

C_nS

La Chimica nella Scuola

n. 5 anno 2024

- › **Una riflessione sul nostro tempo**
- › **Un'indagine per capire come e perché gli studenti scelgono il loro percorso universitario**
- › **Due laboratori per la Scuola Superiore: cinetica e colore**
- › **Proposte per l'infanzia: gioco, sperimentazione e didattica inclusiva**
- › **Decarbonizzare è d'obbligo**
- › **In ricordo di Gianfranco Mattei**
- › **News: cosa è l'ArcheoVerso e qualche spunto interessante dalla letteratura internazionale**



Società Chimica Italiana

DIRETTORE ONORARIO

Gianluca Farinola

COMITATO EDITORIALE

Direttore: Margherita Venturi

Vice-direttori: Eleonora Aquilini, Giovanni Villani

COMITATO DI REDAZIONE

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

COMITATO SCIENTIFICO

Presidente: Luigi Campanella

Vincenzo Balzani, Agostino Casapullo, Carlo Fiorentini



ISSN: 0392-8942

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

PERIODICITÀ: Bimestrale

Indice

Editoriale

- A fine anno si tirano le somme 1
Margherita Venturi

Sfide e problemi della nostra società

- Questi tempi: analisi, riflessioni, proposte 5
Paola Bortolon

Metodologie didattiche per l'Università

- Come cambia il rapporto con la chimica e le scienze, dalle superiori all'università? Una proposta di indagine 13
Sergio Zappoli e Marco Milani

Percorsi laboratoriali per la Scuola Superiore

- Colorimetria e cinetica di soluzioni di solfato di rame 27
Laura Fortunato e Ilaria Turturiello
- Metti in circolo il colore – Un'esperienza di didattica integrata tra chimica e rappresentazioni grafiche 40
Sergio Palazzi

Percorsi didattici per l'Infanzia

- Giocare è una cosa seria 55
Paola Conti
- Un percorso esperienziale sugli stati di aggregazione della materia alla scuola dell'infanzia 67
Jennifer Faramia
- Cambiamenti sociali e nuove sfide per la scuola 77
Cristina Viti

La transizione ecologica

Il processo di decarbonizzazione è indispensabile per la transizione ecologica	83
Fabio Olmi	

Pagine di storia

«Fece della sua scienza arma per la libertà» - Ricordo di Gianfranco Mattei (1916-1944)	105
Franco Calascibetta	

News

Fruibilità dei Beni Culturali	119
Luigi Campanella	
Dalla letteratura internazionale: qualche spunto interessante (open access)	121
Elena Ghibaudi	

A fine anno si tirano le somme

Margherita Venturi

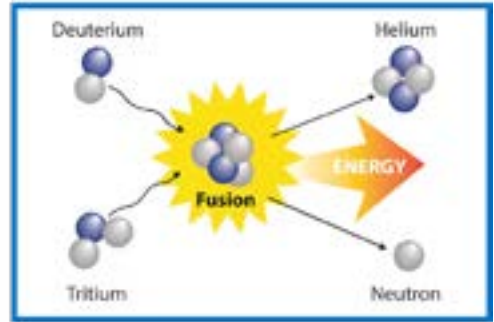
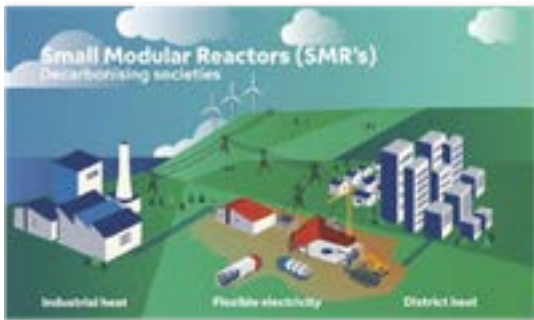
Cara lettrice e caro lettore,

il 2024 è finito e a me ha lasciato tanto amaro in bocca.

Le guerre non si fermano, anzi stanno proliferando in una sorta di Terza Guerra Mondiale a pezzi (come ha detto Papa Francesco), le alluvioni e i disastri climatici aumentano a vista d'occhio e l'ultima COP, tenutasi a Baku, ha segnato l'ennesimo insuccesso, dimostrando che queste conferenze hanno fatto il loro tempo e che, per l'ingerenza sempre più massiccia delle lobby dei fossili, hanno totalmente disatteso l'obiettivo per il quale erano nate.

Se poi ci limitiamo ai confini nazionali la situazione non è affatto rosea. Il ministro Pichetto Fratin vuol farci tornare al nucleare: niente di più facile, dice, basta disseminare sul territorio i piccoli reattori modulari di quarta generazione, come se fossero già in fase di commercializzazione e come se risolvessero i problemi legati al nucleare. Per non parlare poi delle fantasie sulla fusione nucleare il cui sfruttamento per ottenere elettricità, secondo la Prima Ministra Meloni, sarebbe "dietro l'angolo". Se, da una parte, non mi preoccupa essendo convinta che il nucleare italiano si sgonfierà come un palloncino senza un niente di fatto, dall'altra, sono amareggiata dal momento che questa impresa avrà il solo risultato di sprecare parecchio denaro e tanto tempo prezioso.

Che dire poi del progetto di far diventare l'Italia hub del metano e dell'idrogeno? Sono indignata perché non mi piace che la nostra nazione venga svilita a paese "di servizio" per il trasporto di metano e idrogeno dall'Africa al Nord Europa e che venga "trapanata" da cima a fondo per interrare giganteschi tubi con la conseguente distruzione di aree naturali molto belle, ma, soprattutto, sono impaurita perché "questa" Italia potrebbe diventare un punto sensibile per attacchi terroristici. Infatti, se prima si parlava solo del trasporto del metano, cosa comunque pericolosa, ora si parla anche di idrogeno e bombardare tubi contenenti questo gas avrebbe un effetto devastante su tutto il territorio.



E, allora, continuo a non capire; mi domando perché ci intestardiamo a voler cominciare dalle tecnologie e dalle opzioni che non abbiamo, quando, invece, l'Italia, con la sua industria manifatturiera di tutto rispetto, le sue bellezze paesaggistiche, il suo inestimabile patrimonio di beni culturali e grazie al Sole, al vento e all'acqua, potrebbe affrancarsi da tante servitù.

Mi sembra proprio che i politici, e non solo quelli italiani, non abbiano realizzato che occorre cambiare rotta, ripensando al significato di sviluppo e ricordando una cosa fondamentale: anche se noi umani siamo molto bravi a distruggere il pianeta (basta guardarsi attorno per rendersene conto), non riusciremo mai a dominarlo, perché le nostre azioni irresponsabili nei suoi confronti si ritorcono sempre contro di noi e il cambiamento climatico ne è la chiara dimostrazione. Gli esperti ci dicono che questa potrebbe essere l'ultima chiamata e che dovremmo metterci a correre perché la crisi climatica e ambientale peggiora giorno dopo giorno e il tempo stringe. Ci dicono anche che il pianeta si salverà sempre e comunque, anche se molto probabilmente non sarà più quell'ambiente che conosciamo e che ci ha ospitato tanto generosamente; chi, invece, non si salverà sarà il genere umano, se non si prenderanno seri, veloci e drastici provvedimenti.

Io, però, di provvedimenti ancora non ne vedo: ci ostiniamo imperterriti a non abbandonare i combustibili fossili, ad accumulare rifiuti di ogni genere e scorie nucleari, a cementificare ogni angolo del pianeta, a inquinare suolo, aria e acqua e a farci la guerra bombardando scuole e ospedali.



Dopo questa bella sfilata di cattive notizie, però, ne ho anche delle buone. La nostra rivista sta andando molto bene; il numero quattro di quest'anno ha superato le mille visualizzazioni, un risultato di tutto rispetto considerato che si tratta di una rivista di nicchia.

Sono sicura che anche questo numero, l'ultimo del 2024, riscuoterà lo stesso successo perché ne ha tutte le carte in regola.

È, infatti, molto ricco di percorsi didattici e laboratoriali, due per le scuole superiori e, per la prima volta, ben tre per l'infanzia, riporta una ricerca per capire come e perché gli studenti scelgono il loro percorso universitario, affronta temi caldi e attuali, come la necessità di decarbonizzare e l'esigenza di instaurare un dialogo intergenerazionale, e, nelle pagine di storia, c'è un bel ricordo del chimico e patriota Gianfranco Mattei.

Non dico di più sui contenuti di questo numero perché desidero utilizzare lo spazio che mi resta per i doverosi ringraziamenti di fine anno.

Un grazie particolare va al dott. Claudio Tubertini e alla dott.ssa Loredana Leoni della CLUEB, che devono sopportare tutte le mie paranoie, al dott. Gianni Morelli, webmaster della SCI, al Comitato di Redazione e ai curatori delle varie rubriche, che subiscono le mie continue richieste e che lavorano affinché ogni fascicolo abbia il giusto numero di contributi, ai Vicedirettori, che mi aiutano nella direzione della rivista, e al Comitato Scientifico.

Un ringraziamento speciale, poi, va a Gianluca Farinola, Presidente della SCI e Presidente Onorario della nostra rivista, per il suo continuo supporto e interessamento.

Ovviamente ringrazio anche di cuore tutti gli autori dei contributi che sono apparsi nei numeri della rivista, senza i quali il CnS non esisterebbe.

Infine, ringrazio te, cara lettrice e caro lettore, perché la tua attenzione a quanto pubblichiamo è la ragione d'essere della rivista che nasce proprio per aiutarti nel difficile compito di docente. Quindi, qualsiasi tuo suggerimento e commento è per noi fondamentale: solo assieme possiamo fare sempre di più e sempre meglio.

Tanti auguri per un 2025, che spero sia migliore di quello appena finito, e buona lettura

A handwritten signature in cursive script, reading "Margherita".

Questi tempi: analisi, riflessioni, proposte

Paola Bortolon

Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali (A.N.I.S.N.)

e-mail: bortolonpaola@gmail.com

Abstract. The article proposes a reflection on some aspects of today's society's cognitive and social dimensions. These aspects can affect teaching-learning and limit young people's volition, autonomy, and determination. With some references to the past situation, simple examples and suggestions are provided to dispel misconceptions and misunderstandings, increase motivation, self-esteem, and self-determination, and make fragility and mistakes perceived as opportunities for growth and resilience.

Keywords: società, intelligenza, stile attributivo, vita reale, vita virtuale

1. Premessa

Avendo ben presente il Bias dell'ancoraggio, che ci porta a considerare solo alcuni aspetti o elementi di una situazione, e il Bias degli affetti, che ci spinge a privilegiare gli oggetti personali e le attività praticate, non amo le frasi "Ai miei tempi ..." e "Noi eravamo diversi...", sottintendendo con esse una nostra superiorità nel modo di essere e di operare. Eravamo certamente diversi perché vivevamo in un periodo temporale diverso, con offerte e richieste non confrontabili con quelle attuali. Eravamo in un certo qual modo "programmati" per vivere allora. Rimpianti, nostalgie, recriminazioni rattristano, immobilizzano e non risultano di alcuna utilità.

L'articolo descrive alcune situazioni e problematiche, in parte condivisibili, che potrebbero richiedere strategie migliorative, o attivare un dialogo intergenerazionale, in particolare tra le così dette generazione Y e Z.

2. Soggetto e contesto

Il contesto familiare e ambientale in cui si cresce ci influenza e ci modifica, chi nasce e vive in un luogo degradato ha meno opportunità di evolvere culturalmente e socialmente, ma in ognuno vi è comunque una capacità di differenzia-

zione che permette di non doversi adeguare a un modello imposto da altri o dal contesto, che ci aiuta a non seguire la corrente, come dice Paolo Crepet [1], e a scegliere la propria strada. Vi è quindi una possibilità di autodeterminazione, che si attiva quando si percepisce di essere competenti e autonomi, liberi di scegliere cosa fare e come farlo, e si intuisce l'accettazione del proprio agire da parte degli altri [2].

Ogni scelta, ogni volontà di elevarsi impone però sacrifici, comporta difficoltà, paure e ripensamenti che non sempre e non tutti sono disposti ad affrontare. Il consueto, la quotidianità, la ripetitività, il noto tranquillizzano, non provocano stress, ma anche rendono la vita piatta e monotona.

I ragazzi delle passate generazioni non erano tutti onesti, responsabili, impegnati, assertivi ed empatici, non vivevano tutti in un contesto protetto e agiato, ma la scuola era riconosciuta da molti di loro un ascensore sociale, pur nella consapevolezza che chi aveva meno disponibilità economiche e una famiglia poco "aperta" doveva faticare di più, ma quando l'ostacolo veniva superato maggiore era la gioia. Si accrescevano parallelamente l'autostima e la volontà a proseguire; si innalzava la personale capacità di sostenere le frustrazioni e tutto ciò che a prima vista sembrava un impedimento all'apprendere si trasformava in motivazione. Un'insegnante della scuola dell'infanzia mi raccontò che, terminata la scuola media, i suoi genitori, anche a causa di ristrettezze economiche e non reputandola particolarmente dotata per lo studio, la mandarono a lavorare. L'umiliazione e la sofferenza provate la portarono, dopo qualche anno, a iscriversi a una scuola serale per ottenere il diploma che oggi la vede docente realizzata. Non solo, l'accresciuta autostima che il risultato aveva prodotto la spinse ad affrontare lo studio della musica e a imparare a suonare il pianoforte che utilizza in alcuni momenti dell'attività didattica.

"Volere è potere" dicevano i nostri nonni e "ogni sacrificio prima o poi darà i suoi frutti", anche se non subito, come molti oggi si aspettano. Stare fermi nell'attesa di supporti esterni può certamente dare sollievo e non comporta fatiche, ma non farà provare la gioia di avercela fatta con le proprie forze. La pazienza e la perseveranza sembrano doti dimenticate in un mondo che non accetta il tempo lento, che desidera vedere tempestivamente il risultato di un'azione o di un impegno e che, sovente, non accetta una valutazione negativa, un rifiuto, in parte per l'incapacità di gestire le frustrazioni.

3. Lo stile attributivo

Le attribuzioni sono i processi attraverso i quali gli individui interpretano le cause degli eventi, delle azioni e dei fatti che si verificano [3]. Ognuno di noi ha un suo stile attributivo, caratterizzato da un diverso *locus of control*, che può essere interno, per cui si reputa la causa del successo o dell'insuccesso dipendente da noi (impegno, abilità, perseveranza), o esterno, quando la causa

esula dalle caratteristiche o dalle abilità personali (fortuna, incapacità di un insegnante, difficoltà di un compito).

La causa, sia interna che esterna, può essere considerata stabile (duratura nel tempo) o instabile (temporanea), controllabile o non controllabile, rispettivamente modificabile o non modificabile dalla volontà individuale.

Se si reputa che il successo sia imputabile a fattori esterni, stabili e non modificabili, non ci si attiverà per superare l'ostacolo, per raggiungere il traguardo, per ottenere una promozione. La stessa inerzia si avrà nel caso in cui si reputi che l'intelligenza sia entitaria (stabile) e non incrementale, anche se le numerose ricerche e molta letteratura hanno sottolineato come l'intelligenza aumenti con l'esercizio, lo studio, l'esperienza, la pratica. L'intelligenza, infatti, frutto dell'interazione del genotipo e di fattori ambientali anche dipendenti dallo stesso soggetto, si modifica nel tempo e influisce sulle prestazioni e sui comportamenti futuri.

Al di là dei personali e differenti stili attributivi, in generale, le attribuzioni relative al proprio comportamento sono di tipo interno in caso di successo (sono bravo, mi impegno, studio), di tipo esterno in caso di fallimento (sfortuna, compito difficile), mentre le attribuzioni rispetto al comportamento degli altri sono prevalentemente di tipo esterno in caso di successo (fortuna, compito facile), di tipo interno in caso di insuccesso (non è bravo, non si è impegnato).

Affrontare un esame con l'idea del giorno fortunato o sfortunato, del compito facile o difficile, del docente severo o lassista, e del fatto che la situazione non sia in alcun modo modificabile, a lungo andare deresponsabilizza e può condurre alla condizione di impotenza appresa, l'attesa passiva e fatalistica dell'esito dell'evento, dato per scontato.

L'inerzia di alcuni giovani può essere combattuta non abbassando l'asticella delle difficoltà, non attribuendo ad altri le responsabilità degli insuccessi, non ricercando un capro espiatorio, ma facendo cogliere, attraverso il dialogo e il sostegno non compassionevole, la capacità di poter contrastare una situazione, di poter superare l'ostacolo, di poter riuscire. Qualche attività di metacognizione, con la riflessione sulle personali disposizioni (capacità, limiti di memoria, modalità di elaborazione delle informazioni), l'analisi delle caratteristiche di un compito, la scelta di specifiche strategie di lavoro (schemi, mappe, sintesi, ...), aiuterà nell'autoregolazione, sia cognitiva sia emozionale, e consentirà la valutazione corretta degli accadimenti vissuti.

4. L'intelligenza

Non esiste ancor oggi una definizione univoca di intelligenza, anche se vi è maggiore accordo nel ritenere l'intelligenza come la capacità di produrre un comportamento adattivo e funzionale al raggiungimento di uno scopo [4].

Nel corso dell'ultimo secolo gli studiosi hanno continuato a discutere se l'intelligenza fosse un'abilità cognitiva singola, monolitica, innata e immutabile [5], o un insieme di abilità non necessariamente legate da un unico fattore sottostante [6, 7], diversamente possedute dai singoli, e accertabili attraverso test da cui ricavare il quoziente intellettivo totale e dei sub-quozienti intellettivi relativi a vari fattori (comprensione verbale, memoria di lavoro, ragionamento visuo-percettivo, velocità di elaborazione, visualizzazione spaziale, ecc.).

Alcuni dati empirici supportano maggiormente l'idea delle intelligenze multiple, ciascuna indipendente dalle altre. Gardner si focalizzò più che sui processi mentali sugli ambiti in cui le intelligenze o *formae mentis* si possono manifestare e ne descrisse otto: linguistica, logico-matematica, spaziale, corporeo cinestetica, intrapersonale, interpersonale, naturalistica [8].

Il concetto di intelligenza, il livello posseduto, la sua correlazione con il patrimonio genetico ritenuto immodificabile, sovente ha portato a comportamenti di evitamento nell'affrontare una prova o una prestazione, perché un fallimento poteva venir associato a scarse qualità cognitive, cioè a scarsa intelligenza. In particolare, ritenendo le discipline scientifiche particolarmente difficili e più adatte a soggetti con un elevato quoziente intellettivo, molti giovani hanno preferito rivolgere i propri interessi altrove, così da non dover dimostrare i personali limiti o non dover ricevere valutazioni negative, purtroppo nella consapevolezza che talvolta il giudizio sulla prestazione si estende alla persona.

Presentare gli insuccessi, le sconfitte, le delusioni di illustri scienziati aiuterà a meglio tollerare gli incidenti di percorso, a rivalutare l'errore che molti tendono a nascondere, a non correlare errori e insuccessi all'intelligenza e alle capacità cognitive.

Come scrive Piero Martin [9]: *“Si sbaglia perché si vive e si è liberi, sono anche gli imprevisti e le imperfezioni che ci rendono vitali. Rimettere insieme i pezzi dopo gli sbagli e le cadute è faticoso e talvolta doloroso, ma trasformativo.”*

5. La famiglia

La famiglia è un sistema costituito da un insieme di individui interagenti, ciascuno dei quali occupa specifiche posizioni, che, secondo quanto indicato da Rogers [10], possono essere riassunte in quella di marito-padre, moglie-madre, figlio con fratello maggiore, figlio con fratello minore.

Ogni posizione comporta specifici compiti che concorrono a favorire la sopravvivenza del nucleo familiare stesso e che si concretizza nello sviluppo in ciascuno dei suoi membri del senso di appartenenza, a cui, tuttavia, si associa la capacità di manifestare la propria individualità e autonomia.

La famiglia, sia essa intesa come household o family [11], è da considerarsi

come un sistema dinamico in continua evoluzione. Essa si trasforma nel tempo, in relazione ai diversi individui presenti, sotto l'aspetto psicologico, in riferimento alla modalità di rapporto e di intesa al suo interno, dal punto di vista sociale. Esiste infatti un nesso profondo tra famiglia e società, essendo la prima l'unità di base della seconda, un sistema aperto che riceve input dall'esterno e a cui invia output.

Nella sua evoluzione la famiglia attraversa specifiche fasi, in ciascuna delle quali svolge specifici compiti organizzativi e relazionali, aventi lo scopo di garantire uno stato di benessere interno, la maturazione armonica dei suoi appartenenti, il soddisfacimento dei loro bisogni primari: sopravvivenza, sicurezza, relazione, stima, autorealizzazione.

Tale armonia interna è possibile se le interazioni avvengono in modo corretto e quando vi siano capacità comunicative, educative, decisionali, di negoziazione, di accordo, soprattutto nei soggetti adulti e nelle figure genitoriali. La qualità della comunicazione è vettore determinante della progettualità esistenziale e personale del singolo individuo, che ogni matrice familiare dovrebbe eticamente costruire.

La situazione attuale, caratterizzata da un ritmo di vita spesso frenetico, da nuovi modelli di riferimento che i mezzi di comunicazione di massa tendono a diffondere con grande velocità, il proliferare di numerose agenzie educative che si assumono parte del processo di trasmissione della cultura e dei valori, le pressioni economiche di una società, che spinge all'acquisto e al consumo come mezzo di integrazione e di realizzazione, hanno modificato l'aspetto della famiglia, portandola talora a uno stato di crisi, togliendole quella sicurezza che rappresentava uno strumento di omeostasi e mettendo in dubbio parte dei suoi compiti. Ciò ha contribuito all'isolamento dei suoi membri, all'allontanamento dei genitori dai figli e dei figli dai genitori, a una proiezione verso l'esterno, che ha inficiato la coesione interna e il collegamento con la famiglia di origine, proprio di una dimensione plurigenerazionale della famiglia.

Si osserva inoltre, particolarmente nel contesto italiano, un ritardo e un cambiamento nel passaggio dei figli allo stato di adulto, che un tempo coincideva con la cosiddetta "uscita di casa", avendo il ragazzo o la ragazza acquisito l'autonomia emotiva, cognitiva ed economica. Oggi lo stadio adulto si realizza "dentro casa", con un anticipo dell'autonomia emotiva e cognitiva, ma un forte ritardo di quella economica, a cui si associa un ritardo nell'ingresso nel mondo del lavoro, nell'inizio di una stabile vita di coppia, nella transizione alla genitorialità. Questo nuovo periodo di vita, indicativamente compreso tra i 19 e i 29 anni, è stato contrassegnato da Jeffrey Jenses Arnett come *emerging adulthood* [12]. La famiglia in alcuni casi diviene ora una sorta di hotel, in cui si gode di ampia libertà senza vincoli e responsabilità [13]. Si mantengono ulteriormente i doveri di cura e protezione dei genitori, una protezione alterata nel suo si-

gnificato profondo, che si manifesta in un'alternanza di comportamenti. Da un lato vi è il provvedere a tutte le incombenze di cui un genitore non dovrebbe farsi carico, la complicità nel recriminare verso l'esterno, nel difendere l'indifendibile, che vede spesso i genitori assumere il ruolo di avvocato del figlio, dall'altro lato si osservano frequenti momenti di abbandono psicologico, con prolungati silenzi, superficiale ascolto, scarso interessamento e controllo delle attività praticate dal figlio.

Si sta riducendo la distanza tra le generazioni, le madri assumono comportamenti talvolta adolescenziali e le figlie, ancora giovani, si atteggiavano a donne adulte, si perdono parallelamente le asimmetrie che sono necessarie per educare.

Educare comporta distanziamento dei ruoli, fatica, flessibilità, accettazione, autorevolezza, equilibrio nel dare e nel chiedere, nel gestire i conflitti che sempre ci sono stati, nel far sperimentare il dolore, la frustrazione e la sofferenza, occasioni che preparano alla vita.

Vanno parallelamente rifuggite, nel rapporto educativo padre-madre, posizioni comportamentali opposte: restrittività-permissività, ostilità-affettività, che determinano condizioni di malessere nel singolo e concorrono a creare quei triangoli perversi, che portano a coalizioni tra alcuni soggetti del nucleo familiare contro altri, in un processo infinito che determina rapporti invischiati di natura aggressiva e polemica.

6. Vita reale o vita virtuale

Oggi sembra che se non si è presenti nel web non si esista, non si è nessuno e così, in modo talvolta frenetico, si deve far sapere a tutti che cosa si è mangiato, dove si è stati, quale vestito è stato acquistato, quanti amici o meglio followers ci stanno seguendo e quanti like si sono ricevuti. Tutto diviene pubblico, fermo restando poi che in nome della privacy si ricorra al Garante per far valere un diritto violato. Forse il desiderio nascosto non è tanto quello di condividere ma di fare invidia, di apparire migliori di quello che in realtà si è, di essere come la società ci vuole.

Come sottolinea Paolo Crepet [1], le proprie sofferenze e frustrazioni devono essere messe sui social, condivise e diffuse, quasi in una sorta di confessionale, di comunità terapeutica; tutto deve divenire show, in questo modo portando anche all'emulazione, in una sorta di "effetto megafono" amplificatore.

In tutto questo si intravede un forte bisogno di frequentazione, di vicinanza, di partecipazione che un tempo si raggiungeva incontrandosi, stando insieme realmente. Lo stare insieme era, in particolare per i ragazzi e gli adolescenti, il modo con il quale costruire la propria identità, imparare le regole dei rapporti interpersonali, sperimentare le varie forme del "prendersi cura" degli altri, da utilizzare poi in quelle che si configurano come "relazioni romantiche". Era quello anche il comportamento fondamentale

per il graduale distacco dal nucleo familiare. Luigi Meneghello in “*Libera nos a Malo*” scrive [14]: “*Stare insieme agli amici è il piacere più grande, davanti al quale tutto il resto impallidisce [...] Andare a scuola, fare bene i compiti, erano attività in sé né belle né brutte, ma sgradite perché consumavano tempo; si sciupava tempo perfino a mangiare a tavola a casa. Appena possibile ci si precipitava fuori, ci si trovava con gli amici e solo allora ci si sentiva contenti.*”

Con il progredire dell’età si elaboravano criteri per la scelta degli amici (similarità, complementarità, omofilia di stato, di interessi e di valori) e si restringeva il loro numero con relazioni più profonde e con massimizzazione dei benefici reciproci.

Le “amicizie social” rappresentano delle forme di comunicazione per così dire senza voce, che utilizzano un messaggio scritto spesso sintetico e non interattivo, o una voce che può mancare delle caratteristiche tipiche della comunicazione verbale e non verbale.

Ritornare alle modalità di interazione del passato fatte nel giardino di una casa, in un granaio, nella strada di un paese, o utilizzando la cornetta di un telefono appeso al muro non è forse proponibile, ma spazi e momenti di incontro, di dialogo, di confronto e anche di conflitto potrebbero incrementare il benessere psicosociale e costituire buffer di contrasto a condotte devianti.

Riferimenti

- [1] P. Crepet, *Mordere il cielo*, Mondadori, Milano, 2024.
- [2] E. L. Deci, R. M. Ryan, *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*, Plenum Press, New York, 1985.
- [3] H. H. Kelley, Attribution theory in social psychology, in R. De Beni & All, *Psicologia cognitiva dell’apprendimento*, Erickson, Trento, 2003.
- [4] D. Wechsler, *The measurement of adult intelligence*, The William & Wilkins Company, Baltimora, 1958.
- [5] C. Spearman, General intelligence, objectively determined and measured, *The American Journal of Psychology*, 1904, **15**, 201-293.
- [6] L. L. Thurstone, *Primary mental abilities*, University of Chicago Press, Chicago, 1938.
- [7] J. P. Guilford, *The Nature of human intelligence*, MacGraw Hill, New York, 1967.
- [8] H. Gardner, *Frames of mind. The theory of multiple intelligence*, Basic Book, New York 1983 (Traduzione in Italiano: *Formae mentis*, Feltrinelli, Milano, 1987).
- [9] P. Martin, *Storie di errori memorabili*, Laterza, Roma-Bari, 2024.
- [10] C. R. Rogers, G. M. Kinget, *Psicoterapia e relazioni umane*, Boringhieri, Torino, 1970.

- [11] Household è l'insieme di individui non necessariamente legati da legami di parentela, che vivono sotto lo stesso tetto. Family è l'insieme di individui legati da vincoli di parentela e non necessariamente coabitanti.
- [12] J. J. Arnett, Emerging adulthood. A theory of development from the late teens through the twenties, *American Psychologist*, 2000, **55**, 469.
- [13] E. Scabini, P. Donati, *La famiglia "lunga" del giovane adulto*, Vita e Pensiero, Milano, 1988.
- [14] L. Meneghello, *Libera nos a Malo*, Feltrinelli, Milano, 1963.

Come cambia il rapporto con la chimica e le scienze, dalle superiori all'università? Una proposta di indagine

Sergio Zappoli^a e Marco Milano^b

^a*Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna*

^b*Laurea Magistrale in Didattica e Comunicazione delle Scienze Naturali,
Università di Bologna*

e-mail: sergio.zappoli@unibo.it; marcomilano1@gmail.com

Abstract. Despite growing attention towards the development of forms of orientation that effectively support the transition to tertiary training courses, there is a lack, at a national level, of investigations that shed light on the factors that decisively influence the choice of scientific studies, including "informal" cultural inputs and social influences of students. This work presents the proposal for a wide-ranging investigation, based on a survey structure, led from November 2023 to February 2024, about the perception of university students regarding the real motivations that led them to embrace a degree in the scientific field. The results, collected from a large group of students, highlight an articulated and complex picture, that suggests extending this type of investigation, refining orientation strategies and supporting teaching approaches through the first years of higher degree studies.

Keywords: apprendimento delle scienze; azione didattica; autoefficacia; questionario di autovalutazione

1. Premessa

Secondo Luigi Cerruti, chimico, storico della scienza e pioniere della ricerca didattica in Italia, più volte ricordato sulle pagine di questa rivista, la didattica della chimica, e più in generale delle scienze, deve essere considerata e valorizzata come un'*impresa culturale* vera e propria che, in quanto tale, richiede necessariamente lo sviluppo di un'efficace ricerca didattica che la faccia maturare [1].

Nel frattempo, la ricerca in quest'ambito ha compiuto, in effetti, degli importanti avanzamenti negli ultimi decenni, a livello globale, come noto. Tuttavia, nonostante l'evidente crescita degli studi dedicati alla didattica delle scienze, alcuni passaggi del percorso scolastico-formativo nella sua interezza, fino ai livelli più alti, continuano a essere relativamente meno esplorati rispetto ad

altri. In particolare, viene spesso segnalata - per esempio dalle nuove norme sulla formazione degli insegnanti, ma non solo - una persistente necessità di *potenziare l'efficacia dell'azione didattica delle scienze anche all'università*.

D'altra parte, a partire dall'avvio del Piano Lauree Scientifiche, avvenuto 20 anni fa, fino a giungere alle più recenti azioni promosse dal Ministero dell'Istruzione e del Merito [2], si è consolidata l'idea che il processo di *formazione della vocazione* non possa essere più semplicemente delegato al curriculum scolastico.

È quindi urgente avviare indagini su quel segmento di formazione che copre i primi anni di studio universitario, che sono quelli nei quali l'impatto fra l'immagine di sé nel nuovo contesto educativo e la sua effettiva traduzione pratica si rivela ancora come problematica per molte matricole.

Le domande a cui abbiamo cercato di trovare una prima risposta nella realizzazione dello studio, che qui descriviamo, sono state di tipo trasversale e orientate a rilevare la percezione soggettiva degli intervistati. In particolare, la nostra attenzione si è concentrata sui primi anni di studio di corsi di laurea a indirizzo scientifico, per capire cosa avviene durante quella delicata fase di transizione, ovvero individuare quali sono le possibili difficoltà incontrate dagli studenti, quali sono stati gli stimoli, le motivazioni e le aspettative che li hanno guidati nella scelta e come questi riferimenti sono cambiati nel tempo, insieme, eventualmente, al metodo di studio. Insomma, per provare a descrivere in che modo gli stessi studenti valutano la loro esperienza di studio e la loro preparazione [3].

A nostro parere, sono molteplici gli aspetti che richiamano l'esigenza di una indagine chiarificatrice a riguardo, a beneficio di un'azione didattica *più attenta alle esigenze degli studenti anche più grandi*, e che diventi quindi *di supporto ai loro stessi insegnanti*. L'attenzione della ricerca sembra, infatti, concentrarsi più spesso sulle dinamiche che interessano il percorso delle scuole secondarie, mentre, dopo la conclusione del ciclo delle superiori, gli studenti universitari non sono di solito oggetto di particolari, analoghe preoccupazioni in merito alla relazione insegnamento-apprendimento. In realtà, anche gli studenti universitari sono soggetti a diverse intemperie, in particolare nei primi anni di transizione al corso di laurea scelto dopo la maturità [4]. I dati disponibili in letteratura confermano, infatti, che non sono pochi i punti critici da tenere sotto stretta osservazione durante le lezioni e lo studio individuale all'università. Questi hanno a che fare, per esempio, con fattori cosiddetti *intrinseci*, come appunto *le motivazioni, le aspettative, l'autoefficacia*, e fattori più *estrinseci*, come *il contesto ambientale e sociale di apprendimento*, le eventuali figure di riferimento per gli studenti e le *molteplici influenze culturali* amplificate dai flussi informativi sempre più pervasivi, oltre, naturalmente, all'inevitabile influenza che continua a esercitare il bagaglio di conoscenze ed esperienze sedimentate durante le superiori.

Provare a fare luce su tutti questi aspetti, ovvero riuscire a individuare i possibili punti deboli nello studio, potrebbe contribuire a migliorare l'azione di-

dattica in chimica e nelle altre discipline scientifiche, intervenendo per tempo laddove si rischia di compromettere la formazione stessa degli studenti, o, di conseguenza, dei futuri docenti di scienze.

Nell'ambito del corso di Laurea Magistrale *DiCoSN - Didattica e Comunicazione delle Scienze Naturali* - dell'Università degli Studi di Bologna, è stato ideato e messo a punto un progetto proprio in quest'ottica, con la finalità di sperimentare e proporre una possibile modalità di indagine su quello che accade nei primi anni di università, in particolare nei corsi di laurea scientifici con una forte componente degli insegnamenti di chimica. La ricerca è stata svolta durante un lavoro conclusivo di tesi e ha coinvolto una coorte di studenti iscritti a corsi di laurea afferenti a cinque atenei diversi.

2. La sperimentazione di un nuovo questionario autovalutativo

L'indagine, che qui viene descritta in sintesi, è stata progettata sulla scorta dei risultati incoraggianti registrati durante una fase precedente del lavoro, consistita nell'ideazione di una procedura di sistematizzazione, monitoraggio e guida delle attività laboratoriali - riorganizzate in tre *livelli*: preparazione al laboratorio, attività in laboratorio e post-laboratorio - condotte dagli studenti del terzo anno di Chimica Industriale dell'Università di Bologna [5, 6]. L'analisi dei questionari somministrati inerenti alle attività svolte in laboratorio, hanno evidenziato la partecipazione particolarmente interessata ed entusiasta degli studenti, mostrando i possibili benefici di tipo organizzativo e relazionale che se ne possono trarre, anche per quanto riguarda il lavoro dei docenti, supportando in definitiva l'insegnamento nel suo complesso.

Con l'approccio sopra descritto si monitora prevalentemente ciò che accade attorno alle attività laboratoriali. C'è, tuttavia, da chiedersi quanto e in che modo lo studio e il rendimento siano influenzati da tutto ciò che succede fuori dai confini del laboratorio e delle aule di lezione. È, secondo noi, utile interrogarsi sulle molteplici dimensioni che agiscono sul rendimento e sull'efficacia dello studio, tra questi: l'effetto sul metodo di studio degli input informativi e divulgativi derivanti dai contesti di apprendimento informale; il rilievo delle figure degli insegnanti, dei libri di testo e delle fonti cosiddette secondarie; l'idea che hanno della scienza gli stessi studenti, la cui presunta maturità rispetto a quella di un pubblico più vasto e generico non dovrebbe forse essere necessariamente data per scontata.

L'esperienza sul campo degli insegnanti e il senso comune inducono a ritenere che sì, si tratta di fattori che molto probabilmente hanno una ricaduta importante sullo studio, ma che possono anche facilmente rimanere nell'ombra, se a questi aspetti non si presta un'attenzione adeguata, guidata magari da strumenti efficaci in tal senso.

L'indagine proposta è stata progettata in modo da riuscire a contemplare diversi fattori di questo tipo, al fine di valutare come e quanto gli studenti sentono

e fanno proprie le discipline studiate, come vengono percepite la scienza e gli scienziati, quali sono i valori e il ruolo che attribuiscono loro. Insomma, quale è e come cambia nel tempo *l'approccio e il rapporto con le scienze e con lo studio*.

Dalle aspettative personali alla valutazione delle esperienze fatte e dell'istruzione ricevuta, passando per la percezione che si ha della scienza in generale, si tratta di una vasta gamma di aspetti che coinvolgono e influenzano quello che viene solitamente definito come "dominio affettivo" [7], determinante anche per valutare l'efficacia della didattica e degli apprendimenti delle scienze.

Analizzare uno spettro tendenzialmente ampio di fattori, che più spesso vengono studiati singolarmente e separatamente, richiede la messa in campo di un approccio dedicato e, per molti versi, inedito. Una possibile strategia individuata è quella di provare a stimolare una *ricostruzione "autobiografica"* del proprio percorso da studente, raccogliendo le informazioni sulle esperienze e gli elementi più importanti e dirimenti *nello studio durante le superiori, durante la fase di orientamento, durante i primi anni di università*, appunto, con un focus sul laboratorio, e nella dimensione culturale più ampia nei *contesti extra-scolastici*.

La modalità di indagine utilizzata è stata quella del *questionario con risposta a scelta multipla* in scala *likert* a 5 punti, una decisione supportata da precedenti studi in letteratura, che confermano questo come uno tra gli strumenti più congeniali per uno studio "descrittivo", volto cioè a fotografare una situazione in un determinato momento e contesto. Il questionario, inoltre, è in genere particolarmente efficace anche nell'individuare le caratteristiche più specifiche di un campione relativamente ampio di partecipanti, per esempio per ciò che riguarda i personali interessi, i talenti, le abilità o gli atteggiamenti relativi ad un evento.

