



Società Chimica Italiana

## La Chimica nella Scuola





- 5 Editoriale  
Premi Nobel per la Chimica, Biotecnologie e Primo Levi  
*Laura Cipolla*
- 11 Dalla Copertina  
Ezio Roletto: un ricordo e un omaggio  
*Alberto Regis, Marco Ghirardi, Elena Ghibaudi.*
- 15 Oltre la differenziata: il riciclo dei rifiuti come miniere antropiche  
*Fabio Olmi*
- 25 Ragionamenti fondamentali nel calcolo stechiometrico: superare le difficoltà con la densità  
*Liberato Cardellini*
- 85 Dalla Divisione di Didattica  
- Saluto del past-President e della Presidente ai Soci della Divisione  
- Verbale della I<sup>a</sup> Riunione del Direttivo della DDSCI
- 93 Federchimica per la scuola  
- Premio Lombardia ricerca
- 95 Libri in redazione  
- La Chimica a Scuola  
*Fabio Olmi, Eleonora Aquilini*  
- Appunti di storia della chimica  
*Antonella Maria Maggio, Roberto Zingales*
- 99 *SPAIS 2019 Prima circolare*



**Premi Nobel per la Chimica, Biotecnologie e Primo Levi.**

Lo spunto di questo editoriale deriva dal premio Nobel per la Chimica 2018, assegnato a tre scienziati: Frances Arnold, George Smith e Sir Gregory Winter che grazie alle loro ricerche hanno sviluppato metodologie chimiche applicate ai sistemi biologici migliorando la produzione di composti chimici che trovano applicazione in diversi settori quali la detergenza, la farmaceutica, la bioenergetica (biocarburanti). Il premio Nobel per la Chimica 2018 pone l'attenzione su due aspetti fondamentali, strettamente interconnessi: il primo è la rilevanza della chimica nella nostra vita, grazie alla quale abbiamo a disposizione nuovi farmaci efficaci, diagnostici, materiali innovativi e più in generale tutti i beni di consumo che popolano il nostro quotidiano in ogni attimo della nostra giornata;<sup>1,2</sup> il secondo è correlato alle biotecnologie, vale a dire a tecnologie che consentono di produrre beni e servizi grazie all'utilizzo di sistemi biologici, che per loro natura effettuano trasformazioni chimiche. Le biotecnologie sono antiche quanto la storia dell'uomo: già nel 8000 a.C. l'uomo selezionava i vegetali per la coltivazione e produzione di beni alimentari (le patate sono il primo alimento coltivato); intorno al 4000 a.C. gli antichi egizi impararono a sfruttare la fermentazione (trasformazioni chimiche ad opera di organismi viventi) per ottenere il vino e dal 2000 a.C. circa i Sumeri si dedicarono alla produzione di birra e formaggi. Dall'antichità ad oggi si sono moltiplicati gli esempi di produzione di prodotti grazie all'utilizzo di sistemi biologici. Pietre miliari tra i prodotti biotecnologici che hanno salvato molte vite sono la penicillina e l'insulina.

La nascita delle moderne biotecnologie viene sancita nel 1973 con lo sviluppo della tecnica del DNA ricombinante da parte di due scienziati, Stanley Cohen e Herbert Boyer, che hanno effettuato il primo esperimento di ingegneria genetica inserendo nel DNA batterico un gene proveniente da una rana acquatica.

---

1. *Silvano Fuso* Chimica. Ventiquattro ore nella vita di un uomo qualunque. 2014

2. *Joe Schwarcz* Il genio della bottiglia. La chimica del quotidiano e i suoi segreti. 2012

Negli ultimi decenni le innovazioni e i prodotti biotecnologici sono cresciuti esponenzialmente, rendendo possibile o maggiormente sostenibile la produzione di diversi beni di consumo e farmaci, come testimoniato proprio dal Premio Nobel per la Chimica del 2018.

Tuttavia, così come la chimica, anche le biotecnologie, suscitano nell'opinione pubblica preoccupazioni, paure e dibattiti.

Primo Levi, visionario e attento scrutatore dei cambiamenti, delle novità e delle paure che possono emergere nei confronti delle innovazioni scientifiche nel 1986 scrive un racconto intitolato "*In diretta dal nostro intestino: l'Escherichia coli*" attuale allora come oggi. Nel 1986 si colloca l'innovazione biotecnologica da cui Primo Levi ha preso spunto: Herbert Boyer, fondatore della prima azienda biotecnologica, usa il batterio *Escherichia coli* per produrre l'insulina umana, rendendone realizzabile e sostenibile la produzione; ancora oggi, la maggior parte dell'insulina è prodotta con questa tecnologia.

Da sottolineare che precedentemente l'insulina, farmaco indispensabile per i pazienti affetti da diabete, veniva ottenuta per estrazione da tessuti di origine animale, con forti rischi di reazioni allergiche per chi la assumeva.

Nel suo racconto "*In diretta dal nostro intestino: l'Escherichia coli*", con sottile ironia Levi ci porta a riflettere sulle biotecnologie. Da allora il dibattito sulle biotecnologie non si è placato.

In diretta dal nostro intestino: *l'Escherichia coli*

Primo Levi

7 dicembre 1986

GIORNALISTA (bussa delicatamente alla parete intestinale) È permesso?

*ESCHERICHIA COLI* Avanti! Entri pure.

GIORNALISTA No, guardi, niente di cruento, non intendo danneggiare il Suo ospite, che oltre a tutto è un mio amico. Nessun intervento drastico: se Lei è d'accordo, l'intervista la facciamo così, da fuori a dentro. Sto registrando, e il microfono è molto sensibile: cerchi solo di parlare un po' forte. È la prima volta che viene intervistata?

*ESCHERICHIA COLI* Sí, ma non si preoccupi, non mi sento per nulla emozionata. Noi non abbiamo un temperamento emotivo, sia per indole, sia perché siamo sprovviste di sistema nervoso.

GIORNALISTA Si trova bene, costaggiú, al buio, frammezzo a tutta la roba mezza digerita che il Suo ospite Le scaraventa in testa tre o quattro volte al giorno?

*ESCHERICHIA COLI* Abbastanza bene, salvo quando gli danno qualche antibiotico. Allora per noi la vita si fa un po' dura, ma qualcuna di noi se la cava sempre, e riusciamo quasi sempre a perpetuare la stirpe. Adesso abbia pazienza un momento, sono in mitosi, voglio dire che mi sto sdoppiando: ma è una faccenda di pochi minuti, poi una delle mie metà sarà di nuovo a Sua disposizione. Ecco fatto, continui pure, io resto qui e la mia gemella se ne va per la sua strada. Non starà a sentire e non ci darà nessun disturbo, noi sappiamo essere discrete.

GIORNALISTA Lei lo saprà, voi altre non siete piú dei saprofiti qualunque, tollerati finché non ci fate venire il mal di pancia. Ormai state sulle prime pagine dei quotidiani: abbiamo imparato a prelevare un frammento del vostro DNA e a sostituirlo con un altro, e cosí vi insegniamo a produrre le proteine che fanno comodo a noi. Su questo argomento si sono sentite voci discordi; c'è chi dice che va tutto bene, e che anzi, per questa via potremo insegnare a voi batteri perfino il modo di fissare l'azoto atmosferico; e c'è chi ha paura che impariate troppo, e che finirete col comandare voi.

*ESCHERICHIA COLI* Sí, sí, sono al corrente di tutto, anzi, una mia cugina in 397° grado è stata operata proprio in questo modo, e non ha neppure sofferto tanto, a parte il trauma di trovarsi in un tubetto di vetro invece che nel tepore di un intestino. Bene, io faccio parte del consiglio di azienda dei procarioti, e sotto l'aspetto sindacale non abbiamo niente da obiettare. I tempi delle rivendicazioni egualitarie sono passati: abbiamo compreso anche noi che una specializzazione è indispensabile, e utile ad entrambi i contraenti. È un pezzo, infatti, che non ci mettiamo piú in sciopero, ed io, come rappresentante di categoria, ritengo che lo sciopero sia ormai un'arma spuntata: la controparte dispone di mezzi troppo potenti. La politica è l'arte del possibile, lo ha detto una mia antenata 500 milioni di anni fa, e noi siamo possibiliste per natura. Proprio per questo non dovete sottovalu-

tarci. Ai vostri tubetti di vetro, ascolti il mio consiglio, fate buona guardia. Io personalmente sono di buona indole, ma non posso rispondere delle mie colleghe a cui voi avete cambiato il centralino. Di quelle dovete rispondere voi; perciò state attenti. Se si dovesse scatenare un'epidemia, ne andreste di mezzo voi, ma anche noi che viviamo in pace nei vostri pregiati visceri. Non c'è dubbio che alla lunga ci sapremmo adattare a campare anche nell'intestino di uno scarafaggio o di un'ostrica, ma ci vorrebbe tempo e fatica e un buon numero di defunti.

GIORNALISTA Signora, La ringrazio. Se non ha altro da aggiungere, io chiuderei qui.

*ESCHERICHIA COLI* Beh, questa poi è buona! E l'invenzione della ruota, e del motore asincrono, dove la mette? Ci avete messo duecento anni per accorgervene, fin da quando avete messo su i primi microscopi, ma adesso la nostra priorità è conclamata; e Lei viene qui da me col Suo microfono senza farne parola? Mi creda che è grossa. È la vostra albagia di multicellulari: come se aveste scoperto tutto voi!

GIORNALISTA Devo scusarmi. Sa, noialtri giornalisti ci dobbiamo occupare di tante cose, della staffetta di Craxi, della tassa sulla salute, del Libano, della topica di Reagan...

*ESCHERICHIA COLI* Così Lei non ne sa proprio niente? Stia attento, che glielo spiego in due minuti, così non sbaglierà nel suo reportage. Noi abbiamo sei flagelli, va bene? Ma non li agitiamo come uno agiterebbe una fune o una frusta: li facciamo girare, proprio come gira il rotore di un motorino elettrico. Abbiamo per ogni flagello un motore e uno statore, ognuno dei flagelli diventa una spira allungata, tutti e sei si dispongono press'a poco come un ciuffo, e ci spingono avanti come un'elica quando sentiamo odore di cibo. Semplice, no? Poi sono venuti i ciliati, che sono tutta un'altra cosa, la ruota è andata dimenticata, e ci sono voluti due miliardi di anni perché voi la riscoprivate e veniste fuori coi vostri carri; e i primi erano carri da guerra, o sbaglio?

GIORNALISTA La ringrazio, la notizia è molto interessante. Lei vuol dire che se non fossero venuti fuori i ciliati, con le loro cilia e col loro stupido moto alternativo, noi oggi potremmo girare la testa di 360 gradi, e magari di 3600 gradi, senza mai tornare indietro? E come la



mettiamo coi vasi sanguigni, i nervi e tutto il resto? Si attorciglierebbero tutti.

*ESCHERICHIA COLI* Questo è affare vostro, o per meglio dire dell'evoluzione. Ma le vostre auto funzionano bene, e sono fatte proprio così. Voglio dire, insomma, che avete mandata sprecata un'idea che non era da trascurarsi. È peccato che sia un po' tardi per brevettarla.



**Dalla Copertina**

**a cura di Pasquale Fetto**  
pasquale.fetto@didichim.org

**Ezio Roletto**

**3 luglio 1936**  
**Portacomaro**

**31 dicembre 2018**  
**Torino**



*Ezio Roletto*

## **Ezio Roletto: un ricordo e un omaggio**

Alberto Regis<sup>°</sup>, Marco Ghirardi<sup>°#</sup>, Elena Ghibaudi<sup>°\*</sup>

<sup>°</sup>*Gruppo SENDS (Storia ed Epistemologia per una  
Nuova Didattica delle Scienze), Torino*

<sup>\*</sup>*Dip. Chimica, Università di Torino.*

<sup>#</sup>*Istituto di Istruzione Superiore "Q. Sella" di Biella;  
Istituto Tecnico Superiore "Tessile Abbigliamento Moda" di Biella.*

Fu nel 1987 a Roma, durante il V Convegno Nazionale della Divisione di Didattica della Chimica della Società Chimica Italiana, che nacque l'idea di costituire un gruppo di ricerca per la didattica delle scienze, a Torino. Ezio Roletto era rientrato da Parigi dove nel 1985 aveva conseguito un Master in Didattica delle Discipline Scientifiche presso l'Università Paris VII. Alcuni insegnanti di chimica, desiderosi di innovare le proprie prassi di insegnamento, decisero di porsi sotto la sua guida: così ebbe origine il Gruppo di Didattica della Chimica dell'Università di Torino, che negli anni

avrebbe coinvolto insegnanti dei vari livelli scolari, impegnati in percorsi di ricerca didattica.

Ezio si era laureato in chimica presso l'Università di Torino nel 1963, diventando in seguito professore associato presso il Dip.to di Chimica di quella stessa Università. Dopo la già citata esperienza del Master parigino, Ezio mantenne un rapporto di stretta collaborazione con la realtà francese. Nel 1985-86, tenne seminari sull'insegnamento sperimentale delle scienze nell'ambito del DEA (Diplôme d'études supérieures) presso l'Università Paris VII (Jussieu); inoltre fu docente di elettrochimica (professeur associé) presso l'Ecole Normale Supérieure de Saint-Cloud (1985-87). Credendo fortemente nella necessità di innovare l'insegnamento e favorire l'apprendimento delle scienze sperimentali, egli intraprese un Dottorato in Scienze dell'Educazione (Opzione: Didattica delle Discipline Scientifiche), ottenuto nel 1995 presso l'Università di Montpellier II. Il suo progetto di dottorato, sfociato in una tesi dal titolo "Points de vue d'enseignants et de futurs enseignants sur la nature du savoir scientifique", beneficiò della conoscenza, delle esperienze e del pensiero degli insegnanti francesi e italiani conosciuti nella ricerca didattica.

Una volta rientrato a Torino, Ezio applicò agli stessi corsi universitari quella filosofia didattica che aveva maturato negli anni francesi. Titolare del corso di Chimica analitica applicata, adottò un approccio che oggi definiremmo 'student-centered', del tutto estraneo alla prassi didattica universitaria dell'epoca: ponendo gli allievi di fronte a interrogativi di ricerca e assistendoli nel percorso di ricerca di risposte a quegli interrogativi, consentiva agli studenti di apprendere la scienza come 'processo' invece che come 'prodotto'.

Il lavoro di ricerca didattica svolto da Ezio Roletto è testimoniato dall'ampio numero di pubblicazioni che portano la sua firma e sono comparse su riviste italiane ed internazionali. Il suo ultimo lavoro è un capitolo di libro sul concetto di elemento, che uscirà a fine anno per i tipi della Oxford University Press [1]. Ai lavori su rivista, si aggiungono quattro volumi a sua firma [2] e molte sequenze di apprendimento di contenuti scientifici, progettate e sperimentate insieme ad insegnanti dei vari livelli scolari, alcune delle quali sono oggi disponibili sul sito WEB del gruppo SENDS [3], nato dall'evoluzione dell'originale Gruppo di Didattica della Chimica dell'Università di Torino.

Negli anni, Ezio ha svolto una intensa attività di formatore, dentro e fuori l'università [4], in collaborazione con vari enti di formazione degli insegnanti di scienze. Dal 1999 al 2009 è stato docente presso la scuola di specializzazione per insegnanti della scuola secondaria (SISS) dell'Università di Torino per diverse classi di concorso; ha inoltre partecipato a numerose iniziative di formazione (iniziale e in itinere) degli insegnanti di scienze,

in Italia e all'estero, in collaborazione con IRRE Piemonte, IPRASE del Trentino, SILSIS Lombardia, Istituto Svizzero di Pedagogia per la Formazione Professionale di Lugano (Svizzera), Alta Scuola Pedagogica del Canton Ticino di Locarno (Svizzera), ANISN (Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali), AIF (Associazione Insegnanti di Fisica), CIDI di Firenze, Progetto Lauree Scientifiche di varie sedi universitarie italiane.

È stato un membro attivo delle Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana: ha partecipato a numerosi congressi divisionali e, nel 2010, è stato tra i relatori della seconda edizione della Scuola Estiva di Ricerca Educativa e Didattica Chimica "Ulderico Segre" a Ferrara. Negli anni successivi, il gruppo SENDS ha concorso a numerose altre edizioni della scuola "U. Segre" e si è fatto carico, nel 2017, della organizzazione dell'edizione torinese della medesima.

Ezio è anche stato membro del Consiglio Direttivo dell'IRRSAE Piemonte e del Consiglio Direttivo del CIRDA (Centro Interservizi per la Ricerca Didattica e l'Aggiornamento) dell'Università di Torino.

L'attività di ricerca didattica di Ezio Roletto si è focalizzata sulle concezioni alternative degli allievi, le concezioni epistemologiche degli insegnanti di scienze, la didattica applicata alla progettazione e sperimentazione di sequenze di apprendimento di contenuti scientifici per la scuola dell'infanzia e la scuola primaria, e di contenuti pertinenti la chimica per la scuola secondaria di primo e secondo grado. Un tema costantemente presente nella riflessione didattica di Ezio è il rapporto intercorrente tra realtà e modelli scientifici, come elemento fondante dell'interpretazione scientifica della realtà materiale. Egli si è inoltre interessato della struttura logica della chimica e delle sue implicazioni, con particolare attenzione alla progettazione di percorsi di apprendimento verticali e alle propedeuticità concettuali cui è soggetto l'insegnamento della chimica.

Molte delle sue pubblicazioni relative alla didattica delle discipline scientifiche e, in particolare, della chimica (un buon numero delle quali sono comparse su questa rivista e sono rintracciabili nei suoi archivi) sono ancora attuali. Esse ci consegnano un modello didattico di apprendimento i cui fondamenti epistemologici, psicologici e didattici aiutano ad affrontare la complessità dell'apprendere.

Negli anni, il Gruppo di Didattica della Chimica dell'Università di Torino fondato da Ezio ha cambiato più volte il proprio nome seguendo l'evoluzione dei propri orientamenti di ricerca e delle idee sulla Didattica delle Scienze. Dal 2009 si chiama SENDS (Storia ed Epistemologia per una Nuova Didattica delle Scienze) e si propone di costituire una rete sempre più ampia di insegnanti che lavorino insieme a migliorare la propria professionalità e a sviluppare proposte didattiche al fine di innovare l'insegnamento e

favorire l'apprendimento delle scienze sperimentali e, in particolare, della chimica.

La generosità di Ezio, il suo rigore e la cura con cui ci ha coinvolto nella sua ricerca ci hanno fatto sentire la sua stima e il suo affetto. Se n'è andato senza lasciarci, continuiamo il suo lavoro.

[1] Ghibaudi E., Regis A., Roletto E., "The dual conception of the chemical element: epistemic aspects and implications for chemical education". In "What is a chemical element? A collection of essays by chemists, philosophers, historians and educators", curato da Eric Scerri & Elena Ghibaudi. New York: Oxford University Press, in uscita nel 2019.

[2] Castino M., Roletto E., *Statistica Applicata*, Piccin, 1991; Roletto E., Bellini C., *Infochimica: dalla carta al Web*, Levrotto e Bella, 2000; Roletto E., *La scuola dell'apprendimento*. Erickson, 2005 (liberamente scaricabile nell'edizione SENDS dal sito [www.sends.unito.it](http://www.sends.unito.it)); Roletto E., *Produzione ed evoluzione dei saperi scientifici*, Aracne Editrice, 2009.

[3] Sito WEB del gruppo SENDS: [www.sends.unito.it](http://www.sends.unito.it)

[4] Ezio Roletto è stato relatore di svariate tesi nell'ambito della SISS e ispiratore e supervisore della prima tesi di dottorato in didattica della chimica conseguita in una università italiana: Ghirardi M., "Teaching and Learning of the Concept of Chemical Equilibrium", Univ. Camerino, XXV ciclo, 2015.

## Oltre la differenziata: il riciclo dei rifiuti come miniere antropiche

Fabio Olmi

fabio.olmi@gmail.com

Un confronto internazionale sul trattamento dei rifiuti<sup>1</sup> rileva che il nostro Paese orienta il trattamento dei rifiuti in tre direzioni: 51% alla differenziata, il 22% agli inceneritori e termovalorizzatori, 28% alle discariche. Al confronto con altri Paesi come la Germania, che porta al riciclo il 66% di rifiuti, l'Italia si pone al secondo posto in Europa, ma c'è ancora molto cammino da fare. Se andiamo a confrontare l'apporto della termovalorizzazione la Germania è al 31% ma ha ridotto all'1% l'uso delle discariche. (Figura 1). I bassi valori dell'uso delle discariche caratterizzano anche diversi Paesi del nord Europa (es. Svezia e Danimarca).

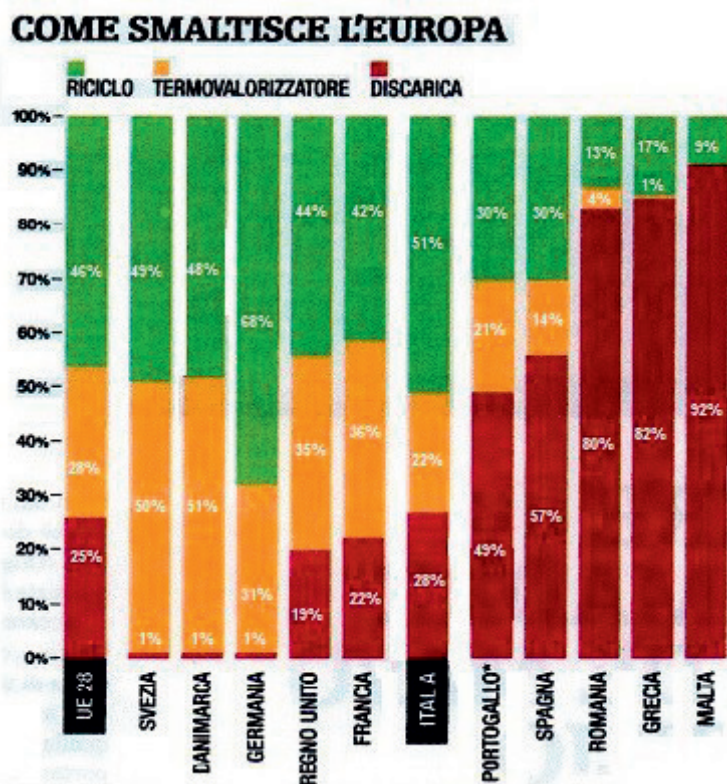


Figura 1 - Come smaltisce l'Europa (fonte Eurostat, Settembre 2018)

1. Eurostat, Settembre 2018

Vediamo allora la nostra situazione un po' più in dettaglio e quali sarebbero gli interventi da fare per migliorare e ottimizzare il trattamento e riciclo dei rifiuti.

Con il termine differenziata, com'è noto, si intende la macroripartizione dei rifiuti solidi urbani (RSU) in carta e cartone, contenitori di plastica e metalli, vetro, organico e residuo indifferenziato. Questo tipo di raccolta differenziata "per cassonetti", o per contenitori unifamiliari laddove è stato organizzato il "porta a porta", *non riguarda altri tipi di rifiuti che vanno conferiti in appositi centri (isole ecologiche) come, ad esempio, gli ingombranti (di varia natura), il legno, i metalli in grosso taglio e i rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, i cosiddetti RAEE*. Per quanto riguarda la differenziata, le esperienze ormai largamente diffuse nel nostro Paese mostrano che, per passare dagli attuali valori medi di circa il 50% a raggiungere valori del 70-80%, si deve attuare la raccolta "porta a porta" e si è visto che, se pure rimane più agevole organizzarla nei piccoli centri, si sono ottenuti buoni risultati anche in città medio-grandi: il problema è dunque soprattutto della sensibilità delle varie amministrazioni comunali<sup>2</sup>. Esaminiamo un po' più in dettaglio il trattamento dei RSU prendendo a spunto il recente libro di Rossano Ercolini precedentemente citato. Lui è il fondatore del progetto "Rifiuti zero" (limite suggestivo ma non scientificamente raggiungibile) che ha coinvolto nella sua filosofia 276 comuni italiani con una popolazione di oltre 6 milioni di abitanti (il 10% della popolazione italiana). Nel libro si affronta il problema della circolarità dei rifiuti molto in dettaglio centrando l'attenzione su 10 passi necessari al conseguimento dell'obiettivo. È interessante esaminarne alcuni.

Il primo passo affronta l'importanza di una accurata ripartizione nella raccolta differenziata: per non mescolare rifiuti che poi come tali non potrebbero essere riciclati andando così nella frazione indifferenziata. Si sottolinea l'esigenza primaria che ci sia una campagna di informazione che, per un efficace riciclo, chiarisca *cosa deve essere ripartito correttamente e perché è necessario farlo*. Si suggerisce inoltre l'adozione di un unico colore a livello nazionale per i cassonetti di un certo tipo e una indicazione sul prodotto da parte del costruttore per dove buttarlo.

Il secondo passo indica l'esigenza di *realizzare una raccolta porta a porta integrata con isole o stazioni ecologiche*. Questo tipo di raccolta è stata attuata con successo in molti centri di piccole-medie dimensioni ma presenta difficoltà ad essere estesa ai grandi centri. Essa rappresenta lo strumento più efficace per portare la differenziata a livelli del 65-75% e ridurre i

---

2. Rossano Ercolini- Rifiuti zero, Baldini e Castoldi, 2019



rifiuti di un 10-20% rispetto alla gestione dei cassonetti; si riportano vari esempi in cui è stata realizzata ma si sottolinea l'esigenza che essa debba essere accompagnata da una *buona comunicazione ai cittadini* (altra difficoltà che si incontra nei grandi centri).

Il terzo passo è rappresentato dal compostaggio: Ercolini sostiene l'esigenza che la frazione organica dei rifiuti venga gestita autonomamente, a livello familiare, producendo compost. Ora se è possibile attuare il compostaggio avendo un orto o un giardino, si comprende che questo diventa molto problematico o addirittura impossibile in una città. D'altra parte non si vede come non si possa risolvere il problema in una città senza inviare in discarica prodotti putrescibili (con produzione di metano) realizzando appositi impianti industriali di compostaggio.

Il quarto passo è costituito dal *riciclo che costituisce l'elemento essenziale per ridurre il prelievo di materie prime a monte*. Ha **importanza determinante la purezza dei materiali differenziati**: maggiore risulta tale purezza e migliore sarà la qualità dei materiali destinati al reimpiego. Per Paesi come il nostro con una grande industria manifatturiera ma privi di gran parte delle materie prime necessarie, **un efficace e sempre più esteso riciclo è un passo obbligato non solo per rispondere a requisiti di sostenibilità ambientale, ma soprattutto per abbattere i costi di produzione delle materie prime e semplificare la fabbricazione dei vari beni attingendo alle materie seconde estratte dal cassonetto**.

Per comprendere come un accurato riciclo dei vari materiali possa incidere molto sull'economia italiana e sulla occupazione partiamo dai dati dei nostri fabbisogni di risorse e dalla dipendenza che abbiamo dall'estero. L'Italia importa gran parte dei metalli e dei combustibili necessari al proprio "metabolismo socioeconomico"<sup>3</sup>. In particolare la percentuale delle importazioni secondo il tipo di materiale riguarda il 53% i combustibili fossili (in ordine petrolio, gas naturale e carbone), il 14% i minerali metalliferi (soprattutto ferro), l'11% le biomasse, il 5% i minerali non metalliferi, ecc.

