvenga di continuo la quantità di O₂ che la pianta consuma per questo processo vitale è nettamente più bassa di quella prodotta nella fase diurna dalla fotosintesi.

2. Gli scambi gassosi di una pianta: CO₂ e O₂

Singolarmente una pianta di medie dimensioni, che ha raggiunto la propria maturità e che vegeta in un clima temperato in un contesto cittadino, quindi stressante, assorbe mediamente tra i 10 e i 20 chilogrammi di CO₂ l'anno. Se collocata in un bosco, un contesto più naturale, una pianta può assorbire tra i 20 e i 50 chilogrammi di CO₂ l'anno.⁵ Quando si fanno riferimenti alla capacità di catturare CO₂ dal-

¹ Va superata l'obsoleta definizione di anidride carbonica per il CO₂.

² <https://ecobnb.it/blog/2019/03/alberi-anti-smog/>

³ Inoltre, la pianta compie un continuo assorbimento di acqua e sali minerali dal terreno: sono le molecole d'acqua che traspirano dalla foglia che determinano una corrente ascensionale della linfa dello xilema dal momento che queste molecole d'acqua legate tra loro (dai legami ad idrogeno) senza soluzione di continuità dai peli radicali delle radici l'aspirano fino alla foglia (evapotraspirazione).

⁴ <http://www.idroponica.it/>

⁵ <https://blog.ecolstudio.com/emissioni-co2-assorbimento-alberi/>

Top ten	Specie	CO ₂ catturata (tonnellate in 20 anni)	Capacità anti inquinanti gassosi	Capacità anti polveri	Capacità totale di mitigazione
1	Acerò riccio (<i>Acer plantanoides</i>)	3,8	Alta	Media	Ottima
2	Betulla verrucosa (<i>Betula pendula</i>)	3,1	Alta	Media	Ottima
3	Cerro (<i>Quercus cerris</i>)	3,1	Alta	Media	Ottima
4	Ginkgo (<i>Ginkgo biloba</i>)	2,8	Alta	Alta	Ottima
5	Tiglio nostrano (<i>Tilia platyphyllos</i>)	2,8	Alta	Alta	Ottima
6	Bagolaro (<i>Celtis australis</i>)	2,8	Alta	Alta	Ottima
7	Tiglio selvatico (<i>Tilia cordata</i>)	2,8	Alta	Alta	Ottima
8	Olmo comune (<i>Ulmus minor</i>)	2,8	Alta	Media	Ottima
9	Frassino comune (<i>Fraxinus excelsior</i>)	2,8	Alta	Media	Ottima
10	Ontano nero (<i>Alnus glutinosa</i>)	2,6	Alta	Media	Ottima

Fig. 2. Le prime 10 piante che assorbono la maggior quantità di CO₂ (Fonte: elaborazione Coldiretti)

l'atmosfera ci si riferisce a piante che hanno un'età di almeno 20-30 anni.

Uno studio della James Cook University mostra che un moderato eccesso di CO₂ nell'atmosfera agisce come una sorta di "fertilizzante" per le piante. Lucas Cernusak, uno dei ricercatori del gruppo dell'Università suddetta, evidenzia come gli alberi producano più foglie e legno se sottoposti ad una dose di CO₂ maggiore della norma. Se, però, le emissioni aumentassero a dismisura, le piante potrebbero non essere più in grado di poter sviluppare livelli ottimali di fotosintesi.

Ovviamente le foreste tropicali svolgono un compito fondamentale per la salute della Terra: sono il serbatoio fondamentale di assorbimento di CO₂ immesso in atmosfera dalle attività umane e danno il più grande rilascio di O₂ nell'atmosfera. Si calcola che queste foreste siano responsabili dell'assorbimento di circa la metà di tutto il CO₂ assorbito ogni anno dalla biosfera. L'Amazzonia, in particolare, si estende per circa sei milioni di chilometri quadrati ed è la superficie forestale più vasta del pianeta. È stato calcolato, ed è molto grave, che la capacità della foresta amazzonica di assorbire diossido di carbonio atmosferico si è ridotta di circa un terzo dagli anni 90 ad oggi per effetto della dissennata deforestazione.

Purtroppo, il CO₂ continua a salire nella nostra atmosfera e nel decennio 2000-2010 è aumentato di 1,5 parti per milione (ppm) per anno e dal 2010 al 2020 di circa 2,5 ppm l'anno, raggiungendo nel 2021 circa 418 ppm con una conseguenza devastante sull'effetto serra. È chiaro che le combustioni di combustibili fossili dovrebbero cessare, ma quel che succede mostra il contrario. C'è poi da tener conto che la strada della diminuzione di CO₂ va senz'altro percorsa, ma il risultato sarà molto lento perché la persistenza di CO₂ nell'atmosfera si misura in centinaia di anni.

Pertanto, oltre a perseguire la diminuzione di CO₂ presente nell'atmosfera dovremmo concentrarci anche sull'abbattimento del metano, che è capace di apportare assai più rapidamente del CO₂ una mitigazione dell'effetto serra. Inoltre, è fondamentale piantare una imponente quantità di alberi: "dovremmo piantare mille miliardi di alberi e ci vorrebbero anni" per salvare la Terra,⁶ tenendo conto che l'effetto quantitativo della loro cattura del CO₂ si avrebbe dopo venti-trent'anni dalla loro messa a dimora. Se vogliamo ridurre l'impatto del riscaldamento globale, comunque, questa è la strada più sicura.

Studi e ricerche recenti hanno mostrato, poi, che il bambù è una pianta particolarmente adatta alla

⁶ Stefano Mancuso, *Mille miliardi di alberi*, la Repubblica, 10 agosto 2021.



Fig. 3. Piantagione di bambù gigante

cattura di CO_2 e alla produzione di O_2 (Figura 3). In un articolo apparso sulla rivista “Nature”, Roel Brienen, dell’Università di Leeds (Regno Unito), ha mostrato che in un ettaro si possono far crescere 30.000 piante ed è stato calcolato che un ettaro di bambù è in grado di catturare 17 tonnellate di CO_2 ogni anno, ben 40 volte di più di un bosco di piante comuni di un egual superficie.⁷

Il bambù ha una varietà che si sviluppa in tempi molto rapidi: ha una capacità di crescere tra i 13 e i 18 metri in circa cinque anni. L’Italia è ben posizionata in termini di clima soprattutto nelle aree centro settentrionali; la pianta potrebbe trovare ampie zone di sviluppo e contribuire in modo significativo al controllo del CO_2 e della produzione di ossigeno. In Italia sono in studio tre ettari di bambù piantati presso Ferrara.⁸

E per il rilascio dell’ossigeno da parte delle piante cosa possiamo dire? Non è solo indispensabile quello rilasciato dalle piante che costituiscono foreste e boschi sulla superficie terrestre, ma anche quello delle piante delle zone superficiali marine. Le praterie di Posidonia (Figura 4), ad esempio, pianta acquatica endemica del Mediterraneo, hanno una notevole importanza ecologica, costituendo la comunità climax del mar Mediterraneo ed esercitando una notevole azione anche nella protezione dall’erosione della linea di costa.

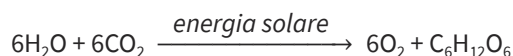
La Posidonia ha caratteristiche simili alle piante terrestri, ha radici, un fusto rizomatoso e foglie nastriformi lunghe fino ad un metro e unite in ciuffi di 6-7. Fiorisce in autunno e in primavera produce frutti galleggianti volgarmente chiamati “olive di mare”.



Fig. 4. Praterie di Posidonia

È un importante produttore di ossigeno: 1 metro quadro di prateria di Posidonia può produrre fino a 20 litri di ossigeno al giorno.