I parametri concettuali presi a riferimento per delimitare e selezionare i contesti e gli eventi di interesse, sono la *motivazione, l'interesse, l'atteggiamento*, intesi nella loro accezione psico-pedagogica nei contesti educativi, di grande attenzione nell'insegnamento delle scienze, con la finalità di facilitare una raccolta il più possibile coerente di informazioni. In effetti, non è sempre agevole riuscire a mettere a punto una procedura di misura vera e propria su questi aspetti, che risulti ponderata e riproducibile, come confermato dalla letteratura disponibile. Concentrare l'attenzione su questi principali parametri "guida", potrebbe quindi facilitare la raccolta e l'interpretazione di informazioni sull'esperienza di studio.

Ne è scaturito un questionario dal titolo "*Studiare scienze, dalle superiori all'università: motivazioni, influenze, difficoltà, successi*", suddiviso in cinque sezioni (una sezione di anagrafica e una sezione per ciascuna delle fasi del percorso individuate, dalle superiori fino ai nuovi contesti di studio) comprendente 39 domande più uno spazio libero per i commenti.

La selezione delle domande è stata ponderata sulla base dei riferimenti con-

cettuali individuati e dei principali *item* esaminati in studi precedenti. Seguendo la traccia della “*narrazione biografica*” impostata, le informazioni cercate fanno capo a: consapevolezza del proprio percorso; rapporto con i docenti e le strutture scolastiche; motivazione; interesse; metodo di studio; autoefficacia; atteggiamento verso la scienza e la cultura scientifica. Considerando la presenza di più aree e, quindi, di più temi, nella formulazione delle domande si è cercato di mantenere come filo conduttore e principale riferimento il rapporto instaurato negli anni tra l'intervistato e lo studio delle scienze.

Nelle Figure 1a e 1b è riportato un esempio di domande relative a una singola sezione, il numero di opzioni di scelta a risposta multipla previste e i principali indicatori di riferimento.

sez II - Le scienze e la chimica alle superiori	opzioni	indicatori
8. La chimica era parte del programma scolastico al:	5	consapevolezza
9. Durante le superiori hai fatto attività di laboratorio al:	6	
10. Prima delle superiori, avevi già incontrato la chimica:	11	
11. Durante le lezioni di scienze, avevi difficoltà a:	6	autoefficacia
12. Il docente di scienze/chimica in genere riusciva ad essere:	2	motivazione, interesse
13. Il libro di testo di chimica utilizzato alle superiori era:	5	metodo di studio; motivazione; interesse
14. A lezione si utilizzavano anche:	5	metodo di studio

Figura 1a. Esempio di domande della sezione II del questionario, dedicata all'esperienza di studio alle superiori

11. Durante le lezioni di scienze/chimica alle superiori, avevi difficoltà:
(1-per niente; 2-poco; 3-neutro; 4-abbastanza; 5-molto)

	1	2	3	4	5
a prestare attenzione in classe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nello studio individuale a casa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Il libro di testo di scienze - chimica in particolare - utilizzato alle superiori:
(1-per niente; 2-poco; 3-neutro; 4-abbastanza; 5-molto)

	1	2	3	4	5
era un riferimento importante a lezione e durante lo studio a casa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aveva contenuti esaustivi e un linguaggio chiaro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 1b. Come appaiono all'intervistato le domande e le opzioni di risposta: un estratto dal modulo del questionario

Con l'obiettivo principale di stimare l'efficacia e la validità dell'indagine messa a punto, è risultato necessario provare a raggiungere un campione sufficientemente ampio e significativo a cui somministrare il questionario. Hanno collaborato allo studio i referenti di corsi di laurea a indirizzo chi-

mico di altri quattro diversi atenei, raggiungendo una coorte complessiva di studenti appartenenti agli atenei di Bologna, Torino, Napoli, Parma e Sassari.

2.1 La popolazione oggetto d'indagine

La raccolta delle risposte ha coperto un periodo complessivo di circa tre mesi, da fine novembre 2023 a febbraio 2024. Hanno partecipato in totale 230 studenti, con un range di età media che si attesta attorno ai 25 anni. Il 60% degli intervistati che hanno risposto al questionario è di sesso femminile. Il 50,8% proviene dal liceo Scientifico, tradizionale o delle Scienze Applicate (LSSA), il 22% circa da IIS Tecnici a indirizzo tecnologico e i restanti distribuiti fra gli altri indirizzi scolastici. I corsi di laurea a maggior affluenza intercettati afferiscono alle classi di Scienze e Tecnologie Chimiche (53%) e Scienze Biologiche e Biotecnologie (27%). Nella Figura 2 sono riportati, oltre a questi dati, esempi di altre informazioni selezionate dall'indagine, utili a rappresentare la popolazione oggetto di analisi.

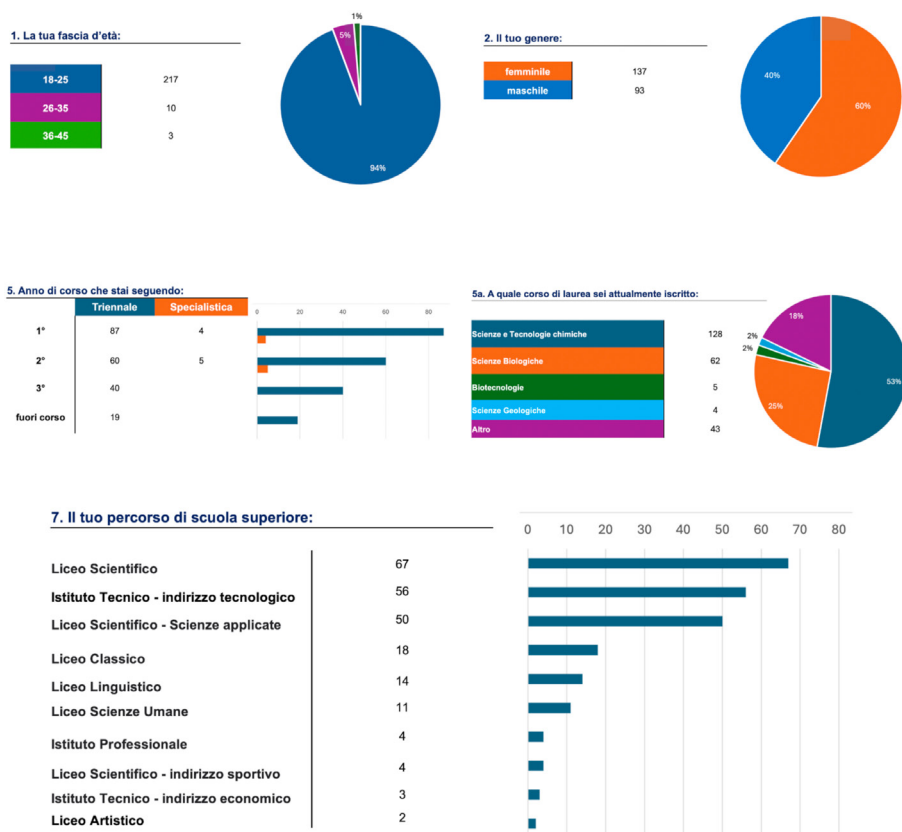


Figura 2. Alcuni risultati dalla sezione I, dedicata ai dati generali di anagrafica

2.2 Primi risultati: partecipazione entusiasta, dati incoraggianti

Sebbene la sua compilazione non richieda un impegno di tempo particolarmente gravoso, la proposta di un questionario che si presenta all'apparenza corposo di domande può far presagire il rischio di non essere accolto con interesse. Il riscontro registrato fin da subito è stato, invece, complessivamente positivo, sia in termini di risposte raccolte che di livello di attenzione mantenuta. La partecipazione delle studentesse e degli studenti intervistati ha mostrato, infatti, un generale interesse a discutere di molteplici aspetti legati alla propria esperienza di studio. Questo è risultato piuttosto evidente valutando sia la percentuale molto alta di questionari completati in tutte le sezioni, che il numero di commenti liberi finali raccolti, caratterizzati da *toni entusiasti* e dal *desiderio manifesto di raccontare qualcosa in più* del proprio vissuto, a cui si è aggiunta l'iniziativa di suggerire delle note critiche sull'impostazione generale delle domande.

Trattandosi di una prima "prova sul campo", tra i principali obiettivi individuati in fase di progettazione, è stata considerata l'opportunità di verificare, in prima battuta, *l'efficacia dell'impianto complessivo*, delle singole sezioni e dei relativi *item*.

L'osservazione di alcuni andamenti generali che confermano la presenza di atteggiamenti più facilmente prevedibili, ma riescono anche ad aggiungere informazioni non scontate, unita alla possibilità di intercettare delle connessioni coerenti tra le risposte, hanno fornito un riscontro positivo in questo senso, mostrando una complessiva buona funzionalità dei gruppi di domande scelte.

Ad esempio, un dato atteso riguarda proprio la distribuzione della popolazione di intervistati, che conferma una prevedibile predominanza nella provenienza dai Licei Scientifici o dagli Istituti Tecnici-Tecnologici, mentre una quota minoritaria, ma comunque non trascurabile, comprende studenti che hanno frequentato altri indirizzi liceali. Anche il dato di prevalenza di genere femminile risulta in linea con le più recenti tendenze relative ai percorsi di studio di tipo STEM [8].

I *contesti educativi e le fonti informali* sono stati per gli studenti un'occasione per nulla secondaria di apertura alla scienza, riconosciuta peraltro già in giovanissima età. In effetti, gli studenti ricordano di aver incontrato e capito cosa fossero le scienze, e la chimica in particolare, non solo durante le scuole primarie e le secondarie di I grado, ma anche, e forse in alcuni casi prima, guardando un film, un programma televisivo, in rete o visitando un museo (Figura 3). Un contributo culturale, questo, che riemergerà chiaramente più avanti durante gli anni universitari, così come il contributo relativamente minoritario della lettura si confermerà in una persistente, bassa propensione a leggere.

10. Prima delle superiori avevi già incontrato la scienze (chim, bio etc):

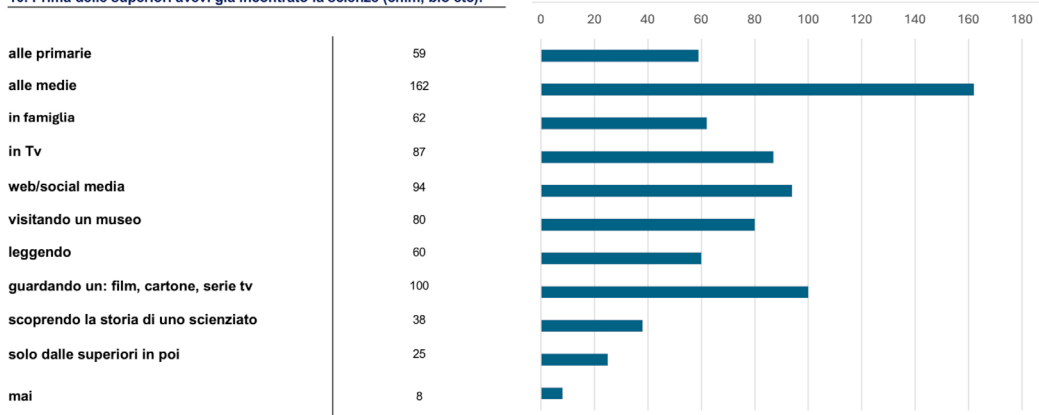


Figura 3. Risultati della domanda n. 10 dalla sezione II, in cui si cerca di mettere a fuoco il “primo incontro” con le scienze, nei contesti *formali e informali*

Il ricordo di quanto fatto durante le scuole superiori (Figura 4) sembra essere rimasto abbastanza vivido per ciò che riguarda lo studio delle scienze, anche quando si richiede di tornare indietro con la memoria fino alle prime classi. Come c’era da aspettarsi, vista anche la scelta fatta all’università, le materie scientifiche sono considerate come tra le più interessanti (48%) e motivanti (31%), ma, complessivamente, anche tra le più difficili! Va tuttavia sottolineato che, in realtà, in risposta alle domande più specifiche circa le eventuali difficoltà incontrate, non sono molti gli intervistati che indicano i livelli più alti, nella scala 1-5, per ciò che riguarda le esperienze e i compiti più complessi, in termini di capacità di concentrazione e comprensione dei concetti scientifici. Ovvero, probabilmente c’è la tendenza a non esporsi troppo nel dichiarare di aver avuto qualche difficoltà. Tuttavia, una reazione diversa si osserva quando si tratta di valutare la propria capacità di applicare, in particolare, le conoscenze matematiche o di fare degli sforzi concettuali che comportano una maggiore astrazione: le difficoltà riscontrate in queste circostanze vengono riconosciute di certo con più convinzione, con uno scarto piuttosto evidente rispetto alle domande precedenti, come emerge sempre dalla Figura 4.

Complessivamente si registra quindi un buon livello di autoefficacia, una consapevolezza delle proprie capacità, in senso positivo, accompagnata da una incertezza per gli aspetti cognitivi più astratti.

Considerando le attività di laboratorio svolte nella scuola secondaria, la chimica risulta essere la disciplina più presente, dopo biologia e fisica. In questo contesto, colpisce il dato di chi dichiara di non aver mai svolto “nessuna esperienza di laboratorio”, mancanza, questa, che viene confermata per tutti gli anni scolastici indicati! La quantità di risposte raccolte in questo senso, inoltre,

fa escludere l'ipotesi che si tratti solo di studenti che provengono da istituti con vocazioni più distanti da quelle tecnologico-scientifiche, dove comunque dovrebbero essere previste delle esperienze di laboratorio.

11. Durante le lezioni di scienze avevi difficoltà:

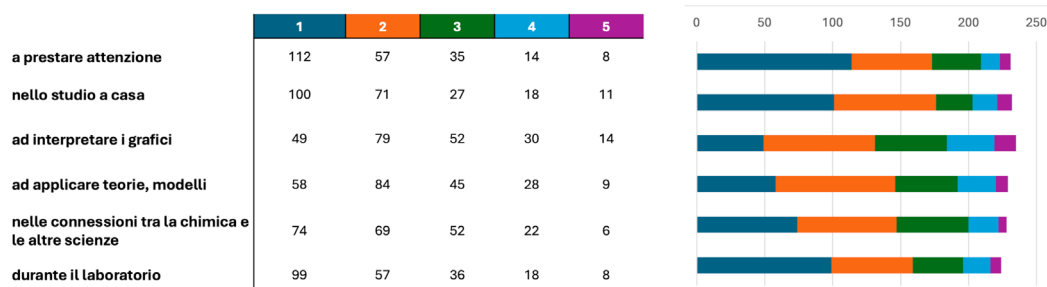


Figura 4. Risultati della domanda n. 11 dalla sezione II: le difficoltà incontrate nello studio durante gli anni delle scuole superiori

Alla figura del docente viene riconosciuto un ruolo importante, anche se forse non esclusivo, in termini di motivazione e di supporto. Anche nella valutazione dei materiali di studio si riesce a intercettare qualche preferenza. Sono i libri di testo, per esempio, il medium che continua a rappresentare un riferimento irrinunciabile, a fronte di una relativa abbondanza di supporti multimediali utilizzati in classe. Del resto, un calo dei valori più alti nelle risposte a domande che prevedono un giudizio sull'esaustività dei contenuti, o sulla presenza di approfondimenti di ricerca e di storia della scienza in questi materiali di studio, potrebbe essere il segnale di una particolare attenzione e di spirito critico, ovvero di un certo interesse, nei confronti dei libri di testo utilizzati.

Una fase molto delicata è certamente quella dell'orientamento, tenendo conto che si tratta comunque di un processo in continua evoluzione, che prosegue durante gli stessi anni di studio universitari. In effetti, il quadro generale di questa indagine riguarda proprio un percorso complessivo di orientamento agli studi. Andando ad analizzare il momento più specifico della scelta degli studi, gli item proposti rivelano che quasi un quarto degli studenti dichiara di aver deciso che corso di laurea intraprendere anche prima del V anno (Figura 5). Ad influenzare la scelta sono principalmente la voglia di fare ricerca, da un lato, e, dall'altro, la prospettiva di una carriera remunerativa. Non manca, tra i fattori determinanti, anche la consapevolezza di essere particolarmente portati per la disciplina caratterizzante il corso scelto, mentre sembrano essere irrilevanti, in questa fase, sia gli esempi dati in famiglia - in relativa controtendenza con i più recenti dati AlmaDiploma [9] - sia il riferimento degli stessi insegnanti delle superiori.

18. Hai scelto di iscriverti a un corso di laurea scientifico perché:

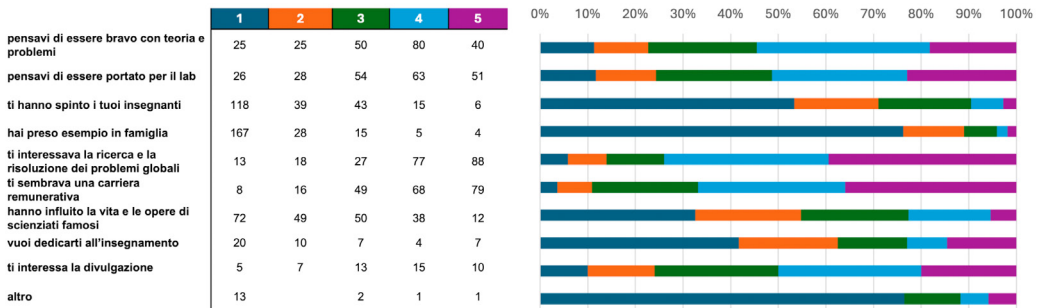


Figura 5. Risultati della domanda n. 18 dalla sezione III, dedicata alla fase di orientamento e scelta degli studi universitari

Una volta approdati all'università, come si evolve il rapporto con lo studio delle scienze? Arrivando al punto nodale dell'indagine, risulta già abbastanza chiaro dai primi dati che c'è la volontà, e la capacità, di riflettere sul proprio percorso, ma non sempre è data loro la possibilità di farlo in modo strutturato e consapevole. Per quanto riguarda le differenze riscontrate rispetto alle precedenti abitudini scolastiche, gli studenti sembrano riconoscere, con convinzione, un *cambio di rotta radicale nel metodo di studio*, soprattutto per quanto riguarda la gestione dei tempi di lavoro (circa 80% ha un punteggio alto, 4-5, per questo aspetto) e per ciò che interessa l'interazione con i colleghi. Va, tuttavia, rilevata anche una quota non trascurabile (circa il 30%) che dichiara di non riscontrare in effetti molta differenza con l'esperienza delle superiori. I materiali di studio più utilizzati rimangono le *dispense* fornite dai docenti e *gli appunti* di lezione, confermando un'abitudine ormai piuttosto consolidata nella routine degli studi universitari. Ciononostante, risultano abbastanza alti anche i valori *likert* relativi all'uso dei *libri di testo*, tra il 40-50 % nei valori medio-alti. Un dato questo che, a ben vedere, sarebbe riduttivo interpretare come una mera, sporadica eccezione, perché potrebbe invece segnalare l'insorgere di interessi o di esigenze non pienamente soddisfatti. Agli intervistati viene, infatti, anche chiesto di esprimersi con qualche giudizio un po' più critico nello specifico dei contenuti dei libri di testo previsti nei programmi dei corsi, analogamente a quanto fatto nella sezione dedicata alle superiori. Emerge una valutazione complessivamente positiva, dal momento che nei libri, a quanto pare, viene notata per esempio una maggiore ricchezza di contenuti e uno stile in generale più aggiornato. Come per gli altri punti toccati dall'indagine, è necessario essere prudenti nel giungere a interpretazioni estendibili anche ad altri contesti. Tuttavia, è pur vero che si registra la disponibilità e

una certa voglia di consultare i libri di testo, mentre, forse anche su invito dei docenti, più spesso ci si limita a utilizzare i materiali di studio di altro tipo, quali dispense o appunti di lezione.

Arrivando al *laboratorio*, si intercetta una prevalenza nel mostrare confidenza e sicurezza nelle nuove e più impegnative esperienze pratiche, così come nelle risposte che esprimono una valutazione delle proprie capacità e il rendimento durante le superiori. Va tuttavia anche sottolineato che è il 30% circa degli intervistati, una quota da non sottovalutare, a dichiarare di avere riscontrato difficoltà e complicazioni “medie” nelle attività di laboratorio all'università, oppure, anche, di avere nel frattempo mutato parzialmente il proprio atteggiamento durante la didattica laboratoriale, o di aver rielaborato l'idea, l'immagine di riferimento avuta fino a quel momento dell'ambiente del laboratorio.

Si tratta in gran parte, è bene ricordarlo, di studenti che sono da poco inseriti nel circuito universitario e che potranno, quindi, modificare ancora e ulteriormente il loro approccio allo studio, il metodo di lavoro, la manualità, *le aspettative sull'università e le opinioni a riguardo della scienza*, che, almeno in questa fase del percorso, sembrano essere mediamente in crescita.

L'ultima parte dell'indagine, dedicata agli interessi e alle attività culturali extra studio, va a toccare degli aspetti più solitamente analizzati separatamente dalla dimensione del lavoro individuale, in aula o in laboratorio, ma che finiscono inevitabilmente per avere un impatto non trascurabile anche nell'impegno e nel rendimento nello studio. La *cultura scientifica* in senso generale, incontrata e coltivata quindi anche oltre l'ambiente universitario, risulta in effetti avere una indubbia importanza per gli studenti. Gli intervistati (più del 50%) ritengono che comunicare e dibattere di scienza fuori dal contesto accademico vanno considerate come pratiche irrinunciabili e utili per la società tutta, ma al tempo stesso non gestibili da chiunque, poiché sarebbe preferibile, per chi intende occuparsene, poter contare su delle *conoscenze e competenze di base*, come, per esempio, avere dimestichezza con la matematica, conoscere il metodo scientifico e le dinamiche della ricerca, aver maturato esperienza sul campo in laboratorio. Insomma, si predilige la provenienza da un percorso di formazione in ambito scientifico pregresso e consolidato, interpretando di conseguenza le attività di comunicazione della scienza, declinate in varie forme, importanti per il vasto pubblico, ma, di fatto, elitarie.

Il tempo libero dallo studio viene impiegato maggiormente ascoltando musica, l'uso dei social e le interazioni umane *dal vivo* hanno mediamente pari importanza, mentre il *tempo dedicato alla lettura* compare impietosamente *in fondo alla classifica*, un dato piuttosto scoraggiante: il 24% dichiara di *leggere molto poco o non leggere affatto* durante l'arco di un anno (Figura 6)!

35. Mediamente, ogni anno quanti libri leggi:

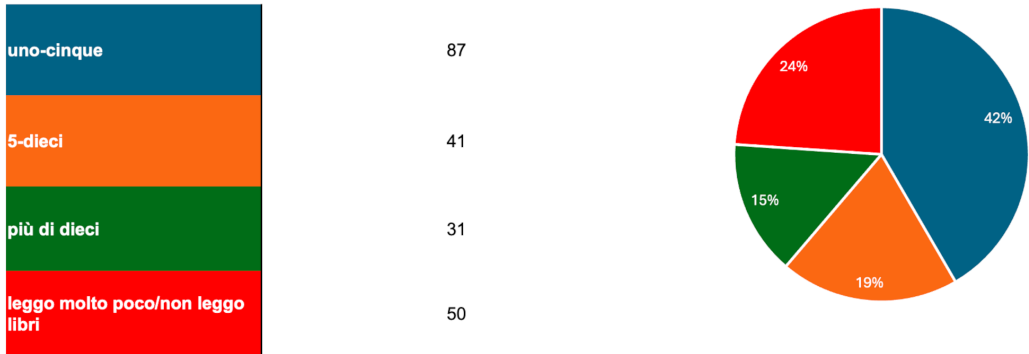


Figura 6. Dalla sezione V, l'ultima del questionario, dedicata agli input culturali *informali*: il rapporto con la lettura

Sebbene questi dati confermino dei segnali già individuati nella prima parte dell'indagine, si tratta di una rivelazione comunque preoccupante, considerando che da parte di studenti universitari ci si aspetterebbe forse una maggiore propensione alla lettura. È, comunque, possibile definire dei generi preferiti anche quando si tratta di scegliere un libro, così come per la selezione di film e serie TV. Tra questi prevalgono, come da tradizione, l'avventura, l'azione e, naturalmente, in particolare se si tratta di serie televisive, la fantascienza, dove la rappresentazione dello scienziato è valutata essere il più delle volte mitizzata o ad ogni modo non del tutto rispondente alla realtà. I lettori relativamente più assidui sembrano tuttavia preferire le graphic novel, il fantasy, ma anche i saggi. Tra le fonti scelte per informarsi primeggiano, senza grosse sorprese, la rete, i social media, e i canali multimediali più in voga, come i podcast, e si preferiscono argomenti di attualità e cronaca, svago e cultura generale oltre, naturalmente, a quelli scientifici.

Alla domanda finale sul valore che può avere la lettura o la visione di contenuti a tema scientifico in momenti extra-studio (Figura 7), la maggior parte degli intervistati ritiene che sia uno stimolo a fare meglio, complessivamente arricchente e in definitiva utile. Si può ben dire quindi che nel tempo si è stabilito un qualche legame, abbastanza evidente e consolidato, con i contesti più informali, che permane anche durante l'esperienza di studio nei corsi di laurea a indirizzo scientifico. Al contempo, si registra a volte anche la volontà di tenere separate le due dimensioni, *formale* (istituzioni scolastiche e universitarie) e *informale* (comunicazione, informazione, cultura scientifica generale), non nascondendo la predisposizione a riconoscere una certa "gerarchia", con priorità al contesto accademico, pur attribuendo valore ai prodotti culturali più divulgativi.

38. Se hai bisogno di approfondire altri argomenti di scienza, ricorri a:

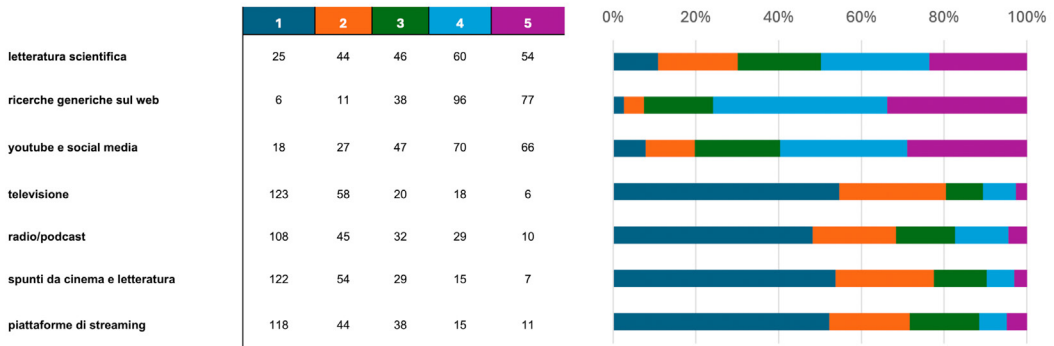


Figura 7. Dalla sezione V: le fonti di riferimento per l'approfondimento di argomenti *extra*

3. Considerazioni conclusive

In definitiva, l'approccio di indagine proposto ha mostrato una complessiva efficacia in termini di risposta dei partecipanti e nella sua praticabilità al fine di individuare alcune tra le *principali tendenze* di opinione e di atteggiamento verso le scienze che caratterizzano gli studenti e le studentesse e per mettere a fuoco degli *spunti utili per gli insegnanti*. I risultati evidenziano un quadro molto articolato e complesso, anche in virtù della varietà di temi trattati, e suggeriscono, quindi, di estendere l'indagine, considerando l'utilità che studi di questo tipo possono avere, non solo al fine di affinare le strategie orientative, ma anche per le possibili ricadute che possono trarsi per migliorare le modalità e gli approcci didattici durante i primi anni di studio universitario. Il contesto di appartenenza degli intervistati risulta essere un elemento a cui prestare particolare attenzione: proponendo, per esempio, lo stesso questionario in una coorte più piccola, con diversa distribuzione anagrafica o di genere, si potrebbero verosimilmente anche registrare dei dati e delle tendenze ben diverse. Future somministrazioni terranno di certo conto di opportuni correttivi per implementare gli incoraggianti risultati ottenuti finora.

Ringraziamenti

Si ringraziano, per la loro partecipazione all'indagine qui descritta, la Prof.ssa Elena Ghibaudi dell'Università degli Studi di Torino, il Prof. Francesco Sansone dell'Università degli Studi di Parma, il Prof. Sergio Stoccoro dell'Università degli Studi di Sassari e i Prof. Francesco Ruffo e Aniello Coppola dell'Università degli Studi di Napoli.

Riferimenti

- [1] E. Ghibaudi, F. Turco, G. Ieluzzi, Luigi Cerruti: la chimica come impegno civile. *Rend. Acc. Naz. Sci., Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica, Matematica e Scienze Naturali*, 2022, 140°, Vol. III, fasc. 1, pp. 137-147.
- [2] Decreto del Ministro dell'Istruzione e del Merito, 22 dicembre 2022, n. 328, concernente l'adozione delle Linee guida per l'orientamento, relative alla riforma 1.4 "Riforma del sistema di orientamento", nell'ambito della Missione 4 - Componente 1- del Piano nazionale di ripresa e resilienza.
- [3] A. Tomlinson, A. Simpson, C. Killingback, Student expectations of teaching and learning when starting university: a systematic review, *J. Furth. High. Educ.*, 2023, **47**(8), 1054-1073 (<https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=10.1080%2F0309877X.2023.2212242&ie=UTF-8&oe=UTF-8>).
- [4] V. L. O'Donnell, M. Kean, G. Stevens, Student transitions in higher education: concepts, theories and practices, in *Higher Education Academy. Transforming teaching inspiring learning*, University of the West of Scotland, 2016 (https://s3.eu-west-2.amazonaws.com/assets.creode.advance-he-document-manager/documents/hea/private/resources/student_transition_in_higher_education_1568037357.pdf).
- [5] S. Zappoli, E. Scavetta, Facing the Didactic Emergency During Covid-19 Pandemic in an Analytical Chemistry Laboratory, in *Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online. HELMeTO 2020.23.22. Communications in Computer and Information Science* (Eds. G. Fulantelli, D. Burgos, G. Casalino, M. Cimitile, G. Lo Bosco, D. Taibi), Springer Nature, 2023, vol 1779, 446-458 (<https://www.springerprofessional.de/en/facing-the-didactic-emergency-during-covid-19-pandemic-in-an-ana/25303892>).
- [6] S. Zappoli, M. Venturi, E. Scavetta, A. Lesch, Sperimentazione di percorsi didattici innovativi in ambito universitario: due esempi, in *I tanti volti della chimica - Percorsi innovativi per insegnarla e comprenderla* (a cura di E. Aquilini, E. Ghibaudi, M. Venturi, G. Villani), CLUEB, Bologna, 2024, 357-375.
- [7] M. Pickering, The teaching laboratory through history, *J. Chem. Educ.*, 1993, **70**, pp. 699-700.
- [8] L. Perin, Ultimi dati su scienza e istruzione in Italia, con un focus su women e STEM, *FBK Magazine*, 27 febbraio 2024 (<https://magazine.fbk.eu/it/news/ultimi-dati-su-scienza-e-istruzione-in-italia-con-un-focus-su-women-in-stem/>).
- [9] G. Fregonara, O. Riva, AlmaDiploma, quasi un diplomato su due è pentito della scuola scelta. E l'università la scelgono i genitori, *Corriere della Sera*, 29 febbraio 2024 (https://www.corriere.it/scuola/maturita/24_febbraio_29/almadiploma-quasi-diplomato-due-pentito-scuola-scelta-l-universita-scelgono-genitori-7be7562c-d653-11ee-a778-923fd35bfe17.shtml).

Colorimetria e cinetica di soluzioni di solfato di rame

Laura Fortunato e Ilaria Turturiello
IISS Cezzi De Castro Moro, Maglie (Lecce)
e-mail: laura.fortunato@outlook.com

Con la collaborazione degli alunni della II A dell'indirizzo Costruzione, Ambiente e Territorio (CAT): E. V. Blasi, B. Colizzi, M. Corvaglia, G. A. D'Aquino, G. P. De Santis, G. De Vito, C. Fachechi, A. Fanciullo, F. P. Giannetta, L.M. Leanza, A. Muscatello, A. L. Placido, J. P. Santese, A. P. Toma, N. Vizzino, A. Zaminga

Abstract. Can the variation in the concentration of a CuSO_4 solution be measured either as a change in absorbance or as a change in the color of the solution? Additionally, is measuring the temperature change during an exothermic reaction a good approach to study the kinetics of a reaction as the concentration of a reactant varies? These are the two research questions that emerged during laboratory activities with the students of class II A (CAT) at the IISS Cezzi De Castro Moro in Maglie (Lecce), which led to the scientific investigation presented in this work.

Keywords: didattica laboratoriale; colorimetria; cinetica; effetto della temperatura

1. Introduzione

Quando la didattica laboratoriale arricchisce il metodo del learning by doing, ovvero l'apprendimento attraverso il fare, con attività prettamente rispondenti alle domande degli studenti, allora si crea un processo di apprendimento partecipativo ancora più incentrato sullo studente.

Il lavoro proposto in questo articolo è una risposta a quelle che sono state le riflessioni e le domande degli studenti della II A dell'indirizzo Costruzione, Ambiente e Territorio (CAT) dell'Istituto Cezzi De Castro Moro di Maglie (LE), durante le lezioni teoriche sull'assorbanza di soluzioni acquose e sulle modalità di calcolo della velocità di una reazione.

In dettaglio, tale lavoro punta a chiarire la relazione tra l'assorbanza e il colore di una soluzione e a studiare la cinetica delle reazioni chimiche attraverso l'analisi della variazione della temperatura.

Questi obiettivi sono stati raggiunti all'interno di due attività sperimentali condotte nel laboratorio scolastico, orientate a un apprendimento pratico e partecipativo.

Oltre alle competenze scientifiche e sperimentali, gli alunni hanno avuto la possibilità di acquisire competenze nell'uso di strumenti di misura avanzati (data

logger, colorimetro, sensore di temperatura), nell'utilizzo di risorse tecnologiche per la ricerca (motori di ricerca accademici e strumenti di intelligenza artificiale) oltre a sviluppare competenze critiche e riflessive come la capacità di formulare ipotesi, riflettere e indagare su questioni scientifiche complesse.

La riflessione stimolo della prima sperimentazione è focalizzata sull'esistenza o meno di una relazione tra l'assorbanza di una soluzione acquosa e l'intensità del suo colore.

In letteratura, per determinare la concentrazione incognita di una soluzione, si misura sia l'assorbanza [1] che la tonalità del colore di questa soluzione [2].

Una variazione della concentrazione delle soluzioni, infatti, comporta sia una variazione del valore dell'assorbanza sia una variazione del colore di tali soluzioni. L'obiettivo di tale lavoro è capire se la variazione della concentrazione, misurata come variazione dell'assorbanza, ha lo stesso andamento della variazione della concentrazione, misurata come variazione di colore, e, inoltre, dedurre se tali misure possono essere usate indistintamente.

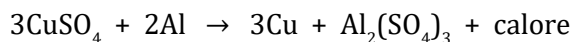
Per determinare la variazione di colore è stato utilizzato il metodo HSL (Hue, Saturation, Lightness), in quanto, a differenza di quello RGB, consente di distinguere fra le varie tonalità del colore e, secondo quanto riportato in alcuni lavori [3], può sostituire il concetto di assorbanza in determinati intervalli di concentrazione delle soluzioni (non troppo diluite, né concentrate).

Le soluzioni acquose usate nella sperimentazione contengono, come soluto, il solfato di rame (o solfato rameico, CuSO_4) che è un composto chimico molto solubile in acqua capace di dare soluzioni con una marcata colorazione blu. Questa proprietà lo rende particolarmente adatto in esperimenti chimici in cui è utile la variazione della tonalità di colore.

La seconda domanda di ricerca è scaturita durante lo studio dei fattori che influenzano la cinetica di una reazione chimica. L'obiettivo della sperimentazione è verificare se la misurazione della variazione di temperatura durante una reazione esotermica è un buon approccio per studiare la cinetica di una reazione al variare della concentrazione di un reagente.

Anche per questa seconda sperimentazione, la reazione chimica studiata ha coinvolto il solfato di rame (CuSO_4), che in soluzione acquosa libera ioni rame (Cu^{2+}) e ioni solfato (SO_4^{2-}). Come secondo reagente è stato usato l'alluminio (Al).

La reazione può essere rappresentata come segue:



La reazione comporta l'ossidazione dell'alluminio e la riduzione dello ione rame (Cu^{2+}) con rilascio di calore. L'alluminio metallico, infatti, appena immerso in una soluzione di CuSO_4 , passa in soluzione come ione alluminio (Al^{3+}). Nel frattempo, lo ione rame (Cu^{2+}), presente nella soluzione di solfato di rame, passa allo stato metallico (Cu).

La reazione procede solo con l'aggiunta di cloruro di sodio (NaCl), il sale da cu-

cina, e il motivo consiste nel fatto che l'alluminio, quando esposto all'aria, forma naturalmente un sottile strato di ossido di alluminio (Al_2O_3) sulla sua superficie che lo protegge e gli impedisce di reagire con sostanze chimiche, come il solfato di rame. Quando si aggiunge il sale da cucina alla soluzione, esso si dissocia nei suoi ioni e gli ioni cloruro (Cl^-) derivanti sono in grado di interagire con lo strato di ossido di alluminio, indebolendolo e disgregandolo. Una volta che lo strato di ossido è rimosso, l'alluminio metallico sottostante può partecipare alla reazione chimica presa in esame, che è esotermica, in quanto rilascia energia sotto forma di calore.

Per determinare la velocità di reazione si può seguire l'andamento nel tempo di una qualsiasi grandezza misurabile che varia in funzione della concentrazione dei reagenti o dei prodotti, come massa, volume o variazioni di colore [4]. Essendo la reazione esotermica, si è deciso di misurare la velocità di tale reazione considerando l'andamento della temperatura nel tempo.

La velocità di una reazione chimica, inoltre, è influenzata dalla concentrazione dei reagenti.

L'obiettivo del lavoro è verificare se la misurazione della variazione di temperatura durante una reazione esotermica è un buon approccio per studiare la velocità di reazione al variare della concentrazione di un reagente.

Per la ricerca bibliografica su questo vasto argomento, oltre all'utilizzo del classico motore di ricerca Google Scholar [5], agli alunni è stato proposto l'utilizzo di strumenti di Intelligenza Artificiale come Elicit [6], al fine di effettuare una cernita degli articoli maggiormente rispondenti all'obiettivo di ricerca. Si è dedotto che gli studi selezionati, particolarmente ampi, analizzano come la variazione della temperatura nelle reazioni esotermiche interviene nella misurazione della velocità di reazione, soprattutto attraverso il calcolo della "costante cinetica", fondamentale parametro dipendente dalla temperatura, presente nella formula della velocità di reazione [7].

