

- 7.1 Chimica, società ed etica
- 7.2 L'immagine della chimica nella società

Capitolo 7

Insegnare la chimica per formare i cittadini di domani

Il ruolo dell'insegnamento della chimica

In questo capitolo verranno presentati alcuni aspetti della chimica e del suo rapporto con la società dei nostri giorni che dovrebbero fornire al futuro insegnante nuove motivazioni e nuovi stimoli per l'insegnamento. Gli argomenti trattati in questo capitolo dovrebbero altresì aiutarlo a costruire una propria consapevolezza sull'importanza e sul ruolo dell'insegnamento della chimica, non tanto per favorire l'apprendimento dei concetti chiave di questa scienza, di cui abbiamo abbondantemente parlato nei Capitoli 1 e 2, ma soprattutto per formare i cittadini di domani (GILBERT – ALFONSO 2015).

L'etica della chimica

Perché dovremmo imparare nuovi strumenti e nuove metodologie di insegnamento e impegnarci nel mestiere dell'insegnante di chimica? Per rispondere a questa domanda è necessario aver chiaro quale è il ruolo della chimica nella società odierna e quali sono gli aspetti etici legati alla chimica e al suo insegnamento. L'etica della scienza e, in particolare, l'etica della chimica vengono raramente insegnate a scuola, anche se stanno entrando nei programmi di alcune scuole americane (JONES – SEYBOLD 2016, SINGISER – CLOWER – BURNETT 2012) e sono oggetto delle riflessioni delle comunità dei chimici europei e italiani, rappresentando una grande sfida per il futuro dell'insegnamento.

L'immagine della chimica

Un altro aspetto trattato in questo capitolo riguarda l'immagine della chimica. Cosa pensano le persone della chimica? E del chimico? Passando in rassegna alcuni studi recenti sulla percezione della chimica nel grande pubblico (DOMENICI 2016) apparirà evidente lo stretto legame tra ciò che i giovani e gli adulti pensano della scienza chimica e ciò che realmente conoscono della chimica e delle sue implicazioni nella vita di tutti i giorni. Come futuri insegnanti ed educatori è importante essere consapevoli che gli individui apprendono la chimica non solo grazie alla scuola, all'università e alle attività didattiche nei contesti formali, bensì anche nei contesti informali e non formali, come vedremo più avanti.

7.1 Chimica, società ed etica

7.1.1 La chimica nell'Antropocene

Nei primi capitoli di questo libro, la natura della scienza, e in particolare della chimica, è stata discussa tenendo conto dell'evoluzione della chimica nella storia, delle riflessioni epistemologiche più significative e dei loro risvolti nella didattica. In questa sessione ci vogliamo concentrare sul ruolo della chimica nella società moderna e nella vita degli uomini. Come già detto, la chimica pervade la vita di ogni giorno e la sua trasversalità viene ritenuta la sua forza e la sua debolezza allo stesso tempo (CERRUTI 2016).

Per meglio comprendere questo punto, occorre richiamare e approfondire alcune caratteristiche della società dei nostri giorni, in rapporto ad esempio con la società del XX secolo. Tuttavia, prima di concentrarsi sulla vita dei singoli individui è utile allargare lo sguardo ad una dimensione globale. Gli uomini infatti sono gli abitanti del pianeta Terra che con le loro azioni stanno maggiormente influenzando le sue stesse sorti. Non a caso, l'epoca in cui stiamo vivendo viene definita dagli scienziati «Antropocene». Con questo termine, ci si riferisce all'epoca cronologica in cui stiamo vivendo, che, sulla scala dei tempi geologici usati per descrivere la storia del pianeta Terra, segna la transizione dall'Olocene all'epoca caratterizzata dalla comparsa dei primi effetti globali delle attività umane (MAHAFFY 2015). La parola Antropocene è stata coniata dall'ecologista Eugene Stoemer, ma è diventata popolare grazie al chimico e divulgatore Paul Crutzen. Sull'inizio dell'Antropocene ci sono varie proposte: dalla comparsa dell'agricoltura (circa mille anni prima della nascita di Cristo) alla Rivoluzione industriale (metà del XVIII secolo) all'Era nucleare (metà del XX secolo). In ogni caso, gli scienziati sono concordi nell'individuare la peculiarità dell'agire umano con la consapevolezza degli effetti di queste attività, come ha scritto efficacemente il giornalista Andrew Revkin: «Due miliardi di anni fa, i cianobatteri hanno ossigenato l'atmosfera e avviato la vita sulla terra in modo dirimpente... Ma loro non lo sapevano. Noi siamo la prima specie divenuta influente su scala planetaria ad essere consapevole di questa realtà» (STROMBERG 2013). Sugli effetti e sull'impatto delle attività umane sul nostro pianeta nell'epoca dell'Antropocene esistono numerose pubblicazioni, molte delle quali richiamano i cambiamenti dal punto di vista della chimica, della biologia e della geologia del pianeta dovuti all'azione dell'uomo (MAHAFFY 2015). È importante qui soffermarsi sui cambiamenti che la Terra sta vivendo nell'Antropocene e che riguardano più da vicino la chimica (**Figura 33**).

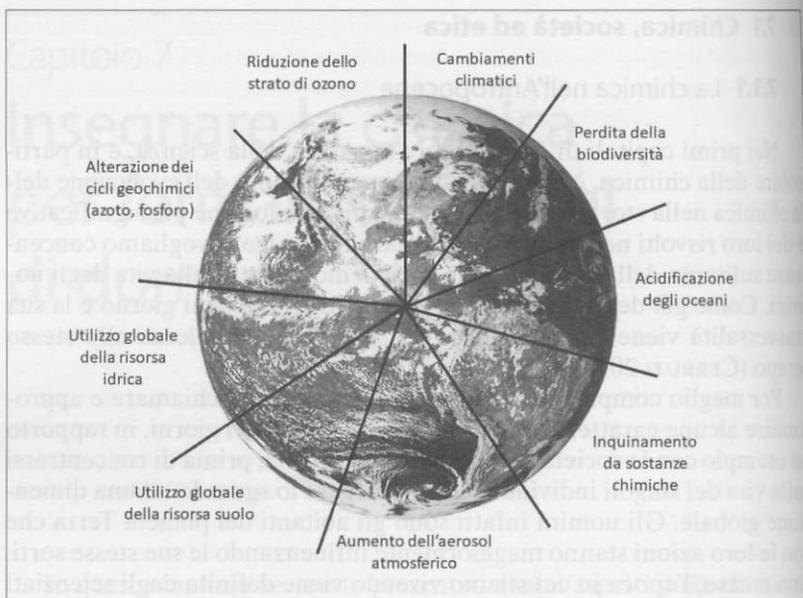
Questi cambiamenti, in parte noti e quantificati, in parte ancora non del tutto noti, rappresentano anche i cosiddetti limiti del pianeta, superati i quali, è difficile pensare che la vita sulla Terra sia ancora possibile così come la conosciamo. Ad esempio, le conoscenze scientifiche attuali, ci permettono di dire che la situazione odierna riguardo ai cambiamenti climatici, all'alterazione del ciclo dell'azoto e alla perdita della biodiversità è molto vicina a questo limite, mentre per altri cambiamenti, come