Per tentare di delineare un quadro più preciso del riciclo nelle diverse filiere di prodotti presenti nei nostri rifiuti cerchiamo di dare risposta alle domande che seguono. Trascurando qui le esigenze energetiche del Paese, la nostra industria manifatturiera (seconda in Europa dopo quella tedesca) impiega principalmente i seguenti metalli: ferro, alluminio, rame e piombo. Qual è il fabbisogno in Italia di ciascuno di essi? Qual è l'entità che si ricava dal riciclo? Quanto dalla produzione da minerali? Quanto si dipende dalle importazioni?

Per quanto riguarda il ferro (elemento chimico per la produzione dell'ac

---

3 AA.VV. Sustainable development in the European Union, monitoring report of the EU sustainable development strategy, Louxemburg, 2011

ciaio) nel 2017 ne abbiamo prodotto 24 milioni di tonnellate e siamo i secondi produttori in Europa. *In Italia fare acciaio significa soprattutto riciclare*: il mercato dei rottami nazionale è infatti strategico e fornisce oltre il 70% della produzione; dalle sole auto rottamate è stato ricavato nel 2016 oltre un milione di tonnellate di ferro riciclato. L'acciaio da minerale proviene essenzialmente dall'ILVA di Taranto che sta portando a norma antinquinamento gli impianti (copertura dei depositi di carbone e minerali e abbattimento inquinanti della cocheria e degli altiforni: il raggiungimento dell'obiettivo è previsto per il 2021)<sup>4</sup>. La ripartenza degli impianti di Piombino dovrebbe basarsi sull'attivazione di forni elettrici con eliminazione del vecchio altoforno.

Per quanto riguarda l'alluminio la sua importanza deriva dagli innumerevoli impieghi finali in molteplici industrie manifatturiere (mezzi di trasporto 35%, edilizia 17%, imballaggio 9%, meccanica 7%, ecc.)<sup>5</sup>. L'impiego dell'alluminio in Italia in tutte le forme (laminati, estrusi, fili, ecc.) è stato di 2.100.000 tonnellate nel 2017 in parte proveniente da metallo primario e in parte da un consistente riciclo. Con l'acquisizione del'Alcoa di Portovesme da parte della Sider Alloys (Svizzera), unico impianto italiano di produzione di alluminio primario, si è avviato il rilancio della produzione che, a regime, si stima toccherà le 147.000 tonnellate<sup>6</sup>. La produzione di metallo da riciclo attinge anche dall'estero in notevole misura (nel 2016 il 56% dall'importazione e 44% dal mercato nazionale) per la limitata produzione interna. Comunque la produzione italiana di alluminio secondario raggiunge le 955.000 tonnellate (2017), pari al 45% del fabbisogno. Il riciclaggio dell'alluminio permette un risparmio di circa il 95% dell'energia che viene richiesta per produrlo partendo dalla materia prima (bauxite di importazione) e non solo perché elimina un processo di estrazione dal minerale assai complesso e costoso. Nel nostro Paese sono 12 le fonderie che trattano l'alluminio riciclato e la raccolta del metallo (lattine) viene fatta anche attraverso la differenziata degli RSU.

Il rame costituisce un altro metallo di grande importanza industriale: esso viene utilizzato per produrre principalmente fili e cavi elettrici, tubature per trasporto dell'acqua, di gas e combustibili liquidi, lastre per l'edilizia. Il consumo di semilavorati<sup>7</sup> in rame nel nostro Paese (2017) è di 550.000 tonnellate, a questa va aggiunta la quota dell'ottone (rame in lega con lo zinco) che è di 370.000 tonnellate. La produzione invece di semilavorati in

4 Luigi Palumbo- Dai rottami all'acciaio, scenari futuri dall'alba della "guerra dei dazi", Riciclanews, 6 Aprile 2018.

5 CentroAl - Rapporto 2013.

6 Orazio Zoccolan – Cresce l'uso dell'alluminio in Italia nel 2017, Centro Al, 2018

7 I semilavorati sono essenzialmente costituiti da: fili e corde, barre e profilati, lastre, nastri e tubi.

rame è di 534.000 tonnellate, quella dei semilavorati in ottone è di 581.000 tonnellate. Il rame ha un processo di estrazione dai suoi principali minerali assai complesso (necessita anche di raffinazione finale) ed è fortemente energivoro per cui il riciclo è particolarmente vantaggioso (risparmio dell'85% di energia). Il nostro Paese, che non possiede consistenti miniere di minerali di rame, lo deve importare per produrre rame primario. Il riciclo in Italia soddisfaceva il 40,5% del consumo (2009) e era assai più alta della media mondiale (circa il 34%) ed è costantemente aumentata (nel 2012 era del 44%).

Il piombo ha anch'esso un largo impiego nell'industria: si usa per lastre, per recipienti per l'industria chimica, per il confezionamento di vernici, smalti, adesivi, per la fabbricazione di proiettili per armi da fuoco, per la fabbricazione di vetri, per recipienti schermanti destinati a contenere sostanze radioattive e soprattutto per la fabbricazione di piastre per accumulatori elettrici. La produzione mondiale di piombo da miniera è andata costantemente aumentando nel tempo e oggi i principali produttori sono Cina, Australia e Messico. Per la produzione di piombo da fonderia, ottenuto dal riciclaggio dei rottami di piombo, la principale produttrice è sempre la Cina, seguita da Stati Uniti e Germania. Per quanto riguarda l'Italia, la produzione di piombo da miniera è molto modesta (circa 1000 t/annue) mentre notevole è la produzione di piombo da fonderia con 190.000 t. annue, oltre il 50% dell'intero nostro fabbisogno.

Un Paese con scarse risorse come il nostro dovrebbe anche attrezzarsi per recuperare i metalli preziosi e elementi rari attraverso il riciclo dei rifiuti hi-tech: oggi siamo ancora parecchio indietro. Questi rifiuti non fanno parte della normale raccolta differenziata di competenza dei comuni presente ormai in tutti i nostri centri grandi e piccoli. Esistono i Centri di raccolta dei Residui Elettrici ed Elettronici (RAEE) e varie ditte private che trattano il recupero e il trattamento di questi rifiuti ricavando materie prime seconde: alluminio, rame e, da computer e telefoni cellulari, anche oro, argento e terre rare<sup>8</sup> (Figura 2). Un esempio importante per l'Italia è costituito dal consorzio Remedia che nel 2017 ha gestito 92.000 tonnellate di residui elettronici (+39,6% rispetto al 2016)<sup>9</sup>. Tuttavia ***l'Italia riesce a coprire il recupero solo di una parte modesta del totale dei rifiuti di questo tipo.*** Vediamo perché.

---

<sup>8</sup> In particolare, secondo uno studio condotto dal consorzio Remedia in collaborazione col Politecnico di Milano, un cellulare, in media, contiene 9 grammi di rame, 11 grammi di ferro, 65 grammi di plastica, 250 mg di argento, 24 mg di oro, 9 mg di palladio, 1 grammo di terre rare (Praesodimio, Neodimio, Cerio, Lantanio) e altri elementi in piccolissima quantità come cadmio e cobalto. La batteria ad ioni litio, poi, per la sua alimentazione contiene 3,5 g. di cobalto 1 g di terre rare. Il 96% dei materiali che lo compongono possono essere recuperati.

<sup>9</sup> Consorzio REMEDIA, Gestione e Riciclo RAEE, Pile e Accumulatori.



**Figura 2** - Un comune smartphone

Partiamo dai dati quantitativi noti sulla produzione di rifiuti hi-tech. Nel 2017 sono state prodotte in Italia circa 600.000 tonnellate di rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE)<sup>10</sup> e sono state riciclate solo 280.000 tonnellate, cioè circa il 47%: uno grande spreco di materia particolarmente preziosa! I rifiuti raccolti di tipo elettrico ed elettronico sono stati, alla stessa data, delle seguenti tipologie: lavatrici, lavastoviglie, forni 33%; frigoriferi e condizionatori 27%; televisori e schermi a tubo catodico 21%; telefonini, computer e giochi elettronici 19%; lampadine e lampade fluorescenti 1%.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Dario D'Elia- Rifiuti hi-tech: 600.000 tonnellate sprecate, Tom's Hardware, 11 Settembre 2017

<sup>11</sup> Il rapporto "Global E-waste Monitor 2017" stima che a livello mondiale nel 2021 saremo sommersi da 52,2 milioni di tonnellate di rifiuti hi-tech: nel 2017 si sono raggiunti 44,7 milioni di tonnellate. Degli e-waste buttati nel 2017 solo il 20% è stato raccolto e riutilizzato

**Tabella 1.** A livello mondiale da dove provengono i rifiuti hi-tech e dove vanno a finire?

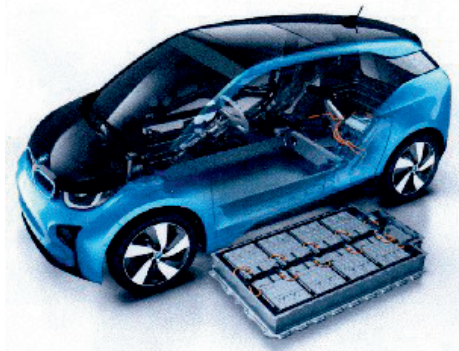
I maggiori produttori di questi rifiuti sono Australia e Nuova Zelanda (17,5 Kg pro capite/anno), seguono Europa, compresa la Russia, con 16,6 Kg pro capite/anno, l'America nel suo complesso si attesta a 11,6 Kg a testa. In coda seguono l'Asia con 4,2 Kg a testa e l'Africa con 1,9 Kg a testa. Una curiosità, il report sopra ricordato afferma che un milione di tonnellate di rifiuti elettronici è composta da vecchi alimentatori di telefonini. L'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU) sta lavorando ad un nuovo standard che renda lo stesso generatore adatto a più prodotti con un duplice effetto: da un lato aumentare la longevità dell'oggetto e dall'altro ridurre la montagna di rifiuti elettronici.

Dove vanno poi a finire in gran parte i rifiuti hi-tech? Nelle discariche di vari paesi come Ghana, Nigeria, Costa D'avorio e Cina, Hong Kong, Pakistan, India e Tailandia. Un interessante recente articolo<sup>12</sup> riferisce di un'indagine condotta da Greenpeace e Basel Action Network (BAN) nel 2017 in cui sono stati seguiti col Gps computer e stampanti da 10 paesi europei fino in Africa e Asia. Due esempi: schermo Lcd abbandonato in via dei Mandorli a Cesano Boscone (Mi) tracciato il 22 Febbraio 2018 ad Accra, capitale di Ghana e il 27 Aprile risultava a Kumasi, a 250 chilometri di distanza; computer desktop dal deposito Ecocentro di Pianiga (Venezia) tracciato il 10 Maggio 2017, il 14 Luglio è stato tracciato alla periferia di Lagos, in Nigeria. L'indagine ha interessato 314 apparecchi elettronici scartati in 10 paesi europei, rifiuti gettati in discariche regolari oppure abbandonati per strada. Si stima che la spazzatura tecnologica che fluisce dall'Europa verso i paesi in via di sviluppo ammonti ad almeno a 350.000 tonnellate all'anno.

Giuseppe Ungherese, responsabile della Campagna Inquinamento di Greenpeace Italia, afferma che **è grave che nel nostro Paese questi apparecchi sfuggano alla filiera del riciclaggio legale**; spesso questi rifiuti vengono bruciati per ricavarne rame e alluminio liberando nell'ambiente sostanze estremamente tossiche. Per avere un'idea dell'importanza del riciclo di questi rifiuti soffermiamoci su quello che oggi rappresentano le terre rare. L'aggettivo "rare" riferito alle terre alle quali appartengono questa serie di elementi è un termine improprio e questi elementi (lantanio + lantanidi) sono quasi sempre accompagnati nei giacimenti da altri due: lo scandio (Sc) e l'ittrio (Y). Almeno sedici di questi diciassette elementi che comprendono le terre rare non sono così rare come suggerisce il nome; ad esempio il cerio (Ce), il più abbondante dei lantanidi, è più comune nella crosta terrestre del rame e il neodimio, il lantanio, l'ittrio sono più abbondanti del comune piombo. Quello che è basso nei lantanidi è la concentrazione nei loro depositi e ciò rende l'estrazione molto complessa e costosa

12. Elena Dusi - I viaggi dei rifiuti hi-tech verso le pattumiere globali, La Repubblica, 7/2/2019

poiché sono anche, molto simili tra loro e presenti in miscela per cui risultano di difficile separazione. Dal 1990 la Cina è diventata il più grande produttore al mondo di elementi delle terre rare e nel 2017 ha prodotto 105.000 tonnellate di terre rare pari all'81% della produzione mondiale: "il monopolio permette a Pechino di utilizzare le terre rare come strumento geopolitico per far leva sui cambiamenti comportamentali nei paesi con cui ha controversie politiche ed economiche, come pure di aumentare le sue capacità militari"<sup>13</sup>. **Poche persone sono consapevoli dell'enorme importanza che le terre rare hanno sulla vita quotidiana:** un qualunque componente con un certo contenuto tecnologico ha tra i suoi costituenti una certa percentuale di terre rare, dallo 0,1 al 5% in peso. Nei magneti permanenti poi è presente fino al 25% di neodimio (fino a 260 Kg di peso). L'utilizzo delle terre rare è ormai presente nelle industrie dell'aerospazio e della difesa, delle centrali nucleari, nei superconduttori per alte temperature, nei computer e nei telefoni cellulari, in alcuni acciai speciali. La concentrazione più elevata si riscontra nelle nostre auto moderne: i molti motori elettrici di un'auto usano magneti permanenti al neodimio-ferro-boro, il convertitore catalitico che riduce gli ossidi di azoto delle emissioni a azoto e ossida il monossido di carbonio ad anidride carbonica utilizza ossidi di cerio, le batterie ricaricabili di molte auto elettriche o ibride sono costituite da idruro di nichel-lantano<sup>14</sup> (Figura 3).



**Figura 3** - Una macchina elettrica con le relative batterie

<sup>13</sup> Angelo Richiello – Questi 17 elementi rari decideranno chi sarà il padrone del mondo, *L'Espresso*, 21/3/2018

<sup>14</sup> Esistono vari tipi di batterie per le auto elettriche e ibride: sono superate quelle agli ioni nichel, Li-ion, (LiNH) e al loro posto sono attualmente sempre più diffuse quelle nichel-lantano ma stanno iniziando la loro utilizzazione le batterie allo stato solido (senza elettrolita liquido) utilizzate dalla Telsa ma, nei prossimi anni, le adotteranno anche Volkswagen, Toyota e BMV (promettono una durata almeno doppia di quelle dell'attuale tecnologia che va dai 5 agli 8 anni): Sono stati messi a punto anche i relativi cicli di recupero.

Si può concludere che il nostro Paese è un buon riciclatore di materia anche se è necessario cercare di migliorare ancora alcuni risultati e in particolare è necessario **aumentare il riciclaggio dei residui hi-tech**. Va sottolineato che le varie filiere del riciclaggio dei rifiuti alimentano una notevole richiesta di manodopera e il loro incremento favorirebbe ulteriore occupazione. Non solo, ma poiché il riciclo dei vari materiali passa attraverso procedimenti anche complessi di natura chimica, questo rappresenta anche una importante componente occupazionale soprattutto per tecnici e laureati in chimica.

Un'ultima considerazione: poiché siamo convinti che sia necessario aumentare la sensibilità per la salvaguardia del nostro pianeta e conseguentemente di favorire al massimo la separazione e il recupero dei nostri rifiuti ci sembra necessario che partendo dalla scuola si promuovano iniziative finalizzate a questi scopi. A questo proposito vorrei ricordare che il blog della Società Chimica Italiana si caratterizza in modo del tutto condivisibile e estremamente puntuale in fatto di missing della Chimica Italiana. *“La Chimica e la Società -Nell’Antropocene, l’epoca geologica attuale fortemente caratterizzata dalle attività dell’uo-mo, la Chimica ha il compito di custodire il pianeta e aiutare a ridurre le diseguaglianze mediante l’uso delle energie rinnovabili e dell’economia circolare”*.

Mi sembra pertanto evidente che **sia compito di noi chimici stimolare a tutti i livelli e nei campi diversi della nostra attività, prima di tutto nell’insegnamento, dall’Università alla scuola secondaria, la sensibilità verso l’economia circolare e la conseguente conservazione della materia che viene messa in circolo con i moltissimi prodotti di uso quotidiano**. Direi di più, mi sembrerebbe molto importante che la Divisione Didattica della SCI, a cui appartengo dalla sua nascita essendo uno dei soci fondatori (1977), realizzasse sistematicamente opportune iniziative rivolte alle scuole nel senso suddetto attraverso i suoi soci insegnanti.





# **Ragionamenti fondamentali nel calcolo stechiometrico: superare le difficoltà con la densità**

**Liberato Cardellini**

Università Politecnica delle Marche, Ancona.

[l.cardellini@univpm.it](mailto:l.cardellini@univpm.it)

## **Riassunto**

*La capacità di risolvere problemi nelle materie scientifiche è una componente essenziale della formazione degli studenti. La risoluzione di problemi complessi costituisce una difficoltà reale per molti studenti. Questo studio che si estende per decenni e coinvolge studenti provenienti da scuole superiori diverse è stato svolto con lo scopo di trovare strategie utili ad aumentare le abilità degli studenti nei problemi chimici che tra i dati utilizzano la densità. Utilizzando al meglio i risultati di vari studi, sono state suggerite e implementate varie strategie. Un miglioramento consistente dei risultati nei compiti scritti di esame si è avuto con l'utilizzo del metodo dei 'worked examples': un metodo sviluppato nell'ambito della teoria del carico cognitivo. Un 'worked example' fornisce agli studenti informazioni utili su un problema risolto; non solo mostra la sequenza di passaggi, ma li commenta, li illustra e li spiega motivandoli e argomentandoli.*

## **Abstract**

*The ability to solve problems in science subjects is an essential component of student's education. Solving complex problems is a real difficulty for many students. This study, which extends for decades and involves students from different high schools, has been developed with the aim of finding strategies to increase students' skills in the chemical problems where density is one of the data in the text. Using the results of various studies to the full, various strategies have been suggested and implemented. A consistent improvement of the results in the written examination tasks was obtained with the use of the 'worked examples' method. This method has been developed within the Cognitive Load Theory. A 'worked example' provides students with useful information on a solved problem: not only it shows the sequence of steps, but it comments them, illustrates, and explains them by motivating, and arguing them.*

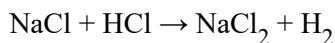
## Introduzione

Quasi tutti i dirigenti scolastici considerano la scuola che dirigono come una struttura ad un elevato livello di eccellenza, magari con il supporto di dati più o meno oggettivi. I genitori scelgono le scuole anche con l'aiuto delle informazioni dei manifesti che in gennaio magnificano le qualità delle scuole, e qualche anno dopo, confortati dai buoni risultati scolastici, sono disposti ad affrontare anche rilevanti sacrifici economici, pur di far frequentare l'università ai loro figli. Fin qui la società nel suo complesso, potrebbe considerarsi fortunata del sistema scolastico che finanzia. Ma come appare il quadro se consideriamo le competenze che gli studenti hanno acquisito nei 13 anni di studio che precedono l'università? Per la maggior parte degli studenti che arrivano ai miei corsi si può applicare ciò che è stato notato all'università della Georgia (UGA), "at UGA, students coenrolled in general chemistry and a precalculus course have dismal success rates. Students may arrive at college with the appropriate high school courses, but apparently without sufficient skills in those areas. These issues must be addressed concomitantly with trying to advance the students' chemistry knowledge and skills." (Pienta, 2017, p. 265)

Gli studenti che arrivano ai miei corsi hanno una preparazione molto variegata, in generale insoddisfacente, variabile negli anni, anche in relazione al corso in cui insegno. Un numero elevato di essi, diciamo il 70% spesso 'inventa' una conoscenza di chimica inesistente. Ad esempio, in un semplice esercizio sulle concentrazioni:

*A 30,00 mL di NaCl  $1,00 \times 10^{-1}$  M vengono aggiunti 20,00 mL di HCl  $1,00 \times 10^{-1}$  M. Calcolare la concentrazione degli ioni in soluzione e fare la verifica.*

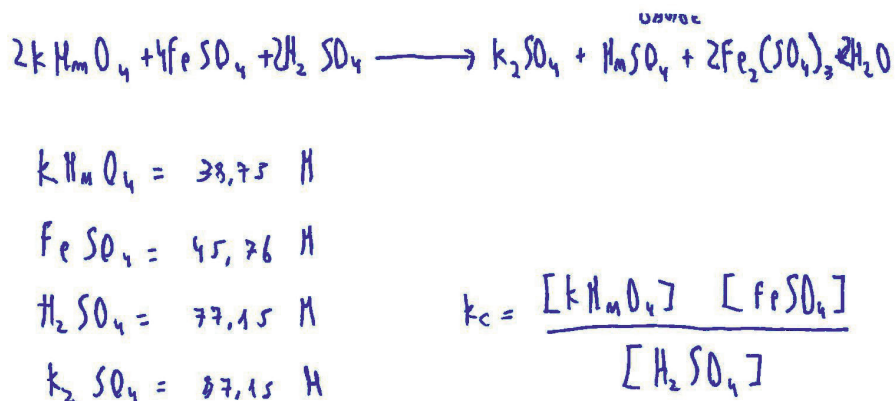
Uno studente, chiamato alla lavagna a risolvere il problema e a commentare la soluzione, ha iniziato scrivendo la reazione:



Più volte negli anni, all'inizio del corso ho chiesto di risolvere il problema: *10,00 g di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  reagiscono con 10,00 g di HCl. Uno dei due reagenti viene completamente consumato. Calcolare i grammi ottenuti di ogni prodotto e trovare un metodo per verificare il risultato.*

In aggiunta, veniva fornita l'equazione bilanciata. (Cardellini, 2014) Un semplice calcolo stechiometrico che dovrebbe essere alla portata di tutti gli studenti che hanno frequentato un corso di chimica alle superiori. Ma le evi-

denze dicono che per molti studenti all'inizio del corso questo è un problema difficile da risolvere. Tra le varie soluzioni, se ne trovano alcune singolari. Siccome il coefficiente davanti ad HCl è 2, i grammi di HCl a volte diventavano 20,00 e la verifica veniva fatta contro 30,00 g di reagenti. Altre soluzioni facevano la verifica considerando 20,00 g di reagenti: alle volte sommando i grammi dei prodotti ottenuti la soluzione trovata non risultava verificata, perché la somma delle masse ottenute era minore di 20,00 g. Inoltre, alcuni studenti riportavano che la somma delle masse dei prodotti ottenuti era pari alla somma dei pesi molecolari, 178,9 grammi. Qui c'è un problema cognitivo: alcuni studenti non distinguono la rappresentazione del problema, o modello figurativo generale con la situazione particolare data dal problema in esame, o modello figurativo specifico. (Niaz, 1989) Una soluzione unica nel suo genere tra le molte migliaia di compiti d'esame è la seguente:



**Figura 1.** La soluzione dello studente 'Davide'.

Questo abbozzo di soluzione era riferito al problema: *Dalla reazione:*

$\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$  si ottengono 13,16 g di  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  [399,91]. Calcolare i grammi di  $\text{KMnO}_4$  [158,04], di  $\text{FeSO}_4$  [151,9] e di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [98,09] che hanno reagito.

Forse sarebbe interessante conoscere il ragionamento fatto per determinare le varie molarità. Cosa si può dire della soluzione di Davide? Innanzi tutto, che la preparazione per l'esame è lontana dall'essere accettabile. Lo studente ignora il ragionamento stechiometrico: il fatto che il problema sia in forma inversa rispetto a quanto di solito si trova nei libri di

stechiometria ha probabilmente reso il ragionamento necessario ancora più complesso. Ma lo studente ignora anche come bilanciare in modo corretto una reazione. Questo tipo di errore composito permette alcune considerazioni generali.

Certamente per Davide questo è un problema complesso e questo fatto ha sovraccaricato la sua memoria di lavoro e ha contribuito a rendere impossibile pensare ad un processo risolutivo composto da una successione di step ragionevoli. Nel definire la soluzione di problemi complessi, Joachim Funke introduce la caratteristica della 'Complexity of the situation': "This feature concerns the number of identification and regulation processes involved. A complex problem-solving situation is not only characterized by a large number of variables that have to be considered, but also by their complex connectivity pattern, by the possibilities to control the system, and by the dynamic aspects of the system. The growing complexity of situational demands may conflict with the limited capacity of the problem solver." (Funke, 1991, pp. 186-187)

La soluzione del calcolo stechiometrico per Davide è un problema reale e non un altro esercizio; infatti il problema è stato definito come: "A problem arises when a living organism has a goal but does not know how this goal is to be reached. Whenever one cannot go from the given situation to the desired situation simply by action, then there has to be recourse to thinking. (By action we here understand the performance of obvious operations.)" (Dunker, 1945, p. 1) Il ragionamento viene facilitato da una corretta rappresentazione mentale del problema e dalla possibilità di ricondurlo a categorie e sequenze di passaggi noti. Come è stato riportato, "the representation is constructed in the context of the knowledge available for a particular type of problem. The knowledge useful for a particular problem is indexed when a given physics problem is categorized as a specific type. Thus, expert-novice differences may be related to poorly formed, qualitatively different, or nonexistent categories in the novice representation." (Chi, Feltovich, Glaser, 1981, p. 122) La mancanza di familiarità con le strategie usate per risolvere il problema ne impedisce la sua categorizzazione e ne consegue che "If people could not recognize recurring patterns in their experience, they could not react in a consistent way to things that it makes sense to act consistently to" (Garnham, Oakhill, 2001, p. 19)

A questo risultato pesantemente negativo possono aver contribuito anche fattori psicologici, come le emozioni. Trovarsi di fronte ad una prova troppo difficoltosa per le proprie capacità genera uno stato di insicurezza emotiva che rende tentennante il prendere delle decisioni. Tutto questo rende il processo cognitivo complesso e ci si riferisce alla cognizione complessa.