2. Raccolta dati

La prima domanda di ricerca mira a verificare se la misurazione della variazione della concentrazione di soluzioni di CuSO_4 , effettuata attraverso la variazione dell'assorbanza di tali soluzioni, è correlata alla stessa misurazione effettuata attraverso la variazione dell'intensità del colore.

Quando una radiazione elettromagnetica attraversa una soluzione, alcune lunghezze d'onda vengono assorbite dalle molecole presenti nella soluzione stessa.

L'assorbanza è una grandezza che misura la capacità di una soluzione di assorbire la luce a una determinata lunghezza d'onda.

L'assorbimento di energia è quindi strettamente dipendente dalla struttura molecolare.

La legge di Beer-Lambert stabilisce che l'assorbanza (A) è proporzionale alla concentrazione (C) del soluto e alla lunghezza del percorso ottico (l):

$$A = \varepsilon \times l \times C$$

dove A è l'assorbanza, ϵ è il coefficiente di assorbimento molare ($M^{-1}cm^{-1}$) specifico per ciascun composto a una data lunghezza d'onda, l è il cammino ottico (spessore della cuvetta) e C è la concentrazione del soluto.

Nelle indagini i primi due fattori rimangono costanti in modo da verificare che il cambiamento dell'assorbanza è direttamente collegato alla concentrazione della soluzione.

Solitamente si misura l'assorbanza di soluzioni a titolo noto per determinare la concentrazione di una soluzione incognita per interpolazione, riportando i valori sperimentali su un grafico che presenta in ascissa la concentrazione di tali soluzioni e in ordinata l'assorbanza [1].

Per misurare l'assorbanza è stato utilizzato il setup sperimentale del colorimetro della Data Harvest [8].

Il colorimetro che è un dispositivo che misura l'assorbimento di una soluzione a una specifica lunghezza d'onda della luce.

In 4 matracci da 100 ml e uno da 50 ml sono state preparate delle soluzioni a concentrazione nota di $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. La quantità di soluto da utilizzare, per raggiungere la concentrazione voluta, è stata calcolata partendo dalle concentrazioni selezionate (0,1 M - 0,15 M - 0,2 M - 0,25 M - 0,3 M), e dal volume delle varie soluzioni (corrispondente al volume dei matracci utilizzati: 100 ml e 50 ml) [9].

Dopo aver pesato la quantità di soluto necessarie (Figura 1) sono state preparate le soluzioni relative alle concentrazioni assegnate (Figura 2) e inserite nelle cuvette di misura del colorimetro.

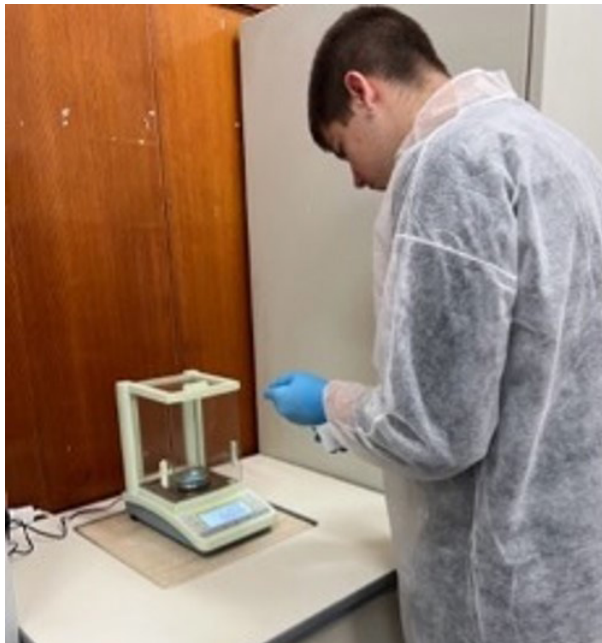


Figura 1. Pesata del solfato di rame



Figura 2. Le soluzioni a concentrazione nota

Il setup sperimentale della Data Harvest (Figura 3), fornito dalla scuola, consta di un data logger, un colorimetro, 4 filtri, 5 cuvette in cui abbiamo versato le 5 soluzioni di solfato di rame.

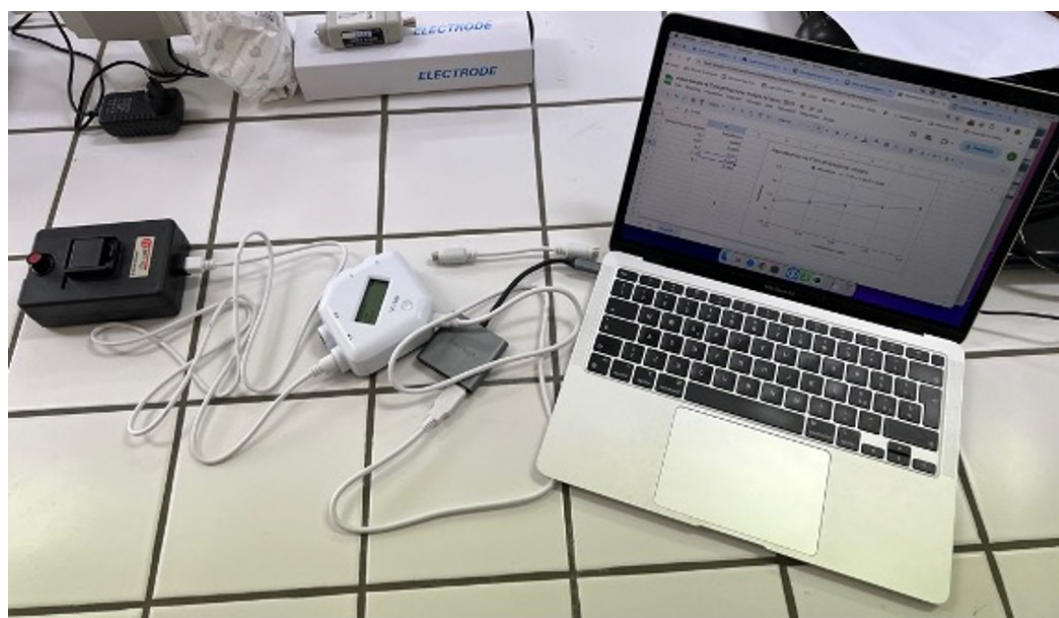


Figura 3. Setup sperimentale della Data Harvest per la misurazione di assorbanza

Secondo quanto riportato sul manuale di istruzioni del colorimetro, come standard di riferimento è stata utilizzata la soluzione di CuSO_4 più concentrata

che, agendo sulla manopola di controllo, forniva una lettura di assorbanza pari a 0,7. In ogni misurazione è stato posizionato il filtro rosso in dotazione (scelto in quanto dava la maggiore intensità di radiazione assorbita) nella fessura anteriore del colorimetro. Inoltre, in ogni misurazione le cuvette contenenti la soluzione da analizzare sono state inserite nel colorimetro.

Per l'acquisizione e la visualizzazione dei dati è stato usato il software scientifico EasySense2 dal quale i dati sono stati esportati in formato .csv e analizzati con un foglio di calcolo Excel, al fine di ottenere il grafico dell'assorbanza in funzione della concentrazione delle soluzioni di solfato di rame.

Il colore di una soluzione dipende dalle lunghezze d'onda della luce che essa assorbe o trasmette. Ad esempio, una soluzione che assorbe principalmente lunghezze d'onda blu apparirà di colore giallo (poiché il blu è assorbito e il giallo è trasmesso).

La scala RGB (Rosso, Verde, Blu) è comunemente utilizzata per rappresentare i colori in formato digitale. Tuttavia, tale modello non è direttamente correlato alla lunghezza d'onda della radiazione in quanto rappresenta solo la quantità di ciascun colore primario (rosso, verde, blu) presente in un determinato colore.

In questo lavoro si è utilizzato il metodo HSL che permette di definire i colori in base alla loro tonalità (colore), saturazione (intensità) e luminosità (luminosità).

La tonalità (Hue) indica il colore specifico sulla ruota dei colori (ad esempio, rosso, verde, blu); è un valore in gradi sulla ruota dei colori da 0 a 360. Ad esempio, 0 (o 360) corrisponde al rosso, 120 al verde e 240 al blu.

La saturazione (Saturation) misura l'intensità del colore. Valori più alti indicano colori più vividi, mentre valori più bassi si avvicinano al grigio; è un valore percentuale da 0% a 100%: 100% rappresenta il colore pieno, senza sfumature di grigio, 0% è completamente grigio e, quindi, non si vede più il colore.

La luminosità (Lightness) rappresenta la luminosità del colore. Valori più alti sono più chiari, mentre valori più bassi sono più scuri quindi 0% corrisponde a un'assenza di luce (scuro), 50% significa che la quantità di luce presente è la metà di quella completa (né scuro né chiaro) e 100% corrisponde alla presenza di luce completa.

L'HSL, quindi, è un modello di colore che tiene conto della tonalità del colore. Quando la concentrazione di una sostanza colorata aumenta, la tonalità del colore cambia.

Utilizzando le stesse 5 soluzioni di solfato di rame pentaidrato usate per la misura dell'assorbanza, si è proceduto alla misurazione dell'HSL attraverso l'utilizzo dell'applicazione "Colorassist" installata sullo smartphone.

Secondo le indicazioni della brochure "Smartphones in Science Teaching" [3], ogni matraccio è stato posizionato su un foglio di carta bianca a 14 cm dalla posizione in cui è stato fissato lo smartphone. Un altro foglio di carta bianca,

posizionato a 4 cm di distanza dal matraccio, ha costituito lo sfondo della sperimentazione.

La telecamera dello smartphone è stata puntata sulla parte più larga del matraccio (Figura 4). Per ogni matraccio è stato annotato il valore HSL che è stato riportato su un foglio di calcolo Excel in funzione della concentrazione molare delle soluzioni analizzate.

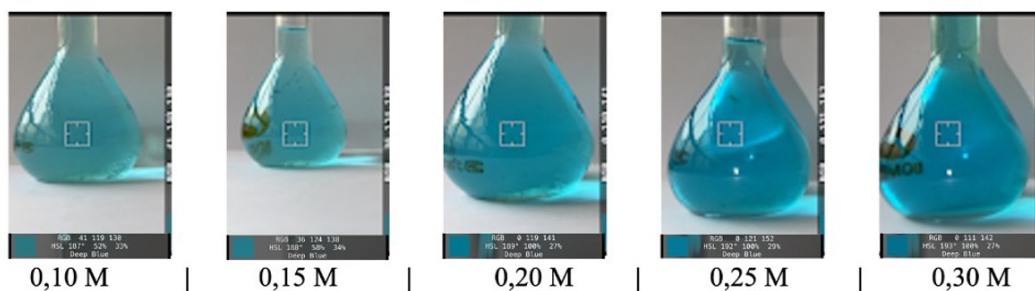


Figura 4. Misura del colore delle soluzioni di solfato di rame con il metodo HSL

La seconda domanda di ricerca studia la cinetica di una reazione esotermica misurandone la temperatura e verificando l'influenza della concentrazione dei reagenti sulla velocità di reazione.

La velocità di una reazione è la variazione della concentrazione molare dei reagenti, $\Delta[R]$, o dei prodotti, $\Delta[P]$, nell'intervallo di tempo Δt :

$$v = \frac{\Delta[P]}{\Delta t} = \frac{\Delta[R]}{\Delta t}$$

La reazione considerata è esotermica, in quanto rilascia calore sotto forma di energia termica. Tale energia viene prodotta durante la formazione dei prodotti in seguito alla rottura dei legami nei reagenti e la formazione di nuovi legami nei prodotti. Quindi, per misurare la velocità di reazione, invece di considerare la variazione della concentrazione molare dei reagenti o dei prodotti, si è deciso di considerare la variazione di temperatura di tale reazione nel tempo.

La velocità di una reazione chimica è, inoltre, influenzata dalla concentrazione dei reagenti. Se la concentrazione di un reagente aumenta, la probabilità di collisioni efficaci tra le molecole di reagente aumenta, e, di conseguenza, la velocità della reazione aumenta. Si è, quindi, voluto constatare la variazione di temperatura di tale reazione anche al variare della concentrazione iniziale di un reagente.

Per misurare la variazione di temperatura durante la reazione chimica è stato utilizzato il sensore di temperatura della Data Harvest [10].

Sono state preparate delle soluzioni di solfato di rame a diverse concentrazioni (0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, 0,6 M e 0,8 M) e una soluzione di cloruro di sodio 3 M.

Sono stati ritagliati dei fogli di alluminio di dimensioni 10 cm × 10 cm che sono stati ripiegati più volte al fine di poterli inserire nei becher contenenti le soluzioni.

Partendo dalla soluzione a concentrazione minore di CuSO_4 , si è versata la soluzione di cloruro di sodio nel becher ed è stato inserito il sensore di temperatura. Appena l'alluminio metallico è stato immerso nella soluzione risultante si è partiti con l'effettuare la misura della temperatura durante tutto il corso della reazione (Figura 5).

Quando l'alluminio reagisce con il solfato di rame si osserva, infatti, un aumento di temperatura dovuto al rilascio di calore durante la reazione esotermica [11]. Durante il corso della reazione, come si evince dalla figura 6, la soluzione, inizialmente dal colore azzurro, si è fatta sempre più scura a mano a mano che l'alluminio è passato in soluzione e il rame è diventato metallico, depositandosi sotto forma di grumi sul fondo del becher.



Figura 5. Setup sperimentale della Data Harvest per la misurazione di temperatura: una soluzione di CuSO_4 , una soluzione di NaCl e un foglietto di alluminio

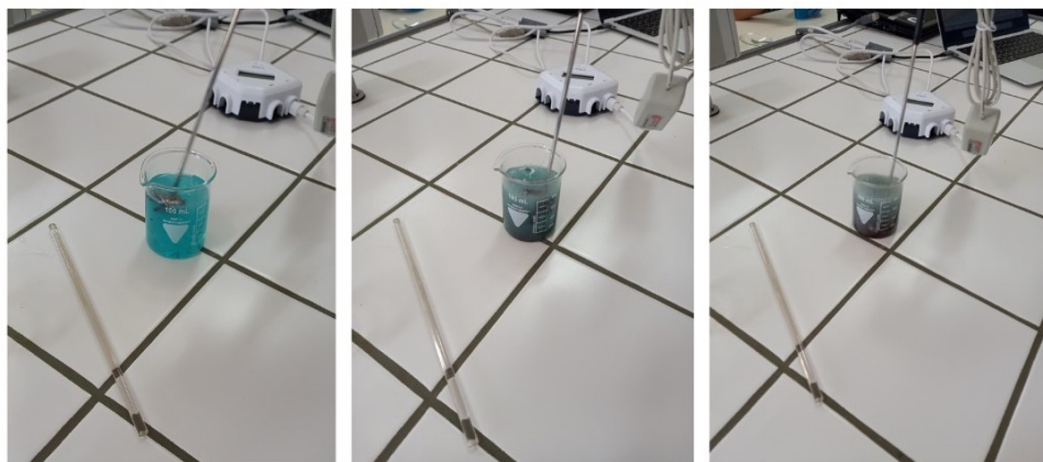


Figura 6. Vari step della reazione

Tale procedura è stata ripetuta per tutte le soluzioni di solfato di rame a diversa concentrazione.

Sulla base dei calcoli stechiometrici effettuati, usando la soluzione di solfato di rame 0,6 M, la reazione avviene alla quantità stechiometrica.

Usando il software scientifico EasySense2, i dati sono stati esportati in formato .csv e analizzati con un foglio di calcolo Excel, al fine di ottenere il grafico che riporta la variazione di temperatura durante il corso della reazione in funzione del tempo. Tale grafico è stato ottenuto per ogni soluzione di solfato di rame analizzata.

3. Analisi dei dati e risultati

La misurazione dell'assorbanza, seguendo la legge di Lambert-Beer, ha portato a un grafico di assorbanza in funzione della concentrazione di solfato di rame con andamento lineare crescente (Figura 7a). Infatti, aumentando la concentrazione di una sostanza colorata in una soluzione, l'assorbanza aumenta. Questo perché più molecole assorbenti sono presenti, più luce verrà assorbita.

Anche la misurazione del valore HSL delle soluzioni presenti in ogni matraccio, in funzione della concentrazione molare delle soluzioni analizzate ha riportato un andamento lineare crescente (Figura 7b). Una soluzione di solfato di rame ha infatti una tonalità di colore blu. Aumentando la concentrazione di una soluzione la tonalità si sposta verso tonalità più intense di blu.

Come espresso precedentemente, una variazione della concentrazione delle soluzioni, infatti, comporta sia una variazione del valore dell'assorbanza sia una variazione del colore di tali soluzioni. Dai grafici ottenuti la variazione della concentrazione misurata come variazione dell'assorbanza ha lo stesso andamento della variazione della concentrazione misurata come variazione di colore. I coefficienti angolari delle due rette risultano, però, diversi.

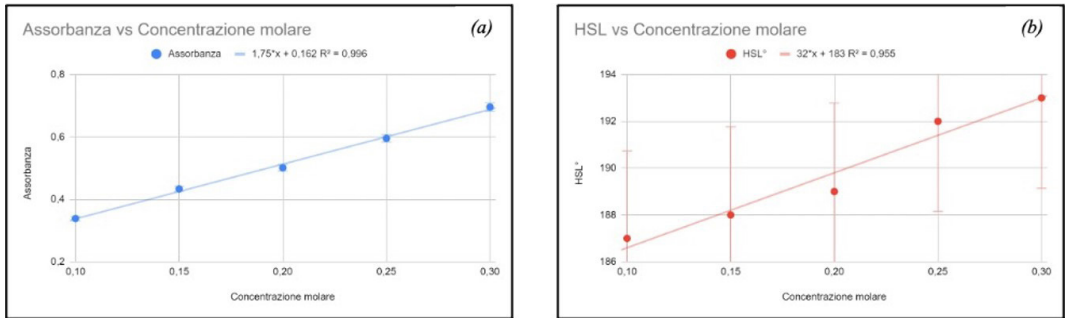


Figura 7. Grafico dell'assorbanza (a) e del valore HSL (b) in funzione della concentrazione molare delle soluzioni di solfato di rame

Per quanto riguarda i dati raccolti durante la reazione esotermica della seconda sperimentazione, al fine di ricavare la velocità di tale reazione, si sono riportati i valori della temperatura rispetto al tempo per ognuna delle soluzioni a diversa concentrazione (Figura 8). Ad ogni concentrazione corrisponde una curva di un determinato colore.

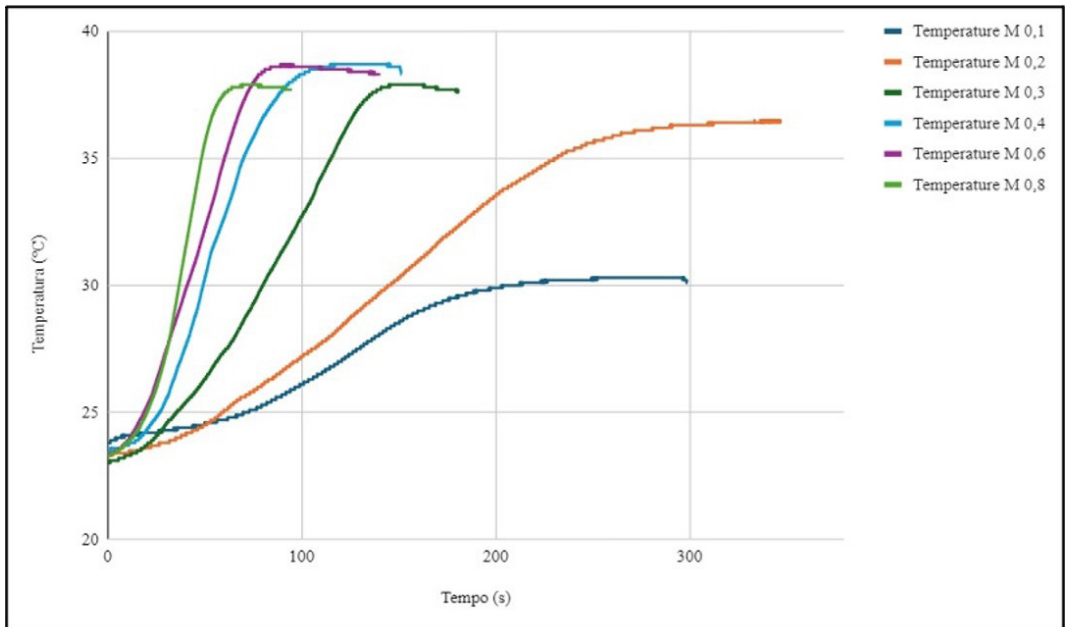


Figura 8. Grafico della temperatura in funzione del tempo per ognuna delle soluzioni a diversa concentrazione

Negli istanti iniziali della reazione, l'aumento di temperatura è minimo, ma, con il passare del tempo, la temperatura aumenta fino ad arrivare ad un valore massimo. Tale valore è la temperatura finale dei prodotti che indichiamo come T_{\max} . Successivamente si nota una situazione di stabilità, a volte seguita da un graduale abbassamento di tale temperatura.

Ipotizzando di calcolare la velocità di reazione misurando la pendenza delle curve di figura 8 attraverso la funzione "pendenza" di Excel, si ottiene il grafico di figura 9(a) in cui si evidenzia una relazione tra concentrazione delle soluzioni di solfato di rame e velocità della reazione. Maggiore è la concentrazione del reagente CuSO_4 , maggiore è la velocità della reazione.

Nel grafico di figura 9(b) si riportano i valori della temperatura T_{\max} in funzione della concentrazione molare delle soluzioni di solfato di rame: la T_{\max} aumenta all'aumentare della concentrazione del reagente fino al raggiungimento di un valore massimo corrispondente alla quantità stechiometrica (0,6 M). Oltre tale valore, la temperatura finale dei prodotti diminuisce.

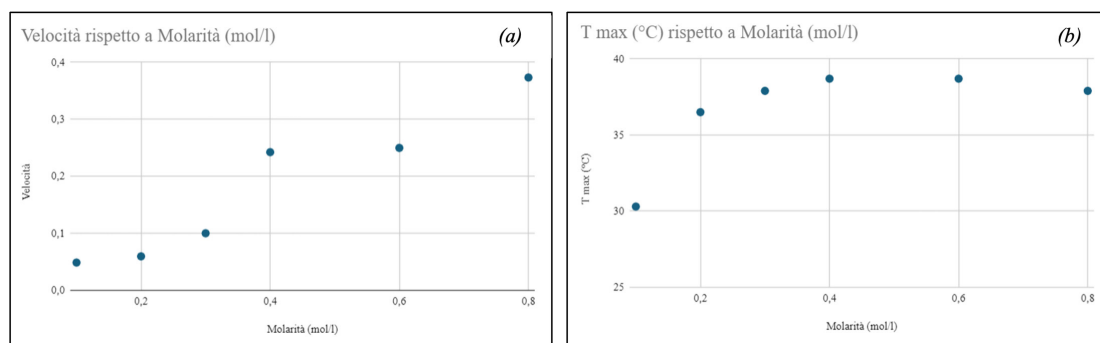


Figura 9. Grafico della velocità (a) e del valore di T_{\max} (b) in funzione della concentrazione molare delle soluzioni di solfato di rame

4. Conclusioni

La prima sperimentazione è servita a capire se la variazione della concentrazione misurata come variazione dell'assorbanza ha lo stesso andamento della variazione della concentrazione misurata come variazione di colore, e, inoltre, a dedurre se tali misure possono essere usate indistintamente.

Analizzando i risultati della prima sperimentazione, l'assorbanza di soluzioni di solfato di rame a diverse concentrazioni presenta un grafico con andamento lineare. Anche la variazione della tonalità del colore in funzione della concentrazione delle soluzioni segue un andamento lineare. Tuttavia, i coefficienti angolari delle due rette sono diversi. Si potrebbe dedurre che le due misure non sono interscambiabili.

Dai valori di assorbanza e tonalità di colore ottenuti, si deduce, infatti, che la variazione di assorbanza, dal punto di vista procedurale più complessa da at-

tuare, fornisce dati quantitativi precisi, mentre la misura della variazione della tonalità del colore, tecnicamente più semplice da realizzare, può essere utilizzata solo per una stima qualitativa della concentrazione. In sintesi, entrambe le tecniche sono valide per ricavare informazioni sulla concentrazione di soluzioni a concentrazione incognita, ma, da quando dedotto, la scelta deve dipendere dalle esigenze specifiche dell'analisi e dalla precisione richiesta. È importante aggiungere che, per misurare l'intensità di una soluzione con maggiore precisione, sarebbe stato necessario utilizzare altri strumenti specifici, come ad esempio uno spettrofotometro [12].

L'obiettivo della seconda sperimentazione è stato, invece, quello di verificare se la misurazione della variazione di temperatura durante una reazione esotermica è un buon approccio per studiare la cinetica di una reazione al variare della concentrazione di un reagente.

Per quanto riguarda i principali risultati dedotti dallo studio effettuato, la misura dell'inclinazione delle curve relative alla variazione di temperatura della reazione in funzione del tempo è una buona stima della velocità di reazione. Tale inclinazione aumenta all'aumentare della concentrazione di solfato di rame. Se ne deduce che la velocità di reazione aumenta con l'aumento della concentrazione del solfato di rame. A concentrazioni più elevate di solfato di rame, infatti, la reazione procede più rapidamente, portando a un aumento più rapido della temperatura. A concentrazioni più basse, la reazione procede più lentamente, con un aumento di temperatura più graduale.

Si può osservare anche che, all'aumentare del valore della concentrazione delle soluzioni fino al valore 0,6 M, valore a cui la reazione avviene alla quantità stechiometrica, si ottiene un crescente valore della T_{\max} .

Maggiore è la concentrazione del reagente CuSO_4 , maggiore è il calore rilasciato dalla reazione e, di conseguenza, maggiore è la temperatura finale dei prodotti.

In corrispondenza della soluzione a concentrazione maggiore, 0,8 M, valore in cui la quantità di reagente CuSO_4 è superiore alla quantità stechiometrica, la temperatura finale dei prodotti diminuisce.

La diminuzione della T_{\max} è probabilmente dovuta al fatto che, essendo più elevata la velocità della reazione, anche il processo di conversione dei reagenti nei prodotti si velocizza e l'energia termica rilasciata dalla reazione viene distribuita più rapidamente nell'ambiente circostante, comportando un abbassamento della temperatura finale dei prodotti.

Da questa seconda sperimentazione, misurando la variazione di temperatura al variare della concentrazione di solfato di rame, sono state ottenute informazioni preziose sulla cinetica di una reazione esotermica.

Riferimenti

- [1] J. Doe, S. Smith, Using absorbance to determine the concentration of CuSO_4 , *Simple Lab-Report, Anoka- Ramsey Community College*, 2013 (<https://www.yumpu.com/en/document/view/50518471/sample-lab-report-anoka-ramsey-community-college>).
- [2] <https://ls-osa.uniroma3.it/esperimenti/scienze/s3/> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [3] https://www.science-on-stage.eu/sites/default/files/material/smartphones_in_science_teaching.pdf (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [4] G. Valitutti, M. Falasca, P. Amadio, *Chimica: molecole in movimento*. Volume unico., Zanichelli, Bologna, 2022.
- [5] <https://scholar.google.com/> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [6] <https://elicit.com/> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [7] <https://www.chimica-online.it/download/legge-cinetica.htm> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [8] <https://store.data-harvest.co.uk/colorimeter-sensor> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [9] <https://ls-osa.uniroma3.it/esperimenti/scienze/s3/> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [10] <https://store.data-harvest.co.uk/smartq-temperature-sensor> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [11] <http://www.madscientist.altervista.org/chimica/esperimenti/scaldcu/alcu.htm> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).
- [12] <https://farelaboratorio.academiadelle scienze.it/esperimenti/scienze/54> (ultimo accesso, 1 ottobre 2014).

Metti in circolo il colore

Un'esperienza di didattica integrata tra chimica e rappresentazioni grafiche

Sergio Palazzi

ISIS di Setificio "Paolo Carcano", Como

e-mail: sergio@kemia.it

Abstract. Positive interactions between different teaching areas are always sought, but not so often found. This work describes a fortuitous but effective cooperation of scientific and artistic disciplines, in a 2nd year class of a Graphical Technical Institute. Ordinary routine gouache painted paper samples have been examined in a scientific way. Their colours have been measured with a spectrophotometer and then projected in some different colour spaces, with simple 2D and 3D visualizations that changed the students' opinions on some artistic cliches like "colour wheels" or "primary colours". At the same time, chemical, safety and sustainability themes have been introduced by searching the nature and behaviours of pigments and dyestuffs in commercial products. Some new ideas have been collected and transferred to the more technically oriented students of the courses on Textile Design and Finishing technologies ("Sistema Moda")

Keywords: analisi dei colori; coloranti; pigmenti; interdisciplinarietà; colorimetria

1. Introduzione

L'interazione costruttiva tra aree disciplinari è uno degli obiettivi formativi più auspicabili, soprattutto nei percorsi didattici introduttivi e non ancora specialistici; a volte si cercano di costruire delle progettualità preordinate, ma spesso il miglior coinvolgimento delle classi si ha quando le collaborazioni nascono spontaneamente da lavori in itinere.

Non sempre è facile per i docenti cogliere i segnali e trovare itinerari che riescano a risvegliare l'interesse senza sacrificare la solidità dei contenuti, oltretutto in tempi forzatamente ristretti. L'osservazione e l'analisi dei colori offrono possibilità interessanti e a volte molto efficaci per inserire le considerazioni chimiche anche nella formazione culturale dei "non chimici", come avevamo già discusso in altre occasioni [1]. Le esperienze e i materiali così costruiti possono dare spunti per la didattica del colore a livello specialistico,

come avveniva per i corsi di Chimica Tintoria e oggi per quelli di Sistema Moda [2], oltre che in quei percorsi di educazione/formazione continua a cui anche il mondo produttivo guarda con interesse sempre maggiore.

2. Niente di premeditato

L'esperienza che presentiamo qui è sorta spontaneamente durante l'a.s. 2022/23. L'ISIS "Paolo Carcano" di Como, "il Setificio", dopo oltre un secolo di attività concentrata solo sul mondo tessile, negli ultimi decenni ha aperto l'offerta curricolare anche ad altre aree, dall'IT a indirizzo grafico a percorsi liceali.

Nessuna di esse vede, però, la chimica come materia caratterizzante; sappiamo che in contesti di questo genere l'interazione con le classi può incontrare delle difficoltà o limitazioni, specie quando ci si inserisce per necessità all'interno di lavori già avviati. Nell'anno scolastico 2022/23 mi è capitato di insegnare chimica in una seconda di indirizzo grafico, la 2G4, nella quale alcune di queste fisiologiche dinamiche erano chiaramente visibili.

Ad un certo punto dell'anno la collega di discipline artistiche, Betelihem De Martino, stava facendo svolgere alla classe alcuni esercizi curricolari, preparando delle tavole dipinte a tempera su carta, che permettono di allenare "l'occhio e la mano".

La prima serie di queste tavole, dedicata alle "Gradazioni tonali", consiste nel dipingere delle caselle quadrate con al centro i colori di base della quadricromia e, ai lati, le successive variazioni che si ottengono miscelando il colore di partenza con il bianco e rispettivamente con il nero. Il criterio per la miscelazione si basa più che altro sulle capacità intuitive e sulla correzione di eventuali errori piuttosto che, per esempio, su un dosaggio fatto con la bilancia. Ancora in corso d'opera, alcuni studenti hanno acconsentito a valutare e misurare le loro tavole con la strumentazione dei laboratori (Figura 1); da qui è stato possibile iniziare un dialogo che ha progressivamente ed efficacemente raggiunto buona parte della classe, oltre ad affiancarvi attivamente studenti di classi dei trienni di Sistema Moda.



Figura 1. Una gradazione tonale in corso d'opera, in luce diurna, e una tavola già completata che esaminata all'UV svela alcuni segreti

La cosa è proseguita con l'esercitazione successiva, quella sui "Dischi cromatici", ossia esercizi di miscelazione di una terna cromatica di base (Figura 2), riprendendo la famosa (o famigerata?) *ruota dei colori* che molti associano al nome di Johannes Itten [3].



Figura 2. Due dischi cromatici (quello a sinistra usa la terna cromatica della figura 1 di sinistra)

In questo c'era anche un divertissement dei due docenti che, per ragioni complementari, hanno una certa idiosincrasia verso certi canoni della didattica che sembrano dare valore assoluto alle "teorie" pseudoscientifiche di un personaggio che, nella migliore delle ipotesi, è praticamente ignorato dalla letteratura scientifica sul colore [4].

Da qui è nato un ulteriore stimolo per le classi: come mai gli "scienziati" dicono che c'è ben poco di vero nelle idee dei colori primari/secondari/terziari, ecc., così come in troppi altri luoghi comuni sul colore, continuamente ripetuti anche in ambito educativo, a partire dai famosi "sette colori dell'arcobaleno"? Quali sono i punti reali della discussione? Come possiamo orientare la nostra esperienza per imparare? *C'è modo di capire chi ha ragione?*

3. Materiali e metodi per le sperimentazioni svolte

I campioni esaminati sono stati dipinti a pennello con materiali commerciali, secondo la disponibilità degli studenti, impiegando sia tempere di tipo corrente su cui si hanno poche informazioni tecniche, sia materiali meglio documentati di alcune case primarie. Gli studenti hanno scelto a loro piacere quali colori usare per le proprie terne/quaterne cromatiche (per esempio, preferendo un blu o un ciano, un rosso o un magenta).

Per fare il confronto con l'aspetto di altri sistemi materiali, alcune soluzioni

colorate a diluizioni successive sono state preparate nel laboratorio di Chimica Tintoria, usando coloranti acidi per seta, scelti a piacere (senza dare ulteriori indicazioni sulla loro natura chimica e nemmeno i marchi commerciali). Si sono anche esaminati i colori di tessuti tinti con diverse intensità tintoriali, preparati da classi precedenti di Sistema Moda.

Gli spettri in riflessione sono stati misurati con un apparecchio a sfera di integrazione Datacolor SF600, geometria $d/8^\circ$, con filtro anti UV (Figura 3).



Figura 3. La misurazione del colore e uno screenshot con i dati di uno studente, che ha potuto capire le anomalie visibili nelle sue gradazioni cromatiche

Date le caratteristiche dei campioni si è scelto di fare una sola misurazione per ogni punto, usando l'apertura con diametro 30 mm così da mediane le disomogeneità. Nei calcoli forniti dal software dell'apparecchio ed in quelli svolti successivamente si sono usate le funzioni relative all'illuminante D65 ed all'osservatore a 10° (Figura 4).

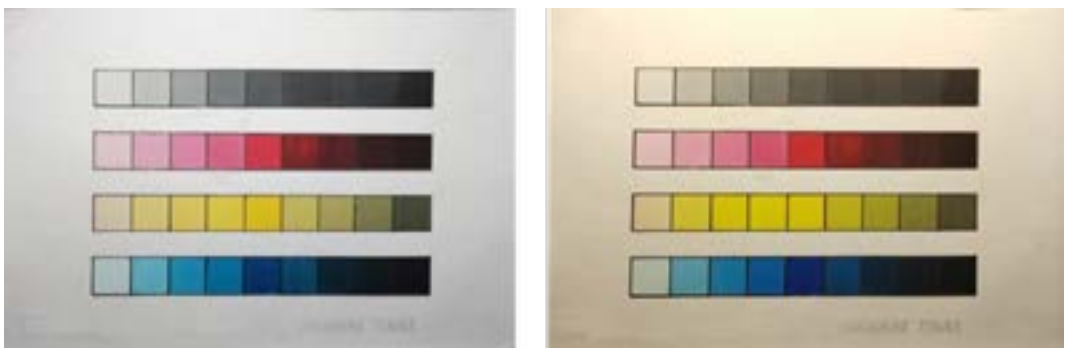


Figura 4. Una tavola esaminata sotto gli illuminanti D65 (diurno) a sinistra e A (incandescenza) a destra

L'osservazione visiva è stata realizzata con una cabina colore JUST-Normlicht dotata di sorgenti a incandescenza e fluorescenza che riproducono gli illuminanti standard A, D65 e TL84, oltre alla lampada ultravioletta per esaminare la fluorescenza dei campioni. Le fotografie sono state raccolte con un telefono Nokia 8.3 5G, disattivando tutte le regolazioni automatiche.

Per gli spettri in soluzione si è usato un apparecchio Perkin Elmer 365.

L'analisi e l'elaborazione dei dati e delle immagini, anche in forma grafica, sono state svolte usando software liberamente accessibili agli studenti che, in alcuni casi, li avevano già incontrati in altri corsi: in particolare IrfanView (<https://www.irfanview.com>), LibreOffice (<https://it.libreoffice.org/>) anche per la gestione e manipolazione di dati tabulati, infine GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>).

Quest'ultimo si è rivelato molto efficace non solo per confrontare in 2D le curve nei diagrammi di cromaticità, ma soprattutto per visualizzare dinamicamente in 3D le posizioni nello spazio CIELab, comprendendo quanto sia indispensabile la terza dimensione per capire le differenze tra i colori. Per la visione si usano occhiali stereo 3D bicolori.

La possibilità di osservare gli stessi materiali anche sotto la lampada a luce nera ultravioletta, con l'aura da laboratorio criminologico, consente anche di apprezzare chi ha effettivamente una buona mano e chi, viceversa, deve arribattarsi a coprire e ridipingere i propri errori: anche qui, gestendo la cosa in maniera "easy" e costruttiva, si è notato un effetto positivo sulla didattica (Figura 5).

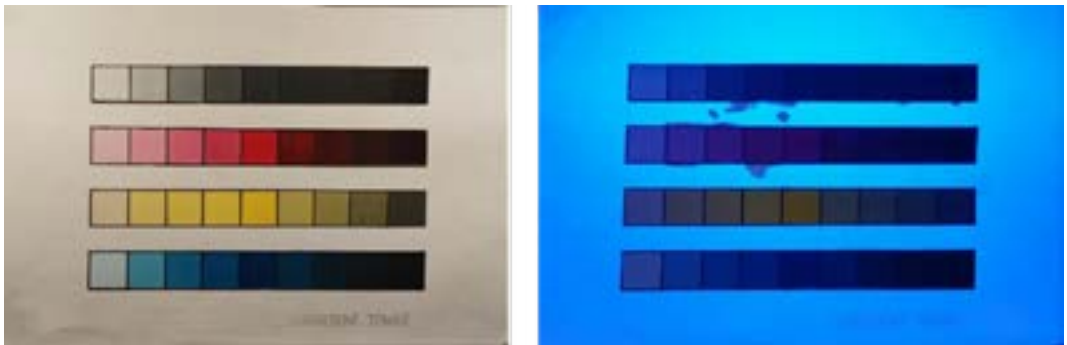


Figura 5. La tavola di figura 4 esaminata sotto gli illuminanti TL84 (fluorescenza) a sinistra e UV a destra

4. Discussione e valutazioni

Riporto di seguito alcune delle risultanze osservate, tenendo presente che per loro natura non volevano avere un valore sistematico, ma semplicemente di “scoperta” graduale di come la realtà può essere descritta scientificamente.

