



Società Chimica Italiana

La Chimica nella Scuola



Indice

- 5 Editoriale:
La chimica nei giorni del Coronavirus
Luigi Campanella
- 7 La percezione di educare - Come venne e viene percepito
l'educare
Pasquale Fetto
- 11 Le tematiche ambientali nella scuola: la chimica è essenziale
per affrontarle
Fabio Olmi
- 17 Smalti magnetici per unghie: la scienza dei materiali al
servizio della bellezza femminile
Sante Cospito
- 27 Innamorarsi della Chimica. II parte - Pianificazione e
svolgimento dei progetti
Leonardo Seghetti, Liberato Cardellini
- 59 Dalle formule di struttura di Lewis ai concetti di numero di
ossidazione, carica formale e carica effettiva di un atomo in
una molecola
Giuliano Moretti, Ida Pettiti
- 77 Le quattro sorelle del Pettorale di Aronne: l'Agata
Pasquale Fetto
- 88 Notizie
- 89 Istruzioni per gli Autori

La chimica nei giorni del Coronavirus

Al contrario di quanto avviene per i lavaggi nasali e bronchiali l'analisi del condensato dell'esalato della respirazione risulta un metodo promettente, semplice, non invasivo (al contrario di biopsia e broncoscopia, comunemente adottate), ripetibile e diagnostico per studiare la composizione di quanto emettiamo potendosi così rivelare infiammazioni polmonari, ed anche danni più gravi, stress ossidativo, disordini metabolici, infezioni batteriche o virali ed anche monitorare l'effetto di trattamenti curativi. Recenti studi hanno dimostrato le potenziali applicazioni di questo tipo di analisi nel caso di malattie sistemiche.

Di recente in particolare sono stati descritti studi condotti su biomarker non volatili rilevabili in queste determinazioni. Questo tipo di determinazione collegata a numerose malattie può aiutare nel classificare gravità e tipo della malattia ed anche aiutare nella diagnosi e nel monitoraggio degli effetti della terapia adottata. Poiché i metodi per analizzare un esalato sono molteplici, la scelta di una piattaforma strumentale per una specifica applicazione sarà facile se vengono considerati con attenzione i rispettivi meriti e limiti dei possibili metodi. I composti non volatili generalmente presenti nell'esalato variano dai piccoli ioni a grandi molecole (urea, amminoacidi, acidi organici) e loro derivati, fino ai peptidi, alle proteine, alle macromolecole. In presenza di malattie a questi composti se ne aggiungono altri come la pepsina un enzima che praticamente avvia la digestione degradando le proteine alimentari a peptidi, l'antigene CEA (antigene carcinoembrionico), la N'-carbossimetillisina, indicatore della fibrosi polmonare, la trimetilammina, indicatore di danni al fegato. Si tratta di composti endogeni, ma possono essere anche rilevati nell'esalato composti esogeni di natura varia, ad esempio correlati a farmaci assunti. I metodi di analisi dell'esalato condensato sono generalmente basati su test spettrofotometrici o fluorimetrici o su analisi cromatografica HPLC ifenata con spettroscopia UV, fluorescenza, elettroanalisi, spettrometria di massa, o ancora su gascromatografia ifenata con la spettrometria di massa, su elettroforesi e su immunoanalisi.

Luigi Campanella

La percezione di educare

Come venne e viene percepito l'educare

Pasquale Fetto
pasquale.fetto@didichim.org

Il tema dell'educazione era, **nell'antichità classica**, la parte fondamentale delle discussioni intorno all'etica e alla politica.

Nel **mondo greco** il termine (*παιδεία* - *paidéia*) aveva, in origine, il significato di *educazione*; in seguito l'educazione fu intesa come formazione complessiva dell'uomo e del cittadino¹.

Aristotele identifica il processo educativo con la formazione di buone abitudini, compito affidato all'educatore ma anche al legislatore, essendo lo Stato l'assoluto educatore.

Nel mondo romano la prevalenza viene data ai valori civili, per cui l'educazione si configura, come addestramento del futuro oratore (*vir dicendi peritus*),

Durante il cristianesimo il processo educativo diventa percorso di perfezionamento morale e di iniziazione alla fede.

Il problema educativo nell'**Umanesimo e durante il Rinascimento** insiste sull'ideale estetico di una formazione armonica dell'individuo.

Nel XVII secolo l'evoluzione economico-sociale e la nascita della scienza moderna influenzano profondamente la concezione dell'educazione e l'organizzazione dei sistemi educativi.

Qualsiasi sistema educativo si voglia organizzare è implicito che l'interrogativo principale a cui rispondere è:

“Come dobbiamo Educare?”

Oggi più che mai abbiamo bisogno di Maestri

I migliori Maestri sono quelli che ti indicano dove guardare, ma non ti dicono cosa guardare. (Alexandra K. Trenfor)

Gli studenti hanno bisogno di avere l'opportunità di una collaborazione tra loro e con il maestro per imparare e acquisire esperienza sull'atto di insegnare. Per essere insegnanti efficaci gli studenti devono avere l'opportunità di assumersi la responsabilità di essere per la vita intera discenti.

1. L'educazione, nel modo greco, era riservata esclusivamente ai maschi mentre le ragazze erano educate in casa.

Il rispetto

Gli errori che spesso *inconsapevolmente* si possono commettere nell'attività dell'educare sono tanti.

Spesso nell'associare **l'educare e il comandare**, di moda nella tradizione pedagogica sia occidentale che orientale, non ci si rende conto che l'errore è già insito nella stessa associazione delle due azioni.

Spesso si incontrano insegnanti per i quali *educare* è **sinonimo** di *comandare*.

Alla base di questa impostazione educativa vi è l'adozione della **linea dura** che si giustifica con *l'idea del rispetto* che diviene una vera e propria **cultura del rispetto**.

Le argomentazioni che si adducano sono tante, ma le basi che le sostengono sono molto deboli. Non si riflette in particolare che ci si trova di fronte a scenari strettamente educativi.

La **cultura del rispetto** esula dalla giustificazione dell'idea che la linea dura possa infondere il rispetto.

La strategia non è il rispetto ma **l'obbedienza** che è cosa ben diversa.

Si impara ad obbedire a coloro che hanno una personalità più forte, che nella maggior parte dei casi è l'equivalente di possedere **grandi abilità manipolatorie**.

A lungo andare nel cervello dell'allievo si creano connessioni neuronali, il cui percorso lo porta inesorabilmente a divenire un gregario affidandosi a terzi anche per le scelte più semplici. (Matthew Lipman)

Philosophy for Children or Philosophy to educate the thought

Negli anni '70 Matthew Lipman, fondatore dell'*Institute for the Advancement of Philosophy for Children*, sviluppò il metodo educativo **Philosophy for Children**. Il metodo nacque dalla sua esperienza maturata come docente universitario.

Lipman si accorse che i suoi studenti, spesso, mancavano delle capacità di ragionamento logico; fu questa constatazione che diede a Lipman lo stimolo a progettare un programma di **sviluppo del pensiero** che iniziasse già dai primi anni scolastici al fine di aiutare i bambini a divenire adulti capaci di pensare in modo razionale e di argomentare le proprie opinioni.

Il metodo si basa sul concetto di **comunità di ricerca** e fu ideato per essere applicato dalle scuole elementari alle scuole superiori.

Secondo Lipman, **la scuola dovrebbe tendere all'eccellenza**. L'eccellenza è, quindi, l'obiettivo che porterebbe la scuola a divenire luogo in cui si dà origine e si usa uno stile di ricerca dinamico e innovativo in grado di rendere esperti nel comprendere la complessità della società.

L'obiettivo può essere perseguito sviluppando nei giovani la componente riflessiva del pensiero. Il "**pensiero critico**" si uniforma rigorosamente alle leggi della razionalità; quando, al contrario, si conserva e si sviluppa lo stu-

pore della scoperta utilizzando totalmente la forza dell'immaginazione si ha l'eccellenza "**pensiero creativo**".

Il pensiero creativo, innato nell'essere umano, si può definire come la capacità di creare qualcosa di nuovo, risultato di un processo di organizzazione di informazioni collegate al contesto sociale e culturale in cui è inserito l'individuo.

L'immaginazione non è semplice riproduzione della realtà, ma **creatrice**, capace di trasformare la realtà integrando le esperienze vissute con l'inserimento di nuove forme.

A partire dalla fine dell'Ottocento, la riflessione sull'educazione diventerà progressivamente prerogativa, oltre che della psicologia, anche della sociologia. Dewey, negli Stati Uniti, di fondare una «pedagogia scientifica» coerentemente con l'estensione positivista del metodo scientifico ai fenomeni umani. Successivamente, l'affermarsi dei metodi della psicologia sperimentale nello studio dei processi di apprendimento, dello sviluppo del bambino e delle differenze individuali influenzò profondamente l'orientamento della ricerca empirica e teorica nel campo dell'educazione.

Nel rinnovamento educativo proposto all'inizio del sec. 20° dal movimento attivista, in particolare da Dewey, con il suo richiamo alla partecipazione attiva dei giovani al processo di apprendimento e all'esigenza di soddisfarne i bisogni concreti sulla base di determinati progetti operativi.

Lipman, come Dewey, riteneva che l'attività in classe venisse svolta tra il docente e gli allievi per trasferire informazioni in entrambi i sensi.

Il maestro deve creare situazioni tali che portino gli studenti a farsi carico di ciò che apprendono e di come si applicerà nelle loro classi.

L'opportunità di una collaborazione tra loro porta a condividere con gli altri ciò che imparano sull'insegnamento e a materializzare ciò che non hanno ancora scoperto. L'obiettivo del maestro è insegnare all'intera persona, cioè il dimensioni cognitive, affettive e comportamentali dell'essere umano.

Il riconoscimento dell'individualità

Matthew Lipman, il primo giorno in classe, chiede ad ogni studente di compilare un foglio informativo individuale; è questo il modo per acquisire le informazioni utili a conoscere gli studenti, cerco di chiamare ogni studente per nome e conoscere un po' del suo background.

I diversi background dei miei studenti consentono loro di portare nella mia classe una molteplicità di idee relative al materiale di classe. Voglio che i miei studenti sentano che il mio l'aula è una stanza di discussione dove possono condividere le loro idee sull'argomento e contribuire all'esperienza educativa.

E' necessario creare un ambiente di classe in cui gli studenti trovino gli stimoli e siano incoraggiati ad esprimere le proprie idee e partecipare alla loro educazione. *“Al termine di ogni mia lezione, vorrei che gli studenti ricordassero di avermi seguito come istruttore.”*

Oltre a sottolineare la responsabilità individuale per l'apprendimento in classe, l'insegnante **”istruttore”** deve fornire anche spiegazioni e indicazioni in merito all'argomento e ai materiali del corso.

Gli studenti devono avvalersi dell'interazione stabilitasi nella classe e *l'insegnante deve essere provocato sfidato pungolato dalla discussione intellettuale sul materiale del corso.* (Matthew Lipman)

Una sessione di lavoro in classe deve dare inizio a qualcosa che sollecitasse l'interesse dei bambini per poi indurli a riflettere sul significato della loro esperienza, continuando a mantenere lo stesso interesse senza soluzione di continuità, fino alla fine della sessione.

L'argomento delle lezioni può essere il più diverso possibile purché induca i bambini a pensare: (lettura di una poesia, di un quadro, di un albero, di un qualsiasi oggetto presente in classe, una dimostrazione scientifica...ecc.).

Le tematiche ambientali nella scuola: la chimica è essenziale per affrontarle

Intervento tenuto al Convegno Nazionale della DD/SCI, Bologna 3 Dicembre 2019

Fabio Olmi
fabio.olmi@gmail.com

Le grandi manifestazioni che ci sono state nella scorsa primavera-estate hanno coinvolto milioni di giovani in tutto il mondo sotto la spinta della giovane Greta Thunberg ed hanno mostrato una grande e diffusa sensibilità per queste tematiche, in particolare per il riscaldamento del pianeta, e anche l'esigenza di esercitare dal basso una pressione perché i decisori politici dei diversi paesi escano dalla loro inerzia e affrontino rapidamente e concretamente i problemi per mitigare il riscaldamento ambientale e avviare un tipo di sviluppo sostenibile.

L'attenzione alla situazione ambientale e ai mezzi con cui affrontarla non può però essere lasciata alla estemporanea mobilitazione dei giovani, ma deve trovare un'ancora solida culturale nella scuola dove vanno presentate e discusse, in modo opportuno ai diversi livelli scolari, le tematiche ambientali per farne strumento di conoscenza e di competenza quale deve appartenere ad ogni persona per esercitare responsabilmente il proprio diritto di cittadinanza.

Certamente, perché si passi a livello concreto approvando provvedimenti che vadano nella direzione auspicata, sarà necessario che nasca anche una organizzazione politica capace di far avanzare queste tematiche a livello decisionale.

Si tratta di una fase di transizione in cui sarà necessaria una rivoluzione verso uno sviluppo sostenibile accompagnata da forti cambiamenti economici, sociali e comportamentali individuali, ma il lavoro educativo a livello culturale sembra l'unico modo di affrontare consapevolmente e gradualmente questa rivoluzione guardando al futuro.

A che punto siamo a livello istituzionale?

Il precedente governo ha varato la legge n. 92 del 20 Agosto 2019 che prevede l'obbligo dell'educazione ambientale nell'ambito più ampio dell'insegnamento dell'educazione civica: l'educazione ambientale non costituisce un ambito autonomo di insegnamento, ma si affianca a parecchi altri. Inoltre non è chiaro a chi venga assegnato l'insegnamento nei diversi livelli scolari, né lo spazio orario ad esso dedicato.

Molto più chiara appare la posizione del nuovo ministro dell'istruzione Fioramonti che in un'intervista rilasciata all'agenzia REUTERS l'8/11/19 ha sostenuto che dal prossimo settembre, nei programmi scolastici di ogni

ordine e grado, un'ora alla settimana (33 ore /anno) sarà dedicata alle questioni relative al cambiamento climatico come integrazione all'educazione civica.

E inoltre “molte discipline, come Geografia, Matematica e Fisica [chimica non esiste!] saranno studiate in una nuova prospettiva legata allo sviluppo sostenibile ... Voglio fare del sistema educativo italiano il primo che pone l'ambiente e la società al centro di ciò che impariamo”.

L'impegno è quello di “aggiornare” i programmi scolastici sulle sfide che attendono le prossime generazioni, tra cui i diritti e i doveri nei confronti dell'ambiente. Ora bisognerà vedere se queste dichiarazioni saranno seguite dagli atti concreti per una loro effettiva applicazione, non ultima una adeguata formazione dei docenti.

Veniamo al ruolo che la chimica può svolgere nella scuola.

La nostra esperienza maturata in anni di insegnamento nella scuola secondaria di secondo grado ci consente di suggerire quali delle tematiche in oggetto si possono ragionevolmente affrontare a questo livello scolastico¹.

E' necessaria una premessa: le complesse problematiche coinvolte nella trattazione della qualità dell'ambiente e le variabili che entrano in gioco nella sua determinazione si possono affrontare nel loro complesso solo con un approccio interdisciplinare. E' però certo che entro quest'ambito **il punto di vista del chimico risulta essenziale per la comprensione di molti processi di grande importanza che coinvolgono una qualsiasi società industrialmente avanzata come la nostra.**

Ma quali argomenti affrontare? A che livello?

Il primo biennio della secondaria di secondo grado si presta molto bene per **affrontare il trattamento differenziato dei rifiuti e dell'esigenza di recupero e riciclaggio di composti ed elementi vari.** Ci aiuta in questo la riflessione su due capisaldi, uno dell'ecologia e uno della chimica:

la II legge dell'ecologia di B. Commoner ci ammonisce che “ogni cosa deve finire da qualche parte” e riflettendo sulla legge di Lavoisier (la prima legge quantitativa delle reazioni chimiche del 1783) ci viene aperta una soluzione al “delitto” di buttare in una discarica quello che abbiamo usato e non serve più!

La legge sulla costanza della massa nelle reazioni chimiche, ci dice che si possono fare trasformazioni che coinvolgono composti ed elementi per ottenere manufatti ma **gli atomi che entrano in gioco li ritroviamo tali e quali al termine del loro utilizzo!**

1. Già negli anni '80-90 il sottoscritto, responsabile di corsi sperimentali approvati e controllati dal MP, I sviluppava varie tematiche ambientali e dedicava un apposito spazio alla fine del IV anno per effettuare sia analisi sull'inquinamento ambientale, sia discussioni su alcune letture suggerite e fatte dagli allievi durante gli anni.

Se si tratta di materiali o oggetti di cui dopo l'uso vogliamo disfarcene è dissennato "buttarli da qualche parte", sarebbe una perdita secca di materia utile e bisogna recuperarli e riutilizzarli altrimenti ce li ritroviamo comunque in qualche forma inquinante².

Dato che la quantità di composti ed elementi di cui possiamo disporre sul nostro pianeta è finita, dobbiamo ricorrere il più possibile al loro recupero e riciclaggio per farne nuovo utilizzo: si parla di economia circolare.

Il riciclaggio dei più importanti metalli

I metalli più impiegati dalla nostra industria (siamo la seconda manifattura d'Europa) sono **Fe, Al, Cu e Pb**. Poiché il nostro paese è largamente dipendente dall'importazione, assume un'importanza essenziale il recupero dei rottami di questi elementi e il loro riciclo riimmettendoli nel ciclo produttivo (si possono riciclare al 100% senza che perdano le loro caratteristiche chimico-fisiche)³.

Questo è il principio della Extended Producer Responsibility (EPR) che si fonda su un sistema industriale capace di riutilizzare gli stessi materiali impiegati (materie seconde) riducendo al minimo il ricorso alle materie prime. In particolare: a che punto siamo col riciclo dei metalli in Italia?

- Il ferro proveniente da materie prime si ricava essenzialmente da minerali quali ematite (Fe_2O_3) e magnetite (Fe_3O_4). Nel 2017 abbiamo prodotto 24 milioni di tonnellate di acciaio. Ma in Italia, forse non è molto noto, **fare acciaio significa essenzialmente riciclare rottami e questo mercato fornisce oltre il 70% della produzione (17-18 milioni di tonnellate) e si avvale di forni elettrici**; nel 2017, dalle sole auto rottamate, si è ricavato circa 1 milione di tonnellate di acciaio.

- L'acciaio è un materiale riciclabile al 100% senza che perda le sue caratteristiche. L'acciaio primario (da minerale di ferro) si produce da parte della ex ILVA di Taranto mediante l'impiego di altiforni, ma il futuro della azienda appare oggi problematico. Piombino poi, spento ormai il suo unico altoforno, sarà orientato su produzione di acciaio da riciclo con forni elettrici.