Ma come avviene il meccanismo con cui la pianta cattura CO_2 e libera ossigeno? Si tratta del cosiddetto *processo di fotosintesi*. Ognuno di noi l’ha incontrato già nella scuola secondaria di primo grado: non c’è un testo di scienze di questa scuola che non riporti in bella vista la reazione schematica della fotosintesi.



E, come fosse autoevidente, si pretende che si “sappia” di che si tratta confondendo il “saper ripetere” quanto memorizzato con la comprensione effettiva delle cose.

3. La lunga indagine sul funzionamento di una pianta

Il processo per comprendere il funzionamento di una pianta ha avuto un percorso lungo e molto complesso che inizia già nel 1600. Fu Jan Baptiste Helmont che tentò di dare una prima spiegazione scientifica alla crescita delle piante allestendo un esperimento. Egli piantò un ramo di salice e ne misurò il suo peso: era di 5 libbre; lo mise in un vaso di terra contenente 200 libbre di terra. Continuò a bagnare la pianta con regolarità e dopo 5 anni la pianticella era diventata un alberello che pesava 169 libbre; il terreno aveva perso solo poche onces di peso. Helmont concluse che la pianta era cresciuta a spese dell’acqua e non della terra, o almeno questa aveva avuto una minima influenza. Un tale fatto

⁷ <https://www.ansa.it/Ambiente&Energia>.

⁸ Emanuele Bompan, *Piantare bambù e vivere meglio*, Green & Blue, giugno 2021.

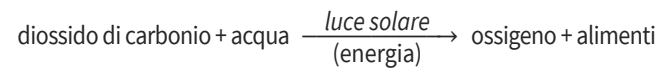
però fece riflettere Helmont: forse i vegetali traevano qualcosa anche dal terreno. Pur conoscendo i gas su cui aveva sperimentato a lungo, lo scienziato fiammingo non aveva pensato che anche l'aria potesse essere fonte di nutrimento per la pianta.

Nel 1774 l'inglese Joseph Priestley, pastore calvinista appassionato di chimica, aveva messo un animale e una pianta a coabitare in un ambiente chiuso e osservò che il "sistema" sopravviveva in quanto la respirazione vegetale era considerato un processo inverso a quella animale. Nel 1779 il medico olandese Jan Ingenhousz interpretò correttamente l'esperimento di Priestley, tenendo conto anche della luce a cui la pianta era esposta: le piante verdi e solo alla luce del Sole emettevano la cosiddetta "aria pura", cioè l'elemento che in seguito sarà individuato come ossigeno.

Verso la fine del 1700 si erano fatti esperimenti sulla combustione delle sostanze e si era notato che una candela accesa in un recipiente chiuso pieno d'aria, dopo un po' di tempo si spegneva e l'aria residua non era più in grado di alimentare una fiamma. A quel tempo i fenomeni della combustione venivano interpretati con la teoria del flogisto, formulata intorno al 1700 dal chimico tedesco Georg Ernest Stahl. Tale teoria sosteneva che i corpi che bruciavano erano ricchi di flogisto ed era la combustione che allontanava dal corpo il flogisto con perdita di peso. Fu successivamente Antoine Laurent Lavoisier (1743 - 1794) che demolì la teoria del flogisto, dimostrando che nella combustione la sostanza che bruciava non perdeva qualche cosa, ma anzi aumentava di peso per effetto della combinazione con un gas presente nell'aria, cioè con l'ossigeno (generatore di acidi). Dopo vari esperimenti Lavoisier giunse alla conclusione che l'aria era essenzialmente costituita da una miscela di due gas: un quinto del volume era costituito da ossigeno, quattro quinti da azoto (privo di vita). *Lavoisier scoprì dunque che l'ossigeno era necessario alle combustioni e ai processi vitali di animali e piante.* In altre parole, Lavoisier pensava che negli organismi viventi dovesse realizzarsi una specie di "combustione blanda" che oggi chiamiamo respirazione: essa "brucia" gli alimenti con l'apporto dell'ossigeno.

Un passo importante sulla strada della comprensione del meccanismo della nutrizione delle piante fu compiuto da Nicolas Theodore de Saussure (1767 - 1845) nel 1804. Egli si pose l'obiettivo di verificare attraverso l'esperimento quale fosse il ruolo del CO₂ nel processo, misurando la quantità di diossido di carbonio assunta dalla pianta e confrontandola con l'aumento di peso dei suoi tessuti, lasciando la pianta esposta alla luce solare. Con questo esperimento *Saussure provò che le foglie verdi della pianta*

alla luce del Sole decompongono il CO₂ ed emettono ossigeno: per la prima volta venivano distinti i due processi della assimilazione e della respirazione. Il processo poteva essere così schematizzato:



Dopo gli esperimenti sull'aria di Lavoisier e quelli sulle piante di Saussure si era giunti ad una prima formulazione sommaria, ma sostanzialmente corretta, di quella che più tardi verrà chiamata fotosintesi: utilizzando la luce come sorgente di energia, le piante verdi trasformano composti inorganici (CO₂ e H₂O) in composti organici dei loro tessuti (alimenti). Per questa capacità le piante vengono chiamate *organismi autotrofi* (dal greco autòs = se stesso, trophè = nutrimento), cioè capaci di produrre da sé il proprio nutrimento.

Agli inizi dell'Ottocento fu, però, commesso un errore: quello di considerare la fotosintesi come l'inverso della respirazione: si pensava che, come nella respirazione l'ossigeno si trasformava in diossido di carbonio, così nella fotosintesi il diossido di carbonio si ritrasformava in ossigeno. Per molti anni si è ritenuto che nella fotosintesi si scindesse la molecola di diossido di carbonio (CO₂) liberando il gas ossigeno (O₂) e lasciando il carbonio libero di combinarsi con l'acqua per formare glucosio (C₆H₁₂O₆). Il glucosio verrebbe utilizzato, poi, come fonte per produrre proteine e grassi necessari alla pianta per crescere. Fu la scoperta che gli atomi di un elemento erano costituiti da vari tipi, i cosiddetti *isotopi*, che permise di risolvere il problema. Fu necessario "marcare" in qualche modo gli atomi di ossigeno che si liberavano nella fotosintesi per capire se provenissero dall'acqua o dal diossido di carbonio. Gli isotopi di una specie atomica hanno lo stesso numero di protoni ed elettroni ma nel nucleo presentano un numero diverso di neutroni per cui hanno una *massa diversa*. L'ossigeno, in particolare, ha la varietà più comune di atomi che pesa 16 u presentando nel nucleo otto protoni e otto neutroni. Una piccola percentuale di ossigeno, però, pesa 18 u ed ha nel nucleo otto protoni e dieci neutroni e una percentuale ancora più piccola di atomi ha peso 17 u (ha, cioè, otto protoni e nove neutroni).

La ricerca fu in grado di produrre acqua con un'alta percentuale di ossigeno 18 e con questa si annaffiò una pianta verificando che l'ossigeno "pesante" si trovava poi nell'ossigeno liberato dalla pianta con la fotosintesi: *quest'ossigeno derivava dunque dall'acqua.* Dove era andato a finire l'idrogeno che si era staccato da quella molecola?

Il problema non era facile da risolvere, ma la scoperta che esistevano isotopi radioattivi offrì lo strumento

per risolverlo. La scoperta della radioattività, a cui contribuirono vari scienziati (Henri-Antoine Becquerel, i coniugi Curie e il fisico Ernest Rutherford), è un fenomeno naturale di certi tipi di atomi; può, però, essere indotta anche artificialmente (ciò fu fatto nel 1934 da Frederic e Irene Joliot-Curie, premi Nobel per la fisica nel 1935).

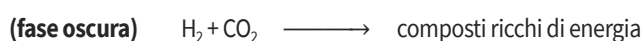
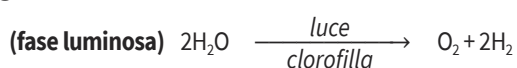
Per quanto riguarda l'idrogeno, si riuscì a separare alcuni atomi di massa 3 (contenenti nel nucleo un protone e due neutroni), il cosiddetto trizio, che è radioattivo; questo consentiva di seguirne il movimento e di localizzarlo con un contatore Geiger.