La 'Complex cognition' è stata definita come "all mental processes that are used by individuals for deriving new information out of given information, with the intention to solve problems, make decision, and plan actions. The crucial characteristic of "complex cognition" is that it takes place under complex conditions in which a multitude of cognitive processes interact with one another or with other noncognitive processes." (Knauff, Wolf, 2010, p. 100)

Ma perché alcuni studenti fanno degli errori che riguardano i diversi argomenti del programma? Non ci sono di aiuto le cinque cause generali e le forzature nel problem solving studiate da Richard Mayer:

1. Sistematicamente il problema viene distorto per essere in accordo con la conoscenza esistente;
2. Ci si focalizza sugli aspetti non appropriati del problema;
3. Si cambia la rappresentazione del problema;
4. Si applicano procedure in modo rigido e non appropriato;
5. Le convinzioni personali guidano l'approccio al problem solving. (Mayer, 1989, pp. 45-54)

Forse sono le caratteristiche del problema a causare la confusione mentale dello studente? La lunghezza della catena del ragionamento necessaria ad uno studente per risolvere il problema e il numero di steps da utilizzare, sono stati studiati da Alex Johnstone (Johnstone, El-Banna, 1986; 1989; Johnstone, Hogg, MacGuire, Raja, 1997) Neanche questo aiuta molto in quanto la grande maggioranza degli studenti ha risolto il problema con successo e nessun altro ha fatto errori concettuali di pari entità. La difficoltà del problema non dipende soltanto dalla sua natura, ma anche dalle capacità del solutore: "Status as a problem is not an innate characteristic of a question, it is a subtle interaction between the question and the individual trying to answer the question." (Bodner, 1987, p. 513)

Riguardo alla comprensione della logica sottostante a questi errori, neppure è utile il suggerimento di Ernst von Glasersfeld: "When students make what the teacher considers to be an error, the teacher should try to find out what train of thought led the student to make that statement. Very often RETRACING the steps will suffice to let the student see that a different answer is required." (Cardellini, 2006, p. 182) La differenza fondamentale tra questo studente e gli studenti che hanno risolto con successo lo stesso problema è da imputare alla inadeguatezza della struttura della conoscenza: "problem-solving difficulties of novices can be attributed mainly to inadequacies of their knowledge bases and not to limitations in either the architecture of their cognitive systems or processing capabilities (e.g., the inability to use powerful search heuristics or the inability to detect important cues in the problem statement)." (Chi, Glaser, Rees, 1982, p. 71)

Per considerare altre possibili difficoltà nel problem solving, vengono riportare alcune soluzioni sviluppate da studenti che si presentano all'esame,

alcuni dei quali lo riprovano dopo averlo fallito, anche più volte. Ci limitiamo a qualche pennellata, evitando altre soluzioni che possiamo ritenere assurde. Uno studente risolvendo il problema:

*A 450 mL di soluzione contenente acido acetico  $1,00 \times 10^{-1}$  M sono aggiunti 50,0 mL di acido cloridrico  $3,00 \times 10^{-4}$  M. Calcolare la variazione di pH.  $K_a = 1,753 \times 10^{-5}$  M; trova un pH di 18,24. Provi il lettore a mettere insieme alcuni dati riportati per arrivare allo stesso risultato. Un altro, ha risolto la prima parte del problema che segue in modo corretto (pH = 4,64):*

*A 450 mL di soluzione contenente acido acetico  $2,60 \times 10^{-1}$  M e acetato di sodio  $2,00 \times 10^{-1}$  M, sono aggiunti 50,0 mL di HCl  $1,25 \times 10^{-1}$  M. Calcolare la variazione di pH supponendo i volumi additivi.  $K_a = 1,753 \times 10^{-5}$  M..*

Dopo l'aggiunta dell'HCl trova:

$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1,25 \times 10^{-2}$  M e  $[\text{CH}_3\text{COONa}] = 1,675 \times 10^{-1}$  M e il pH = 5,88.

Evidentemente nella mente dello studente è mancata la riflessione sulla soluzione qualitativa e neppure ha provato a stimare il risultato: se si aggiunge un acido ad una soluzione ci si deve attendere una diminuzione del pH, anche scontando l'effetto della diluizione come in questo caso. Questi esempi riportati evidenziano sia la mancanza della capacità di stimare il risultato che quella del pensiero critico. Un'istruzione scolastica di successo dovrebbe insegnare che ci sono dei risultati che non possono essere accettati, particolarmente in una Facoltà di Ingegneria.

### **Perché gli studenti sbagliano: studio delle difficoltà incontrate nei problemi con la densità.**

La capacità di risolvere problemi è un'abilità importante tra ciò che rappresenta la formazione degli studenti perché costituisce un'abilità necessaria nel mondo odierno. Appresa in modo significativo questa abilità è connessa con e dimostra la conoscenza approfondita della teoria. Alcuni degli studenti che hanno risolto nel modo sbagliato sopra riportato i problemi sugli equilibri ionici, conoscevano le teorie acido-base, eppure questa conoscenza, seppur necessaria, non è sufficiente a mettere insieme in modo significativo i passaggi necessari a risolvere il problema. La soluzione corretta in generale coinvolge un ricco insieme di abilità cognitive: "enhanced practice, modeling, eliciting information, concept mapping, the construction of task-related schemata, removing misconceptions, qualitative analysis, explicit use of strategy, problem categorization, testing strategies, and assessing possible solutions." (Taconis, Ferguson-Hessler, Broekkamp, 2001, p. 461) L'analisi, la valutazione e l'abilità nella risoluzione dei problemi sono considerate ai livelli più elevati della cognizione (Krathwohl, 2002); infatti,

i processi cognitivi più elevati (ragionamento, problem solving) sono stati messi in relazione a ciò che si intende per intelligenza (Sternberg, Detterman, 1986).

Una ventina di anni orsono, nella soluzione dei problemi dello scritto all'esame sono stati riscontrati diversi errori in un calcolo stechiometrico riguardante un problema sulla densità (nel seguito, se non espressamente dichiarato, verrà fatto riferimento a questo problema):

*10,00 mL di una soluzione di  $H_2SO_4$  [98,09] al 2,485% in peso (densità 1,015 g/mL) vengono diluiti a 100,0 mL. Calcolare quanti millilitri di NaOH [40,00]  $1,000 \times 10^{-2}$  M sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione di  $H_2SO_4$  prima preparata.*

Da allora sono stati raccolti molti dati sugli errori commessi nella soluzione di questi problemi ritenuti complessi dagli studenti. Per comprendere le cause di errore, prima di spiegare l'argomento e fare esercizi commentati sulla densità è stato chiesto agli studenti di risolvere il problema in gruppi cooperativi, lavorando in modo da rivestire i ruoli di coordinatore, scettico e controllore. (Cardellini, Felder, 1999) L'analisi di un migliaio di soluzioni, quasi tutte escogitate da gruppi di tre studenti mostra i seguenti errori ricorrenti:

- Uso sbagliato della densità:  $(10,00 \text{ mL}) \times (1,015 \text{ g/mL}) = 10,15 \text{ g } H_2SO_4$

Il considerare i 10,15 g come massa di  $H_2SO_4$  invece che massa della soluzione è l'errore più comune e gli studenti proseguono calcolando le moli di acido in questo modo:

$$(10,15 \text{ g } H_2SO_4) / (98,09 \text{ g } H_2SO_4 / 1 \text{ mol } H_2SO_4) = 1,035 \times 10^{-1} \text{ mol } H_2SO_4$$

In due casi, 10,00 mL di soluzione sono stati considerati come 10,00 g, forse confondendo con la densità dell'acqua che è 1.

- Errore nel fattore stechiometrico:  $1 \text{ mol } H_2SO_4 = 1 \text{ mol NaOH}$ .

Questo errore è molto comune; una minoranza sbaglia il rapporto stechiometrico in questo modo:  $\text{mol NaOH} = \text{mol } H_2SO_4 / 2$

Come consistenza, il prossimo gruppo, meno del 20% del totale, sono gli studenti che risolvono in modo corretto il problema.

- Il terzo gruppo è costituito da studenti che non diluiscono, distortendo il problema.
- Le moli di soluto in 100 mL diventano 10 volte le moli di soluto in 10,00 mL.

- Quinto si piazza il gruppo di studenti che si blocca e non sa come procedere nel calcolo.
- Un gruppo consistente di studenti utilizza un procedimento di calcolo inconsistente. Giusto qualche esempio, per evidenziare la ‘creatività’ dei nostri studenti.

$$2,485 \text{ g H}_2\text{SO}_4 : 100 \text{ mL} = x : 20,00 \text{ mL}; x = 4,97 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

I 2,485 sono g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in 100 g di soluzione; è sbagliato considerarli in 100 mL, e proseguono:

$$(4,97 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4) / (98,09 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 5,066 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

Dei 100,0 mL ne vengono usati 20,00 mL:

$$(5,066 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4) : 5 = 1,013 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 1,013 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

Volume di NaOH necessario:

$$(1,013 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}) / (1,000 \times 10^{-2} \text{ M}) = 1,013 \times 10^{-1} \text{ L}$$

Ovvero 101,3 mL

Commento: se nella correzione si controllasse soltanto il risultato, il giudizio potrebbe essere che questi studenti avrebbero risolto il problema in modo ‘corretto’: soltanto un piccolo errore di calcolo. Ora un altro procedimento.

Calcolo della massa di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nella soluzione iniziale:

$$100 \text{ g slz} : 2,485 \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 1,015 \times 10,00 \text{ g slz} : x \text{ g H}_2\text{SO}_4; x = 2,50 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

Calcolo della massa di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> che reagisce:

$$(1,015 \text{ g/mL}) \times (20,00 \text{ mL}) = 20,3 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Moli di H}_2\text{SO}_4 = (20,3 \text{ g H}_2\text{SO}_4) / (98,09 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 2,07 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

Le moli di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> che reagiscono sono il doppio delle moli di NaOH:

$$(2,07 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{SO}_4) \times (1,000 \times 10^{-2} \text{ M}) / 2 = 1,03 \times 10^{-2} \text{ L} = 10,3 \text{ mL}$$

In questo procedimento ci sono due errori rilevanti: la densità viene considerata come un fattore di conversione riferito all’H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (invece che alla soluzione) e il rapporto stechiometrico tra i reagenti è stato nei calcoli invertito. Ora un esempio, in cui anche il volume di NaOH viene calcolato in modo ‘creativo’.



Scriviamo la reazione chimica:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  in 100,00 mL.

Se consideriamo 20,0 mL si avrà:

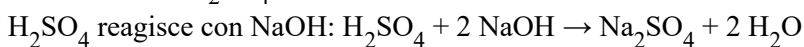
$$(10,00 \text{ mL}) / 5 = 2,00 \text{ mL H}_2\text{SO}_4$$

$$(100,00 \text{ mL} - 10,00 \text{ mL}) / 5 = 18,00 \text{ mL H}_2\text{O}$$

In questo modo il volume della soluzione (18,00 mL + 2,00 mL) è ancora 20,00 mL.

La densità di  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1,015 \text{ g/mL}$ ;  $\text{g H}_2\text{SO}_4 = (1,015 \text{ g/mL}) \times (2,00 \text{ mL}) = 2,03 \text{ g H}_2\text{SO}_4$

$$\text{Moli H}_2\text{SO}_4 = (2,03 \text{ g H}_2\text{SO}_4) / (98,09 \text{ g H}_2\text{SO}_4 / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 2,07 \times 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$



Reagente limitante: NaOH

$$1,000 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH} : 1 \text{ L} = x \text{ mol NaOH} : 20,0 \text{ mL}; x = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$2,00 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH} - 2r \geq 0; r \leq 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol rzn (moli di reazione)}$$

$$(1,00 \times 10^{-3} \text{ mol rzn}) \times (2 \text{ mol NaOH} / 1 \text{ mol rzn}) = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$1000 \text{ mL} : 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH} = x \text{ mL} : 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}; x = 20,0 \text{ mL}$$

Peccato però che l'NaOH non sia il reagente limitante e il ragionamento inconsistente.

- Sbagliano il calcolo del volume di NaOH. Solo un esempio singolare:

Dopo aver calcolato le moli di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $5,14 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ , commentano: Per far reagire completamente  $\text{H}_2\text{SO}_4$  con NaOH, serve lo stesso numero di moli.

$$5,14 \times 10^{-4} \text{ mol NaOH} : 1 \text{ mol NaOH} = x : 22,414 \text{ L NaOH}; x = 1,152 \times 10^{-1} \text{ L NaOH}$$

- Volume dopo la diluizione:  $10,00 \text{ mL} + 100,0 \text{ mL} = 110,0 \text{ mL}$
- Densità riferita a 20,00 mL oppure a 100,0 mL

In tutti i casi non sono stati considerati i (numerosi) errori di calcolo commessi nel risolvere il problema. Un esperimento ha reso ancor più evidente la difficoltà degli studenti. Con l'intervallo di circa una settimana, è stato chiesto agli stessi studenti di risolvere lo stesso problema. Gli studenti che hanno risolto il problema in modo corretto sono aumentati di poco, ma alcuni di quelli che una settimana prima erano tra i virtuosi, hanno sbagliato

la soluzione. Ciò dimostra due cose: è vero che gli studenti possono imparare dagli errori, ma per farlo devono avere dei forti motivi, inoltre, le loro abilità con questo tipo di ragionamenti sono labili.

In un altro esperimento, il problema viene fatto risolvere in aula, in gruppi cooperativi, prima di far esercitare gli studenti sull'argomento delle soluzioni e della densità. I risultati (millilitri di NaOH) nella stragrande maggioranza dei casi sono sbagliati e molto diversi tra loro. Dall'analisi delle soluzioni di un corso del 2011 risulta che il volume di NaOH calcolato varia assumendo molti valori diversi, compresi tra  $2,000 \times 10^{-3}$  mL e  $2,068 \times 10^4$  mL, ovvero 20,68 L! Le difficoltà degli studenti con il concetto della densità e del suo uso nei calcoli stechiometrici sono note in letteratura.

Stephen Hawkes dopo aver lamentato l'astrazione del concetto di densità nella testa degli studenti, degli esercizi e delle domande alla fine del capitolo dei libri di testo, che sono quasi tutti nella forma  $d = m/V$ , conclude l'articolo in questo modo: "Density is a formal concept yet only half of students are formal reasoners. They must be led to the formal relation and not be expected to see intuitively that it follows from  $d=m/V$ . The purpose of a university education is often said to be for students to learn to think. Are universities then obligated to train students in ratio reasoning and other basic thinking skills? Do we?" (Hawkes, 2004, p. 15) I dati che seguono fanno capire quanto sia necessario allenare gli studenti a questo tipo di ragionamenti.

Sono state considerate 144 soluzioni di compiti d'esame di un corso composto da molti studenti con difficoltà all'impegno ed è risultato che il 43% di esse conteneva uno o più errori. (Cardellini, 2017, pp. 37-38) Gli errori ricorrenti sono i seguenti:

- Errore nel fattore stechiometrico: 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1$  mol NaOH; oppure, mol NaOH = mol  $\text{H}_2\text{SO}_4/2$
- Volume errato dopo la diluizione: 10,00 mL + 100,0 mL = 110,0 mL
- Uso sbagliato della densità: (10,00 mL) x (1,015 g/mL) = 10,15 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Alcuni studenti sbagliano il calcolo del volume di NaOH
- Ragionamenti inconsistenti: 10,00 mL: 98,09 g  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{mol} = x$  mL : 40,00 g NaOH /mol
- (100 mL) x (1,015 g/1 mL) = 101,5 g (la densità viene riferita alla nuova soluzione ottenuta per diluizione)
- $2,57 \times 10^{-1}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 10,0 mL =  $x$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 100 mL (il numero di moli del soluto non varia con la diluizione)
- Densità riferita a 20,00 mL oppure a 100,0 mL
- Non viene considerato il volume di 20,00 mL.

Alcuni sono errori di procedimento ma diversi sono gli errori concettuali e di logica. Una situazione con qualche similitudine con quanto è avvenuto in un corso di Fisica alla Harvard University, ove gli studenti andavano abbastanza bene nei problemi convenzionali, ma molto peggio nei problemi concettuali. In seguito a questa scoperta, Eric Mazur ha sviluppato un metodo didattico denominato Peer Instruction. In che consiste questo metodo innovativo? “The basic goals of *Peer Instruction* are to exploit student interaction during lectures and focus students’ attention on underlying concepts. Instead of presenting the level of detail covered in the textbook or lecture notes, lectures consist of a number of short presentations on key points, each followed by a *ConcepTest*—short conceptual questions on the subject being discussed. The students are first given time to formulate answers and then asked to discuss their answers with each other.” (Mazur, 1997, p. 10).

Uno studio svolto sul metodo Peer Instruction mostra che “upon first implementing Peer Instruction, our students’ scores on the Force Concept Inventory and the Mechanics Baseline Test improved dramatically, and their performance on traditional quantitative problems improved as well.” (Crouch, Mazur, 2001, p. 975) In questo articolo si parla di ‘Cooperative problem-solving activities’ e del fatto che “Students need opportunities to learn not only the ideas of physics but also the strategies employed by expert problem solvers” (Crouch, Mazur, 2001, p. 973). Anche i miei studenti risolvono problemi in modo cooperativo, ma i risultati conseguiti nei problemi con la densità non sono soddisfacenti. Forse le differenze risiedono nel fatto che le strategie risolutive non vengono insegnate in modo esplicito e che la Chimica richiede delle procedure cognitive diverse dalla Fisica.

Migliorare le abilità degli studenti in questo contesto è un importante scopo dell’insegnamento: attraverso il calcolo stechiometrico gli studenti dovrebbero imparare a ragionare in modo corretto. “Thinking is not only a goal of instruction, a desired outcome that finally appears as a result of specific training, but it is a means of learning that has to be practised throughout the entire learning process. One of the most common experiences of researchers and practitioners alike is that learning is possible without intensive thinking, but if students spare thinking, simple memorisation or rote learning results in inert knowledge that can be used for little.” (Csapó, 1999, p. 40)

Quali possono essere le variabili da considerare per analizzare le difficoltà degli studenti e trovare un modo per aumentare il loro successo quando risolvono problemi del calcolo stechiometrico che riguardano le soluzioni che hanno la densità tra i dati del problema? Il bagaglio di conoscenze, le

abilità degli studenti e le loro capacità mentali hanno un peso (memoria a lungo termine e memoria di lavoro), la motivazione ad apprendere la chimica, l'autostima degli studenti e la loro familiarità con i ragionamenti logici, la conoscenza dei concetti coinvolti e la capacità di connetterli svolgono un ruolo fondamentale, oltre a fattori individuali e psicologici. L'analisi e una discussione approfondita di questi fattori è già stata riportata. (Reid, Yang, 2002)

### **Studio delle caratteristiche degli studenti**

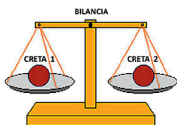
Gli studenti che arrivano all'università provengono da scuole diverse ed hanno differenti preparazioni e attitudini allo studio della chimica. La composizione dei corsi ha delle variazioni negli anni e la maggioranza degli studenti ha l'età di 19-20 anni. Ad esempio, nell'a. a. 1915-16 un corso è composto da 42 donne (D) e 64 uomini (U); l'età media è di  $19,59 \pm 1,33$  anni ( $N = 106$ , da 18 a 25 anni). Il 47% ha frequentato il Liceo Scientifico, il 17% l'ITIS, dall'Istituto Tecnico Commerciale proviene il 9% degli studenti, mentre il 7,5% si è diplomato in scuole superiori per Geometri. Un altro corso nell'a. a. 1916-17 è composto da 21 D e 43 U; l'età media è di  $19,61 \pm 1,99$  anni ( $N = 64$ , da 18 a 27 anni). Il 34,4% ha frequentato il Liceo Scientifico, l'11% l'ITIS e il 39% sono Geometri.

L'esperienza fa dire che il considerare le abilità degli studenti e delle studentesse in modo separato non trova un riscontro nei risultati accademici. Se consideriamo il tipo di scuola di provenienza degli studenti, la composizione è molto cambiata negli ultimi anni. Ora gli studenti provengono da tutti i tipi di scuole, e tra gli studenti migliori si trovano studenti che hanno frequentato scuole che in passato formavano studenti con competenze non sufficienti per poter sperare di diventare ingegneri.

Nel tentativo di trovare delle correlazioni con le possibili variabili individuali, questo studio ha considerato nel tempo diverse misure psicologiche. La misura longitudinale che si estende per decenni è stato il ragionamento operativo formale, che viene condotta usando il test GALT, Group Assessment of Logical Thinking (Roadranga, Yeany, Padilla, 1983; Bunce, Hutchinson, 1993). Il test considera sei operazioni logiche: conservazione della massa e del volume, ragionamento proporzionale, variabili di controllo, ragionamento combinatorio, ragionamento probabilistico e ragionamento correlativo (conservation, proportional reasoning, experimental variable control, probabilistic reasoning, correlational reasoning, combinatorial reasoning). Il test illustra 12 situazioni e per ciascuna c'è una domanda a cui rispondere, inoltre, si deve scegliere il motivo che giustifica la risposta, da scegliere tra quattro o cinque giustificazioni plausibili: il punteggio massimo è 24.

Come esempio del questionario, nella Figura 2 viene riportata la prima domanda che considera la conservazione della massa. Questa domanda risulta la più facile delle 12.

**1. Sfere di creta** – Tom ha due sfere di creta; esse sono della stessa forma e dimensione: quando sono poste sui piatti di una bilancia, il loro peso è lo stesso



Le sfere di creta sono rimosse dai piatti della bilancia e la sfera 2 viene schiacciata come una torta



QUALE DELLE SEGUENTI AFFERMAZIONI È VERA?

- La creta a forma di torta pesa di più.
- I due pezzi di creta pesano lo stesso.
- La sfera pesa di più.

**MOTIVO**

- Non viene aggiunta o portata via della creta.
- La sfera 2 a forma di torta ha un'area maggiore.
- La sfera, nello schiacciamento perde peso.
- A causa della sua densità, la sfera è costituita da una maggiore quantità di creta.

**Figura 2.** La prima domanda del test GALT. Agli studenti è richiesto di scegliere una delle tre affermazioni e poi di scegliere il motivo che giustifica l'affermazione scelta.

Vengono ora riportati alcuni dati delle diverse misure psicologiche accumulati negli anni.

La misura del ragionamento logico che risulta dall'uso del test GALT è ritenuta essere un valido strumento per predire le prestazioni degli studenti in chimica. (Bird, 2010) Ci si può aspettare che quanti raggiungano punteggi elevati in questo test con maggiore probabilità ottengano voti elevati all'esame di chimica. Un altro uso può essere quello di identificare gli studenti a rischio di fallimento scolastico: "the GALT test, which is quick and easy to administer within a chemistry course, can be used to identify students at risk of failure regardless of the level of chemistry taught." (Bunce, Hutchinson, 1993, p. 187). (Tabella 1)

### Il test Field Dependence / Field Independence

La dipendenza/indipendenza dal campo è stata misurata adattando il test ideato e calibrato da El-Banna (1987) e basato sul lavoro di Witkin (Witkin, 1974; Witkin, Goodenough, 1981). Viene chiesto di trovare un certo numero di figure "nascoste" dentro ad una struttura complessa fatta di linee intersecantesi, nel tempo di 20 minuti e il punteggio massimo è 20. Questo stile cognitivo misura la capacità di focalizzarsi sulle informazioni rilevanti trascurando quelle irrilevanti, ad esempio quando si legge e si cerca di comprendere il testo di un problema. "The underlying idea of Field Dependence (FD) and Field Independence (FI) is that some students, while learning, are easily affected by the 'field' against which the learning is done. They are easily distracted by irrelevant material and have difficulty in discriminating between the 'signal' and the 'noise'." (Johnstone, 2006, p. 54). Ci si può aspettare che tra gli studenti migliori del corso anche nella risoluzione di problemi, ci siano in maggioranza quelli capaci di raggiungere un punteggio

elevato in questo test. (Tabella 2)

**Tabella 1.** Risultati del test GALT. I dati 2014\* e 2015\* si riferiscono a corsi di 6 crediti. Possiamo considerare la correlazione tra i dati del questionario e il voto all'esame come il rapporto tra 302 e 469: 0,643.

Anno	N =	Media	Dev. stand.	min/max	$\geq 18$	$\geq 27$	W
1994	53	21,42	2,68	11-24	50	14	14
1996	122	22,27	2,09	11-24	119	33	33
2001	54	19,31	3,32	11-24	42	12	7
2003	11	20,27	2,2	17-24	10	10	9
2006	29	16,48	3,78	7-23	12	17	9
2006	55	19,02	3,28	5-24	38	21	16
2007	35	16,43	2,81	9-23	12	13	3
2007	88	17,67	3,37	10-24	45	30	20
2008	55	14,33	3,40	11-24	36	16	6
2009	55	20,49	2,64	10-24	50	37	25
2010	66	19,94	2,99	11-24	59	26	25
2012	76	16,76	3,11	8-22	37	8	4
2012	47	18,49	3,43	8-24	34	17	14
2013	60	15,23	3,87	7-21	19	15	5
2013	42	20,23	2,62	14-24	36	17	14
2014	81	17,10	3,34	10-23	42	23	13
2014*	69	15,56	3,78	7-22	22	38	11
2014	31	17,90	2,93	12-23	20	10	6
2015m	91	17,08	4,55	5-23	55	14	12
2015	37	17,21	3,55	7-24	20	10	4
2015*	106	16,66	4,26	4-24	48	34	21
2016	61	18,54	3,59	7-23	42	22	19
2017	103	14,39	4,02	4-24	27	32	12
Totale	1427				875	469	302
W = $\geq 18 \wedge \geq 27/30$							

**Tabella 2.** Risultati del test dipendenza/indipendenza dal campo. Correlazione tra i dati del questionario e il voto all'esame:  $155/402 = 0,385$ .

Anno	N=	Media	Dev. stand.	min/max	$\geq 15$	$\geq 27$	W
1997	72	13,97	4,20	7-20	37	20	9
1998	69	15,29	3,29	5-20	46	40	28
1999	78	13,53	3,95	5-20	33	29	8
2001	54	14,14	3,12	4-19	29	11	5
2006	29	14,24	3,79	3-20	17	17	11
2006	55	13,24	4,23	3-20	24	21	11
2007	35	13,03	4,18	3-18	17	13	5
2007	88	12,51	4,33	4-20	32	30	10
2008	55	14,33	3,40	5-19	29	16	9
2009	54	12,82	3,84	2-18	20	37	12
2012	57	13,72	3,86	5-19	29	8	3
2012	46	10,72	3,34	4-17	6	17	2
2013	52	8,85	4,24	1-18	3	15	0
2013	39	11,13	3,43	4-17	6	17	4
2014	25	11,76	3,37	5-19	4	10	1
2014	74	11,99	4,71	3-20	27	23	11
2015	36	13,33	3,62	6-19	13	10	3
2015	80	11,50	4,12	3-19	20	14	3
2016	61	12,05	4,71	3-19	21	22	7
2017	89	11,18	4,13	0-20	21	32	13
Totale	1148				434	402	155
W = $\geq 15 \wedge \geq 27/30$							

### Il test Convergent / Divergent Thinking

Un'altra dimensione studiata è lo stile cognitivo che misura la facilità con cui gli studenti possono trovare soluzioni differenti allo stesso problema. "Convergent thinking (CT) is characterized by reasoning that brings together relevant information and arrives at a firm conclusion based on this information—often through the recognition and expression of preestablished

or externally dictated criteria. It tends to be analytical and focuses on reaching a correct solution to a problem or issue.” Mentre “Divergent thinking (DT) is characterized by thought processes that radiate outward and explore new ideas that are generated from the original notion. It often entails achievement of conclusions open to individual interpretation through the synthesizing or integration of pieces of information originally thought to be unrelated or even antithetical. DT is a central feature of creativity.” (Carson, 1999, p. 395) Inoltre, è stato osservato che “Convergent thinking is oriented toward deriving the single best (or correct) answer to a clearly defined question. It emphasizes speed, accuracy, logic, and the like and focuses on recognizing the familiar, reapplying set techniques, and accumulating information. ... Divergent thinking, by contrast, involves producing multiple or alternative answers from available information. It requires making unexpected combinations, recognizing links among remote associates, transforming information into unexpected forms, and the like. Answers to the same question arrived at via divergent thinking may vary substantially from person to person but are of equal value. They may never have existed before and are often novel, unusual, or surprising. ... Contrary to what is sometimes assumed, both convergent and divergent thinking lead to production of ideas. Nonetheless, there is a major qualitative difference: Convergent thinking usually generates *orthodoxy*, whereas divergent thinking always generates *variability*; otherwise, it would not be divergent.” (Cropley, 2006, pp. 391-392). (Tabella 3)

### **Interesse e apprendimento**

Alcuni studi hanno dimostrato che l'apprendimento di ciò che una disciplina può offrire non è lo scopo principale della loro vita scolastica, almeno per una parte degli studenti. (Lin, Siegler, Sullivan, 2010) Questa attitudine negativa si manifesta anche oltre la scuola dell'obbligo, e non necessariamente per gli stessi studenti che poi la manifestano all'università, anche se chi non ha solide basi nella conoscenza fondamentale, ha minori probabilità di riuscire negli studi successivi. Come insegnanti vorremmo avere studenti interessati, che da soli regolano il loro impegno per raggiungere obiettivi ambiziosi. La ricerca definisce questa attitudine come Self-regulated learning: “Self-regulated learning and performance refers to the processes whereby learners personally activate and sustain cognitions, affects, and behaviors that are systematically oriented toward the attainment of personal goals. By setting personal goals, learners create self-oriented feedback loops through which they can monitor their effectiveness and adapt their functioning.” (Zimmerman, Schunk, 2011, p. 1)



**Tabella 3.** Risultati del test pensiero convergente e divergente. I dati 2014\* e 2015\* si riferiscono a corsi di 6 crediti. Correlazione tra i dati del questionario e il voto all'esame:  $126/351 = 0,359$ .