2. Può essere interessante commentare ciò che afferma Rossano Ercolini nel suo libro "Rifiuti zero": questa affermazione non è scientificamente sostenibile, il punto è tendere al minimo la quantità di rifiuti da mandare in discarica (anche con la combustione si ottengono ceneri, rifiuti ultimi non più utilizzabili).

3. Come ho precisato in un precedente articolo: *Oltre la differenziata: il riciclo dei rifiuti come miniere antropiche*, pubblicato su CnS, n.2/2019.

- L'alluminio che viene utilizzato in Italia ammonta a 2.200.000 tonnellate e viene riciclato nella misura del 45%. La produzione di Al secondario è stata nel 2016 di 995.000 tonnellate: il processo di riciclo permette un risparmio energetico del 95% rispetto al procedimento di estrazione dai minerali (questo è un processo altamente energivoro), per cui il riciclo risulta estremamente vantaggioso.

L'unico stabilimento in cui si produce alluminio da minerale è ex Alcoa, ora Silver Alloys, e in piena produzione produrrà circa 150.000 tonnellate di metallo.

- Il rame prodotto nel nostro paese è pari a 550.000 tonnellate e la produzione in lega con lo zinco, l'ottone, è di 370.000 tonnellate. La percentuale di recupero del metallo è del 44% (dato del 2016) e comporta un risparmio energetico di circa l'85% rispetto all'estrazione dal minerale.

- Il piombo ha un largo impiego nell'industria e quello ricavato dal riciclo copre oltre il 50% del fabbisogno e proviene per la maggior parte dal riciclo di batterie.

Possiamo concludere con le parole tratte dalla prefazione di un recente libro⁴:

“L'Italia, l'ingegno e la capacità imprenditoriale italiana, hanno trovato stimolo nella relativa carenza di materie prime. La nostra capacità industriale ... non è mai stata fondata sulla disponibilità di risorse a basso prezzo, ma *sul sapere e sull'innovazione*, sullo studio dei problemi e la ricerca di soluzioni talmente eleganti e belle da riuscire a trovare spazi di mercato nel mondo”.

A livello di triennio si possono affrontare alcune trasformazioni di grande importanza, facciamo due esempi impiegando come “innescò” qualche notizia particolare per contestualizzare: ad esempio esaminiamo quanto è stato sostenuto da un gruppo di ricercatori americani circa le energie rinnovabili e le conseguenze che si possono ricavare tenendo conto di conoscenze chimiche.

Uno studio dettagliato di un gruppo di ricercatori americani coordinato da M.Z.Jacobson, della Standard University, ha presentato un piano denominato WWS (Wind, Water, Sunlight) basato unicamente sull'utilizzo di vento, acqua e sole, secondo il quale **entro il 2050 i combustibili fossili possono essere integralmente sostituiti con energie rinnovabili producendo solo energia elettrica.**⁵

4. E.Bompan, I.L.Brambilla – Che cos'è l'economia circolare, Ed. Ambiente, Mi, 2018

5. M.Z.Jacobson et al., Joule, 2017, 1, 108-121

Questo studio presenta una road map di transizione per 139 paesi, tra cui il nostro. Ebbene, basta riflettere con “l’occhio del chimico” su questa conclusione per rendersi conto che essa **non è realizzabile ed è scientificamente insostenibile: non è possibile che con la sola energia elettrica, sia pure ricavata da fonti rinnovabili, si possano risolvere tutti i problemi legati all’industria di qualsiasi genere**⁶.

Rimanendo fermo il punto che risponde ad una precisa e urgente necessità di eliminare il più possibile l’uso di combustibili fossili e la conseguente produzione di gas serra CO₂, dobbiamo però considerare che ci sono anche dei casi in cui questo non è possibile, minimizziamoli!, ma allo stato attuale della tecnologia non si possono eliminare.

Uno dei processi essenziali per qualsiasi paese industriale, la produzione di acciaio dai minerali di ferro, non è possibile realizzarla per semplice riscaldamento del minerale, è **necessario che avvenga una reazione chimica per sottrarre ai minerali (generalmente ossidi) l’ossigeno con cui il ferro è legato ed ottenere il metallo** ed è noto a tutti che per farlo, non è sufficiente il semplice processo (fisico) di riscaldamento, ma **occorre un elemento riducente con cui sottrarre l’ossigeno**: in genere questo elemento è il carbonio, il mezzo più impiegato è il carbone e la tecnologia oggi più diffusa è quella dell’altoforno.

Non solo, poiché il carbone non sarebbe adatto a miscelarsi insieme al minerale nell’altoforno per la sua fragilità, è necessario trasformarlo in coke ed usare questo in miscela col minerale nella carica dell’altoforno. E’ dunque necessario affiancare all’altoforno una cocheria.

Oltre ai vari inquinanti che devono essere controllati e abbattuti, si produce una grande quantità di CO₂ (per produrre 1 tonnellata di acciaio occorre l’impiego di 500 Kg di carbone e si producono 1650 Kg di CO₂). Teniamo presente che la produzione di acciaio tradizionale si stima contribuisca alla produzione di CO₂ totale dell’ambiente con circa il 7% ogni anno.

Ma c’è da osservare una cosa importante: mentre è complesso ambientalizzare la produzione dell’acciaio con il sistema classico dell’altoforno a carbone, si può ricorrere ad un **riduttore più pulito, il gas naturale** (essenzialmente metano) impiegando un apparecchio riduttore del minerale, ottenendo un semiprodotto di ferro (pre ridotto o spugna di ferro).

Il pre ridotto, poi, viene scaldato e fuso in forno elettrico producendo acciaio. Il metodo però, anche se di per sé molto poco inquinante, produce pur sempre CO₂ come risultato della combustione. Questo metodo è ormai ben collaudato: Jndahl impiega già da tempo questo metodo in sue acciaierie in India e ne ha costruita recentemente una anche in Oman.

6. Per maggiori dettagli, vedere il mio precedente articolo: *La battaglia contro il riscaldamento e l’inquinamento del pianeta è indispensabile - Per come realizzarla occorre promuovere azioni scientificamente fondate*. CnS, n.5/2019

Ma ancora più rispettoso dell'ambiente sarà il **metodo che usa come riduttore l'idrogeno** (con produzione di solo vapor d'acqua e dunque eliminazione completa della produzione di gas serra CO_2) che si sta sperimentando a Hybrit in Svezia.

Siamo alla costruzione dell'impianto pilota e tra alcuni anni si prevede di realizzare la prima acciaieria ad idrogeno, ricavando questo con l'impiego di energie rinnovabili (decomposizione dell'acqua mediante la corrente elettrica).

Un altro processo industriale in cui non può essere impiegato semplicemente il riscaldamento per farlo avvenire è la produzione di cemento. Il cemento è il materiale che viene prodotto in maggiore quantità al mondo e per realizzarlo occorre bruciare un combustibile: si impiega normalmente carbone e si potrebbe impiegare gas metano (molto più costoso), ma in pratica si usano più convenientemente i rifiuti.

Per comprendere il problema ricordiamo che il cemento si ottiene trasformando una miscela di rocce, calcare e argilla, con una reazione chimica, in una miscela di ossidi (il cosiddetto clinker), di cui quello di calcio è in prevalenza ($\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$): per macinazione di questa miscela si ottiene la polvere di cemento.

Le reazioni avvengono in grossi cilindri inclinati rivestiti di refrattario e portati ad alta temperatura (circa 1450°C) bruciando un combustibile. Anche in questo caso si produce per effetto della combustione una gran quantità di CO_2 . Si stima che la produzione di cemento sia responsabile del 5% della CO_2 a livello mondiale.

Concludendo, se vogliamo combattere contro il degrado ambientale e il riscaldamento del pianeta dobbiamo operare fattivamente a livello culturale partendo dai giovani, nella scuola a tutti gli ordini e, ai livelli scolari più alti, il ruolo degli insegnanti di scienze sperimentali, e quindi di chimica, diventa essenziale e strategico per la comprensione di un gran numero di processi.

Smalti magnetici per unghie: la scienza dei materiali al servizio della bellezza femminile

Sante Cospito

I.S.S. “E. Montale – Nuovo I.P.C.”, Via Timavo, 63 -16132 Genova
sante.cospito@iismontalegenova.it

Riassunto

Questa attività didattica dimostra come i giovani possano avvicinarsi alla scienza dei materiali studiando in modo divertente una delle sue applicazioni più creative, che riguarda il mondo del make-up femminile. In particolare, gli studenti hanno focalizzato la loro attenzione sugli smalti magnetici per unghie che stanno riscuotendo un grande successo tra le ragazze. L'attività laboratoriale che ha per protagonista uno smalto per unghie e due calamite commercializzate con il kit, ha consentito ai giovani sperimentatori di comprendere il fenomeno chimico-fisico alla base del comportamento di questi materiali innovativi. Essi nascono da un sapere interdisciplinare proveniente dalla fisica e dalla chimica organica, due discipline scientifiche apparentemente molto diverse tra loro.

Abstract

This workshop shows how young people can approach materials science in a funny way. Namely, students focused on magnetic nail polishes, one of the most original and creative innovations in female make-up world and being of great success among girls. The young experimenters tested a nail polish with two magnets contained in the kit, in order to check out the way these innovative materials react. Such phenomenon is hence of both physical and chemical nature linking together divergent disciplines (Physics and Organic Chemistry) in an interdisciplinary relation.

Introduzione

Oggi assistiamo costantemente alla nascita e alla sempre più larga diffusione di nuovi materiali intelligenti (“smart materials”) che hanno cambiato le nostre abitudini di vita.[1,2] Tali materiali, che si dicono intelligenti perché capaci di modificare le loro proprietà a seguito di stimoli esterni, trovano impiego nei settori più disparati che

vanno da quello medicale, ai display, al tessile fino alla cosmesi e make-up (figura 1).[1,2]

Smart Materials

Cristalli liquidi elettroluminescenti



Biomateriali



Figura 1. Campi di applicazione degli smart materials.

In virtù del crescente interesse con il quale soprattutto i più giovani guardano alle applicazioni di questi materiali, è importante costruire dei percorsi didattici che permettano loro di utilizzare le loro conoscenze e competenze derivanti dalla chimica e della fisica per comprendere i fenomeni che determinano le proprietà di questi materiali.[3]

In questo articolo, viene presentata l'esperienza laboratoriale di una classe del IV° anno di Liceo Linguistico coinvolta nel Piano Nazionale Lauree Scientifiche (PNLS) 2017/2018, che ha studiato una classe di materiali intelligenti molto attraente soprattutto per le ragazze, come gli smalti magnetici per le unghie.

Gli smalti magnetici per le unghie sono dei prodotti di make-up molto graditi alla clientela femminile per l'originalità degli effetti visivi (figura 1) che riescono a dare rispetto agli smalti tradizionali.[4] Essi rientrano nella famiglia degli "smart coatings", cioè materiali di rivestimento la cui formulazione permette una risposta immediata ed efficace allo stimolo richiesto. [5] La preparazione di questi innovativi smalti magnetici è frutto di un lungo percorso di ricerche che ha portato alla realizzazione di miscele molto complesse (figura 2) nelle quali delle nanoparticelle di ossidi di ferro con

proprietà magnetiche costituiscono la componente attiva mentre numerosi altri composti chimici quella passiva.[4,6] Quest'ultima si compone per lo più di molecole organiche con funzionalità specifiche che determinano la qualità degli smalti.[6] Tra queste molecole molto importante è la nitrocellulosa, un polimero che ha il ruolo di filmogeno. Ciò significa che lo smalto depositato sull'unghia dopo qualche secondo a seguito dell'evaporazione dei solventi, forma un film polimerico. Quest'ultimo risulta resistente alle spaccature e alla frammentazione grazie alla presenza di un plastificante come l'acetil tributil citrato. Per preservare il colore dello smalto che potrebbe essere modificato dall'esposizione prolungata ai raggi del sole, in particolare gli ultravioletti (UV), nella miscela è presente anche il benzofenone che ha il ruolo stabilizzatore UV. Tra le componenti passive della miscela sono presenti però anche dei composti inorganici come i pigmenti che danno il colore allo smalto e anche delle nanoparticelle di TiO_2 e mica che sono responsabili dell'effetto perlato.

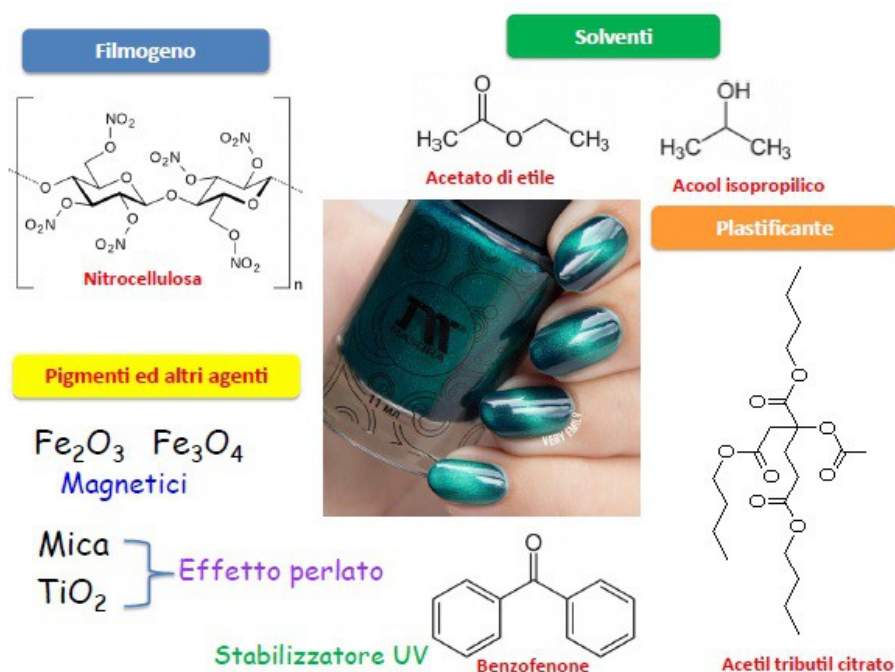


Figura 2. Composizione chimica di uno smalto magnetico per le unghie.

La componente attiva invece è formata solo da composti che sono in grado di rispondere al campo magnetico che può essere applicato per mezzo di una calamita. Tali composti che quindi hanno proprietà magnetiche, sono delle nanoparticelle di ossidi di ferro: Fe_2O_3 e Fe_3O_4 , costituenti rispettivamente dei minerali ematite e magnetite.[7]

Ciascuna delle particelle di questi ossidi possiede un momento magnetico, per cui possono essere approssimate a tanti piccoli magneti[8] (pallini con freccette in figura 3). All'interno della boccetta di smalto o nel film appena depositato sull'unghia, le nanoparticelle sono disposte in maniera disordinata e la magnetizzazione complessiva, frutto della somma dei momenti magnetici, è nulla (figura 3 a sinistra). L'orientazione di queste nanoparticelle può essere manipolata attraverso l'impiego di un campo magnetico (\vec{B}) esterno[9] come ad esempio quello di una calamita (figura 3 a destra).

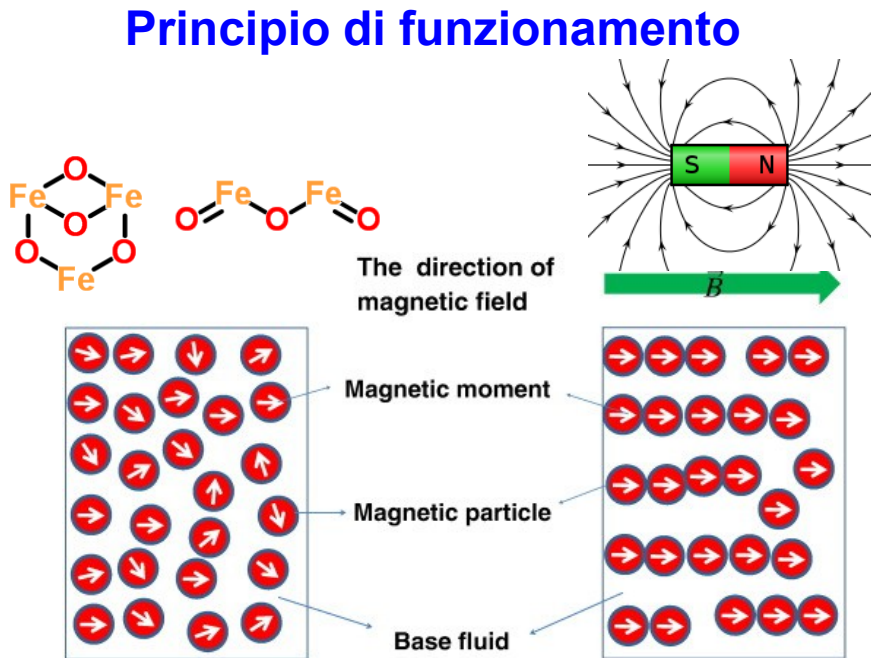


Figura 3. Orientazione delle nanoparticelle degli ossidi di ferro a seguito dell'applicazione del campo magnetico (\vec{B}) di una calamita.

L'esperienza di laboratorio proposta agli studenti, ha avuto un duplice obiettivo:

- stimolare la loro curiosità nel comprendere quelle che sono le proprietà e le funzioni delle componenti principali degli smalti per le unghie;
- comprendere il principio fisico della magnetizzazione di questi materiali molto complessi.

Il risultato estetico è piacevole e permette a chiunque di apprezzare questo importante fenomeno che oltre a verificarsi in questo tipo di smalti per le

unghie, può avere tante altre importanti applicazioni incluse quelle biomedicali.[10]

Parte Sperimentale

Materiali e strumenti:

Kit per smalti magnetici composto da: bottiglietta di smalto da 12 mL, la cui composizione chimica è presentata in figura 2; due calamite con diversa orientazione del campo magnetico; cronometro digitale (± 1 s).

Procedura

Capovolgere 2-3 volte la boccettina contenente lo smalto per mescolare meglio le componenti e poi depositare uniformemente lo smalto sull'unghia (figura 4 a).

Avvicinare immediatamente a pochi mm di distanza la calamita fornita nel kit (figura 4 b), lasciando agire il campo magnetico obliquo per almeno 20 s quindi, rimuovere la calamita e lasciare che lo smalto si asciughi.

Provare ad applicare la calamita con orientazione verticale sullo stesso film di smalto ormai asciugato per vedere se e quale effetto si ottiene. Ripetere l'operazione di deposizione dello smalto su un'altra unghia e applicare la calamita con orientazione verticale per 20 s quindi, lasciare asciugare lo smalto.