In modo analogo fu ottenuto il carbonio radioattivo 14, più pesante del normale carbonio 12, che contiene nel suo nucleo 8 neutroni, anziché 6 come quello più comune.

Impiegando questo tipo di carbonio, ^{14}C , il biochimico Melvin Calvin riuscì a seguire le singole tappe del processo fotosintetico.⁹ Egli scoprì che nella fotosintesi si possono distinguere due fasi.

Una prima fase detta *luminosa*, perché può avvenire solo alla luce solare, in cui le molecole di H_2O vengono scisse in O_2 e H_2 , in presenza del catalizzatore clorofilla e per azione di due molecole, il cosiddetto NADP e l'ATP,¹⁰ che rendono possibile il passaggio degli elettroni da una specie chimica ad un'altra.

Alla fase luminosa segue quella cosiddetta *oscura*, perché questo processo avviene anche in assenza di luce, in cui il carbonio della molecola di CO_2 può legare a sé atomi di idrogeno per trasferimento di elettroni, formando composti organici ricchi di energia ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Prescindendo dai complessi passaggi con scambio di elettroni,¹¹ il processo di fotosintesi può essere oggi schematizzato nel modo seguente:



L'ossigeno, dunque, proviene dall'acqua e non dal diossido di carbonio come si supponeva in passato.

Oltre all'immensa quantità di ossigeno che la fotosintesi immette come "sottoprodotto" del processo nella nostra atmosfera, gli scienziati hanno stimato

che ogni anno essa produca qualcosa come 150 miliardi di tonnellate di glucidi.

Se facciamo un confronto con la "produzione" di ferro, che rappresenta il materiale prodotto dall'uomo in maggior quantità ogni anno e che si aggira sui 400-500 milioni di tonnellate, si comprende molto bene perché si può dire che *la fotosintesi rappresenta la più importante reazione che avviene sul pianeta*. Possiamo, quindi, affermare che "l'atmosfera attuale è figlia della fotosintesi" ed è stato il W.W.F. a lanciare il messaggio: "salva le piante per salvare te stesso."

4. Dove avviene la fotosintesi clorofilliana

Nella cellula vegetale ci sono le strutture e gli organuli presenti in tutte le cellule, ma in più sono presenti degli specifici organuli in cui si compie il processo della fotosintesi clorofilliana, i *cloroplasti*. Questi organuli sono presenti nelle cellule vegetali di foglie e fusti verdi e nelle alghe eucariote. La struttura di una foglia con cloroplasti ben visibili all'interno delle cellule è mostrata in figura 5 e i cloroplasti sono visibili al microscopio ottico come corpuscoli di colore verde, dovuto alla presenza della clorofilla.

I cloroplasti catturano l'energia luminosa e la trasformano in energia chimica mediante l'azione della clorofilla. Nella Scheda 1 viene rappresentata la

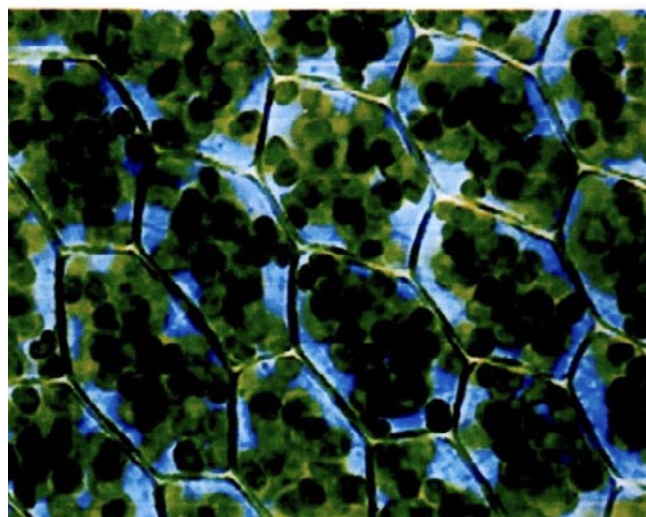
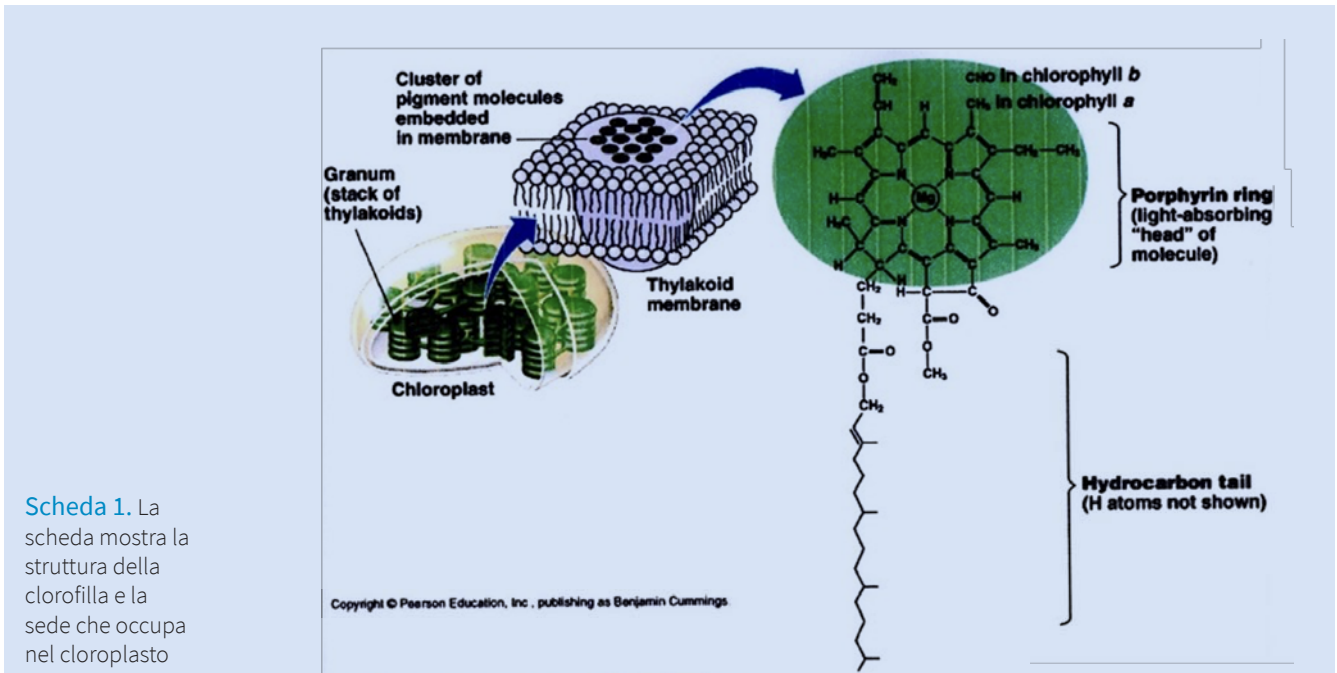


Fig. 5. Immagine di foglie al microscopio ottico con i "granuli" cloroplasti

⁹ Melvin Calvin (1911 - 1997) ebbe il premio Nobel per la chimica nel 1961 per il processo di fotosintesi da lui chiarito in due stadi, ma si macchiò della colpa di aver anche messo a punto il micidiale napalm (1942) con il team di scienziati guidati da Louis Fieser. Si tratta di una miscela incendiaria di composti largamente usata alla fine della Seconda Guerra Mondiale nel bombardamento di Tokyo e poi largamente impiegata in Vietnam.

¹⁰ NADP, nicotinamideadeninucleotidofosfato; ATP, adenosintrifosfato.