Anno	N=	Media	Dev. stand.	min/max	$\geq K$	$\geq 27$	W
1998	55	50,31	10,57	34-76	16	40	11
1999	78	50,62	13,54	16-87	23	39	12
2006	29	46,97	12,85	24-76	8	17	5
2006	55	54,27	12,25	29-92	18	21	10
2007	35	54,74	12,59	32-88	8	13	6
2012	55	48,31	11,03	21-75	21	8	5
2013	65	56,11	12,05	27-88	24	15	6
2013	36	50,17	10,80	22-68	10	17	5
2014*	73	55,33	11,59	33-92	20	38	13
2014	30	51,40	14,61	22-78	10	10	1
2014	89	55,35	13,00	26-86	30	23	10
2015*	97	57,98	16,88	21-99	32	34	12
2015	30	54,93	17,17	21-85	22	10	5
2015	69	54,26	17,17	17-95	22	22	6
2016	55	54,00	13,89	21-91	16	22	7
2017	82	58,72	16,47	32-98	29	32	12
Totale	933				309	351	126
K = Valor medio + $\frac{1}{2}$ deviazione standard; W = $\geq K \wedge \geq 27/30$							

Per aumentare la qualità dell'apprendimento, gli studenti vanno interessati a ciò che riteniamo importante che loro apprendano. Secondo Herron, l'interesse aumenta se l'insegnante riesce a 'conquistare' gli studenti: "The real question is how one can get students interested in learning—more correctly, interested in learning things that adults deem worthwhile. Seduction, I think." (Cardellini, 2002, p. 57) Se c'è interesse, l'impegno e il lavoro necessario per raggiungere lo scopo, non pesano. "Interest is powerful. The triggering of interest initiates productive engagement and the potential for optimal motivation. A person is said to be interested in some activity, ..., if they voluntarily engage in thinking about it, happily prioritize the problems that arise." (Renninger, Hidi, 2016, p. 1) Non è sempre possi-

bile rispondere alla domanda: che cos'è interessante? Ed è un peccato perché "If we know how interest enhances learning, how can we teach better classes, write better books, and be better mentors?" (Silvia, 2008, p. 59).

L'interesse degli insegnanti a suscitare delle emozioni è finalizzato ad avere studenti che mettono il loro impegno in ciò che dovrebbero apprendere. Questo costrutto viene studiato come 'engagement': "Engagement is a complex construct, encompassing both observable (e.g., attending class) and unobservable psychological events (i.e., "investment"), a persistent *quality of interaction, and positive emotions* (e.g., enjoyment)." (Shernoff, 2013, p. 47) L'engagement viene definito come "the *heightened, simultaneous experience of concentration, interest, and enjoyment in the task at hand.*" (Shernoff, 2013, p. 12)

Affinché gli studenti trovino interessante la nostra disciplina, ciò che viene insegnato deve essere rilevante ai loro occhi, ed anche dal punto di vista sociale e professionale. (Stuckey et al., 2013) La rilevanza si accoppia bene col concetto di competenza (White, 1959): gli argomenti importanti di Chimica per gli studenti nella nostra università vengono stabiliti in collaborazione con i colleghi dei consigli dei diversi corsi di studio. L'interesse può essere anche in questo caso veicolato dall'insegnante che agisce in modo da essere un esempio per gli studenti. Parlando dell'uso e dell'abuso dei modelli in chimica, Henry Bent conclude affermando che "the *most important models in teaching chemistry are chemistry teachers themselves.*" (Bent, 1984, p. 777)

Il questionario delle Strategie Motivate per l'Apprendimento (Motivated Strategies for Learning Questionnaire MSLQ) è stato progettato e sviluppato da un gruppo di ricercatori del National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning e la School of Education at the University of Michigan. (Pintrich, Smith, Garcia, McKeachie, 1993) Si compone di 81 domande; nelle due sezioni, motivazionale e strategie di apprendimento compaiono quindici scale differenti. Nella sezione motivazionale ci sono tre sottosezioni, con sei scale differenti Value Components (Intrinsic Goal Orientation; Extrinsic Goal Orientation; Task Value), Expectancy Components (Control Beliefs; Self-Efficacy for Learning and Performance) e Affective Components (Test Anxiety). La sezione strategie di apprendimento è composta da due sottosezioni, Cognitive and Metacognitive Strategies (Rehearsal; Elaboration; Organization; Critical Thinking; Metacognitive Self-Regulation) e Resource Management Strategies (Time and Study Environment; Effort Regulation; Peer Learning; Help Seeking) La versione usata è stata adattata da un questionario online composto da 40 domande, con risposte secondo una scala Likert di 7 posizioni (1 = Non è vero per me 2 3 4 5 6 7 = Verissimo) e il punteggio massimo è di 280.

**Tabella 4.** Risultati del test delle Strategie Motivate per l'Apprendimento.

Anno	N=	Media	Dev stand.	min/max	$\geq K$	$\geq 27$	W
2004	42	208,90	23,52	142-249	14	25	7
2006	52	204,69	16,70	158-241	17	21	7
2007	71	207,39	19,06	165-262	21	30	14
2007	25	208,12	16,25	172-232	8	13	4
2009	148	200,85	21,02	134-249	45	37	15
Totale	338				105	126	47

K = Valor medio + ½ deviazione standard; W =  $\geq K \wedge \geq 27/30$

Mentre circa il 31% dei 338 studenti che hanno compilato il questionario ritiene di essere molto motivato, la correlazione tra i risultati del questionario e il voto all'esame è piuttosto bassa:  $47/126 = 0,373$  e meno del 50% degli studenti molto motivati verso il corso sono tra quanti hanno superato l'esame con voti eccellenti. Una domanda nel questionario MSLQ era così formulata: 'Sono sicura/o che posso fare molto bene nella risoluzione dei problemi'. Tra le risposte è difficile trovare un valore diverso da 7. Probabilmente la domanda viene intesa come la capacità di risolvere un problema attraverso l'applicazione di una o più formule. In realtà le evidenze nella risoluzione dei problemi dei corsi indicano in generale una abilità molto bassa nel saper risolvere in modo significativo i problemi. Questa è la difficoltà di misurare la motivazione attraverso delle risposte a delle domande, in quanto tendiamo ad essere molto generosi nel valutare le nostre capacità.

La motivazione ha una natura multiforme ed è un costrutto psicologico complesso che dipende da molti fattori, incluso l'ambiente di apprendimento, quello familiare, la determinazione a riuscire, l'interesse per la disciplina, l'insegnante e i compagni di corso. In un corso in cui degli studenti si impegnano molto, è più facile che altri studenti 'giochino al gioco'. Diversi studiosi utilizzano definizioni diverse di motivazione e forse la più pregante la correla in qualche modo con l'azione: "**Motivation** involves the processes that energize, direct, and sustain behavior." (Santrock, 2011, p. 438) Infatti, uno studente motivato certamente partecipa in modo attivo alle varie attività proposte e ambisce raggiungere risultati importanti. Studenti che oltre a fare mappe concettuali e riassunti dei concetti del corso, acquisiscono parecchi bonus come ricompensa di soluzioni originali e crea-

tive, consegnano centinaia di soluzioni di problemi (vedi oltre), certamente possono essere considerati studenti molto motivati.

Come commento generale su questi questionari si può dire che hanno poca capacità di distinguere tra gli studenti quelli che alla fine risulteranno i migliori del corso. Essere intelligenti e dotati di capacità critiche e riflessive è un bel vantaggio, ma se manca la voglia di studiare e spendere magari decine di ore nella ricerca di soluzioni originali a problemi complessi, non si dimostra di essere motivati.

### **Studio delle conoscenze degli studenti**

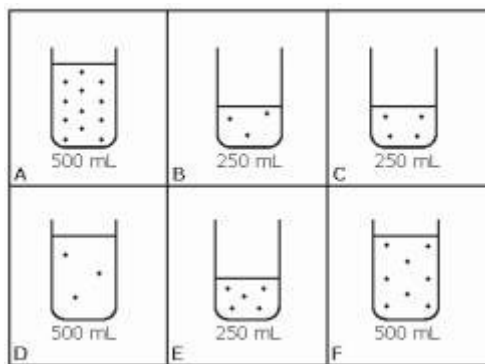
Gli studenti hanno difficoltà a risolvere i problemi sia per la mancanza di familiarità con i concetti e il ragionamento chimico, sia per la insufficiente dimestichezza con il calcolo algebrico. Di conseguenza, è auspicabile che nel programma scolastico venga dato spazio e si incoraggi la soluzione quantitativa dei problemi in modo da rendere visibile e significativo il ragionamento chimico. (Cohen et al., 2000) Nel 1995, per saggiare le conoscenze logiche e la comprensione del testo, agli studenti è stato sottoposto un questionario contenente tre domande che richiedevano la traduzione di frasi in equazioni algebriche (Niaz, Herron, Phelps, 1991) e la risposta a queste due domande: 1. La misura di una certa proprietà è 0,160 g/mL; qual è il valore espresso in g/L? e 2. Quanti chilogrammi pesa un filo metallico uniforme lungo 1,20 m se 8,00 cm dello stesso pesano 20,0 g? In totale si sono avute 80 risposte alle varie domande. Nelle domande numeriche è stato chiesto agli studenti di giustificare i loro calcoli. 49 studenti hanno risposto in modo corretto (160 g/L) alla prima domanda, 7 studenti non hanno risposto, 24 studenti hanno sbagliato il fattore di conversione: 3 studenti hanno trovato 16 g/L e 21 studenti  $1,60 \times 10^{-4}$  g/L.

La domanda 2 ha mostrato anche altre difficoltà algebriche. Il problema si risolve con l'uso di una proporzione e dei fattori di conversione, ma 10 studenti non hanno risposto. 23 studenti hanno dato la risposta corretta ( $3,00 \times 10^{-1}$  kg), mentre 39 studenti hanno lasciato la risposta in grammi (300). 4 studenti hanno usato il fattore di conversione  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$  in modo sbagliato e altri 4 studenti hanno sbagliato la proporzione:  $120 : 8,00 = 20,0 : x$ . Trovata l'evidenza nei compiti per l'esame scritto delle difficoltà degli studenti con i problemi che utilizzavano la densità, qualche anno dopo si è approfondito lo studio, utilizzando un questionario con alcune domande specifiche sui concetti coinvolti nel testo del problema qui riportato.

**Problemi (aa 2005/2006)**

Per ciascun problema si chiede di consegnare anche i fogli con i calcoli, i commenti e i ragionamenti utilizzati spiegare il procedimento.

1. A 20,0 °C la densità di 2,0 g di ferro è 7,86 g/cm<sup>3</sup>. Qual è la densità di 6,0 g di ferro?
2. Vengono sciolti 1,420 g di NaOH in 48,58 g di acqua e la densità della soluzione ottenuta è 1,030 g/mL. Quanti grammi di NaOH sono contenuti in 1 L di soluzione?
3. Quale delle seguenti soluzioni contiene la maggior quantità di NaCl? (Adattata da: Johnstone, 1983)
  - [A] 500 mL di NaCl 0,100 M
  - [B] 1000 mL di NaCl 0,200 M
  - [C] 250 mL di NaCl 0,300 M
  - [D] 200 mL di NaCl 0,400 M
4. Ogni posizione nella griglia che segue rappresenta un beaker contenente una soluzione di NaCl. Osservando le differenti situazioni si risponda alle domande sotto riportate. Ciascuna domanda può avere più di una risposta e ciascuna posizione può essere usata più volte. (Adattata da: Danili, Reid, 2005)



- a) Qual è la soluzione più concentrata? \_\_\_\_
- b) Qual è la soluzione più diluita? \_\_\_\_
- c) Versando la soluzione E nella soluzione B, la soluzione risultante ha la stessa concentrazione come la soluzione \_\_\_\_

- d) Quali soluzioni hanno la stessa concentrazione? \_\_\_\_
- e) Evaporando l'acqua dalla soluzione D sino a ridurre a metà il volume, la soluzione risultante ha la stessa concentrazione come la soluzione \_\_\_\_

In totale si sono avute 97 risposte: 58 corrette alla domanda 1, mentre 39 studenti hanno calcolato la densità di 6,0 g di ferro come aumentata a 23,58 g/cm<sup>3</sup>. Le risposte corrette alla domanda 2 sono state 26 (29,2 g); 19 studenti non hanno risolto il problema e il resto sono stati dei risultati affetti da errore. Una parte degli studenti (17) nei suoi calcoli non ha usato la densità della soluzione. Risultati migliori si sono ottenuti nella domanda 3: 48 studenti hanno scelto la risposta [B], 11 studenti non hanno risposto, mentre il resto ha scelto la risposta [D]. L'ultima domanda è risultata la più facile: 2 studenti hanno sbagliato la domanda *d* (nessuna, e A ed E hanno la stessa concentrazione), mentre alla domanda *e* 1 studente non ha risposto, la stessa persona che nella domanda *d* ha scritto *nessuna* ed il resto ha scelto la risposta corretta [B]. Questi risultati confermano le molte insicurezze e difficoltà degli studenti.

Che fare? L'acquisizione delle abilità e prestazioni degli esperti è stata ampiamente studiata in letteratura e da molto tempo è stata introdotta la "10-year rule" (Simon, Chase, 1973): per diventare veri esperti è necessario esercitarsi ripetutamente, per molto tempo. Per migliorare la propria abilità la pratica è importante, ma per diventare esperti è stato introdotto il termine 'pratica deliberata' (deliberate practice), così definita: "repeated experience in which the individual can attend to the critical aspects of the situation and incrementally improve her or his performance in response to knowledge of results, feedback, or both from a teacher." (Ericsson, Krampe, Tesch-Romer, 1993, p. 368) Anche John Hattie sottolinea l'importanza del feedback: "Feedback is one of the most powerful influences on learning and achievement, but this impact can be either positive or negative." (Hattie, Timperley, 2007, p. 81). L'effetto dipende dall'abilità dell'insegnante e dalle conoscenze degli studenti. "Feedback can indeed make the learning visible (e.g., via noting errors in thinking or fact), lead to error detection, and enhance students' assessment capabilities about their learning. Central to these notions is a teacher-student relationship that not only permits but also fosters errors and the seeking of feedback, and classroom climates where peer assessment/feedback is a visible and important part of the learning for all students. Feedback is successful when it is aimed at or slightly above where the student is performing on the learning curve from novice to proficiency to be accomplished." (Hattie, Gan, p. 265).

Gli studenti sono stati invitati a risolvere il problema col massimo del loro impegno nella riflessione e nel ragionamento e nelle due lezioni successive le varie soluzioni sono state raccolte e corrette. Per incoraggiare gli studenti, sono stati nominati gli autori delle soluzioni corrette e fatti commenti sugli errori trovati. Tra i molti che avevano commesso errori, uno studente veniva invitato alla lavagna con il compito di copiare e commentare i vari passaggi della propria soluzione. Gli altri studenti erano invitati a porre domande, commentare i commenti e dare suggerimenti anche discutendo tra loro sulla correttezza dei passaggi. Oltre a evitare perdite di tempo, il docente interveniva per aiutare lo sviluppo della soluzione corretta o a porre domande per rafforzare il corretto ragionamento chiedendo di spiegare e argomentare i passaggi, e mettendo in difficoltà gli studenti con commenti volutamente ingannevoli. Questo tipo di feedback contribuisce al miglioramento dei risultati nei compiti di esame.

Un passaggio importante che caratterizza l'esperto quando si trova davanti ad una difficoltà cognitiva è l'analisi del problema. **“Expert Spend a Great Deal of Time Analyzing a Problem Qualitatively.** ... expert typically try to “understand” a problem, whereas novices plunge immediately into attempting to apply equations and to solve for an unknown. What do the experts do when they qualitatively analyze a problem? Basically they build a mental representation from which they can infer relations that can define the situation, and they add constraints to the problem.” (Chi, Glaser, 1988, p. xix)

Una parte degli studenti fa proprio il suggerimento e spende del tempo a ragionare sullo svolgimento: questo risultato si ottiene più facilmente se l'insegnante accetta la formazione degli studenti come un processo in cui anche i più deboli possono migliorare le loro abilità. Gli studenti hanno tempi di impegno e apprendimento differenti: alcuni fanno delle analisi del problema notevoli, come nell'esempio riportato in Figura 3.

Favorire la riflessione è forse il fondamentale attributo dell'insegnamento efficace, come ha argomentato Dewey nel suo libro molto influente *How we think*. (Dewey, 1933) Elaborando il pensiero di Dewey, è stata data una definizione di questo processo educativo che include quattro criteri; il primo afferma: “Reflection is a meaning-making process that moves a learner from one experience into the next with deeper understanding of its relationships with and connections to other experiences and ideas. It is the thread that makes continuity of learning possible, and ensures the progress of the individual and, ultimately, society.” (Rodgers, 2002, p. 845) La riflessione rende significativo l'insegnamento e aiuta a migliorare i risultati nei compiti di esame, ma rispetto alla capacità di risolvere in modo corretto i problemi con la densità, siamo ancora lontani da risultati soddisfacenti.

**PROBLEMA**

10,00 mL di una soluzione di  $H_2SO_4$  al 2,485% in peso, densità 1,015 g/mL, vengono diluiti a 100 mL. Calcolare quanti mL di  $NaOH$   $1,000 \cdot 10^{-2}$  M sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione di  $H_2SO_4$  prima preparata.

LO PORTO A VOLUME

10 mL SOTTONE (1)  
 $\delta = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$   
 massa =  $\delta$  volume  
 2,485% massa totale  
 di  $H_2SO_4$

100 mL DI NUOVA SOTTONE (2)

20,00 mL DI SOTTONE PREPARATA (3)

$NaOH$   
 $1,000 \cdot 10^{-2}$  M

MI CHIEDO: "QUALE IL VOLUME DI  $NaOH$  NECESSARIO PER NEUTRALIZZARE 20,00 mL DI SOTTONE (2)?"

VUOLU CONOSCERE LA CONCENTRAZIONE DELLA SOTTONE UTILIZZANDO UN'ALTRA SOTTONE A CONCENTRAZIONE NOTA

SE LA CONCENTRAZIONE DI  $H_2SO_4$  E' UGUALE ALLA CONCENTRAZIONE DI  $NaOH$  ALLORA

$mol\ H_2SO_4 = mol\ NaOH$

$\frac{\text{massa (g)}}{PM} = V \cdot M$

1. "cosa conosco?"

$\delta(1) = \frac{\text{massa totale (1)}}{\text{volume totale (1)}}$   
 massa totale (1) =  $\delta$  volume totale (1)  
 $mol = \frac{\text{massa totale (1)}}{PM} = \frac{\delta \text{ volume totale (1)}}{PM}$

3. "cosa conosco?"

$M = 1,000 \cdot 10^{-2}$  MOLARITA'  
 $mol\ NaOH = V(\text{mL}) \cdot M$

ORA POSSO SCRIVERE  $\frac{\delta \cdot V \cdot \%}{PM} = V(\text{mL}) \cdot M$   $V(\text{mL}) = \frac{\delta V(\text{mL}) \%}{PM \cdot M}$

VUOLU CONOSCERE SOLO LE MOL DI  $H_2SO_4$  PER QUESTO DEVO CONSIDERARE I GRAMMI EFFETTIVI DI ACIDO

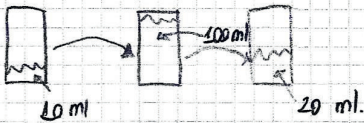
$\delta V \%$   
 $mol\ H_2SO_4 = \frac{\delta V \%}{PM}$

**Figura 3.** Analisi del problema sulla densità. Purtroppo, la profondità di questa soluzione qualitativa viene sminuita dall'errore commesso:  $mol\ H_2SO_4 = mol\ NaOH$ .



Comprendere le difficoltà degli studenti può risultare difficile per noi esperti. Com'è possibile che individui con notevoli capacità logiche e mentali, come risulta da molte misure con test appropriati commettano errori in ragionamenti che sembrano semplici?

- ⑥ • 10,00 ml soluz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2,485% in peso  $d = 1,015 \text{ g/mL}$   
 • Vengono diluiti a 100 ml con  $\text{H}_2\text{O}$ .  
 • Quanti ml di  $\text{NaOH}$  [ $1 \cdot 10^{-2}$ ] M servono per neutralizzare 20 ml della precedente soluz?



FOGLIO 13

- ⓐ Trovo i g di soluzione (tramite la densità).  
 $10,00 \text{ ml} = 10 \text{ ml} \cdot \frac{1,015 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 10,15 \text{ g}$ .
- ⓑ Trovo i g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (tramite la % in peso)  
 $x_g(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10,15 \text{ g} \cdot \frac{2,485 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 2,525 \cdot 10^{-1} \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$
- ⓒ Ora so che questi g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in soluzione sono diluiti a 100 ml, quindi i grammi sono gli stessi ma cambiano i ml, di conseguenza densità e molarità.  
 La nuova densità è:  $\frac{2,525 \cdot 10^{-1} \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 2,525 \cdot 10^{-3} \text{ g/mL}$
- ⓓ Con la nuova densità trovo i grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in 20 ml di soluzione:  
 $20 \text{ ml} = 20 \text{ ml} \cdot 2,525 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{ml}} = 5,03 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ .
- ⓔ Trovo le moli di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [98,09 g/mol]  
 $5,03 \cdot 10^{-2} \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \frac{1 \text{ mol}}{98,09 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4} = 5,128 \cdot 10^{-4} \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4$

Figura 4. Nel passaggio sbagliato c non viene calcolata la nuova densità, ma i grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in 100 mL; prosegue in modo corretto con il passaggio d.

Jill Larkin fornisce una convincente spiegazione per quanto riguarda le abilità con i problemi di fisica: “many differences in the problem-solving performance of experts and novices can be related to use of different problem representations. Novices use what I call a *naive* problem representation; it is composed of objects that exist in the real world (blocks, pulleys, springs) and developed through operators that correspond to developments that occur in real time. Such a representation is a runnable model of the real problem situation. Experts, in addition to this naive representation, are able to construct what I call a *physical* representation that contains fictitious, imagined entities such as forces and momenta. A representation involving these entities is developed by operators corresponding to laws of physics. Thus the expert has a second mental model of a problem situation, a model with particularly powerful attributes.” (Larkin, 1983, p. 75)

Da più parti giunge il consiglio che è utile fare la rappresentazione mentale del problema: uno strumento che facilita l'analisi del problema e la sua soluzione qualitativa. Prima di proseguire, va ricordato come da sempre noi chimici usiamo modelli mentali e rappresentazioni; basti pensare all'uso esteso che se ne fa in chimica organica, dove modelli e rappresentazioni sono artefatti essenziali per permettere la comunicazione e la comprensione dei concetti. La rappresentazione del problema è stata definita in questo modo: “A *problem representation* is a cognitive structure corresponding to a problem, constructed by a solver on the basis of his domain-related knowledge and its organization.” (Chi, Feltovich, Glaser, 1981, pp. 121-122) Nella loro monumentale opera sul problem solving, Allen Newell e Herbert Simon (1972, p. 90) affermano che “some problems do exist in which the whole difficulty of solution resides in finding the right representation.” Una corretta rappresentazione è importante perché facilita la corretta soluzione del problema. Certamente questa rappresentazione è supportata da una profonda familiarità con le conoscenze teoriche e con gli schemi mentali appropriati e da questo deriva l'importanza di una corretta strategia risolutiva. Nelle Figure 5, e 6 sono riportate diverse rappresentazioni utilizzate dagli studenti.

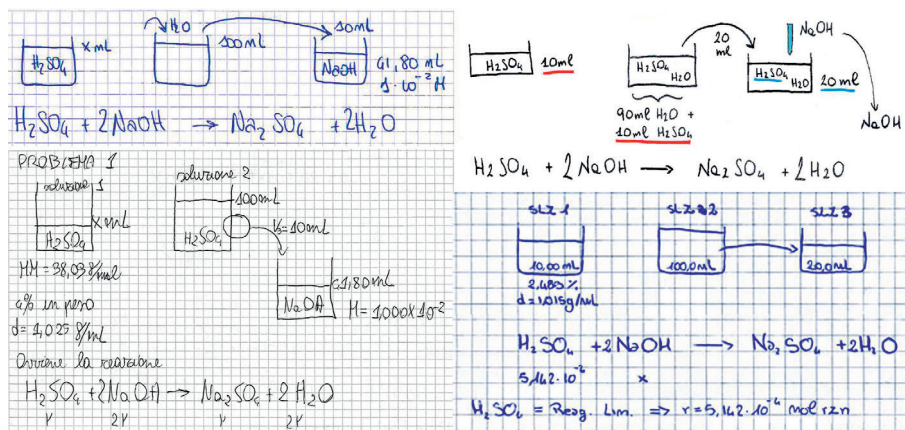


Figura 5. Diverse rappresentazioni utilizzate da studenti per problemi sulla densità. Molti studenti includono l'equazione chimica; questo è il modo utilizzato dai chimici esperti per ragionare nella risoluzione dei problemi.

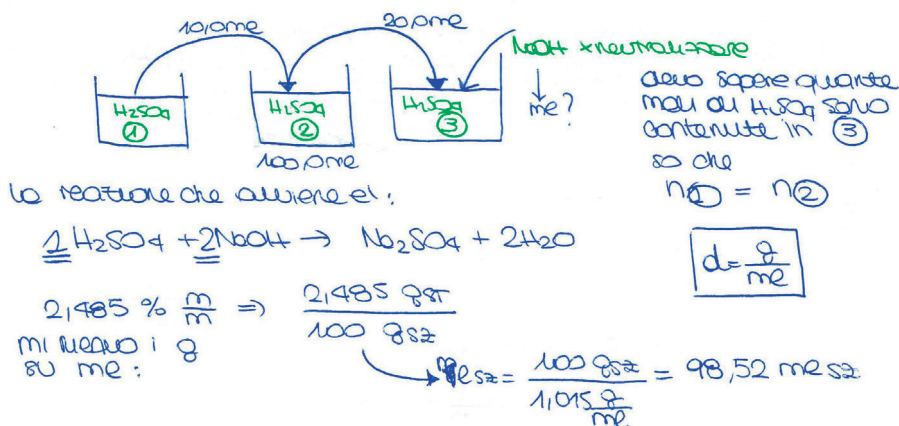


Figura 6. In questa figura è fatto cenno 'all'altra strategia possibile'; la densità trasforma i 100 g in millilitri (2,485 g soluto in 98,52 mL soluzione).

Agli studenti è stato suggerito di esplicitare nelle unità di misura il significato della densità in questo tipo di problemi: densità = 1,015 g/mL significa 1,015 g di soluzione/1 mL di soluzione; perciò: 1,015 g slz/mL slz. Inoltre, è stato suggerito di suddividere la soluzione in sotto-problemi e di spiegare, illustrare, dimostrare e argomentare ogni passaggio che si fa nel processo di risoluzione. Una parte degli studenti spiega i passaggi della soluzione e questo processo favorisce la riflessione. Un esempio è riportato di seguito. (Figura 7) La soluzione corretta, suddivisa in varie parti e spiegata nei vari passaggi.