Il ruolo della chimica
nella società moderna

L'Antropocene

L'impatto
delle attività umane

Figura 33
Cambiamenti relativi
al nostro pianeta
associati all'epoca
che stiamo vivendo,
l'Antropocene.



quelli associati all'inquinamento atmosferico da sostanze chimiche e all'aumento dell'aerosol atmosferico, non si hanno ancora dati sufficienti per capire quanto la situazione sia critica o meno (MAHAFFY 2015).

I concetti
della chimica legati
ai cambiamenti globali

Da un punto di vista didattico, trattare questi temi può diventare strategico per aumentare nei giovani la consapevolezza degli effetti delle attività umane sui processi planetari e stimolare l'interesse dei ragazzi all'apprendimento delle scienze e della chimica in particolare. Come sottolineato da Vilches e Gil-Perez (VILCHES – GIL-PEREZ 2013), è possibile utilizzare questi cambiamenti globali per trattare concetti fondamentali anche nell'insegnamento della chimica. Ad esempio, molti concetti chiave della chimica affrontati nella scuola superiore di secondo grado si collegano facilmente a questi argomenti (MAHAFFY 2015). Vediamo i principali concetti di chimica richiamati da alcuni dei cambiamenti globali riportati in **Figura 33**:

- **Cambiamenti climatici:** interazione tra radiazione e materia, spettroscopia infrarossa, termochimica, aerosol, isotopi, stati della materia, reazioni di combustione, stechiometria, idrocarburi.
- **Acidificazione degli oceani:** chimica delle reazioni acido-base, equilibrio chimico, solubilità, chimica dell'acqua, stechiometria, modelli.
- **Riduzione dello strato dell'ozono:** fotochimica, interazione tra radiazione e materia, spettroscopia ultravioletta, reazioni con radicali liberi, meccanismi di reazione, termochimica, cinetica chimica.
- **Cicli dell'azoto e del fosforo:** chimica degli elementi, stechiometria, termochimica, cinetica chimica, reattività chimica, composti dell'azoto, composti del fosforo.
- **Utilizzo della risorsa acqua:** chimica dell'acqua, solubilità, equilibrio chimico, stati della materia.

- **Aumento dell'aerosol atmosferico:** stati della materia, transizioni di fase, termochimica, reazioni acido-base, equilibrio di reazione.

L'utilizzo di aspetti e problematiche reali per introdurre o affrontare concetti basilari delle scienze, rientra in un approccio didattico, definito *context-based approach*, che si oppone al metodo tradizionale in cui prima si introducono i concetti di base e poi si studiano le applicazioni a situazioni reali (GILBERT 2006). Questo approccio presenta vari punti in comune con altre metodologie di cui abbiamo parlato nel Capitolo 5, come il *problem-based learning*, e gli insegnamenti STS (*Science – Technology – Society*) e STSE (*Science – Technology – Society – Environment*).

Context-based approach

7.1.2 Il ruolo della chimica nella vita di ogni giorno

La chimica con i suoi concetti fondanti, con i suoi prodotti e con le sue tecnologie è entrata nella vita di ogni giorno degli individui. Sono quattro gli aspetti della vita quotidiana di un individuo in cui la chimica gioca un ruolo cruciale (GILBERT – ALFONSO 2015):

Gli aspetti
della chimica
nella vita quotidiana

- **Livello personale:** la chimica è alla base dei processi vitali degli esseri viventi e quindi anche dell'uomo. I processi metabolici non sono altro che reazioni chimiche. Di questo difficilmente ci rendiamo conto, mentre ci sono altri aspetti della vita personale dove è più evidente il contatto con la chimica: il cibo, i medicinali, gli abiti che indossiamo, i cosmetici e i prodotti per l'igiene personale sono tutti a base di composti chimici, naturali o artificiali.
- **Livello sociale:** la chimica è alla base di decisioni che hanno un impatto sociale, sia come comunità locali sia come nazione. Alcuni esempi sono: la depurazione e la purificazione delle acque potabili e non, la chiusura di una zona al traffico urbano o la scelta di utilizzare mezzi di trasporto pubblico elettrici, la costruzione di impianti inceneritori piuttosto che la costruzione di una discarica per lo smaltimento dei rifiuti.
- **Livello economico:** alcune scelte che hanno un impatto sull'economia, come quella delle aziende e delle industrie, si basano anche sulla chimica. Ad esempio, una azienda che sceglie di avviare una produzione *ex-novo* o di modificare un processo per la produzione di beni di consumo deve tener conto della disponibilità delle sostanze chimiche di partenza, del loro costo, dei costi del processo, della valutazione energetica del processo e dei costi di smaltimento. In ognuno di questi aspetti, la chimica gioca un ruolo essenziale.
- **Livello culturale:** Questo è il livello spesso più sottovalutato, ma la chimica, come le scienze in generale, ha un impatto sulla cultura dei singoli individui e sulla loro capacità di prendere decisioni consapevoli e fare scelte responsabili.

7.1.3 Etica della chimica

Cosa è l'etica?