¹¹ Per un livello più dettagliato di analisi del processo di fotosintesi consultare la parola fotosintesi su un testo recente di Biologia per la Scuola Secondaria di secondo grado.



Scheda 1. La scheda mostra la struttura della clorofilla e la sede che occupa nel cloroplasto

struttura della clorofilla di due tipi, a e b. La più diffusa tra le piante terrestri è la clorofilla a. Come si vede, la molecola della clorofilla ha una struttura ad anello (anello porfirinico), al centro del quale c'è un atomo di magnesio che ha la funzione di mantenere la struttura rigida per evitare che l'energia solare si disperda sotto forma di calore prima che possa essere utilizzata per il processo fotosintetico. Dall'anello poi parte una lunga catena idrorepellente che serve per ancorare la molecola di clorofilla alle membrane tilacoidi presenti nel cloroplasto.

La figura 6 mostra la sezione schematica di un cloroplasto. Come si osserva all'interno della doppia membrana lo stroma contiene delle strutture allungate o granulari che sono chiamate tilacoidi.¹²

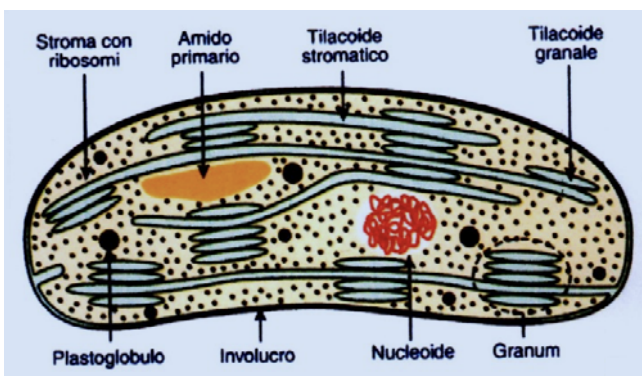


Fig. 6. Struttura di un cloroplasto

Teniamo presente che partecipano alla fotosintesi numerosi pigmenti che assorbono la radiazione solare a lunghezze d'onda diverse, utilizzando gran parte delle radiazioni dello spettro solare.

La figura 7 mostra i picchi di assorbimento dei diversi pigmenti, in particolare quelli della clorofilla a e b.¹³

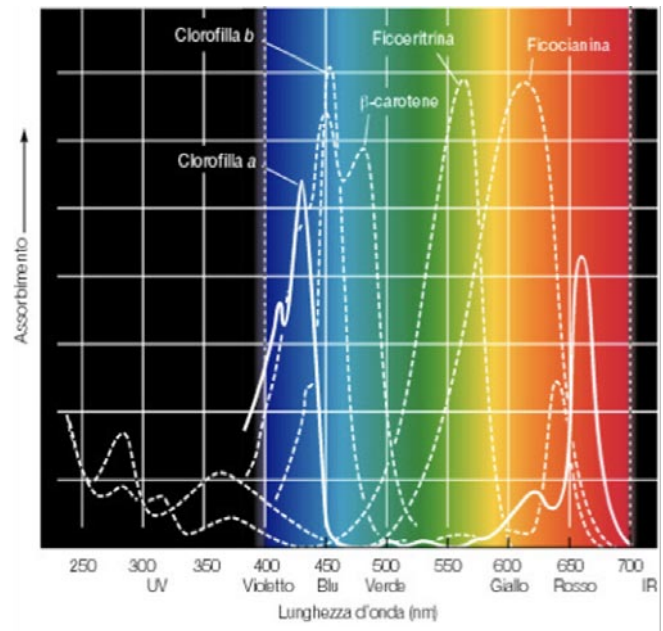


Fig. 7. Spettri di assorbimento dei diversi pigmenti fotosintetici

¹² <http://www.scienze.uniroma2.it/wp-content/uploads/2012/06/plastidi.pdf>

¹³ <https://passscienzeunitn2014.files.wordpress.com/2014/03/presentazione-i-plastidi.pdf>

In conclusione, durante il processo di fotosintesi viene liberato ossigeno tramite la fotolisi (scissione mediante la radiazione luminosa) di molecole d'acqua e ciò consente di rifornire di ossigeno l'atmosfera terrestre.

A questo punto, dopo aver sottolineato l'estrema importanza del processo della fotosintesi, è forse opportuno che ci poniamo una domanda: ma sono state le piante a immettere per prime nell'atmosfera terrestre l'ossigeno, oppure questo era già presente in essa provenendo da altre fonti?

5. L'ossigeno sul pianeta prima della fotosintesi delle piante

Una serie di ricerche su carotaggi effettuati in diversi punti del pianeta ha messo in evidenza un processo che viene chiamato "Grande Evento Ossidativo". In che cosa consiste? Le analisi condotte su un gruppo di ciano batteri (alghe azzurre) non fotosintetici, i Sericytochromatia, indicano che la capacità di produrre ossigeno con la fotosintesi fu acquisita probabilmente da questi cianobatteri con un trasferimento all'interno della loro cellula di materiale genico "orizzontale" (inglobato per fagocitosi) proveniente da altre cellule,¹⁴ rendendo così possibile ai "nuovi" cianobatteri di effettuare la fotosintesi.

Tale evento, che alcuni carotaggi eseguiti in diverse regioni del pianeta (Siberia occidentale e Gabon) hanno rivelato che si produsse sull'intero pianeta, fu caratterizzato da un processo di ossidazione relativamente rapido, circa 2,4 miliardi di anni fa, che portò al formarsi, come sottoprodotto della fotosintesi, dell'ossigeno molecolare libero (O_2).

Questo primo ossigeno liberato cominciò, però, a reagire con gli elementi ossidabili presenti nelle acque del mare, formando prodotti ossidati e determinando la precipitazione di prodotti insolubili che andarono a depositarsi sui fondali marini. Anche sulle terre emerse l'ossigeno liberato cominciò a reagire con le rocce che contenevano elementi ossidabili, ad esempio il ferro, e *solo al termine dei vari processi di ossidazione l'ossigeno cominciò ad accumularsi lentamente nell'atmosfera terrestre*. Le rocce portarono alla formazione di depositi contenenti, ad esempio, ferro con for-

mazione dei cosiddetti "orizzonti a bande di ferro".

Durante qualche centinaio di milioni di anni l'accumulo crebbe e la concentrazione di O_2 determinò la scomparsa degli organismi anaerobici che popolavano le acque del nostro pianeta, provocando la prima grande estinzione di massa della storia della Terra: per gli organismi anaerobi l'ossigeno costituiva un veleno. Contemporaneamente avvenne anche il progressivo sviluppo di organismi più complessi in grado di vivere in presenza di ossigeno (organismi aerobi), organismi eucarioti (con cellule a nucleo evidente), di svolgere la fotosintesi clorofilliana e di sviluppare la catena dell'evoluzione dei viventi che ha portato alle attuali forme di vita.

La cronologia più largamente accettata per il Grande Evento Ossidativo suggerisce, dunque, che *l'ossigeno libero, come già accennato, fu prodotto prima di quello delle piante da organismi procarioti (privi di nucleo), che avevano modificato il proprio assetto cellulare per inclusione di frammenti di materiale genetico presenti nel loro ambiente, e solo successivamente da quelli eucarioti in grado di svolgere la fotosintesi*. È bene ricordare che i livelli di ossigeno che caratterizzarono il Precambriano furono, comunque, assai inferiori a quelli prodotti oggi dalla fotosintesi dell'attuale vegetazione di piante.