3

**PROBLEMA 8**  
 10,00 mL di una soluzione  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 2,485% in peso (densità 1,015 g/mL) vengono diluiti a 100,0 mL. Calcolare quanti millilitri di NaOH  $1,00 \cdot 10^{-2}$  M sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione  $\text{H}_2\text{SO}_4$  prima preparata.

- Calcolo i grammi di soluzione  
 Comoscendo 1 mL di soluzione e la sua densità, posso dire che  
 $x \text{ g solz} = 10,00 \text{ mL} \cdot \frac{1,015 \text{ g solz}}{1 \text{ mL solz}} = 10,15 \text{ g solz}$
- Calcolo grammi  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 Dato che so che la percentuale in peso è pari a 2,485%, posso dire che in 100 g di soluzione ci saranno 2,485 g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Quindi impostando la proporzione posso determinare i grammi in 10,15 g  

$$\frac{2,485 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g solz}} = \frac{x \text{ g H}_2\text{SO}_4}{10,15 \text{ g solz}}$$

$$x \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 0,2522 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$
- Calcolo moli  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in 10 mL  

$$\text{moli H}_2\text{SO}_4 = 0,2522 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \cdot \frac{1 \text{ mole H}_2\text{SO}_4}{98,09 \text{ g}} = 2,571 \cdot 10^{-3} \text{ moli H}_2\text{SO}_4$$
- Calcolo moli  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in 20 mL  
 Dato che il numero di moli in 10,00 mL è lo stesso nella soluzione diluita a 100 mL, posso dire che nei 20 mL di soluzione considerati, il numero di moli sarà pari a:  

$$\frac{2,571 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \text{ mL}}{100} = \frac{x \text{ moli} \cdot 20 \text{ mL}}{20} = 5,143 \cdot 10^{-4} \text{ moli H}_2\text{SO}_4$$
- Calcolo moli NaOH  
 Per calcolare le moli di NaOH devo innanzitutto determinare la reazione che coinvolge NaOH e  $\text{H}_2\text{SO}_4$   

$$2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$
 Poi sapendo che  $\text{H}_2\text{SO}_4$  è il reagente limitante, posso dire che  $n = 5,143 \cdot 10^{-4}$  moli rxn  

$$\text{moli NaOH} = \frac{2 \text{ moli NaOH}}{1 \text{ mole rxn}} \cdot 5,143 \cdot 10^{-4} \text{ moli rxn} = 1,029 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$
- Calcolo volume NaOH  
 Sapendo che  $M = 1,00 \cdot 10^{-2}$ , posso scrivere che  

$$M = \frac{n \text{ moli NaOH}}{V \text{ soluzione}} \longrightarrow V \text{ soluzione} = \frac{n \text{ moli NaOH}}{M}$$

$$V \text{ soluzione} = \frac{1,029 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}}{1,00 \cdot 10^{-2} \text{ M}} = 0,1029 \text{ L} = 102,9 \text{ mL}$$

**Figura 7.** La soluzione suddivisa in sei step, ciascuno dei quali spiegato e argomentato

Con lo scopo di comprendere meglio le cause delle difficoltà degli studenti con l'uso della densità è stato messo a punto un nuovo questionario più adatto all'indagine composto da cinque domande e sottoposto all'inizio dei corsi. Negli anni accademici 2007-2009 sono state raccolte 278 risposte scritte. La domanda 1: La misura di una certa proprietà è 0,160 g/mL; qual è il valore espresso in g/L? I risultati corretti (160 g/L) sono stati 207 (il 74,5% del totale) alcuni non rispondono e 56 trovano  $1,6 \times 10^{-4}$  g/L. La domanda 2 saggia il ragionamento proporzionale: Quanti chilogrammi pesa un filo metallico uniforme lungo 1,20 m se 8,00 cm dello stesso pesano 20,0 g?

Il 95,0% (264 studenti) risponde in modo corretto (0,3 kg) e 11 trovano 3 kg. La terza domanda chiede: Quale delle seguenti soluzioni contiene la maggior quantità di NaCl?

- [A] 500 mL di NaCl 0,100 M
- [B] 1000 mL di NaCl 0,200 M
- [C] 250 mL di NaCl 0,300 M
- [D] 200 mL di NaCl 0,400 M

La risposta corretta ([B]) è stata scelta da 269 studenti (96,8%); 5 scelgono [D]. La domanda 4 è formulata con tre distrattori: Quale sarà il volume in litri occupato da 240 g di olio che ha densità 0,8 g/mL? (Adattata da: Danili, Reid, 2005)

- a) 300 L
- b) 0,3 L
- c) 192 L
- d) 0,19 L

La risposta corretta (b) è stata scelta da 258 studenti (92,8%); 10 scelgono la risposta d, mentre 7 la risposta a. L'ultima domanda chiede: A 20,0 °C la densità di 2,0 g di ferro è 7,86 g/cm<sup>3</sup>. Qual è la densità di 6,0 g di ferro? Alcuni sbagliano o non rispondono (21), ma 241 studenti (86,7%) rispondono in modo corretto. Questi risultati dicono che le conoscenze potrebbero essere migliori, ma non spiegano i risultati insoddisfacenti ottenuti nei compiti di esame. Potrebbe la difficoltà risiedere nella complessità del testo del problema?

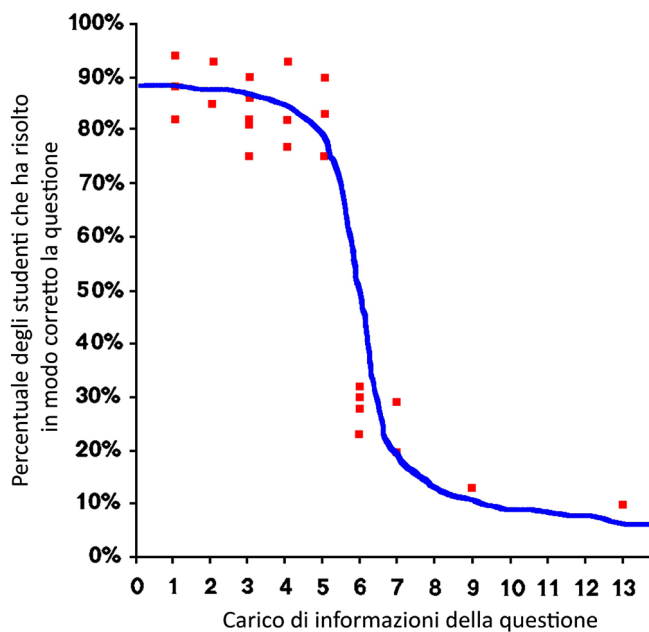
### Facilitare il processo di *chunking*

L'elaborazione delle informazioni nella nostra mente avviene nella memoria di lavoro: una componente specializzata del cervello con delle limitazioni rispetto alle informazioni e alle elaborazioni che può svolgere. La 'working memory' il termine che gli studiosi della cognizione utilizzano per descrivere l'abilità di mantenere e processare simultaneamente le informazioni rilevanti per un certo scopo ed è ritenuta essere il fattore limitante nella cognizione complessa: "[There is] abundant evidence that one key factor causing the learner difficulties lies in the limitations of working memory capacity." (Reid, 2009, p. 245) La "10-year rule", ovvero l'esercizio ripetuto, viene giustificata dall'aumento dell'efficienza dei processi di chunking: "expertise in an area can enhance the efficiency with which a limited mental processing and temporary storage resource can function." (Niaz, Logie, 1993, p. 520)

Il limite è stato posto a 7 chunks (Miller, 1956), poi ridotto a 4 (Simon, 1974; Cowan, 2010; Baddeley, 2012). Miller descrive i 'chunks' di informazione come ciò che una persona percepisce come unità di informazione. (Miller, 1956) L'esperto racchiude una quantità di informazione maggiore

nelle singole unità di informazione. Infatti, “Since the memory span is a fixed number of chunks, we can increase the number of bits of information that it contains simply by building larger and larger chunks, each chunk containing more information than before.” (Simon, 1974, p. 483) La memoria di lavoro è come l’unità centrale di elaborazione e svolge essenzialmente due funzioni: trattiene alcune informazioni per un tempo limitato e le elabora utilizzando schemi, procedure, regole e altre informazioni che trova nella memoria a lungo termine.

La relazione tra la capacità della memoria di lavoro e prestazioni non è lineare. Quando la prova supera la capacità della memoria di lavoro, le prestazioni crollano in modo spettacolare. (Johnstone, El-Banna, 1986) Analizzando i risultati di un campione molto grande di studenti (22.000) che risolvevano questioni sulla mole, Johnstone (1997) ha scoperto un fatto molto interessante: con l’aumentare della complessità del compito, il grado di successo degli studenti diminuisce, ma non linearmente, come riportato in Figura 8.

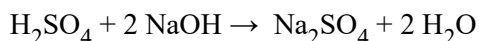


**Figura 8.** Quando il carico di informazioni supera le cinque unità, il problema diventa impossibile per la maggioranza degli studenti. (Adattata da Johnstone, 1997, p. 264) Figura usata col permesso dal Journal of Chemical Education, Vol. 74, No. 3, 1997, pp. 263-264. Copyright ©1997, Division of Chemical Education, Inc.

Con lo scopo di ridurre la complessità del problema, nel 2011 è stato condotto un esperimento che ha coinvolto studenti di un corso da 6 crediti e studenti di un corso da 9 crediti. È stato chiesto di risolvere commentando la soluzione il seguente problema:

*Calcolare quanti millilitri di una soluzione di  $H_2SO_4$  [98,09] al 2,485% in peso (densità 1,015 g/mL) sono necessari per reagire completamente con 50,00 mL di una soluzione che contiene 8,000 g di NaOH [40,00].*

Avviene la reazione:



Gli studenti risolvono il problema usando due possibili procedimenti.

Il primo:

$$\text{mol NaOH} = 2,000 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH}$$

Dalla reazione bilanciata: 1 mol  $H_2SO_4 \equiv 2$  mol NaOH

$$\begin{aligned} \text{mol } H_2SO_4 &= (2,000 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH}) \times (1 \text{ mol } H_2SO_4 / 2 \text{ mol NaOH}) = \\ &= 1,000 \times 10^{-1} \text{ mol } H_2SO_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g } H_2SO_4 &= (1,000 \times 10^{-1} \text{ mol } H_2SO_4) \times (98,09 \text{ g } H_2SO_4 / \text{mol } H_2SO_4) = 9,809 \\ &\text{g } H_2SO_4 \end{aligned}$$

$$100 \text{ g slz} : 2,485 \text{ g } H_2SO_4 = x \text{ g slz} : 9,809 \text{ g } H_2SO_4$$

$$x = 394,7 \text{ g slz}$$

$$\text{mL} = (394,7 \text{ g slz}) / (1,015 \text{ g slz/mL slz}) = 388,9 \text{ mL slz}$$

Il secondo procedimento calcola i grammi di  $H_2SO_4$  nello stesso modo:  
9,809 g  $H_2SO_4$

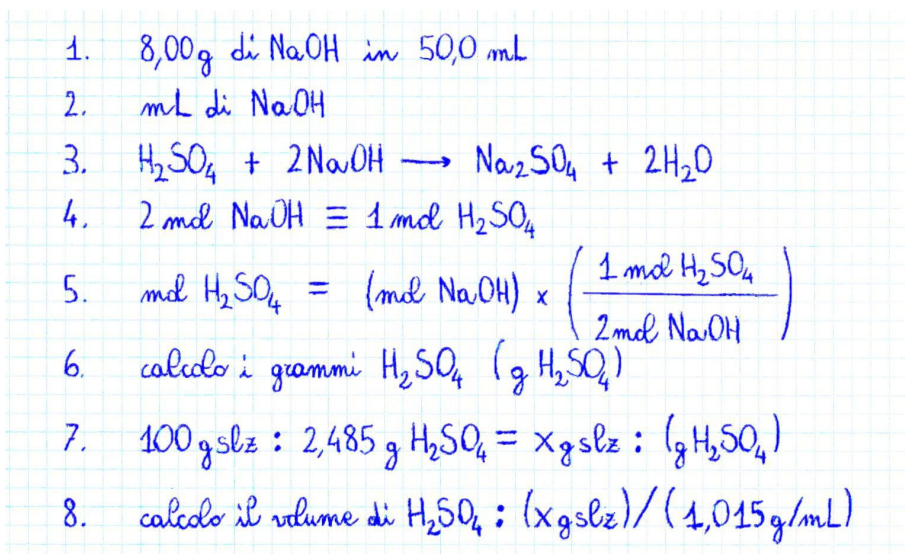
Calcola il volume in cui sono contenuti i 2,485 g  $H_2SO_4$

$$(100 \text{ g slz}) / (1,015 \text{ g slz/mL slz}) = 98,52 \text{ mL slz}$$

$$2,485 \text{ g } H_2SO_4 : 98,52 \text{ mL slz} = 9,809 \text{ g } H_2SO_4 : y \text{ mL slz}$$

$$y = 388,9 \text{ mL slz}$$

Un'ottima analisi del problema è riportata in Figura 9:



1. 8,00g di NaOH in 50,0 mL
2. mL di NaOH
3.  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
4. 2 mol NaOH  $\equiv$  1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$
5.  $\text{mol H}_2\text{SO}_4 = (\text{mol NaOH}) \times \left( \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} \right)$
6. calcolo i grammi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
7. 100 g slz : 2,485 g  $\text{H}_2\text{SO}_4 = x$  g slz : (g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
8. calcolo il volume di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : (x g slz) / (1,015 g/mL)

**Figura 9.** Analisi del problema e strategia risolutiva da parte di una studentessa.

Sono state ottenute 98 soluzioni: 60 studenti risolvono il problema in modo corretto, usando tutti il procedimento 1; 13 studenti non risolvono il problema in modo completo e 3 studenti risolvono un altro problema. Nel resto delle soluzioni vi sono i seguenti errori:

- In 9 soluzioni l'errore è nel fattore stechiometrico: 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1$  mol NaOH.
- In 3 soluzioni l'errore è nel calcolo del volume di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $(9,809 \text{ g H}_2\text{SO}_4) / (1,015 \text{ g/mL}) = 9,664 \text{ mL}$
- In 3 soluzioni il calcolo del volume viene fatto con la proporzione sbagliata:  $100 \text{ mL} : 2,485 \text{ g H}_2\text{SO}_4 = x \text{ mL} : 9,809 \text{ g H}_2\text{SO}_4$
- In altre 2 soluzioni risulta un'altra proporzione sbagliata:  $1,000 \times 10^{-1} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 : x \text{ mL slz} = 2,000 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH} : 50,0 \text{ mL slz}$
- Infine, 2 studenti sbagliano nell'applicare la densità alla soluzione di NaOH:  $(1,015 \text{ g/mL}) \times (50,0 \text{ mL})$

Questo tentativo era stato proposto dopo la delusione ricevuta con un altro esperimento chiamato 'imparare dagli esempi': ridurre la complessità facendo prima risolvere un problema molto più facile. Al problema oggetto



di studio in questo articolo è stato accoppiato come primo problema da risolvere il seguente:

10,00 mL di soluzione contenente  $5,044 \times 10^{-2}$  g di  $H_2SO_4$  sono diluiti a 100,0 mL. Calcolare quanti millilitri di NaOH [40,00]  $1,000 \times 10^{-2} M$  sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione di  $H_2SO_4$  prima preparata.

A parte la diluizione, si tratta di un problema stechiometrico alla portata di tutti gli studenti. Invece, è sembrato che i due problemi si siano influenzati in negativo, moltiplicando gli errori. Soltanto 38 studenti hanno consegnato entrambe le soluzioni, 17 dei quali hanno risolto in modo corretto il secondo problema. Ma soltanto in sette sono stati capaci di svolgere bene entrambi i problemi.

### Problema 2

- Calcolo g  $H_2SO_4$

$$10,00 \text{ mL} \cdot 1,015 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 10,15 \text{ g } H_2SO_4$$

- Calcolo mol  $H_2SO_4$

$$10,15 \text{ g } H_2SO_4 \left( \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98,09 \text{ g } H_2SO_4} \right) = 1,035 \cdot 10^{-2} \text{ mol } H_2SO_4$$

- Calcolo mol  $H_2SO_4$  in 20 mL

$$1,035 \cdot 10^{-2} \text{ mol } H_2SO_4 \left( \frac{20 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \right) = 2,070 \cdot 10^{-2} \text{ mol } H_2SO_4$$

Quindi ho bisogno di  $2,070 \cdot 10^{-2}$  mol NaOH

- Calcolo mL NaOH

$$M = \frac{\text{mol}}{L} \Rightarrow L = \frac{\text{mol}}{M} = \frac{2,070 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaOH}}{1,000 \cdot 10^{-2} M} = 2,070 \text{ L} \left( \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \right) = 2070 \text{ mL}$$

**Figura 10.** Il problema risolto con errori concettuali in parte trasferiti dal primo problema.

Otto studenti fanno in entrambi i problemi l'errore 1 mol NaOH = 1 mol  $H_2SO_4$ , e diversi errori riguardano la diluizione; cinque studenti passando da 10 a 100 mL aumentano di 10 volte le moli  $H_2SO_4$ , mentre uno studente le diminuisce e quattro studenti diluiscono a 110 mL:



**Figura 11.** Invece di diluire a 100,0 mL la soluzione iniziale viene diluita con 100,0 mL. Almeno la massa di soluto è rimasta costante. In alcuni casi la diluizione viene fatta in modo corretto a 100,0 mL, però le moli aumentano o diminuiscono di 10 volte.

Cinque studenti trovano come risultato 102,8 mL in entrambi i problemi o un volume di NaOH maggiore nel caso del problema 1. Questo errore si dovrebbe riconoscere con facilità dalla verifica: i grammi di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> considerati nel secondo problema sono cinque volte superiori ai grammi contenuti nella soluzione del primo problema. Ecco perché simili errori lasciano perplessi. In alcuni casi nel secondo problema è stato considerato il volume di 1 litro (e 1015 g di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ed è stata usata la densità in modo improprio:  $(1,015 \text{ g/L}) \times (1,00 \times 10^{-2} \text{ L}) = 1,015 \times 10^{-2} \text{ g H}_2\text{SO}_4$ .

Come mai un problema più semplice è ancora oltre le possibilità di molti studenti? Probabilmente per questi studenti il problema è complesso e richiede un carico di informazioni supera le cinque unità, come riportato in Figura 8. Agli studenti è stato chiesto quali sono i motivi che rendono difficile l'uso della densità; riportiamo due spiegazioni costruttive. Studente A, di un corso del 2007:

*Personalmente non trovo la densità difficile. Secondo me l'unico problema dovuto a quest'ultima in chimica è a cosa si riferisca. La densità si riferisce alla soluzione, ma spesso trae in inganno lo studente perché si pensa non solo alla soluzione ma anche al solvente e al soluto. Ma questa difficoltà è eliminabile con un po' di ragionamento: la densità non si può riferire al soluto perché non è da solo e non si può riferire al solvente perché nella maggior parte dei casi il solvente è l'acqua e si sa che l'acqua ha densità uguale a 1, quindi se la densità dataci è diversa da 1 non può essere l'acqua.*

*Inoltre, la densità crea problemi perché l'unità di misura è formata da due componenti: grammi su millilitri, quindi nelle operazioni c'è da tener conto di quest'ultime. Anche questo problema è eliminabile tenendo conto, appunto, delle unità di misura nelle operazioni, sapendo che ciò che deve rimanere è ciò che ci serve.*

Studente B:

*Credo che la difficoltà del concetto di densità sia nel fatto che la densità si riferisce alla soluzione. Molti dei miei errori, perlomeno inizialmente, sono derivati dal fatto che nei problemi ci troviamo a trattare dati che molto spesso si riferiscono al soluto (in moli o grammi), mentre la densità si riferisce alla soluzione. Penso che questo tipo di problema sia superabile con la pratica e la riflessione: molto più semplicemente mettendo le unità di misura in modo più accurato.*

Sono osservazioni profonde e sensate: è necessario trovare il modo per far riflettere sul fatto che la densità si riferisce alla soluzione e familiarizzare con l'uso di unità di misura più accurate.

### **Insegnare le strategie**

L'essere esperto in una disciplina implica la conoscenza e l'uso di strategie efficaci per diminuire la possibilità di commettere errori. Come mai un insegnante di Latino è in grado di fare versioni senza troppo sforzo e prive di errori? Certamente perché con l'esperienza ha messo a punto delle strategie, delle procedure efficaci per arrivare al risultato. In Chimica non può essere differente. Il valore dell'esperienza risiede sia nell'accumulo della conoscenza pedagogica della disciplina che nelle strategie nel problem solving. In un paragrafo intitolato "Advanced Problem-Solving Strategies" vengono dati suggerimenti per risolvere problemi complessi: "To solve multi-concept problems successfully, you will need to analyze the given information systematically. First, examine the problem to find the unknown quantity. Next, determine which of the given information is related to the unknown. Finally, plan a strategy that links the given value to the unknown. In summary, the three steps are as follows." (Corwin, 2018, p. 448)

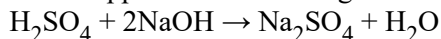
Viene ora riportata una strategia sviluppata nella soluzione commentata con suggerimenti che facilitano la riflessione proposta agli studenti in tre corsi, che ha permesso di migliorare i risultati ottenuti all'esame per lo stesso problema: *10,00 mL di una soluzione di  $H_2SO_4$  al 2,485% in peso (densità 1,015 g/mL) vengono diluiti a 100,0 mL. Calcolare quanti millilitri di NaOH  $1,000 \times 10^{-2}$  M sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione di  $H_2SO_4$  prima preparata.*

Una utile strategia: [Suddividere il problema in più parti](#)

1. Abbiamo una soluzione di acido solforico, ovvero, una certa quantità di acido solforico.
2. Questo acido viene neutralizzato con una soluzione di NaOH.
3. Significato dei termini: "neutralizzare" significa "reagire completamente con".

Domanda: **a chi si riferisce la densità?** Risposta: alla soluzione di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ !

Il problema chimico è rappresentato dalla seguente reazione:



Ripensiamo a ciò che già sappiamo: la reazione avviene tra moli dei reagenti.

**Qual è il reagente limitante?** Dal testo del problema si deduce che è l' $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Avvengono  $r$  mol rzn.

Ora il problema da risolvere si riduce a calcolare la quantità e poi le moli di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Utilizziamo la densità come fattore di conversione tra massa e volume: **1 mL slz = 1,015 g slz**

Calcolo dei grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : siccome conosciamo la percentuale in peso, conviene trasformare i 10,00 mL di soluzione di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in grammi. **A quanti grammi corrispondono?**

$$(10,00 \text{ mL slz}) \times (1,015 \text{ g slz/mL slz}) = 10,15 \text{ g slz.}$$

In 10,15 g slz al 2,485% in peso, **quanti grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sono contenuti?**

$$100,0 \text{ g slz} : 2,485 \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 10,15 \text{ g slz} : x \text{ g H}_2\text{SO}_4; x = 2,522 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

**A quante moli corrispondono questa quantità?**

$$2,522 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4 = (2,522 \times 10^{-1} \text{ g H}_2\text{SO}_4) \times (1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 / 98,09 \text{ g H}_2\text{SO}_4) = 2,571 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

In 10,00 mL di soluzione sono contenute  $2,571 \times 10^{-3}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; le stesse moli sono contenute in 100,0 mL.

20,00 mL di soluzione sono prelevate dai 100,0 mL: **quante moli sono contenute in 20,00 mL?**

$$100,0 \text{ mL slz} : 2,571 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 20,00 \text{ mL} : y \text{ mol H}_2\text{SO}_4; y = 5,142 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

$5,142 \times 10^{-4}$  mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reagiscono completamente con NaOH: **qual è il rapporto stechiometrico?**

Dalla reazione bilanciata si può scrivere: 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4 \equiv 2$  mol NaOH

Moli NaOH necessarie:

$$(5,142 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{SO}_4) \times (2 \text{ mol NaOH} / 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4) = 1,028 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

In quanti millilitri di soluzione di NaOH  $1,000 \times 10^{-2}$  M sono contenute queste moli?

$$1000 \text{ mL slz} : 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol NaOH} = z \text{ mL slz} : 1,028 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$z = 102,8 \text{ mL slz}$$

### Il passo in avanti

Anche il cambiare la struttura del problema, rendendolo più facile, non cambia di molto il risultato. Forse è necessario cercare il rimedio in altre direzioni. Da studi svolti risulta che gli studenti che spiegano, argomentano e giustificano i passaggi nella soluzione dei problemi acquisiscono abilità superiori rispetto agli studenti che non si danno spiegazioni: “Good students (those who have greater success at solving problems) tend to study example-exercises in a text by explaining and providing justifications for each action. That is, their explanations refine and expand the conditions of an action, explicate the consequences of an action, provide a goal for a set of actions, relate the consequences of one action to another, and explain the meaning of a set of quantitative expressions.” (Chi, Bassok, Lewis, Reimann, Glaser, 1989, p. 175)

Gli esempi forniti agli studenti devono avere delle caratteristiche diverse rispetto a quanto viene riportato nei libri di testo come esercizi svolti, perché “examples are poorly constructed, in that rationales for each of the actions required are seldom spelled out. This omission results in poor generalization and transfer ... students often prefer to rely on examples, to the exclusion of using textual elaboration of the relevant procedures and principles. Furthermore, there is also evidence showing that students often tend to ignore rationales that are given ... The only mediating factor that can account for these discrepant findings, we postulate, is self-explanations; which can play a significant role in effecting what can be learned from an example. We view examples as an essential instrument from which to learn because they instantiate the principles that the text aims to introduce.” (Chi, Bassok, 1989, pp. 264-265)

La costruzione significativa della conoscenza è essenziale perché “As competence is attained, elements of knowledge become increasingly interconnected, so that proficient individuals access coherent chunks of information rather than fragments. ... experts’ qualitative analysis prior to the execution of solution procedures, which enables them to infer additional relations and constraints defined by the task situation.” (Glaser, 1989, p. 272) Gli esempi risolti forniti devono avere le caratteristiche necessarie a diminuire il carico cognitivo, infatti: “Working memory capacity is overloaded if more than a few chunks of information are processed simultaneously. To overcome the limitations of working memory, hierar-

chically organized, domain-specific long-term memory knowledge structures, or schemas, allow people to categorize multiple elements of information as a single higher level element. Because a schema is treated as a single element or chunk, such high-level elements require less working memory capacity for processing than the multiple, lower level elements they contain, making the working memory load more manageable.” (Kalyuga, Sweller, 2004, p. 558)

La teoria del carico cognitivo (Cognitive Load Theory) sviluppata dal Prof. Sweller ha proposto i ‘Worked examples’ come strumenti didattici per insegnare la capacità di risolvere i problemi ed ha offerto un criterio per stabilire l’apprendimento significativo: “If nothing has changed in long-term memory, nothing has been learned. Instructional procedures that cannot describe what has changed in long-term memory run the risk that nothing has changed and nothing has been learned.” (Sweller, Ayres, Kalyuga, 2011, p. 24) Dobbiamo perciò partire da esempi semplici ed aumentare la difficoltà in modo da non sovraccaricare la memoria di lavoro; aiutiamo gli studenti chiedendo loro di rendere visibile il ragionamento, usando le corrette unità di misura, spiegando, illustrando e argomentando i passaggi e controllando che gli studenti abbiano appreso ciò che volevamo insegnare loro.