L'etica è, dalla definizione più antica, la riflessione filosofica sull'agire umano, sulle azioni e sugli atteggiamenti dell'uomo (FABRIS 2016). Nel gergo comune, con etica si intende anche il sistema di regole e criteri che guidano gli atti e gli atteggiamenti di un individuo o di una collettività, finalizzati al rispetto dell'altro, sia esso una persona, un animale, l'ambiente o il patrimonio culturale. Uno degli effetti del grande impatto della chimica e delle tecnologie chimiche, e in generale della scienza, sulle società moderne consiste nell'aver portato la riflessione etica sulla scienza all'interno delle stesse comunità degli scienziati, che oggi quindi contribuiscono in modo significativo alla definizione di quei criteri e quelle regole che identificano un comportamento etico.

L'importanza dell'etica nella scienza

L'importanza dell'etica nella scienza è testimoniata, ad esempio, dalla redazione nel 2005 della *Carta Europea dei Ricercatori*, un documento che definisce principi e prescrizioni generali sulle responsabilità e sui diritti dei ricercatori, da un lato, e di coloro che li finanziano e supportano, dall'altro. La *Carta* sancisce i principi e i requisiti applicabili ai ricercatori, tra cui emergono: la libertà di ricerca, la responsabilità professionale e la diffusione dei risultati scientifici, ma anche «le pratiche etiche riconosciute e i principi etici fondamentali applicabili nella o nelle loro discipline, nonché le norme etiche stabilite dai vari codici nazionali, settoriali o istituzionali».

L'etica nella chimica

Dal punto di vista della chimica, a livello europeo, nella più grande associazione di chimici d'Europa, l'EuChemS (*European Chemical Sciences*), è nato un gruppo di lavoro chiamato *Ethics in Chemistry*, che ha il compito di individuare gli aspetti più rilevanti e le sfide che i chimici hanno di fronte dal punto di vista etico. Anche la maggiore associazione italiana di chimici, la Società Chimica Italiana, è da tempo impegnata nella valorizzazione dell'etica in chimica, tanto da essere stata la prima società scientifica a proporre una sorta di giuramento del chimico (CAMPANELLA 2016A), simile al giuramento di Ippocrate per i medici. Nel 2011, anche la Società Chimica Italiana ha istituito un gruppo di lavoro su «Etica e chimica» che si riunisce periodicamente e che ha, tra gli altri, il compito di stilare dei documenti di orientamento su aspetti cruciali dell'attività del chimico e della chimica.

Uno dei presupposti delle riflessioni sull'etica della scienza, è che l'idea di scienza come libera e indipendente da qualsiasi tipo di influenza politica, economica e sociale non è più sostenibile (VILLANI 2016). Una delle vicende utili anche a scopo didattico come segno del cambio di paradigma all'interno proprio della scienza chimica è quella di Fritz Haber, uno dei chimici più controversi del XX secolo di cui abbiamo già parlato nel Capitolo 2.

Le riflessioni sugli aspetti etici del mestiere del chimico e della chimica come scienza hanno portato la comunità dei chimici ad individuare alcune linee generali di classificazione (MEHLICH ET AL. 2017). Le implicazioni etiche della chimica infatti possono essere distinte in base al dominio di rilevanza, ovvero se riguardano il singolo individuo, una comunità

o la società, e in base al livello di coinvolgimento del pubblico: se riguarda solo i chimici (dominio interno) o anche il pubblico dei non chimici (dominio esterno). Inoltre, è utile tener conto anche del fatto che alcuni argomenti sono chiari dal punto di vista etico, ovvero esistono dei principi e delle regole definite e la discussione etica ha portato a posizioni condivise (come nel caso della vicenda di Haber), mentre altri argomenti sono ancora controversi, ovvero la discussione è ancora in corso, le problematiche sono nuove e ancora non esistono posizioni condivise.

Sulla base della definizione di questi domini, è stata recentemente proposta una classificazione (MEHLICH ET AL. 2017) degli aspetti etici più rilevanti nella chimica che può rappresentare un buon punto di partenza per affrontare l'argomento anche dal punto di vista didattico (**Figura 34**).

Fanno parte del cosiddetto **dominio interno** alla comunità scientifica alcuni principi etici che rientrano nelle buone pratiche del mestiere del ricercatore e del chimico. Di questi fanno parte l'integrità e l'onesta intellettuale, il disinteresse verso i risultati scientifici, che implicano una sorta di oggettività nei confronti degli esiti della ricerca e che dovrebbero spingere il ricercatore ad avere come obiettivo la sola conoscenza. Questi principi riguardano prima di tutto l'individuo, ma hanno riflessi nella comunità degli scienziati, che spesso subisce molteplici pressioni dall'esterno e che, nella realtà delle cose, è caratterizzata da fenomeni di cattiva condotta. Alcuni esempi sono dati dal fenomeno della falsificazione dei dati, il plagio, e la costruzione artificiale di esperimenti per ottenere specifici risultati. Questi fenomeni hanno coinvolto in modo eclatante diversi scienziati operanti so-