*Recenti ricerche spostano ancora più indietro nel tempo la comparsa dell'ossigeno sulla Terra.*¹⁵ Alcuni ricercatori dell'Università di Copenhagen e dell'Università della British Columbia hanno esaminato la composizione chimica di terreni risalenti a circa tre miliardi di anni fa in Sud Africa, trovando prove dell'esistenza di basse concentrazioni di ossigeno. *L' O_2 , cioè, sarebbe comparso sulla Terra 700 milioni di anni prima rispetto alle stime precedenti*, che ne indicavano la comparsa solo circa 2,3-2,4 miliardi di anni fa. Sean Crowe della British Columbia, coautore dello studio, sostiene: "Questo studio suggerisce ora che il processo [di ossigenazione dell'atmosfera] è iniziato molto presto nella storia della Terra e la produzione di ossigeno tramite la fotosintesi e la vita aerobica sono più antiche di quanto si pensava precedentemente".

¹⁴ Il trasferimento genico "orizzontale" (per inclusione), che è ben noto tra i batteri e diffuso anche in alcune specie vegetali, si svolge con meccanismi diversi da quelli seguiti nella replicazione cellulare.

¹⁵ <https://aliveuniverse.today/flash-news/terra-ambiente/568-risale-a-3-miliardi-di-anni-la-comparsa-dell-ossigeno-sulla-terra>

6. Conclusione

Abbiamo visto come la fotosintesi compiuta dalle piante verdi, da una parte, sottragga all'atmosfera il CO₂, e, dall'altra, l'arricchisce di ossigeno. Il compito che abbiamo sarebbe quello di mitigare l'eccessiva concentrazione del diossido di carbonio antropico nell'atmosfera e quello di non impoverire la concentrazione di ossigeno.

Come già abbiamo detto all'inizio di questo contributo, per mitigare la concentrazione di CO₂ sarebbe necessario eliminare le combustioni dei combustibili fossili ma, poiché questo sarà un processo lento per una serie di motivi su cui qui sorvoliamo, sarebbe necessario piantare miliardi di nuove piante per aumentare la sottrazione di CO₂ dall'atmosfera. Anche questo processo, però, darebbe i suoi effetti massivi solo dopo almeno 20-30 anni. Sarebbe, inoltre, necessario cessare le massicce deforestazioni e cercare di prevenire i numerosi incendi, che si diffondono anche per elevata temperatura raggiunta dal pianeta.

Allora cosa fare? Scartando il ricorso alla cattura e al confinamento sotto terra del CO₂, che costituisce

una soluzione fallimentare del problema, o il tentativo inaccettabile di ricorrere anche al "nucleare verde", come qualcuno sta vaneggiando (perché, pur non producendo CO₂, presenta altrettanti gravi problemi), tra l'altro ancora a livello sperimentale, non resta che ricorrere all'azzeramento della produzione di CO₂, *eliminando il più rapidamente possibile le combustioni dei combustibili fossili, facendo ricorso ad un massiccio sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili, alla produzione di "idrogeno verde", là dove sono necessarie le combustioni, e sviluppando la riforestazione.*

Per comprendere l'esigenza di velocizzare il più possibile questi processi sarebbe bene ricordare che la permanenza dei gas climalteranti nell'atmosfera è tale che, anche se avessimo già decarbonizzato tutti i processi e cessassimo immediatamente di usare i combustibili fossili, passerebbero ancora moltissimi anni prima di vedere diminuire questi gas sensibilmente e giungere ad una effettiva diminuzione dell'effetto serra.¹⁶ ■

¹⁶ <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2021/12/27/il-cambiamento-climatico-implicito/>

Silvano Fuso

✉ silvanofuso@tin.it

Un grande insegnamento: l'eredità di Piero Angela

Piero Angela è scomparso lo scorso 13 agosto. Era nato a Torino il 22 dicembre 1928 e il prossimo dicembre avrebbe pertanto compiuto 94 anni.

Piero è un personaggio ben noto a tutti e la sua biografia è stata ampiamente ricordata dai media in occasione della sua scomparsa. Da giovane il suo principale interesse fu la musica, passione che lo accompagnò tutta la vita e che continuò a praticare fino all'ultimo. I casi della vita lo portarono però a intraprendere la carriera giornalistica.

Nel 1952 entrò nella RAI, quando l'ente pubblico stava muovendo i primi passi e quando la televisione ancora non esisteva. Piero lavorò ininterrottamente in RAI per 70 anni, coronando un giubileo simile a quello della Regina Elisabetta, come lui stesso ebbe a commentare nella puntata di *SuperQuark* andata in onda il 6 luglio scorso. Nonostante le allettanti offerte propostegli da alcune reti commerciali, Piero restò fino all'ultimo fedele al servizio pubblico.

Dopo l'attività radiofonica, le sue prime apparizioni in TV lo vedono conduttore di telegiornali e corrispondente dall'estero. La sua svolta professionale si ebbe quando venne incaricato di realizzare vari servizi sulle missioni spaziali degli anni Sessanta del secolo scorso, in particolare le missioni Apollo. Questo fece scattare in Piero un grande interesse per la scienza e la tecnologia. La passione per queste discipline era evidentemente già latente (in gioventù fu infatti iscritto alla facoltà di ingegneria) e non lo abbandonò più per tutta la vita.

Il successo di Piero come divulgatore è ben noto e i principali ingredienti di tale popolarità sono stati la chiarezza comunicativa, la semplicità espositiva anche su temi complessi, il garbo, la gentilezza e l'umiltà. Tutte caratteristiche che chi ha avuto la fortuna di conoscerlo ritrovava nella sua persona, anche nella vita quotidiana.

Come più volte ha lui stesso ricordato, il principio ispiratore di tutta la sua opera di comunicatore della scienza è stato il seguente: "dalla parte degli scienziati per i contenuti e dalla parte del pubblico per il linguaggio". Come ebbe a dire lo stesso Piero in una vecchia intervista per la rivista *Tempo medico* del dicembre 1980 (N. 187):

L'onestà intellettuale è la premessa indispensabile. Bisogna porsi di fronte a un problema consapevoli che il primo dovere è di non essere al servizio di alcun interesse, e quando dico interesse non parlo solo di interessi materiali ma anche di ideologie. Il divulgatore deve comunicare la verità scientifica senza chiedersi a quale visione del mondo essa possa nuocere o portare vantaggio. La seconda qualità, quella della competenza, può esserci oppure no. Quando non c'è, e il giornalista è un incompetente per definizione, bisogna raccogliere tutte le informazioni necessarie, capirle nel loro vero significato e sottoporsi poi al giudizio dei competenti per verificare se si è capito bene. Io non esito mai a far rivedere il mio lavoro agli esperti, poiché desidero che nessun errore o inesattezza mi sfugga.

Oltre a consultare gli esperti per la correttezza dei contenuti, Piero attribuiva altrettanta importanza al linguaggio e non esitava a mostrare i suoi testi al primo che capitava (tecnico RAI, addetto alle pulizie, ecc.) per verificarne la comprensibilità da parte di chi non aveva adeguate competenze. Altro principio fondamentale in tutta l'opera di Piero è stata la razionalità che, come lui stesso affermò nell'intervista citata, gli derivava dalla famiglia in cui era cresciuto:

Ha influito certamente l'ambiente familiare. Mio padre era medico, uno psichiatra della vecchia scuola organicista, e mi ha certamente educato

a considerare le cose e il mondo secondo schemi molto razionali.

Il padre Carlo, tra l'altro, durante la guerra contribuì a salvare la vita a numerosi ebrei e per questo venne insignito del titolo di "Giusto delle nazioni" dalla comunità ebraica.

L'amore per la razionalità condusse Piero ad occuparsi di temi controversi di cui tanto si parlava negli anni Settanta: i cosiddetti fenomeni paranormali. In quegli anni questi presunti fenomeni divennero piuttosto popolari. L'israeliano Uri Geller divenne famoso in tutto il mondo sostenendo di possedere straordinarie facoltà che gli avrebbero consentito di piegare i metalli con la forza del pensiero e di leggere il contenuto di buste chiuse. Anche alcuni ricercatori che lo esaminarono si convinsero della genuinità delle sue performance. Nel popolare programma televisivo *Rischiatutto*, inoltre, divenne campione il Dott. Massimo Inardi, grande appassionato e cultore di parapsicologia. Piero, da buon razionalista si occupò di questi fenomeni cercando di fare, come era nel suo stile, chiarezza. Come lui stesso ebbe a dichiarare:

I fenomeni paranormali esistono oppure no? Se non esistono sarebbe bene saperlo; se invece esistono perché mai non ci sono massicci programmi di ricerca in quella che sarebbe la più grande rivoluzione scientifica dopo Galileo?