Studiare la cinetica di evaporazione dei solventi contenuti nella formulazione, lasciando trascorrere un tempo di 20 s tra la deposizione dello smalto sull'unghia e l'applicazione del campo magnetico.

Osservare ciò che accade e annotarlo sul proprio quaderno di laboratorio.

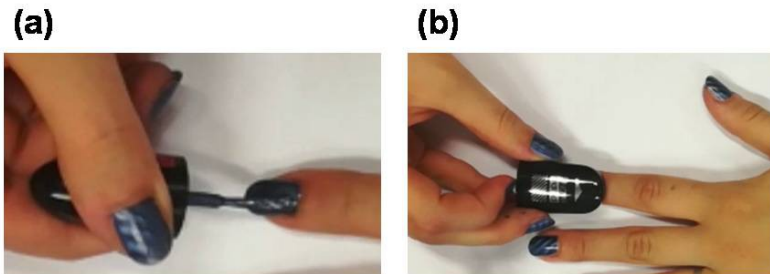


Figura 4. Deposizione dello smalto sull'unghia (a) e applicazione della calamita (b).

Risultati e discussioni

L'esperienza proposta non ha presentato alcuna pericolosità e difficoltà dal punto di vista pratico.

Per verificare il fenomeno della magnetizzazione delle nanoparticelle nello smalto, sono state utilizzate due calamite con diversa orientazione

delle linee di forza del campo magnetico (obliqua e verticale).

Come mostrato in figura 5, lo smalto appena depositato sull'unghia appare omogeneamente di colore blu. In questo momento, le nanoparticelle di Fe_2O_3 e Fe_3O_4 sono disperse in maniera casuale all'interno del film depositato. L'applicazione immediata di un campo magnetico obliquo o verticale per mezzo di apposite calamite, causa la formazione di un motivo decorativo formato da linee nere (figura 5 c, d). Queste ultime sono l'effetto macroscopico dell'aggregazione e allineamento delle nanoparticelle magnetiche lungo le linee di forza del campo magnetico esterno.

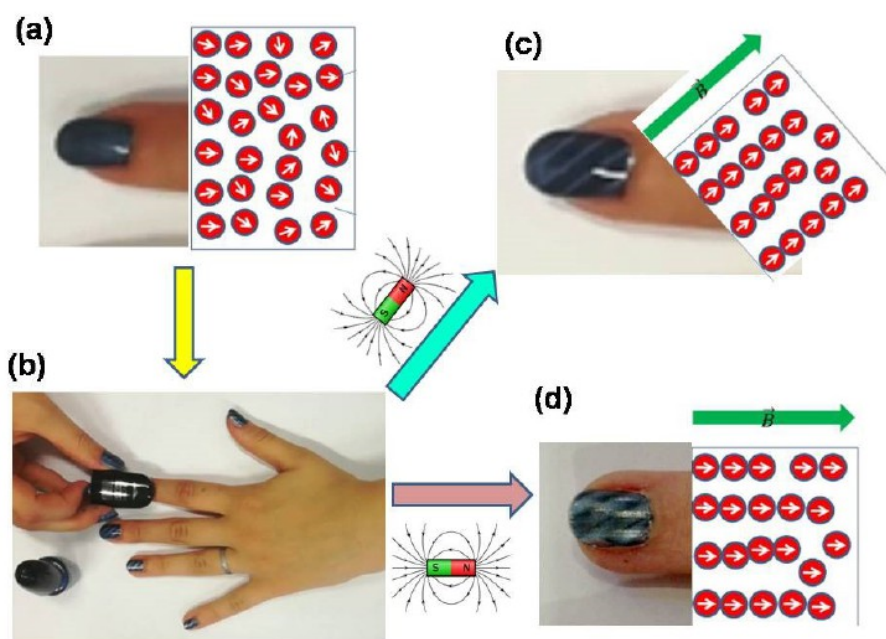


Figura 5. Fasi del processo di applicazione del campo magnetico (\vec{B}) della calamita sullo smalto (a, b) e differenti motivi decorativi risultanti da \vec{B} obliquo (c) oppure verticale (d).

L'applicazione del campo magnetico deve essere immediatamente consequenziale alla deposizione dello smalto sull'unghia, in quanto la miscela deve essere abbastanza fluida da consentire alle nanoparticelle di muoversi sotto l'effetto del campo magnetico. Se si lascia trascorrere un tempo pari a 20 s, i solventi che sono molto volatili, evaporano e lo smalto si trasforma in un film polimerico solido che non consente alle particelle di poter migrare in presenza del campo magnetico. Ne consegue che lo smalto

non mostra più alcuna proprietà magnetica anche in presenza del campo magnetico applicato (figura 6).

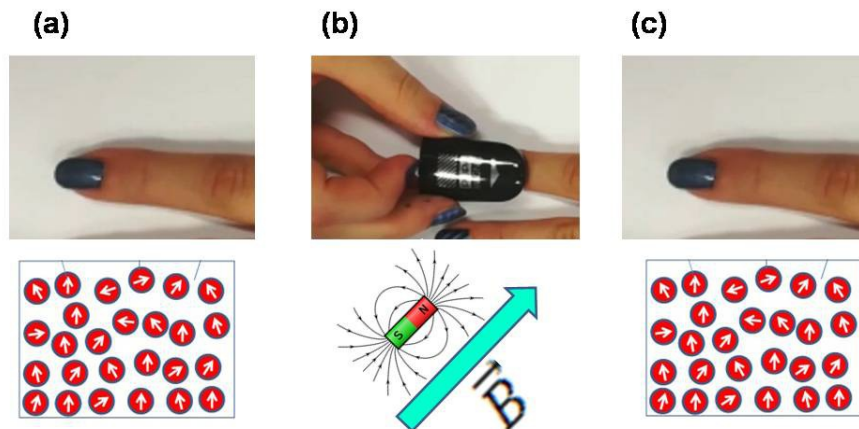


Figura 6. Smalto depositato sull'unghia (a), campo magnetico applicato dopo 20 s dalla deposizione dello smalto (b), assenza di magnetizzazione dello smalto (c).

Lo studio della risposta al campo magnetico applicato è stato effettuato anche su uno smalto in cui l'allineamento delle nanoparticelle era già avvenuto (figura 5 c). In questo caso il film polimerico si era già solidificato da diversi secondi, bloccando in maniera permanente le nanoparticelle nelle loro posizioni. Anche in questo caso si dimostra che per un intervallo di tempo superiore ai 20 s dalla deposizione dello smalto, il campo magnetico applicato non è in grado di indurre alcuna magnetizzazione del materiale.

Questa esperienza di laboratorio ha avuto un ottimo riscontro tra gli studenti, che si sono poi resi protagonisti anche di un'interessante discussione su altre possibili applicazioni dei campi magnetici sia in ambito medico come la risonanza magnetica nucleare[8] e sia in quello tecnologico come i display a cristalli liquidi.[11]

Le relazioni di laboratorio che gli studenti hanno prodotto, dimostrano che essi hanno compreso in maniera soddisfacente il fenomeno osservato grazie alla buona base teorico-pratica acquisita nei corsi di Fisica e Chimica del secondo biennio.

Conclusioni

L'attività laboratoriale descritta ha riscosso un grande successo tra gli studenti e ben si inserisce nel loro percorso didattico del IV° anno del Liceo Linguistico. In particolare, hanno potuto comprendere come due discipline scientifiche apparentemente molto diverse tra loro, la Chimica Organica e la

Fisica, in realtà si incontrino nella realizzazione di materiali innovativi come quelli da loro studiati.

Per comprendere il fenomeno fisico osservato ed il ruolo dei composti chimici presenti nello smalto, gli studenti hanno fatto numerose ricerche sul web, imbattendosi spesso in articoli scientifici in inglese, discussi poi con il loro docente di Scienze. Ciò gli ha permesso di ampliare con nuovi termini scientifici il loro lessico di lingua inglese, in continuità con il percorso didattico sui composti organici affrontato nei mesi precedenti con la metodologia CLIL.

Questa esperienza didattica ha sicuramente arricchito gli studenti che in maniera divertente si sono avvicinati alla scienza dei materiali, una disciplina che sta trovando spazio nella scuola secondaria di secondo grado attraverso interessanti iniziative nate dalla collaborazione con le Università.¹² Infine, è da sottolineare come l'esperienza di laboratorio sia stata proposta ad una classe composta prevalentemente da ragazze, con la finalità di promuovere le discipline STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), in conformità al piano d'azione che il MIUR e il Dipartimento delle pari opportunità della Presidenza del Consiglio, stanno attuando da qualche anno.¹³ L'elevato interesse e la proficua partecipazione delle studentesse a questa attività didattica, lasciano ben sperare in un loro possibile orientamento post-diploma verso corsi di laurea come Chimica, Fisica e Scienza dei Materiali che si contraddistinguono per un'offerta formativa in linea con le nuove figure professionali richieste dal mondo del lavoro.

Ringraziamenti

Ringrazio i seguenti studenti dell'I.I.S. "E. Montale – Nuovo I.P.C." di Genova: Chiara Andriani, Giordana De Agostini, Lorenzo Manfrè e Francesco Piccolo. Tutti quanti loro hanno partecipato con profitto al PLS-Scienza dei Materiali 2017/2018, classificandosi al primo posto nella sezione originalità.

Bibliografia

- [1] M. Ferrara, M. Bengisu, *Materials that change color*. Smart materials, intelligent design, Springer International Publishing, Heidelberg 2014.
- [2] M. Ferrara, M. Bengisu, *Materials that Move*. Smart materials, intelligent design, Springer International Publishing, Heidelberg 2018.
- [3] S. Cospito, *La Chimica nella Scuola*, 2018, **1**, 41-48.
- [4] <https://www.self.com/story/the-science-behind-magnetic-na>
- [5] S. B. Ulaeto, J. K. Pancrecius, T. P. D. Rajan, B. C. Pai, *Nobel Metal – Metal Oxide Hybrid Nanoparticles: Fundamentals and Applications*, Whoodhead Publishing 2019.

- [6] <http://www.compoundchem.com/2017/04/06/nail-polish/>
- [7] J.D. Lee, *Chimica Inorganica*, Piccin, 2000.
- [8] P. W. Atkins, *Chimica Fisica*, III edizione italiana, Zanichelli 2004.
- [9] Y. Sahoo, M. Cheon, S. Wang, H. Luo, E. P. Furlani, P. N. Prasad, *J. Phys. Chem. B* 2004, 108, **11**, 3380-3383.
- [10] K. R. Reddy ed altri, *Methods in Microbiology*, 2019, **46**, 227-254.
- [11] M. Yamaguchi, Y. Tanimoto, *Magneto-Science, Magnetic Fields Effects on Materials: Fundamentals and Applications*, Springer 2006.
- [12] P. Riccardi, C. Goletti, *Nat. Nanotech.*, 2017, **12**, 1104.
- [13] <https://www.noisiamopari.it/site/it/mese-delle-stem/>

Innamorarsi della Chimica. 2 parte - I progetti: Arancio biondo del Piceno e Birra

Leonardo Seghetti¹, Liberato Cardellini²

¹I.I.S. Celso Ulpiani, Ascoli Piceno, leonardo.seghetti@tin.it

²Università Politecnica delle Marche, Ancona.

Riassunto

Coinvolgere e interessare gli studenti di oggi in ciò che riteniamo importante che essi apprendano richiede un impegno maggiore da parte degli insegnanti. L'integrazione della conoscenza, le abilità nel problem solving, l'apprendimento significativo dei concetti fondanti, il coinvolgimento fattivo nei gruppi cooperativi sono aspetti qualificanti dell'insegnamento di qualità che vanno proposti e richiesti come un processo di crescita durante l'anno scolastico.

Con l'idea di interessare il maggior numero di studenti e di coinvolgere anche gli studenti che trovano difficoltà con la chimica, sono stati proposti sette progetti di varia difficoltà e impegno differenziati. I progetti sono stati scelti in modo che gli studenti applicassero i concetti del corso di chimica in nuovi contesti e affrontassero le problematiche coinvolte in nuove operazioni e pratiche di laboratorio.

Gli studenti hanno lavorato al di fuori della scuola per ricostruire i riferimenti storici e le notizie interessanti dei progetti e affrontato situazioni non familiari nel metterli in pratica. Hanno superato le difficoltà discutendo nei gruppi e coinvolgendo altre competenze, come l'insegnante e i tecnici del laboratorio, il personale della cucina, i responsabili della cantina e i tecnici del laboratorio di informatica. Il lavoro fatto nella produzione dei prodotti è stato presentato nell'evento chiamato "la festa di primavera", in modo che tutti gli studenti dei corsi siano informati dei processi utilizzati.

La progettazione delle esperienze è stata fatta in modo da valorizzare alcuni prodotti particolari del territorio con l'idea di offrire spunti agli studenti per attività imprenditoriali future. La disponibilità e il prestigio dell'insegnante hanno reso il corso importante anche per i genitori e un'esperienza piacevole e coinvolgente per gli studenti, che con il loro impegno l'hanno trasformata in un successo, evidenziato anche nella loro valutazione.

Abstract

Engaging and involving today's students in what we think is important for them to learn requires a bigger commitment from teachers. Integration of knowledge, problem solving skills, meaningful learning of the basic con-

cepts, active involvement in cooperative groups are qualifying aspects of quality teaching that must be proposed and requested as a growth process during the school year.

With the idea of interesting as many students as possible, and also involving students who find it difficult to learn chemistry, seven projects of varying difficulty and differentiated commitment have been proposed. The projects were chosen so that students applied the concepts of the chemistry course in new contexts and addressed the problems involved in new laboratory operations and practices.

The students worked outside the school to reconstruct the historical references and interesting news of the projects and faced unfamiliar situations in putting them into practice. They overcame the difficulties by discussing in the groups and involving other skills, such as the laboratory teacher and technicians, the kitchen staff, the managers of the cellar and the technicians of the computer lab. The work done in the products' production was presented in the event called "the spring festival", so that all students of the courses are informed of the processes used.

The planning of the experiences was made in order to enhance some products of the territory with the idea of offering suggestions to the students for future business activities. The availability and prestige of the teacher have made the course also important for parents and a pleasant and engaging experience for students, who with their commitment have made it a success, also highlighted in their course's assessment.

Coinvolgere gli studenti

Gli studenti sono abituati ad usare lo smartphone per soddisfare i loro interessi: insegnare nel solito modo gli argomenti di chimica che il programma prevede e sperare di entusiasmarli è un compito arduo. Come è stato osservato, "Education has not caught up with this new generation of tech-savvy children and teens. It is not that they don't want to learn. They just learn differently. Gone are the days when students would sit quietly in class, reading a book or doing a math worksheet. Literally, their minds have changed-they have been "rewired." With all the technology that they consume, they *need more* from education. The educational content is not the problem. It is the delivery method and the setting." (Rosen, Carrier, Cheever, 2010, p. 3)

Molti studi hanno messo in evidenza ciò che noi insegnanti spesso constatiamo; ovvero, come la conoscenza degli studenti sia spesso frammentata e i concetti siano insufficientemente connessi. (Johnstone, Moynihan, 1985) Per formare studenti che possano affrontare situazioni cognitive complesse, sono richieste molte abilità e tra queste è importante l'integrazione delle conoscenze. Per il problem solving, sono necessarie "a bundle of skills,

knowledge and abilities that are required to deal effectively with complex non-routine situations in different domains. This includes cognitive aspects of problem solving, such as causal reasoning, model building, rule induction, and information integration.” (Funke, Fischer, Holt, 2018, p. 41)

Ma come si può facilitare l'integrazione della conoscenza? Certamente sono utili gli strumenti che permettono la strutturazione della conoscenza, come le mappe concettuali, le mappe mentali e i riassunti argomentati. In letteratura è stato proposto un metodo diverso di organizzare l'istruzione; un approccio didattico che facilita l'integrazione della conoscenza. “instruction should be designed using a knowledge integration approach that involves building on personal ideas, using evidence to distinguish alternatives, and reflecting on alternative accounts of scientific phenomena.” (Linn, Eylon, 2011, p. 4)

L'integrazione della conoscenza richiede un impegno da parte dell'insegnante nell'aiutare la costruzione nella mente degli studenti della rete di connessioni tra i concetti, attraverso relazioni, idee o altri concetti. Altrimenti si ha una conoscenza disconnessa, ove le nuove idee vengono memorizzate come nozioni isolate e non collegate al resto della conoscenza e presto dimenticate. Ci si riferisce “to the process of making sense of science that includes adding new ideas to the mix of view about a topic, linking and connecting new and existing ideas, sorting out the ideas available, reflecting on the ideas while solving problems, and restructuring views to achieve more coherence.” (Linn, Hsi, 2000, p. 362) La normale lezione non è sufficiente per raggiungere questo risultato, perché facilita un impegno mentale passivo. Il materiale didattico dovrebbe essere progettato secondo questi principi: make science accessible; make thinking visible; help students learn from others; and promote autonomy. (Linn, Eylon, 2011, pp. 109-115)

Coinvolgere gli studenti in qualche breve attività durante una lezione è un modo efficace per mantenere alta l'attenzione. Il lavoro di gruppo non può essere improvvisato, ma va costruito lentamente, per far abituare gli studenti al nuovo modo di interagire e responsabilizzandoli, secondo il metodo dell'apprendimento cooperativo. (Cardellini, Felder, 1999) Anche l'insegnante privo di esperienza dovrebbe utilizzare il metodo a piccoli passi, ma senza tentennare, perché provvisto della necessaria preparazione teorica. Con l'esperienza, il porre domande agli studenti durante la spiegazione e il proporre brevi lavori cooperativi diverrà il modo normale di insegnare.