4.1 *Coloranti o pigmenti, cosa osserviamo?*

Uno degli aspetti “chimici” di questa sperimentazione è stata il consolidamento negli allievi della differenza tra coloranti e pigmenti. Tecnicamente ci riferiamo a coloranti quando parliamo di sostanze colorate le quali si trovano disperse in un mezzo a livello molecolare (o poco più), interagendo quindi con la luce solo a causa dei fenomeni di assorbimento. Pigmenti sono quei materiali che si trovano a livello di particelle significativamente più grosse e in grado di interagire con la luce anche, o soprattutto, per effetti di diffusione.

Nel caso delle pitture, i pigmenti le rendono opache e coprenti rispetto allo sfondo: esistono quindi moltissimi pigmenti bianchi ma non ha senso parlare di un *colorante bianco*.

Dalle classiche leggi dell’ottica sappiamo che, quando le loro dimensioni sono almeno a livello della lunghezza d’onda della luce interagente, le particelle sono in grado di disperderla per fenomeni di riflessione, rifrazione e interferenza, naturalmente a patto che l’indice di rifrazione delle particelle e del mezzo siano significativamente diversi. Il caso è comune con i pigmenti utilizzati dall’antichità nella pittura, in cui il granulo viene ottenuto per macinazione meccanica e difficilmente raggiunge dimensioni trasversali molto piccole. Una volta acquisito questo concetto, si può tuttavia considerare che, se un pigmento intensamente colorato ha particelle sufficientemente fini da renderlo “trasparente” (come in certi inchiostri per inkjet), la cosa non lede la generalità: la chimica è concettualmente analogica, raramente prevede aut-aut.

4.2 *Gli absolute beginners possono capire le rappresentazioni grafiche?*

Quando si studiano sistemi perfettamente trasparenti, come soluzioni molto diluite, l’assorbanza varia in funzione lineare della concentrazione della sostanza colorata e può essere usata in modo additivo in base al modello di Bouguer, Lambert e Beer (Figura 6), al punto che le deviazioni della linearità sono sicuri indizi di “non idealità” del sistema.

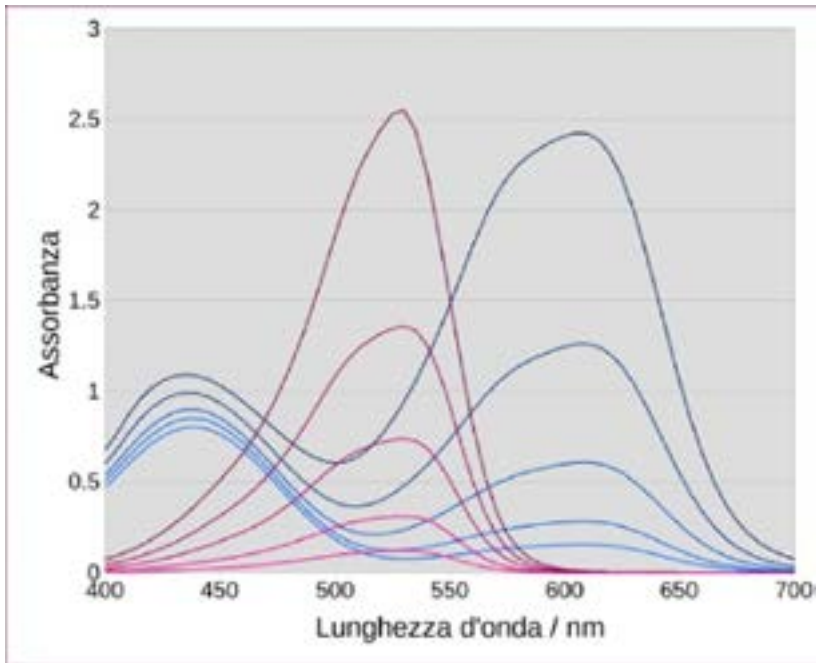


Figura 6. Consueto andamento dell'assorbanza di soluzioni che rispettano la linearità di Lambert e Beer (due coloranti acidi per seta, non ulteriormente specificati alla classe)

Analizzando invece il colore di oggetti opachi non autoluminosi (una pittura, un tessuto, una carta stampata), la grandezza misurata dall'apparecchio non è la trasmittanza, ma la riflettanza (concettualmente analoga) anche se in questo caso la trattazione matematica diventa molto più laboriosa.

Per ottenere una funzione lineare rispetto alla concentrazione, così come lo è l'assorbanza per i sistemi trasparenti, si usano il modello di Kubelka e Munk [5] e i successivi sviluppi, molto onerosi sia per le ipotesi richieste che dal lato matematico; per ogni costituente di un materiale si deve tener conto della componente relativa all'assorbimento della luce (K) e di quella relativa alla sua dispersione (S). Fortunatamente, nel caso di una tintura tessile si può considerare che solo la fibra sia responsabile della dispersione e che solo il colorante lo sia dell'assorbimento; si possono spingere le approssimazioni fino a considerare costante il rapporto tra K ed S e a calcolarlo con la semplice espressione:

$$K/S = (1-R_{\infty})^2/2R_{\infty}$$

dove R_{∞} è la riflettanza di uno strato omogeneo sufficientemente spesso da poter essere considerato totalmente coprente. Per le miscele di tempere preparate dagli studenti si dovrebbero fare alcune ulteriori ipotesi, ma in questa

sede si è usata la stessa formula, “leggibile” anche da studenti che hanno limitate conoscenze matematiche.

K/S risulta lineare rispetto alla concentrazione del colorante nel tessuto, analogamente a quanto avviene per l’assorbanza delle soluzioni, e questo consente di automatizzare il calcolo delle ricette di tintura. Una deviazione dalla linearità può significare che ormai la fibra è “satura” di colore (Figura 7).

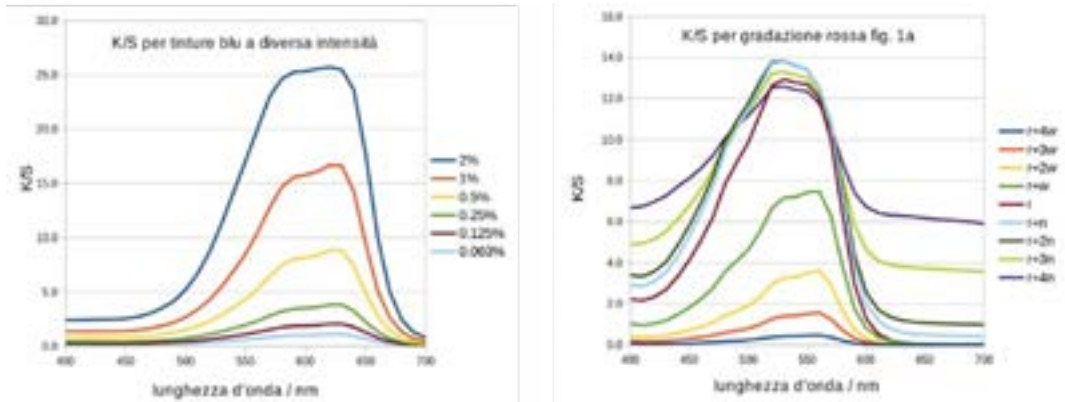


Figura 7. Modello di Kubelka e Munk su campioni opachi: tintura su tessuto, linearità analoga a quella di figura 6; gradazione tonale, la saturazione diminuisce in entrambi i sensi

Dal confronto tra i diversi aspetti dei grafici in K/S vs λ su tessuti tinti e sulla carta dipinta (Figura 7), rispetto a quelli in A vs λ su soluzioni di colorante progressivamente diluite (Figura 6), abbiamo potuto descrivere il diverso effetto di desaturazione che si ha miscelando un pigmento colorato con uno bianco o nero, rispetto a una semplice diluizione.

Inserire nei diagrammi di cromaticità le coordinate dello spazio RGB più comune nella grafica (Adobe 1998) permette agli studenti di vedere come le nostre miscele in quadricromia siano ben lontane da “formare tutti i colori possibili”, smentendo quei luoghi comuni citati in premessa, ma dall’altro lato di capire che molti colori ottenibili con pigmenti o coloranti vanno al di là del gamut della strumentazione video con sorgenti additive; entrambe le cose non sono scontate per chi inizia a lavorare con la grafica digitale.

Per una introduzione ai diagrammi di cromaticità (Figura 8) si può usare il riferimento [6].

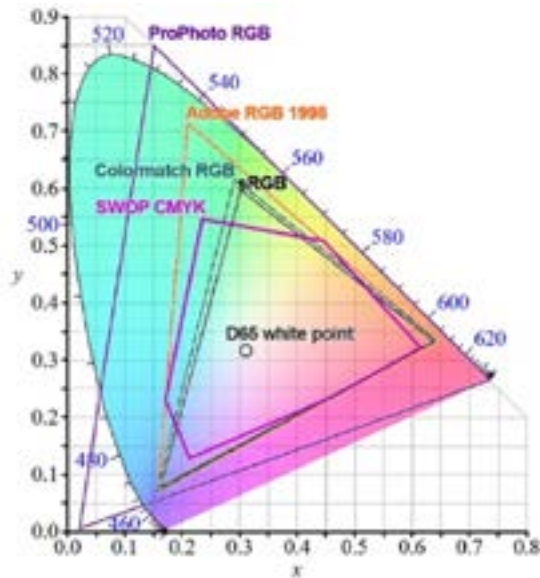


Figura 8. Diagramma di cromaticità con i diversi gamut per le combinazioni additive e sottrattive (i colori di sfondo sono solo simulati); <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32158329>

Anche se la nostra classe aveva già un minimo di familiarità con il loro aspetto, sia dai corsi di informatica sia dai materiali allestiti dalle classi di Sistema Moda che possono vedere nei nostri laboratori, non era affatto abituata a costruire direttamente rappresentazioni/visualizzazioni matematiche quantitative di questo tipo, e quindi ogni progresso raggiunto è stato un piccolo successo (Figure 9 e 10).

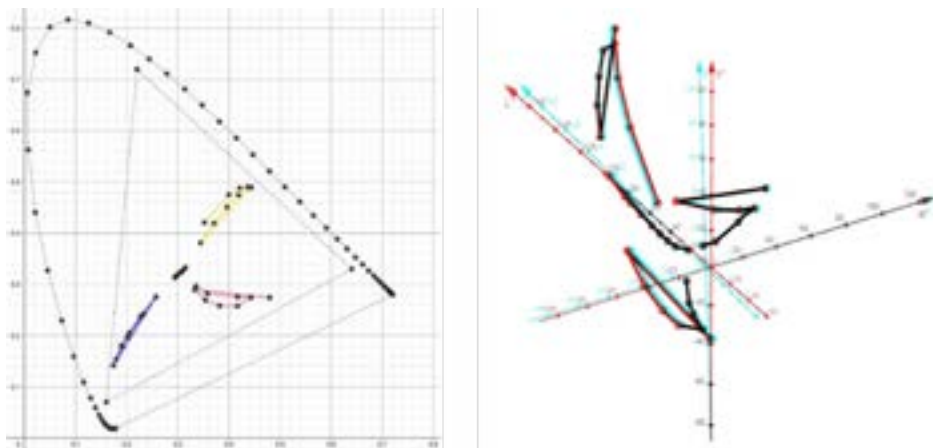


Figura 9. Le gradazioni tonali di figura 1 (sinistra) nel diagramma di cromaticità (rif. RGB 1998) e in uno screenshot 3D della sua rappresentazione nello spazio CIE Lab

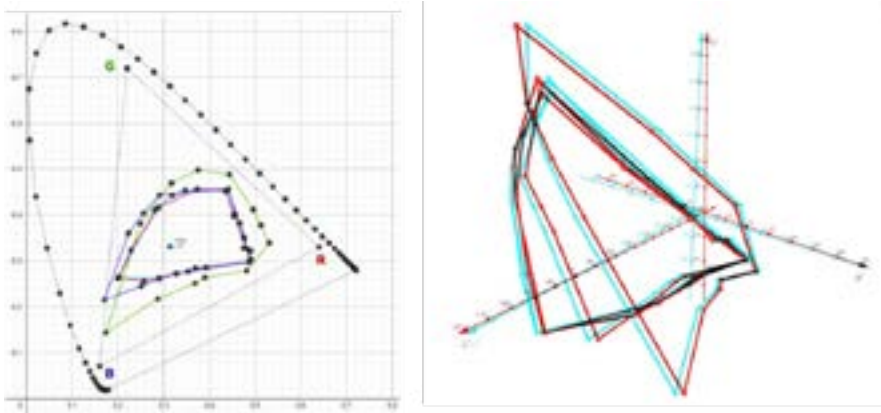


Figura 10. I dodici settori di quattro diversi dischi cromatici nel diagramma di cromaticità (rif. RGB 1998) e in uno screenshot 3D della loro rappresentazione nello spazio CIELab

Un ulteriore passaggio *molto chimico* è stato ricercare la natura dei pigmenti utilizzati dai diversi produttori di tempere, che almeno le case più qualificate specificano nei loro cataloghi. Tra i prodotti attualmente in commercio sono sostanzialmente scomparsi pigmenti storicamente utilizzati da artisti ed artigiani perché, notoriamente, molto tossici: pensiamo a quelli a base di cadmio, arsenico, mercurio, ...

La lettura di questi cataloghi permette anche di chiudere con un sorriso la questione dei “colori primari”, quando si scopre che una certa tempera o un certo acrilico etichettati come “primari”, perché richiamano visivamente le tonalità abitualmente indicate così, sono formati da *miscela* di pigmenti, ovvero sono meno “puri” rispetto a quelli che contengono un pigmento solo: anche qui, è relativamente agevole aprire una discussione con la classe per capire questa evidente contraddizione tra le diverse forme espressive.

Nel caso di un “giallo-non-proprio-primario” i costituenti sono indicati dai codici del Color Index CI 11680 e CI 11720 e possono servire a spiegare la struttura di un composto azoico.

Lo studio dei pigmenti disponibili può poi essere esteso e integrato con informazioni sui pigmenti storici, su quelli che possono essere usati nel restauro e così via; si possono aprire interessanti linee di sviluppo anche per l’orientamento verso corsi artistici e di conservazione dei beni culturali.

Non possiamo, infine, dimenticare che coloranti e pigmenti, sia di sintesi sia di provenienza biologica, presentano spesso dei rischi di tipo ecotossicologico e che normative e standard volontari diventano sempre più stringenti, come del resto approfondiamo con le classi di Sistema Moda.

Partendo dai codici del Color Index vediamo, per esempio, come ricercare quelli CAS e fino agli UFI delle formulazioni: un esercizio sui modi di identi-

ficare sostanze e miscele forse un po' più pragmatico rispetto a certe stantie esposizioni di nomenclature chimiche.

In questo modo possono essere introdotti aspetti educativi fondamentali nella sicurezza sul luogo di lavoro e negli stili di vita personali: si può facilmente allargare il discorso alle schede di sicurezza, ai DPI, eventualmente necessari con determinate tecniche di decorazione artistica, in primis le bombolette spray, ...

4.3 Il colore, anzi più d'uno

Per un insegnamento/apprendimento razionale del colore vanno affrontati numerosi ostacoli, molto spesso legati a strutture linguistiche e cognitive che ci portiamo addosso dai primissimi anni di vita.

Il primo è la polivalenza stessa della parola "colore", che già in qualche senso assume sfumature diverse se la usiamo al plurale, "i colori".

Con gli stessi termini possiamo indicare sensazioni psicofisiche, idee simboliche o rappresentazioni matematiche, ma chiamiamo *colori* anche i formulati commerciali usati per dipingere, come nel caso dei nostri giovani studenti. Per una analisi piacevolmente spiazzante, nella didattica uso spesso alcuni lavori di Paul Green-Armytage [7].

Un altro ostacolo deriva proprio da come usiamo singolare o plurale: quando ci riferiamo al colore spesso non parliamo "dei rossi", "dei gialli", "dei verdi", infinite varietà di sfumature percepite ed elaborate dal nostro cervello, a seguito di una stimolazione dell'occhio in una certa condizione di illuminamento. Evochiamo invece "il rosso", "il giallo", "il verde", come se fossero assoluti, realtà archetipe che esistono di per sé, un po' come i colori simbolici degli emblemi araldici. Non a caso, Michel Pastoreau ha approfondito nei suoi notevoli studi entrambi gli argomenti, sfrondando molti persistenti luoghi comuni [8].

Del resto, è ampiamente noto che popolazioni e culture diverse hanno usato ed usano riconoscere, raggruppare e denominare i colori in modo differente, attribuendo loro valori e significati a volte opposti a quelli di altre culture e queste dinamiche sono in continua evoluzione [9]. Per non risalire fino alla difficoltà di comprensione dei codici cromatici nei poemi omerici, notiamo che fino a un secolo fa era più probabile che i bambini vestissero il rosso e le bambine l'azzurro, o che quella stessa coppia di colori ha significati politici opposti in Europa e negli USA.

Gli ipotetici colori primari (da cui, secondo queste mistiche, si *espandono* quelli secondari, terziari, ecc.) dovrebbero avere due proprietà fondamentali:

- non possono essere ottenuti mescolandone altri
- tutti gli altri si possono ottenere da loro miscele

Quindi, se si passa a una definizione matematica del colore, dovrebbero essere l'equivalente di tre vettori di una base ortogonale che genera interamente un determinato spazio.

L'idea era suggestiva ed è stata esplorata fin dall'antichità, anche da parte dei ricercatori più brillanti in campo sia artistico sia scientifico. Poteva essere un'estrapolazione sensata per chi lavorava con tavolozze piuttosto limitate di materiali non autoluminosi (pitture, tessuti, vetrate), cercando di estrarre il meglio dalle proprie poche risorse. Poi la chimica mise a disposizione nuovi inattesi pigmenti inorganici, nella seconda metà del Settecento, e l'orizzonte cromatico divenne quasi sconfinato, dopo che il giovane William Perkin intuì le possibilità di sviluppo della sua mauveine, ma cambiarono anche le sorgenti di illuminazione con cui osservare i colori [10]

Tra il fatidico 1856 e la fine del 1800, quando divenne disponibile l'indaco sintetico, anni in cui si sviluppano e concludono, ad esempio, le esperienze di Chevreul, Van Gogh, Seurat, lo sviluppo dei coloranti porta a ricerche scientifiche e industriali che, da un lato, creano le nuove idee sulla struttura della materia e, dall'altro, rivoluzionano il mondo con la nascita della chimica industriale organica.

Qualche decennio dopo appaiono i primi strumenti fotoelettrici con cui *misurare* la luce e, quindi, sviluppare modelli cromatici psicofisici "oggettivi" [11]. Tutto ciò ha confermato l'idea di Young sul fatto che i coni della nostra retina siano di tre tipi, sensibili a tre diverse gamme di lunghezze d'onda, e che, pertanto, il colore vada necessariamente descritto con *almeno* tre coordinate e che è perciò logicamente giustificata l'idea che miscelando tre colori si possano ottenere infinite sfumature *intermedie tra loro*. Ma, al tempo stesso, ha dimostrato che non è matematicamente possibile generare *tutti* i colori con tre sorgenti per dare combinazioni additive e, men che meno, lo è facendo miscele di tipo sottrattivo.

Nessun colore è più primario degli altri, a dispetto di quei famosi canoni didattici che abbiamo voluto smentire in modo comprensibile a dei giovanissimi.

4.4 Ulteriori sviluppi: "prof, ma non c'è un'app?"

Nei laboratori scolastici è del tutto eccezionale avere uno spettrofotocolorimetro a sfera di integrazione. Tuttavia, noi abbiamo sempre a portata di mano apparecchi dotati di sensori incredibilmente raffinati, capaci di elaborare grandi quantità di dati.

Possiamo ripetere esperienze simili, misurando il colore con il cellulare o uno scanner? In fondo il loro principio di misurazione discende dagli antichi colorimetri "tristimolo" a tre soli canali, che furono i predecessori degli spettrofotocolorimetri [12].

Ci sono ovviamente delle forti limitazioni. La prima è teorica: una misura in uno spazio a tre dimensioni non può essere convertita a una in 16, 31 o 61

dimensioni come quelle che otteniamo misurando tra 400 e 700 nm con monocromatori a intervalli di 20, 10 o 5 nm, per cui è ovvio che la ricostruzione esatta di uno spettro partendo dai valori RGB è in linea di principio impossibile.

Anche la geometria di lettura o la difficoltà di gestire un'illuminazione esattamente calibrata, per non parlare della dinamica digitale del segnale a soli 8 bit, escludono di poter anche solo avvicinarsi all'accuratezza e alla precisione di uno spettrofotometro. Tuttavia, se lo scopo è produrre piccoli set di dati mutuamente consistenti, uno scanner o un cellulare possono servire egregiamente per integrare la didattica.

Il tema può essere molto interessante per qualche collega esperto di informatica, teniamo tuttavia presente che le informazioni da acquisire per impostare un lavoro sono parecchie e spesso non accessibili, prima fra tutte le curve di risposta spettrale dei diversi sensori.

Una soluzione pratica abbastanza interessante può comunque essere quella di usare le moltissime app reperibili su portali come Google Play. Le aziende leader nella tecnica del colore avevano già presentato, oltre una dozzina d'anni fa, delle embrionali, e costose, soluzioni colorimetriche per i cellulari; oggi è possibile scaricare gratuitamente decine di app che forniscono risultati di tutto rispetto, sia pure con le cautele che vanno usate nel caricare dei software sul nostro terminale o, più ancora, su quelli di studenti minorenni. Costruendo sistematicamente delle piccole banche dati di misurazioni si possono ottenere risultati didatticamente efficaci.

4.5 *E la ruota del colore si è sgonfiata?*

Una cosa molto evidente può passare inosservata e vorremmo ribadirla. Confrontando le rappresentazioni 2D o 3D delle nostre miscele di pigmenti risulta chiaro che i colori puri (quelli dello spettro) sono *all'esterno* della figura e, mescolandoli, si perde di saturazione fino ad arrivare all'asse centrale monocromatico, con un andamento asimmetrico e sghembo, ma che si arricchisce di sfumature. Tutto il contrario del pensare che i Tre Colori Primari stiano al centro di un cerchio e da loro "irradino" tutti gli altri. Il passaggio da teorie più o meno esoteriche alla misurazione del reale porta a un notevole cambio di prospettiva, praticamente un ribaltamento, e spesso la realtà è più provocatoria delle fantasie – anche per coloro che la fantasia dovranno usarla per professione.

A chi fosse interessato ad approfondire l'affascinante tema storico delle ruote del colore e di come e perché da Newton in poi queste rappresentazioni si siano sostituite alle scale cromatiche lineari, possiamo consigliare, ad esempio, il già citato articolo di Neil Dodgson [3], che contiene anche riflessioni sui modi linguistici di suddividere i colori.

Saperli disporre in modo monodimensionale, sia pure ciclico chiudendo una ruota, oppure bidimensionale, o fino a tre dimensioni ed oltre, cambia

la percezione visiva degli studenti e il modo in cui rapportarsi al colore. Il paragone, qui, è con le diverse proiezioni cartografiche da Mercatore in giù. La cosa è rilevante in tanti altri campi nei quali i nostri tecnici grafici potranno affacciarsi, non ultimo l'impegnativo tema di come costruire rappresentazioni infografiche o segnaletiche per persone con limitata sensibilità cromatica [11].

Nota aggiuntiva

Questo articolo è stato brevemente anticipato nella mia presentazione "Ten Fashionable years" tenuta al Congresso SCI2024 - Chimica: elementi di futuro, Milano, agosto 2024.

Non è al momento prevista una pubblicazione di tutti i dati strumentali sui nostri siti web, dato che sono in corso ulteriori sperimentazioni più sistematiche; siamo comunque molto volentieri a disposizione di chi fosse interessato a ricevere i file con talune tabelle di dati, per svolgere in proprio delle esercitazioni o confronti con le proprie sperimentazioni.

Come ringraziamento, oltre al DS Roberto Peverelli, che ha recentemente chiuso la sua carriera, e ai molti studenti di 3^a, 4^a e 5^a del Sistema Moda che hanno cercato di guadagnarsi un angolo di paradiso collaborando alle noiose misurazioni colorimetriche, penso prima di tutto alla prof. Betty De Martino, che è stata impagabile per competenza, disponibilità e cortesia, e naturalmente a ragazzi e ragazze della ex 2G4 che si sono messi in gioco.

Riferimenti

- [1] S. Palazzi, Melting Colours. Una esperienza di didattica integrata della chimica applicata, tra classi e corsi differenti, in *La buona scuola – Exemplary Practices for Meaningful Teaching and Learning* (a cura di Liberto Cardellini), 2015 (<https://www.profiles.univpm.it/sites/www.profiles.univpm.it/files/profiles/allegati/BOOK22.pdf>).
- [2] S. Palazzi, The colours of chemistry: there's a new scent in the air, or old perchance?, *CnS*, 2012, **3**, 284-289 (numero speciale, 22nd ICCE - ECRICE 11th, 2012, Roma) (<https://soc.chim.it/sites/default/files/cns/pdf/2012-3.pdf>).
- [3] N. A. Dodgson, What is the "opposite" of "blue"? The language of colour wheels, What is the 'opposite' of 'blue'? the language of colour wheels, *Journal of Perceptual Imaging*, 2019, **2**(1) (<https://library.imaging.org/jpi/articles/2/1/jpi0116>).
- [4] R. Shamey, R. G. Kuehni, *Pioneers of Color Science*, Springer, 2020
- [5] p. es.: https://en.wikipedia.org/wiki/Kubelka%E2%80%93Munk_theory
- [6] p. es.: https://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space
- [7] p. es.: P. Green-Armytage, Colours: Regulation and Ownership, *Colour: Design & Creativity* (4), 2009, **6**, 1-22.
- [8] p. es.: M. Pastoreau, *Medioevo simbolico*, Laterza, Bari, 2005.

- [9] I. Kuriki et al., The modern Japanese color lexicon, *Journal of Vision*, 2017, **17**(3), 1-18 (<https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2608579>).
- [10] P. Ball, *Colore. Una biografia*, Rizzoli, Segrate, 2017.
- [11] S. F. Johnston, *A History of Light and Colour Measurement*, IOP Publishing Ltd, 2001.
- [12] S. Palazzi, *Colorimetria - La scienza del colore nella tecnica e nell'arte*, Nardini Editore, Firenze, 1995.
- [13] P. Tol, *Colour Schemes*, SRON/EPS/TN/09-002, 3.2, 2021 (<https://personal.sron.nl/~pault/data/colourschemes.pdf>).

Bibliografia generale

Oltre ai riferimenti specifici richiamati nel testo, fra le opere recenti di interesse più generale, che possono servire a una programmazione didattica sulla colorimetria nei suoi vari aspetti, si segnalano, ad esempio:

- R. W. G. Hunt, *Measuring colour*, Wiley, 2011.
- R. G. Kuehni, *Color space and its divisions: color order from antiquity to the present*, Wiley, 2013.
- M. V. Orna, *The chemical history of color*, Springer, 2013.
- R. S. Berns, *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*, 4th Ed., Wiley, 2019.
- M. Vik, M. Vikova, *Colorimetry in textile industry*, 2nd Ed., AICTC, 2024.

Giocare è una cosa seria

La qualità dell'organizzazione degli spazi per la qualità della scuola¹

Paola Conti

CIDI di Firenze (Scuola dell'Infanzia)

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

Abstract. Play is a powerful educational machine. Perhaps the most important, in the age range of 3 to 6 years. Contemporary children find themselves living in a context that makes them play by prior enrollment, depriving them of the opportunity to experience through play, autonomies, roles, relationships, skills. Reflection on the organizational conditions of school play (space, time, materials) enable teachers to use the full potential of this device for the purpose of personal growth and development and learning.

Keywords: gioco; organizzazione didattica; contesto educativo; apprendimento

1. Premessa

Spesso si sente dire che i bambini devono essere al centro dell'azione educativa. "I bambini al centro" è diventato quasi uno slogan, una specie di parola d'ordine che sta bene un po' dappertutto. Cosa vuol dire davvero mettere i bambini al centro della progettualità della scuola? Innanzi tutto, credo voglia dire non dare nulla per scontato; che si debba osservare sistematicamente (in maniera onesta e sincera) il modo in cui i bambini vivono la scuola, i suoi tempi e suoi spazi. Deve essere attivata una dimensione professionale riflessiva attraverso la quale le insegnanti interrogano l'ambiente e si interrogano sulle possibili modalità di fruizione, sulle opportunità che offre e sui limiti che impone.

2. Scheda di osservazione degli aspetti organizzativi

- Esistono angoli tematici all'interno della sezione? Quali?
- I bambini li utilizzano secondo i criteri per i quali sono stati progettati dalle insegnanti? Perché sì/no?

¹ Articolo precedentemente pubblicato su Insegnareonline (<https://www.insegnareonline.com/didattica/scuola/giocare-seria>).

- I bambini hanno facile accesso agli angoli e ai materiali?
- In ogni angolo è presente materiale funzionale e sufficiente per lo svolgimento dell'attività per cui è stato strutturato?
- I bambini dimostrano di aver compreso la funzione degli angoli e del materiale in essi contenuto?
- Le insegnanti sono soddisfatte della disposizione e dell'uso degli angoli tematici? Perché sì/no?
- Ci sono difficoltà nell'assegnazione e nella scelta degli angoli da parte dei bambini?
- Esiste un criterio per effettuare la scelta degli angoli (turnazione, scelta libera, assegnazione da parte dell'insegnante, strumento di accesso)?
- Le scelte effettuate sono ritenute importanti in sede di osservazione e valutazione dei bambini (vengono registrate le scelte effettuate da ciascun bambino, si procede ad un'osservazione sommaria, sono documentate le attività che ciascuno svolge negli angoli, ...)?

Porsi queste domande e provare a rispondere (in maniera onesta e sincera, lo ripeto) costituisce il primo passo verso una progettazione che metta davvero i bambini al centro dell'azione educativa. Perché il tempo che i bambini passano a scuola è lungo e articolato. A seconda delle condizioni (anche organizzative) variano le attività che si vogliono o si possono proporre. Durante la giornata si alternano momenti dedicati alle attività più strutturate ad altri in cui vengono espletate le routine, ad altri ancora in cui i bambini giocano liberamente. Questi momenti però hanno la stessa importanza e va loro riconosciuta la stessa dignità dal punto di vista educativo e vanno pensati, progettati e gestiti con le stesse modalità professionali. Troppo spesso invece l'attenzione delle insegnanti è rivolta alle attività legate al curricolo esplicito (attività motoria, linguistica, scientifica, espressiva, ...) mentre si sottovaluta l'impatto educativo degli altri momenti e se ne trascura la progettazione.

Ma il contesto è composto di tutto ciò che può facilitare o ostacolare la vita del bambino. Se la scuola è il luogo di apprendimento deve organizzare per ogni bambino contesti per sentire, fare, conoscere, interagire in ogni momento della giornata. Il contesto agisce in modo determinante su apprendimenti, atteggiamenti, competenze. Strutturare uno spazio flessibile, capace di rispettare i ritmi personali e favorire l'autonomia di ciascuno all'interno di regole condivise vuol dire assicurare a ciascuno un'attenzione individuale, che non può essere garantita in altro modo visto l'elevato numero di bambini per sezione.

Nel 1928 Virginia Woolf tenne una serie di conferenze dal titolo *Donne e romanzo*. "Se vuole scrivere romanzi, una donna deve avere del denaro e una stanza tutta per sé", diceva la scrittrice agli inizi del secolo scorso. Prendendo spunto dalle sue parole potremmo dire che "Se vuole imparare a giocare, un bambino, deve avere uno spazio dedicato e del materiale adatto". Analizziamo

la frase partendo dall'inizio. Le prime parole sembrano quasi una provocazione. Cosa vuol dire "se vuole imparare a giocare" dirà qualcuno. I bambini giocano da sempre, da che mondo è mondo. È il loro modo di interagire, di imparare, di imitare. Perfino i cuccioli degli altri animali "giocano". Si tratta di un istinto naturale. Senza entrare nelle questioni riguardanti l'origine del gioco e la sua natura più o meno innata, vorrei soffermarmi sulla condizione del gioco nel nostro tempo. Fino a qualche decennio fa i bambini giocavano in casa, in famiglie numerose dove la presenza di nonni, zii, cugini (oltre che di fratelli e sorelle) garantiva una sorta di apprendistato al gioco. Oggi i bambini giocano previa iscrizione: partecipano a laboratori, corsi, attività. Un bambino che frequenta la scuola dell'infanzia passa a scuola circa 8 ore della sua giornata. Molti di loro all'uscita (più o meno verso le 16,30) hanno già "l'agenda" piena di impegni: il lunedì e il mercoledì, nuoto; il giovedì la biblioteca o l'inglese; il sabato o la domenica le gare. A giugno, quando la scuola finisce, vengono iscritti a campi solari, corsi di tennis, campeggi a tema. Senza esprimere valutazioni o giudizi circa l'opportunità o meno di una così elevata intensità di impegni giornalieri e settimanali, possiamo affermare, però, che tutto questo va a discapito di un'organizzazione autonoma del tempo e della costruzione di relazioni amicali risultato di incontri di prossimità e che hanno una loro continuità nel tempo come condizione per il loro sviluppo e consolidamento. I bambini forse giocano (se si può considerare gioco un'attività finalizzata ad una performance), ma di sicuro non imparano a giocare.

Perché si gioca? Perché il gioco è la più potente macchina educativa per:

- scoprire la necessità delle regole;
- gestire la frustrazione dell'attendere e del rimandare;
- costruire modi gentili di entrare in relazione con gli altri

Per fare questo non basta dire: **GIOCATE!!!**

Giocare non è un dovere dei bambini; è uno dei loro principali diritti. Forse il bisogno di giocare è una caratteristica innata che i bambini posseggono in quanto piccoli umani, ma la capacità di farlo è un'altra cosa. I bambini che entrano alla scuola dell'infanzia non sanno giocare. O meglio, sanno giocare in alcune situazioni, con certi materiali, con l'aiuto dell'adulto, a certe condizioni.

E qui veniamo alla seconda parte della frase di Virginia Woolf: le condizioni. Ci devono essere spazi fisici destinati al gioco e ciascuno di loro deve avere al suo interno il materiale adatto e in misura sufficiente a consentire il gioco. I bambini devono comprendere di che gioco si tratta e devono partecipare all'individuazione delle regole per il suo funzionamento.

Nei momenti di gioco libero i bambini sono davvero liberi di giocare? Io sono convinta che il gioco a scuola, non sia mai libero. È sempre condizionato da ciò che si ha a disposizione, dalle persone con le quali si gioca, dal tempo che abbiamo per giocare. Per questo risulta fondamentale costruire e mettere a

disposizione strumenti regolativi del gioco e questo non vuol dire costringere, obbligare, omologare. Se ho a disposizione pochi pezzi di costruzioni e lascio liberi 24 bambini di andare a giocare con quel materiale, garantisco loro la libertà di gioco? O non li metto invece in una condizione di impossibilità di gioco, all'interno della quale nessuno può giocare? Se lo spazio per il gioco dei travestimenti è angusto (chi ha a disposizione una stanza per giocare a travestirsi?) è inutile "consentire" l'accesso "libero" a molti bambini, perché non avranno modo di utilizzare il materiale. Se c'è solo un vestito da principessa, invece di giocare, le bambine se lo contenderanno e il gioco dei travestimenti si trasformerà nel gioco dell'accaparramento. Se lo stesso materiale rimane a disposizione per troppo tempo, il gioco perde di interesse e il materiale viene trascurato, oppure si creano stereotipie nell'uso.

Organizzare il gioco a scuola, vuol dire dare la possibilità a tutti i bambini di fare esperienze diversificate di confronto con materiali, situazioni, altri bambini. Vuol dire mettere a disposizione dei bambini modalità organizzative che loro, autonomamente non hanno, ma che sono indispensabili perché il gioco possa avere una funzione positiva. Vuol dire dare a tutti l'occasione di sperimentare materiali e relazioni; di scoprire i propri gusti e le proprie capacità mettendosi alla prova con oggetti e situazioni di cui, talvolta, non sospettano le possibili attrattive, o verso cui nutrono timori o riserve di tipo emotivo. Ma di quale organizzazione stiamo parlando? Dell'insegnante che assegna giochi e giocattoli, che decide chi deve fare cosa? Perché si possa parlare di un gioco organizzato ma anche libero, c'è la necessità di mettere a punto degli strumenti in grado di garantire libertà nell'organizzazione. Noi abbiamo individuato questi strumenti nei semafori e nelle ruote a gettoni ma, naturalmente, ce ne possono essere tanti altri. Come funzionano?

Intanto la sezione viene suddivisa idealmente (ma si può fare anche concretamente delimitando gli spazi con nastro adesivo a terra o con i mobili o con recinti spostabili) in "angoli di gioco". Per una sezione composta da 24 bambini ce ne vogliono 5, in modo che si possano formare gruppi di 4/5 bambini per ciascun angolo. Ogni angolo è contraddistinto da una tipologia di gioco: si tratta di una suddivisione di massima che serve alle insegnanti per avere un maggior controllo della situazione e non proporre giochi troppo simili nello stesso momento. Ad ogni tipologia di gioco corrispondono materiali diversi che si alternano a cadenza mensile, per cui ogni mese i materiali contenuti nei 5 angoli cambiano.

3. Gli angoli tematici

- *Gioco simbolico*: ristorante, veterinario, fruttivendolo, casa delle bambole, falegname/meccanico, parrucchiere, lavanderia, travestimenti, ufficio postale, fioraio, agenzia di viaggi, ...

- *Costruzioni*: Duplo, Clipo, Lego, costruzioni morbide, chiodini, costruzioni di legno, tubi di cartone, scatole, sculture mobili, ...
- *Manipolazione*: pasta di sale, travasi, sabbia magica, plastilina, semi, perline, scheletrati, collage, mosaico, terra, tessitura, ...
- *Tappeto*: piste dei treni, pista e garage con le macchinine, città, mattoni grandi, fattoria, cantiere, castello, pirati, scuola, ...
- *Le stagioni*: materiali, feste, ricorrenze, costruzioni di oggetti (strumenti musicali, animali in 3D, personaggi, ...) inerenti alla progettazione delle attività che segnalano il passaggio dei mesi e delle stagioni.