La curiosità di Piero lo portò a svolgere approfondite inchieste che lo condussero alla realizzazione del programma *Indagine sulla parapsicologia*, andato in onda in cinque puntate nel 1978 sulla Rete 1 della RAI. Dal programma venne poi tratto il libro *Viaggio nel mondo del paranormale*, pubblicato da Piero nello stesso anno.

Nel corso delle sue indagini Piero venne in contatto con personaggi come Paul Kurtz, Ray Hyman, James Randi e altri che nel 1976 avevano fondato negli USA lo CSICOP (*Committee for the Scientific Investigation of Claims of the Paranormal*) (oggi CSI, *Committee for Skeptical Inquiry*). I membri dello CSICOP si erano da tempo resi conto che quella del paranormale era solo una grande illusione. Nessuno aveva mai dimostrato sotto controllo l'esistenza di tali fenomeni e coloro che dichiaravano di possedere facoltà straordinarie (a cominciare da Uri Geller) erano imbroglioni che usavano trucchi da illusionista, oppure semplici vittime di auto-illusioni. Da queste sue esperienze Piero dedusse quella che viene chiamata scherzosamente "legge di Angela": *Controlli zero, fenomeni 100; controlli 100, fenomeni zero!*

In particolare, Piero strinse una solida amicizia con James Randi (1928 - 2020), illusionista che mise la sua esperienza in fatto di trucchi al servizio della scienza. Randi comparve in diverse occasioni nel programma di Piero e l'amicizia tra i due, che erano coetanei, durò per tutta la loro lunga vita.



Terminato il programma e il libro, Piero sentì l'esigenza di fare qualcos'altro per contribuire a diffondere il pensiero razionale nella società e arginare di conseguenza il dilagare di false credenze. Dapprima riunì un gruppo di illustri scienziati (tra cui Edoardo Amaldi, Daniel Bovet, Silvio Garattini, Danilo Mainardi, Aldo Visalberghi, Adriano Buzzati-Traverso, Giorgio Tecce, Roberto Vacca), formando un comitato con il compito di contrastare le informazioni distorte e pseudoscientifiche. Successivamente, però, pensò che l'iniziativa non dovesse essere riservata ai soli scienziati, ma dovesse essere aperta a chiunque amasse il pensiero razionale e la scienza. Per questo motivo, con la collaborazione dello CSICOP, fece scrivere una lettera ai 32 abbonati italiani della rivista *Skeptical Inquirer*, pubblicata dallo stesso CSICOP, proponendo un incontro. L'incontro vide la nascita del CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale) e tra i partecipanti vi furono, tra gli altri, l'attuale presidente del CICAP Sergio Della Sala, il vicepresidente Lorenzo Montali e il segretario nazionale Massimo Polidoro. Il nome CICAP venne proposto dallo stesso Piero per una certa assonanza con 'Check-up', dal momento che l'associazione avrebbe avuto il compito di controllare lo stato di alcune affermazioni diffuse nel dibattito pubblico. Nel 2013 il CICAP cambierà il significato della lettera "P": non più paranormale, bensì pseudoscienze. Nel corso degli anni, infatti, il paranormale è divenuto meno popolare, ma in compenso si sono diffuse a macchia d'olio molte discipline pseudoscientifiche.

Piero ha sempre contribuito attivamente alle iniziative del CICAP, fino all'ultimo intervento (in collegamento) al CICAP Fest, svoltosi a Padova dal 3 al 5 giugno 2022. In quell'occasione Piero ha sottolineato il ruolo fondamentale svolto dalla scuola nella diffusione del pensiero critico e razionale, invitando il CICAP a intensificare le sue iniziative rivolte a docenti e studenti. Fino all'ultima puntata di *SuperQuark* da lui realizzata, inoltre, non è mai mancata la rubrica "Psicologia delle bufale", curata da Massimo Polidoro.

Tra le molte discipline affrontate da Piero non poteva mancare la Chimica, anche se, in alcune occasioni, confessò che la divulgazione di tale disciplina non fosse affatto facile.

Come racconta Giorgio Cevasco [1], Piero fu testimonial di un accordo, siglato il 7 febbraio 2006, tra il WWF e la Società Chimica Italiana (SCI) per la tutela della salute e dell'ambiente e la corretta informazione sulla Chimica. Inoltre, Piero nel 2007 scrisse la prefazione di un'edizione speciale del-



l'ultimo capitolo (Carbonio) del *Sistema Periodico* di Primo Levi, in occasione di un Concorso Nazionale per gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado, indetto dalla Sezione Liguria della SCI.

Il 20 settembre 2021 partecipò alla tavola rotonda "Divulgazione scientifica e immagine della Chimica", organizzata e moderata da Giorgio Cevasco nell'ambito di SCI2021, XXVII Congresso della Società Chimica Italiana [2] e alla quale ebbi anch'io il piacere di partecipare insieme a Massimo Polidoro e Luigi Campanella.

L'attenzione di Piero per i giovani e il mondo della scuola è sempre stata costante e una delle sue ultime fatiche è stata proprio la registrazione di 16 puntate dal titolo *Prepararsi al futuro*, dedicate ai problemi dell'ambiente e dell'energia e rivolte proprio alle scuole [3].

Personalmente ho avuto la fortuna di conoscere da vicino Piero e tantissimi sono i ricordi a lui legati. Come tanti, sono cresciuto seguendo i suoi programmi televisivi e leggendo i suoi libri. Il suo *Viaggio nel mondo del paranormale* (1978) rappresentò una svolta nella mia vita: l'indignazione nei confronti dei tanti imbroglioni che sfruttano l'altrui credulità mi spinse ad avvicinarmi al CICAP nel 1994.

Nei giorni 17 e 19 novembre 1995 partecipai al IV Congresso nazionale del CICAP a Macerata e fu in quell'occasione che conobbi di persona Piero. L'emozione fu grande e la soggezione nei suoi confronti pure. Lui mostrò subito la sua cortesia, la sua modestia, la sua affabilità e mi invitò da subito a dargli del tu. È difficile dare del tu a un vero "mito" e passò diverso tempo prima che io riuscissi a farlo.

Da quel giorno furono tantissime le occasioni di incontro e posso affermare, con una punta di orgoglio, che diventammo amici.

L'ultimo incontro di persona risale al 2019, in occasione del CICAP Fest di Padova. La pandemia fece poi saltare molti eventi programmati.

Il 20 settembre 2021 interagii online con Piero per la tavola rotonda sopra citata. L'ultima telefonata con lui risale invece al 2 maggio di quest'anno. Mi telefonò lui per dirmi che aveva terminato di scrivere la prefazione del mio ultimo libro *Sensi chimici* (Carocci, 2022) e che me l'avrebbe inviata via mail. Una bellissima prefazione in cui dimostra, al solito, la sua competenza, ma anche la sua generosità e benevolenza.

Il libro è uscito a settembre e confesso di aver provato un forte disagio e una forte tristezza all'idea che la sua prefazione sia stata pubblicata postuma, senza che lui potesse vederla. La considero però, con non poca commozione, il suo ultimo regalo. Un dono prezioso che va ad aggiungersi al grande insegnamento di Piero che è stato per me (come per molti altri) un riferimento costante di tutta la mia vita.