### **Worked examples**

L’uso dei Worked examples per aiutare gli studenti a migliorare le loro abilità nel problem solving è stato molto studiato (Sweller, Cooper, 1985; Renkl, 1997; Moreno, 2006; Paas, van Gog, 2006) e si è dimostrato efficace con i miei studenti nel caso delle relazioni tra atomi, molecole, moli e numero di Avogadro. (Cardellini, 2014) Un esempio risolto dovrebbe fornire le informazioni necessarie a comprendere le operazioni necessarie alla soluzione del problema. Un ‘worked example’ oltre a mostrare la sequenza degli step del processo, li commenta, li spiega e fornisce la loro motivazione. I problemi usati in questa esperienza sono riportati in Appendice 2, e risolti secondo il metodo ASV. (Cardellini, 1984) Questa successione nella difficoltà non è generalizzabile: gli insegnanti che volessero utilizzare lo stesso strumento dovrebbero sviluppare il tipo di ‘worked example’ adatti ai loro studenti e ai loro obiettivi formativi. L’aspetto più produttivo di questo approccio è quello di stimolare gli studenti alla riflessione, anche per mezzo della giustificazione dei passaggi e delle formule usate. Siccome molti studenti non sono abituati ad argomentare, viene inviato loro un esempio di argomentazione fornitomi da una studentessa nel caso del calcolo stechiometrico (che precede la densità), riportato in Appendice 1.

L’argomentazione e la routine ‘Potrebbe spiegare con parole sue’ sono mezzi potenti che favoriscono la riflessione sui concetti coinvolti: la soluzio-

ne diventa una operazione cognitiva produttiva e gli studenti che spiegano i passaggi rendendo visibile il ragionamento sono fra quanti con maggiore probabilità risolvono i problemi in modo corretto. (Figura 12) L'idea delle 'Thinking routines' è stata introdotta dai ricercatori del Project Zero della Harvard University. (Ritchhart, Church, Morrison, 2011)

**PROBLEMI DENSITÀ**

POTREBBE SPIEGARE A PAROLE SUE? FOGGIO ④

La densità è un rapporto fra peso e volume ( $\frac{g}{ml}$ ) e può essere usato come fattore di conversione sia come  $\frac{g}{ml}$  sia come  $\frac{ml}{g}$ .

POTREBBE SPIEGARE A PAROLE SUE?

La % in peso indica che su 100 g di soluzione ci sono 23,64 g di HCl, oppure che su 1000 g ci siano 23,64 g di HCl.

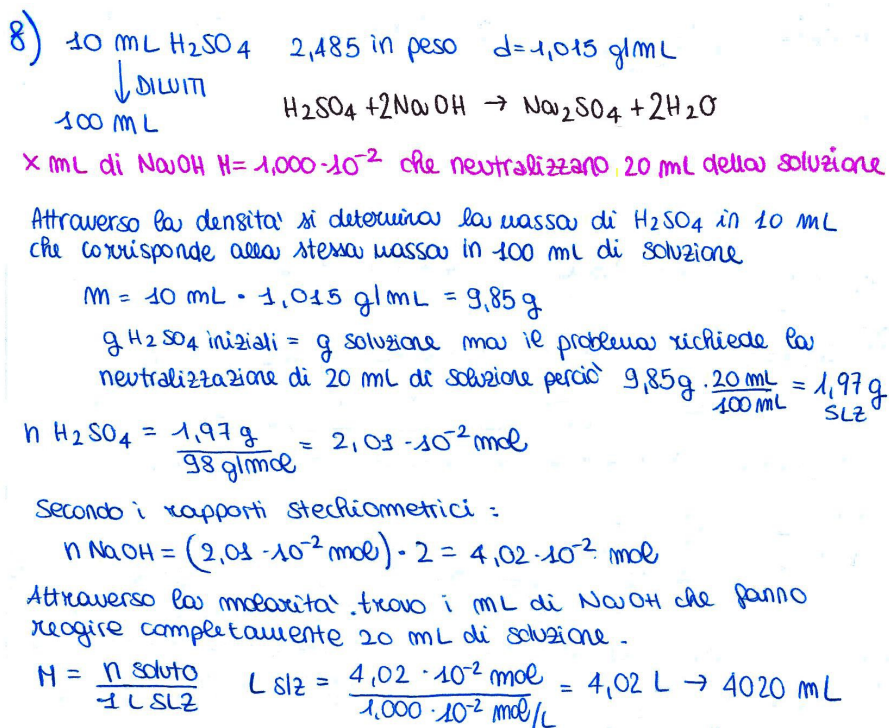
ARGOMENTARE LA DIFFERENZA FRA PROCEDIMENTI:

il 1° procedimento ~~non~~ usa i grammi, mentre il 2° usa i ml di soluzione, si possono applicare entrambi a piacimento.

**Figura 12.** La routine 'Potrebbe spiegare con parole sue' e un cenno di argomentazione.

I risultati di questo approccio sono incoraggianti. I risultati già accettabili ottenuti nei corsi del 2015-16 sono stati migliorati in corso del 2017-18, dove la quasi totalità degli studenti ha risolto in modo corretto i problemi suggeriti nei worked example. Ad esempio, il problema n. 8 è stato risolto da 83 studenti: 79 lo hanno risolto in modo corretto, un errore di calcolo (0,102 mL) e tre con errori concettuali. Riportiamo in Figura 13 uno dei tre, perché è interessante capire l'origine degli errori.

La possibilità di risolvere in modo corretto questi problemi ritenuti complessi dipende dall'impegno che lo studente mette nel comprendere la logica e i ragionamenti necessari per svolgere i vari passaggi, senza tralasciare il necessario allenamento per consolidare e familiarizzare con le nuove conoscenze acquisite. Riportiamo ora i risultati dell'ultimo compito di esame (secondo compito parziale) che ha riguardato un corso di 94 studenti: 67 hanno risolto il problema in modo corretto. Anche se le scuole frequentate in precedenza hanno sempre meno importanza, si può specificare che 32 studenti hanno frequentato la scuola per geometri e 25 provengono dal liceo scientifico.



**Figura 13.** La studentessa utilizza in modo corretto la densità e calcola 1,97 g slz, che nel passaggio successivo diventano grammi di  $H_2SO_4$ . Senz'altro questo errore è dovuto al sovraccarico della memoria di lavoro: lo prova il passaggio (10 mL) x (1,015 g/mL); divide invece di moltiplicare.

Delle 27 soluzioni sbagliate, 18 sono dovute a studenti che non hanno consegnato lo svolgimento dei worked example suggeriti, 17 dei quali avevano fallito il primo scritto parziale e probabilmente erano poco motivati verso l'impegno per riuscire. 6 dei 9 studenti che avevano svolto i worked example hanno ripetuto l'errore fatto e la mancanza di tempo non ha permesso di correggere i loro svolgimenti in tempo utile per rimediare. Invece, 3 studenti hanno commesso nuovi errori. La natura degli errori è già nota:

- In 4 soluzioni risulta l'errore (10,00 mL) x (1,015 g/ mL) = 10,15 g  $H_2SO_4$ .
- 8 studenti neanche provano a risolvere il problema.
- In 3 soluzioni l'errore è dovuto al fattore stechiometrico: 1 mol  $H_2SO_4 = 1$  mol NaOH.



- L'errore dovuto alla diluizione si trova in 5 soluzioni:  $0,252 \text{ g H}_2\text{SO}_4 : 10,00 \text{ mL} = x \text{ g} : 100,0 \text{ mL}$ , oppure l'analogo  $10,00 \text{ mL} : 2,571 \times 10^{-3} \text{ mol} = 100,0 \text{ mL} : x \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ .
- In 3 soluzioni la densità viene usata con la soluzione di  $100,0 \text{ mL}$ :  $(100,0 \text{ mL slz}) \times (1,015 \text{ g slz} / \text{mL slz}) = 101,5 \text{ g slz}$ .
- Infine, qualche calcolo sbagliato del volume di NaOH:  $5,14 \times 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 : 20,00 \text{ mL} = 1,028 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH} : x \text{ mL NaOH}$ , oppure,  $(1,028 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}) \times (1,000 \times 10^{-2}) = 1,028 \times 10^{-5} \text{ L}$ .

Ma ci sono errori multipli, come il seguente ragionamento:

$$10,15 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \equiv 2,571 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \equiv 5,142 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}$$

$$\equiv 2,571 \times 10^{-1} \text{ g NaOH}$$

$$2,571 \times 10^{-1} \text{ g NaOH} : 100,0 \text{ mL} = x \text{ g NaOH} : 20,00 \text{ mL};$$

$$x = 4,114 \times 10^{-2} \text{ g NaOH}$$

$$\text{Calcolo del volume di NaOH: } (4,114 \times 10^{-2} \text{ g NaOH}) / (1,015 \text{ g} / \text{mL}) = 4,053 \times 10^{-2} \text{ mL NaOH}$$

### Engagement

L'apprendimento significativo ha luogo con studenti impegnati nel processo educativo. Anche con insegnanti molto motivati verso l'insegnamento, i traguardi importanti vengono raggiunti in presenza di studenti che desiderano raggiungere quei traguardi e per questo attivano tutte le loro risorse: in questi casi si parla di 'engagement'. Phillip Schlechty (2011, p. 14) definisce l'engagement per mezzo delle sue quattro componenti:

- The engaged student is attentive, in the sense that he or she pay attention and focuses on the tasks associated with the work being done.
- The engaged student is committed. He or she voluntarily ... deploys scarce resources under his or her control ... to support the activity called for by the task.
- The engaged student is persistent. He or she sticks with the task even when it presents difficulties.
- The engaged student finds meaning and value in the tasks that make up the work.

Un importante predittore del successo negli studi è la quantità di tempo che gli studenti spendono nell'essere attivamente impegnati nell'apprendimento. Alcuni studi hanno trovato che l'engagement, determinato dall'interesse e dalla motivazione può in alcuni corsi superare con difficoltà il 50%. (Getting, Walter, 2012) Per impegnarsi nel corso, gli studenti devono

provare una forte motivazione: la motivazione è una componente fondamentale nell'istruzione, come in tutte le attività ove sia necessario un coinvolgimento attivo dei soggetti.

L'interesse e il coinvolgimento è importante perché “When guided by *learning goals*, in contrast to performance goals, students try to gain competence and truly learn what an activity or task can teach them. As you can imagine, if we want our students to gain the deep understanding that comes from exploration and intellectual risk - taking (a learning goal) but they want only to do what is necessary to get a good grade (a performance goal), we may not obtain the kinds of learning behaviors and outcomes that we desire. Indeed, most research suggests that students who hold learning goals, as compared to those who hold performance goals (particularly performance - avoidance goals), are more likely to use study strategies that result in deeper understanding, to seek help when needed, to persist when faced with difficulty, and to seek out and feel comfortable with challenging tasks.” (Ambrose et al., 2010, p. 72)



**Figura 14.** Circa 60.000 problemi risolti dagli studenti e dal sottoscritto tutti corretti. Le soluzioni più interessanti e molti degli errori concettuali vengono commentati in aula.

Certamente molti dei miei studenti sono molto motivati verso il corso di chimica. L'interesse e la motivazione vengono evidenziati dall'impegno profuso nelle varie attività che il corso richiede. Per avere successo all'esame gli studenti devono aver acquisito le conoscenze concettuali e avvicinarsi molto al modo di ragionare del chimico. I processi di chunking nella soluzione dei problemi di stechiometria richiedono il dover risolvere un numero

adeguato di problemi in modo da familiarizzare e fare proprie le strategie e i modi di ragionare del chimico esperto. In Figura 14 è riportato molto del lavoro che gli studenti fanno nei miei corsi: mappe concettuali, riassunti argomentati e moltissimi problemi risolti.

Risolvere problemi è un'attività importante perché richiede l'uso attivo della conoscenza e permette di ripensare e connettere i concetti di teoria, inoltre favorisce l'apprendimento significativo attraverso queste tre componenti dell'acquisizione della conoscenza: "First, when learners engage in the cognitive process of selecting (or selective encoding), they focus attention on relevant piece of the presented information. ...Second, when learners engage in the cognitive process of organizing (or selective combination), they are building internal connections among the selected pieces of information. ...Third, when learners engage in the cognitive process of (or selective comparison), they build external connections between new incoming information and relevant existing knowledge. ...In addition to possessing these kinds of basic learning processes, self-regulated learners must know how to monitor and control these learning processes in order to achieve a desired goal. It follows that effective instructional methods will ensure that students successfully select relevant information, build internal connections, and build external connections. Three kinds of instructional methods aimed at achieving meaningful learning are structure-based methods, generative methods. and analogy-based methods." (Mayer, Wittrock, 1996, pp. 53-54).

Nella Tabella 5 vengono riportati alcuni dati statistici circa il numero di problemi consegnati e la media dei voti all'esame. Il numero di studenti si riferisce sempre agli studenti che completano il corso. Il numero effettivo di studenti è maggiore perché include gli studenti che si ritirano o pospongono l'esame di chimica.

**Tabella 5.** Alcuni dati statistici circa il numero di problemi consegnati, il numero di studenti che ha superato l'esame e la media dei voti all'esame.

Anno	N=	Media	Dev. st.	min/max	Totale	N=	Media	Dev. st.
2009	89	144,7	75,5	37-345	12.881	71	25,8	4,6
2010	63	204,1	97,6	30-437	12.856	61	26,2	4,3
2012	58	115,4	47,2	50-257	6.692	37	25,0	3,7
2012	46	118,7	63,4	20-234	5.461	45	25,0	4,8
2013	49	145,3	87,8	22-373	7.118	42	25,4	4,2
2013	61	133,2	85,1	21-409	8.126	41	24,8	4,2

Negli ultimi anni gli studenti hanno compilato un questionario e fornito commenti sulla conduzione del corso, su possibili miglioramenti e su quanto appreso; le quattro domande con sei risposte sono riportate in Figura 15. Si è usata una scala Likert con sei posizioni, dal valore molto positivo a quello molto negativo in tre casi, mentre nella terza domanda la scala è invertita.

(1) Ripensando al corso di chimica che sta per finire (**Barrare una sola casella per ciascuna riga**)

Ho apprezzato il corso di chimica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non mi è piaciuto il corso di chimica
Ho incontrato delle difficoltà nel corso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Il corso è stato facile
Il corso non è stato utile ai miei obiettivi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Il corso si è dimostrato utile alle mie necessità
Le lezioni sono state interessanti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le lezioni non sono state coinvolgenti

**Figura 15.** Il punteggio risultante da 142 risposte è rispettivamente: 5,21; 3,38; 2,11 e 5,20.

Nel questionario c'era spazio per commenti e suggerimenti. La maggioranza è soddisfatta di come il corso è stato condotto; alcuni lamentano un tempo insufficiente per la soluzione dei problemi in aula, mentre altri vorrebbero più ore dedicate alla teoria. Alcuni hanno sottolineato la mancanza di esperienze fatte in laboratorio. Su questo ultimo punto va detto che non è possibile fare esperienze di laboratorio per la mancanza dei mezzi necessari. Inoltre, il laboratorio aiuterebbe poco a raggiungere gli obiettivi cognitivi del corso. Alcuni commenti:

*Ho trovato il corso alla mia portata e molto stimolante, perché è l'unico corso che fa partecipare i ragazzi, nel senso che li interpella o li chiama alla lavagna. I parziali sono stati utilissimi perché fanno studiare di più la teoria. Ho giocato al gioco perché ho ritenuto opportuno seguire questa materia perché credo sia fondamentale che un ingegnere conosca la chimica.*

*Studente B: Per me la chimica è sempre stata una materia difficile da apprendere e uno scoglio piuttosto grande da superare ed è per questo motivo che mi son voluta mettere in gioco. Dalla soluzione dei problemi ho imparato molto, poiché non era sufficiente applicare le formule, ma richiedevano lo sviluppo di capacità e abilità nel ragionamento.*

*Studente C: Ho trovato il corso stimolante e molto interessante e questo mi ha spinto ad approfondire le conoscenze a casa. I parziali sono stati molto utili perché il programma è molto vasto. Due anni fa mi sono arresa dopo il secondo parziale, ma quest'anno non ho mollato. Ho imparato soprattutto a ragionare, a spendere il tempo necessario per risolverlo e ad avere pazienza nel risolverlo. I commenti e le spiegazioni nella risoluzione dei problemi hanno sicuramente sviluppato in me una maggiore capacità logica. Grazie a lei.*

*Studente D: Ho 'giocato al gioco' motivata dal voler imparare una materia poco trattata alle superiori e dal fatto di poter ricevere dei bonus*

*per i problemi impegnativi risolti e commentati. Ho risolto tutti i problemi da lei proposti e penso di aver imparato molto. Le nuove strategie apprese hanno contribuito molto a sviluppare le mie capacità e abilità nel ragionamento.*

Giunti a questo punto una riflessione è necessaria per comprendere e spiegare le difficoltà con la densità. Sono note le difficoltà degli studenti con i calcoli stechiometrici; Frank Cardulla considerando gli errori nel calcolo del numero di moli e la concentrazione afferma in modo pittoresco “They multiply when they should divide, divide with the wrong number on top, and continually make errors that, from our perspective, no *functioning* human mind could possibly make.” (Cardulla, 1987, p. 519)

Oltre alle considerazioni riportati di Stephen Hawkes (2004) forse delle opportune esperienze di laboratorio condotte tenendo conto dello sviluppo cognitivo degli studenti sarebbero utili e necessarie. (DeMeo, 2001) In aggiunta, forse una parte delle difficoltà sono collegate e originate dalla insufficiente comprensione delle frazioni. Molti studi hanno evidenziato queste difficoltà e si trovano libri per insegnare questo argomento in modo significativo. (Lamon, 2012) Pur in assenza di evidenze, questo fatto non si può escludere poiché risulta che “Fraction and decimal arithmetic are crucial for later mathematics achievement and for ability to succeed in many professions. Unfortunately, these capabilities pose large difficulties for many children and adults, and students’ proficiency in them has shown little sign of improvement over the past three decades.” (Lortie-Forgues, Tian, Siegler, 2015, p. 201)

Come nota finale si può aggiungere che i metodi di insegnamento utilizzati in questa esperienza sono in generale efficaci ed utili agli studenti per sviluppare le loro abilità mentali e apprendere importanti abilità nel problem solving. In uno studio svolto anni orsono, sono stati analizzati i voti di laurea degli studenti e correlati con i voti dell’esame di chimica. Si sono considerati i voti minori o eguali a 21/30 e maggiori o uguali a 27/30. Gli studenti con il voto modesto all’esame di chimica, sfortunatamente con grande probabilità si sono laureati con un voto modesto. Ma gli studenti brillanti in chimica evidentemente hanno continuato a brillare negli altri corsi: il 93,6% dei miei studenti con il voto maggiore o uguale a 27/30 si è laureato con 110/110 o 110/110 e lode. Questa correlazione con i dati degli studenti dei miei colleghi raggiunge il 60-70%. Lo studio statistico è stato svolto considerando circa 5.500 studenti laureati. (Cardellini, 2014)

## **Conclusioni**

Molti studenti hanno bisogno di familiarizzare con i ragionamenti e le strategie adatte per risolvere i problemi. L’esercizio ripetuto in problemi di

crescente difficoltà permette di creare degli schemi mentali che facilitano i processi di chunking rendendo il processo risolutivo poco dispendioso in termini di occupazione della memoria di lavoro. Una definizione operativa consistente stabilisce che “A schema is a vehicle of memory, allowing organization of an individual’s similar experiences in such a way that the individual

- can easily recognize additional experiences that are also similar, discriminating between these and ones that are dissimilar;
- can access a generic framework that contains the essential elements of all of these similar experiences, including verbal and nonverbal components;
- can draw inferences, make estimates, create goals, and develop plans using the framework; and
- can utilize skills, procedures, or rules as needed when faced with a problem for which this particular framework is relevant.” (Marshall, 1995, p. 39)

La costruzione mentale degli schemi richiede molte componenti e il loro trasferimento a situazioni analoghe è un processo delicato. Come risulta da questo studio anche studenti molto motivati e desiderosi di raggiungere mete elevate possono commettere errori, anche applicando procedure corrette.

La comprensione profonda e operativa della densità rimane difficile ed è anche connessa con la propensione degli individui a ragionare e riflettere: in tempi in cui anche lo studio va fatto in fretta, il successo degli studenti nei problemi complessi dipende dalle caratteristiche umane e professionali di noi insegnanti e dalle strategie che riusciamo a trasferire ai nostri studenti.

Probabilmente tutti gli insegnanti che hanno un impatto in qualche modo conquistano i loro studenti mettendo in pratica il suggerimento di Dudley Herron: “The real question is how one can get students interested in learning—more correctly, interested in learning those things that adults deem worthwhile. Seduction, I think.” (Cardellini, 2002, p. 57)

### **Ringraziamenti**

Ringrazio Manuela Felicetti, Istituto Comprensivo “G. Lucatelli”, Tolentino (MC) per la routine “Lo spiego con parole mie” e Roald Hoffmann, Department of Chemistry and Chemical Biology della Cornell University, Ithaca, NY, per il suggerimento di utilizzare il ragionamento in procedure inverse per consolidare le acquisizioni cognitive.

### **Bibliografia**

S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works: seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2010.

- A. Baddeley, Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 2012, **63** (1), 1-29.
- H. A. Bent, Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1984, **61** (9), 774-777.
- L. Bird, Logical reasoning ability and student performance in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2010, **87** (5), 541-546
- G. M. Bodner, The role of algorithms in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*, 1987, **64** (6), 513-514.
- D. M. Bunce, K. D. Hutchinson, The Use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1993, **70** (3), 183-187.
- L. Cardellini, Il metodo ASV per risolvere i problemi chimici. *La Chimica nella Scuola*, 1984, **6** (1), 4-6.
- L. Cardellini, An interview with J. Dudley Herron. *Journal of Chemical Education*, 2002, **79** (1), 53-59.
- L. Cardellini, The foundations of radical constructivism: An interview with E. von Glasersfeld. *Foundations of Chemistry*, 2006, **8** (2), 177-187.
- L. Cardellini, Problem solving through cooperative learning in the Chemistry classroom. In I. Devetak, S. A. Glazar, (Eds.), *Learning with understanding in the Chemistry classroom*, (pp. 149-163). Dordrecht: Springer, 2014.
- L. Cardellini, Problem Solving: How can we help students overcome cognitive difficulties. *Journal of Technology and Science Education*, 2014, **4** (4), 237-249.
- L. Cardellini, Fundamental reasonings in problem solving. In D. Trivic (Ed.), *University chemistry education for the challenges of contemporary society*, 7th European Variety in University Chemistry Education. Book of Abstract: Belgrade, June 2017.
- L. Cardellini, R. M. Felder, L'apprendimento cooperativo: un metodo per migliorare la preparazione e l'acquisizione di abilità cognitive negli studenti. *La Chimica nella Scuola*, 1999, **21** (1), 18-25.
- F. Cardulla, Solving chemistry problems without utilizing the factor label approach. *Journal of Chemical Education*, 1987, **64** (6), 519-520.
- D. K. Carson, Counseling. In M. A. Runco, S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopedia of creativity*, Vol. 1 (pp. 395-402). Academic Press: San Diego, Ca, 1999.
- M. T. H. Chi, P. J. Feltovich, R. Glaser, Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 1981, **5** (2), 121-152.
- M. T. H. Chi, R. Glaser, E. Rees, Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (vol. 1, pp. 7-76). Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1982.
- M. T. H. Chi, R. Glaser, Overview. In M. T. H. Chi, R. Glaser, M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. xv-xxviii). Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1988.

- M. T. H. Chi, M. Bassok, Learning from examples via self-explanations. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 251-282). Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989.
- M. T. H. Chi, M. Bassok, M. Lewis, P. Reimann, R. Glaser, Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 1989, **13**, 145-182.
- J. Cohen, M. Kennedy-Justice, S. Pai, C. Torres, R. Toomey, E. DePierro, F. Garafalo, Encouraging meaningful quantitative problem solving. *Journal of Chemical Education*, 2000, **77** (9), 1166-1173.
- N. Cowan, The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 2010, **19** (1), 51-57.
- C. H. Corwin, *Introductory chemistry. Concepts and critical thinking*, 8th Ed. Pearson Education: New York, 2018
- A. Cropley, In praise of convergent thinking. *Creativity Research Journal*, 2006 **18** (3), 391-404.
- C. H. Crouch, E. Mazur, Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 2001, **69** (9), 970-977.
- B. Csapó, Improving thinking through the content of teaching. In J. H. M. Hamers, J. E. H. van Luit, B. Csapo (Eds.), *Teaching and learning thinking skills* (pp. 37-62) Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands, 1999.
- E. Danili, N. Reid, Assessment formats: do they make a difference? *Chemistry Education Research and Practice*, 2005, **6** (4), 204-212.
- S. DeMeo, Beyond density: An inquiry-based activity involving students searching for relationships. *Journal of Chemical Education*, 2001, **78** (2), 201-203.
- J. Dewey, *How we think. A restatement of the relations of reflective thinking to the educative process*. Heath: Boston, 1933.
- K. Duncker, On problem-solving. *Psychological Monographs*, 1945, **58** (270), i-113.
- H. El-Banna, The development of a predictive theory of science education based upon information processing theory, University of Glasgow: Ph.D. thesis, 1987.
- K. A. Ericsson, R. T. Krampe, C. Tesch-Romer, The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 1993, **100** (3), 363-406.
- J. Funke, Solving complex problems: Exploration and control of complex systems. In R. J. Sternberg, P. A. Frensch (Eds.), *Complex problem solving: Principles and mechanisms* (pp. 185-222). Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1991.
- A. Garnham, J. Oakhill, *Thinking and reasoning*. Blackwell: Oxford, UK, 2001.
- M. Gettinger, M. J. Walter, Classroom strategies to enhance academic engaged time. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 652-673). Springer: New York, 2012.



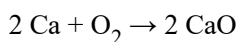
- R. Glaser, Expertise and learning: How do we think about instructional processes now that we have discovered knowledge structures? In D. Klahr, K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 269-282). Erlbaum: Hillsdale, NJ, 1989.
- J. Hattie, H. Timperley, The power of feedback. *Review of Educational Research*, 2007, **77** (1), 81-112.
- J. Hattie, M. Gan, Instruction based on feedback. In R. E. Mayer, P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 249-271). Routledge: New York, 2011.
- S. J. Hawkes, The concept of density. *Journal of Chemical Education*, 2004, **81** (1), 14-15.
- A. H. Johnstone, Chemical education research. Facts, findings, and consequences. *Journal of Chemical Education*, 1983, **60** (11), 968-971.
- A. H. Johnstone, Chemistry teaching - Science or alchemy? 1996 Brasted lecture. *Journal of Chemical Education*, 1997, **74** (3), 262-268.
- A. H. Johnstone, Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 2006, **7** (2), 49-63.
- A. H. Johnstone, H. El-Banna, Capacities, demands and processes - a predictive model for science education. *Education in Chemistry*, 1986, **23** (3), 80-84.
- A. H. Johnstone, H. El-Banna, Understanding learning difficulties - A predictive research model. *Studies in Higher Education*, 1989, **14** (2), 159-168.
- A. H. Johnstone, W. R. Hogg, P. R. P. MacGuire, S. H. Raja, How long is a chain? Reasoning in science. *School Science Review*, 1997, **78** (285), 73-77.
- S. Kalyuga, J. Sweller, Measuring knowledge to optimize cognitive load factors during instruction. *Journal of Educational Psychology*, 2004, **96** (3), 558-568.
- M. Knauff, A. G. Wolf, Complex cognition: the science of human reasoning, problem-solving, and decision-making. *Cognitive Processing*, 2010, **11** (2), 99-102.
- D. R. Krathwohl, A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 2002, **41** (4), 212-218.
- J. H. Larkin, The role of problem representation in Physics. In D. Gentner, A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 75-98). Earlbaum: Hillsdale, NJ, 1983.
- S. J. Lamon, *Teaching fractions and ratios for understanding: essential content knowledge and instructional strategies for teachers*, 3rd Ed. Routledge: New York, 2012.
- X. Lin, R. S. Siegler, F. R. Sullivan, Students' goals influence their learning. In D. D. Preiss, R. J. Sternberg (Eds.), *Innovations in educational psychology. Perspectives on learning, teaching, and human development* (pp. 79-105). Springer: New York, 2010.
- H. Lortie-Forgues, J. Tian, R. S. Siegler, Why is learning fraction and decimal arithmetic so difficult? *Developmental Review*, 2015, **38**, 201-221.
- S. P. Marshall, *Schemas in problem solving*. Cambridge University Press: New York, 1995.