L'uso del metodo richiede uno sforzo per essere padroneggiato, sforzo che verrà ampiamente giustificato dai risultati didattici positivi, come la crescita umana e cognitiva degli studenti, come è risultato in molti studi. “The use of small group work is posited to have a number of advantages over individual practice. The main benefit of small group work seems to lie in the cooperati-

ve aspects that it can help to foster. One advantage of this lies in the contribution that this method can make to the development of pupils' social skills. Working with other pupils may help them to develop their empathic abilities by allowing them to see others' viewpoints, which can help them to realise that everyone has strengths and weaknesses. Trying to find a solution to a problem in a group also develops skills such as the need to accommodate others' views. Pupils can provide each other with scaffolding in the same way as can the teacher during questioning." (Muijs, Reynolds, Kyriakides, 2016, p. 107)

Molti studenti, ma non tutti, partecipano volentieri al lavorare in gruppo. Per evitare esperienze negative, gli studenti dovrebbero venire abituati a poco a poco a questo modo di apprendere e interagire. Il dialogo che ha luogo nei gruppi è utile da diversi punti di vista, sia per costruire i rapporti e facilitare la comunicazione sociale che contribuire alla comprensione dei concetti e a ricostruire la conoscenza: "individuals negotiate meanings and construct knowledge jointly, gradually increasing their intersubjectivity. ... in a process that facilitates the appropriation of diverse cultural artefacts and practices by individuals. Likewise, social communication is gradually reconstructed as internal speech or "voices of the mind", contributing significantly to reasoning, problem solving, knowledge construction, and self-regulation, among other important psychological functions." (Rojas-Drummond, Gómez, Vélez, 2008, p. 320) Molti studenti, ma non tutti, traggono dei vantaggi dal lavoro cooperativo nei gruppi, sia vantaggi cognitivi che arricchimento umano.

Sentito di dover ringraziare il mio professore, non solo per quello che mi ha fatto imparare, ma anche perché mi ha permesso di fare amicizia con molte persone del mio corso! La strategia dei gruppi è senza dubbio VINCENTE (!!!) sia al livello umano che, (perché no!) didattico!

Figura 1. Giudizio di una studentessa sul lavoro di gruppo.

Il lavoro cooperativo a casa come in aula è utile in molti contesti educativi, sia per brevi esercizi che per lavori impegnativi; dal rispondere ad una certa domanda, all'argomentare una affermazione, al costruire una mappa concettuale, al risolvere un problema o al pianificare una analisi in laboratorio. In tutte le situazioni, il tempo concesso è tale che non ci siano sprechi. Ad esempio, nel problem solving, invece di spiegare come risolvere un problema, possiamo chiedere di farlo ai nostri studenti. Durante la spiegazione dell'argomento 'la mole', si potrebbe proporre il seguente problema: *Si considerino 10,00 g di ammoniaca. Calcolare a quante mole-*

cole di azoto e di idrogeno equivale l'azoto e l'idrogeno contenuti nel campione. In Figura 2 è riportata la soluzione consegnata da uno dei gruppi di un corso di chimica di studenti iscritti al primo anno in una Facoltà di Ingegneria.

La soluzione si presta ad alcune considerazioni. Viene riportata la rappresentazione dell'ammoniaca, ma non quella dell'azoto e dell'idrogeno; sono riportate alcune unità di misura, ma non i fattori di conversione, oggetto della spiegazione durante la stessa lezione. Usando tutte le unità di misura e il metodo suggerito agli studenti, il calcolo delle molecole di azoto e idrogeno svolto nel seguente modo:

Fattore di conversione: $1 \text{ mol NH}_3 \equiv 6,022 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3$
 $(0,587 \text{ mol NH}_3) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3/\text{mol NH}_3) = 3,54 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3$

Fattore di conversione: $1 \text{ molecola NH}_3 \equiv 1 \text{ atomo N}$
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ molecole NH}_3) \times (1 \text{ atomo N}/1 \text{ molecola NH}_3) = 3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}$

Fattore di conversione: $2 \text{ atomi N} \equiv 1 \text{ molecola N}_2$
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}) \times (1 \text{ molecola N}_2/2 \text{ atomi N}) = 1,77 \times 10^{23} \text{ molecole N}_2$

Fattore di conversione: $1 \text{ molecola NH}_3 \equiv 1 \text{ atomo N} \equiv 3 \text{ atomi H}$
 $(3,54 \times 10^{23} \text{ atomi N}) \times (3 \text{ atomi H}/1 \text{ atomo N}) = 1,06 \times 10^{24} \text{ atomi H}$

Fattore di conversione: $2 \text{ atomi H} \equiv 1 \text{ molecola H}_2$
 $(1,06 \times 10^{24} \text{ atomi H}) \times (1 \text{ molecola H}_2/2 \text{ atomi H}) = 5,30 \times 10^{23} \text{ molecole H}_2$

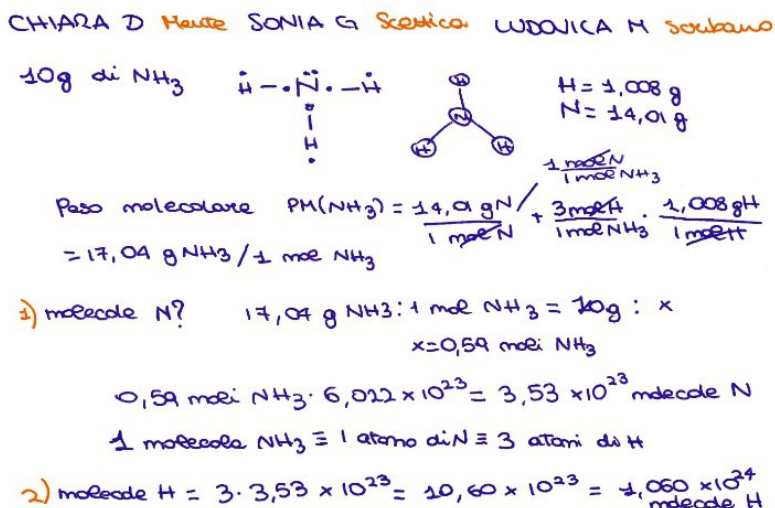


Figura 2. Calcolo del numero di molecole di azoto e di idrogeno.

L'errore nella soluzione evidenzia la necessità della correzione del lavoro di gruppo alla lavagna. Allo scadere del tempo assegnato le soluzioni sviluppate dai vari gruppi sono state raccolte, ed è stato invitato alla lavagna lo scettico di un gruppo scelto a caso. Il problema è stato risolto, usando le corrette rappresentazioni, discutendo e illustrando i passaggi e chiedendo ad alcuni studenti del corso di argomentare la correttezza dei fattori di conversione utilizzati. Questo modo di procedere richiede un tempo maggiore della soluzione svolta dall'insegnante, ma ha il vantaggio di rendere più comprensibile agli studenti il processo logico della soluzione. Se gli studenti comprendono il motivo e la natura dei loro errori, la probabilità che l'errore si ripeta diminuisce drasticamente.

Dalla soluzione riportata in Figura 2 sembrerebbe che alcuni studenti non conoscano la differenza tra atomo e molecola, ma non è così. Sanno che idrogeno e azoto hanno molecole biatomiche: con 'molecole N' e 'molecole H' forse si intendeva riportare 'molecole di azoto' e 'molecole di idrogeno'. L'errore nella soluzione è da imputare al fenomeno del choking: ovvero, sotto pressione questi studenti hanno avuto prestazioni peggiori del previsto. (Beilock, 2010) L'attenzione era altrove focalizzata; probabilmente in questo caso sulle relazioni stechiometriche derivanti dalla formula NH_3 .

Tra i molti vantaggi del metodo cooperativo riportati in moltissimi studi, c'è quello della sua duttilità. Può essere utilizzato in compiti complessi a patto che gli studenti abbiano fatto esperienza col metodo e siano già abituati a lavorare rivestendo dei ruoli; il successo di queste esperienze richiede una severa scansione del tempo da parte dell'insegnante e l'utilizzo dei ruoli. È buona norma nei compiti complessi richiedere il cambiamento dei ruoli dopo un certo tempo. In un corso nel 2010 è stato tentato un esperimento che consisteva nel proporre un problema che per la sua soluzione richiedeva un ragionamento più sofisticato e non ancora spiegato. In questo modo gli studenti in qualche modo dovrebbero compiere operazioni cognitive in ciò che Lev Vygotsky ha definito zona di sviluppo prossimale: "It is the distance between the actual developmental level as determined by independent problem solving and the level of potential development as determined through problem solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers." (Vygotsky, 1978, p. 78)

Il corso era stato svolto per più di due terzi e gli studenti avevano eseguito molto lavoro nei gruppi ragionando sul problem solving; veniva trattato l'argomento degli equilibri ionici, in particolare il calcolo del pH di acidi e basi. Agli studenti era stata spiegata la teoria, ovvero la ionizzazione dell'acqua e degli acidi forti, il concetto di equilibrio chimico, la ionizzazione degli acidi deboli¹. Avevano svolto un certo numero di esercizi sul calcolo del pH, utilizzando dei ragionamenti chimici e conoscevano i metodi di verifica. (Cardellini, 2001) L'esperimento è stato introdotto con dei problemi che ri-

guardavano il calcolo del pH in soluzioni di HCl 10^{-3} , 10^{-5} e 10^{-7} M e i risultati sono stati 3, 5 e 7, rispettivamente. Nella successiva discussione si è fatto notare che in una soluzione acida, $[H^+]$ è sempre maggiore di $[OH^-]$ e il pH deve risultare minore di 7. Per soluzioni molto diluite la ionizzazione dell'acqua pesa numericamente.

Agli studenti organizzati nei gruppi cooperativi è stato poi chiesto di risolvere il problema: *Calcolare la concentrazione H^+ e il pH in una soluzione di acido cloridrico $1,00 \times 10^{-7}$ M.* In Figura 3 è riportata la soluzione proposta da uno dei gruppi cooperativi.

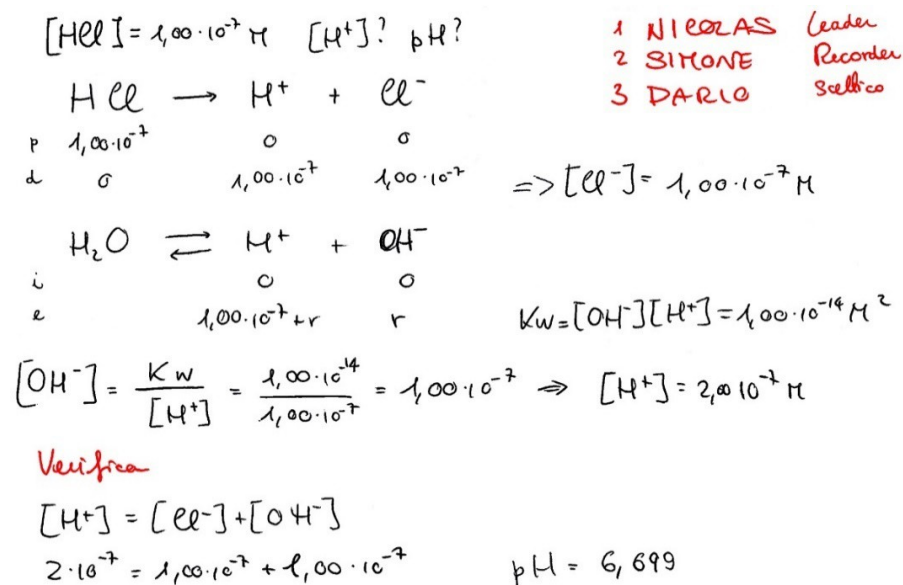


Figura 3. Calcolo del pH e verifica del risultato. (*p* significa 'prima della ionizzazione', *d* significa 'dopo la ionizzazione'; *i* significa 'situazione all'inizio', *e* significa 'situazione all'equilibrio')

Tra gli aspetti positivi della soluzione si nota che gli studenti hanno impostato in modo corretto il ragionamento qualitativo, la rappresentazione del problema chimico per mezzo delle equazioni di ionizzazione, le concentrazioni all'inizio e all'equilibrio e la verifica, ancorché incompleta.

L'errore è nel calcolo della ionizzazione dell' H_2O .

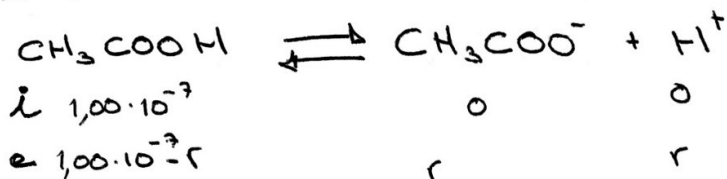
Nell'equazione $(1,00 \times 10^{-7} + r) \times r = 1,00 \times 10^{-14} M^2$, l'approssimazione $1,00 \times 10^{-7} + r = 1,00 \times 10^{-7}$ non è numericamente accettabile. Questo errore è sicuramente dovuto alla non sufficiente familiarità con il calcolo numerico. Gli studenti potevano accorgersi che qualcosa non andava se avessero completato la verifica, compresa la verifica dell'approssimazione numerica. Per gli equilibri ionici la verifica si basa sul bilancio di carica e di massa

e sul controllo delle costanti di equilibrio. In questo caso, $[H^+][OH^-] = K_w = 2,00 \times 10^{-14} M^2$, che è un risultato non accettabile.

Un altro aspetto della discussione è stata l'argomentazione della logica della procedura: per quale motivo è necessario prima considerare la ionizzazione dell'acido cloridrico e poi la ionizzazione dell'acqua? Perché la ionizzazione dell'acido forte fa retrocedere la ionizzazione dell'acqua, mentre il contrario non ha senso. Completata la discussione, è stato proposto il problema: *Calcolare il pH e la concentrazione degli ioni presenti in una soluzione acquosa $1,00 \times 10^{-7} M$ di acido acetico. $K_a = 1,753 \times 10^{-5} mol/L$.* In Figura 4 è riportata la soluzione proposta dallo stesso gruppo, con i ruoli cambiati.

1=R, 2=S, 3=L

$$[CH_3COOH] = 1,00 \cdot 10^{-7} M \quad K_a = 1,753 \cdot 10^{-5} M$$



$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{1,00 \cdot 10^{-7} \cdot 1,753 \cdot 10^{-5}} = 1,324 \cdot 10^{-6} M$$

$$pH = 5,878$$

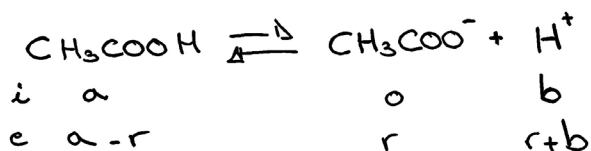
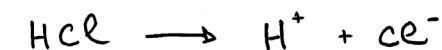
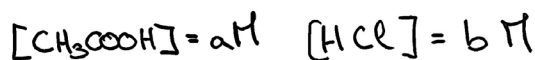
Figura 4. La soluzione incompleta del problema.

Questo procedimento porta ad un risultato sbagliato e mostra una diminuzione di attenzione nel gruppo e di chi rivestiva il ruolo di scettico, probabilmente colui che nel primo problema scriveva, non ha svolto al meglio la sua funzione. L'uso della formula fa pensare che gli studenti abbiano fatto ricorso al libro di teoria, in quanto nelle spiegazioni questo tipo di soluzione non è stata mai menzionata. La soluzione oltre ad essere incompleta non è accettabile: come può essere che la $[H^+]$ sia 13,2 volte maggiore della concentrazione dell'acido acetico? Manca la considerazione del campo numerico di accettabilità di r : $0 < r < 1,00 \times 10^{-7} M$. Inoltre, non è stato considerato l'equilibrio di ionizzazione dell'acqua, menzionato nel procedimento precedente. Questo dimostra un fatto poco considerato: pensare richiede un grande sforzo. Chi non conosce come ragionare con uno schema noto, dovrà fare ricorso ad un ragionamento probabilistico, facendo

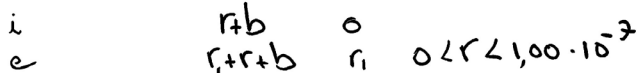
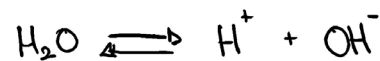
ipotesi nella propria mente e cercando informazioni nella memoria a lungo termine per validarle o confutarle.

La soluzione ragionata è complessa ed è stata già riportata. (Cardellini, 1996) Si procede in modo iterativo e si calcola $[H^+]$ dalla ionizzazione dell'acido acetico ($[H^+] = 9,94 \times 10^{-8} \text{ M}$), poi si considera l'equilibrio di ionizzazione dell'acqua, ($[H^+] = 6,20 \times 10^{-8} \text{ M}$). Per un risultato numericamente preciso è necessaria una nuova iterazione sull'acido acetico, in quanto il primo calcolo è stato fatto trascurando la ionizzazione dell'acqua; si ottiene: $9,91 \times 10^{-8} \text{ M}$. Perciò sommando i due contributi, all'equilibrio si ha $[H^+] = 1,61 \times 10^{-7} \text{ M}$, soluzione che soddisfa la verifica. Risolto il problema, sono stati discussi gli errori e si è risposto alle osservazioni e ai commenti degli studenti e alle domande poste dall'insegnante, alle quali non è stata data una risposta soddisfacente da parte degli studenti. Poi è stato proposto un nuovo problema, per rinforzare quanto appreso e applicarlo ad una nuova situazione, chiedendo la rotazione dei ruoli e suggerendo un impegno adeguato: *Calcolare il pH e la concentrazione degli ioni presenti in una soluzione acquosa $a \text{ M}$ di acido acetico e $b \text{ M}$ di acido cloridrico. $K_a = 1,753 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$.* In Figura 5 è riportata la soluzione proposta dallo stesso gruppo.

1 = Scettico, 2 = Leader, 3 = Ammonense



$$0 < r < a$$



$$1,00 \cdot 10^{-14} = (r_i + r + b) \cdot r_i \quad [H^+] = b + r + r_i$$

Figura 5. La soluzione ancorché incompleta, è formalmente corretta.

La soluzione sviluppata dallo stesso gruppo ora procede per passaggi logici corretti. Si considera per prima la ionizzazione dell'acido forte. Poi si considera la ionizzazione dell'acido acetico, che in generale produrrà in soluzione un numero di H^+ maggiore rispetto alla ionizzazione dell'acqua. Infine, viene considerata la ionizzazione dell'acqua. Nel procedimento consegnato non è stata impostata la verifica.

Caratteristiche dell'insegnamento di qualità

Prima di presentare i progetti sviluppati dagli studenti, forse è bene considerare l'influenza che può avere l'ambiente scolastico nella qualità dell'istruzione. Le considerazioni che seguono risultano da studi internazionali e potrebbero essere utili indicazioni per migliorare l'istruzione nel nostro paese. Idealmente, in una scuola che pone la formazione degli studenti al primo posto, amministrazione, dirigenza e insegnanti collaborano e si sostengono a vicenda per raggiungere ambiziosi traguardi.