Grazie di tutto Piero! ■

Note

[1] <https://www.soc.chim.it/it/node/2991>

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=q3Qo3piYwzo>

[3] <https://www.raisplay.it/programmi/prepararsialfuturo>



Veronica Cremonesi

Comunicazione e Immagine di Federchimica

✉ v.cremonesi@federchimica.it

Nuova edizione del Premio Nazionale Federchimica Giovani: orientare alle STEM a partire dalla scuola primaria

Ogni anno sono numerose le iniziative destinate agli studenti di tutti i cicli scolastici, dalla scuola primaria ai neolaureati, che Federchimica promuove per diffondere una corretta immagine della Chimica, della sua industria e dei suoi prodotti e per stimolare i ragazzi verso i percorsi formativi STEM, mostrando quanto la qualità della nostra vita sia connessa alle conquiste della scienza e all'innovazione di prodotti e processi chimici e quanto possa essere appassionante e qualificante lavorare in questo ambito.

Il Premio Federchimica Giovani – di cui è stata già data un'anticipazione sul numero di marzo di questa rivista (<https://www.soc.chim.it/sites/de->

[fault/files/CnS_1_2022.pdf](https://www.soc.chim.it/sites/default/files/CnS_1_2022.pdf)) – rappresenta, tra tutti i progetti, la principale attività per gli alunni del primo ciclo scolastico e un efficace strumento di orientamento e di sinergia tra scuola, industria e territorio.

Si chiede ogni anno agli studenti e ai loro insegnanti di dedicare tempo ed energie ad un progetto extracurricolare che, soprattutto nell'ultima edizione, ha costituito un impegno importante che si è aggiunto ai tanti che le scuole hanno dovuto affrontare in questi due anni, caratterizzati da enormi difficoltà di gestione e da innumerevoli aspetti burocratici che spesso hanno, purtroppo, soffocato la stessa didattica.

PREMIO NAZIONALE FEDERCHIMICA GIOVANI
a.s. 2022 | 2023 Scuola Secondaria di Primo Grado

FEDERCHIMICA CONFINDUSTRIA

ISCRIZIONI entro **24 marzo** 2023
CONSEGNA entro **12 maggio** 2023

CHIMICA DI BASE*
FIBRE SINTETICHE
COSMETICA
FERTILIZZANTI
PLASTICA*

BIOTECNOLOGIE
PRODOTTI AEROSOL
FARMACI DI AUTOMEDICAZIONE
INGREDIENTI ALIMENTARI

INCHIOSTRI E VERNICI
DETERGENZA
AGROFARMACI
AUSILIARI E SPECIALITÀ CHIMICHE
GAS MEDICINALI

CHIMICA GENERALE

INQUADRA IL QR CODE PER IL REGOLAMENTO

CHIMICA la SCIENZA che salva il MONDO

La Chimica è un prezioso alleato dell'innovazione e dello Sviluppo Sostenibile, anche nelle sfide poste dall'Agenda 2030 dell'ONU.

Usa la fantasia e raccontaci la tua Chimica! Puoi partecipare da solo o in gruppo, realizzando una storia, un'intervista, una presentazione, un video o un podcast.

Tutto, intorno a noi, è Chimica!
Basta solo cominciare a guardare quello che ci circonda con occhi diversi. Sta a noi, naturalmente, utilizzarla bene.

IN PALIO UN TABLET PER TE O 2000€ DI MATERIALE DIDATTICO PER LA SCUOLA!

INFO E ISCRIZIONI **SEGRETERIA PREMIO**
www.federchimica.it | www.chimicaunabuonascelta.it 02 34565 386 - 227 | segreteriaipremio@federchimica.it

* Concorso con caratteristiche e premi differenti aperto anche alle Scuole Primarie. Vedi regolamento.

Siamo quindi felici di aver potuto assegnare, nell'ultima edizione, 38 premi e 12 menzioni speciali a scuole provenienti da tutta Italia che si sono distinte per progetti originali e creativi (<https://www.federchimica.it/la-chimica-per/scuola/scuola-secondaria-di-primo-grado/premio-federchimica-giovani-2021-2022/vincitori-premio-federchimica-giovani-2021-2022>).

- 29 novembre ore 11-12 - La chimica si prende cura di te
- 5 dicembre ore 11-12 - La chimica ogni giorno al tuo fianco

Iscrizioni e info a questo link <https://www.federchimica.it/la-chimica-per/scuola/scuola-secondaria-di-primo-grado/premio-federchimica-giovani-2022-2023>

Il fatto che studenti e insegnanti abbiano lavorato e prodotto elaborati di qualità anche quest'anno è estremamente significativo. In particolare, le giurie hanno evidenziato una straordinaria crescita in termini di inclusività e attenzione agli studenti più fragili, i più penalizzati dalla distanza imposta dalla pandemia. Inoltre, le sezioni Plastica e Chimica di base si sono arricchite della preziosa partecipazione della Società Chimica Italiana all'interno del "Premio Speciale Chimica e Sostenibilità" che è stata riconfermata anche per l'edizione 2022-2023 e che ha contribuito alla diffusione del concorso attraverso le sezioni territoriali e la Divisione Didattica.

L'edizione per l'Anno Scolastico 2022/2023 vede due importanti scadenze:

24 marzo - chiusura iscrizioni
12 maggio - consegna elaborati

La nuova edizione prevede anche due interessanti novità:

- la possibilità di inviare, quali elaborati, delle registrazioni audio tipo podcast
- tre webinar per docenti e studenti con suggerimenti metodologici e spunti da parte degli esperti delle "sezioni speciali":
 - 23 novembre ore 11-12 - La chimica dal campo al piatto

Alcuni articoli selezionati dalla letteratura

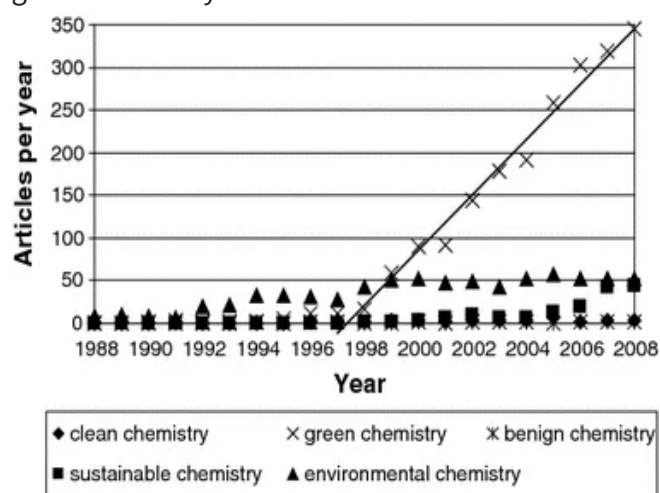
Per saperne di più

Foundations of Chemistry, 2010, 12, 55–68

An overview: origins and development of green chemistry

J. A. Linthorst

ABSTRACT This article provides an overview of the origins and development of green chemistry. Aiming to contribute to the understanding of green chemistry, basically from a historical point of view, this overview argues that contextual influences and the user friendliness of the term are drivers for the explosive growth of green chemistry. It is observed that political support for its development has been significant, in which the Pollution Prevention Act of 1990 was a formal political starting-point, but informally the origins of green chemistry go back to before 1990. US EPA played an important role in all this, but did not solely contribute to the growth of green chemistry.



Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-009-9079-4>

Foundations of Chemistry, 2020, 22, 309–334

Conceptual confusion in the chemistry curriculum: exemplifying the problematic nature of representing chemical concepts as target knowledge

K. S. Taber

ABSTRACT This paper considers the nature of a curriculum as presented in formal curriculum documents, and the inherent difficulties of representing formal disciplinary knowledge in a prescription for teaching and learning. The general points are illustrated by examining aspects of a specific example, taken from the chemistry subject content included in the science programmes of study that are part of the National Curriculum in England (an official document published by the UK government). In particular, it is suggested that some statements in the official curriculum document are problematic if we expect a curriculum to represent canonical disciplinary knowledge in an unambiguous and authentic manner. The paper examines the example of the requirement for English school children to be taught that chemical reactions take place in only three different ways (i.e., proton transfer; electron transfer; electron sharing) and considers how this might be interpreted in terms of canonical chemistry and within the wider context of other curriculum statements, in order to make sense of neutralisation and precipitation reactions. It is argued that although target knowledge that is set out as the focus of teaching and learning cannot be identical to disciplinary knowledge, the English National Curriculum offers a representation of chemistry which distorts and confuses canonical ideas. It is suggested that the process of representing the disciplinary knowledge of chemistry as curriculum specifications is worthy of more scholarly attention.

Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-019-09346-3>

Foundations of Chemistry, 2020, 22, 197–215

How Mendeleev issued his predictions: comment on Andrea Woody

C. Campbell, K. Pulkkinen

ABSTRACT Much has been said about the accuracy of the famous predictions of the Russian chemist Dmitrii Ivanovich Mendeleev, but far less has been written on *how* he made his predictions. Here we offer an explanation on how Mendeleev used his periodic system to predict both physical and chemical properties of little-known and entirely unknown chemical elements. We argue that there seems to be compelling evidence in favour of Mendeleev genuinely relying on his periodic system in the course of issuing his predictions—a point recently contested by Woody (in: Soler, Zwart, Lynch, Israel-Jost (eds) *Science after the practice turn in the philosophy, history, and social studies of science*, Routledge, Abington, 2014). In particular, by using the known properties of a number of near neighbours of the three entirely unknown elements (the so-called eka-elements), we seek to show how the very format of his table enabled it to function as a powerful tool for Mendeleev in arriving at his predicted values. We suggest that Mendeleev's use of the periodic system in making his prediction gives an illuminative example of what Woody calls “theoretical practices” in science.

Gruppo I. R ⁰	Gruppo II. R ⁰	Gruppo III. R ⁰	Gruppo IV. R ⁰	Gruppo V. R ⁰	Gruppo VI. R ⁰	Gruppo VII. R ⁰	Gruppo VIII. R ⁰
H=1							
Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
Na=23	Mg=24	Al=27,5	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63
Rb=85	Sr=87	Y=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=101, Rh=104, Pd=106, Ag=108
Cs=133	Ba=137	La=138	Ce=140	—=144	—=148	—=152	—=156, Ir=193, Pt=195, Au=197
		Pr=140	Nd=144	Pm=147	Sm=150	Eu=152	
		Tb=158	Dy=162	Ho=164	Er=167	—=171	
		Yb=173	Lu=175	Tm=168	Y=173	—=177	
	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	Po=209	At=210	
			Th=232	Pa=231	U=238		

Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10698-020-09355-7>

Qualche idea per le attività pratiche

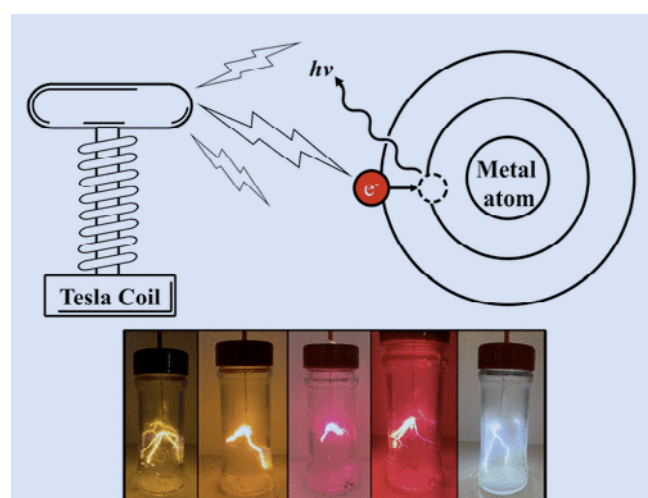
Journal of Chemical Education, June 2022

An Alternative to the Flame Test: Using Inexpensive Tesla Coils to Produce the Emission Spectra of Metal Salts

J. Chem. Educ. 2022, 99, 7, 2766–2771

A. Milne

ABSTRACT High-voltage plasma arcs from solid-state Tesla coils were used to produce characteristic atomic emissions of various metals. The colored arcs produced were highly visible and vibrant, making for a spectacularly engaging demonstration for groups of varying sizes. The demonstration used an inexpensive solid-state Tesla coil to generate low-current, high-frequency, high-voltage electrical arcs that atomize and excite metal salts within a constructed vessel, eliciting the associated characteristic spectral emissions as a result. The demonstration serves as a valuable, accessible, and safer alternative to solvent-based demonstrations. Specifically, this method can challenge student misconceptions associated with the traditional flame test due to the flameless nature of the arcs. The demonstration also introduces the mechanisms underpinning inductively coupled plasma atomic emission spectrometers, which are commonplace in analytical laboratories. The high-frequency nature of the Tesla coil arcs reduces the risks of burns and can facilitate further discussions regarding plasma, states of matter, electron behavior, electricity, and alternate forms of spectroscopy.



Link: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00273>

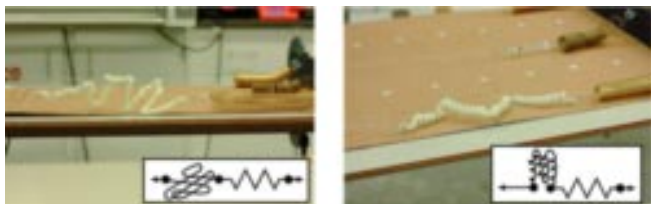
Journal of Chemical Education, June 2022

Using Magnets and Flexible 3D-Printed Structures to Illustrate Protein (Un)folding

J. Chem. Educ. 2022, 99, 8, 3074–3082

I. Popa, F. Saitis

ABSTRACT Proteins are “magical” workers inside our body, as they accomplish most of the cellular functions. Here we report on a novel approach to teach protein folding and unfolding, using magnets and flexible 3D-printed protein structures. To illustrate this physical process, we used colored circular magnets designed for whiteboards, connected through paper clips. Several protein structures were then 3D-printed, using both standard and flexible materials. Protein unfolding under force was then investigated by adding slotted weights to a setup consisting of three experiments: a simple spring, a spring in series with a sealed syringe (representing a dashpot), and a spring in series with a printed protein structure. All of the experiments shown here were done as part of the event, organized by the University of Wisconsin-Milwaukee. The approach presented here complements the use of other techniques to learn about protein folding and constitutes a novel way to explain how mechanical unfolding *in vivo* relates to a gain-of-function.



Link: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00231>

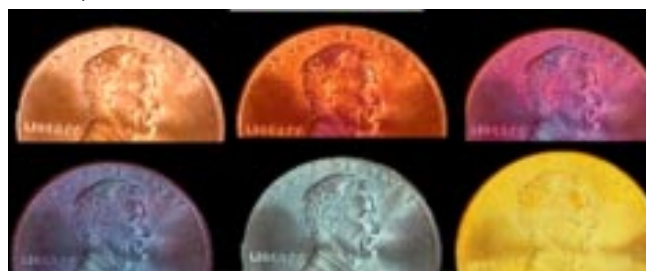
Journal of Chemical Education, July 2022

Gold at the End of the Rainbow: A Simple and Colorful Modification of the Golden Penny Demonstration

J. Chem. Educ. 2022, 99, 8, 3083–3086

T. S. Kuntzleman, L. T. Hogan

ABSTRACT The “Golden Penny” demonstration is a popular experiment that involves treating copper coins with chemical reagents to form brass, an alloy of copper and zinc that has a golden color. Reported here is a very simple modification for forming golden color on copper coins that does not require the use of chemical reagents. Instead, golden colored surfaces can be generated by simply heating copper coins on a hot plate to form nanoscale films of copper oxide. In addition to gold, such oxide layers display a range of other colors including orange, magenta, violet, and silver.



Link: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00545>

€ 12,00