Il dominio interno

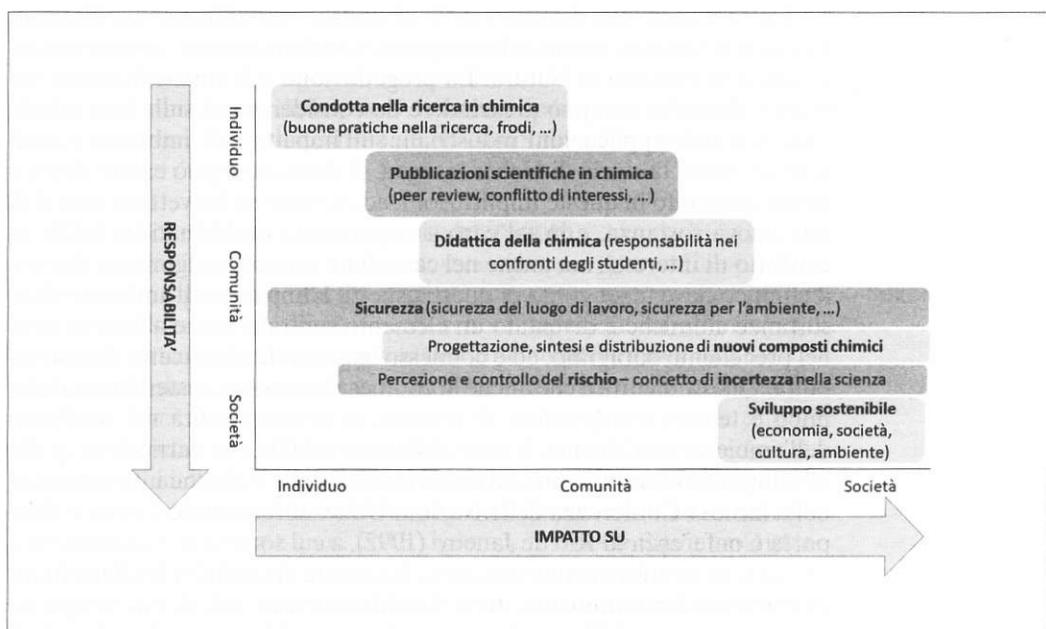


Figura 34

Dimensioni sociali ed economiche della chimica, interne ed esterne alla comunità dei chimici, che hanno impatto sugli individui singoli, sulle comunità e sulla società. Modificato da MEHLICH ET AL. 2017.

prattutto nel campo della medicina e sono considerati alla base di un crescente atteggiamento di sfiducia generale nella scienza da parte dell'opinione pubblica. Tuttavia, proprio contro questi atteggiamenti, la comunità scientifica ha sviluppato, a differenza di altre comunità, vari meccanismi di autodifesa, o come li definisce il comunicatore e saggista Pietro Greco, dei «potenti anticorpi» (GRECO 2006), che dovrebbero scoraggiare i ricercatori a commettere tali azioni (discredito pubblico da parte della comunità scientifica; esclusione dalle associazioni scientifiche e da ruoli di prestigio; in molti casi, l'allontanamento dalla professione).

Le pubblicazioni
scientifiche

Un altro aspetto legato al dominio interno è quello delle pubblicazioni scientifiche, di cui spesso i ricercatori sono in qualche modo schiavi, per il loro enorme peso in fatto di carriera lavorativa (basti pensare al ruolo degli indici bibliometrici nei concorsi universitari). Le pressioni che i ricercatori, soprattutto giovani, subiscono in tal senso possono portare a fenomeni non etici, come l'eccessiva autocitazione, un'azione di *peer review* non oggettiva nei confronti di possibili competitori, l'inserimento di coautori che non hanno di fatto contribuito al lavoro, ecc. Di non minore importanza, è l'azione dei ricercatori e degli scienziati nel loro ruolo di tutor, relatori di tesi e docenti universitari. Alcuni aspetti di cui poco si parla riguardano infatti le discriminazioni sessuali, razziali e culturali, in generale il comportamento arbitrariamente diversificato e non giustificato degli educatori nei confronti degli studenti.

Il dominio esterno

A questi aspetti del dominio interno si aggiungono alcune fondamentali implicazioni etiche della chimica nel **dominio esterno**, su cui vale la pena soffermarsi per evidenziarne le potenzialità educative e didattiche.

Una caratteristica distintiva della chimica, come abbiamo già discusso, riguarda il fatto che questa scienza produce sostanze nuove, ovvero sostanze che non esistono in Natura. La progettazione e la sintesi di nuove sostanze chimiche non può prescindere da considerazioni sulla loro utilità, sulle possibili applicazioni industriali, sull'impatto sull'ambiente e sugli uomini, come la storia di Haber insegna. Il ricercatore può essere direttamente coinvolto in queste implicazioni, ad esempio se brevetta la sintesi di una nuova sostanza, e in tal caso si aggiungono problematiche legate al conflitto di interessi, ma anche nel caso di un non coinvolgimento diretto, il chimico deve tener conto di questi aspetti. L'impatto sull'ambiente delle sostanze chimiche è diventato un elemento centrale, come abbiamo visto nel precedente paragrafo, ed è connesso in generale al concetto di sostenibilità. Questo significa che anche la chimica deve essere sostenibile e il chimico è tenuto a rispondere ai principi di responsabilità nei confronti dell'ambiente e dell'uomo. Il tema della sostenibilità è in particolare quello di sviluppo sostenibile sono diventati cruciali nelle politiche internazionali dalla famosa Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e sullo sviluppo, la Conferenza di Rio de Janeiro (1992), a cui sono seguiti documenti e strategie di politica economica, come la recente Agenda 2030 (*Agenda for Sustainable Development*), del 2015 (MEHLICH ET AL. 2017). A riprova dell'importanza dell'impatto delle sostanze chimiche sull'ambiente e sull'uomo, è significativo ricordare il regolamento CE (n. 1907/2006) denominato «REACH» (Registration, Evaluation, Authorisation of CHemicals) a cui privati e pubblici devono attenersi.

Dal punto di vista della comunità dei chimici, negli ultimi anni, sono state prodotte linee guida e codici di condotta che hanno riguardato ad esempio posizioni molto nette nei confronti dello sviluppo e della produzione di armi chimiche e dell'utilizzo di sostanze potenzialmente dannose per l'ambiente, che sono in linea con le convenzioni internazionali ed europee (TRIFIRÒ 2016). La produzione di nuove sostanze chimiche, d'altra parte, è associata ad uno dei concetti fondamentali della chimica, la sua dualità: una stessa sostanza chimica, infatti, può avere una grande utilità dal punto di vista del benessere e della salute dell'uomo, e allo stesso tempo, può essere alla base di applicazioni con risvolti negativi per l'ambiente. Questo aspetto, di cui abbiamo già parlato nel Capitolo 1 trattando i nodi fondanti della scienza chimica, è connesso al concetto di rischio e della inerente incertezza del procedere della scienza. Ciò è particolarmente evidente nelle discipline più recenti, come la nanotecnologia, le biotecnologie e le scienze cognitive. Il concetto di rischio è quello su cui si basa uno dei principi a cui spesso viene fatto riferimento a livello di opinione pubblica, il principio di precauzione, che tuttavia rappresenta uno dei punti più dibattuti e controversi all'interno della comunità scientifica (MEHLICH ET AL. 2017).