In un articolo pionieristico sull'efficacia dell'istruzione viene riportato uno studio condotto in scuole di diversa qualità, con osservazioni per migliorare l'apprendimento: "high expectations are not sufficient for school success, but they are certainly necessary. ...Many professional personnel in the less effective school... were pessimistic about their ability to have an impact, creating an environment in which children failed because they were not expect to succeed." (Edmonds, 1979, pp. 16-17) Inoltre, "One of the cardinal characteristics of effective schools is that they are eager to avoid things that don't work as they are committed to implementing things that do" (Edmonds, 1979, pp. 21) Questo ultimo punto, l'utilizzo e la condivisione delle esperienze e delle pratiche efficaci, è stato uno dei caposaldi del progetto europeo PROFILES (Brianzoni, Cardellini, 2015)

Nel suo studio Edmonds (1979, pp. 18-19) ha inoltre individuato dieci processi, che sono stati riassunti in cinque punti negli studi successivi: (Reynolds, Teddlie, Chapman, Stringfield, 2016, p. 80)

- strong principal leadership;
- an emphasis upon basic skill acquisition;
- an orderly climate that facilitated learning;
- high expectations of what students would achieve; and
- frequent monitoring of the progress of students.

Un altro studio sull'efficacia dell'insegnamento esteso a 68 scuole di qualità differente ha sintetizzato in otto punti le peculiarità tra scuole nelle quali gli studenti raggiungevano elevate abilità cognitive e quelle considerate scarse. Si riportano qui quelli che in questo articolo sono considerati importanti. "*Teacher expectations* -At the high achieving white school, all students were expected to work at grade level, while at the high achieving black school, at least 75 per cent of the students were expected to

master assigned work. Expectations were very low in the low achieving schools, especially for slow reading students. ...*Principal's role* -The principal at the high achieving white school was heavily involved in academic matters and visited often in the classrooms. ...*Commitment of teaching and administrative staff* -There was high commitment at the high achieving schools, as demonstrated by affirmative statements and warmth toward students.” (Reynolds, Teddlie, 2000, pp. 135-136)

Ma chi ha una forte influenza nella qualità dell'istruzione, oltre all'insegnante, tra le altre figure citate? Chi dirige la scuola. Infatti, sembra che il supporto del dirigente sia secondo solo a ciò che avviene in aula: “Effective school leaders support actions that improve instruction and result in increased student achievement. A review of research on principal leadership and student achievement revealed that leadership is second only to classroom instruction in its contribution to student learning. ... Principals influence the work and learning environment of teachers through support for instruction, making that support one of the most important elements of instructional leadership. ... Teachers identify principal support as critical to their success. ... Principal support also contributes to the retention of talented teachers, since teachers report leaving the profession due to a lack of principal support.” (Derrington, Lomascolo, 2015, p. 136) La mancanza di supporto, o peggio, l'ostilità da parte del dirigente è molto deleteria e spesso convince gli insegnanti migliori ad andare in pensione prima del dovuto.

Insegnamento e apprendimento sono attività umane soggette a molte variazioni. Non è possibile individuare con certezza tutti i fattori che facilitano il coinvolgimento di tutti gli studenti e rendono di qualità l'insegnamento. Come è stato osservato, “educators alone are insufficient to increase learning dramatically, and they need the cooperation of parents and students themselves.” (Scott, Walberg, 1979, p. 27) Inoltre, “It is difficult to provide a unique definition of *educational quality* that would be well-suited for diverse environments and circumstances, as well as the values, desires and goals of all stakeholders involved in education.” (Burušić, Babarović, Šakić Velić, 2016, p. 6)

La qualità dell'istruzione dipende anche da altre variabili. Certamente la composizione della classe e la presenza di studenti orientati all'impegno e interessati al buon esito scolastico favorisce una socializzazione positiva e l'esempio dei compagni crea un ambiente scolastico che può influenzare l'auto-efficacia del singolo e della classe. (Steinberg, Brown, Dornbusch, 1996) Il progetto PROFILES suggerisce di non mortificare chi si impegna abbassando gli standard, ma anzi, di valorizzare gli studenti migliori, che possono essere di esempio al resto della classe.

Consideriamo ora il ruolo che possono avere i genitori nel miglioramento della qualità dell'istruzione. Una possibilità importante per coinvolgere i ge-

nitori nelle attività scolastiche: se l'insegnante comunica ai genitori i progressi dei loro figli e suggerisce loro delle maniere per aiutare i propri figli, una parte dei genitori si sentirà parte del processo di istruzione dei loro figli. (Ames, 1993; Ames et al., 1995) Gli insegnanti dovrebbero informare i genitori sulle modalità e sugli argomenti che verranno trattati e chiedere ai genitori di controllare che i compiti vengano svolti e quanto necessario sia studiato. I genitori verranno anche messi a conoscenza che i compiti assegnati sono ridotti all'essenziale. Se i genitori si convinceranno del valore del progetto educativo, incoraggeranno l'impegno dei loro figli verso l'apprendimento e i compiti. Per quanto riguarda l'apprendimento visibile, specie in certe età viene suggerito di non dare risposte alle domande dei figli, ma con altre domande e considerazioni, aiutarli a trovare la risposta. (Krechevsky et al., 2013, p. 154)

L'interessamento e l'impegno dei genitori nelle questioni scolastiche aiuta i figli a raggiungere risultati migliori? Certamente sì, secondo uno studio che ha coinvolto studenti, insegnanti e genitori: "Parents who are more involved in school activities are more likely to have children who are performing well in school." (Stevenson, Baker, 1987, p. 1353) La ricerca ha trovato delle ragioni che spiegano l'importanza di questo impegno per il successo dei figli e della scuola: "Families ...may vary in preferences and opportunities for specific forms of involvement ...and may vary as well in the learning mechanisms they choose to engage in the course of involvement activities (e.g., expressing personal, familial, and cultural expectations for the student's learning; encouraging students' engagement and persistence during work on learning tasks; modelling attitudes, beliefs, skills and behaviours important to successful learning; reinforcing students' learning efforts and accomplishments; offering instructional support, consistent with parents' own knowledge, for students' work on school assignments)." (Hoover-Dempsey, Whitaker, Ice, 2010, p. 31)

Il coinvolgimento dei genitori nelle questioni collegate all'apprendimento dei loro figli è sempre positivo e la ricerca condotta per tutti gli ordini e gradi di istruzione suggerisce che "is consistently linked to positive student attitudes about school and learning as well as attitudes about spending effort on school tasks ...[inoltre, gli studiosi] have also identified parent attitudes about education and involvement practices as important contributors to students' beliefs about their own learning abilities. These student beliefs include personal assumptions about one's ability to learn and succeed in school tasks, including a positive sense of efficacy for learning and a sense of personal competence in school tasks as well as a mastery orientation toward learning." (Hoover-Dempsey, Whitaker, Ice, 2010, p. 32)

Che caratteristiche dovrebbe avere questo coinvolgimento dei genitori? La situazione ideale dovrebbe essere una partecipazione responsabile, una

collaborazione, nel rispetto delle proprie e altrui responsabilità, riconoscendo l'importante valore formativo della scuola e la complementarità dei ruoli. Sembra che "There is some confusion and disagreement, however, about *which* practices of involvement are important and *how* to obtain high participation from all families. Some educators expect parents to become involved in their children's education on their own. If they do, they are "good" parents. If not, they are irresponsible, uninterested, or "bad" parents. ...Research shows that partnership is a better approach. In partnership, educators, families, and community members work together to share information, guide students, solve problems, and celebrate successes. Partnerships recognize the shared responsibilities of home, school, and community for children's learning and development. Students are central to successful partnerships." (Epstein, 2011, pp. 3-4)

Ancora, "the notion of separate responsibilities assumes that families, educators, and community members have different goals and competencies; and therefore, bear different responsibilities toward children. ...the responsibilities of school and family do not overlap because formal learning is best achieved when teachers maintain universal, objective standards within their classrooms ...families and educators can coordinate their efforts to educate and socialize children. ...family and school responsibilities are complementary, ...common goals can be constructed and achieved through communication and cooperation." (Pope Edwards, Shizu Kutaka, 2015, pp. 39-40)

Consideriamo le molte funzioni della scuola, in generale e nell'ambiente sociale non disagiato. Famiglie e società hanno grandi aspettative verso la scuola, in certi casi esagerate, perché nonostante l'impegno, gli insegnanti da soli non riescono ancora a fare miracoli. Alcune osservazioni per contestualizzare le responsabilità: "Schools are one of the most influential contexts for children's development in our society. By the time they graduate from high school, children and adolescents will have spent more time in schools than any other social institution outside their home and community. Schools not only influence children's acquisition of knowledge and skills, but also provide an important context for their social and emotional growth." (Meece, Schaefer, 2010, p. 3) Oltre alla formazione scolastica in questi ultimi anni è diventata importante la formazione sociale. Dalla scuola dovrebbero uscire cittadini consapevoli e studenti preparati sia per il mondo del lavoro che per il proseguimento degli studi all'università.

Rispetto alle grandi aspettative, quali responsabilità e che tipo di risultati, obiettivi e traguardi possono essere ragionevolmente raggiunti dalle scuole? "Especially at a time when other organisations in society cannot fulfil their functions, there is a danger that the school may become overstretched as a result of having to formulate and emphasise more and more objectives. ... when families are no longer able to provide their children with agreed moral

standards, schools are supposed to take over these responsibilities, even when it is clear that schools on their own cannot significantly alter the life chances of children.” (Kyriakides, Creemers, Charalambous, 2018, p. 6)

Per quanto riguarda gli obiettivi cognitivi, la scuola farà in modo che le parti interessate considereranno di valore ciò che viene ‘prodotto’; il prodotto non sono gli studenti: “...the work students are provided or encouraged to undertake in school is the product of the school ...[gli studenti] are people with motives, wills, capacities, needs to be satisfied, longings, and desires. ...For schools to be successful, the work students are provided must be engaging. ...it must be compelling, so compelling that students persist with it even when they find it difficult and demanding. The work and the products the work is intended to produce must, as well, result in satisfaction and a sense of delight. ... *the business of schools is to produce work that engages students, that is so compelling that students persist when they experience difficulties, and that is so challenging that students have a sense of accomplishment, of satisfaction -indeed, of delight- when they successfully accomplish the tasks assigned.*” (Schlechty, 1997, p. 58)

I risultati raggiunti dagli studenti sono i criteri fondamentali per determinare l’efficacia dell’istruzione. Gli studenti che si impegnano, che persistono, che hanno il desiderio di padroneggiare la disciplina, dovrebbero avere la possibilità di poter sviluppare appieno i loro talenti. Questa è una sfida per la scuola: “The challenge for us was ...to give our students the maximum opportunities and to develop and nurture the unique talents of each student. I was keen to provide an environment in which all students could achieve and experience success through academic, personal and social growth.” (Paphitis, 2007, p. 920)

Ma quali criteri oggettivi adottare per determinare la qualità della scuola? Senza dubbio, “student outcomes are the essential criteria for determining the effectiveness of education, the question remains about what kinds of outcomes, objectives and goals can be achieved by schools.” (Kyriakides, Creemers, Charalambous, 2018, p. 6) L’impegno e l’interesse sono importanti, ma non sono indicatori sufficienti: potrebbe esserci entusiasmo per la scuola, poiché la scuola intrattiene invece di formare la mente. Secondo Schlechty, (1997, p. 170) “Student engagement, persistence, and satisfaction are key indicators of the potential effectiveness of schools. However, the fact that students are engaged, do persist, and are satisfied does not necessarily mean that a school is effective. It is possible to engage students in trivial work: work that fails to bring them into contact with the substantive content they need to master to be well educated.”

In alcuni sistemi educativi sono stati introdotti degli indicatori e un elenco per valutare i risultati dell’istruzione potrebbe essere il seguente (Fitz-Gibbon, Kochan, 2000, p. 263). Ogni studente dovrebbe:

- enrol at the school and then attend;
- achieve;
- develop desirable attitudes;
- develop desirable skills;
- have a good quality of life while in the school; and
- then progress appropriately onwards.

Questi riportati sono indicatori interessanti, ma ancora generici. Nel 1980 un comitato misto composto da 17 esperti nominati da 12 organizzazioni professionali ha sviluppato lo ‘*Standards for evaluations of educational programs*’: un sistema completo di valutazione composto da 30 items e basato su quattro attributi essenziali: (Stufflebeam, 2003, pp. 281-282)

1. An evaluation should be *useful*. It should be addressed to those persons and groups that are involved in or responsible for implementing the program being evaluated.

2. An evaluation should be *feasible*. It should employ evaluation procedures that are parsimonious and operable in the program's environment.

3. An evaluation should meet conditions of *propriety*. It should be grounded in clear, written agreements defining the obligations of the evaluator and client for supporting and executing the evaluation.

4. An evaluation should be accurate. It should clearly describe the program as it was planned and as it was actually executed. ...The overall rating of an evaluation against the 12 accuracy standards is an index of the evaluation's overall validity.

La pianificazione dei progetti

Preparare dei progetti che risultino utili per la maggior parte degli studenti richiede molto impegno e preparazione. Devono accrescere l'interesse e favorire l'apprendimento di quanto si studia nel programma di chimica ed avere almeno alcune delle caratteristiche individuate dagli studi sulla motivazione verso l'apprendimento. Per pianificare al meglio questi progetti e collegare le attività con il programma conviene usare la progettazione all'indietro: “the most effective curricular designs are backward. Backward design may be thought of as purposeful task analysis: Given a task to be accomplished, how does one get there? Or one might call it planned coaching: What kinds of lessons and practices are needed to master key performances?” (McTighe, Wiggins, 1999, p. 37) Tenendo conto degli obiettivi e del programma svolto, alcuni progetti sono stati sviluppati e proposti per gli studenti del secondo anno.

Da molto tempo si parla di includere tutti gli studenti nell'apprendimento delle scienze, in particolare della chimica. (Fensham, 1985) Per facilitare il

coinvolgimento attivo e fattivo degli studenti va tenuto conto della dimensione affettiva: “We believe that the goals of teaching and learning science include knowledge (cognition), emotion and motivation.” (Shavelson, Ruiz-Primo, Wiley, 2005, p. 414) Con gli studenti va instaurato un rapporto basato sulla fiducia reciproca, sul rispetto e sull’apprezzamento. Una domanda che può aiutare a rendere più interessante il programma è la seguente: perché gli studenti dovrebbero apprezzare ciò che noi chiediamo loro di imparare?

Jonathan Osborne (2003, p. 46) spiega e argomenta l’importanza della dimensione affettiva; l’impegno e l’interesse saranno persistenti se “its fundamental and primary aim would be affective and not cognitive.” Non viene negato il valore e il potenziale di alcune abilità cognitive, ma per sottolineare il fatto che “all knowledge has little value unless embedded in a framework where its value and utility are recognised by the recipient. Then, and only then, is there any chance that the cultural and intellectual achievement of scientific knowledge might be recognised.”

Gli studenti differiscono per interessi, capacità e desiderio di approfondire lo studio; questo suggerisce una differenziazione della complessità tra i progetti. “Differentiation stems from the research-based perspective that students will engage more fully with learning and will learn more robustly when teachers proactively plan with their differences – as well as their similarities – in mind. Such an instructional model is learner centered in that it accepts the premise that a teacher’s role is not simply to cover material or to expose students to content, but rather to maximize student learning.” (Sousa, Tomlinson, 2011, p. 8)

Differenziando la complessità dei progetti si rende possibile il coinvolgimento di tutti gli studenti, in modo che tutti possano in qualche modo beneficiare dalle attività proposte. Come è stato riportato, “developing an inclusive curriculum is about designing effective learning, teaching and assessment practices for *all* students; focusing on learner *differences*, not learner *difficulties*; valuing differences to enrich learning for all; and making adjustments which are good teaching and learning practices to benefit all students.” (Healey 2011, p. 202) La proposta di progetti relativamente complessi e che richiedono un lavoro maggiore per essere portati a termine sono pensati per gli studenti migliori, che non devono sentirsi mortificati da richieste cognitive semplificate, utilizzate con l’intento di includere gli studenti che per qualunque motivo non possono o non sono disposti ad un impegno maggiore.

Gli studenti migliori vanno considerati come una risorsa importante nella classe, perché creano un ambiente positivo per l’apprendimento e possono diventare uno stimolo e un esempio per i loro compagni. Essi ambiscono a raggiungere il massimo; desiderano avere prove che sfidino le loro capacità,

che il loro lavoro sia riconosciuto e sono critici verso sé stessi: “No matter how much we push them, they are much harder on themselves. They don’t want to settle for less than their best; they don’t want to be told that a first draft is “fine”, even though it might be far better than another student’s third revision. ...Great teachers understand how to give these students the kind of attention that keeps them moving forward under their own steam.” (Whitaker, 2004, pp. 78-79)

I progetti sono pensati in modo da porre gli studenti nella situazione di dover risolvere situazioni problematiche attraverso la riflessione. Con effetti maggiori della lezione, il problem solving, se usato in modo significativo, è una attività importante per aiutare gli studenti ad acquisire abilità cognitive di ordine elevato. (Zoller, 1993) In letteratura si trovano vari suggerimenti per incoraggiare gli studenti a porsi domande utili per risolvere i problemi in modo significativo. (Zoller, 1987; Browne, Keeley, 2015)

I progetti rappresentano per gli studenti situazioni nuove e complesse: in queste situazioni complesse si possono apprendere nuove strategie e applicare le conoscenze acquisite ad una nuova situazione. “A problem centered instructional strategy combines problem solving with more conventional instruction on the skills required to solve the problem. Learners are shown a problem solution, are explicitly taught the skills required to solve the problem, and are then given the opportunity to apply these skills to a new problem.” (Merrill, 2013, p. 26) L’aiuto che possiamo fornire come insegnanti “is to guide learners through the problem-solving process. To provide such guidance, one could specify the phases an expert typically goes through when performing the task or solving the problem ...as well as the rules of thumb that may be helpful to successfully complete each of the phases. ... Problem-solving guidance may be provided in the form of modelling examples, process worksheets, performance constraints, and/or tutor guidance.” (van Merriënboer, Kirschner, 2018, p. 75)

I progetti

Sono stati preparati sette progetti di diversa difficoltà e richiedenti un diverso impegno per essere svolti. Questi progetti sono stati proposti a due classi dell’Istituto Tecnico Agrario, una seconda e una quarta classe composte entrambe da 21 studenti. Per gli studenti di seconda il programma consiste in una parte di Chimica generale inorganica, di Chimica organica (principali gruppi funzionali) e esercitazioni di laboratorio. La Chimica generale inorganica comprende la nomenclatura e il bilanciamento delle equazioni chimiche, comprese le redox, la cinetica chimica, le soluzioni, l’equilibrio chimico, le teorie acido-base, il calcolo del pH delle soluzioni e cenni di elettrochimica.