In questo modo i bambini hanno la possibilità, in un anno scolastico, di entrare in contatto con circa una quarantina di giochi diversi. Gli angoli vengono aperti e chiusi in determinati giorni della settimana (per esempio, lunedì, mercoledì e venerdì) e in determinati orari (dalle 10,00 alle 11,00 del mattino) che rimangono fissi in modo che i bambini si sappiano orientare. Anche se il materiale resta nella sezione per tutto un mese, i bambini sanno che possono utilizzarlo solo nel momento in cui gli angoli sono aperti. Negli altri giorni o momenti della giornata, giocheranno con altre cose. Questa distinzione rappresenta un elemento importante: i bambini comprendono fin dall'inizio che il gioco negli angoli ha un suo funzionamento e questo crea un atteggiamento di attenzione al gioco stesso, ai materiali che altrimenti è impossibile da costruire. Ogni mattina, all'apertura degli angoli, la maestra ricorda quali sono i giochi del mese, fornisce indicazioni, sollecita i bambini a ricordare, o a esplicitare (al bisogno) le regole di buon funzionamento di ciascun gioco. Sistema i materiali necessari in modo che i bambini abbiano facilmente accesso e dichiara aperti gli angoli.

4. I semafori

Nei primi mesi dell'anno (diciamo da ottobre a dicembre) utilizziamo i semafori perché sono strumenti più semplici e il loro funzionamento è facilmente comprensibile anche dai bambini più piccoli che sono in fase di ambientamento. In ciascun angolo viene appeso un semaforo costituito da un cartoncino nero su cui è incollato un cerchio verde suddiviso in 5 spicchi, ciascuno dei quali dotato di velcro adesivo. L'insegnante consegna a ciascun bambino uno spicchio di cartoncino rosso plastificato (di uguale dimensione rispetto a quelli disegnati sul semaforo), dotato di velcro adesivo, sul retro e di foto del bambino, sul davanti. Poi procede alla chiamata dei bambini il cui ordine varia e deve variare a seconda dei momenti e delle necessità. Può farlo l'insegnante, ma possono farlo anche i bambini seguendo l'ordine presente sul cartellone che registra le presenze, oppure creando una catena di chiamata che segue criteri diversi (i maschi chiamano le femmine, i bambini di tre anni chiamano quelli di cinque e viceversa, e così via). Il bambino chiamato dichiara la scelta del gio-

co, si dirige verso lo spazio relativo e attacca il suo spicchio rosso sul cerchio verde del semaforo. Progressivamente, con il procedere delle chiamate, i cerchi verdi diventeranno sempre più rossi fino a riempirsi. Quando un semaforo è completamente rosso (ovvero sono stati attaccati 5 spicchi), l'angolo è chiuso e nessun bambino può entrare.

5. Le ruote a gettoni

A seconda della composizione della sezione (omogenea o eterogenea per età) si può continuare ad adoperare lo stesso strumento o sostituirlo con uno più complesso. Nella seconda parte dell'anno (a partire da gennaio) noi togliamo i semafori e li sostituiamo con le ruote a gettoni. Si tratta di un passaggio davvero difficile per cui va preparato con cura. Al posto dei semafori vengono appesi in ciascun angolo dei dischi di colori diversi che, da quel momento in poi, identificheranno gli angoli e i giochi che si potranno fare al loro interno. In una parete vengono appesi 5 cerchi suddivisi in 5 spicchi ciascuno dei quali realizzato con cartoncino dei diversi colori degli angoli. In ciascuno spicchio sono attaccati 5 pezzettini di velcro. Per ogni bambino va costruito un corredo di 10 gettoni (2 per ciascun colore degli angoli) contraddistinti dal proprio segnalino/simbolo di riconoscimento e di un sacchettino dove poterli riporre. Ogni volta si può accedere ad un angolo usando i propri gettoni. Quando vengono aperti gli angoli, ciascun bambino prende il sacchetto con i propri gettoni, ne sceglie uno e lo attacca (gettoni e ruote sono muniti di velcro) nel settore della ruota corrispondente all'angolo scelto. Se il settore è pieno, deve scegliere un altro angolo tra quelli rimasti liberi. Deve avere anche il gettone corrispondente. Alla fine del gioco i bambini presenti nell'angolo devono riordinare il materiale con cui hanno giocato. Le ruote con i gettoni utilizzati restano appese alla parete in modo che ognuno possa programmare i suoi giochi. Dopo 5 giorni di gioco (che non necessariamente corrispondono ad una settimana di scuola) i gettoni vengono staccati e riconsegnati ai legittimi proprietari che li ripongono nei loro sacchetti, pronti per essere usati la volta successiva. Credo risulti evidente la maggiore complessità delle operazioni richieste da questo strumento rispetto ai semafori. Intanto è presente un certo grado di astrazione perché gli angoli sono identificati dai colori. Poi le regole sono più stringenti: se con i semafori un bambino potrebbe (in linea teorica perché è comunque difficile, ma possibile) andare anche tutti i giorni nello stesso angolo, con i gettoni questo è impossibile perché ogni bambino ha solo due gettoni per angolo. Questo "costringe" ad ampliare le proprie esperienze di gioco e a provare anche giochi diversi da quelli in cui ci si sente più "al sicuro". Inoltre, i gettoni consentono accordi tra bambini per andare nello stesso angolo: si tratta di mettersi d'accordo rinunciando talvolta al gioco preferito per stare con il compagno preferito o viceversa. In questo modo si possono variare anche le dinamiche relazionali all'interno del gruppo. Infine (ed è forse la cosa più

forte dal punto di vista educativo), i bambini imparano a dilazionare nel tempo i propri desideri: sanno che per un mese quel gioco rimarrà a disposizione per cui, se oggi non si può andare perché non c'è più posto, si potrà sempre andare la prossima volta.

6. Il temporizzatore

Anche il tempo rappresenta una variabile importante all'interno di questo tipo di organizzazione e va gestito in maniera progressiva. I bambini che arrivano alla scuola dell'infanzia spesso non sono abituati a fermarsi a giocare; passano da un gioco all'altro come se quel vagolare fosse il gioco. Per questo è utile uno strumento che i bambini possano gestire autonomamente. Al momento dell'apertura degli angoli, l'insegnante chiede ai bambini quanto tempo dovrà durare il gioco e poi imposta il timer. Il temporizzatore o la clessidra sono da preferire agli orologi in quanto sono più facilmente "leggibili" dai bambini. All'inizio i tempi saranno "sballati" rispetto alla fattibilità del gioco (o troppo lunghi o troppo risicati), ma questo aiuterà i bambini a costruirsi un'idea del tempo che in altri modi è davvero difficile da far comprendere. Così il timer potrà essere reimpostato se il tempo richiesto è stato troppo breve, o fermato se era troppo lungo. Comunque sia, durante il tempo previsto, non si può cambiare angolo. Alcuni bambini chiedono quando finisce il gioco e l'insegnante risponde di controllare il timer. Non è la maestra che decide arbitrariamente quanto dura il gioco. Anche in questo caso il valore educativo è importante: i bambini imparano ad organizzare il proprio tempo in maniera autonoma, a stabilire relazioni tra l'attività e il tempo a disposizione. Poco prima che il tempo a disposizione finisca, la maestra avverte i bambini che rimane ancora poco tempo per giocare, in modo che il suono del timer non li colga di sorpresa proprio sul più bello del gioco che stavano facendo. Questo "avviso" (tra 5 minuti dovremo riordinare) consente ai bambini di concludere l'attività in maniera graduale e di distaccarsi dal gioco in modo tranquillo.

7. Fare finta con oggetti veri

Cosa trovano i bambini negli angoli? Oltre ai giocattoli tradizionali (trenini, bambole, costruzioni di plastica o di legno) noi cerchiamo sempre di mettere a disposizione dei bambini oggetti che fanno parte della vita quotidiana o che, comunque, stanno in un rapporto di realtà con il gioco che si va a giocare. Mi rendo conto che può sembrare una specie di ribaltamento dell'insegnamento montessoriano "tutto a misura di bambino", ma credo che abbia una sua logica. Perché se continua ad avere senso mettere a disposizione dei bambini forbici piccole e con la punta arrotondata o tavoli e sedute comode e alla portata della lunghezza delle loro gambe, penso che nei giochi sia importante recuperare una dimensione di realtà di cui i bambini attuali sono completamente deprivati, immersi come sono in un mondo permeato e costruito di realtà parallele,

virtuali e digitali. Così nell'angolo del veterinario, insieme agli animali di peluche, noi diamo ai bambini cerotti, bende, batuffoli di ovatta, liquidi colorati che simulano il disinfettante; nell'angolo della posta trovano vere buste per spedire i loro messaggi, tastiere di computer, macchine da scrivere, borse di pelle (quelle che si chiamano "le postine" appunto, proprio perché usate dai postini fino a pochi anni fa); nella cucina ci sono pentole e coperchi, attrezzi per sbattere le uova, padelle, tutto vero, nel senso che si tratta di oggetti usati realmente in cucina e non giocattoli di plastica o di metallo, ma di dimensioni ridotte; nell'angolo dell'agenzia di viaggi, guide turistiche, mappe della metropolitana, carte geografiche e carnet di biglietti aerei, ferroviari, delle navi o degli autobus. Il contatto con gli oggetti "veri" stimola azioni, movimenti, attenzioni che i giocattoli non riescono a sollecitare costruiti come sono tutti con gli stessi materiali, con gli stessi colori, con le stesse consistenze, con le stesse dimensioni. I bambini sono incuriositi dagli oggetti reali, sono stupiti dal poterli utilizzare nei loro giochi; il far finta diventa meno "finto"; è più facile da interpretare.

8. Giochi "suggestivi"

Nell'elenco che ho inserito sopra, oltre a giochi più tradizionali, ci sono anche proposte che possono sembrare "azzardate". Lo stesso gioco dell'ufficio postale potrebbe sembrare fuori luogo per bambini che non sanno scrivere e leggere. Non parliamo poi dell'agenzia di viaggi, delle avventure nello spazio e così via. In fondo noi siamo quelle del curriculum di scienze, quelle che dicono da sempre che bisogna lavorare su contenuti concettualmente dominabili dai bambini, significativi dal punto di vista degli apprendimenti e della costruzione delle competenze. In realtà io non penso che ci sia contraddizione tra le due proposte. Come ho detto all'inizio, il tempo che i bambini passano a scuola è molto lungo. Inoltre, i bambini che frequentano la scuola dell'infanzia (anche in considerazione dell'età che hanno e delle loro esperienze di vita) sono molto diversi tra loro come atteggiamenti, comportamenti, ma anche come modalità di approccio e stili cognitivi. Il gioco così organizzato può rappresentare una maniera diversa di costruire competenze rispetto a ciò che si fa con i percorsi di tipo curricolare. In questi c'è una modalità lineare che segue un itinerario metodologico consolidato. Per questo tipo di attività c'è bisogno di concretezza, di sequenzialità, di progressione, di costruzione lenta e ricorsiva. Nel gioco, invece, tutto succede in maniera più reticolare, più imprevedibile ma non meno efficace. Si tratta di due modi complementari tra loro, che pur partendo da presupposti diversi (il curriculum, dal rigore dell'osservazione; il gioco, dalla suggestione dell'immaginario) possono rinforzarsi l'uno con l'altro. L'importante è avere chiara la differenza dei mezzi e degli scopi e utilizzarli in maniera consapevole e professionale. Non mi sognerei mai di costruire un percorso di scienze sui pianeti, ma trovo che si possa organizzare il gioco dello Spazio in

cui costruire un'astronave, indossare tute e caschi spaziali e immaginare mondi sconosciuti. Nel gioco dell'agenzia di viaggi, non sto costruendo il curricolo di geografia. La mamma di una bambina ci ha scritto: "Complimenti, bellissima attività! Avete trasmesso la voglia di viaggiare a Bianca!" Ecco: era quello che volevamo. Ci piaceva l'idea di costruire con i bambini l'interesse verso un mondo "diverso" rispetto a quello che troppo spesso anche loro vedono attraverso i media. Un mondo bello, pieno di cose interessanti, di cibi, musiche, balli, cose da vedere e da imparare. I bambini sono le persone che abitano e abiteranno il mondo e ci sembrava importante che lo guardassero con occhi curiosi e fiduciosi. Giocare a fare finta di viaggiare, incoraggia questo tipo di atteggiamento.

9. Attenzione, si gioca!

Ma si potrebbe dire anche: "Pazienza, calma, gentilezza, ... si gioca!" Si tratta di dimensioni presenti in ogni attività proposta dalla scuola, ma che nel gioco risultano particolarmente efficaci in quanto implicite. Nessuno "comanda" l'attenzione nel giocare. Ma il contesto, l'ambiente che è stato creato, i materiali messi a disposizione, gli strumenti da utilizzare, "esigono", da un lato, e creano le condizioni, dall'altro, perché quell'attenzione, quella pazienza, quel controllo... vengano messi in atto dai bambini. Sono dimensioni implicite ma presenti sempre, giorno dopo giorno ed è proprio questa loro presenza continua (seppure non dichiarata o richiesta esplicitamente) che "lavora" all'interno dei bambini, contribuendo a creare modalità sempre più adatte, sempre più radicate e consapevoli. Se per giocare ci vuole attenzione (e pazienza e tutto il resto), per fare sì che i bambini maturino quell'attenzione, ci vogliono tempo, costanza e coerenza. C'è bisogno che le maestre (prima dei bambini) dimostrino attenzione, pazienza, controllo. Se l'apertura degli angoli diventa il momento, per le insegnanti, per fare altro, quale messaggio veicolano ai bambini? Se giocare è importante, bisogna che loro per prime diano importanza al gioco. Lo fanno, giocando con i bambini, intervenendo all'interno degli angoli quando si accorgono che il gioco non funziona, osservando con attenzione le dinamiche e i comportamenti per riprenderli nella conversazione che si terrà il giorno successivo, al momento di riaprire i giochi. All'inizio del mese, all'apertura degli angoli nuovi, le maestre giocano e in questo modo propongono modelli di gioco ai bambini più piccoli o meno capaci. Quando si apre l'angolo del parrucchiere, è importante mostrare l'uso degli strumenti, soffermarsi sul modo di pettinare senza fare male "al cliente", ripetere la giusta sequenza delle azioni (saluto e accoglienza da parte del parrucchiere, richiesta da parte del cliente, lavaggio della testa, asciugatura/pettinatura, inserimento degli accessori, se necessari, pagamento da parte del cliente, saluto da parte del parrucchiere). Poi i bambini giocheranno come vogliono e nessuno chiederà loro di "ripetere" la sequenza, ma il gioco delle maestre fornisce spunti di comportamento, modelli di linguaggio, organizzazione dei turni nell'assegnazione dei ruoli (non si può fare

sempre il parrucchiere o non si può essere sempre e solo interessati a ciò che viene costruito nell'angolo delle sculture). Gli interventi di questo tipo sono "leggeri", non hanno il carattere dell'insegnamento. Eppure, insegnano nella stessa misura degli interventi espliciti. Quanta motricità fine c'è nell'applicare un cerotto sulla zampa del cagnolino che si è ferito? Ci sono bambini che vanno nell'angolo del veterinario solo per "imparare" a scartare i cerotti e applicarli. Altri non ci riescono subito e chiedono aiuto alle maestre. E anche qui, le insegnanti dirottano la richiesta su altri bambini che lo sanno fare. Quanta collaborazione, quanta confidenza, si sviluppa tra chi chiede quell'aiuto e chi lo dà? Quanta autonomia si costruisce nell'angolo dei travestimenti, nel vestirsi e nello spogliarsi, ma anche nel ripiegare i vestiti, nell'allacciare bottoni o nel chiudere una zip? Quanto si conosce dei bambini osservando cosa e quanto si mettono addosso?

10. L'osservazione

E qui arriviamo ad un altro momento fondamentale di tutta questa attività. L'insegnante non può dedicarsi ad altro perché gioca con i bambini, interviene al bisogno, ma soprattutto osserva. Tutta la fase della progettazione dell'angolo (organizzazione dello spazio, ricerca dei materiali, predisposizione/costruzione degli strumenti) deve passare al vaglio dell'osservazione attenta di ciò che i bambini fanno con quel gioco, di come usano il materiale che abbiamo messo loro a disposizione. E bisogna osservare con mente aperta, con spirito libero dagli stereotipi che anche i giochi si portano dietro. Se un bambino entra nell'angolo dei travestimenti e calpesta i vestiti che ha gettato a terra, l'insegnante interviene perché quel comportamento non è funzionale al gioco. Ma se utilizza una cravatta come cintura, non c'è bisogno di nessun intervento. Se i pezzi di legno della ferrovia vengono utilizzati per costruire lo scheletro di un dinosauro, non c'è niente da eccepire. Anzi, la cosa va portata all'attenzione dei compagni mostrando un uso alternativo, ma altrettanto bello, di quel materiale. Si tratta di un'azione complessa, che richiede una grande attenzione, uno sguardo allenato e criteri chiari che vanno esplicitati prima della messa in opera del gioco. Per questo sono necessari strumenti di rilevazione semplici, agevoli, veloci, che consentano alle insegnanti di raccogliere dati che potranno essere analizzati anche (e soprattutto) al di fuori della situazione di gioco. Una raccolta di dati utile per:

- riflettere collegialmente sulle scelte effettuate in sede di progettazione;
- intervenire tempestivamente qualora ci si accorga di criticità evidenti;
- modificare la proposta;
- affinarla/arricchirla per gli anni successivi.

11. Scheda di osservazione delle caratteristiche del gruppo/sezione

La semplice tabella a doppia entrata riportata sotto può essere utile per la registrazione veloce delle scelte effettuate dai bambini.

Nomi dei bambini	I settimana		II settimana		III settimana		IV settimana	
	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate
Antonella								
Giulio								
Carla								
Manuk								
.....								
.....								

Ciascun angolo deve essere contraddistinto da un colore (una lettera o un numero). In questo modo l'insegnante può segnare rapidamente le scelte *ripetute* e quelle *evitate* da ciascun bambino nell'arco di un mese.

Considerando la sezione suddivisa in 5 spazi gioco, si possono assegnare, ad esempio, i seguenti colori: rosso all'angolo della manipolazione; giallo all'angolo del gioco di imitazione; blu all'angolo delle costruzioni; verde all'angolo dei giochi da tavolo e dei puzzle; lavanda all'angolo dei mesi.

Utilizzando la scheda, l'insegnante segnerà con il colore corrispondente le scelte *ripetute* nella colonna di sinistra di ciascuna settimana e le scelte *evitate* (gli angoli che non sono mai stati scelti) nella colonna di destra di ciascuna settimana.

Nomi dei bambini	I settimana		II settimana		III settimana		IV settimana	
	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate	Ripetute	Evitate
Antonella								
Giulio								
Carla								
Manuk								
.....								
.....								

In questo esempio, nella I settimana di osservazione, Antonella ha scelto più volte l'angolo della manipolazione, ma non è mai andata nell'angolo del gioco di imitazione. Neanche Giulio ha scelto quell'angolo, mentre è andato più volte

nell'angolo dei puzzle. Carla ha scelto più volte l'angolo del gioco imitativo, ma non è mai andata nell'angolo dei giochi da tavolo e dei puzzle; Manuk ha scelto più volte l'angolo della manipolazione, ma non è mai andato nell'angolo del gioco imitativo.

12. Lettura dei dati

Qualora la situazione si dovesse ripetere anche nelle settimane successive potremmo concludere che l'angolo strutturato per il gioco di imitazione non ha suscitato l'interesse dei bambini. Questo dato induce le insegnanti a riflettere su cosa non ha funzionato. Il gioco non rispondeva agli interessi dei bambini? Il materiale messo a disposizione non era adatto o insufficiente? Cosa sarebbe servito per stimolare la loro partecipazione? Cosa si sarebbe dovuto cambiare? Ma anche i dati "positivi" (gli accessi ripetuti) possono diventare oggetto di riflessioni da parte del team docente. Come mai i bambini volevano andare in quell'angolo? Cosa c'era? Com'era organizzato?

Questo tipo di riflessioni consente un affinamento progressivo della capacità di lettura dei bisogni e degli interessi dei bambini in relazione anche alla loro età, alla composizione del gruppo, alla presenza di esigenze o difficoltà specifiche e alla loro integrazione in attività adatte a tutti.

Ma gli stessi dati posso essere letti anche per andare a comporre un quadro conoscitivo più approfondito dei singoli bambini. In sezioni particolarmente numerose, infatti, il rischio è di avere cognizione dei bambini particolarmente sicuri e di quelli che presentano difficoltà evidenti, lasciando in una nebbia di incertezza la conoscenza di tutti gli altri. La lettura orizzontale delle singole righe della tabella ci fornisce dati circa le modalità di fruizione degli angoli di gioco da parte di tutti i bambini della sezione. Scopriamo in questo modo che un bambino predilige una tipologia di gioco, ma anche che ne evita accuratamente un'altra, oppure che sperimenta un po' di tutto. Possiamo mettere in relazione questi dati con altre osservazioni effettuate in contesti diversi e questo ci consente di avere un quadro sempre più chiaro anche ai fini della definizione di un profilo del bambino stesso.

Un percorso esperienziale sugli stati di aggregazione della materia alla scuola dell'infanzia

Jennifer Faramia

Studentessa in Scienze della Formazione Primaria presso

l'Università degli Studi di Torino

e-mail: jennifer.faramia@edu.unito.it

Abstract. The following article reports on a teaching unit aimed at kindergarten children. The topic of the lessons concerns the three states of matter, which are presented to the students through manipulation experiences and small experiments that the children carry out personally in the classroom, with the constant support of the teacher.

Keywords: scuola dell'infanzia, stati di aggregazione della materia, esperienze concrete, coinvolgimento collettivo

1. Introduzione

La seguente proposta didattica è finalizzata all'apprendimento dei tre stati di aggregazione della materia e delle loro caratteristiche principali all'interno di una sezione mista di scuola dell'infanzia.

Fondamentale è che le attività delle varie lezioni partano sempre da esperienze laboratoriali [1], svolte ricorrendo a materiali semplici e conosciuti dai bambini; ciò permette di presentare agli alunni ogni stato di aggregazione a partire da un'esperienza diretta, per passare poi alla concettualizzazione e alla trasposizione del concetto in ambito quotidiano. Questo approccio, considerata l'età dei bambini, compresa tra i 3 e i 6 anni, risulta efficace e d'impatto, in quanto punta su una comunicazione più immediata e basata su fattori tangibili e percettibili. Per favorire l'apprendimento, i concetti e le caratteristiche degli stati di aggregazione vengono proposti in maniera elementare e comprensibile, riportando, il più frequentemente possibile, esempi e situazioni vicine alla realtà quotidiana dei bambini e utilizzando sempre un linguaggio semplice e adeguato alla loro età.

Inoltre, in ciascuna lezione, l'insegnante non introduce le denominazioni specifiche dei tre stati di aggregazione (solido, liquido, aeriforme) per tutta la durata delle attività. Tale accortezza ha come obiettivo quello di non influenzare le idee spontanee dei bambini e i momenti di discussione collettiva [2].

In questo modo, si ricorre alla terminologia specifica soltanto al termine delle attività, ossia quando gli alunni hanno avuto modo di verbalizzare le proprie riflessioni in maniera libera e si è giunti alla formalizzazione degli apprendimenti.

Altro aspetto di rilievo è il coinvolgimento di tutti i bambini in maniera collettiva, in quanto la collaborazione e il confronto tra alunni di età diverse, reso possibile dalla composizione tipica di una sezione mista, può risultare decisamente utile e funzionale all'apprendimento. Il confronto e la verbalizzazione del pensiero, inoltre, portano benefici e passi in avanti riguardo l'aspetto della socializzazione, ma anche sul fronte delle capacità cognitive messe in atto per trasformare un'ipotesi astratta in una comunicazione efficace verso il gruppo [3]. Al contempo, si prevedono anche momenti di lavoro leggermente più individuale e di tipo grafico-pittorico. In tale fascia di età, infatti, attività di questo genere sono sempre accolte con entusiasmo dagli alunni e il coinvolgimento emotivo può agevolare l'apprendimento.

Per quanto concerne le preconoscenze, esse includono quelle tipiche della fascia di età considerata; nello specifico si tratta di competenze linguistiche base, capacità di ascolto e di collaborazione con i compagni e attenta osservazione dell'ambiente. Passando invece agli obiettivi (si vedano i traguardi relativi alla scuola dell'infanzia contenuti nelle Indicazioni Nazionali, in particolare la sezione "La conoscenza del mondo"), essi riguardano principalmente l'apprendimento dei tre stati di aggregazione e delle loro proprietà, mettendo in evidenza anche le principali differenze. Si pone attenzione, inoltre, alla finalità di classificare gli oggetti della realtà nelle tre categorie e di acquisire una buona capacità di verbalizzare le proprie riflessioni. Tali obiettivi si perseguono attraverso l'utilizzo di molteplici metodologie didattiche: modalità apprenditive quali la manipolazione diretta, le conversazioni guidate, la realizzazione di prodotti grafici riepilogativi e le attività ludiche ed esperienziali che permettono al bambino di riflettere e lavorare insieme ai compagni, acquisendo nozioni in ambito scientifico relative ai tre stati della materia, anche grazie alla natura partecipativa delle attività proposte.

Si prevede di dedicare una mattinata per ciascuno stato di aggregazione, così da esplorare il tema nella maniera più esaustiva possibile. Quindi, si possono preventivare tre mattine (da due o tre ore l'una) alle quali aggiungere una quarta lezione utilizzata per svolgere un lavoro di riepilogo e di consolidamento delle informazioni apprese su tutti gli stati di aggregazione.

Si precisa che la progettazione qui proposta non è stata ancora sperimentata in un contesto concreto, ma si configura come un possibile intervento didattico da realizzare in una classe di scuola dell'infanzia.

2. Sviluppo del percorso

2.1 I solidi

Nella prima lezione viene introdotto il concetto di stato solido. La decisione di iniziare con questo specifico stato della materia non è casuale: infatti, a livello sensoriale, è quello che risulta più immediato e più facilmente osservabile nelle sue caratteristiche.

Nel corso di questa prima lezione si ricorre ai seguenti materiali: oggetti di vario tipo (matite, gomme, colori, cartoncini, ...) e contenitori di forme e dimensioni varie (scatole, vaschette, piattini, ...).

Il lavoro parte da un'attività di individuazione delle peculiarità dello stato di aggregazione in questione tramite esperienza diretta. Ai bambini vengono proposti alcuni oggetti solidi di diverso tipo reperibili in aula, come matite, gomme, colori, piccoli giocattoli, cartoncini (Figura 1); la scelta su quali oggetti proporre è flessibile, sempre restando però nell'ambito di oggetti quotidiani. Ciò favorisce l'associazione dei concetti astratti alla realtà immediata e, appunto, quotidiana dei bambini. Inizialmente si permette loro di osservare e manipolare liberamente i materiali per qualche minuto; in seguito, l'insegnante pone alcune domande stimolo per guidare i bambini nella definizione del concetto di solido: "Come senti questi oggetti in mano?", "Cosa succede quando li tocchi?", "Che forma hanno?". Il termine "solido" viene introdotto solo alla fine delle domande, così da permettere ai bambini di esprimersi liberamente in merito alle loro idee e ipotesi.



Figura 1. Gli oggetti utilizzati per questa prima fase

Per focalizzarsi ulteriormente sulle caratteristiche dei solidi, si passa a un'attività riguardante il concetto del mantenimento di forma e volume. Si pongono davanti ai bambini alcuni contenitori, come vaschette, scatole, piattini (Figura 2); a ogni bambino viene chiesto di prendere un oggetto a sua scelta tra quelli esaminati in precedenza e di posizionarlo in un contenitore o di darlo in mano a un compagno. Una volta effettuato il passaggio, si domanda agli alunni se l'oggetto sia cambiato nella forma rispetto a prima. L'oggetto viene poi posizionato in un secondo contenitore o assegnato ad un altro bambino e si pone la stessa domanda. L'attività viene ripetuta con quanti più oggetti possibile, per sottolineare il ripetersi di questa caratteristica, indipendentemente dal tipo di solido osservato.



Figura 2. I recipienti con cui si effettua il lavoro sul mantenimento di forma e volume

A questo punto si cerca di concettualizzare il tutto nella definizione di solido, componendo con gli alunni la “lista” delle caratteristiche di questo stato di aggregazione. Nello specifico, si puntualizza che i solidi:

- hanno una forma ben precisa;
- non cambiano forma facilmente, a meno che non cerchiamo di romperli;
- occupano uno spazio preciso (si parla di spazio e non di volume per agevolare la comprensione del concetto da parte dei bambini, evitando di introdurre la nozione per loro troppo complicata di “volume”);
- possono essere toccati e anche tenuti nelle nostre mani.

Infine, i bambini devono individuare alcuni oggetti nella scuola che rispondano alla definizione di solido appena affrontata. Per introdurre un momento

ludico al di fuori della sezione, tale attività potrebbe essere svolta andando fisicamente “a caccia” all’interno della struttura scolastica.

2.2 I liquidi

La seconda lezione è incentrata sullo stato liquido. Come punto di partenza, si sceglie una sostanza molto comune, conosciuta e versatile, ossia l’acqua.

Nel corso della lezione si ricorre ai seguenti materiali: acqua, bicchieri, contenitori vari di diverse forme e dimensioni, eventuale colorante per acqua.

A ogni bambino viene consegnato un bicchiere di acqua su cui effettuare alcune osservazioni. Si chiede loro di manipolare l’acqua nella maniera in cui preferiscono, toccandola e interagendo con essa; ciò viene effettuato liberamente per qualche minuto. In seguito, l’insegnante pone nuove domande stimolo relative a cosa i bambini abbiano potuto osservare e constatare.

Si procede allora con un’attività relativa alla forma dello stato liquido. I bambini, dotati sempre del bicchiere d’acqua, a turno versano il contenuto del loro recipiente in un altro contenitore indicato dall’insegnante. Vengono utilizzati recipienti di diverse forme e dimensioni per ampliare l’esperienza ed eventualmente si può scegliere di operare con dell’acqua colorata. Si pone attenzione quindi a come, nonostante la quantità di acqua resti la stessa, cambi la forma in base al contenitore (Figura 3); si può appurare tale cambiamento tramite alcune domande ed eseguendo un momento di conversazione guidata, in cui si cerca di far prevalere, come sempre, l’intervento dei bambini. Mentre l’insegnante conduce e supervisiona, i bambini rispondono e discutono.



Figura 3. I bicchieri d’acqua e i contenitori di diverse forme e misure

Bisogna tenere conto che ci troviamo a lavorare con bambini molto piccoli, spesso inclini a distrazioni e a piccoli incidenti relativamente ai materiali utilizzati. Quindi, l'utilizzo di bicchieri riempiti d'acqua va supervisionato adeguatamente, poiché potrebbero verificarsi alcuni contrattempi come acqua versata o scherzi ai compagni. A ciò, tuttavia, si può ovviare con alcuni piccoli accorgimenti, tra cui l'utilizzo di bicchieri non troppo pieni, o lo sfruttamento degli spazi più ampi della sezione.

Anche in questo caso, la parola "liquido" viene introdotta al termine della discussione, una volta individuato il gruppo di caratteristiche relative al secondo stato della materia affrontato. In particolare, l'insegnante verbalizza che i liquidi:

- non hanno una loro forma, ma prendono quella del contenitore in cui sono inseriti;
- possono scorrere, come l'acqua del rubinetto;
- possono essere versati e mossi, come il latte a colazione;
- anche se la loro forma cambia quando li spostiamo da un recipiente ad un altro, la quantità di liquido rimane sempre la stessa;
- possono essere toccati e sentiti con le mani, come quando immergiamo la mano nella vasca da bagno.

2.3 Gli aeriformi

Con questa lezione viene presentato il terzo stato di aggregazione, ossia quello aeriforme. Quest'ultimo risulta più difficile da percepire rispetto agli altri due, ma si procede comunque, per quanto possibile, partendo da esperienze pratiche. Questo approccio può risultare funzionale per spiegare il suddetto stato della materia non solo nella scuola dell'infanzia, ma anche in gradi successivi. Infatti, lo stato aeriforme è oggetto di concezioni errate anche da parte di bambini appartenenti a fasce di età superiori e adolescenti [4].

Nel corso della lezione si ricorre ai seguenti materiali: palloncini, bottiglia di plastica, nastro adesivo.

Per prima cosa si utilizza un semplice palloncino che viene gonfiato dall'insegnante. Si chiede poi ai bambini se, secondo loro, ci sia qualcosa dentro a quel palloncino. In seguito, dopo aver appurato quanti abbiano risposto in maniera affermativa e quanti in maniera negativa, si effettua un lavoro di percezione, con l'obiettivo di verificare, insieme agli alunni, quale sia la risposta corretta. Il palloncino viene "aperto" sciogliendo il nodo e, in modo lento e controllato, lo si sgonfia rivolgendo l'apertura al viso dei bambini o alle loro mani; così facendo, gli alunni possono concretamente sentire l'aria sul proprio corpo. Questo permetterà non solo di capire che effettivamente dentro al palloncino è presente qualcosa, ma compenserà anche in parte la mancanza di percezione quotidiana tipica dell'aspetto aeriforme di cui si è accennato in precedenza.

Successivamente, viene chiesto ai bambini di indicare alcune caratteristiche

relative all'aria che hanno percepito su di loro, aiutati da domande: "Che cosa era secondo voi?", "Si poteva vedere?", "Si poteva toccare?". Questo porterà a definire alcune fondamentali proprietà dello stato di aggregazione in questione, nonché a constatare come esso si disperda qualora non sia chiuso in un contenitore.

Per concentrarsi sulla caratteristica degli aeriformi del non mantenere la propria forma, si può svolgere inoltre un ulteriore esperimento ricorrendo a una bottiglia di plastica e a un altro palloncino (Figura 4). Quest'ultimo viene fissato sul collo della bottiglia. I bambini poi, uno alla volta, provano a schiacciare la bottiglia; in questo modo osservano, da un lato, come il palloncino si gonfi e, dall'altro, come esso riprenda la forma originaria nel momento in cui non viene più esercitata alcuna pressione sulla bottiglia. A questo punto si pongono ulteriori domande stimolo: "Cosa succede quando schiacciamo?" Secondo voi, perché succede?", avviando un momento di discussione collettiva guidata.



Figura 4. Il palloncino prima e durante l'applicazione di pressione sulla bottiglia

A chiusura dell'attività, l'insegnante introduce la denominazione dello stato di aggregazione ai bambini e ne individua in maniera formale le caratteristiche:

- non ha una forma precisa;
- non occupa uno spazio preciso;
- si muove liberamente intorno a noi, come il profumo di una torta appena sfornata;
- non può essere toccato con le mani;
- possiamo sentirlo in altri modi: il vento che ci fa mettere la giacca, un palloncino che viene aperto vicino a noi.

2.4 Riepilogo e attività finale

Giunti al termine delle tre lezioni, è necessario consolidare gli apprendimenti dei giorni precedenti.

Nel corso della lezione si ricorre ai seguenti materiali: cartellone, matite, pennarelli, pastelli, tempere, gessetti, colori a dita.

In primis, si procede con la realizzazione di un cartellone riepilogativo dei tre stati di aggregazione. L'insegnante si occupa solo dell'impaginazione e delle parti scritte, lasciando poi spazio agli alunni. Viene chiesto ai bambini più grandi (cinque anni) di disegnare, per ciascuno stato di aggregazione, un oggetto che faccia parte della categoria o che, nel caso degli aeriformi, contenga una sostanza rientrante nel suddetto stato. Maggiore supporto sarà fornito proprio nell'individuazione di oggetti appartenenti alla categoria aeriformi, visto che risulta essere non molto percepibile dal punto di vista sensoriale e quindi non facilmente raffigurabile. I bambini più piccoli, invece, colorano i disegni realizzati dai compagni, utilizzando tecniche varie (pastelli, pennarelli, tempere, colori a dita, gessetti, ecc.).

Una volta ultimato, il cartellone viene utilizzato come punto di partenza per un ripasso in cui si pone molta attenzione alla verbalizzazione delle caratteristiche emerse nei giorni precedenti. Nel corso di questo momento riassuntivo, i bambini vengono anche invitati a ripercorrere gli esperimenti osservati e le esperienze vissute, così che possano ancora una volta associare concetti e nozioni astratti, da un lato, e la realtà, dall'altro. Inoltre, si pone l'accento sulle principali differenze tra i tre stati di aggregazione.

Infine, viene riproposto il gioco svolto in conclusione della prima lezione, ossia quello di ricerca dei solidi all'interno della struttura scolastica, ma con una sostanziale differenza: in questa occasione, infatti, chiediamo ai bambini di ricercare oggetti facenti parte di tutte e tre le categorie affrontate.

3. Valutazione

Per la presente unità didattica si prevede di effettuare due diverse valutazioni. Una prima valutazione è quella di processo che nella scuola dell'infanzia può risultare spesso più esaustiva della sola valutazione finale. In questo senso, l'insegnante osserva aspetti vari come, ad esempio, il grado di concentrazione e di partecipazione dei bambini, la loro capacità di riflessione sull'argomento trattato e di seguire indicazioni nello svolgimento delle attività, nonché il rispetto di spazi e materiali comuni. La seconda valutazione è, invece, quella di prodotto: essa si concentra sulle risposte dei bambini alle domande stimolo poste nelle varie fasi e sul ripasso finale degli argomenti trattati.

4. Conclusioni

Nonostante il tema dei tre stati di aggregazione costituisca uno degli aspetti fondamentali dell'ambito scientifico, sembra permanere una certa diffidenza da parte degli insegnanti della scuola dell'infanzia verso l'idea di introdurre tale concetto nelle loro sezioni. Infatti, mentre l'argomento è ampiamente e adeguatamente affrontato nella scuola primaria, nel precedente ciclo di istruzione esso viene molto spesso tralasciato. Questo potrebbe derivare dal timore del corpo docente di mettere in difficoltà gli alunni con termini e nozioni che ritengono essere già troppo complessi per la fascia di età con cui si trovano a dover lavorare. Inoltre, rispetto ad altri temi (come, ad esempio, quello degli esseri viventi), questo risulta essere più astratto e quindi apparentemente lontano dalla realtà quotidiana degli alunni.