La dualità della chimica

Il concetto di rischio

Le implicazioni sociali, economiche e politiche della chimica, quelle che quindi rientrano nel cosiddetto dominio esterno, sono oggetto di grandi discussioni all'interno della comunità scientifica e le posizioni dei chimici sono in certi casi molto diversificate. Nonostante questo, esistono alcuni punti fermi, argomenti su cui anche la comunità dei chimici italiani si è espressa in modo inequivocabile, come nel caso dell'opposizione alle armi chimiche (TRIFIRÒ 2016), della posizione pubblica sui cambiamenti climatici (<https://www.soc.chim.it/en/node/1466>), per non parlare dei fondamentali contributi, non solo alla riflessione etica ma anche al cambiamento delle prassi, relativi allo sviluppo di metodi alternativi alla sperimentazione animale (CAMPANELLA 2016B).

7.1.4 Etica della chimica nell'insegnamento

È molto importante che gli studenti accostino questi argomenti durante i loro studi di chimica, sia alla scuola superiore sia all'università. Come indicato dal gruppo di lavoro dell'EuCheMS (FRANK ET AL. 2011), l'insegnamento della chimica non può rimanere ancorato agli elementi teorici, tecnici, intellettuali ed analitici della disciplina e delle pratiche ad essa riconducibili, ma è sollecitato ad ampliarsi alla dimensione culturale ed etica. Alcuni testi scolastici e curricula sperimentali stanno infatti proponendo percorsi didattici che contemplino la riflessione etica sulla chimica (FRANK ET AL. 2011, JONES – SEYBOLD 2016, SINGISER – CLOWER – BURNETT 2012).

L'etica nella didattica

Nell'ambito del terzo congresso dell'EuCheMS che si è tenuto a Norimberga, in Germania, nel 2010, è stato organizzato un simposio intitolato *Ethics, Chemistry and Education for the Environment* durante il quale sono state presentate proposte didattiche concrete. Ad esempio, per educare i ragazzi a riflettere sulle potenzialità derivanti

da un cattivo uso della chimica può essere utile affrontare le seguenti tematiche globali: la crescita della popolazione e i problemi connessi alle migrazioni dei popoli, i cambiamenti climatici, il consumo delle risorse geologiche, idriche e del combustibile fossile. Nello sviluppo di percorsi didattici in cui emergono riflessioni sull'etica è importante abituare gli allievi ad avere una visione globale al problema della sostenibilità, presentare dei casi di studio attingendo ad episodi della storia della scienza in cui è evidente un uso non corretto o addirittura criminale di sostanze chimiche, conoscere i contributi principali alle riflessioni filosofiche sulle implicazioni etiche dello sviluppo e della civilizzazione tecnologica (FRANK ET AL. 2011).

Alcuni percorsi sperimentali sono stati testati con successo nelle scuole superiori in alcuni Paesi europei (FRANK ET AL. 2011) e negli Stati Uniti (SINGISER – CLOWER – BURNETT 2012), mentre è recente la proposta di istituire a livello universitario un corso di chimica e etica, per preparare al meglio i chimici di domani (MEHLICH 2017). In alcuni istituti secondari americani (JONES – SEYBOLD 2016) è stato sperimentato un curriculum di chimica innovativo che presenta una combinazione tra aspetti etici, elementi di comunicazione della chimica, insegnamento di argomenti di chimica attingendo a risorse informali ed elementi di preparazione alla carriera del chimico e del ricercatore, che può rappresentare un buon modello per gli insegnanti che vogliono introdurre i ragazzi ai temi dell'etica della chimica.

7.2 L'immagine della chimica nella società

La chemofobia

L'immagine della chimica nel pubblico generico viene spesso associata al termine «**chemofobia**», che indica un'avversione, prevalentemente emotiva, nei confronti della chimica. Questo atteggiamento si associa spesso ad alcuni misconcetti, ovvero concetti sbagliati, che non hanno alcun fondamento scientifico. Un classico esempio di misconcetto riguarda l'associazione tra l'aggettivo «chimico» e i termini «artificiale», «tossico», «nocivo», «adulterato», in netta contrapposizione con l'aggettivo «naturale», che nell'immaginario comune ha prevalentemen-

LA DEFINIZIONE

Chemofobia

Questa parola ha letteralmente il significato di «avversione irrazionale o pregiudizio nei confronti della chimica e di tutto ciò che può definirsi chimico» (<https://en.wikipedia.org/wiki/Chemophobia>). In generale, la chemofobia si riferisce ad un atteggiamento di sospetto, di critica o, addirittura, di vera e propria paura verso l'utilizzo di sostanze chimiche fatte dall'uomo (ovvero

sostanze artificiali). Secondo il chimico e filosofo della chimica, Pierre Laszlo, la chemofobia è un atteggiamento che in parte si fonda su istinti irrazionali e in parte trova sostegno in alcuni eventi storicamente rilevanti, principalmente disastri ambientali che hanno coinvolto industrie chimiche (LASZLO 2006). Ma queste sono solo alcune delle ragioni alla base della chemofobia.

te accezioni positive e rassicuranti (HOFFMANN 2005). Secondo Michelle Francl (FRANCL 2013) questo atteggiamento non riguarda solo i singoli, ma coinvolge la società nella sua interezza, portando a decisioni, anche politiche, che possono avere effetti a lungo andare molto negativi.

Una conseguenza dell'atteggiamento chemofobico è stata l'adozione, principalmente a scopo di marketing, da parte di alcune aziende operanti nel settore alimentare, della dicitura *chemical-free* o «zero chimica» o «senza sostanze chimiche». Queste affermazioni sono da un punto di vista scientifico prive di senso, ma sono introdotte volutamente da alcune aziende cavalcando il diffuso atteggiamento chemofobico a scopo commerciale. Il settore alimentare, è quello che registra attualmente il maggior numero di esempi chemofobici.

Per contrastare questo fenomeno molti chimici, sia a livello personale sia come associazioni, istituzioni o società chimiche, operano principalmente su due fronti: l'educazione e l'insegnamento della chimica (rivolte prevalentemente ai giovani) e la divulgazione e la comunicazione (rivolte al grande pubblico di non addetti ai lavori). Come evidenziato da Billington e collaboratori (BILLINGTON ET AL. 2008), la maggior parte degli sforzi dei chimici per contrastare la chemofobia sono centrati sui giovani, e si basano sul coinvolgimento degli studenti in attività *hands-on* o come spettatori di conferenze volte a far capire che la chimica è alla base della vita di tutti i giorni. Molto più rari sono i progetti dedicati agli adulti (BILLINGTON ET AL. 2008), che richiedono approcci più articolati. Le strategie di comunicazione rivolte agli adulti, e al pubblico generico, infatti, richiedono un impegno maggiore e competenze specifiche, e soprattutto una conoscenza dettagliata di cosa realmente il pubblico pensa della chimica, come vedremo di seguito.