Per gli studenti di quarta il programma verte sulla Chimica degli alimenti:

l'acqua e i sali minerali, lipidi, glucidi, proteine e vitamine, le trasformazioni chimiche e biologiche a carico dei principi nutritivi e le alterazioni degli alimenti causate da microrganismi. La conservazione degli alimenti e molte esercitazioni di laboratorio completano il programma. I progetti avevano per titolo:

1. l'arancio biondo del Piceno;
2. la birra;
3. la leucocarpa: l'abbagliante oliva della Magna Grecia;
4. la mela rosa dei monti Sibillini;
5. le trasformazioni del miele;
6. le spezie;
7. la produzione dello yogurt.

La festa di primavera

Di sabato e col bel tempo, verso la fine di maggio, la scuola organizza la festa di primavera, che è l'occasione per le varie classi dell'Agrario e dell'Alberghiero di presentare in modo allegro quanto di pratico viene prodotto dagli studenti. L'evento richiama molti visitatori, oltre ad alcuni genitori. Tra vari stand ove era possibile gustare bevande e specialità culinarie, uno stand era riservato per gli studenti che hanno presentato i lavori riportati in questo articolo. Uno stand di dimensioni appropriate era riservato ad una mostra di polli e volatili veramente non comuni.

Gli studenti hanno lavorato sui progetti con lo scopo di portarli a termine e di acquisire conoscenze e informazioni per la presentazione da fare nella festa di primavera. Le presentazioni servivano per informare e far comprendere le difficoltà, l'importanza e l'utilità delle produzioni a tutti gli altri studenti. Era lasciato alla responsabilità dei gruppi la realizzazione delle presentazioni: era stato suggerito di arricchirle con informazioni storiche, statistiche, del programma di chimica e della tradizione, in modo da incuriosire e interessare gli spettatori.

L'arancio biondo del Piceno.

Incominciamo con l'arancio biondo del Piceno. Originario della Cina e del sud-est asiatico, le prime notizie certe di questo frutto invernale sul litorale piceno risalgono al 1300. L'arancio potrebbe essere giunto in Europa per la via della seta, o perché importato da marinai portoghesi, ma la coltivazione prese piede solo nella calda Sicilia, dove la sua diffusione si arenò. Furono poi portati sulla costa marchigiana da marinai siciliani. (S1, S2) A Roma, nel chiostro del convento di Santa Sabina all'Aventino è presente una pianta di arancio dolce che sarebbe stata portata e piantata da San Domenico nel 1220 circa. (S2, Canu, 2015)

Nella presentazione, ai cenni storici seguono informazioni botaniche,

sulla coltivazione e l'analisi dei dati **faostat** sulla produzione mondiale di agrumi. (S3) Risulta che l'Italia è il terzo Paese del Mediterraneo per produzione di agrumi e il dodicesimo a livello mondiale. Nonostante le superfici coltivate calino, si registra una crescita della produzione, trainata soprattutto da Sicilia e Calabria. Aumentano invece le superfici coltivate a regime biologico. In crescita anche l'export, mentre si contraggono le importazioni.

Il gruppo di studenti che ha lavorato a questo progetto ha realizzato tre prodotti: la marmellata di arance, l'arancino e i canditi. È seguita una breve storia sulla marmellata. L'origine delle confetture nasce dai Greci e dai Romani che, utilizzando il miele, potevano conservare i frutti fuori stagione. “Il miele era infatti usato anche per conservare la frutta e la carne, come pure per preparare confetture, nonché eccellenti marmellate di cotogne.” (Jori, 2016, p. 98) Documenti attestano che nel medioevo la marmellata veniva prodotta con metodi simili a quelli attuali. (S4) Infatti, lo zucchero e le sue proprietà erano già note: “By 1287, ..., the royal household used 677 pounds of ordinary sugar, as well as 300 pounds of violet sugar and 1,900 pounds of rose sugar.” (come riportato in Mintz, 1986, p. 82) Lo zucchero, ad elevate concentrazioni, è un ottimo conservante perché al suo contatto i batteri vengono disidratati per osmosi e non possono più procedere alla divisione cellulare, indispensabile per la loro duplicazione e riproduzione. (S5)

Per realizzare la marmellata di arance è stata seguita la seguente ricetta: Arance non trattate (utilizzato 8520 g.); zucchero (quantità uguale a quella delle arance); acqua (quantità dimezzata rispetto le arance) e succo di limone non trattato.



Figura 6. Operazioni per la produzione della marmellata di arancio.

Procedimento: Lavare le arance, togliere la buccia e metterla da parte. Tagliare poi le arance a spicchi e poi dividerli nuovamente a metà. Mettere il tutto nel contenitore della macchina insieme ad acqua e limone. Prendere quindi le bucce, togliere l'albedo e tagliarle a dadini. Inserire le bucce tagliate anch'esse nella macchina. Azionare la macchina e far cuocere la marmellata per sei ore circa. Lo zucchero viene aggiunto quando si è evidenziata una certa concentrazione, ovvero poco tempo prima del confezionamento (circa un'ora prima) mantenendo la temperatura sotto i 103 °C per evitare il fenomeno della caramellizzazione e di imbrunimento della marmellata. Confezionare e far raffreddare le confezioni capovolte per sterilizzare il tappo e creare il sottovuoto.

Un'altra produzione utilizzando l'arancio biondo del Piceno è stata quella dell'arancino. Per questo occorre: acqua; scorza di arance biologiche; alcool puro al 95% e zucchero. Si procede in questo modo. Si lavano le arance e si sbucciano, poi si prendono le bucce e si toglie l'albedo. Si immergono le scorze tagliate in un contenitore e si versa l'alcool. Si lascia macerare per circa 50 giorni agitando ogni giorno. Una volta completata l'infusione si filtra con un colino e all'infuso alcolico (4,4 L) sono stati aggiunti 10,695 L di acqua distillata e 70 g/L di zucchero. Il liquore così ottenuto presenta una gradazione alcolica di 30 °C e si imbottiglia.



Figura 7. Alcune fasi della produzione dell'arancino.

La terza produzione sono stati i canditi. Le scorze di arance già sbucciate si tagliano a spicchi. Si mettono queste bucce con l'albedo in acqua in modo tale da togliere l'amaro. Infatti, nella buccia c'è una molecola fenolica chiamata naringina, che è solubile in acqua. Mettendole in acqua le bucce perdono l'amaro. Si prende poi una pentola, meglio se a fondo basso, e si effettua la caramellizzazione delle bucce con lo zucchero. Si mette poi su

della carta da forno, si lascia raffreddare e si confeziona. Una parte dei canditi è stata cappata con cioccolato fondente.



Figura 8. La produzione dei canditi e degustazione.



Figura 9. La presentazione dei lavori. b. I prodotti realizzati. c. Degustazione dei canditi ricoperti di cioccolato.

La birra

La produzione della birra è un argomento di sicuro interesse e quattro studenti si sono occupati di questo progetto. Come sottotitolo hanno scelto: l'acqua può diventare una buona bevanda, se mescolata con malto. La birra è una bevanda molto antica e una prova scientifica riguardante la sua esistenza e produzione risale a 5000 anni fa: trovata in antichi manufatti del popolo dei Sumeri. Un altro segno è presente in una tavoletta degli Assiri risalente al 2500 a.C. Sembra che in questa epoca al mercato di Babilonia ci fossero in vendita una ventina di tipologie diverse di birra. La legge più antica che ne regola la produzione e la vendita è il codice di Hammurabi, che può essere fatto risalire ad un periodo compreso tra 1728 e il 1686 a. C.,

che combinava la condanna a morte a chi non rispettava le norme stabilite per la sua produzione e un'autorizzazione era necessaria per la vendita. (S6)

Esistevano già diverse tipologie di birre: birre scure, chiare, rosse, forti, dolci e aromatiche e venivano usati nomi diversi per indicare birre prodotte con cereali differenti: le sikaru erano d'orzo, le Kurunnu di spelta. Già è stato detto delle diverse qualità di birra disponibili sul mercato della ricca Babilonia; quattro però erano quelle più diffuse: bi-se-bar, una comune birra d'orzo, bi-gig, una birra scura normale, bi-gig-dug-ga, una birra scura di elevata qualità, e bi-kal, il prodotto migliore. Nella cultura dei popoli della Mesopotamia la birra aveva anche un significato religioso e veniva bevuta durante i funerali per celebrare le virtù del defunto.

Nell'antico Egitto la birra aveva un'importanza analoga: la birra chiara (zythum) era la loro bevanda nazionale. (S6, S7, S8) Fin dall'infanzia gli egiziani si abituavano a bere questa bevanda, considerata anche alimento e medicina. Durante lo svezzamento, quando le madri non avevano latte, vi era anche l'uso di somministrare ai bambini birra a bassa gradazione o diluita con acqua e miele. (S9) I romani conoscevano e consumavano la birra, anche se era considerata una bevanda pagana e plebea, ma Nerone faceva ampio uso della birra e il termine "birra" deriva proprio dal verbo latino bibere (bere). Plinio il Vecchio, nella *Naturalis Historia* riporta dell'impiego della birra nella cosmesi femminile per la pulizia del viso e come nutrimento per la pelle. (S10)

Nel Medioevo, la sua diffusione è dovuta principalmente ai monaci, che introdussero nuovi ingredienti tra i quali il luppolo. Oltre ad imprimere un sapore amaro e aromatico, il luppolo conferiva alla birra proprietà conservanti ed antisettiche. Inoltre, prima del loro utilizzo le birre venivano aromatizzate con diverse spezie ed erbe. In Gran Bretagna la birra veniva chiamata con il nome *ale*. Veniva prodotta soprattutto dalle massaie che poi la vendevano nelle feste parrocchiali: in seguito divenne la bevanda più popolare in tutta l'Inghilterra. (S11) E la fermentazione? Probabilmente è stata scoperta per caso. "It is highly probable that fermentations were originally of a spontaneous nature and that beer arose as a result of a chance natural "spoilage" of (probably) germinated grain. Some brave soul must have partaken of the result and experienced some sort of euphoria. The rest is history." (Hornsey, 2003, p. 63)

In Italia la birra veniva prodotta esclusivamente con metodi artigianali, perché il consumo era limitato ad un numero ristretto di estimatori. Verso la metà del 1800, anche in Italia sorgono delle vere e proprie fabbriche, organizzate con moderni criteri di produzione industriale. In pochi decenni nascono fabbriche di ogni tipo e dimensione, per arrivare a 140 unità produttive nel 1890, per un totale di 161.000 hl. (S12) Sono riportati i dati che dimostrano una continua crescita nella quantità di birra prodotta: dai

12,5 milioni di hl nel 1990 ai 15,6 milioni di hl nel 2017.

La birra è una bevanda costituita essenzialmente da quattro ingredienti: acqua, malto d'orzo, luppolo e lievito. L'orzo viene prima maltato, ossia fatto germinare e poi essiccato. Il malto d'orzo viene quindi macinato e cotto in acqua a temperature ben precise: attorno ai 65 °C gli enzimi presenti nel malto trasformano gli amidi dell'orzo in zuccheri. Filtrate le trebbie, viene portato a bollitura con il luppolo che cede amaro, aromi e principi conservanti. Filtrato il luppolo e raffreddato il liquido ottenuto, viene aggiunto il lievito che provvede e fare avvenire la fermentazione, ossia a trasformare parte degli zuccheri presenti nel mosto in alcol e anidride carbonica. (S13, Bertinotti, p. 4)

Vengono descritti i tre metodi per la produzione della birra in casa e il procedimento di produzione a partire dall'estratto luppolato. Le operazioni vengono riassunte in una specie di diagramma di flusso:

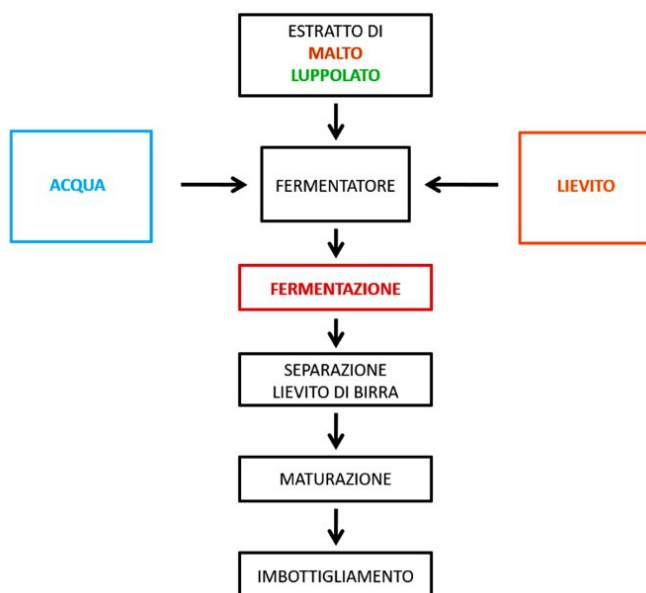


Figura 10. Schema delle operazioni per la produzione della birra in casa.

Vengono descritte le caratteristiche e le principali tipologie del malto (l'orzo viene essiccato per tempi e temperature diverse) e del luppolo. Il luppolo svolge diverse funzioni nella produzione della birra; è un ottimo conservante, stabilizzante (soprattutto per quanto riguarda l'aroma e la schiuma della birra) e aromatizzante. Le resine del luppolo sono insolubili e attraverso una reazione chimica che avviene durante la fase di bollitura del mosto, le resine responsabili dell'amaro del luppolo diventano solubili e ri-

mangono in soluzione nella birra. (S14, S15) Durante la cottura, gli alfa-acidi (lupulone, colupulone, adlupulone) si isomerizzano in iso-alfa acidi, più solubili ed amari. (Ferri, 2015-2016). Le caratteristiche dell'acqua sono molto importanti: acque di differente durezza sono necessarie per produrre differenti tipi di birra. Ad esempio, per produrre birre ad alta fermentazione è preferibile usare acqua dura.

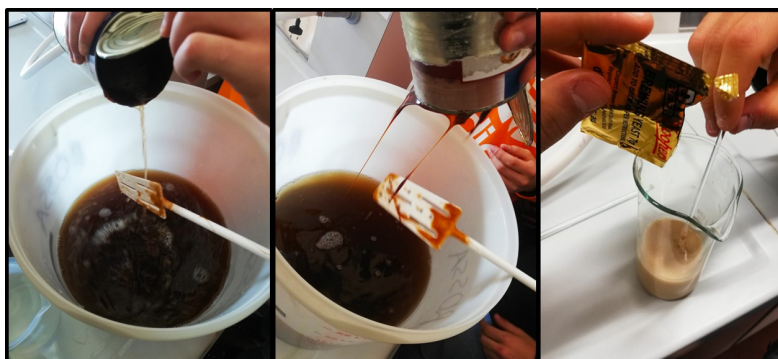


Figura 11. Fasi della preparazione del mosto.

Dopo aver aggiunto il lievito secondo la procedura suggerita, inizia la fase della fermentazione, che deve avvenire ad una temperatura tra i 18 e i 22 °C. L'avvio della fermentazione si osserva in poche ore con la produzione di anidride carbonica che esce attraverso il gorgogliatore e la formazione di uno strato di schiuma sulla superficie del mosto. (S16)



Figura 12. Aggiunta del lievito e l'avvio della fermentazione.

Durante la fermentazione la densità del mosto diminuisce: la fermentazione dovrebbe durare dai 4 ai 7 giorni circa; quando il ritmo dei gorgoglii diminuisce, si misura con il densimetro la densità della birra. La densità finale dovrebbe essere circa 1/4 della densità del mosto (OG, Original Gravity

dipendente dalla quantità di zuccheri fermentabili in soluzione).

Nell'incertezza che la fermentazione non fosse completamente conclusa, la birra è stata lasciata un giorno in più nel fermentatore. (S16)

La determinazione degli zuccheri riducenti nel mosto (glucosio e fruttosio) è stata fatta col reattivo di Fehling, con blu di metilene come indicatore.

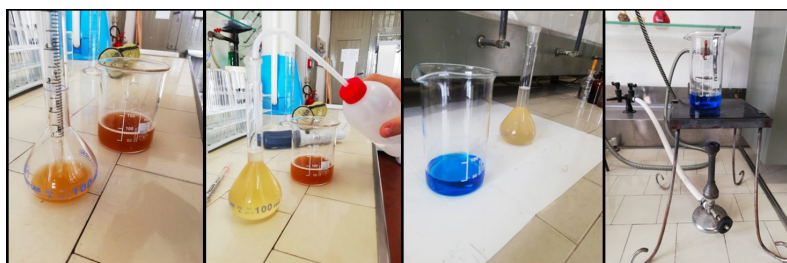


Figura 13. Preparazione della soluzione e del reattivo di Fehling.



Figura 14. Titolazione con la soluzione del mosto, secondo la procedura del saggio di Fehling.

Nella Tabella 1 sono riportate le varie determinazioni effettuate nella birra rossa:

Tabella 1. Variazione della densità e dell'alcool durante la fermentazione.

DATA	ZUCCHERI (g/L)	ALCOOL
21/02	34	-----
22/02	20	2.28
23/02	12	-----
24/02	-----	-----
25/02	-----	-----
26/02	11.6	5.43
27/02	8.5	5.75
28/02	-----	6.83

Nella tabella 1 tra il 23 e il 25 febbraio non sono state fatte misurazioni perché il 22 febbraio al mosto è stato aggiunto 1 kg di zucchero per innalzare il grado alcolico della birra.

Nella Tabella 2 sono riportate le determinazioni effettuate per la birra bionda:

Tabella 2. Aumento del contenuto di alcool durante la fermentazione.

DATA	ZUCCHERI (g/L)	ALCOOL
02/03	-----	2.28
03/03	-----	3.83
04/03	-----	4.41



Figura 15. A sinistra: alcuni dei prodotti realizzati. A destra: i quattro studenti durante la presentazione.

La prossima operazione importante è l'imbottigliamento. Per evitare l'acquisto di bottiglie nuove, sono state utilizzate bottiglie riciclate, da 0,33 cl e da 0,66 cl, previamente messe in ammollo così da facilitare il distacco dell'etichetta e la sterilizzazione. Prima di procedere all'imbottigliamento è necessario aggiungere ulteriori zuccheri che risvegliano per poco l'attività del lievito, generando la CO_2 necessaria a garantire la frizzantezza e la schiuma (priming). La quantità di zuccheri deve essere adeguata al volume della bottiglia: una eccessiva dose potrebbe creare troppa pressione e fare esplodere le bottiglie. Vengono suggeriti 4 o 7 grammi di zucchero per litro di birra, da disciogliere in mezzo litro di acqua, sapendo che ogni 4,23 g di zucchero/L che rifermentano, a condizioni normali, sviluppano 1 atm di pressione. La quantità aggiunta è quella necessaria in modo da raggiungere circa 1,2 atm. Si porta all'ebollizione e si fa raffreddare. Mai versare la soluzione zuccherata calda; è fondamentale far raffreddare la soluzione ottenuta

alla temperatura del mosto da zuccherare. Versata la soluzione zuccherata nel fermentatore, mescolare bene per evitare una stratificazione in quanto le densità delle due soluzioni sono diverse. (S17)



Figura 17. Le operazioni per l'imbottigliamento della birra.