In realtà, con i dovuti accorgimenti e metodi didattici, anche un argomento come quello degli stati di aggregazione può essere inserito nella progettazione degli insegnanti di scuola dell'infanzia. Sfruttando modalità laboratoriali e di partecipazione diretta, infatti, possiamo far comprendere ai bambini il significato dei termini solido, liquido e aeriforme e le proprietà dei relativi tre stati di aggregazione della materia. Sarà indubbiamente importante utilizzare un linguaggio chiaro, semplice e adeguato all'età degli alunni e dare più spazio possibile all'attività pratica ed esperienziale, che costituirà sempre il punto di partenza delle attività didattiche. Applicando questi accorgimenti e coinvolgendo il più possibile i bambini in attività di manipolazione, osservazione e discussione, sarà possibile fornire alla propria classe un percorso didattico in materia di stati di aggregazione efficace e funzionale all'apprendimento.

Riferimenti specifici

- [1] K. Vernassa, F. Turco, Materiali omogenei ed eterogenei alla scuola dell'infanzia, *CnS*, 2023, **1**, 60-67.
- [2] M. Marchini, E. Cameran, Alla scoperta dell'acqua! Una didattica interdisciplinare realizzata in modalità laboratoriale, *CnS*, 2024, **2**, 67-88.
- [3] F. Racca, F. Turco, Una separazione e i miscugli attraverso l'arte alla scuola dell'infanzia, *CnS*, 2024, **4**, 17-25.
- [4] E. Aquilini, Il ruolo del concetto di gas nella costruzione delle basi della chimica, *CnS*, 2000, **5**, 149-152.

Altri utili riferimenti di carattere generale

- G. Cerrato, et al., Didattica laboratoriale e Scuola dell'infanzia: percorsi sperimentali in ambito scientifico, in *Ricerca e didattica per la scuola dell'infanzia. Contributi per la formazione dei docenti*, (a cura di C. Coggi, M. Pavone, E. Ardellino), Franco Angeli, 2019, pp. 221-223.

- M. Venturi, M. Marchini, Insegnare scienze: qualche considerazione metodologica, ma non solo, in *Annali online della Didattica e della Formazione Docente*, 2017, vol. 9, pp. 280-293.
- MIUR, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, p. 22.
- R. Carpignano, et al., *La Chimica Maestra*, Baobab L'Albero della Ricerca, 2013.

Cambiamenti sociali e nuove sfide per la scuola¹

Cristina Viti

Scuole dell'infanzia Peter Pan dell'Istituto Comprensivo Empoli Est; membro della segreteria del CIDI di Firenze

e-mail: cristy.viti60@gmail.com

Abstract. What can educational institutions do while facing the challenge of social change? Classes are increasingly composed of students from various origins and diverse linguistic and cultural backgrounds. That implies taking account of the students' social, emotional and educational needs with personalized learning strategies based on the relationship between pupils and teachers. These one-on-one meetings are held in a welcoming environment where creative and inclusive educational approaches can take place. Scientific programs promoted by CIDI Firenze embody a feasible way to address the issue.

Keywords: scuola dell'infanzia; immigrazione; didattica inclusiva; strategie; apprendimento

Lavoro da molti anni in una scuola dell'infanzia dell'Istituto Comprensivo "Empoli Est", la "Peter Pan", situata nel centro storico della città. La mia scuola accoglie un'utenza varia: da una parte bambini che provengono da famiglie di immigrazione più o meno recente, residenti nella zona del Centro, dall'altra quelli italiani, i cui genitori scelgono consapevolmente di far vivere ai loro figli un'esperienza formativa multiculturale, a dispetto di quanti, invece, "fuggono" alla ricerca di situazioni socialmente più omogenee. Questa realtà costituisce senza dubbio un osservatorio prezioso per chi si interroghi sul rapporto fra scuola e contesto sociale, e su quali strategie gli insegnanti possano mettere in atto per affrontare la sfida del cambiamento.

È palese che la scuola si rapporta oggi a un mondo indubbiamente molto più complesso di quello di venti o trenta anni fa. Le famiglie sono cambiate nella loro composizione, il più delle volte ristretta al solo nucleo genitoriale, spesso

¹ Articolo precedentemente pubblicato su Insegnare on line nel mese di settembre 2024 (<https://www.insegnareonline.com/rivista/scuola-cittadinanza/cambiamenti-sociali-nuove-sfide-scuola>).

lontane dai nonni, che garantivano un supporto materiale e affettivo; a fatica, quindi, tengono il passo degli incalzanti impegni quotidiani. Sono cambiate le relazioni all'interno della famiglia, viziate dall'invadenza e dal fascino della tecnologia che spesso sostituisce i genitori nel rapporto con i figli. Il tempo è merce rara e solo una piccola parte viene dedicata al piacere di stare con i propri figli, agli incontri con gli altri, alla partecipazione alla vita scolastica. I bambini che frequentano le scuole oggi sono figli di questo cambiamento e portano addosso tutti i segni della fragilità che esso genera.

Tuttavia, la svolta epocale che ha cambiato la società, soprattutto nelle città grandi o in quelle di media grandezza come Empoli, con una attraente vita economica, è il flusso migratorio. Nei centri urbani, le comunità che provengono da altri paesi si concentrano dove ci sono immobili a buon mercato e così le scuole di alcuni quartieri accolgono moltissimi bambini non italo-foni di diversa provenienza, con percentuali che sfiorano, come nella mia scuola, l'85 o il 90%. Le potenzialità di tale ricchezza sono evidenti: è bellissimo vedere bambini così diversi che giocano insieme, è meraviglioso constatare che per loro non ci sono differenze, che trovano il modo di comunicare perché il piacere di stare insieme vince anche sulle diversità linguistiche. D'altro canto, per un'insegnante che si ponga l'obiettivo di accompagnare tutti i bambini alla conquista degli apprendimenti, queste classi impongono una sfida non da poco.

È, infatti, difficile conquistare la fiducia dei bambini, assicurarli, farli sentire protetti quando non si ha a disposizione un linguaggio comune. È quello che succede durante l'inserimento in queste classi dalla composizione così variegata. È difficile comunicare con i genitori di questi bambini, che, anche loro, vanno rassicurati e tranquillizzati, istruiti sulle abitudini della scuola e su ciò che si preparano a vivere nella nuova comunità di cui entrano a far parte. Moltiplichiamo questa difficoltà per quindici, venti, quanti sono i bambini di diversa provenienza in una classe. E questo è solo l'inizio, la fase dell'inserimento.

Durante l'anno il rapporto con le famiglie non è mai semplice: la partecipazione alla vita scolastica è solitamente scarsa, gli stili educativi domestici spesso distanti o addirittura antitetici rispetto a quello condiviso nella realtà scolastica, la comprensione dei problemi, quando si verificano, non è immediata. E poi ci sono i bambini e tutte le difficoltà che una scarsa (a volte nulla) comprensione della lingua comporta per l'apprendimento.

La domanda, a questo punto, è: cosa possiamo fare per gestire al meglio situazioni di integrazione? Come può la scuola stare al passo con questo cambiamento che interessa vertiginosamente la società e che la coinvolge?

È chiaro che la soluzione non è a portata di mano e travalica le responsabilità e le possibilità dell'insegnante. Sarebbero necessari interventi di politica territoriale che agissero per evitare la concentrazione in alcune zone delle famiglie immigrate, favorissero l'integrazione con una politica abitativa di riqualificazione delle zone disagiate e di edilizia popolare diffusa, con servizi

di trasporto e luoghi di incontro extrascolastici. Sarebbe necessaria un'opera di valorizzazione delle opportunità che un contesto multiculturale può rappresentare in una società sempre più caratterizzata da una convivenza di persone di diversa provenienza e cultura, in modo da evitare la "fuga" delle famiglie italiane dalle scuole frequentate in larga parte da alunni non italiani. Sarebbe necessaria un'attenta ed efficace preparazione del personale docente perché insegnare in queste scuole richiede una sensibilità, un impegno e una preparazione specifici. Ma tutto questo fa parte di un processo lento i cui effetti, nell'ipotesi che si iniziasse ad attuarlo, si vedrebbero dopo alcuni anni.

Su questo versante, dunque, non possiamo far altro che ricordare agli amministratori (politici e scolastici) gli obiettivi e le priorità del lavoro di costruzione di un nuovo tessuto sociale integrato, dove alle famiglie venga fornita la giusta assistenza, che non si limiti ad un mediatore linguistico nelle occasioni istituzionalizzate.

Quello che invece possiamo fare noi insegnanti, da subito, è cercare di rendere la scuola significativa dal punto di vista degli apprendimenti per tutti i bambini, adottando una didattica attenta al singolo, inclusiva, lenta e pensata per ognuno, ma che non perda la dimensione della relazione collettiva. I percorsi di scienze del CIDI Firenze rappresentano una concreta possibilità per lavorare in situazioni di questo tipo.

È chiaro a chi conosce i percorsi o a chi voglia curiosare fra le tante documentazioni presenti sul sito del CIDI² che questi mettono in moto abilità complesse: saper osservare, distinguere le parti dal tutto, discriminare e associare percezioni sensoriali, nominare, classificare, e così via di seguito. Verrebbe da pensare, dunque, che queste proposte possano essere troppo "alte" per dei bambini che non hanno le competenze linguistiche necessarie per esprimersi, quando in ogni momento dei percorsi è richiesto l'accompagnamento verbale alle azioni: il bambino racconta all'insegnante ciò che osserva, illustra ciò che ha rappresentato, discute nel gruppo ciò che vuole condividere con gli altri. Questo è vero solo in parte, perché ogni momento del percorso può essere vissuto come momento pienamente consapevole anche dai bambini che non hanno le competenze linguistiche.

Il primo e più importante strumento che questa didattica possiede è la valorizzazione della dimensione individuale come momento di ognuno, con le sue necessità, le sue capacità, la sua ricchezza. Durante l'osservazione guidata l'insegnante, sfruttando la compresenza, chiama un bambino alla volta in un luogo tranquillo, meglio se fuori dalla sezione, e si mette a sua disposizione, di fronte all'oggetto da osservare. Ci sono molti modi per esprimere un messaggio senza le parole: si possono abbinare oggetti o materiali (ad es., cartoncini colorati per il colore, blocchi logici per la forma), si possono fare gesti, usare il corpo

² <https://cidifi.it/ricerca-didattica/scienze/infanzia/>

(ad es., per raccontare come si muove un certo animale, oppure per descrivere le dimensioni), si possono usare i simboli della Comunicazione Aumentativa Alternativa [1-3].

Il bambino trova in questo momento un'accoglienza, una intimità con la maestra che lo incoraggia, lo capisce, rinforza verbalmente quello che lui esprime in un altro modo, lo gratifica quando ripete e tutto questo agisce in maniera potente sulla percezione di sé, sulla motivazione e sul ricordo.

Giovanni, un bambino cinese di tre anni con nessuna competenza della lingua italiana, osserva il pomodoro. Abbiamo fatto una prima esperienza di osservazione della realtà intorno ai bambini attraverso l'uso di un binocolo di cartone. Ora il binocolo è sul tavolo, vicino al pomodoro. E c'è anche la scatola con le tessere colorate che usiamo per fare il calendario. L'insegnante dice a Giovanni, accompagnando le parole con i gesti: *Guarda il pomodoro. Com'è?* Giovanni usa il binocolo di cartone e lo osserva. Poi prende la scatola con le tessere colorate, sceglie quella rossa, la avvicina al pomodoro e la solleva sorridente. L'insegnante rinforza: *Bravo! È rosso?* Giovanni annuisce. L'insegnante trascrive la sequenza delle azioni sul quaderno.

Luigi è un bambino cinese che ha cominciato da poco a parlare l'italiano e ancora ha un linguaggio essenziale, con frasi spesso incomplete. Deve osservare cosa ha la foglia dell'albicocco. Di fronte alla richiesta dell'insegnante dice: *Giallo. Qui verde.* L'insegnante gli restituisce la sua osservazione in forma più elaborata e dice: *Ok, giusto. La foglia è gialla e verde.* Poi chiede, accompagnando le parole con i gesti delle mani: *Tanto verde o poco verde?* Luigi risponde sorridendo: *Poco.* E lei: *E giallo?* Luigi: *Tanto.* Poi tocca il picciolo e dice: *Non lo so.* La maestra dice: *Va bene, non ti preoccupare, ha questa parte, poi scopriremo se ha un nome.* Luigi tocca il margine della foglia e dice: *Filo.* Probabilmente si ricorda delle esperienze fatte per il percorso di arte con il filo di lana, attraverso il quale siamo arrivati a scoprire le linee. Poi con il dito disegna nell'aria uno zig-zag. Allora l'insegnante gli mostra il catalogo dei segni che abbiamo realizzato e lui indica la linea spezzata. L'insegnante sorride e dice: *Bravo! Poi? Vedi qualcos'altro?* Lui tocca le nervature e dice: *Verde.* Poi riprende il catalogo dei segni e va a cercare la linea diritta.

Con il suo linguaggio stentato Luigi si è impegnato tantissimo nell'osservazione e ha comunicato diverse informazioni: che la foglia ha una lamina gialla e un po' verde, che ha un margine seghettato, che ha un picciolo e che ha delle nervature che sono delle linee diritte. Ha riutilizzato spontaneamente lo strumento che l'insegnante gli aveva offerto (il catalogo dei segni) per dare l'informazione successiva.

Con questi due esempi vediamo come i percorsi si adattano alle esigenze dei singoli, così ognuno riesce a dare qualcosa e questo qualcosa ha un grande valore se si considera da dove si parte.

La dimensione linguistica anche in questa fase primitiva ha un ruolo fondamentale e, mentre si struttura, con l'aiuto di strumenti facilitatori e dell'insegnante, sostiene e dà forma al pensiero, diventando per il bambino uno strumento per dare significato a quella parte di mondo che sta osservando.

Talvolta c'è bisogno di semplificare o di prevedere un passaggio intermedio, pensato per i bambini più fragili ma utile a tutti. Nel percorso sull'albero, ci si rende conto che chiedere ai bambini di quattro anni, molti dei quali non padroneggiano totalmente la lingua, "cosa ha l'albero" è una richiesta troppo alta. I bambini sono piccoli e l'albero è grande, non lo dominano con lo sguardo: una cosa è distinguere le parti di un frutto, che hanno la possibilità di smontare e separare, un'altra è distinguere le parti di un albero, considerato anche che i bambini di quest'età hanno una percezione di tipo sincretico. Allora, come fare? Ci viene in aiuto un gioco che facciamo con il corpo: guardiamoci allo specchio, cosa abbiamo? Guardiamo la nostra compagna: cosa ha? Uno alla volta i bambini vengono a toccare una parte del corpo della loro compagna e quasi tutti le nominano. Poi si propone una scheda in cui i bambini disegnano al centro se stessi e nei cerchi intorno le parti che hanno discriminato. È un esercizio facile, che tutti riescono a fare, perché sul corpo si lavora dal primo anno, si fanno attività di routine e giochi motori e tutti, anche i bambini non italo-foni, conoscono le parole per indicare le parti del corpo. Quando proponiamo la stessa attività sull'albero non è difficile far capire a tutti cosa vogliamo e tutti, anche chi non capisce pienamente i messaggi verbali, riescono con successo. Chi possiede gli strumenti linguistici individua le parti e le nomina, gli altri le indicano semplicemente: sarà con il confronto nel gruppo che quelle parti acquisiranno un nome anche per i bambini che ora non le sanno chiamare.

Alcuni bambini hanno bisogno del supporto dell'insegnante anche nel momento dell'elaborazione individuale. È un passaggio impegnativo per alcuni di loro, nel quale si richiede la concettualizzazione, attraverso il simbolo, di quello che hanno osservato. I bambini lavorano ai tavoli, organizzati in base alle verbalizzazioni prodotte durante la fase precedente, quella dell'osservazione guidata. Le risposte sono state tabulate dalle insegnanti, in modo da avere il quadro generale della sezione.

Robert, un bambino della zona dell'Africa centrale, aveva osservato: *La foglia è tonda, gialla, con le righe. È dura e ruvida*. Procedeva autonomamente sulla simbolizzazione degli aspetti visivi ma quando arriva a rappresentare quelli tattili si ferma. Allora l'insegnante gli ricorda: *Hai detto che la foglia è ruvida, ricordi?* Lui annuisce. L'insegnante allora aggiunge: *Quali sono gli oggetti che abbiamo scelto per rappresentare il ruvido?* Robert va al cestino dove ci sono gli oggetti

selezionati insieme, li tocca, poi sceglie la grattugia. Torna al tavolo e la disegna. Robert aveva bisogno solo di un supporto, ma il lavoro cognitivo è stato tutto suo.

Questo passaggio, quello della trascrizione individuale attraverso il simbolo di quanto precedentemente osservato, rende concreto e visibile il concetto ed è quindi importantissimo dal punto di vista cognitivo.

Ogni bambino, ascoltato, valorizzato, incoraggiato, trova poi il suo spazio nel momento della condivisione, quando tutto il gruppo si riunisce per trasformare i lavori individuali in un unico prodotto che rappresenti le conoscenze a cui siamo giunti su un determinato oggetto di osservazione.

A questo punto, se i passaggi precedenti sono stati coniugati alle esigenze di ognuno, se sono state cercate strategie per consentire anche a chi ha meno strumenti l'osservazione e la rielaborazione individuale, tutti i bambini arrivano all'appuntamento del confronto in modo consapevole. Ed è proprio questa consapevolezza che li motiva, che li interessa e che alimenta una discussione che, con la mediazione attenta dell'insegnante e con il dosaggio dei tempi, rappresenta un esempio alto di gestione democratica dei processi di apprendimento.

Riferimenti

- [1] A. Rivarola, *Comunicazione Aumentativa e Alternativa*, in <https://www.comunicaabile.it/wp-content/uploads/2019/05/Articolo-dssa-rivarola-sulla-caa.pdf>
- [2] il sito <https://arasaac.org> fornisce sia informazioni di base, sia un campionario di pittogrammi da utilizzare nella pratica didattica.
- [3] D. R. Beukelman, P. Mirenda, *Manuale di Comunicazione Aumentativa e Alternativa. Interventi per bambini e adulti con complessi bisogni comunicativi*, ed. Erickson, 2014.

Il processo di decarbonizzazione è indispensabile per la transizione ecologica

Fabio Olmi

e-mail: fabio.olmi@gmail.com

Abstract. After having clarified what is meant by decarbonization, the article examines the interventions necessary to pursue it by the different sectors: industrial processes, agriculture, transport, the construction sector, electricity production and use of the network. From what emerges in the various sectors our country is far behind in the decarbonization processes in all sectors and a strong acceleration is necessary if we want to achieve the European objectives for 2030. The PNRR, which should constitute the main instrument for tackling the battle against fossil fuels and pushing the use of renewable energy, is proceeding with difficulty and we are not yet seeing a decisive contribution to the decarbonization process: we risk being more indebted than before without having addressed the structural problems.

Keywords: processi di decarbonizzazione; PNRR e decarbonizzazione; COP 28 e COP 29

1. Introduzione

Decarbonizzazione significa procedere verso l'eliminazione dei combustibili fossili nei vari processi in cui vengono impiegati. Lo scopo di questo contributo è quello di tracciare un quadro di come si può affrontare la decarbonizzazione dei diversi processi ora dipendenti dai combustibili fossili e di fornire un quadro della situazione attuale. Per avere un'idea precisa degli obiettivi che abbiamo dinanzi è opportuno partire da quelli indicati dall'Europa relativi al 2030 e al 2050.

La normativa europea sul clima prevede di ridurre le emissioni climalteranti di almeno il 55% entro il 2030, tra sei anni, con l'obiettivo finale di rendere l'UE climaticamente neutra entro il 2050.

Attenzione però: la decarbonizzazione non dipende solo dall'impiego del Sole, del vento e dell'acqua per produrre l'energia a noi necessaria nella forma elettrica, ma ne costituisce solo una parte, nonostante sia quella più rilevante (pari a circa il 70%). Il restante 30% dipende essenzialmente dalle industrie,

dall'agricoltura, dai trasporti e dal riscaldamento e raffreddamento delle nostre abitazioni.

Allora, se è essenziale puntare sulle rinnovabili per la produzione dell'energia elettrica, è anche necessario rendere ecosostenibili l'industria, l'agricoltura, i trasporti (aereo, marittimo, ferroviario e quello su strada) e, infine, trasformare le nostre abitazioni da colabrodo di energia in abitazioni sostenibili.

La decarbonizzazione è, dunque, un processo molto complesso la cui soluzione dipende dalla realizzazione contemporanea di una gamma di interventi differenziati e, pertanto, è un processo di grande difficoltà realizzativa, anche per l'impegno economico gigantesco che comporta.

Andiamo però con ordine ed esaminiamo in dettaglio i vari settori da cui dipende la decarbonizzazione.

2. La decarbonizzazione nell'industria

L'industria rappresenta una componente fondamentale dell'economia europea e, secondo Eurostat, nel 2018 rappresentava il 17,6% del prodotto interno lordo e impiegava 36 milioni di persone.¹ L'industria è però responsabile di una grossa fetta delle emissioni climalteranti oltre che del rilascio di inquinanti nell'acqua e nel suolo. Limitatamente all'inquinamento atmosferico, l'industria contribuisce a circa il 25% dell'inquinamento, tuttavia, mentre le piccole e medie industrie manifatturiere sono responsabili di circa il 15% dell'inquinamento, il contributo di due grandi industrie, siderurgia e cementifici rappresentano rispettivamente il 5% e il 4% dell'inquinamento stesso.

Esaminiamoli allora in particolare, per comprendere se e come si può giungere alla loro decarbonizzazione.

2.1 La siderurgia

La produzione di ferro-acciaio è un settore che produce forti quantità di gas serra, essenzialmente CO₂.

Bisogna però distinguere i due fondamentali processi di produzione siderurgica: la produzione di "acciaio primario" ottenuto dal minerale attraverso l'altoforno e il convertitore, e la produzione di "acciaio secondario" ottenuto dalla fusione dei rottami di acciaio in forni elettrici (Figura 1).

¹ <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2020/articles/la-sfida-per-ridurre-l2019inquinamento-industriale>



Figura 1. Forno elettrico ad arco

Nella produzione di acciaio primario si producono fino a 2 kg di CO₂ per 1 kg di acciaio prodotto. In questo caso la trasformazione del minerale (ossidi di ferro) in ferro viene fatta attraverso l'impiego di carbon coke che, reagendo con l'ossigeno del minerale, libera CO₂.²

La produzione di acciaio attraverso il forno elettrico (riciclo dell'acciaio) genera circa 400-500 g di CO₂ per 1 kg di acciaio prodotto, quasi un quarto di quella per produrre acciaio primario. Tuttavia, nella produzione di acciaio secondario si ottiene una gran quantità di vari tipi di polveri che devono essere abbattute.³ Ogni impianto di forno fusorio produce 15-20 kg di polveri per tonnellata di acciaio ottenuto.

In Italia si riciclano circa 16.000.000 tonnellate di rottame ferroso, di cui 10 milioni provengono dal mercato nazionale e il resto dall'importazione. Con questa produzione di acciaio elettrico di riciclo l'Italia ottiene circa l'80% di acciaio ed è oggi il primo produttore in Europa e il quarto nel mondo dopo Stati Uniti, Giappone e Cina.

² <https://dirigentindustria.it/industria/la-siderurgia-ed-il-cambiamento-climatico-responsabilita-e-prospettive.html>

³ Tutte le sostanze che sono presenti nei rottami di acciaio che fondono a basse temperature (zinco, piombo, arsenico, cadmio, ecc.) vengono liberate e i fumi devono essere trattati prima di andare al camino, ottenendo quella che si chiama polvere delle acciaierie elettriche che costituisce un rifiuto speciale da portare alle apposite discariche.

Se non si pone il problema della decarbonizzazione del processo di produzione dell'acciaio elettrico, nella produzione dell'acciaio primario si può procedere a una progressiva decarbonizzazione sostituendo il carbone con una miscela di gas nei processi di "riduzione diretta"⁴ e puntando, infine, al trattamento con idrogeno. In Svezia è stato messo a punto nella città di Lulea l'impianto pilota denominato Hybrit che anticipa la costruzione della prima acciaieria ad idrogeno su scala industriale.⁵ Nella trasformazione della nostra acciaieria ex ILVA (la più grande d'Europa) sono previsti vari interventi antinquinamento, fra cui l'impiego dell'idrogeno come fonte di energia. Tuttavia, il processo appare assai problematico per responsabilità dell'attuale proprietà del siderurgico. In altre parole, la decarbonizzazione della produzione di acciaio primario in Italia è tutta da costruire.

2.2 La produzione di cemento

La produzione di cemento coinvolge il consumo di circa il 50% di tutte le materie prime estratte a livello mondiale, pari a circa 42 miliardi tonnellate all'anno.

Nella produzione del cemento⁶ con la calcinazione si genera l'emissione di quasi 1 tonnellata di CO₂ per tonnellata di cemento prodotto. L'industria del cemento è responsabile, come abbiamo accennato sopra, di circa il 5% del totale di emissione della CO₂.⁷

Il combustibile impiegato per portare i forni alla temperatura di quasi 1500 °C è stato il carbone; questo viene sempre più spesso sostituito dai rifiuti e, pertanto, la decarbonizzazione del processo di fabbricazione del cemento è assai problematica: attualmente non è in atto alcun processo, nemmeno sperimentale, di produzione decarbonizzata del cemento. Federbecton,⁸ come si legge in un suo comunicato del 15/3/2022, sta lavorando per decarbonizzare la filiera del cemento attraverso:

- utilizzo nell'immediato di combustibili alternativi a quelli fossili (carbone), ad esempio derivati dai rifiuti non riutilizzabili
- ricorso a gas naturale di minor impatto carbonico
- utilizzo dell'idrogeno in prospettiva
- implementazione di tecnologie Carbon Capture

⁴ Come è stato messo a punto e sperimentato in Australia e Sud Africa.

⁵ Fabio Olmi, Il mito dell'idrogeno e un suo impiego razionale nell'ambito dello sviluppo sostenibile, *CnS*, 2021, **4**, 13-19.

⁶ Ricordiamo che il cemento (Portland) si ottiene per passaggio in forno a 1450 °C di una miscela di marne, calcari e argille (calcinazione). Dal forno esce il cosiddetto clinker che per macinazione fornisce la tipica polvere grigia del cemento.

⁷ <https://www.renewablematter.eu>

⁸ Ufficio Comunicazione di Federbecton, *L'industria del cemento verso la decarbonizzazione*, 15 marzo 2022.

Ho forti riserve sulla Carbon Capture che ritengo poco affidabile, dispendiosa e non sicura. L'utilizzo di idrogeno verde presuppone la sua disponibilità in grande quantità e a un prezzo molto più basso dell'attuale.

Concludendo, la decarbonizzazione del settore industriale procede assai lentamente e, per raggiungere i target previsti per il 2030, dovrebbe andare ad una velocità otto volte superiore all'attuale.⁹

3. L'agricoltura

L'agricoltura è molto esposta agli eventi estremi legati al cambiamento climatico che condizionano negativamente la resa dei raccolti e aggravano le crisi economiche e di sicurezza alimentare in diversi Paesi del mondo. Le perdite maggiori sono state registrate finora nelle produzioni di cereali, in quelle di frutta, verdura e nei comparti di produzione di carne, latticini e uova.

Quali sono gli interventi che si stanno perseguendo per realizzare sistemi agricoli più resistenti ai disastri atmosferici e meno inquinanti, rendendo la produzione agricola più sostenibile?

Il PNRR dispone risorse per il settore (3,68 miliardi di euro) orientate a realizzare parchi agrivoltaici, che consentono di produrre energia elettrica da fotovoltaico e continuare a coltivare il terreno sottostante (Figura 2), a installare pannelli fotovoltaici su capannoni per dare energia a sistemi di ventilazione e/o di raffreddamento, ad aumentare l'efficienza dei sistemi irrigui, a migliorare macchinari e automezzi, a riciclare i reflui agroalimentari e a produrre biometano, razionalizzando anche la gestione delle deiezioni animali.

Il 7% delle emissioni nazionali di gas serra provengono dal settore agricolo. L'agricoltura è responsabile però anche di inquinamento del suolo, delle acque oltre che dell'aria. L'impiego di fertilizzanti per il terreno, di antiparassitari per le colture e il trattamento delle erbe infestanti interessano terreno ed acque. L'inquinamento dell'aria proviene dalle lavorazioni dei terreni, dai trasporti dei prodotti agricoli e, soprattutto, dagli allevamenti di animali soprattutto di bovini (Figura 3).

⁹ Sibilla Di Palma, Aziende e decarbonizzazione, solo il 15% ha piani adeguati, *La Repubblica* - A&F, 30 ottobre 2023.



Figura 2. Lavorazione del terreno con agrivoitaico

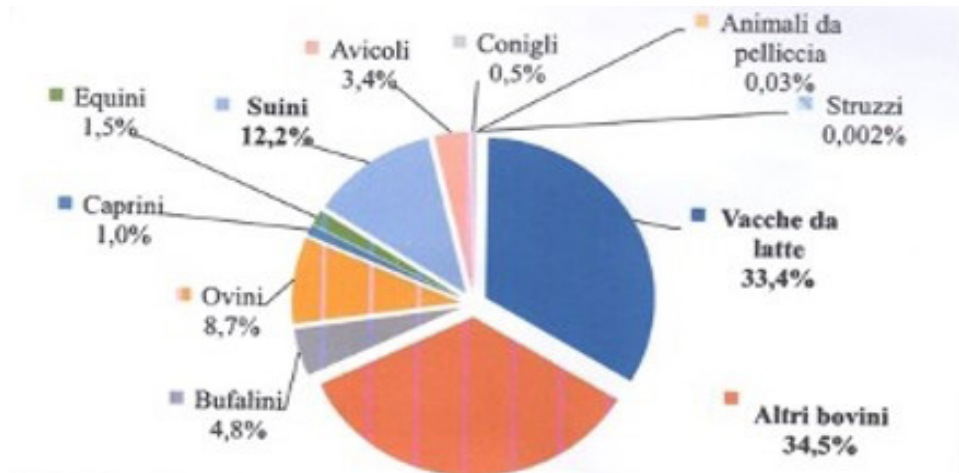


Figura 3. Apporti di gas serra da attività agricole: i maggiori produttori sono gli allevamenti di vacche e altri bovini

L'inquinamento dell'atmosfera per gas serra da parte dell'agricoltura, pur essendo in progressivo calo dal 1990 a oggi, interessa sempre un elevato rilascio di gas serra, precisamente circa 30,2 Mt di CO₂ nel 2018 (erano 34,7 Mt nel 1990)¹⁰ con una variazione di -13,0%.¹¹

¹⁰ Dati ISPRA elaborati da Openpolis.

¹¹ Dati forniti da National Inventory Report, NIR ISPRA, 2022.

Le componenti dell'inquinamento atmosferico sono costituite da metano, protossido di azoto e diossido di carbonio e provengono essenzialmente dai suoli agricoli, dalle deiezioni animali e dalla loro gestione.

Dobbiamo tener presente, però, che l'agricoltura non potrà mai arrivare alla decarbonizzazione totale dei propri processi per la sua propria natura e la figura 4 mostra che nel 2050 potrà essere ancora responsabile dell'emissione di 24 Mt di CO₂ equivalenti per anno.

Agricoltura: scenari emissivi

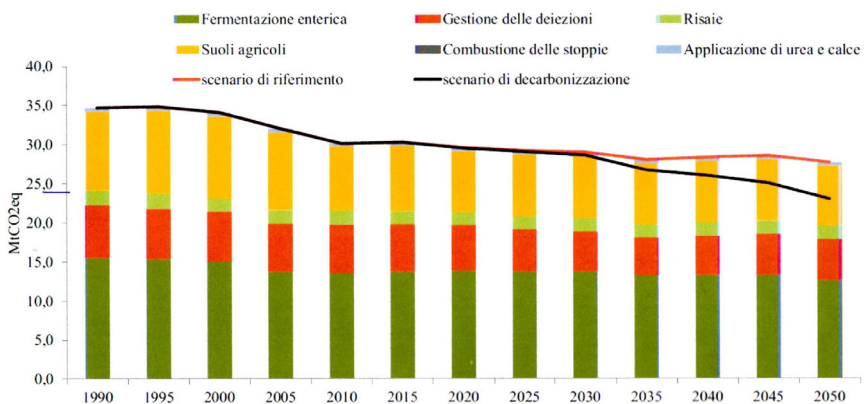


Figura 4. L'agricoltura potrà diminuire di poco i suoi apporti di gas serra (1990-2050)

4. La decarbonizzazione nei trasporti

Un recente studio del World Resources Institute individua la quantità di emissioni di CO₂ equivalente¹² prodotta da ogni singolo settore di attività. Il totale delle emissioni prodotte da tutti i settori è di 49,4 miliardi t di CO₂ equivalente nel corso dell'anno (2022). Il settore dei trasporti, responsabile complessivamente del 16,2% delle emissioni totali, verrà esaminato occupandoci del contributo di ciascun tipo di trasporto.

4.1 Trasporto aereo

Il trasporto aereo contribuisce con circa il 2% alle emissioni globali di CO₂. È stato stilato un patto per la decarbonizzazione del trasporto aereo promosso da gruppi di interesse, associazioni (Ita Airway, Airbus, Easyget, Aeroporti di

¹² Per CO₂ equivalente si intende l'impatto sul clima dei diversi gas serra. Oltre al principale gas serra prodotto dall'uomo, il diossido di carbonio, tiene conto anche del metano e del protossido di azoto. CO₂ equivalente (CO₂e) è l'unità di misura necessaria per esprimere in modo uniforme l'apporto di tutti i gas serra al riscaldamento globale.

Roma, ENI, IATA, ecc.) che si propone di promuovere la riduzione delle emissioni di CO₂ degli aeromobili, in prima istanza attraverso l'impiego i cosiddetti Sustainable Aviation Fuel, utilizzabili senza alcuna modifica tecnica dei velivoli, delle infrastrutture e dei mezzi di rifornimento. Si tratta di utilizzare i cosiddetti e-fuel e l'Enea ha avviato una ricerca per sviluppare carburanti green per aerei basati sulla combinazione di idrogeno verde e CO₂.¹³ Il piano per l'idrogeno è finanziato dal ministero per l'Ambiente con fondi PNRR.¹⁴ Gli e-fuel sono dal punto di vista chimico-fisico equivalenti ai corrispondenti combustibili fossili, ma hanno un'impronta carbonica nulla¹⁵ se prodotti con idrogeno verde; purtroppo, hanno ancora costi elevati di produzione (Scheda 1). La decarbonizzazione del settore aereo riguarda anche la ricerca di aerei di nuova struttura: è di qualche anno fa la notizia che l'Airbus ha in progetto aerei commerciali con propulsione a idrogeno.¹⁶ Recentemente, il responsabile delle infrastrutture per le nuove energie di Airbus, Zeroe Cristofe Arnold, ha dichiarato che Airbus prevede di mettere in servizio il primo aereo passeggeri a idrogeno nel 2035.¹⁷ I voli di prova potrebbero iniziare nel 2026 con un A380 provvisto di apposito motore con serbatoi di idrogeno liquido. Arnold ha spiegato che "abbiamo due esemplari di aereo su cui stiamo lavorando, il primo è un aereo da 100 posti, il secondo da 200. Il minor numero di passeggeri rispetto a un attuale aereo è dovuto al maggior ingombro dei serbatoi di idrogeno rispetto a quelli degli attuali combustibili liquidi".

Scheda 1 - Gli e-fuel

La Commissione Europea sui carburanti consente l'impiego dei motori termici anche dopo il 2035 purché in essi vengano impiegati e-fuel a neutralità carbonica. Si tratta, come accennato, di carburanti sintetici ottenuti dalla reazione tra idrogeno verde e CO₂.

Purtroppo, i costi di produzione sono attualmente assai elevati e il loro utilizzo non appare per ora vantaggioso: potrebbero alimentare solo macchine di lusso. Il bilancio della combustione degli e-fuel ha impatto zero sulla CO₂, perché viene emessa quella che è stata impiegata all'origine mediante la sintesi con l'idrogeno. Non è dato sapere come avvenga il processo di sintesi perché protetto da brevetto.

¹³ Gli e-fuel rappresentano carburanti sintetici ottenuti dalla sintesi (particolare) tra idrogeno e CO₂ facendo ricorso a energia verde.

¹⁴ Vito de Ceglia, E-fuel per gli aerei, ora l'Italia accelera, *La Repubblica - A&F*, 25 settembre 2023.

¹⁵ Impronta carbonica nulla poiché la CO₂ emessa nella loro combustione è quella impiegata nella loro sintesi.

¹⁶ Fabio Olmi, *La sfida del secolo. La transizione ecologica contro il riscaldamento globale*, Aracne Ed., 2022, pag. 88.

¹⁷ <https://www.ansa.it/economia>

Secondo l'amministratore delegato di SEA (Società Servizi Aeroportuali)¹⁸, Armando Brunini: "L'idrogeno è un passo obbligato e non esistono altre alternative valide per l'aviazione civile: è necessario fare un salto tecnologico che prevede appunto aerei a idrogeno. Airbus scommette su questa tecnologia". Si punta anche alla "realizzazione di un primo piccolo impianto di produzione di idrogeno in un aeroporto nel 2024. Sarà una prima pietra miliare per rendere i nostri aeroporti pronti per l'idrogeno".

Il motore a idrogeno, che verrà testato su un A380 (Figura 5), verrà montato lungo la fusoliera posteriore e collegato con un serbatoio criogenico per idrogeno liquefatto.¹⁹ Il sottoprodotto della combustione con l'ossigeno, l'acqua, verrà espulsa da un'uscita sul retro.



Figura 5. L'Airbus 380 che sta sperimentando il motore ad idrogeno

La decarbonizzazione del trasporto aereo si sta avviando, ma è ancora tutta da concretizzare.

4.2 Trasporto marittimo

Circa il 90% delle merci è trasportato per via marittima da un numero di navi impressionante, oltre 100.000 mercantili che movimentano circa 12 miliardi di tonnellate di merci all'anno. Il trasporto marittimo produce un'emissione di CO₂ pari a circa il 3% di quella totale. A livello europeo il trasporto marittimo muove circa il 75% del commercio extraeuropeo e il 36% di quello intraeuropeo.

È questo il settore in cui si lavora per riuscire a impiegare quanto prima i bio-fuel come fonti energetiche (Scheda 2).

¹⁸ Il gruppo SEA gestisce gli aeroporti di Milano Linate e Milano Malpensa.