7.2.1 La percezione della chimica, oggi: due casi di studio

Il primo studio recente volto a verificare quale sia l'immagine della chimica nel pubblico generico è stato pubblicato nel 2015 da parte della *Royal Society of Chemistry* (RSC). Questo studio si proponeva di riuscire ad avere un quadro il più possibile completo e dettagliato dell'immagine della chimica in Inghilterra, e come secondo obiettivo, di sviluppare, sulla base dei risultati della ricerca, una strategia comunicativa che potesse essere di aiuto agli stessi chimici (*PUBLIC ATTITUDE TO CHEMISTRY* 2015). Dalla rilevazione è uscito un quadro molto dettagliato e sistematico, di cui vale la pena evidenziare alcuni risultati importanti.

Uno dei risultati più interessanti (DOMENICI 2016) è stata la netta discrepanza tra ciò che i chimici credono che il pubblico generico pensi della chimica e ciò che realmente il pubblico pensa. In generale il pubblico inglese ha un'immagine molto più positiva di quanto i chimici non credano. Infatti, la maggior parte degli inglesi ritengono che la chimica porti a benefici piuttosto che a danni (59%), ritengono che la chimica contribuisca alla vita di tutti i giorni (55%), e che la chimica contribuisca al benessere e allo sviluppo di un Paese, anche in termini economici (72%). Nella maggior parte degli intervistati c'è la consapevolezza del ruolo dei chimici nella società e la

Il ruolo del marketing

L'immagine del chimico nel pubblico generico

considerazione nei loro confronti è di rispetto e in molti casi di stima. Tuttavia, secondo gli intervistati, l'immagine della chimica rimane fortemente ancorata ai ricordi scolastici e all'esperienza che le persone hanno avuto con la chimica, intesa come materia di insegnamento, e da quanto evidenziato dallo studio inglese, i ricordi scolastici non sono edificanti.

Mancanza
di un coinvolgimento
emotivo

Quello che appare evidente, ad esempio, è la mancanza di un coinvolgimento emotivo con la chimica con un conseguente basso interesse per la disciplina. L'atteggiamento prevalente nei confronti della chimica è di neutralità (51%), che significa anche indifferenza. La mancanza di coinvolgimento emotivo è da associarsi principalmente alla sensazione diffusa tra gli inglesi che la chimica è una materia ostica, difficile e arida. Molti intervistati (il 58% delle donne e il 45% degli uomini) dichiarano di provare un senso di inferiorità quando l'argomento di discussione riguarda la chimica.

Il secondo studio recente è stato invece condotto, quasi contemporaneamente allo studio appena citato, in Italia (CHIOCCA – DOMENICI 2015), e si è focalizzato sul pubblico dei giovani (fascia 18-40 anni). Lo studio si è basato su un questionario online ideato e distribuito attraverso i social network proprio per andare a captare la fetta di popolazione suddetta, ottenendo una diffusione molto buona, con oltre 700 intervistati. Di questi, 431 sono persone che non hanno fatto, o non stavano facendo al momento del questionario, studi inerenti la chimica, ed è su questo campione di giovani italiani, non chimici, che è stata fatta una analisi dettagliata dei dati raccolti. Anche se il campione non è rappresentativo della popolazione italiana in generale, offre comunque uno spaccato interessante.

Da questi dati è emersa un'immagine della chimica anche in questo caso prevalentemente associata ai ricordi scolastici. Come dallo studio inglese, la percezione e soprattutto l'atteggiamento nei confronti della chimica dipendono molto dall'esperienza avuta a scuola. È evidente quindi che per migliorare la percezione e la conoscenza della chimica nel pubblico, è essenziale un miglioramento dell'insegnamento della chimica. Molti tra gli intervistati ritengono infatti che l'insegnamento della chimica è troppo slegato ai progressi della chimica e all'impatto di questa scienza sulla vita di tutti i giorni. Questo risultato è in linea con la poca confidenza nel parlare di argomenti di chimica (48%), dato molto simile a quello rilevato nello studio inglese. Questo sentimento di inferiorità può giustificare la mancanza di coinvolgimento emotivo, osservata anche dalle risposte aperte presenti nel questionario, e può essere dovuto sia a una mancata consapevolezza delle vaste applicazioni della chimica sia a un livello di studio della materia inadeguato. In generale le competenze lacunose mostrate dal campione dei giovani italiani hanno confermato l'auto percezione degli intervistati circa una loro scarsa preparazione in chimica: il 16% ritiene le proprie conoscenze della materia approfondite, il 50% le considera inadeguate e il restante 34% ha dato una risposta neutrale.

Anche se una parte della popolazione del campione italiano, pari al 24%, ha un sentimento di neutralità verso la chimica, la maggioranza, ovvero il 53%, ha un approccio positivo, in contrasto con la condizione di neutralità (51%) riportata in Inghilterra dallo studio della *Royal Society of Chemistry*. Questo dato mostra che persone con un livello di educazio-

ne più elevato, come quelle coinvolte nella ricerca italiana (CHIOCCA – DOMENICI 2015, DOMENICI 2016) sono più interessate a materie scientifiche, come la chimica, e che l'istruzione è la chiave per vincere i misconcetti e i preconcetti che segnano inevitabilmente **l'immagine della chimica**. Sembrerebbe, quindi, che il problema maggiore della percezione della chimica (DOMENICI 2016) sia legato all'aspetto emotivo e alla mancanza di *engagement*, proprio come evidenziato nello studio inglese.