Le bottiglie di birra prodotte vengono poste in un luogo buio a 20 °C per 10 giorni-due settimane in modo da permettere al lievito di svolgere il suo compito e dare la giusta gasatura alla birra. Trascorso questo tempo, si trasportano le bottiglie in un luogo più fresco dove devono essere lasciate in piedi per altre due settimane. Ad un mese dall'imbottigliamento la birra è pronta da bere, ma una maturazione più lunga migliora il prodotto; soprattutto le birre più alcoliche. (Bertinotti, p. 9)

Note

¹ Dissociazione o ionizzazione? In diversi testi italiani di chimica si parla di dissociazione (ad esempio, Palmisano, Schiavello, 2007, p. 496; Schiavello, Palmisano, 2013, p. 452; Bertini, Luchinat, Mani, 2016, p. 287; Tagliatesta, 2016, p. 272), mentre nei testi internazionali si parla di ionizzazione (ad esempio, Atkins, Jones, 2008, p. 401; Brown, LeMay, Jr., Bursten, Murphy, Woodward, Stoltzfus, 2015, p. 678; Silberberg, Amateis, 2018, p. 798) “**Dissociation** refers to the process in which a solid *ionic compound*, such as NaCl, separates into its ions in solution. **Ionization** refers to the process in which a *molecular compound* separates to form ions in solution.” (Whitten, Gailey, Davis, 1992, p. 127) Una più ampia discussione è riportata in Schultz, 1997.

Bibliografia

- C. Ames, How school-to-home communications influence parent beliefs and perceptions. *Equity and Choice*, 9 (3), 44-49, 1993.
- C. Ames, L. DeStefano, T. Watkins, S. Sheldon, *Teachers' school-to-home communications and parent involvement: The role of parent perceptions and beliefs*. Report 28. Johns Hopkins University: Center on Families, Communities, Schools, and Children's Learning, Baltimore, 1995.

- P. W. Atkins, L. L. Jones, *Chemical principles. The quest for insight*. 4th Ed. W. H. Freeman and Co.: New York, 2008.
- S. Beilock, *Choke: What the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. Free Press: New York, 2010.
- I. Bertini, C. Luchinat, F. Mani, *Chimica. Materia, tecnologia, ambiente*. Casa Editrice Ambrosiana: Rozzano, MI, 2016.
- D. Bertinotti, *Come fare la birra in casa*. Online at: https://www.mondobirra.org/download/birra_in_casa.pdf
- V. Brianzoni, L. Cardellini, Il progetto europeo PROFILES e il suo impatto in Italia. *La Chimica nella Scuola*, **37** (3), 39-60, 2015.
- T. L. Brown, H. E. LeMay, Jr., B. E. Bursten, C. J. Murphy, P. M. Woodward, M. W. Stoltzfus, *Chemistry the central science*. 13th Ed. Pearson Education, Inc.: Upper Saddle River, NJ, 2015.
- M. N. Browne, S. M. Keeley, *Asking the right questions. A guide to critical thinking*. 11th Ed. Pearson: Upper Saddle River, NJ, 2015.
- J. Burušić, T. Babarović, M. Šakić Velić, School effectiveness: An overview of conceptual, methodological and empirical foundations. In N. Alfirević, J. Burušić, J. Pavičić, R. Relja (Eds.), *School effectiveness and educational management. Towards a south-eastern Europe research and public policy agenda* (pp. 5 - 26). Palgrave Macmillan: Switzerland, 2016.
- A. Canu, *Roma selvatica*. Editori Laterza: Bari Roma, 2015.
- L. Cardellini, Calculating $[H^+]$. *Education in Chemistry*, **33** (6), 161-164, 1996.
- L. Cardellini, Come risolvere i problemi sugli equilibri ionici. *La Chimica nella Scuola*, **23** (3), 84-90, 2001.
- 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*, **21** (1), 18-25, 1999.
- M. L. Derrington, D. J. Lomascolo, Principal support of teachers and its impact on student achievement. In M. F. DiPaola, Wayne K. Hoy (Eds.), *Leadership and school quality* (pp. 135-145). Information Age Publishing Inc.: Charlotte, NC, 2015.
- R. Edmonds, Effective schools for the urban poor. *Educational Leadership*, **37** (1), 15-24, 1979.
- J. L. Epstein, *School, family, and community partnerships. Preparing educators and improving schools*, 2nd Ed. Westview Press: Boulder, CO, 2011.
- P. J. Fensham, Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, **17** (4), 415-435, 1985.
- B. Ferri, *Profilo aromatico e caratterizzazione degli acidi amari di cinque cultivar di luppolo sano ed infetto da virus e viroidi*. Università di Pisa, Dipartimento di Farmacia: Tesi di Laurea, 2015-2016.

- C. Fitz-Gibbon, S. Kochan, School effectiveness and education indicators. In C. Teddlie, D. Reynolds (Eds.), *The international handbook of school effectiveness research* (pp. 257-282). Falmer Press: London, 2000.
- J. Funke, A. Fischer, D. V. Holt, Competencies for complexity: Problem solving in the twenty-first century. In E. Care, P. Griffin, M. Wilson (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Research and applications* (pp. 41-53). Springer: Cham, Switzerland, 2018.
- M. Healey, Excellence and scholarship in teaching: some reflections. In I. Hay (Ed.), *Inspiring academics. Learning with the world's great university teachers* (pp. 198-207). Open University Press: Berkshire, UK, 2011.
- K. V. Hoover-Dempsey, M. C. Whitaker, C. L. Ice, Motivation and commitment to family-school partnerships. In S. L. Christenson, A. L. Reschly (Eds.), *Handbook of school-family partnerships* (30-60). Routledge: New York, 2010.
- I. S. Hornsey, *A history of beer and brewing*. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2003.
- A. H. Johnstone, T. F. Moynihan, The relationship between performances in word association tests and achievement in chemistry. *European Journal of Science Education*, 7 (1), 57-66, 1985.
- A. Jori, *La cultura alimentare e l'arte gastronomica dei romani. Contributo alla filosofia dell'alimentazione e alla storia culturale del mondo mediterraneo*. Accademia Nazionale Virgiliana di Scienze Lettere e Arti: Mantova, 2016.
- L. Kyriakides, B. Creemers, E. Charalambous, *Equity and quality dimensions in educational effectiveness*. Springer: Cham, Switzerland, 2018.
- M. Krechevsky, B. Mardell, M. Rivard, D. G. Wilson, *Visible learners. Promoting Reggio-inspired approaches in all schools*. Jossey-Bass: San Francisco, CA, 2013.
- M. C. Linn, B.-S. Eylon, *Science learning and instruction. taking advantage of technology to promote knowledge integration*. Routledge: New York, 2011.
- M. C. Linn, S. Hsi, *Computers, teachers, peer*. Erlbaum, Mahwah, NJ, 2000.
- J. McTighe, G. Wiggins, *The understanding by design handbook*. Association for Supervision and Curriculum Development: Alexandria, VA, 1999.
- J. L. Meece, V. A. Schaefer, Schools as a context of human development. In J. L. Meece, J. S. Eccles (Eds.), *Handbook of research on schools, schooling, and human development* (pp. 3-5). Routledge: New York, 2010.
- M. D. Merrill, *First principles of instruction. Assessing and designing effective, efficient, and engaging instruction*. John Wiley & Sons, Inc.: San Francisco, CA, 2013.

- S. W. Mintz, *Sweetness and power: The place of sugar in modern history*. Penguin Books: New York, 1986.
- D. Muijs, D. Reynolds, L. Kyriakides, The scientific properties of teacher effects/effective teaching processes. In C. Chapman, D. Muijs, D. Reynolds, P. Sammons, C. Teddlie (Eds.), *The Routledge international handbook of educational effectiveness and improvement* (pp. 100-123). Routledge: Abingdon, Oxon, 2016.
- J. Osborne, Making science matter. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education. Responding to the work of Peter Fensham* (pp. 37-50). RoutledgeFalmer: London, 2003.
- L. Palmisano, M. Schiavello, *Elementi di chimica*. EdiSES: Napoli, 2007.
- H. Paphitis, Best practice in secondary school improvement: The case of Salisbury high school. In T. Townsend (Ed.), *International handbook of school effectiveness and improvement* (917-930). Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007.
- C. Pope Edwards, T. Shizu Kutaka, Diverse perspectives of parents, diverse concepts of parent involvement and participation: What can they suggest to researchers? In S. M. Sheridan, E. Moorman Kim (Eds.), *Foundational aspects of family-school partnership research* (pp. 35-53). Springer: New York, 2015.
- D. Reynolds, C. Teddlie, The processes of school effectiveness. In C. Teddlie and D. Reynolds (Eds.), *The international handbook of school effectiveness research* (134-159). Falmer Press: New York, 2000.
- D. Reynolds, C. Teddlie, C. Chapman, S. Stringfield, Effective school processes. In C. Chapman, D. Muijs, D. Reynolds, P. Sammons, C. Teddlie (Eds.), *The Routledge international handbook of educational effectiveness and improvement* (pp. 77-99). Routledge: New York, 2016.
- S. Rojas-Drummond, L. Gómez, M. Vélez, Dialogue for reasoning: Promoting exploratory talk and problem solving in the primary classroom. In B. van Oers, W. Wardekker, E. Elbers, R. van der Veer (Eds.), *The transformation of learning. Advances in cultural-historical activity theory* (pp. 319-341). Cambridge University Press: Cambridge, 2008.
- L. D. Rosen, L. M. Carrier, N. A. Cheever, *Rewired. Understanding the iGeneration and the way they learn*. Palgrave Macmillan: New York, 2010.
- M. Schiavello, L. Palmisano, *Fondamenti di chimica*. 4a Ed. EdiSES: Napoli, 2013.
- P. C. Schlechty, *Inventing better schools. An action plan for educational reform*. Jossey-Bass Inc.: San Francisco, CA, 1997.
- E. Schultz, Ionization or dissociation? *Journal of Chemical Education*, **74** (7), 868-869, 1997.
- R. Scott, H. J. Walberg, Schools alone are insufficient: A response to Edmonds. *Educational Leadership*, **37** (1), 24-27, 1979.

- R. J. Shavelson, M. A. Ruiz-Primo, E. W. Wiley, *Windows into the mind. Higher Education*, **49** (4), 413-430, 2005.
- M. S. Silberberg, P. Amateis, *Chemistry. The molecular nature of matter and change. Advanced topics*. 8th Ed. McGraw-Hill Education: New York, 2018.
- D. A. Sousa, C. A. Tomlinson, *Differentiation and the brain. How neuroscience supports the learner-friendly classroom*. Solution Tree Press: Bloomington, IN, 2011.
- L. Steinberg, B. B. Brown, S. M. Dornbusch, *Beyond the classroom: Why school reform has failed and what parents need to do*. Simon & Schuster: New York, 1996.
- Stevenson, Baker, 1987, p. 1353
- D. L. Stevenson, D. P. Baker, The family-school relation and the child's school performance. *Child Development*, **58** (5), 1348-1357, 1987.
- D. L. Stufflebeam, Professional standards and principles for evaluations. In T. Kellaghan, D. L. Stufflebeam, L. A. Wingate (Eds.), *International handbook of educational evaluation* (pp. 279-302). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2003.
- P. Tagliatesta (a cura di), *Chimica generale e inorganica*. Edi.Ermes: Milano, 2016.
- J. J. G. van Merriënboer, P. A. Kirschner, *Ten steps to complex learning. A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge: New York, 2018.
- L. S. Vygotsky. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, E. Souberman (Eds.), *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Harvard University Press: Cambridge, MA, 1978.
- T. Whitaker, *What great teachers do differently. 14 things that matter most*. Eye on Education: New York, 2004.
- K. W. Whitten, D. G. Gailey, R. E. Davis, *General chemistry with qualitative analysis*. 4th Ed. Saunders: Fort Worth, TX, 1992.
- U. Zoller, The fostering of question-asking capability. A meaningful aspect of problem-solving in chemistry. *Journal of Chemical Education*, **64** (6), 510-512, 1987.
- U. Zoller, Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, **70** (3), 195-197, 1993.

Sitografia

- S1. <http://www.assam.marche.it/progetti1/biodiversita-agraria-delle-marche/banca-dati-repertorio-regionale/item/93-91-arancio-biondo-del-piceno>
- S2. https://it.wikipedia.org/wiki/Citrus_sinensis
- S3. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

- S4. <http://www.visjam.com/home/ricette-benessere/lista/benessere/Marmellata-e-confettura-un-p--di-storia.html>
- S5. <http://www.sapere.it/sapere/strumenti/domande-risposte/di-tutto-un-po/zucchero-usato-come-conservante.html>
- S6. <https://birrificiolamata.it/2019/03/26/la-birra-che-invenzione/>
- S7. <http://www.mondobirra.org/storiafoto.htm>
- S8. <http://www.antoninosicilia.it/birra/Gli%20Egiziani%20-%20La%20birra%20nel%20mondo%20antico.htm>
- S9. https://www.antoninosicilia.it/sito_esame_web_avanzato/storia.htm
- S10. <http://www.saichearoma.it/la-birra-dei-romani-antichi/>
- S11. <https://www.birrasanbiagio.com/birra-origini/>
- S12. <http://www.mondobirra.org/storiaitaliana.htm>
- S13. <http://www.enterprisecomputer.it/>
- S14. <http://stefiusbh.blogspot.com/p/i-luppoli.html>
- S15. https://www.microbirrifici.org/materie_prime6.aspx
- S16. <https://www.mondobirra.org/homebrew4.htm>
- S17. <http://www.birrapertutti.it/imbottigliare-la-birra/>

Dalle formule di struttura di Lewis ai concetti di numero di ossidazione, carica formale e carica effettiva di un atomo in una molecola

Giuliano Moretti, Ida Pettiti

Dipartimento di Chimica, Sapienza Università di Roma
Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma
e-mail: giuliano.moretti@uniroma1.it – ida.pettiti@uniroma1.it

Riassunto

I concetti di elettronegatività assoluta e di durezza assoluta degli atomi liberi, nel loro stato elettronico fondamentale, e il principio di equalizzazione dell'elettronegatività degli atomi nelle molecole, sono qui utilizzati insieme alle formule di struttura di Lewis e al modello di Gillespie (VSEPR) per determinare la probabile geometria molecolare, per una didattica della Chimica generale coerente ed efficace che a partire da una semplice formula analitica, permette di introdurre i concetti di *numero di ossidazione*, di *carica formale* e di *carica effettiva* per ogni atomo in una molecola.

Abstract

The concepts of absolute electronegativity and absolute hardness of the free atoms, in their electronic ground state, and the principle of the electronegativity equalization for the atoms in molecules, are used together with the Lewis structures and the Gillespie model (VSEPR) for the definition of the molecular geometry, to present in the General chemistry course the concepts of *oxidation number*, of *formal charge* and *effective charge* for the atom in a molecule by means of a simple analytical formula.

Introduzione

Secondo la teoria del funzionale della densità elettronica (DFT) [1] l'elettronegatività, introdotta da Pauling nel 1932 [2], può essere equiparata al potenziale chimico degli elettroni negli orbitali di valenza dell'atomo in una molecola. Il potenziale chimico dell'elettrone è collegato all'*elettronegatività assoluta* (χ), introdotta da Mulliken nel 1934 [3], e quindi indirettamente al concetto di elettronegatività di Pauling utilizzato nell'insegnamento della Chimica generale. Dall'esame dei manuali di Chimica generale oggi in commercio risulta evidente che la scala dell'elettronegatività di Pauling viene introdotta in modo empirico senza mai descriverne la derivazione, essendo basata sui concetti di natura ed energia del legame chimico tra atomi, introdotti solo dopo diverse ore di lezioni. Notiamo che

l'elettronegatività assoluta (χ), calcolabile dall'energia di prima ionizzazione (I_1) e dall'affinità elettronica (A) per gli atomi isolati nel loro stato fondamentale, $\chi = (I_1 + A)/2$, rappresenta oggi il modo migliore di introdurre il concetto di elettronegatività, già dopo le prime lezioni del corso di Chimica generale.

Gli andamenti di I_1 ed A in funzione del numero atomico sono riportati rispettivamente nelle (Figure 1 e 2). Risulta evidente che I_1 ed A variano in modo periodico essendo fortemente influenzate dalla struttura elettronica a strati degli atomi, dal principio di Pauli e dalla regola di Hund.

L'applicazione del principio di equalizzazione dell'elettronegatività degli atomi nelle molecole, insieme alle formula di struttura di Lewis e alla geometria molecolare determinata secondo il modello di Gillespie (VSEPR), possono contribuire molto a porre su una base più razionale la didattica della Chimica generale in quanto a partire da una semplice formula analitica, si possono introdurre i concetti di *numero di ossidazione*, di *carica formale*, e di *carica effettiva* per l'atomo in una molecola.

Nella prima parte di questo lavoro, pubblicata nel 2017 [4], sono stati riportati per tutti gli atomi della tavola periodica i grafici dell'elettronegatività assoluta χ e della durezza assoluta definita come $\eta = (I_1 - A)/2$, in funzione del numero atomico Z . Nel caso dei gas nobili - He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn - i dati riportati devono essere corretti poichè l'affinità elettronica era stata calcolata a partire dall'energia del primo stato eccitato degli atomi, invece che nel loro stato fondamentale come richiesto dalla teoria. I grafici χ vs. Z e η vs. Z nella loro versione definitiva sono importanti per la didattica della Chimica generale in quanto ci ricordano che il concetto di elettronegatività assoluta non è legato alla reattività chimica (l'elio risulta essere più elettronegativo del fluoro) e che per valutare quest'ultima è importante considerare anche il concetto di durezza assoluta di un atomo. I gas nobili, e in particolare He e Ne, risultano essere gli atomi più duri- cioè i meno polarizzabili- rispetto a tutti gli altri atomi della tavola periodica.