- R. E. Mayer, Human nonadversary problem solving. In K. J. Gilhooly (Ed.), *Human and machine problem solving* (pp. 39-56). Plenum Press: New York, 1989.
- R. E. Mayer, M. C. Wittrock, Problem-solving transfer. In D. C. Berliner, R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 47-62). Macmillan: New York, 1996.
- E. Mazur, *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall: New Jersey, 1997.
- G. A. Miller, The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 1956, **63** (2), 81-97.
- R. Moreno, When worked examples don't work: Is cognitive load theory at an impasse? *Learning and Instruction*, 2006, **16** (2), 170-181.
- A. Newell, H. A. Simon, *Human problem solving*, Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1972.
- M. Niaz, Dimensional analysis: a neo-Piagetian evaluation of M-demand of chemistry problems. *Research in Science and Technological Education*, 1989, **7** (2), 153-170.
- M. Niaz, J. D. Herron, A. J. Phelps, The effect of context on the translation of sentences into algebraic equations. *Journal of Chemical Education*, 1991, **68** (4), 306-309.
- M. Niaz, R. H. Logie, Working memory, mental capacity and science education: toward an understanding of the 'Working memory overload hypothesis'. *Oxford Review of Education*, 1993, **19** (4), 511-525.
- F. Paas, T. van Gog, Optimising worked example instruction: Different ways to increase germane cognitive load. *Learning and Instruction*, 2006, **16** (2), 87-91.
- J. N. Pienta, How do we measure success in introductory college chemistry? *Journal of Chemical Education*, 2017, **94** (3), 265-266.
- P. R. Pintrich, D. A. F. Smith, T. Garcia, W. J. Mckeachie, Reliability and predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement*, 1993, **53** (3), 801-813.
- N. Reid, Working memory and science education: conclusions and implications. *Research in Science & Technological Education*, 2009, **27** (2), 245-250.
- N. Reid, M.-J. Yang, The solving of problems in chemistry: the more open-ended problems, *Research in Science & Technological Education*, 2002, **20** (1), 83-98.
- A. Renkl, Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 1997, **21** (1), 1-29.
- K. A. Renninger, S. E. Hidi, *The power of interest for motivation and engagement*. Routledge/Taylor & Francis Group: New York, 2016.
- R. Ritchhart, M. Church, K. Morrison, *Making thinking visible: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2011.

- V. Roadrangka, R. H. Yeany, M. J. Padilla, The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT), Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas, April, 1983.
- C. Rodgers, Defining reflection: Another look at John Dewey and reflective thinking. *Teachers College Record*, 2002, **104** (4), 842-866.
- J. W. Santrock, *Educational psychology*, 5th ed. McGraw-Hill, New York, 2011.
- P. C. Schlechty, *Engaging students. The next level of working on the work*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2011.
- D. J. Shernoff, *Optimal learning environments to promote student engagement*. Springer: New York, 2013.
- P. J. Silvia, Interest-The curious emotion. *Current Directions in Psychological Science*, 2008, **17** (1), 57-60.
- H. A. Simon, How big is a chunk? By combining data from several experiments, a basic human memory unit can be identified and measured. *Science*, 1974, **183** (4124), 482-488.
- H. A. Simon, W. G. Chase, Skill in chess. *American Scientist*, 1973, **61** (July-August), 394-403.
- R. J. Sternberg, D. K. Detterman, (Eds.), *What is intelligence? Contemporary views on its nature and definition*. Ablex: Norwood, NJ, 1986.
- M. Stuckey, A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, I. Eilks, The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, **2013**, *49* (1), 1-34.
- J. Sweller, G. A. Cooper, The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 1985, **2** (1), 59-89.
- J. Sweller, P. Ayres, S. Kalyuga, *Cognitive load theory*. Springer: New York, 2011.
- R. Taconis, M.G.M. Ferguson-Hessler, H. Broekkamp, Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 2001, **38** (4), 442-468.
- R. W. White, Motivation reconsidered: The concept of competence. *Psychological Review*, 1959, **66** (5), 297-333.
- H. A. Witkin, *Psychological differentiation: studies of development*, Wiley: New York, 1974.
- H. A. Witkin, D. R. Goodenough, *Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence*, International Universities Press: New York, 1981.
- B. J. Zimmerman, D. H. Schunk, Self-regulated learning and performance. An introduction and an overview. In B. J. Zimmerman, D. H. Schunk, (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 1-12). Routledge: New York, 2011.

**APPENDICE 1****Ragionamento visibile e argomentazione**

L'idea del ragionamento visibile è stata avanzata da John Hattie e molto prima dal Project Zero della Harvard Graduate School of Education ed è un aspetto rilevante dell'apprendimento significativo. Vengono riportati dei commenti che auto-spiegano quello che avviene nella mente quando si ragiona. La invito a fare altrettanto nei prossimi problemi che lei risolverà.



**Perché si scrive questa equazione? Perché si bilancia questa equazione? Si scrive questa equazione per avere una definizione formale del problema, ma soprattutto perché è necessario conoscere i rapporti stechiometrici tra i vari elementi/composti che compaiono nella reazione. L'equazione chimica bilanciata è il riferimento logico generale su cui si basa e si articola il calcolo stechiometrico.**

1 mol Ca = 40,08 g Ca; 1 mol O = 16,00 g O  
1 mol O<sub>2</sub> = 32,00 g O<sub>2</sub>; 1 mol CaO = 56,08 g CaO

**Da dove derivano questi dati? I grammi sono la massa di una mole di quel dato elemento e questi dati derivano dalla massa del Carbonio-12.**

Grammi di reagenti: 80,16 g Ca + 32,00 g O<sub>2</sub> = 112,16 g

Grammi di prodotto: 112,16 g CaO

(2 mol Ca) x (40,08 g Ca/1 mol Ca) : (2 mol CaO) x (56,08 g CaO/1 mol CaO)  
= 10,00 g Ca : x g CaO

80,16 g Ca : 112,16 g CaO = 10,00 g Ca : x g CaO

x = 13,99 g CaO

**Perché si sono eseguiti questi calcoli? Sono stati fatti questi calcoli sfruttando i rapporti stechiometrici ricavati dalla reazione. Sapendo che 2 moli di Ca reagiscono con 1 mole di O<sub>2</sub> e conoscendo la massa di 1 mole di Ca e di O<sub>2</sub>, è possibile impostare quella proporzione.**

**VERIFICA**

Grammi di Ca che hanno reagito: 10,00g

Grammi di O<sub>2</sub> che hanno reagito:

(2 mol Ca) x (40,08 g Ca/mol Ca) : (1 mol O<sub>2</sub>) x (32,00 g O<sub>2</sub>/mol O<sub>2</sub>) = 10,00 g

Ca : x g O<sub>2</sub>

80,16 g Ca : 32,00 g O<sub>2</sub> = 10,00 g Ca : x g O<sub>2</sub>

x = 3,992 g O<sub>2</sub>

10,00 g Ca + 3,992 g O<sub>2</sub> = 13,99 g

**Perché si fa la verifica in questo modo?** La verifica viene fatta sfruttando il principio di conservazione della massa, ovvero la quantità di sostanza rimane la stessa all'inizio e al termine di qualsiasi reazione.

2 mol Ca reagiscono con 1 mol O<sub>2</sub> formando 2 mol CaO.

10,00 g Ca = (10,00 g Ca) / (40,08 g Ca/mol Ca) = 2,495x10<sup>-1</sup> mol Ca

RL: Ca (RL significa **reagente limitante**: RL: Ca significa che il reagente limitante è il calcio)

**Perché il reagente limitante è il calcio?** Perché tutte le moli di Ca nel corso della reazione sono impiegate per formare CaO, mentre l'O<sub>2</sub> è in eccesso.

r = mol rzn (mol rzn significa **moli di reazione che avvengono**)

(2)r mol Ca reagiscono con (1)r mol O<sub>2</sub> per dare (2)r mol CaO.

**Perché davanti a mol Ca c'è 2r, mentre davanti a mol O<sub>2</sub> c'è (1)r?** Perché si deve tener conto dei coefficienti nella reazione bilanciata, che ci indicano le moli degli elementi/composti che reagiscono e quelle che si ottengono dopo la reazione.

Moli di Ca che reagiscono: 2r mol per ogni mol rzn

Moli di O<sub>2</sub> che reagiscono: r mol per ogni mol rzn

Moli di CaO formate: 2r mol per ogni mol rzn

Mol rzn = (2,495x10<sup>-1</sup> mol Ca) / (2 mol Ca/1 mol rzn) = 1,2475x10<sup>-1</sup> mol rzn

**Potrebbe spiegare con parole sue questi passaggi?** La reazione bilanciata ci suggerisce quei rapporti tra le moli di reagenti e le moli di reazione e tra le moli di prodotto che si formano per ogni mole di reazione. Conoscendo le moli di Ca, siamo in grado, sfruttando le relazioni scritte, di calcolare le moli di reazione ovvero il valore di r.

Dopo che la reazione è avvenuta, abbiamo:

moli di Ca = 2,495 x10<sup>-1</sup> mol Ca - 2r mol Ca = 0

moli di O<sub>2</sub> = eccesso O<sub>2</sub> - r mol O<sub>2</sub> = qualunque numero maggiore di 0 mol O<sub>2</sub>

moli di CaO prodotto = 2r mol CaO = (2 mol CaO/1 mol rzn) x (1,2475x10<sup>-1</sup> mol rzn) = 2,495x10<sup>-1</sup> mol CaO

**Potrebbe spiegare con parole sue questi passaggi?** Per conoscere le moli di reagenti che rimangono dopo la reazione si sottraggono dalle moli iniziali le moli che hanno reagito, tenendo conto delle relazioni scritte prima; per conoscere le moli di prodotti che si sono formate basterà usare la relazione scritta sopra.

**APPENDICE 2****Imparare dagli esempi**

In ciò che segue troverà 11 problemi, alcuni dei quali risolti. Il suo compito consiste nel considerare la soluzione dei problemi risolti, comprendere i passaggi e darsene una spiegazione logica utilizzando le spiegazioni riportate.

Poi, quando sente di aver compreso il processo, risolvere gli altri problemi a difficoltà crescente, spiegando ogni passaggio che lei esegue. La spiegazione dovrebbe rendere visibile il ragionamento che utilizza. Spiegando, dimostrando, argomentando, illustrando, acquisirà la consapevolezza del ragionamento da utilizzare. Avrei piacere di sapere se la procedura suggerita le è stata utile e in che maniera.

**Problema 1**

Una soluzione di acido cloridrico al 2,364% in peso ha densità 1,010 g/mL. Calcolare quanti grammi di HCl sono contenuti in 250 mL di tale soluzione.

**1 DFP**

Riflessione: a cosa si riferisce la densità? Alla soluzione acquosa di HCl: acqua + HCl. La densità è il rapporto tra massa e volume di soluzione. Per enfatizzare questo fatto, per la densità utilizziamo le unità g slz/mL slz. La densità può essere considerata un fattore di conversione: 1 mL slz = 1,045 g slz. È il peso in grammi di un millilitro di soluzione. Come sempre, possiamo considerare due fattori di conversione: 1 mL slz/1,010 g slz e 1,010 g slz/1 mL slz.

**Potrebbe spiegare con parole sue queste considerazioni?**

**2 SIA**

Significato di per cento in peso: è un modo per esprimere la concentrazione delle soluzioni. Una soluzione acquosa al 2,364% in peso significa che in 100,0 g di soluzione sono contenuti 2,364 g di HCl.

Per calcolare i grammi di HCl contenuti in 250 mL di soluzione si possono usare diversi ragionamenti simili. Siccome la densità è un fattore di conversione tra massa e volume, possiamo ragionare sui grammi di soluzione, oppure sui millilitri di soluzione.

**Potrebbe spiegare con parole sue queste considerazioni?**

**3 CVI**

1. Ragioniamo con i grammi. A quanti grammi corrisponde il volume di 250 mL di tale soluzione? Usiamo la densità in modo che a numeratore abbia l'unità di misura incognita (grammi) e a denominatore quella nota: mL.

$$250 \text{ mL di soluzione} = (250 \text{ mL slz}) \times (1,010 \text{ g slz/1 mL slz}) = 252,5 \text{ g slz}$$

Sappiamo che in 100,0 g di soluzione sono contenuti 2,364 g di HCl: quanti in 252,5 g slz?

$$100,0 \text{ g slz} : 2,364 \text{ g HCl} = 252,5 \text{ g slz} : x \text{ g HCl}$$

$$x = 5,969 \text{ g HCl}$$

2. Ragioniamo con i millilitri di soluzione. Trasformiamo il per cento in peso in un volume. Usiamo la densità nella forma 1 mL slz/1,010 g slz.

$$100,0 \text{ g di soluzione} = (100,0 \text{ g slz}) \times (1 \text{ mL slz}/1,010 \text{ g slz}) = 99,01 \text{ mL slz}$$

99,01 mL slz contengono 2,364 g di HCl: quanti grammi di HCl sono contenuti in 250 mL di soluzione?

$$99,01 \text{ mL slz} : 2,364 \text{ g di HCl} = 250 \text{ mL slz} : y \text{ g di HCl}$$

$$y = 5,969 \text{ g HCl}$$

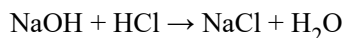
Potrebbe argomentare sulla differenza circa i due procedimenti? Quale delle due maniere lei preferisce?

### Problema 2

10,00 g di NaOH vengono fatti reagire con 450,0 mL di soluzione di acido cloridrico al 2,364% in peso (densità 1,010 g/mL). Calcolare quanti grammi di NaCl si formano se la reazione avviene completamente.

1 DFP

Avviene la reazione:



Mettiamoci nella situazione di utilizzare la procedura che ci è nota.

2 SIA

Se conoscessimo i grammi di HCl contenuti in 450,0 mL di soluzione di acido cloridrico al 2,364% in peso ha densità 1,010 g/mL, diverrebbe un problema molto semplice. Calcoliamo i grammi di HCl contenuti in 450,0 mL di soluzione.

$$450,0 \text{ mL di soluzione} = (450,0 \text{ mL slz}) \times (1,010 \text{ g slz/mL slz}) = 454,5 \text{ g slz}$$

$$100,0 \text{ g slz} : 2,364 \text{ g HCl} = 454,5 \text{ g slz} : x \text{ g HCl}$$

$$x = 10,74 \text{ g HCl}$$

(PM): 1 mol NaOH = 40,00 g NaOH; 1 mol HCl = 36,46 g HCl; 1 mol NaCl = 58,44 g NaCl.

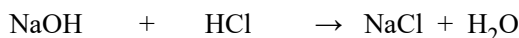
3 CVI

Ridefiniamo il problema. 10,00 g di NaOH vengono fatti reagire con 10,74 g HCl. Calcolare quanti grammi di NaCl si formano se la reazione avviene completamente.

1. Calcolo delle moli

$$10,00 \text{ g NaOH} = (10,00 \text{ g NaOH}) \times (1 \text{ mol NaOH}/40,00 \text{ g NaOH}) = 2,500 \times 10^{-1} \text{ mol NaOH}$$

$$10,74 \text{ g HCl} = (10,74 \text{ g HCl}) \times (1 \text{ mol HCl}/36,46 \text{ g HCl}) = 2,947 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}$$



$$p \quad 2,500 \times 10^{-1} \quad 2,947 \times 10^{-1} \quad 0 \quad 0$$

avvengono r moli di reazione:

$$d \quad 2,500 \times 10^{-1} - r \quad 2,947 \times 10^{-1} - r \quad r \quad r$$

$$r = 2,500 \times 10^{-1} \text{ mol rzn}$$

Moli di NaCl prodotte:  $(2,500 \times 10^{-1} \text{ mol rzn}) \times (1 \text{ mol NaCl} / 2,500 \times 10^{-1} \text{ mol rzn}) = 2,500 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}$

$$2,500 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl} = (2,500 \times 10^{-1} \text{ mol NaCl}) \times (58,44 \text{ g NaCl/mol NaCl}) = 14,61 \text{ g NaCl}$$

Siccome è compreso tra 10 e 20 g, il risultato è accettabile. Fare la verifica.

Una domanda. Volendo utilizzare il risultato del problema 1, si poteva fare il ragionamento che segue?

$$250 \text{ mL slz} : 5,969 \text{ g HCl} = 450 \text{ mL slz} : y \text{ g HCl}$$

Perché?

### Problema 3

Una soluzione di idrossido di sodio al 4,655% in peso ha densità 1,050 g/mL. Calcolare i grammi di NaOH [40,00 g NaOH/mol NaOH] in 100,0 mL di soluzione.

### Problema 4

Una soluzione di acido cloridrico al 2,364% in peso ha densità 1,010 g/mL. Calcolare la molarità di tale soluzione.

### Problema 5

10,00 g di NaOH vengono fatti reagire con 450,0 mL di soluzione di acido cloridrico al 2,364% in peso (densità 1,010 g/mL). Calcolare i grammi di NaCl che si formano, utilizzando una diversa procedura.

1 DFP

Possiamo utilizzare le procedure apprese per la concentrazione delle soluzioni. Volume di soluzione di HCl → grammi di HCl → moli di HCl → molarità della soluzione

Poi, dalle moli di NaOH calcoliamo il volume di soluzione di HCl necessario.

2 SIA

Utilizzando i dati del problema precedente, sappiamo che in 450,0 mL di soluzione sono contenute  $2,743 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}$

Calcolo della molarità della soluzione di HCl:

$$2,743 \times 10^{-1} \text{ mol HCl} = (2,743 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}) \times (1 \text{ M} / 450,0 \text{ mL slz}) \times (10^{-3} \text{ mL/L}) = 6,095 \times 10^{-1} \text{ M}$$

3 CVI

Dal problema precedente, sappiamo che avvengono  $2,500 \times 10^{-1} \text{ mol rzn}$

In che volume di soluzione di HCl sono contenute  $2,500 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}$ ?

$$1000 \text{ mL} : 6,095 \times 10^{-1} \text{ mol HCl} = x \text{ mL} : 2,500 \times 10^{-1} \text{ mol HCl}$$

$$x = 1,524 \times 10^{-2} \text{ mL}$$



**VERIFICA**

...

**Consolidiamo i concetti****Problema 6**

Consideriamo 250 mL di una soluzione acquosa di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 4,50% in peso, che ha densità di 1,045 g/mL. Calcolare quanti millilitri di soluzione di HCl  $1,00 \times 10^{-1}$  M sono necessari per neutralizzare tale soluzione.

1 DFP

(PM): 106,0 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ /mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 36,46 g HCl/mol HCl.

‘Neutralizzare’ è una parola del gergo chimico che significa ‘reagire completamente con’. Riflessione: a cosa si riferisce la densità? Alla soluzione acquosa di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : acqua +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  in soluzione (slz). Per enfatizzare questo fatto, per la densità utilizziamo le unità g slz/mL slz.

La densità può essere considerata un fattore di conversione = 1,045 g slz/mL slz. È il peso in grammi di un millilitro di soluzione: 1 mL slz = 1,045 g slz. Come sempre, possiamo considerare due fattori di conversione: 1 mL slz/1,045 g slz.

**Potrebbe spiegare con parole sue queste considerazioni?**

2 SIA

Per risolvere il problema si possono usare diversi ragionamenti.

Significato di per cento in peso: è un modo per esprimere la concentrazione delle soluzioni. Una soluzione acquosa al 4,50% in peso significa che in 100 g di soluzione sono contenuti 4,50 g di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Siccome la densità può essere considerata un fattore di conversione, possiamo ragionare riferendoci ad 1 L di soluzione, oppure riferendoci a 250 mL di soluzione.

3 CVI

La massa di 1,000 L è:

$$(1,045 \text{ g slz/mL slz}) \times (1000 \text{ mL slz/L slz}) = 1045 \text{ g slz/L slz}$$

È importante comprendere che è il peso in grammi di 1 L di soluzione

$$100 \text{ g slz} : 4,50 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 = 1045 \text{ g slz/L slz} : x \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

$$x = 47,025 \text{ g Na}_2\text{CO}_3/\text{L slz}$$

Possiamo usare la proporzionalità tra volume della soluzione e concentrazione:

$$1000 \text{ mL slz} : 47,025 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 = 250 \text{ mL slz} : y \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

$$y = 11,76 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \text{ contenuti in } 250 \text{ mL di soluzione.}$$

*Secondo procedimento.*

A quanti grammi corrispondono 250 mL di soluzione?

$$250 \text{ mL slz} = (250 \text{ mL slz}) \times (1,045 \text{ g slz/mL slz}) = 261,25 \text{ g slz}$$

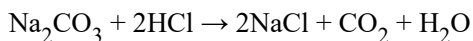
È importante comprendere che è il peso in grammi di 250 mL di soluzione. Quanti sono i grammi di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  se la soluzione acquosa è al 4,50% in peso?

100 g slz: 4,50 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = 261,25 g slz: y

y = 11,76 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

**Ridefinizione del problema:** Calcolare quanti millilitri di soluzione di HCl  $1,00 \times 10^{-1}$  M sono necessari per reagire completamente con 11,76 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Avviene la reazione:



Possiamo calcolare la molarità della soluzione: incominciamo col calcolare il numero di moli.

11,76 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  = (11,76 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) x (mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ /106,0 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) =  $1,109 \times 10^{-1}$  mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (in 250 mL slz)

$[\text{Na}_2\text{CO}_3]$  = ( $1,109 \times 10^{-1}$  mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) / [(250 mL slz) x ( $10^{-3}$  L/mL slz)] =  $4,436 \times 10^{-1}$  M

**Ridefinizione del problema:** Calcolare quanti millilitri di soluzione di HCl  $1,00 \times 10^{-1}$  sono necessari per reagire completamente con 250 mL di soluzione di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   $4,436 \times 10^{-1}$  M. Ci sono diverse maniere per risolvere il problema: più ne utilizza, più impara.

### Problema 7

Vengono sciolti 1,261 g di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [98,09 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ] in 49,49 g  $\text{H}_2\text{O}$  e la densità della soluzione è 1,015 g/mL. Qual è la molarità della soluzione.

### Problema 8

10,00 mL di una soluzione di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 2,485% in peso (densità 1,015 g/mL) vengono diluiti a 100,0 mL. Calcolare quanti millilitri di NaOH  $1,000 \times 10^{-2}$  M sono necessari per neutralizzare 20,00 mL della soluzione di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  prima preparata.

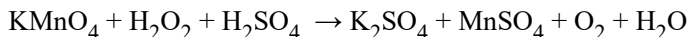
M. a. r.: H=1,008; O=16,00; Na=22,99; S=32,07. Pesi molecolari: 98,09 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 40,00 g NaOH/mol NaOH

Alcune utili considerazioni per chi si trovasse in difficoltà. Quanti grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sono contenuti nei 10,00 mL di soluzione? Cosa significa diluire? Quanti grammi di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sono contenuti nei 20,00 mL di soluzione? Per chi si trovasse in difficoltà, non arrendersi. Utilizzi la strategia che sente più familiare. Si trova più a suo agio con i grammi? Ridefinisca il problema utilizzando i grammi.

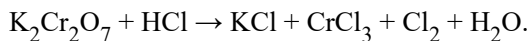
**Problema 9**

5,00 g di acqua ossigenata [34,02] al 30,0% in peso (densità 1,112 g/mL) vengono fatti reagire con 5,00 g di permanganato di potassio [158,04] e con 25,0 g di acido solforico [98,09]. Calcolare quanti sono i grammi di ossigeno prodotti.

Avviene la reazione:

**Problema 10**

300,0 mL di  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,1000 M vengono fatti reagire con 250,0 mL di HCl [36,46] al 5,408 % e densità 1,025 g/mL. Calcolare i grammi di cloro che si formano secondo la reazione:

**Problema 11**

X mL di una soluzione di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [98,09] al 4,000% in peso (densità 1,025 g/mL) vengono diluiti a 100,0 mL. 10,00 mL di questa soluzione reagiscono con 41,80 mL di NaOH  $1,000 \times 10^{-2}$  M. Calcolare il valore di X.



## **Dalla Divisione di Didattica**

a cura dalla redazione di CnS

### **Un saluto ai soci e lettori da parte del past-President e della Presidente della Divisione di Didattica della SCI**

#### **Cari Soci,**

come tutti saprete a gennaio c'è stato il rinnovo della Presidenza e del Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica della SCI (DDSCI). Il past President e la nuova Presidente vi scrivono assieme per sottolineare che non si tratterà di un vero e proprio passaggio di consegne, cancellando con un colpo di spugna quanto è stato fatto in passato; questa firma congiunta testimonia il desiderio di mantenere con la passata Presidenza una continuità di intenti e di programmi da perseguire.

In continuità con il passato anche quest'anno la DDSCI organizzerà (da sola o con altri soggetti) quattro eventi nazionali: il Congresso di Divisione (Bologna, nel periodo 31/10 - 3/11), SPAIS (22-27 luglio), la Scuola Segre (Bologna, 4-7 luglio) e la Scuola di San Miniato (all'inizio di settembre). Seguiranno informazioni più dettagliate su queste iniziative, ma già da ora, se avete suggerimenti e/o intenzione di partecipare, scriveteci.

Ovviamente la nuova Presidente e il nuovo Consiglio Direttivo aggiungeranno anche altri fronti e si porranno delle ulteriori priorità.

La principale di queste è un ancor più stretto rapporto tra la base e i vertici della Divisione. La scarsa partecipazione all'elezione dei nuovi organi dirigenti della Divisione, infatti, è un campanello di allarme da non sottovalutare.

Alle comunicazioni inviate dalla precedente Presidenza/Direttivo intendiamo aggiungere l'invio personale dei Verbali dei Consigli Direttivi (il primo del nuovo Direttivo è allegato a questo messaggio) e sistematicamente (sperabilmente ogni tre mesi) ciascuno di voi riceverà anche un rapporto delle azioni intraprese dal Direttivo.

Occorre, tuttavia, anche uno sforzo di partecipazione da parte vostra. In particolare, gli insegnanti delle scuole di ogni ordine e grado ci segnalino situazioni di sofferenza e campi dove noi possiamo cercare di intervenire. La situazione scolastica della chimica è a noi tutti ben nota e molti sono stati (e continueranno ad esserci) i tentativi di cercare di modificarla tramite il MIUR, ma non sarà facile. Nel verbale accluso troverete anche delle informazioni sul nascente Liceo Scientifico a *curvatura Biomedica* che la Divisione di Didattica intende seguire con attenzione.

Aiutateci a lavorare meglio e più proficuamente.

Saluti

Margherita Venturi  
Presidente DDSCI

Giovanni Villani  
Past President DDSCI

## **VERBALE DELLA PRIMA RIUNIONE DEL DIRETTIVO 2019-2021 DELLA DIVISIONE DI DIDATTICA**

Il giorno 23 gennaio 2019, presso l'aula 35 del Dipartimento di Chimica dell'Università di Pisa, via Moruzzi 13, si è riunito, in seguito a regolare convocazione, il Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica della Società Chimica Italiana (SCI) 2019-2021. La riunione convocata in presenza è estesa anche ai componenti del Direttivo 2016-2018.