¹⁹ <https://www.hydrogen-newszeroe.airbus>

Scheda 2 – Caratteristiche e impieghi dei diversi bio-fuel

I biofuel sono definiti carburanti ecosostenibili perché non vengono ricavati da fonti fossili, tuttavia, se da un lato questo può essere un risparmio nell'impiego del petrolio e costituiscono prodotti di riciclaggio di rifiuti, dall'altro la loro combustione emette comunque CO₂ perché provengono sempre da materiali organici.

Vediamo caratteristiche e impieghi dei biofuel.

1) **Bioetanolo** – Viene utilizzato come additivo delle benzine in miscele di tipo 85% di etanolo e 15% di benzina e 10% di etanolo e 90% di benzina. Quasi tutte le attuali auto possono impiegare queste miscele. Il bioetanolo può essere anche usato come tale in motori opportunamente predisposti, come avviene in Brasile. Il bioetanolo si ricava dalla fermentazione alcolica: per azione di appositi lieviti si trasformano gli zuccheri in bioetanolo come si attua, ad esempio, a partire dalla lavorazione della canna da zucchero. Senza sfruttare sostanze utili all'alimentazione umana si può ricavare dalla lignocellulosa (bioetanolo di seconda generazione). Tuttavia, questo processo chimico è costoso e fornisce una bassa resa.

2) **Biodiesel** – Questo biofuel si produce da oli vegetali e può essere utilizzato direttamente in tutti i motori a gasolio. Le sostanze di partenza per la sua produzione sono dunque trigliceridi e si tratta in pratica di olio di soia, girasole, ecc., ma, per non interferire con il sostentamento umano, si usano anche gli oli di scarto e quello (non alimentare) proveniente dalla pianta *Jatropha Curcas* che può crescere in terreni non altrimenti utilizzabili (proviene dall'India).

3) **Biobutanolo** – È un alcol tipo il bioetanolo e ha vari impieghi come additivo alle benzine; ha potere energetico più elevato del bioetanolo e, importante, minore corrosività. Viene prodotto con una particolare fermentazione (ABE) da biomasse di prima o seconda generazione.

4) **Biogas** – Il biogas o biometano è una miscela di metano e CO₂ prodotta a partire da biomasse. Si può produrre a partire da scarti di lavorazione agricole, da residui di attività industriali o dall'organico della raccolta differenziata cittadina. Il processo si basa sull'azione di microrganismi che producono la metanogenesi in reattori più o meno grandi (biodigestori). Al termine del processo il metano viene separato dalla CO₂ producendo un biofuel poco costoso.

Del settore dei bio-fuel si occupa in Italia l'ENI. Nonostante l'Europa abbia respinto la proposta, fatta anche dall'Italia insieme ad altri Paesi, di considerare eco-compatibili i bio-fuel, la nostra ENI cerca con decisione di trovarsi un campo in cui poter "piazze" la propria produzione di bio-fuel proveniente dalle bio-raffinerie di Gela e Marghera. A tale scopo ENI ha presentato un documento in collaborazione con varie associazioni, tra cui Assoarmatori e Confitarma, dal titolo "La rotta verso net zero. Insieme per la decarbonizzazione del settore marittimo".

In tale documento si afferma che i vettori oggi disponibili sono molteplici e in prospettiva ci sono carburanti sintetici e idrogeno. I biofuel rappresentano una soluzione già disponibile per il breve-medio termine e ENI ha manifestato la sua volontà di partecipare a fornirli. Intanto gli armatori si stanno orientando verso la messa a punto di motori mono-fuel e dual-fuel, che utilizzino vettori liquidi o gassosi, anche bio.

Una notizia abbastanza recente (settembre 2023) ci informa che si possono precorrere anche i tempi in fatto di vettori energetici:²⁰ la Divisione Crociere del Gruppo MSC ha ordinato a Fincantieri due navi a idrogeno per il suo brand di lusso Explora Journeis (Figura 6). L'accordo, del valore di 1,2 miliardi di euro, completa un investimento totale di 3,5 miliardi per sei navi Explora Journeis. Le due navi ordinate verranno consegnate nel 2027 e 2028.



Figura 6. Una nave che sarà alimentata a idrogeno

4.3 Trasporto ferroviario

Il trasporto ferroviario è responsabile di una piccola percentuale della produzione di CO₂, precisamente dell'1,5%, essendo il settore più largamente elettrificato. L'inquinamento da CO₂ è dovuto al fatto che il 28% della rete ferroviaria del nostro Paese non è elettrificata e corrisponde a 4.700 km di lunghezza, su un totale di 16.800 km. Su queste reti secondarie circolano treni a trazione diesel ed è da qui che proviene la maggior parte dell'immissione in atmosfera della CO₂. Una parte dell'impatto ecologico del vettore ferroviario è dovuta anche alla costruzione delle infrastrutture ferroviarie, in ferro, acciaio e cemento.

Poiché è più conveniente ricorrere a treni ecocompatibili diversi dagli attuali che elettrificare le linee, si è iniziato a sostituire i treni usando motrici a tra-

²⁰ Redazione, MSC ordina 2 navi a idrogeno a Fincantieri, *La Repubblica*, 22 settembre 2023.

zioni diverse dal diesel. Alla Expo Ferroviaria 2023 di Rho è stato presentato il treno a batteria per la tratta Altamura –Matera e il 3 ottobre 2023 è stato inaugurato il primo treno a idrogeno per la tratta Milano-Brescia-Iseo-Edolo. Questo treno, commissionato da Trenord, è stato realizzato in Italia dalla Alstom, è chiamato Coradia Stream (Figura 7) ed ha un'autonomia di 600 km come quelli diesel. Il progetto è finanziato con 2 miliardi di euro dal PNRR.



Figura 7. Il treno a propulsione ad idrogeno delle Ferrovie Nord (2023)

Naturalmente questi treni (ne sono stati commissionati sei da Trenord) hanno bisogno di stazioni di ricarica. Chi produrrà l'idrogeno per questi? Si sta costruendo una stazione di ricarica presso Brescia, una ad Iseo e una a Edolo.

È chiaro che siamo appena agli inizi di questa importante trasformazione per decarbonizzare le linee non elettrificate della rete italiana, ma la strada è tracciata.

4.4 Il trasporto su strada

Come abbiamo già accennato, i trasporti in Italia, in linea con la media europea, contribuiscono alle emissioni totali di gas serra per circa il 25% e il 92,6 % di questi, pari a circa il 23,15%, sono prodotti dal trasporto su strada. Dal Rapporto del Parlamento Europeo "Emissioni di CO₂ delle auto: i numeri e i dati" si ricava che il settore dei trasporti è responsabile in Europa del 30% delle emissioni totali di CO₂. Secondo l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) le emissioni di gas serra dai trasporti provengono per il 69% dalle auto, per il 25% dal traffico merci e dal 3% da autobus e un altrettanto 3% dalle due ruote, in particolare motocicli. È preoccupante che il trasporto su strada presenti un aumento di emissioni di gas serra dal 1990 a oggi e rappresenti, come accennato sopra, il 23,15% delle emissioni nazionali.

Il peso preponderante oggi è ancora determinato dai combustibili fossili, gasolio e benzina, che costituiscono l'88% dei propellenti impiegati per i trasporti su strada.

Nel 2019 il trasporto su strada è stato anche la principale fonte di emissione di ossidi di azoto con il 43% del totale nazionale, nonostante dal 1990 si registri una forte riduzione. Le emissioni di particolato fine rappresentano dal 1990 al 2019 il 10,2% del totale emesso a livello nazionale.

Si possono ridurre le emissioni di gas serra delle auto rendendo i veicoli più efficienti, ma soprattutto cambiando il tipo di alimentazione delle auto. Sempre nel 2019 la maggior parte del trasporto stradale in Europa è stato alimentato per 66,7% da gasolio (diesel) e dal 24,55% da benzina. La percentuale delle macchine ad alimentazione elettrica (full-electric, ibride e plug-in) è ancora assai modesta, è circa il 10%, pur con forte incremento delle immatricolazioni negli ultimi anni. In Italia, fanalino di coda in Europa, eravamo nel 2023 al 4%.

Non si può fare a meno di registrare che l'anno 2024 è stato un anno di grande crisi dell'industria automobilistica in tutta Europa. L'Italia ha fatto registrare nel 2024 un calo di produzione del 30% rispetto all'anno precedente e nel mese di settembre il calo è stato addirittura del 50,5%.²¹

Francesco Boccia (Pd) ha proposto "l'istituzione di un fondo pluriennale per la competitività europea per supportare le imprese del settore implicate nella transizione ecologia", soldi che servirebbero a sostenere la "riconversione produttiva e l'innovazione settoriale".

In crisi è soprattutto il full-elettrico: in Europa il mercato è sceso nel 2024 all'11,96% contro il 15,7% registrato nel 2023 e in Italia si è passati al 2,1% dal 4,2 del 2023.

I motivi sono molteplici: auto troppo care, colonnine di ricarica in aumento, ma molto poche quelle a carica rapida, scarsi e non continui incentivi (gli ultimi incentivi stanziati nel nostro Paese sono stati assegnati in poche ore),²² resistenza al cambiamento. Da parte delle fabbriche si sta, pertanto, sviluppando un cambiamento di rotta per l'elettrico che va verso il full-hybrid, cioè verso le vetture caratterizzate da un motore termico affiancato da uno elettrico la cui batteria è ricaricabile senza collegamento esterno.²³

Infine, è importante osservare che i tassi delle emissioni di CO₂ di un'auto devono prendere in considerazione non solo le emissioni generate durante l'uso del veicolo, ma anche quelle prodotte dalla sua produzione e dal suo smaltimento. Comunque, tenendo conto del mix energetico medio in Europa, le auto

²¹ Diego Longhin, Auto, crollo del 50%. Serve un fondo per rinnovare il settore, *La Repubblica*, 9 novembre 2024.

²² Diego Longhin, Giallo sugli incentivi bruciati in nove ore, *La Repubblica*, 5 giugno 2024.

²³ Luigi dell'Olio, Mobilità sostenibile. La spinta al full-hybrid, *La Repubblica - A&F*, 22 aprile 2024.

elettriche hanno già dimostrato di essere più ecologiche rispetto ai veicoli alimentati da carburanti fossili.

Inoltre, la Commissione Politiche dell'UE dell'Italia ha bocciato la direttiva europea sui mezzi pesanti che prevedeva la svolta green entro il 2040 e questa svolta green degli autotrasporti è stata per ora rimandata: "la strada da percorrere deve essere realistica e non a scapito della nostra economia, è necessario più tempo e incentivi".

Purtroppo, camion, autobus urbani e a lunga percorrenza incidono per oltre il 6% sulle emissioni di gas serra dell'UE. Si tratta di circa un quarto di quelle prodotte dal trasporto stradale.

5. La decarbonizzazione degli edifici

Per raggiungere il comfort climatico, ogni metro quadrato delle nostre case, ha bisogno in media di 213,8 kWh, producendo un'emissione di 44,8 Kg di CO₂. Detto in altre parole, viviamo in edifici inefficienti da un punto di vista energetico che, nel 60% dei casi, si trovano in classe energetica F o, addirittura, G.

In Italia 17,5 milioni di abitazioni sono riscaldate a gas metano e dal settore residenziale proviene il 18,5% delle emissioni climalteranti e il 53% delle emissioni di PM10.²⁴ I dati del nuovo studio sulla decarbonizzazione dei sistemi di riscaldamento realizzato da Elemens per Legambiente e Kyoto Club sostengono: "Stop agli incentivi del 110% per le caldaie a gas e ai sussidi ambientalmente dannosi. Sì a pompe di calore, solare termico e caldaie efficienti a biomassa legnosa".

La decarbonizzazione del settore edilizio appare molto complessa, interessa molti milioni di famiglie e gravose sono le spese che queste dovrebbero sostenere per ottenere risultati ambientalmente validi. Vanno anche messi in evidenza aspetti negativi derivanti, ad esempio, dal dotare le pareti con il cosiddetto "cappotto" poiché, come conseguenza, gli ambienti dovranno essere ventilati sia in uscita che in ingresso 24 ore su 24 per consentire la loro vivibilità ed evitare la formazione di muffe: in altre parole l'abitazione viene trasformata in una sorta di "sommersibile".

Il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione del comparto per il 2030 appare praticamente irraggiungibile per l'Italia, ma anche per altri Paesi europei, e, dopo le richieste di cambiamenti al regolamento avanzate da vari Paesi europei, tra i quali l'Italia, l'Europa si prepara all'approvazione di una transizione soft più lunga.²⁵

²⁴ Studio Elemens, *Riscaldamento edifici in Italia* (<https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/riscaldamento-edifici-in-italia-studio-elemens-il-peso-del-settore-su-inquinamento-e-consumi/>).

²⁵ Luigi dell'Olio, *Case green, in Europa verso la transizione soft*, *La Repubblica - A&F*, 30 ottobre 2023.

6. La produzione di energia elettrica

L'emergenza climatica si fa sempre più implacabile e l'esigenza di agire sulle modalità con cui viene prodotta l'energia elettrica è sempre più urgente: dobbiamo eliminare rapidamente le centrali termiche a carbone, a petrolio e a gas e puntare decisamente sulle rinnovabili che ci forniscono direttamente energia elettrica senza alcuna conversione e senza rilascio di sostanze climalteranti.

La Tabella 1 mostra il contributo crescente negli anni della produzione di CO₂ del settore termoelettrico.

Tabella 1. Emissioni di CO₂ (in Mt) dal settore termoelettrico per tipo di combustibile

Combustibili	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021*
Solidi	28,1	20,8	22,4	40,4	35,5	39,1	32,1	28,6	25,4	17,3	12,5	12,4
Gas naturale	21,2	24,6	49,3	67,4	68,1	49,5	55,7	61,1	56,4	61,3	58,5	62,4
Gas derivati	6,7	6,4	6,4	11,4	8,0	4,5	5,7	4,5	4,5	4,3	2,9	3,2
Petroliiferi	70,2	81,4	61,2	36,2	20,0	10,1	9,2	8,7	8,4	7,5	7,6	5,5
Altri combustibili	0,1	0,2	0,5	2,5	3,2	3,5	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5
Totale	126,4	133,5	139,8	157,8	134,8	106,6	106,3	106,5	98,1	94,0	84,9	87,1
*Stime preliminari di ISPRA												

L'elettricità verde ha ormai sorpassato quella prodotta dal metano e, entro l'anno prossimo, secondo la International Energy Agency (IEA), supererà anche quella prodotta dal carbone.²⁶

Le fonti rinnovabili sono diventate da tempo mature e competitive nello scenario energetico e non si deve trascurare anche l'aspetto della sicurezza energetica. Si calcola che l'UE, per combattere la dipendenza dal gas russo, con le rinnovabili ha risparmiato 100 miliardi di euro nel periodo 2021-2023 con la sostituzione di parte della produzione dai combustibili fossili più costosa con energie rinnovabili.

Se consideriamo che nel 2022, secondo l'ultimo rapporto sulle energie rinnovabili del WETO (World Energy Transition Outlook) e l'Agenzia IRENA, le energie verdi hanno contribuito al 30% della produzione di elettricità mondiale, bisognerebbe triplicare ogni anno e fino al 2030 la nuova potenza di energia pulita, aggiungendo 1000 GW all'anno nel mondo, per mantenere entro 1,5 °C l'incremento della temperatura del pianeta.

Mentre l'aumento del contributo dell'idroelettrico e della geotermia sarà limitato ad alcuni Paesi e sarà di entità generalmente modesta, è il solare e l'eolico che dovranno fare un grande balzo in avanti.

²⁶ Gianni Silvestrini, Con le rinnovabili si accelera la transizione, *Green&Blue*, 14 settembre 2023.

7. Le rinnovabili in Italia

È molto tempo che si attendeva l'approvazione del decreto che dovrà identificare le aree idonee all'installazione di nuovi impianti rinnovabili. Nell'agosto del 2023 il ministro dell'Ambiente ha finalmente resa nota una bozza del decreto sulla individuazione delle aree idonee ad ospitare impianti di energie rinnovabili.²⁷ Il testo contiene inoltre la ripartizione regionale fino al raggiungimento di 80 GW entro il 2030. Le zone interessate per impianti rinnovabili sarebbero: cave e miniere non recuperate o abbandonate; siti in cui sono già installati impianti della stessa fonte; beni immobili individuati dall'agenzia del demanio; beni statali; siti nella disponibilità delle società del gruppo Ferrovie dello Stato, delle società concessionarie autostradali e delle società di gestione aeroportuale.

Nella bozza del decreto si individuano criteri e obiettivi per ciascuna Regione.²⁸ In particolare l'impegno più grosso interessa la Sicilia con circa 10.400 MW, segue la Lombardia con circa 9000 MW, poi la Puglia con circa 7300 MW, l'Emilia-Romagna con circa 6300 MW e la Sardegna con circa 6200 MW, con un obiettivo minimo di raggiungere a fine 2023 i 9400 MW, che dovrebbero salire a 31500 MW nel 2026 e a 51300 MW nel 2028. Ciascuna Regione sarà chiamata a emanare entro 180 giorni dall'entrata in vigore del decreto una legge che individui superfici e aree idonee. La bozza del decreto ha suscitato varie obiezioni, speriamo che nel testo definitivo da approvare se ne tenga conto.

Per gli impianti eolici si possono impiantare pale solo se è presente una ventosità che garantisce 2250 ore annue di produzione. Sarà monitorato il rispetto dei vari passaggi. Si prevedono poteri sostitutivi dello Stato per le Regioni che non sviluppassero la quantità di rinnovabili prevista.

Il GIS, Gruppo Impianti Solari, esaminando la bozza del decreto non ancora approvato, evidenzia i problemi che in Italia limitano la diffusione delle energie rinnovabili al ritmo richiesto dagli obiettivi: si tratta del dibattito ancora in corso tra aree idonee e non e del consumo di suolo.²⁹ Il GIS sostiene poi che il decreto penalizza l'eolico fissando anche un limite troppo rigido alla ventosità aspettata sul sito.

Agostino Re Rebaudengo, presidente di Elettricità futura, sostiene che il decreto fissa paletti troppo stretti per l'individuazione dei siti adatti alle rinnovabili e ha scritto una lettera critica ai ministri Pichetto Fratin, Gennaro Sangiuliano e Francesco Lollobrigida.³⁰

²⁷ Adele di Carlo, Rinnovabili, ecco la bozza del decreto per l'individuazione delle aree idonee: misure e punti critici, *Infobuildenergia*, 17 luglio 2023.

²⁸ Il testo è al momento al vaglio della Conferenza Unificata Stato- Regioni e si esprimerà sulla loro fattività.

²⁹ Redazione, Che cosa rallenta la diffusione delle rinnovabili in Italia secondo il GIS, *Infobuildenergia*, 6 settembre 2023.

³⁰ Laura Serafini, Rinnovabili: troppi paletti, difficile fare nuovi impianti, *Il Sole 24Ore*, 3 agosto 2023.

Le energie rinnovabili in Italia nel 2022 hanno coperto il 32% di energia con un leggero decremento rispetto all'anno precedente per effetto della diminuzione di energia idroelettrica dovuta alla grande siccità. Le energie fossili coprivano il 50,3% del fabbisogno e il resto (18%) proveniva dall'importazione. Nel 2024 siamo di nuovo in crescita per le rinnovabili, ma dobbiamo procedere molto più velocemente per raggiungere gli obiettivi del 2030: siamo molto lenti e copriamo una fetta ancora modesta dell'energia necessaria al Paese.

Dando uno sguardo a quello che succede in altri Paesi europei vediamo che l'Islanda copre con le rinnovabili l'86% del fabbisogno, la Norvegia il 71%, la Svezia il 51%, la Danimarca il 40%.

L'idroelettrico costituisce il tipo di energia green più antico e nel nostro Paese rappresenta una parte rilevante del mix delle energie green, anche se non mostra vere modernizzazioni impiantistiche. Prima cosa non si realizzano più in Italia costruzioni di dighe per grandi bacini, ma si costruiscono minicentrali sfruttando, ad esempio, le pescaie dei fiumi.³¹ Non vanno trascurate poi le manutenzioni dei bacini di raccolta d'acqua per conservare la loro capacità di riempimento che con il fluire dell'acqua raccolgono sul fondo residui che ne riducono la capacità: si tratta periodicamente di procedere allo svuotamento di un bacino, togliere i depositi del fondo e ripristinare successivamente il riempimento.

Un caso particolare è rappresentato dall'idrogeno che può sostituire, là dove c'è bisogno della fiamma, le fonti fossili. Recentemente sono stati scoperti, inaspettatamente, giacimenti sottoterra di idrogeno naturale H₂, detto "idrogeno bianco" uno dei quali molto vasto in Francia (Lorena). Questo una volta messo in produzione renderà molto più semplice l'accesso all'idrogeno dell'uso dell'elettrolisi. L'elettrolisi (che produce "idrogeno verde") rappresenta oggi una fonte ancora minoritaria per la produzione di H₂: prevale largamente la deidrogenazione dagli idrocarburi di "idrogeno grigio", assai più economica. Va segnalato inoltre che è stata messa a punto dai ricercatori dell'Università di Stanford (California) l'elettrolisi dell'acqua di mare con ottenimento di quello che viene detto "idrogeno blu" impiegando elettrodi rivestiti di solfuro di nichel.³²

8. L'inquinamento dovuto al digitale

Un grande utilizzatore della rete come il sottoscritto si è molto meravigliato quando ha trovato che il contributo del digitale all'inquinamento ambientale è stato nel 2008 del 2% delle emissioni globali della CO₂ e computer, dispositivi elettronici e infrastrutture digitali hanno raggiunto nel 2020 il 3,7% di inquinamento da gas serra, superando quello dei trasporti marittimi. Se si procederà in questa direzione si stima che nel 2040 questo inquinamento arriverà al 14%.

³¹ Lungo l'Arno anche alla periferia di Firenze si costruiscono minicentrali che sfruttano i salti di pendenza del fiume.

³² Luigi Campanella, Idrogeno verde ma anche blu-mare, blog della SCI, 28 ottobre 2024.

9. Cosa (non) facciamo in Italia per combattere il cambiamento climatico

È sconcertante che l'Italia, mentre minimizza lo sviluppo delle energie rinnovabili, sia il sesto più grande finanziatore di combustibili fossili al mondo.³³ Una ricerca pubblicata da Oil Change International e Friends of the Earth US, a cui ha collaborato Legambiente, rivela che l'Italia tra il 2019 e il 2021 ha fornito 2,8 miliardi di dollari all'anno in finanza pubblica per i combustibili fossili. Una quota molto inferiore della finanza pubblica è andata all'energia pulita: una media annua di 112 milioni di dollari tra il 2019 e il 2022. Lo studio mostra che il nostro Paese è in forte ritardo rispetto ad altri nell'attuare l'impegno a porre fine al finanziamento pubblico entro la fine del 2022.

Non solo, ma l'Italia, pur avendo firmato il documento presentato alla COP26 di Glasgow, che si impegnava a eliminare rapidamente le sovvenzioni pubbliche alle energie fossili, nel gennaio 2023 (con il governo guidato da Giorgia Meloni), ha approvato un documento in tutto silenzio con cui si decide di proseguire nei finanziamenti almeno fino al 2028. Questo è stato reso pubblico solo il 20 marzo 2023. Ciò è coerente con la politica del governo, ad esempio, nei confronti del settore del gas: finanziamento di progetti di centrali elettriche a metano, supporto a esplorazione ed estrazione di gas fino al 2026. Per il trasporto, distribuzione e raffinamento del metano non sono stati posti vincoli. Il velleitario "Piano Mattei", per fare dell'Italia un hub europeo del gas, parla chiaro: non solo è stato "lanciato" il 29 gennaio 2024 senza alcun coinvolgimento dei Paesi africani interessati, ma non esiste nemmeno un progetto concreto che chiarisca di cosa realmente si tratti.³⁴

Sarebbe il PNRR che dovrebbe incidere profondamente sulla transizione ecologica verso un'economia green, ma ho usato il condizionale perché non sembra ci sia molto da sperare per il nostro Paese. Già il precedente governo Draghi, con il ministro Cingolani, si è mosso molto poco in questa direzione e ora Gilberto Pichetto Fratin, ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, convinto nuclearista, continua a trascurare lo sviluppo delle energie rinnovabili e la promozione dell'economia green: è quasi tutto lasciato all'iniziativa dei privati i quali, pur con grande difficoltà, si stanno lentamente incamminando, almeno in parte, verso la transizione ecologica e la decarbonizzazione. Un interessante articolo comparso su Green&Blue³⁵ sostiene chiaramente che la decarbonizzazione si combatte solo promuovendo decisamente le rinnovabili.

In questo panorama per niente confortante emerge, potente, il richiamo di Papa Francesco che, con la sua *Laudato si'* di alcuni anni fa (2015) e recente-

³³ <https://www.lindipendente.online/2023/03/30>

³⁴ Il piano Mattei per l'Africa (<https://www.meltingpot.org/2024/2/piano.mattei>)

³⁵ Matteo Leonardi, Un piano per l'Italia. Tutto il percorso di decarbonizzazione si regge sulla capacità di sviluppo delle rinnovabili, *Green&Blue*, 2 novembre 2023.

mente con la sua *Laudate Deum* (2023), sprona con vigore i vari decisori ad affrontare decisamente la questione climatica che incombe sul nostro pianeta, ponendo concretamente in atto tutto ciò che può essere fatto per arrestare il veloce cambiamento della temperatura del pianeta.

A questo proposito voglio citare un interessante articolo pubblicato nel 2023 dal prof. Vincenzo Balzani³⁶ dal titolo particolarmente significativo “Non abbiamo imparato nulla”, in cui si sostiene: “Da più di vent’anni gli scienziati affermano che il cambiamento climatico si può fermare abbandonando l’uso dei combustibili fossili e sviluppando le energie rinnovabili del Sole, del vento e dell’acqua. Il 20 marzo scorso l’Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC) ha lanciato un drammatico appello “agire subito o sarà troppo tardi”, purtroppo inascoltato dai politici presi da problemi che loro stessi hanno creato”.

10. Ma la decarbonizzazione pone gli stessi problemi a tutti i Paesi del mondo?

Proviamo a domandarci anche se la decarbonizzazione nel mondo presenta gli stessi caratteri di quelli che ha nei ricchi Paesi occidentali. È stata la lettura del recente libro di Federico Rampini sull’Africa a fornirmi utili riflessioni sul tema.³⁷

Negli Stati Uniti e nell’Unione Europea si pensa di eliminare una fonte rilevante di CO₂ dall’aria, eliminando le auto a combustione interna ed esistono già delle scadenze vincolanti in questo senso.

In questo modo alimentiamo però delle attività più sporche e ogni macchina elettrica nasconde nel suo cuore tanto inquinamento. È, infatti, nel Congo che si estrae il 70% del cobalto necessario per le batterie agli ioni litio e l’estrazione del cobalto avviene prevalentemente in forme primitive e comporta in larga misura sfruttamento e lavoro minorile. La Cina, poi, svolge la parte prevalente del lavoro di trasformazione del minerale per poter utilizzare il cobalto nelle batterie al litio, facendo ricorso a energie fossili e inquinando l’ambiente. Dice Rampini: “È solo perché queste attività avvengono ben lontano dai nostri occhi che possiamo parlare di auto elettrica associandola a un mondo decarbonizzato. L’ambientalismo di noi ricchi, visto dagli africani, è un lungo elenco di contraddizioni e ipocrisie come questa”.

Si sostiene che uno degli approcci più maturi al cambiamento climatico è quello dei Paesi emergenti (i cosiddetti Brics) che si fonda sull’idea che “bisogna prima carbonizzare per poi decarbonizzare” e Rampini afferma che: “Per costruire un nuovo modello di sviluppo, basato in modo determinante su energie rinnovabili, bisogna essere ricchi. Per diventare ricchi bisogna industrializzarsi e questo comporta l’uso di energie fossili per una ragionevole durata”.

³⁶ Vincenzo Balzani, Non abbiamo imparato nulla, *Avvenire*, 18 giugno 2023.

³⁷ Federico Rampini, *La speranza africana*, Mondadori, 2023.

Si tratta del messaggio del realismo, del pragmatismo che caratterizza i Brics. Un abbattimento immediato delle energie fossili, molto difficilmente praticabile anche nei Paesi ricchi, sarebbe una rovina per quelli poveri. “L’Africa ci chiede un ambientalismo rispettoso dei paesi poveri; oggi decine di milioni di bambini africani dopo il tramonto piombano nel buio, non possono leggere né usare un computer, hanno bisogno di elettricità la notte e l’unica rinnovabile che può funzionare 24 ore su 24 è l’idroelettrico e si aggiunge a questo anche il nucleare (che rinnovabile non è)”.

I Paesi del Sud del pianeta hanno di fronte due modelli concreti: Cina e India. In India il premier Modi si è dato come obiettivo di generare nel 2030 il 50% dell’energia elettrica da fonti rinnovabili, ma tra queste la parte prevalente la svolgerà il nucleare che non è per niente rinnovabile anche se non emette CO₂. L’India prevede anche di aver bisogno, nel breve-medio periodo, di molte altre centrali a carbone e ha approvato l’apertura di altre miniere e cioè carbonizzare per poi decarbonizzare senza sacrificare lo sviluppo economico.

Ancora più macroscopico è il caso della Cina: si prepara a diventare la superpotenza “verde” del futuro, ma è un esempio di questo pragmatismo in quanto, contemporaneamente, sta realizzando centrali a carbone e di esso ne consuma già più del resto del mondo messo insieme; tutto ciò per non deprimere il suo sviluppo economico. Infatti, afferma ancora Rampini: “Qualsiasi cosa dica o faccia l’Occidente, il futuro della decarbonizzazione si decide a Pechino e a Nuova Dehli, molto più che a Washington e a Bruxelles” (Figura 8).

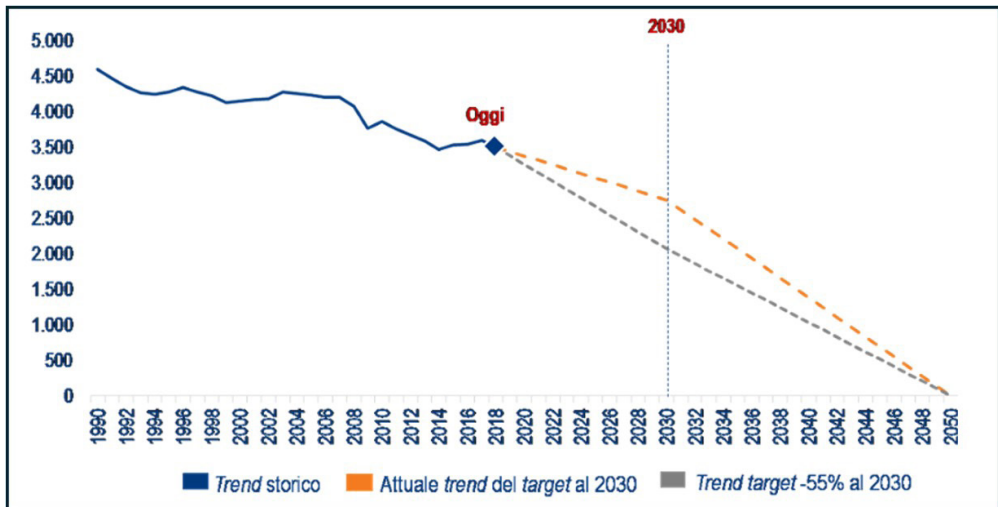


Figura 8. Stato dell’arte e proiezione delle emissioni di gas serra nello scenario attuale con target -40% al 2030 e con target -55% al 2030 (milioni di tonnellate di CO₂ equivalente), 1990-2050 (Fonte: The European House – Ambrosetti)

È chiaro allora a cosa puntano i Paesi africani: accelerare il loro sviluppo che nell'immediato significa più consumo di energie fossili e più emissioni di CO₂. Uno sviluppo alternativo, "tutto e subito pulito" non è per loro perseguibile.

A questo punto mi sembra necessario fare alcune considerazioni finali. Se resta fondamentale nei paesi "ricchi" come l'Italia perseguire obiettivi di decarbonizzazione delle diverse attività nel senso che abbiamo esaminato, ci sono contemporaneamente le esigenze dei paesi in via di sviluppo che, per sostenere la loro progressiva industrializzazione, fanno e faranno ricorso ancora all'uso di energie fossili: sembrano due mondi inconciliabili. È possibile trovare modi che, senza deprimere lo sviluppo, non facciano però ricorso a un massiccio impiego di energie fossili?

Confesso che non sono in grado di stabilire se esiste un modo di risolvere questo problema e penso che dovremo convivere ancora con due esigenze di natura profondamente diversa a livello globale e non sarà possibile applicare a breve a tutti i Paesi i criteri di decarbonizzazione che abbiamo esaminato per l'Italia.

11. Quale messaggio è emerso dalla COP28 e dalla COP29?

C'era la speranza che parole di chiarezza sul riscaldamento del pianeta e atti concreti potessero arrivare dalla riunione a livello mondiale della COP28 di Dubai. Tuttavia, c'erano dei forti dubbi che questo potesse accadere sia per il luogo scelto dalla conferenza (uno dei più ricchi paesi petroliferi), sia per la presidenza affidata a un grande petroliere (Sultan Al Jaber).

Infatti, la COP28 di Dubai (Emirati Arabi Uniti), che si è svolta a fine 2023, ha fornito una chiara e sconcertante indicazione a questo proposito. Si è applaudito un magro compromesso scaturito all'ultimo giorno della Conferenza: tra gli applausi generali è stato salutato l'impegno dei quasi 200 governi del pianeta di abbandonare i fossili nel 2050.

Nessuna scadenza intermedia in questi 27 anni che fissi una graduale, ma sottoscritta, controllata e progressiva limitazione del ricorso a carbone, petrolio e gas: della serie ogni paese farà quel che vuole e nessuno potrà dir nulla. Francamente non si comprende come sia stato salutato il comunicato della COP28 con la frase che "questo accordo è storico".³⁸

Di fatto si continuerà a lasciare libero campo alle fonti fossili. Il recente Emission Gap Report 2023 stilato dall'Unep, il programma dell'Ambiente dell'ONU, sostiene che se continueremo con le politiche attuali il riscaldamento potrebbe sfiorare a fine secolo i 3 °C anziché gli 1,5 °C previsti. Concludendo, è molto disarmante osservare che non esiste una chiara percezione di quello che il riscaldamento del pianeta sembra riservarci e non si riesce a trovare un accordo su ciò che sarebbe indispensabile fare subito: ci prepariamo all'autoestinzione della nostra specie?

³⁸ Margherita Venturi, COP28: tante fumate nere e una fumata grigia, *CnS*, 2023, 5, 1-4.

La COP29, ventinovesima Conferenza Onu sul clima, si è tenuta in Azerbaigian a Baku nel novembre 2024. È stata presieduta da Muxtar Babayev, ex dirigente della compagnia petrolifera Socar e ora ministro dell'ambiente (!). Data la sede e la presidenza della Conferenza, non si è affrontata la necessaria riduzione concreta della produzione dei fossili. La COP29 è stata centrata sul contributo che i paesi ricchi dovranno versare a quelli in via di sviluppo per affrontare la crisi climatica. Dopo due settimane di trattative si è rischiato il fallimento della COP29 e il compromesso trovato tra le promesse dei Paesi sviluppati (250 miliardi di dollari l'anno entro il 2035) e le richieste avanzate dai Paesi in via di sviluppo (500 miliardi di dollari l'anno) è stato quello di fissare la cifra di 300 miliardi di dollari all'anno, cifra che è stata poi approvata. Anche Cina e India, che fanno parte dei Paesi in via di sviluppo, ma sono "ricchi", insieme ad alcuni Paesi arabi, contribuiranno alla cifra approvata con finanziamenti volontari.³⁹ A questo punto si spera di fare concreti passi avanti sulla decarbonizzazione del pianeta nella COP30 che si terrà il prossimo anno in Brasile.

³⁹ Luca Fraioli – Baku, trovato l'accordo, trecento miliardi l'anno per la svolta sul clima, *La Repubblica*, 24 novembre 2024.

«Fece della sua scienza arma per la libertà» Ricordo di Gianfranco Mattei (1916-1944)

Franco Calascibetta

Presidente del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica

e-mail: franco.calascibetta@fondazione.uniroma1.it

Abstract. In early February 1944, Gianfranco Mattei died in a Nazi prison in Rome. Having graduated in chemistry in Florence in 1938, in 1939 he was appointed assistant professor at the Polytechnic of Milan, in the group led by Giulio Natta. In the following years he taught courses in Analytical Chemistry and carried out numerous research projects, documented by 17 publications. After 8 September 1943 he resigned from the Polytechnic and moved to Rome, where he joined the partisan struggle, becoming one of the bomb disposal experts of the GAP, patriotic action groups. Arrested on 1 February, he was taken to Via Tasso and immediately tortured. He died a few days later, almost certainly by suicide, to avoid the risk of compromising his comrades under torture.

Keywords: Gianfranco Mattei, chimici italiani del Novecento; i chimici e la Resistenza

1. Introduzione

A Milano, passando in via Lazzaretto, al numero 16, sulla casa dove Gianfranco Mattei nacque il giorno 11 dicembre 1916, è possibile leggere la targa mostrata in Figura 1.

Da essa ho tratto la frase che riporto nel titolo del presente articolo, perché, senza paura di cadere nella retorica, rischio sempre presente in questo tipo di scritti, penso che comunque lo stretto legame tra competenze scientifiche e passione civile sia stato davvero un tratto distintivo della personalità di Gianfranco Mattei. Tale aspetto appare più che mai degno ancor oggi, a distanza di 80 anni dalla sua tragica morte, di essere ricordato ad esempio di come egli intese con coerenza interpretare il suo ruolo di scienziato e di patriota all'interno della comunità nazionale.



Figura 1. Lapide per Gianfranco Mattei in Via Lazzaretto a Milano

Di Gianfranco Mattei non sono mancate, negli anni, anche recenti, testimonianze e celebrazioni [1]. Nicoletta Nicolini e io, circa 15 anni fa, scrivemmo già un articolo a lui dedicato su *La Chimica e l'Industria*, la rivista in cui, negli anni immediatamente precedenti la sua morte, Mattei aveva pubblicato sovente i risultati delle sue promettenti ricerche di chimico [2]. Penso però, anche per esperienza diretta, che egli continui a non essere adeguatamente conosciuto nella comunità chimica italiana e che ricordarlo oggi, in particolare in una rivista rivolta al mondo della scuola e agli insegnanti, sia quanto mai opportuno e importante. Oltre tutto, nella nostra precedente pubblicazione, per motivi di spazio, dovvemmo necessariamente limitarci nella scelta degli aspetti da illustrare, trascurandone alcuni, pure significativi. Con il presente articolo, nell'ottantesimo anniversario della sua morte, cercherò di completare il suo ricordo, aggiungendo altri aspetti che mi pare importante sottolineare.