Mancanza
di *engagement*

7.2.2 Il chimico nell'immaginario collettivo

Per definire l'immagine del chimico nella società (MOREAU 2005) può essere interessante dare uno sguardo alla figura del chimico nella cultura popolare, ad esempio, attraverso la letteratura, la poesia, il cinema e l'i-

IL CONTESTO

L'immagine della chimica dal XVIII secolo a oggi

Come discusso nel saggio *Popularizing chemistry: hands-on and hands-off* (KNIGHT 2006), la chimica è stata molto popolare nel XVIII secolo, quando la scienza in generale veniva presentata al grande pubblico come *entertaining knowledge*, ovvero per intrattenere. Intorno alla metà del XVIII secolo, la chimica divenne addirittura una scienza *hand-on*, ovvero una scienza da maneggiare, provare, sperimentale, alla portata di tutti. Nacquero i primi laboratori portatili, i mini-kit con cui esercitarsi alla pratica della chimica. Un contributo importante alla diffusione della chimica venne anche dai giornali scientifici che risalgono alla seconda metà del XIX secolo, come il «*Journal of Natural Philosophy*» fondato da William Nicholson, e «*Annals of Philosophy*» di Thomas Thomson, entrambi chimici. Questi giornali non erano destinati a specialisti e avevano come principale obiettivo far conoscere a tutti i progressi della scienza. Ben presto però la complessità della chimica in continua espansione e la nascita di rami e sotto-discipline sempre più specializzate ebbe i primi riflessi negativi. Le nuove riviste come «*Chemical News*» di William Crookes, e il famoso *Nature*, fondato da Norman Lockyer, erano tutt'altro che accessibili, e cominciarono ad utilizzare formati e stili estremamente formali. È in questo frangente che i chimici si allontanarono sem-

pre più dal pubblico, sviluppando un linguaggio molto specializzato e formale, che ha contribuito a distanziare i chimici dal pubblico (LASZLO 2006). Alla fine del XIX secolo, l'immagine della chimica iniziò quindi a cambiare, portando gli stessi scienziati divulgatori a modificare il loro approccio. Nel XX secolo, l'immagine della chimica fu largamente influenzata dalla simbiosi tra chimica e industria. Anche se l'industria chimica non è stata sempre associata a elementi negativi, bensì di benessere, pian piano furono altri fattori a influenzare maggiormente l'opinione pubblica: dall'inquinamento delle grandi città all'orrore di fronte all'uso dei gas tossici, durante la prima guerra mondiale. Eventi singoli di grande impatto emotivo, come le tragedie di Seveso e di Bhopal, hanno contribuito poi ad alimentare una crisi della percezione della chimica nel grande pubblico (DOMENICI 2016). Le ragioni di questa crisi, tuttavia, sono molto più complesse e articolate, in quanto riflettono una crisi più profonda, insita alla stessa scienza chimica e alle sue relazioni con le altre discipline scientifiche, come affrontato nel Capitolo 2. Secondo lo storico Luigi Cerruti, l'immagine della chimica risente oggi di alcune grosse contraddizioni, sia esterne, ovvero riguardanti il legame tra chimica e società, che interne alla comunità stessa dei chimici (CERRUTI 2016).

Il chimico
come alchimista

conografia (SCETTINO 2014). Ad esempio, il chimico che emerge dalla letteratura classica ricalca l'archetipo dell'alchimista medioevale (HAYNES 2006): pericoloso e un po' pazzo, dall'aria sinistra, nascosto dietro l'aurea enigmatica delle sue formule incomprensibili. Due figure emblematiche della letteratura che hanno influenzato l'immagine dello scienziato, e in particolare del chimico, sono il dottor Faust di Goethe e il famoso Frankenstein di Mary Shelley. Solo recentemente, la chimica che trasuda dai nuovi romanzi (BALL 2006) è anche qualcosa di diverso e di positivo. Un gruppo di giovani novellisti americani, da Thomas Pynchon a Richard Powers, parla di una società pervasa dalla chimica, che entra con i suoi colori, odori e sapori nella vita di ogni giorno. Questa scienza diventa anche nella letteratura indispensabile ingrediente della modernità. Nella letteratura italiana non si può non fare riferimento ai contributi di Primo Levi e di Italo Calvino (SCETTINO 2014).

L'immagine del chimico
nella letteratura,
al cinema e in TV

L'immagine del chimico che prevale nel cinema e nell'iconografia, come segnalano alcuni recenti saggi (WEINGART 2006, BALL 2006, SCHUMMER – SPECTOR 2007), è ancorata alla figura dello scienziato pazzo, ambiguo, dominatore della realtà e spesso responsabile di malefatte. Molto spesso lo scienziato pazzo è ancora il chimico, come del resto si ritrova in una delle serie televisive più seguite dai ragazzi di oggi: *Breaking Bad*.

7.2.3 L'immagine che i chimici hanno di se stessi

Il chimico allo specchio

Per concludere questa rassegna sulla percezione della chimica e dei chimici è infine utile riflettere sul contrasto tra il modo in cui i chimici vedono se stessi e il modo in cui sono visti dai non chimici. Per rappresentare al meglio come i chimici vedono se stessi e la chimica, possiamo fare riferimento alla celebre frase di Linus Pauling: «Chemistry is wonderful. I feel sorry for people who don't know anything about chemistry. They are missing an important source of happiness» («La chimica è meravigliosa. Mi dispiace per le persone che non sanno niente di chimica. Mancano di un importante fonte di felicità»). Questa frase racchiude in sé sia la passione per una disciplina, tipica di chi ama il proprio mestiere, sia la consapevolezza, intrisa da una certa rassegnazione, del distacco netto tra chimici e non chimici. È evidente che i chimici non si riconoscono affatto nell'immagine popolare, ma cosa fanno per cambiarla?

Nell'ultimo decennio, le comunità dei chimici, a vari livelli, si sono ufficialmente impegnate a sensibilizzare gli stessi chimici a occuparsi in prima persona dell'immagine della loro disciplina. La più grande associazione internazionale che riunisce i chimici di tutto il mondo, la IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemists*) ha avviato nel 2002 una serie di interventi e di programmi in questa direzione, ad esempio istituendo una commissione dedicata alla *Public Understanding of Chemistry*. Secondo la IUPAC (ATKINS 2003), i chimici hanno delle responsabilità e per questo devono impegnarsi a fare qualcosa per migliorare l'immagine della chimica nel grande pubblico, iniziando da un primo obiettivo: conoscere e adattarsi ai diversi pubblici (**Figura 35**).