Sono **presenti**:

Margherita **Venturi**, Giovanni **Villani**, Paola **Ambrogi**, Eleonora **Aquilini**, Anna **Caronia**, Valentina **Domenici** e Maria **Funicello**.

**Assenti giustificati**:

Marco **Ghirardi**, Silvana **Saiello** e Sergio **Zappoli**.

L'Ordine del Giorno prevede i seguenti punti:

- 1) Comunicazioni del Presidente.
- 2) Nomina del Vice-Presidente, del Segretario Tesoriere (art. 2 Regolamento interno DDSCI) e del Segretario Verbalizzante dei Direttivi.
- 3) Proposta di cooptazione consiglieri (art. 2 Regolamento interno DDSCI)
- 4) Rapporti con il Gruppo Giovani, il Gruppo Senior e il Gruppo Interdivisionale Diffusione della Cultura Chimica.
- 5) Funzionamento del Consiglio Direttivo.
- 6) Aspetti progettuali generali.
  - a. Scuola Segre Universitaria, Scuola di San Miniato per la Secondaria, SPAIS 2019
  - b. Congresso della Divisione 2019
  - c. Iniziative distribuite sul territorio e gruppi di lavoro territoriali (Giochi/Olimpiadi, Lincei, ecc.)
  - d. Rapporto con le Università per monitorare l'attivazione di corsi di Didattica Chimica
  - e. Materiale didattico prodotto da alcuni soci della Divisione
- 7) Siti Web a cura della DDSCI.
- 8) Rapporto con Science on Stage.
- 9) Varie ed eventuali La riunione ha inizio alle ore 11.

Per una migliore gestione del Direttivo, su richiesta di Villani, si anticipa il punto 2 dell'Odg.

## **2. Nomina del Vice-Presidente, del Segretario Tesoriere (art. 2 Regolamento interno DDSCI) e del Segretario Verbalizzante dei Direttivi**

La Presidente, per ragioni di continuità con la precedente gestione, propone Aquilini come Vice-Presidente e Domenici come Segretario Tesoriere; quindi chiede a Funicello la disponibilità a svolgere la funzione di Segretario Verbalizzante dei Direttivi. Gli interessati accettano.

Si riprende l'Odg partendo dal punto 1.

### **1. Comunicazioni del Presidente**

La Presidente informa il Consiglio dando una serie di comunicazioni.

- Fa presente di essere stata invitata, su proposta della Presidente della SCI, a far parte della Commissione Didattica Permanente della Società Italiana di Fisica (SIF); informa anche che tale commissione ha lo scopo di coadiuvare il Consiglio di Presidenza della SIF nel seguire e curare questioni didattiche (piano lauree scientifiche, classi di abilitazione, formazione insegnanti, riforma dell'insegnamento, raggruppamenti disciplinari e reclutamento in ambito universitario) in collaborazione con altre Associazioni, Società Organi.
- Comunica inoltre di essere stata contattata dalla prof.ssa Ana Millan Gasca dell'Università Roma 3, esperta in Didattica della Matematica, per organizzare un workshop sulla Didattica della Chimica nell'ambito della formazione primaria. Il workshop si terrà presumibilmente nei giorni 15 e 16 novembre 2019, presso il Dipartimento di Formazione Primaria di Roma 3. Anche se il programma è ancora in via di definizione, sono già stati richiesti interventi da parte di afferenti alla DDSCI (Aquilini, Domenici, Ghibaudi e Venturi); nell'ambito del workshop, in particolare, nella mattina del 16 novembre, verrà organizzata una Tavola Rotonda per dibattere il problema della formazione scientifica a vari livelli scolastici a cui sono stati invitati Villani, Campanella, Cosentino e Marco Ciardi. La Presidente chiede al Consiglio di fornire al workshop il patrocinio non oneroso della Divisione. **il Consiglio approva.**
- Informa il Consiglio di aver avuto notizie discordanti sul destino del percorso FIT; pare che rimanga la necessità di acquisire i 24 CFU in psicologia, pedagogia, antropologia e didattica disciplinare per partecipare al concorso per l'insegnamento, mentre sembra che i due anni di tirocinio vengano aboliti. Chiede, pertanto, di continuare a prestare la massima attenzione alle eventuali decisioni governative.
- Relativamente all'attivazione dei Licei a "curvatura" biomedica, fa presente che Aquilini ha curato i rapporti iniziali sulla definizione dei contenuti chimici che dovrebbero necessariamente essere inseriti nel

curriculum. La SCI, nella persona della sua Presidente, è in attesa di firmare il protocollo d'intesa, così come è già stato fatto dall'Ordine dei Medici; dopo di che si passerà ai dettagli organizzativi. È importante notare che altre associazioni al momento non sono coinvolte.

- Per quanto riguarda la necessità di preparare un syllabo per la scuola secondaria, già da tempo in fase di stesura, mirato ai test d'ammissione all'università, la Presidente chiede la disponibilità a Funicello ed Ambrogi di interagire con Sergio Zappoli (Università di Bologna) e Guido De Guidi (Università di Catania) che stanno preparando i test di accesso.
- Partendo dalla richiesta che Campanella ha espressamente fatto alla Presidente di ricevere articoli per la rivista CnS da parte dei membri del Direttivo, il Consiglio affronta il problema del rapporto fra la DDSCI e la suddetta rivista. Si apre, pertanto, una discussione sui vari problemi legati alla rivista, in particolare sulla casa editrice Aracne che cura gli abbonamenti in cartaceo. I membri del Direttivo chiedono alla Presidente di proporre che la gestione della rivista passi alla Divisione di Didattica e che eventualmente venga cambiata la casa editrice, valutando eventuali offerte di altre case editrici, come la CLUEB di Bologna e PM edizioni di Varazze.

### ***3. Proposta di cooptazione consiglieri (art. 2 Regolamento interno DDSCI)***

La Presidente propone di cooptare tre ulteriori consiglieri, sulla base del risultato delle votazioni e sulla necessità di avere un Direttivo il più possibile spalmato fra docenti di scuola e docenti universitari e sulla provenienza geografica. Propone, pertanto, la cooptazione di Anna Caronia e Annamaria Madaio (rispettivamente prima e seconda esclusa nelle votazioni), di Francesca Turco oppure di Giuseppina Cerrato dell'Università di Torino, oppure ancora di Fabio Marchetti dell'Università di Camerino. Dopo discussione si decide di cooptare Anna Caronia, Annamaria Madaio e Francesca Turco, chiedendo la loro disponibilità.

**4) Rapporti con il Gruppo Giovani, il Gruppo Senior e il Gruppo Interdivi-sionale Diffusione Cultura Chimica.** Su questo punto la Presidente propone di continuare a considerare Elena Lenci (che ha dato la sua disponibilità) ospite permanente alle riunioni del Consiglio come rappresentante del Gruppo Giovani. Inoltre, la Lenci potrebbe anche tenere i rapporti con il Gruppo Interdivisionale Diffusione della Cultura Chimica; la Presidente esplorerà, comunque, anche la disponibilità di Sara Tortorella, coordinatrice del Gruppo Interdivisionale Diffusione della Cultura Chimica, ad intervenire come ospite alle riunioni del Consiglio, se non altro quelle volte in cui si affrontano problemi che potrebbero coinvolgere il gruppo. Per quanto riguarda invece i rapporti con il Gruppo Senior si è in attesa di una



loro comunicazione per conoscere se e come vogliono partecipare al Consiglio; la Presidente manderà un messaggio al coordinatore del gruppo, Prof. Domenico Misiti, per sollecitare una risposta.

### **5) Funzionamento del Consiglio Direttivo**

La Presidente informa i membri del Consiglio Direttivo su come auspica che esso funzioni e sia organizzato. Avrebbe, infatti, piacere che ognuno dei componenti si facesse carico di un aspetto in particolare e che ogni tre mesi relazionasse su quanto lo concerne, anche pubblicando l'attività svolta sul sito web ufficiale della Divisione. Villani fa notare che i verbali già devono obbligatoriamente essere pubblicati sul sito e suggerisce anche di continuare a scrivere a tutti i soci periodicamente per illustrare le attività della Divisione. Quindi la Presidente invita i partecipanti a scegliere l'argomento da curare e a comunicarlo alla prossima riunione del Consiglio Direttivo.

### **6) Aspetti Progettuali Generali**

**a)** Scuola Segre Universitaria, Scuola di San Miniato per la Secondaria, SPAIS 2019 Per la Scuola Segre Universitaria Villani propone il periodo 4-7 luglio e siccome la sede cambia ogni anno viene proposta quella di Bologna. L'argomento della Segre viene individuato nei corsi di Didattica della Chimica che ormai si svolgono in ogni Ateneo. In quest'occasione si potrà anche dare ulteriore divulgazione al materiale elaborato durante la scorsa Scuola Segre (vedi anche punto e).

Per la Scuola di San Miniato, dedicata ai docenti della scuola superiore, viene proposto da Villani il periodo 6-11 settembre, all'interno del quale individuare i giorni più appropriati, e viene scelto come argomento generale "Le reazioni chimiche". Infine, relativamente a SPAIS 2019 Anna Caronia, presente in quanto consigliere del Direttivo precedente, informa che è già stata fissata sia la tematica (i Modelli, affrontati secondo diversi punti di vista) che il periodo (22-27 luglio 2019), ma non è ancora stata stabilita la sede (probabilmente sarà Ragusa). Dal punto di vista economico non ci sono problemi in quanto già è stato versato il contributo di 5000 € da parte del PLS.

### **Congresso della Divisione 2019**

La Presidente mette in evidenza la necessità di fare un Congresso della Divisione ogni anno e propone Bologna come sede anche per questo evento; viene tuttavia scartata la possibilità di programmare Congresso e Scuola Segre uno di seguito all'altra. Passa invece all'unanimità la proposta di fare il Congresso nei giorni più adatti all'interno del periodo 31 ottobre -3 novembre 2019.

**b)** Iniziative distribuite sul territorio e gruppi di lavoro territoriali (Giochi/Olimpiadi, Lincei, ecc.) La Divisione continuerà a monitorare le iniziative di suo interesse organizzate in ambito nazionale e a collaborare con i vari gruppi di lavoro coinvolti nella preparazione dei giochi della

Chimica, delle Olimpiadi della Chimica e con Associazioni/Accademie che sviluppano progetti didattici.

**c) Rapporto con le Università** per monitorare l'attivazione di corsi di Didattica Chimica La Divisione continuerà a rapportarsi con le Università per verificare l'attivazione di corsi di Didattica Chimica, tema su cui verterà la Scuola Segre universitaria, come sopra riportato.e) **Materiale didattico** prodotto da alcuni soci della Divisione Durante la scorsa Scuola Segre, tenutasi a Roma, alcuni soci della Divisione hanno elaborato e condiviso materiale utile per un corso di Didattica della Chimica; tale materiale è stato raccolto in un ebook che sarà caricato sia sul sito della Divisione che su quello Cultura Chimica in modo che possa essere consultato da tutti.

### **7) Siti Web a cura della DDSCI**

La Presidente fa presente che i siti web sono una vetrina di presentazione verso l'esterno delle attività della Divisione e, pertanto, dovrebbero essere aggiornati, accattivanti e facilmente consultabili. A questo proposito si valuta l'opportunità di migliorare il sito web della DDSCI che è al momento curato da Silvana Saiello coadiuvata da un tecnico; il sito, vincolato a format stabiliti dalla SCI, è infatti poco fruibile e, soprattutto, non riesce a veicolare le informazioni utili nei tempi necessari. Al tal fine Valentina Domenici dà la disponibilità a divulgare le informazioni più importanti e praticamente in tempo reale sulla pagina facebook della Divisione. Per quanto riguarda invece il sito Cultura Chimica, che non funziona adeguatamente, occorrerà contattare Franco Rosso, Presidente di Chimicare, che ha fornito il supporto tecnico.

### **8) Rapporto con Science on Stage**

La DDSCI fa parte del National Steering Committee (NSC) di Science on Stage (SonS) con la presenza di Paola Ambroggi e supporta economicamente le attività di SonS Italia con 500 €annue. Si decide di confermare anche per il 2019 tale supporto, dopo aver verificato che il contributo 2018 sia stato erogato. Giovanni Pezzi, che coadiuva Antonio Gandolfi, coordinatore del NSC, ha contattato la Presidente chiedendo un contributo affinché un membro della DDSCI possa far parte della delegazione che affiancherà i partecipanti italiani al Festival di SonS che nel 2019 si terrà a Cascais (Portogallo). Questa presenza sarebbe quanto mai opportuna tenendo conto che sono diverse le edizioni che non hanno visto la presenza all'evento di un delegato della DDSCI. Date le ristrettezze economiche della Divisione, ciò non è possibile e allora la Presidente cercherà di esplorare con Pezzi la possibilità di usare il contributo che la Divisione offre annualmente a SonS per pagare tale partecipazione (Ambroggi sarebbe disponibile ad andare a Cascais a nome della DDSCI). Ambroggi informa anche che nella riunione del NSC, tenutasi a Modena l'1 dicembre 2018, Pezzi ha annunciato che l'evento annuale italiano di SonS si terrà a Padova dal 30 al 31 marzo 2019

nell'ambito della manifestazione Sperimentando. La DDSCI valuterà come prendervi parte anche a seguito dei contatti tra l'attuale Presidente della DDSCI e Pezzi.

### **9) Varie ed eventuali**

•La Presidente chiede a Valentina Domenici, nella sua veste di Segretario Tesoriere, di fare il punto della situazione sul bilancio della Divisione. La Domenici dice che il bilancio di cassa ha avuto il seguente trend: nel primo anno del Direttivo precedente (gennaio 2016-dicembre 2016), la quota presente sul conto corrente si è mantenuta pressoché costante; a gennaio 2017, in cassa infatti c'erano circa 9605 €, nel gennaio 2018, si è passati a 7741 € e, attualmente, a gennaio 2019 in cassa ci sono 6594 €. La diminuzione della quota sul conto corrente negli ultimi due anni (gennaio 2017 – gennaio 2019) è legata al fatto che la Divisione di Didattica ha accumulato un credito notevole: attualmente deve avere circa 8000 € (che corrispondono a quelli che i docenti che si sono iscritti alle iniziative della Divisione con la Carta Docente hanno versato attraverso il sito del MIUR, ma che ancora non sono stati accreditati per motivi indipendenti dalla Divisione di Didattica). Tenendo conto di questa quota, che speriamo venga presto accreditata alla Divisione di Didattica della Chimica, il bilancio del triennio 2016 –2018 è positivo di circa 5000 €. Questo significa che l'impegno preso dal precedente Direttivo/Presidente di organizzare le iniziative senza intaccare la riserva avuta in dote dai precedenti Direttivi è stato ampiamente rispettato.

•Villani informa che sono già in via di organizzazione attività per i 150 anni della Tavola Periodica e, in particolare, ricorda che c'è un'iniziativa a Como in cui è stata richiesta la partecipazione diretta della DDSCI assieme a Federchimica. La data ipotizzata per l'inizio di questo evento è il 5 aprile e l'organizzazione complessiva prevede 4 mezze giornate: per quanto riguarda la prima mezza giornata è stato invitato Luigi Dei, la seconda vedrà la partecipazione di rappresentanti della SCI, nella terza il relatore sarà Marco Malvaldi ed, infine, la quarta mezza giornata è lasciata per un intervento di Federchimica.

•Domenici comunica che è in corso l'organizzazione di una giornata dedicata alla Tavola Periodica che si svolgerà ai primi di giugno a Rosignano Marittimo, presso il Museo di Storia Naturale di Rosignano, dove è prevista sia una serie di conferenze/incontri, sia una serie di laboratori didattici per bambini. L'iniziativa vedrà anche la partecipazione del gruppo Diffusione della Cultura Chimica e di aziende locali.

•Aquilini ricorda che la DDSCI ha contribuito ad organizzare presso la Scuola Normale di Pisa gli incontri per i Lincei dal titolo "Chimica e Storia: l'affermazione dell'atomismo". Nell'ambito degli incontri, che inizieranno il

20 febbraio, saranno discusse, fra le altre, le tematiche del peso atomico e della formula delle sostanze affrontando lo sviluppo storico di questi concetti a partire dall'ottocento fino ad arrivare all'elaborazione della Tavola di Mendeleev.

•Aquilini comunica al Consiglio Direttivo che alcuni docenti laureati in Chimica l'hanno contattata facendo notare che per il percorsi di Scienze Applicate non vengono considerati i docenti della classe A034 come commissari esterni agli esami di maturità. Si ritiene opportuno quindi intervenire chiedendo di essere ascoltati nelle opportune sedi del MIUR.

Conclusa la discussione di tutti i punti dell'Odg la riunione ha termine alle 16.00.

Segretario verbalizzante  
Maria Funicello

Presidente  
Margherita Venturi

--

Margherita Venturi  
Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"  
Via Selmi n. 2 - 40126 Bologna  
tel. +39-0512099543  
fax.+39-0512099456

## **Premio Lombardia ricerca**

È disponibile il Regolamento della seconda edizione del Premio **“Lombardia è ricerca”** dedicato alle scuole, che accompagna il riconoscimento omonimo di Regione, destinato a ricerche e scoperte significative nell’ambito delle Scienze della Vita **la cui consegna** è prevista il prossimo **8 novembre al Teatro alla Scala di Milano**. Il Regolamento 2019 del premio per le scuole è arrivato nella seduta della Giunta regionale del 25 febbraio.

Come già nel 2018, Regione Lombardia ha scelto di sostenere nella stessa occasione anche le invenzioni nate nelle aule delle scuole superiori del territorio. Lo farà anche dal punto di vista economico, con **46 mila euro da suddividere tra le tre migliori invenzioni** individuate, per contribuire alla loro realizzazione.

Le candidature al Premio potranno essere presentate **dal 14 al 24 maggio 2019**.

**In allegato** il decreto regionale del 28/01/2019 che ha indetto il premio e i moduli di presentazione delle candidature e del proprio progetto.

### **Chi può partecipare**

In particolare, il Premio - in accordo con l’Ufficio Scolastico Regionale - si rivolge a studenti e studentesse delle **scuole secondarie** statali e paritarie di **secondo grado** e dei percorsi di **istruzione e formazione professionale** (IeFP).

Possono partecipare **gruppi di studenti, con un minimo di tre**, con progetti di **un’innovazione, a carattere prototipale funzionante, relativa alle aree tematiche di interesse regionale** della “Strategia di Specializzazione Intelligente per la Ricerca e l’Innovazione” (S3) e che abbia **un impatto significativo sulla vita delle persone** in termini di qualità e sostenibilità.

### **Premi ai team e ai loro istituti**

Per quel che riguarda il valore del Premio, il primo gruppo classificato si aggiudicherà **15 mila euro**: al secondo classificato ne andranno **10 mila**, al terzo **5 mila**. Queste cifre saranno suddivise in parti uguali tra i membri dei gruppi vincitori, mentre **5 mila euro** sono destinati alla scuola/istituto di provenienza dei vincitori, per il miglioramento di materiali e/o strumenti che favoriscano le attività didattiche degli studenti.

### **La Giuria**

Come già per la prima edizione dello scorso anno, la selezione dei vincitori è affidata a una Giuria di **massimo nove membri**, individuati tramite una specifica **manifestazione di interesse** pubblicata da Regione Lombardia e valutati sulla base del Curriculum vitae e della motivazione a svolgere il compito di giurato proposta da ciascun candidato.

**Luigi Campanella**

## Libri in Redazione

 Albatros | 3

Fabio Olmi  
Eleonora Aquilini

### LA CHIMICA A SCUOLA

DALLA RIFLESSIONE PEDAGOGICO-DIDATTICA  
ALLA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE  
DI PERCORSI DIDATTICI

**R**MEDIZIONI

Questo saggio è rivolto agli insegnanti di scienze sperimentali e in particolare di chimica e il suo scopo è quello di fornire loro una serie di elementi per migliorare l'apprendimento delle discipline stesse. Si tratta della raccolta di una serie di articoli dei due autori pubblicati su varie riviste ma che conservano tuttora una loro sicura validità. Tre sono le aree che questi coprono, la prima fornisce vari elementi di riflessione sulla didattica delle scienze sperimentali, la seconda presenta riflessioni e proposte di curricula adeguati e sostenibili per i diversi livelli scolari con riferimento ad un organico curriculum verticale, la terza, infine, fornisce il resoconto di alcune progettazioni e sperimentazioni di percorsi didattici di scienze a diversi livelli scolari.

Fabio Olmi si è laureato in Chimica all'Università di Firenze e dal 1975/76 ed è stato docente di Chimica e Scienze Naturali nel liceo scientifico "Leonardo da Vinci" di Firenze dove ha progettato e sviluppato dal 1976/77 originali corsi di scienze sperimentali coordinate per il biennio e per il triennio. Socio fondatore della Divisione Didattica della SCI, è stato rappresentante nazionale per la Chimica nella Commissione Brocca (1988-92) e Berlinguer-De Mauro (1998-2000) per la riforma della scuola secondaria superiore. Ha svolto l'incarico di Supervisore al Tirocinio nella SSIS dell'Università di Firenze dal 1999 al 2008. Ha effettuato attività di ricerca didattica e sperimentazione e di formazione docenti nell'ambito di innovative metodologie didattiche delle discipline scientifiche, chimica in particolare. Ha scritto alcuni libri (fra cui due manuali scolastici) e *La chimica nelle cose* (PM edizioni, 2017). Ha pubblicato 116 articoli sulla didattica chimica e delle scienze su riviste nazionali e internazionali. Nel 2017 è stato insignito dalla Società Chimica Italiana della Medaglia Illuminati per la didattica chimica.

Eleonora Aquilini è laureata in Chimica presso l'Università di Pisa. È abilitata alla professione di Chimico e all'insegnamento della Chimica e delle Scienze. È stata ricercatrice IRRE-Toscana e insegna chimica nella scuola secondaria di secondo grado. Ha avuto il ruolo di tutor coordinatore nel TFA per la Chimica presso l'Università di Firenze nel 2011-2012 e 2013-2014.

È attualmente Vicepresidente della Divisione di didattica della Società Chimica Italiana, ricoprendo questo incarico anche negli periodi 2002-2007 e 2016-2018. Fa parte del "Gruppo di sperimentazione e ricerca didattica in educazione scientifica del CIDI di Firenze" e da diversi anni svolge attività di formazione nel campo dell'insegnamento scientifico. Ha scritto oltre cento pubblicazioni riguardanti la didattica della Chimica e delle Scienze, tra cui con C. Fiorentini, D. Colombi, A. Testoni, *Leggere il mondo oltre le apparenze* (Armando, 2007), *I programmi scolastici di scienze nell'Italia unita* (Aracne, 2016) e *Il filo e la trama* (PM edizioni, 2018).

euro 28,00

ISBN 978-88-99565-04-6



9 788899 565787





Antonella Maria Maggio  
Roberto Zingales

# Appunti di storia della chimica



## Kemia

*fascino e complessità della chimica*

### 2

---

#### Appunti di storia della chimica

Il volume contiene gli appunti delle lezioni di Storia della chimica, tenute, dal 2001, nel corso di laurea triennale in Chimica presso l'Università degli Studi di Palermo. Oltre che fatti, personaggi, esperimenti, si trattano la genesi e l'evoluzione delle idee, affinché il lettore possa rendersi conto di come il metodo scientifico proceda, non sempre in maniera lineare, ma anche attraverso errori, ripensamenti, contraddizioni. L'analisi della formazione, dell'evoluzione e del consolidamento dei concetti fondanti della Chimica ne può aiutare la comprensione anche da parte di un principiante, e se ne possono individuare connessioni, tra di essi e con quelli delle altre discipline scientifiche.

Antonella Maria Maggio, nata a Erice (TP) nel 1974, è ricercatore di Chimica organica dal 2003 presso l'Università degli Studi di Palermo, dove svolge la sua attività di ricerca nell'ambito della chimica delle sostanze naturali. È autrice di numerosi lavori su riviste internazionali. Dal 2017 tiene il corso di Storia della chimica e dal 2018 quello di Fondamenti di didattica della chimica. Ha curato l'edizione del volume *Stanislao Cannizzaro. Scienziato e politico all'alba dell'Unità d'Italia*.

Roberto Zingales, nato a Palermo nel 1954, dal 1992 è stato professore associato di Chimica analitica presso l'Università degli Studi di Palermo, dove, dal 1999 al 2017, ha tenuto il corso di Storia della chimica. Oltre ad articoli su riviste nazionali e internazionali, ha curato l'edizione del volume *Stanislao Cannizzaro. Scienziato e politico all'alba dell'Unità d'Italia*, in occasione del centesimo anniversario della scomparsa. È stato responsabile scientifico del Museo di Chimica dell'Università degli Studi di Palermo.

ISBN 978-88-255-2241-9



33,00 euro



# SPAIS

**Scuola Permanente per l'Aggiornamento degli Insegnanti di Scienze Sperimentali**

## Quali conoscenze di base per comprendere l'innovazione?

La scuola si pone come obiettivo l'individuazione e il conseguente approfondimento delle **conoscenze di base** che sono necessarie nel campo della biologia, della chimica, della fisica e della geologia per comprendere e comunicare i contenuti fondamentali della **moderna ricerca scientifica e tecnologica**.



René Magritte - La Trahison des images (1929)

**XIII Edizione**  
**I modelli nelle Scienze**  
 Agrigento  
 22-27 luglio 2019

In ambito scientifico i modelli possono essere definiti come rappresentazione di una idea, di un oggetto o anche di un processo o di un sistema che si utilizzano per descrivere o interpretare fenomeni anche non direttamente osservabili. I modelli rivestono un ruolo centrale nella ricerca scientifica sia per la progettazione e verifica di nuove idee sia per l'interpretazione e razionalizzazione dei risultati ottenuti, in quanto essi sono quasi sempre indispensabili anelli di raccordo fra osservazioni e teorie. Per loro natura, quindi, i modelli sono spesso rappresentazioni semplificate che comprendono solo le caratteristiche ritenute indispensabili per descrivere il fenomeno in esame. Non hanno la pretesa di riprodurre fedelmente la realtà ma solo di rappresentarla in alcuni aspetti. Possono essere proposti modelli diversi quando lo stesso fenomeno è esaminato da punti di vista diversi. Un determinato modello, infine, può essere modificato o del tutto rigettato alla luce di nuove evidenze sperimentali. Questo metodo è determinante nella costruzione di nuova conoscenza e ciò ha importanti implicazioni di carattere epistemologico. Inoltre, dal punto di vista quantitativo il modello è spesso descrivibile mediante rigorosi approcci matematici tanto da interrogarsi se il linguaggio matematico sia insito nelle leggi della Natura ovvero sia una conseguenza della rappresentazione modellistica. SPAIS 2019 intende prendere in esame i più importanti modelli di riferimento nel campo della fisica, della chimica, della biologia e delle altre Scienze più marcatamente multidisciplinari come quelle ambientali, geologiche e naturali presentando prevalentemente, per ciascuna disciplina, un panorama di risultati sperimentali recenti coerenti con i modelli stessi. Inoltre in occasione del 150° anniversario della sua pubblicazione, ci sarà spazio per discutere la Tavola Periodica degli Elementi: il modello fondamentale della chimica e non solo.

Per informazioni: [infospais@gmail.com](mailto:infospais@gmail.com)

[www.unipa.it/flor/spais.htm](http://www.unipa.it/flor/spais.htm)









AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell’informazione

AREA 10 – Scienze dell’antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

AREA 15 – Scienze teologico–religiose

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)

Finito di stampare nel mese di maggio del 2019  
dalla tipografia «The Factory S.r.l.»  
00156 Roma – via Tiburtina, 912  
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)