2. L'ambito familiare

Nel caso di Gianfranco Mattei certamente la passione civile e politica derivò dall'atmosfera che fin da fanciullo respirò in famiglia. Il padre Ugo (1883-1945) fu dalla gioventù convinto pacifista. Si oppose fermamente a Mussolini e all'ideologia fascista fin dal suo sorgere. Questo, negli anni, finì per nuocere alle sue attività di piccolo imprenditore e dovette spostarsi più volte di residenza, per esigenze lavorative, insieme alla famiglia. Nel 1913 si era sposato con Clara Friedmann Coduri, milanese, con cui ebbe sette figli nati tra il 1914 e

il 1933. Gianfranco fu il secondogenito e nacque a Milano nel 1916. Tra i fratelli e sorelle di Gianfranco, avremo in seguito occasione di parlare diffusamente di Teresa (1921 - 2013), la terzogenita, personaggio che ha rivestito un ruolo importante nella storia italiana, essendo stata tra l'altro, ad appena 25 anni, la più giovane delle 21 donne elette nel 1946 nell'Assemblea costituente [3].

Nelle sue peregrinazioni la famiglia Mattei arrivò infine nel 1933 a Bagno a Ripoli, una località appena fuori Firenze, nella quale si fermò per molti anni. Gianfranco e più tardi anche Teresa frequentarono il Liceo Michelangelo di Firenze. Allo studio era comunque affiancata una segreta attività politica, consistente essenzialmente nella distribuzione clandestina di volantini firmati "Fronte antifascista per la pace". *Villa La Costa*, dove abitava la famiglia, era anche il luogo dove spesso si incontravano intellettuali e personalità ostili al regime, quali Giorgio La Pira, Natalia Ginzburg, Ferruccio Parri e altri.

Terminato il liceo, Gianfranco si iscrisse al corso di laurea in Chimica dell'Università di Firenze. La sua fu una scelta personale, in parte forse legata all'ottimismo del padre per un futuro in cui scienze e tecnica avrebbero contribuito a creare un mondo fondato su una sempre maggior capacità di comunicazione e diffusione delle idee. Iniziò gli studi universitari nel novembre del 1934 e si laureò con 110 e lode quattro anni dopo, il 25 ottobre del 1938 [4] (Figura 2).

A partire dal 31 ottobre 1939 venne nominato assistente incaricato presso la cattedra di Chimica Industriale del Politecnico di Milano, tenuta da Giulio Natta (1903 - 1979). Dal dicembre del 1940 fu incaricato dell'insegnamento di Chimica Analitica III. In entrambe le posizioni fu confermato negli anni successivi, lasciando provvisoriamente il Politecnico per due periodi, in quanto richiamato alle armi. Una prima volta, dal maggio al settembre del 1941, prestò servizio a Roma presso l'Ufficio censura della posta estera. Nel secondo periodo, dal 4 maggio all'11 agosto 1942, fu destinato al II Magazzino Chimico d'armata a Cormons, presso Gorizia. Fu in particolare durante questa seconda esperienza, in zona di guerra, che il suo rifiuto della barbarie e della violenza, che il conflitto suscitava negli animi dei soldati, divenne ancora più forte. Teresa Mattei mi narrò al proposito un episodio emblematico [5]. Gianfranco era all'epoca tenente del genio e comandava una compagnia. Un giorno il suo ufficiale superiore organizzò una spedizione in Jugoslavia alla ricerca di cibo, tornando la sera con un camion carico di animali morti. Tutti i soldati erano insanguinati e si vantavano di aver trovato tre famiglie di contadini che non volevano consegnare le bestie, per cui avevano ammazzato contemporaneamente uomini e animali. Mentre i soldati tornati al campo facevano festa, Gianfranco si allontanò piangendo.



Figura 2. Diploma di laurea di Gianfranco Mattei, Università di Firenze, 1938

3. Gli anni al Politecnico di Milano nel gruppo di Giulio Natta

A parte i due periodi trascorsi sotto le armi, Gianfranco Mattei svolse la sua breve, ma importante carriera accademica dal novembre 1939 all'ottobre 1943. Le ricerche che condusse sotto la guida di Natta portarono a 17 pubblicazioni e a 2 brevetti (Vedi [2] pag. 111). Giulio Natta, una decina di anni dopo la morte del suo allievo, riassunse così i temi che questi affrontò [6]:

Il Dr. Gianfranco Mattei, nato l'11 dicembre 1916, laureato a Firenze con 110 e lode in Chimica, vinse una borsa di studio al Politecnico di Milano, dove venne poi assunto come assistente dell'Istituto di Chimica Industriale. Nello stesso Politecnico ebbe l'incarico dell'insegnamento della Chimica Analitica qualitativa. Oltre alla parte didattica, che svolse sempre scrupolosamente, si dedicò con grande passione alla ricerca scientifica. Sempre presso il Politecnico iniziò nel 1938 delle ricerche di chimica fisica sulla struttura di film monomolecolari. In tali ricerche, che richiedevano una delicata manualità operativa, il dott. Mattei dimostrò una perizia non comune ed applicò le sue profonde cognizioni teoriche per la risoluzione di problemi chimici, relativi alla struttura e orientamento delle molecole polari, alle reazioni dei film, alle trasformazioni che accompagnano i passaggi di stato dei film liquidi, alle modifiche di struttura che si manifestano nel passaggio da strati monomolecolari a multistrati. Oltre ai metodi basati sullo studio della pressione ed espansività degli strati monomolecolari, ha affrontato con successo ricerche strutturali applicando moderni e delicati metodi basati sullo studio della interferenza dei raggi di elettroni. Questi studi furono oggetto di una decina di pubblicazioni in Italia ed all'estero. Oltre a tali ricerche chimico-fisiche a carattere esclusivamente scientifico, svolse delle ricerche originali di chimica organica su di un nuovo metodo catalitico per la preparazione della piridina dal furfurolo. Dotato di un'ottima cultura matematica, non comune fra i chimici, applicò tali sue doti al calcolo di problemi speciali relativi alla rettifica di soluzioni diluitissime, ed al frazionamento di miscele di gas per assorbimento con solventi liquidi. Nel campo applicativo studiò in laboratorio e applicò industrialmente procedimenti, nuovi per l'Italia, per la produzione di interessanti detersivi sintetici. In tutti i suoi lavori dimostrò serietà e scrupolosità di intenti, originalità di idee, chiara impostazione dei problemi, elevato senso critico, passione per lo studio e per il lavoro, spirito di sacrificio, che facevano prevedere possibilità di una rapida e brillante carriera. I suoi lavori scientifici sarebbero stati più che sufficienti per ottenere la libera docenza in chimica, se le allora vigenti disposizioni non avessero impedito la libera docenza prima dei cinque anni di laurea e se poi la guerra non avesse impedito i concorsi. Con la stessa fede e lo stesso entusiasmo con cui Gianfranco Mattei

si dedicò prima alla scienza, si prodigò poi ai nuovi ideali patriottici e sociali, quando ritenne che ciò rappresentasse un suo inderogabile dovere, e diede per essi in estremo olocausto la vita.

Negli anni '50 e '60 del 1900, Natta ebbe modo più volte di ricordare in occasioni diverse Gianfranco Mattei. Nel 1955, in occasione dell'affissione nell'Aula grande del Politecnico di una targa dedicata al suo antico assistente, egli volle sottolineare un risultato scientifico di particolare rilievo da questi ottenuto: *"il brillante metodo da lui tracciato sull'impiego degli equivalenti di solubilità nella determinazione del numero di piatti teorici nell'assorbimento frazionato"* [7]. L'assorbimento frazionato fu, in effetti, essenziale per una delle linee di ricerca più importanti del gruppo di Natta nei primi anni del dopoguerra, la sintesi del butadiene da etanolo e la sua purificazione tramite frazionamento di idrocarburi C₄ [8].

Nelle commemorazioni postbelliche Natta naturalmente non tralasciò di ricordare anche l'impegno politico e civile che Mattei aveva sempre manifestato, anche in ambito universitario. Tra l'altro, il 26 luglio del 1943 egli era stato tra i pochi docenti del Politecnico di Milano che stilarono e firmarono un Manifesto nel quale si chiedeva l'abrogazione di *"ogni discriminazione religiosa, politica e razziale"* e si auspicava la riammissione delle università italiane nel novero delle università dei Paesi civili in quel momento di *"alba di libertà e dignità risorgenti"* (vedi [3], pag. 264).

Nella commemorazione del 1955, già citata, Natta così si esprimeva [7, pag. 388]:

È con profonda commozione che ricordo il mio collaboratore Gianfranco Mattei, che undici anni or sono lasciò questo Istituto in cui, prima di morire, aveva dedicate alla ricerca scientifica tutta la Sua attività e tutta la Sua passione. Lo lasciò non per impulso giovanile, ma per maturata riflessione dopo che gli avevo fatto prevedere i gravissimi rischi a cui andava incontro e l'importanza delle ricerche scientifiche che stava per interrompere. Egli preferì dedicare la Sua vita ad una missione, che Egli in quel momento riteneva più doverosa e più alta.

Allo stesso periodo dovrebbe riferirsi una lettera che Natta scrisse a Clara Friedmann, la madre di Gianfranco e che lei citò in una lettera indirizzata a Lucio Lombardo Radice. In essa il chimico genovese così si esprimeva [9]:

Gianfranco è stato vittima dei suoi ideali, ai quali aveva generosamente e con nobile passione dedicato ogni sua attività. Prima di lasciare Milano mi parlava spesso dei suoi progetti ed io mi limitavo a raccomandargli di non esporsi troppo e cercavo di convincerlo di come la sua vita potesse diventare preziosa anche per la scienza, al servizio dell'umanità intera. Sin da allora temevo per lui, perché conoscevo il suo ardimento, ma apprezzavo lo slancio con il quale svolgeva la sua intensa opera patriottica.

Questo ricordo, visto dalla parte di Natta, si riferisce probabilmente all'ultimo incontro che il professore del Politecnico ebbe con il suo assistente negli ultimi giorni di ottobre del 1943. Per quello che, a distanza di anni, era il ricordo di Teresa, sulla base di un colloquio all'epoca con il fratello, l'incontro era stato un pochino più burrascoso, anche perché Natta avrebbe mostrato di non approvare affatto la sua attività politica, visto che oltre tutto, malgrado le origini familiari più affini al gruppo di Giustizia e Libertà, Gianfranco insieme alla sorella si stava avvicinando ai gruppi partigiani comunisti, che apparivano loro in quel contesto i più concreti e organizzati. Natta era comunque uno scienziato da anni ai vertici della comunità chimica italiana. Non era tra i più compromessi con il regime fascista, dopo la liberazione non risulta che abbia dovuto giustificare il proprio passato come dovettero fare altri chimici, quali Francesco Giordani o Giovanni Battista Bonino. Possiamo però dire che, da scienziato, aveva continuato a svolgere la propria qualificata opera, di cui comunque il regime fascista poté negli anni giovare, pur rimanendo in una posizione tutto sommato defilata. Allorché Mattei gli andò a comunicare le sue dimissioni dal Politecnico, confessandogli i suoi intendimenti, le accettò prontamente e lo sostituì pochissimi giorni dopo, nominando assistente incaricato un giovane appena laureatosi, Massimo Simonetta, a sua volta destinato a divenire uno dei più brillanti chimici italiani del secondo dopoguerra [10].

Anche in occasione dell'affissione della targa dedicata a Mattei in una delle aule del Politecnico, Natta, pur dichiarandosi favorevole, privatamente ebbe a far presente al Rettore, prof. Cassinis, i suoi timori che l'evento divenisse l'occasione per una "*speculazione politica*", suggerendo "*una cerimonia privatissima, fra pochi intimi*" [11].

4. Da docente ad artificiere

L'impegno politico della famiglia Mattei, e in particolare di Gianfranco e Teresa, si intensificò, come detto, a partire dalla caduta del governo Mussolini. Seguirono mesi di riunioni, di riflessioni e di primi passi organizzativi tra Firenze e Milano. Anche il padre Ugo si era messo all'opera nei giorni del governo Badoglio. Era stato nominato dal prefetto di Firenze Commissario straordinario dell'Unione provinciale dei lavoratori dell'industria. Questo impegno determinò, dopo l'8 settembre, la necessità di nascondersi per evitare il possibile arresto. Insieme alla moglie, quindi, si trasferì a Roma, nascosto in casa di amici. Gianfranco decise quindi di trasferirsi anche lui a Roma e lì iniziare la propria attività clandestina entrando nei GAP, gruppi di azione patriottica, collegati al partito comunista. Un tramite attraverso cui Gianfranco si legò ai comunisti romani fu la sorella di Lucio Lombardo Radice, del quale era divenuto amico già prima della guerra, avendo frequentato con lui, negli anni dal 1936 al 1938, il corso per Allievo Ufficiale di Complemento del Genio.

Nella capitale, i partigiani si erano posti l'obiettivo di sabotare il più possibile le attività dell'occupante nazista tramite attentati, ma inizialmente non c'erano persone in grado di preparare con le dovute competenze i necessari ordigni esplosivi. Mattei pose, quindi, al servizio dei GAP le proprie conoscenze di chimico, coadiuvato da un giovane studente di architettura, Giorgio Labò, che si trovava a Roma per il servizio militare. Furono Mattei e Labò che in poco tempo organizzarono la Santa Barbara dei GAP al centro di Roma, in via in Caterina, nei pressi di via Giulia. L'attività dei due è così descritta in un articolo pubblicato da Giorgio Caputo nel 1964 [12]:

L'arrivo di Gianfranco Mattei e di Giorgio Labò segnò l'inizio di un lavoro organico e qualificato da parte degli artificieri romani. Labò, la cui vita fu da questo momento intimamente legata a quella di Mattei, era studente di architettura della Università di Milano e aveva prestato servizio nell'arma del Genio. Gianfranco assunse praticamente la direzione del centro poiché fu subito a tutti palese la sua preparazione superiore e la sua estrema capacità nel lavoro. La produzione degli esplosivi si qualificò quantitativamente e qualitativamente. Ad esempio, furono confezionati dei cilindri metallici che avevano in testa una miccia a tempo e che erano divisi in due parti. La parte superiore (circa 1/3 del cilindro) conteneva tritolo, la parte inferiore conteneva termite che si accendeva ad alte temperature e che poteva raggiungere anche i 1500 °C.

Questo tipo di bombe a mano era particolarmente indicato per colpire i camion tedeschi, soprattutto le autocisterne. La bomba veniva scagliata sul tetto del camion e inizialmente esplodeva solo la parte superiore. Successivamente, nella parte inferiore, l'accensione della termite provocava la fusione della parete metallica dell'autocisterna, con conseguente incendio del combustibile liquido e relativa deflagrazione.

In effetti l'appartamento di via in Caterina servì ai due artificieri non solo come primo magazzino ma anche come alloggio per eventuali pernottamenti in casi di emergenza e di pericolo. Il laboratorio vero e proprio si trovava non molto lontano ma questo era noto soltanto a Mattei e a Labò. Si trattava di una soffitta in via Giulia 23a, che era stata presa in affitto da un partigiano comunista, Gino Mangiavacchi, e nel quale dimorava un altro clandestino: Vincenzo Gentile. Praticamente vi facevano recapito Mattei e Labò, i quali, in quella sede, consegnavano il materiale ai compagni incaricati di ritirarlo. Più tardi i tedeschi dissero di avervi trovato tanto esplosivo sufficiente a far saltare Roma. Si trattò di una evidente esagerazione, tuttavia fu proprio a via Giulia che Mattei e Labò prepararono alcuni tipi di bombe di straordinaria potenza. Uno di questi, assai usato, e di sicura efficacia, era costituito da una cassetta che esplodeva pochi secondi dopo essere stata capovolta.

L'attività clandestina di Mattei e Labò durò alcuni mesi. La sorveglianza dei tedeschi sul territorio era però strettissima e doppiogiochisti e delatori non mancavano. Una volta poi che i nazisti riuscivano a catturare qualcuno, con le più feroci torture erano spesso ahimè in grado di ottenere nomi ed indirizzi per scovare altri partigiani.

Fu così che, probabilmente per una spiata, nel pomeriggio del 1 febbraio 1944, appena arrivati in via Giulia i due partigiani vennero sorpresi dai nazisti, arrivati in gran numero, e portati immediatamente nelle carceri di via Tasso.

Da qui in poi le notizie su Gianfranco si fanno frammentarie, affidate a parziali testimonianze fortunosamente ottenute da altri prigionieri. La famiglia, avvisata, si mise in contatto con il sostituto della Segreteria di Stato del Vaticano, Giovanni Battista Montini, che sarebbe qualche decennio dopo diventato papa col nome di Paolo VI. Arrivò una lettera al generale Kappler, a capo dei servizi di sicurezza delle SS di Roma, portata da un sacerdote tedesco, padre Pancrazio Pfeiffer. Kappler strappò la lettera senza neppure leggerla, minacciando che comunque con mezzi fisici e chimici sarebbero riusciti a far parlare il prigioniero [13]. In realtà, probabilmente dopo una prima seduta di sevizie,



Figura 3. Biglietto d'addio alla famiglia prima della morte

Mattei riuscì ad avvertire un suo compagno di cella, tenente Michele Gualberti e tramite esso Labò, della sua volontà di suicidarsi, per evitare sotto tortura di rivelare qualcosa di importante. A Gualberti Gianfranco lasciò un biglietto scritto con un mozzicone di matita sopra l'ultimo assegno che aveva ricevuto al Politecnico prima di cessare dal proprio incarico di assistente e docente (Figura 3), il cui tono conferma la decisione di sottrarsi così alla prigionia.

Quando avvenne il suicidio non è stato con certezza appurato. Solo molto dopo, nell'agosto del 1945, la madre riuscì a ritrovare in un registro dell'obitorio la seguente annotazione: *"Sconosciuto. Età apparente 32 anni. Proveniente da via Tasso, comando tedesco, entrato il 4/2/44, uscito per essere inumato a Prima Porta il 19/2/1944. Causa di morte: asfissia per impiccagione"*. Con questa indicazione insieme al fratello Camillo e a Lucio Lombardo Radice andò al cimitero e il fratello, da alcuni particolari, riuscì a operare il riconoscimento, malgrado i 18 mesi trascorsi. Se le date fossero esatte, la sua morte daterebbe al 4 febbraio, altri invece tendono a spostarla di qualche giorno tra il 6 e il 7. I nazisti, forse per vendicarsi di chi aveva comunque causato loro tanti problemi ed era riuscito poi a sfuggire con il suicidio ai loro tentativi di farlo cedere, si rifiutarono di fornire notizie certe su di lui e sulla sua fine. I resti di Mattei riposano ora al Cimitero del Verano, insieme a quelli di Giorgio Labò e di altri caduti romani nella lotta di liberazione (Figura 4).



Figura 4. Roma, Cimitero Verano: la tomba dei caduti durante la lotta di liberazione

Alla memoria di Gianfranco fu assegnata la medaglia d'argento al valor militare con la motivazione riportata in Figura 5.

*Mattei Gianfranco di Uffizi e di Friedmann
Nato da Milano circa 1916. Partecipante combattente.
"alla memoria":
"Giovane scintillato di chiara fama, animato dai
fieri puri sentimenti di giustizia e di libertà, fu fra
gli autorganismi del movimento patriottico in Italia,
al quale si dedicò anima e corpo. Entrato a far parte
della organizzazione gappista nella Capitale, concorse
alla organizzazione ed alla esecuzione di brillanti opera-
zioni di guerra, che dovettero arrecare gran danno e fer-
dite nelle schiere dell'occupante. Battuto nel corso d'una
operazione e sottoposto alle fureefferate sovietiche, preferì
chiedere tragicamente la sua prontamente esultante fine,
tosto che tradere i suoi compagni d'arme. Esempio bellis-
simo di elevato senso di responsabilità e di supremazia dell'azio-
ne alla Patria... Roma, settembre 1943 - 3 febbraio 1944 -
(precoce morte).*

Figura 5. La motivazione della medaglia d'argento al valor militare

5. Il ricordo e l'eredità di Gianfranco Mattei

Credo che nei primi anni dopo i tragici eventi sopra narrati, chi li aveva vis-
suti o comunque ne era stato testimone, potesse sentirsi sinceramente coin-
volto nelle manifestazioni che li commemoravano. A mano a mano, però, che il
tempo passò e vennero alla ribalta generazioni nate dopo la guerra, fu sempre
più difficile per esse vivere le commemorazioni stesse nel profondo, senza av-
vertire una certa qual retorica ritualità, con il rischio di arrivare a una sottova-
lutazione dell'importanza del ricordo di fatti, che cominciavano a essere visti
come parte di un passato non più attuale. Oggi, a 80 anni di distanza, quando
i testimoni diretti di quegli eventi sono ormai quasi tutti morti, tale rischio è
ancora più grande. Oltre tutto, le carte, le foto, i vecchi filmati che ce li narrano,
ci mostrano un mondo del tutto diverso da quello in cui viviamo.

La nostra odierna esistenza appare del tutto incomparabile con quella dei nostri
padri e nonni, immersi come siamo in un mondo in cui si viaggia da un continente

all'altro in poche ore, in cui le notizie circolano quasi istantaneamente, in cui ci si può servire di strumenti tecnologici che rendono possibili cose impensabili solo pochi anni fa. Inoltre, in molte parti della Terra, come ad esempio nel nostro paese, si vive lontani dai conflitti, una situazione che dura da molti anni; questo ci fa vedere la guerra stessa come un qualcosa che non siamo più destinati a vivere.

Se, però, riflettiamo meglio, vediamo che non è così e che la possibilità di trovarci in poco tempo, senza nemmeno accorgercene, in situazioni ben diverse non è del tutto inesistente. Le guerre qua e là per il mondo continuano ad esserci e recentemente sono arrivate non molto lontano da noi. Anche per noi l'ipotesi di un coinvolgimento diretto in esse sta prendendo piede e se ne comincia a parlare in termini quasi possibilisti.

Lo scambio culturale tra le varie comunità nazionali non si è tradotto nella creazione di un comune sentire, di una volontà di capirsi meglio e di provare a trovare pacifiche regole di convivenza. Più della pace sembra importante l'affermazione dei propri valori, visti in contrapposizione con quelli degli altri; siamo sempre più pronti a considerare, magari giustamente, travi quelle presenti negli occhi degli altri, autoassolvendoci però per le pagliuzze, più o meno grandi, che pure sono presenti nei nostri occhi. Lo sviluppo della scienza e delle sue applicazioni non porta sempre a un benessere per tutta l'umanità, ma viene sovente usato per il bene di alcuni a danno di altri e gli scienziati contribuiscono spesso con la loro opera a questo stato di cose.

Forse, quindi, il ricordo degli errori e degli orrori passati va coltivato e stimolato, se non altro come possibile antidoto per non ripeterli più in alcuna forma; la memoria di vicende come quelle di Gianfranco Mattei e di tanti altri martiri della Resistenza, e non solo, deve essere anche per le nuove generazioni base per riflessioni che toccano ancora tutti da vicino.

Da questo punto di vista la famiglia Mattei può esserci di esempio perché la lezione di Ugo, di Gianfranco e di Teresa è stata sempre tenuta ben presente e viva, anche nelle successive generazioni. Ci piace ricordare Ugo, il figlio di Camillo, il più grande dei fratelli Mattei, giurista e impegnato in molte battaglie civili e ambientali, e la di lui figlia Clara, professoressa di economia alla New School of Social Research, che, nel capitolo introduttivo di un suo recente e apprezzato libro [14], ha voluto ricordare quanto la forza d'animo mostrata dal suo avo nelle carceri naziste sia per lei sprone per imparare a difendere con forza le sue interessanti e innovative teorie economiche.

In conclusione, ritengo giusto corredare questo articolo con una foto di Gianfranco Mattei. In rete ce ne sono diverse, anche se non moltissime. Ho deciso però di utilizzarne una, conservata in una piccola cornice, di cui mi fece dono la sorella Ida (Figura 6).

È la mia maniera di dirle idealmente grazie. Questa mia commemorazione di Gianfranco, a 80 anni dalla sua morte, in fondo nasce anche come debito di riconoscenza nei confronti suoi e di Teresa.



Figura 6. Gianfranco Mattei nella casa di Bagno a Ripoli

Riferimenti

[1] Cito alcuni degli articoli, degli eventi e dei siti web in cui è possibile trovare un ricordo più o meno approfondito di Gianfranco Mattei:

A. Faticcioni, *Storie di Resistenza: Giorgio Labò e Gianfranco Mattei* in https://www.researchgate.net/publication/345730969_Storie_di_Resistenza_Giorgio_Labo_e_Gianfranco_Mattei (ultimo accesso, 19 settembre 2024).

Seminario al Politecnico sulla figura di Gianfranco Mattei in <https://twibiblio.com/2015/12/03/3-dicembre-seminario-al-politecnico-sulla-figura-di-gianfranco-mattei/> (ultimo accesso, 19 settembre 2024).

C. Della Volpe, *I chimici non si tirano indietro. Ricordo di Gianfranco Mattei*, in <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2018/01/26/i-chimici-non-si-tirano-indietro-ricordo-di-gianfranco-mattei/> (ultimo accesso, 19 settembre 2024).

Esistono in Italia due vie dedicate a Gianfranco Mattei, una nel comune di Bagno a Ripoli (FI); un'altra a Milano, questa anche per personale richiesta fatta nel 1964 da Giulio Natta a Luigi Meda, all'epoca vicesindaco di Milano [10].

Nel 2017 è stata intitolata a Teresa e Gianfranco Mattei la residenza universitaria sorta a Sesto Fiorentino per gli studenti iscritti ai corsi di laurea del Polo Scientifico dell'Università di Firenze.

[2] F. Calascibetta, N. Nicolini, *La Chimica e l'Industria*, 2009, **91**, 110. Il titolo dell'articolo faceva riferimento ad un verso della canzone degli Stormy Six

“Gianfranco Mattei” (<https://www.ildeposito.org/canti/gianfranco-mattei> – ultimo accesso, il 24 settembre 2024). Uno degli autori aveva appreso la vicenda di Gianfranco dalla sorella di questi, Teresa, conosciuta da lui a Milano negli anni '70, ai tempi delle agitazioni studentesche. Nel testo Mattei è definito “un comunista ed un ebreo”. Dei 4 nonni solo uno in realtà era di razza ebraica, il nonno materno Sigmund Friedmann. Questi era un professore di letteratura tedesca all'Università di Milano, convertitosi al cristianesimo al momento del matrimonio con Teresita Coduri, nonna materna di Gianfranco.

- [3] P. Pacini, *Teresa Mattei, una donna nella storia*, Consiglio Regionale Toscana, Firenze 2009, pp.13-101. In questo capitolo sono abbondanti le citazioni dalle interviste che Teresa Mattei rilasciò all'autrice. Anche io ebbi modo a suo tempo di ascoltare, dalla diretta voce di Teresa e della sorella Ida, notizie riguardanti la famiglia Mattei, analoghe a quelle riferite da P. Pacini, con qualche dettaglio più specifico sulla figura di Gianfranco, scopo precipuo della mia ricerca.
- [4] Archivio storico dell'Università degli Studi di Firenze, fascicolo dello studente Gian Francesco Mattei.
- [5] Intervista dell'autore a Teresa Mattei del 15 aprile 2008.
- [6] Questa nota fu redatta come prefazione a una raccolta dei lavori scientifici di Mattei conservata al Politecnico di Milano. La stessa nota fu comunque inserita anche in AA.VV., *Gianfranco Mattei, 1916-1944*, D. Grossi, Milano, 1956.
- [7] Senza autore, *La Chimica e l'Industria*, 1955, **37**, 387.
- [8] https://www.giulionatta.it/pdf/Parte%20I/princ_sett.pdf (ultimo accesso, 30 settembre 2024).
- [9] Istituto Gramsci Roma, Archivio Storico, Fondo Lucio Lombardo Radice, Corrispondenza: famiglia Mattei.
- [10] F. Calascibetta, [https://www.treccani.it/enciclopedia/massimo-simonetta_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/massimo-simonetta_(Dizionario-Biografico)/) (ultimo accesso, 19 settembre 2024)
- [11] Politecnico di Milano, Archivio Storico, Fascicolo Personale Gianfranco Mattei.
- [12] G. Caputo, *Il Contemporaneo*, 1964, **75**, 103.
- [13] Testimonianza rilasciata da Teresa Mattei al processo Priebke: seduta del 27/05/1996 <https://www.radioradicale.it/scheda/82003/processo-priebke?i=2209075> (ultimo accesso, il 19 settembre 2024)
- [14] C. E. Mattei, *L'economia è politica: Tutto quello che non vediamo dell'economia e che nessuno racconta*, Fuoriscena, Milano, 2023.

Fruibilità dei Beni Culturali

Luigi Campanella

Università di Roma La Sapienza

e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it

Il dilemma che ha da sempre stimolato dibattiti e confronti riguarda la fruibilità dei Beni Culturali: liberalizzare al massimo un'opera d'arte con il rischio di danneggiarla o, al contrario, limitarne la visibilità proteggendo l'opera, ma anche restringendone la fruibilità e quindi l'impatto culturale.

Simile a questo dilemma è poi l'altra fruibilità dei Beni Culturali solo passiva, di fatto osservazione controllata

o anche interattiva. Per trovare una giusta posizione di equilibrio tra queste alternative è nato in Sapienza un Progetto che mira ad approfondire nuove modalità di studio e indagine degli spazi culturali per superare la percezione solitaria e promuovere quella collettiva delle visite anche a distanza. Così storia e tecnologia si fondono per dare nuova vita al passato, anche con esperienze immersione



di realtà virtuale ed aumentata. Ne esce una sorta di metaverso socializzante che comporta accresciuto piacere nella visita e condivisione delle conoscenze.

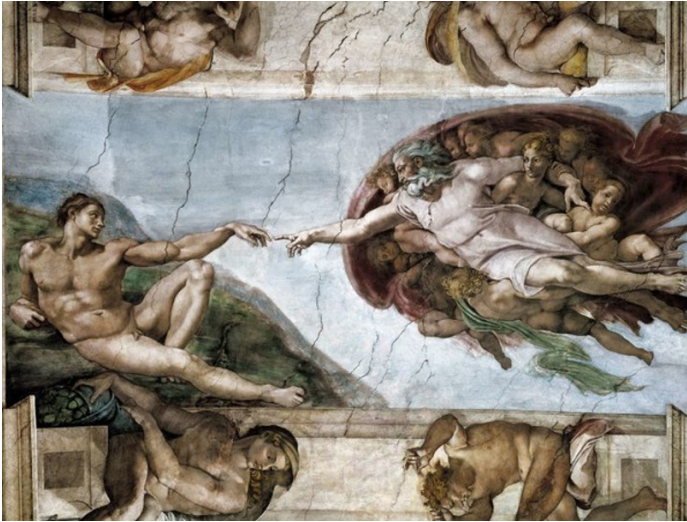
Il fine è far crescere il numero dei visitatori e la qualità ed intensità dell'impatto su ognuno di quanto esposto con conseguente aumento del livello di gradimento della visita. Non si tratterà di esperienze sostitutive, ma preparatorie.

L'ArcheoVerso è il primo progetto per valorizzare le antichità con le ultime tecnologie attraverso esperienze virtuali. La sperimentazione è già iniziata presso le Case Romane del Celio.

Una notizia riportata sulla stampa fa riflettere sulla digitalizzazione dell'arte,

da alcuni invocata come strumento di diffusione, da altri osteggiata per la possibile mercificazione della cultura. La notizia riguarda la vendita all'insaputa del Vaticano dei diritti per immagini ad altissima risoluzione della Cappella Sistina.

Indubbiamente la tecnologia digitale ha enormi potenzialità nel campo dell'arte, anche questo fatto di cronaca dimostra quanto sia urgente una regolamentazione sull'uso che se ne può fare. La tecnologia digitale ha fatto grandi progressi nel campo



ma il problema dei diritti di immagine è tuttora irrisolto. Gli NFT, che introducono la possibilità di rendere arte un file digitale e di creare un certificato di proprietà di un file, hanno potenziali enormi, ma "uso di una foto è un tema diverso e per ora senza regole.

Un NFT è un qualunque contenuto digitale che viene certificato attraverso una block chain,

una catena di blocchi, una sorta di archivio pubblico decentralizzato che garantisce circa la immodificabilità del file, la visibilità da parte di tutti, ma il possesso solo da parte del proprietario con una sorta di certificato di proprietà. Allora, tutto ciò chiarito, resta il problema: "come un NFT può essere usato?"

Avere un certificato di proprietà è cosa diversa da potere riprodurre l'opera rappresentata nel file. L'arte così attraverso una tecnologia immodificabile e non rubabile può essere vista su un monitor e l'opera diviene unica, oppure in una versione limitata. Si sente la mancanza di una regolamentazione e questa è la prima esigenza per non essere poi costretti a rinunciare alla tecnologia digitale così decisiva nello sviluppo della società.

Dalla letteratura internazionale: qualche spunto interessante (open access)

Elena Ghibaudi

Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino

e-mail: elena.ghibaudi@unito.it

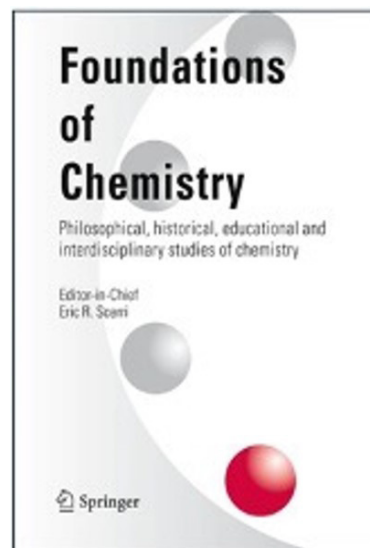
An unlikely bifurcation: history of sustainable (but not Green) chemistry

Marcin Krasnodębski

Found Chem, 2023, **25**, 463–484

(<https://doi.org/10.1007/s10698-023-09474-x>)

Abstract. The concept of green chemistry dominated the imagination of environmentally-minded chemists over the last thirty years. The conceptual frameworks laid by the American Environmental Protection Agency scholars in the 1990s constitute today the core of a line of thinking aimed at transforming chemistry into a sustainable science. And yet, in the shadow of green chemistry, a broader, even if less popular, concept of sustainable chemistry started taking shape. Initially, it was either loosely associated with green chemistry or left undefined as a distinct but generally different approach. In such a vague form, it was endorsed by the organizations such as OECD and the IUPAC in the late 1990s. It was not until the 2010s however, when it solidified as a separate more embracing and more overarching tradition that could compete with green chemistry by offering insights that the latter lacked. Sustainable chemistry seeks to transcend the narrow focus on chemical synthesis and embrace a much more holistic view of chemical activities including social responsibility and sustainable business models. Due to an interesting historical coincidence, it was in Germany where sustainable chemistry took roots and became institutionalized for the first time. It was thanks to German exceptionalism and the unwillingness of German scholars to embrace the “green” terminology originating from the US, the concept of sustainable



chemistry could safely mature and develop in the German-speaking world, before reaching a high degree of formalization with dedicated journals, founding articles, and programmatic principles aspiring to transform the entire chemical enterprise in the years to come.

Keywords: Green chemistry; sustainable chemistry; sustainability history; history of chemistry; narratives in science

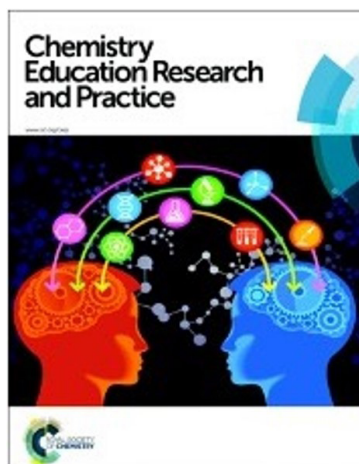
Children's emergent mechanistic reasoning in chemistry: a case study about early primary students' reasoning about the phenomenon of thermal expansion of air

Astrid Berg, Magnus Hultén

Chem. Educ. Res. Pract., 2024, 25, 92–114

(<https://doi.org/10.1039/D3RP00169E>)

Abstract. The importance of introducing students to mechanistic reasoning (MR) early in their schooling is emphasised in research. The goal of this case study was to contribute with knowledge on how early primary students' (9–10 year-olds) MR in chemistry is expressed and developed in a classroom practice framed by model-based inquiry. The study focuses on the first lesson in a sequence of six that was developed as part of a design study. The teaching was designed to ensure student agency and create conditions for the students to develop, test, and evaluate simple particle models in interaction with observations cooperatively and under teacher guidance. During the lesson, students were encouraged to express their tentative explanatory models in drawing and writing, and to act as molecules to dramatize the expansion of air. A mechanistic reasoning framework based on the characterisation of system components (entities, properties, activities, organisation) was developed and used to analyse children's mechanistic reasoning. The framework included multimodal analysis of communication (speech, gestures, writing, drawing, bodily motion) and evaluation of student reasoning based on *e.g.*, the presence of gaps in terms of explanatory black boxes or missing pieces. The results show that: (1) In model-based inquiry, young children can navigate across different representational levels in their reasoning and engage in MR; (2) children's black-boxing can be seen as an indication of epistemic work in the process of model-based inquiry; and (3) asking students to engage in multiple modes of representations support the development of student MR in model-based inquiry.



A design-based research approach to improving pedagogy in the teaching laboratory

Christine E. Mundy, Marietjie Potgieter, Michael K. Seery

Chem. Educ. Res. Pract., 2024, **25**, 266–275

(<https://doi.org/10.1039/D3RP00134B>)

Abstract. The laboratory is a complex environment where the three levels of the chemistry triplet coincide. As the laboratory environment places a large demand on the working memory of students, cognitive load theory can address overload which causes barriers to learning. Breaking down barriers requires iterative phases of analysis/exploration, design/construction and evaluation/reflection over multiple cycles which are the hallmarks of design-based research. In a complex setting, managing change and redressing teaching approaches can be difficult to navigate. Design-based research incorporates iterative phases in which theory informs decision making. This paper uses the context of a laboratory exercise of emission spectra to illustrate how the cognitive load theory can be used in tandem with design-based research to support student learning in the exercise. Using this approach, it was possible to show how barriers to student understanding, including task demands and conceptual demands were supported through proposed approaches focusing on extraneous, intrinsic and ultimately germane cognitive load.