LA DEFINIZIONE

Public understanding of chemistry, public awareness of chemistry e public appreciation of chemistry

Questi tre termini apparentemente simili indicano diversi atteggiamenti nei confronti della chimica, e rappresentano quindi obiettivi di azione diversi (MAHAFFY 2006). Vediamoli in dettaglio.

Public understanding of chemistry: Comprensione della chimica, come disciplina, da parte dei non chimici. Include la comprensione dei principali concetti della chimica, la sua natura e i metodi associati all'operare del chimico, il ruolo della chimica nella società.

Public awareness of chemistry: Conoscenza generale dei contenuti della chimica, dei suoi processi e dei suoi metodi, del ruolo della chimica nella società, senza una precisa e approfondita comprensione.

Public appreciation of chemistry: Atteggiamento positivo nei confronti della chimica, che include rispetto e ammirazione nei confronti dei metodi della chimica e del contributo di questa scienza alla società.

Come riportato da Peter Mahaffy (MAHAFFY 2006), i chimici non conoscono i loro interlocutori, che si distinguono in base alle loro conoscenze della chimica (**public understanding of chemistry**), ma anche in funzione dell'attitudine e della consapevolezza del ruolo della chimica nella società (concetti di **public awareness of chemistry e public appreciation of chemistry**). Seguendo cerchi concentrici in base al diverso grado di conoscenza della chimica, i chimici devono quindi sapersi rivolgere alle associazioni non governative, ai governi, alle altre comunità di scienziati, agli insegnanti, agli studenti e infine al pubblico generico (**Figura 35**).

Scarsa conoscenza degli interlocutori

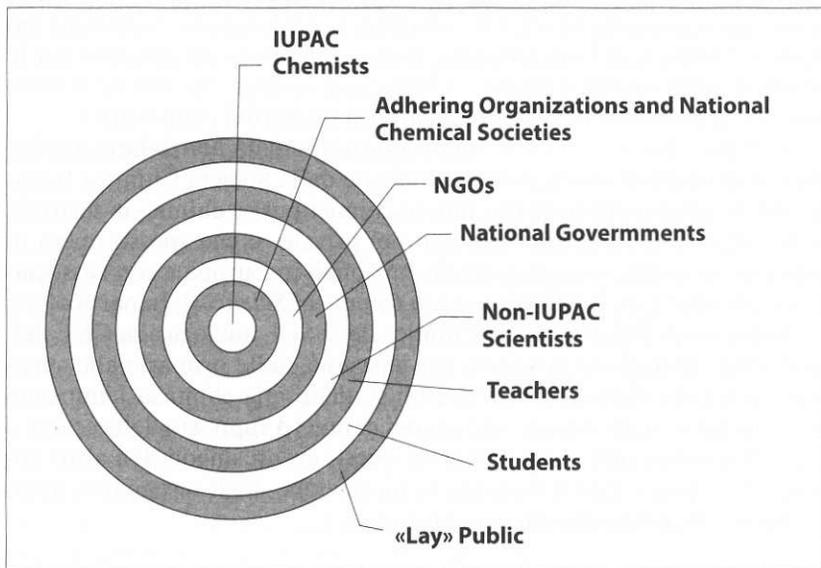


Figura 35
I diversi pubblici a cui dovrebbe rivolgersi la comunità dei chimici. Modificato da MAHAFFY 2006.

7.2.4 Migliorare l'immagine della chimica: il ruolo dell'insegnamento

Iniziativa
per migliorare
l'immagine
della chimica

Le comunità dei chimici, che a livello internazionale si sono riunite per discutere di come contrastare una percezione della chimica diversa dalla realtà, l'atteggiamento chemofobico e la diffusione di misconcetti legati alla scienza chimica, non hanno avuto dubbi nell'individuare nell'insegnamento, nella didattica, uno degli aspetti cruciali su cui investire. Sempre nel 2002, l'organizzazione internazionale dei chimici, la IUPAC, ha istituito la *Committee on Chemistry Education (CCE)*, un comitato di chimici provenienti da tutto il mondo che si riunisce ogni due anni per individuare le linee guida e i programmi internazionali di intervento didattico. Uno degli obiettivi della CCE è anche migliorare l'immagine della chimica nel mondo, ma l'obiettivo principale si rivolge agli stessi chimici e agli insegnanti di chimica: sono loro, infatti, che vanno preparati a stabilire buone relazioni con i diversi pubblici, attraverso vari mezzi di comunicazione, e con le istituzioni, a divulgare la chimica e a spiegare in che modo la chimica entra nella vita di ogni giorno. Per concretizzare questi interventi, la CCE ha pubblicato un protocollo nel 2006, e periodicamente promuove progetti internazionali di educazione nelle scuole superiori, come «Chemistry is in the News», che ha riscontrato un notevole successo negli USA.

Anche in Europa, con il CEFIC (*The European Chemical Industry Council*), a partire dal 2001, sono state avviate varie iniziative di promozione della scienza chimica, come il «Discover Chemistry in Europe», che consiste nell'apertura delle industrie chimiche e dei laboratori universitari al grande pubblico, per alcune giornate. «Open Door» o «Porte Aperte» sono altre iniziative che si collocano su questa linea. In Italia, analogamente al CEFIC europeo, la Federazione Nazionale Industria Chimica, la Federchimica, indice ogni anno dei concorsi per le scuole di ogni ordine e grado, «Chimica: la scienza che muove il mondo», tesi a promuovere progetti di chimica interattivi e innovativi.

In Italia, diverse iniziative finalizzate a stimolare una didattica attiva nel campo della chimica, sono patrocinate dalla Società Chimica Italiana (SCI), un'associazione che unisce chimici puri e chimici industriali, universitari e chimici che lavorano nel privato, e che spesso opera di concerto con altre società chimiche nazionali in Europa e con l'associazione europea EuCheMS (*European Chemical Sciences*). In particolare, la Divisione di Didattica della Chimica della SCI, analoga alla CEE della IUPAC, promuove iniziative per le scuole, dalle primarie alle superiori, con l'obiettivo di avvicinare gli studenti alla chimica. L'impegno delle società e delle organizzazioni dei chimici a supporto della scuola e degli insegnanti non si limita però a questi eventi singoli. Un altro importante aspetto infatti riguarda la formazione degli insegnanti, argomento di cui abbiamo parlato nel Capitolo 4.