Elettronegatività assoluta di Mulliken degli atomi isolati

Per definire l'elettronegatività assoluta di un atomo, ad esempio l'atomo di ossigeno, dobbiamo considerare le variazioni di entalpia necessarie per le reazioni di ionizzazione positiva e negativa



Nella variazioni di entalpia trascuriamo la quantità $5/2k_B T$, circa 0.064 eV a 298 K, che si dovrebbe sommare a I_1 e sottrarre ad A ($k_B = 8.617 \times 10^{-5}$ eV K^{-1}).

Per strappare l'elettrone più debolmente legato ad un atomo si deve spendere l'energia di prima ionizzazione e la reazione risulta endotermica ($\Delta H > 0$). Si noti che l'affinità elettronica positiva ($A > 0$) comporta una reazione esotermica ($\Delta H < 0$).

Sottraendo la seconda equazione dalla prima otteniamo la reazione



L'energia coinvolta in questa reazione normalizzata *per elettrone emesso* è direttamente collegata con l'elettronegatività assoluta definita da Mulliken

$$\chi = (I_1 + A)/2$$

Tale definizione si applicata all'atomo libero nello stato fondamentale, in accordo con la DFT [1].

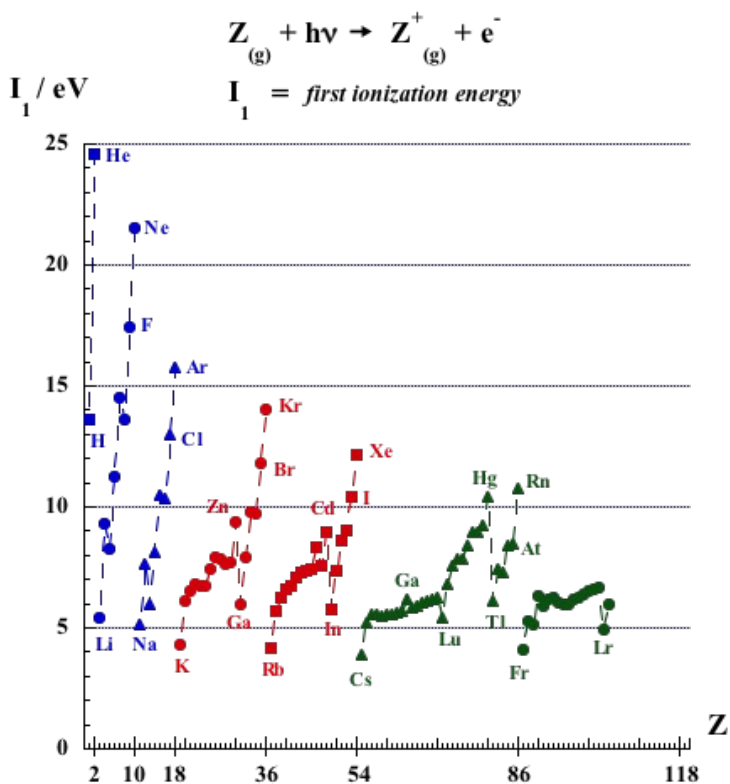


Figura 1. Energia di prima ionizzazione degli atomi liberi nel loro stato fondamentale in funzione del numero atomico. (Dati dal Rif. [5]).

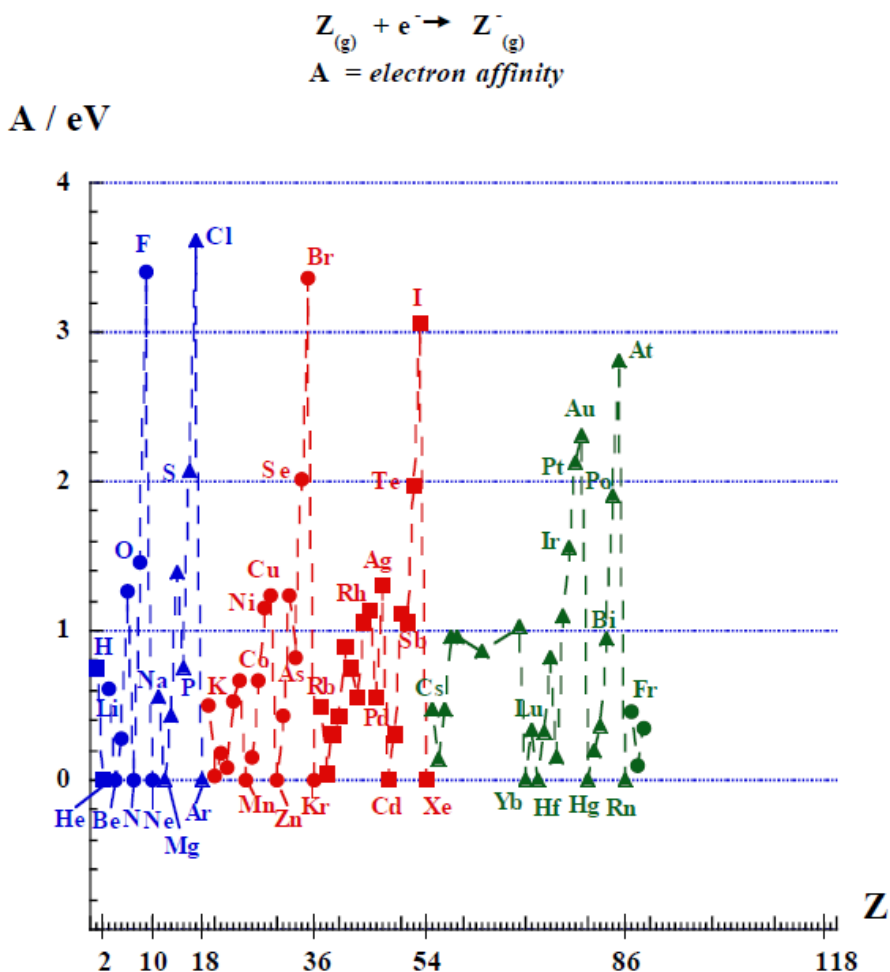


Figura 2. Affinità elettronica degli atomi liberi nel loro stato fondamentale in funzione del numero atomico. (Dati dal Rif. [5]. Furtado et al. [10] propongono i seguenti valori di affinità elettronica per i gas nobili ottenuti per estrapolazione dei valori calcolati per i rispettivi anioni stabilizzati in solventi con diversa costante dielettrica: He -2.70 eV; Ne -4.88 eV; Ar -3.14 eV; Kr -2.41 eV; Xe -1.76 eV; Rn -1.27 eV.) Per altri elementi con $A=0$ Cárdenas et al. [9] riportano i seguenti valori calcolati con metodi teorici: Be 0.295 eV; N -0.1809 eV; Mg 0.5414 eV; Mn -0.498 eV; Zn -0.67 eV; Cd -0.27 eV; Yb -0.02 eV; Hf not stable; Hg 0.42 eV.

Per gli atomi di ossigeno e idrogeno, abbiamo i seguenti valori elettronegatività assoluta calcolati dai valori sperimentali I_1 e A riportati in letteratura [5]

$$\chi_o = 7.540 \text{ eV}$$

$$\chi_H = 7.176 \text{ eV}$$

Notiamo che elevati valori di elettronegatività assoluta sono caratteristici di atomi che presentano elevati valori sia di energia di prima ionizzazione sia di affinità elettronica. L'elettronegatività assoluta è una proprietà periodica come risulta evidente dalla Figura 3.

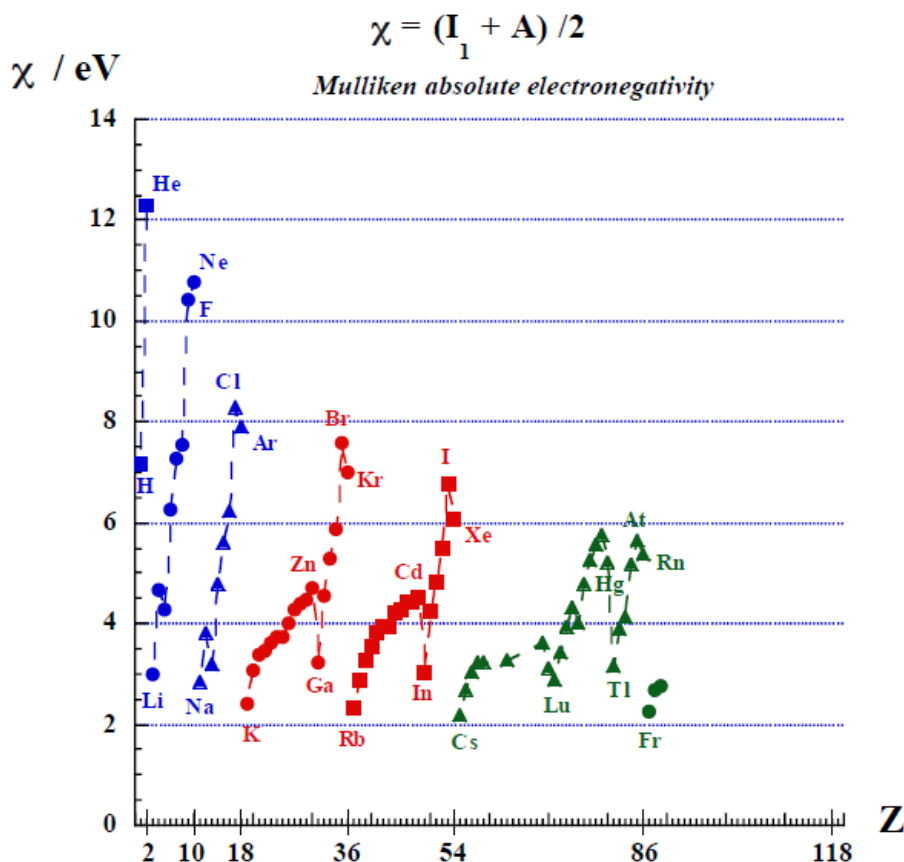
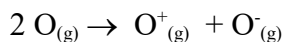


Figura 3. Elettronegatività assoluta di Mulliken degli atomi liberi nel loro stato fondamentale in funzione del numero atomico. (Considerando i dati di affinità elettronica per i gas nobili di Furtado et al. [10], riportati nella didascalia della Figura 2, il Ne risulterebbe meno elettronegativo del F ma comunque più elettro-negativo del Cl.)

Durezza assoluta degli atomi isolati

Per definire la durezza assoluta di un atomo [1], sempre considerando come esempio l'atomo di ossigeno, dobbiamo sommare le due reazioni di ionizzazione sopra riportate, per ottenere la reazione



$$\Delta_r H(\text{O}^+, \text{O}^-) = I_1 - A$$

Se normalizziamo l'energia della reazione *per atomo di ossigeno* otteniamo la durezza assoluta dell'atomo di ossigeno. In generale per ogni atomo la durezza è definita dalla relazione

$$\eta = (I_1 - A)/2$$

Per gli atomi di ossigeno e idrogeno abbiamo i seguenti valori di durezza calcolati dai valori sperimentali I_1 e A [5]

$$\eta_{\text{O}} = 6.078 \text{ eV}$$

$$\eta_{\text{H}} = 6.422 \text{ eV}$$

Notiamo che piccoli valori di durezza sono caratteristici di atomi che presentano bassi valori di energia di prima ionizzazione ed elevati valori di affinità elettronica, infatti la durezza di un atomo tende a zero quando $I_1 \approx A$, cioè per atomi con grande raggio atomico e nube elettronica dello strato valenza facilmente deformabile (atomi molto polarizzabili).

Al contrario elevati valori di durezza sono caratteristici di atomi con elevati valori di I_1 e valori di A vicini o prossimi a zero. (Fissiamo a zero l'affinità elettronica degli atomi che formano anioni metastabili con $A < 0$.)

Notiamo che anche la durezza è una proprietà periodica degli elementi come risulta dalla **Figura 4**.

Il grafico mostrato nella Figura 4 riporta nuovi valori per i gas nobili e corregge lo grafico riportato erroneamente nel Rif. [4] dove l'affinità elettronica era stata calcolata a partire dall'energia del primo stato eccitato degli atomi, invece che nel loro stato fondamentale come richiede la teoria [1]. Questa correzione verrà descritta nel paragrafo finale di questo contributo.

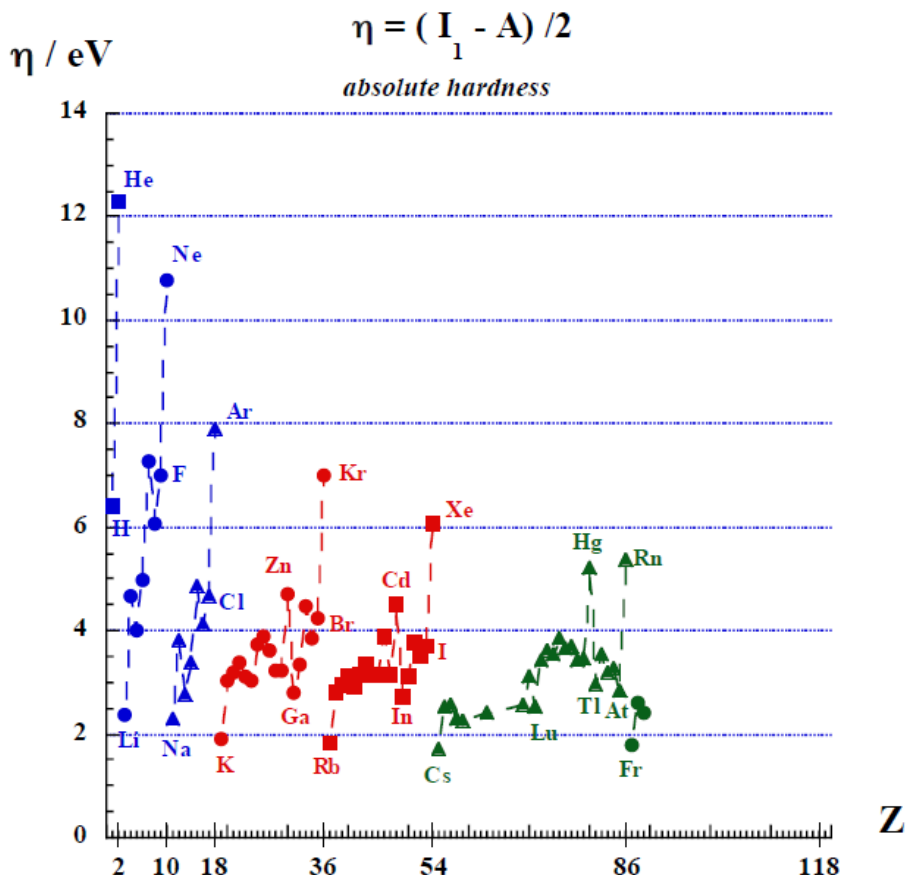


Figura 4. Durezza assoluta degli atomi liberi nel loro stato fondamentale in funzione del numero atomico.

Un semplice modello per stimare l'elettronegatività degli atomi in una molecola

Dalla definizione di elettronegatività assoluta appare evidente che le differenze di elettronegatività sono responsabili del trasferimento elettronico tra gli atomi nella molecola.

Il numero di elettroni presenti nel guscio di valenza di ogni atomo in una molecola può essere stimato considerando la formula di struttura di Lewis per la molecola e il *principio dell'equalizzazione dell'elettronegatività* [1] che, per la molecola d'acqua che prendiamo come esempio per la nostra discussione, comporta

$$\chi_{H_2O} = \chi_{H/H_2O} = \chi_{O/H_2O} = (\chi_O \cdot \chi_H^2)^{1/3} = 7.295 \text{ eV}$$

L'elettronegatività dell'atomo di ossigeno e degli atomi di idrogeno nella

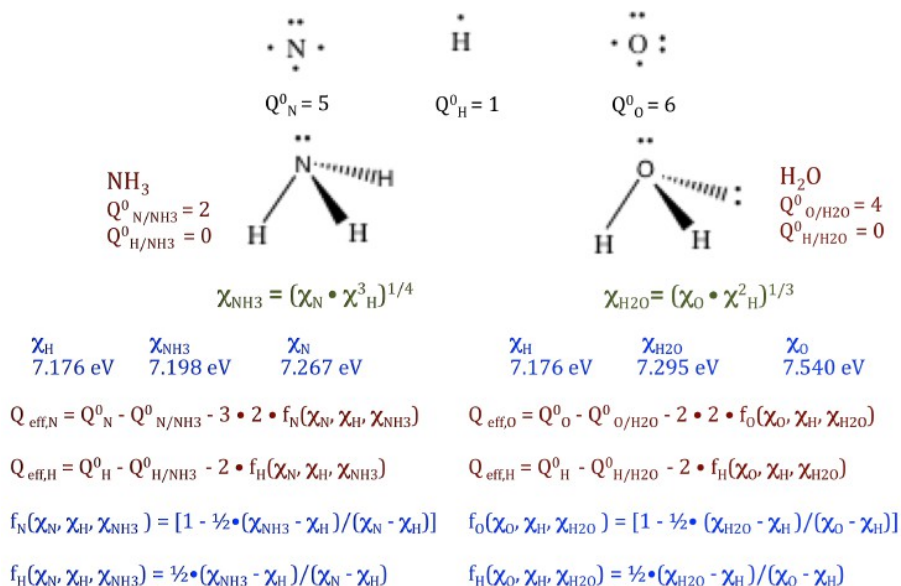
molecola (χ_{O/H_2O} e χ_{H/H_2O}) è la stessa ed è uguale all'elettronegatività della molecola (χ_{H_2O}) calcolata come media geometrica dell'elettronegatività degli atomi isolati (χ_O e χ_H).

Nella formazione della molecola, a partire dagli atomi isolati, gli atomi più elettronegativi tenderanno a diminuire la loro elettronegatività acquistando elettroni, mentre gli atomi meno elettronegativi tenderanno ad aumentare la loro elettronegatività perdendo elettroni. Nello stato finale la molecola adotterà distanze di legame ben definite e una particolare geometria al fine di minimizzare l'energia totale. Ogni atomo nella molecola avrà una carica parziale ben definita, positiva o negativa, e un determinato valore di elettronegatività, lo stesso per tutti gli atomi, che rappresenta anche l'elettronegatività della molecola nel suo stato fondamentale [1]. Riportiamo per H_2O le formule che correlano le cariche effettive sugli atomi ($Q_{O,eff}$ e $Q_{H,eff}$), le cariche di valenza negli atomi isolati (Q^0_O e Q^0_H) e le cariche sugli atomi nella molecola (Q_{O/H_2O} e Q_{H/H_2O})

$$Q_{O,eff} = Q^0_O - Q_{O/H_2O} = 6 - Q_{O/H_2O}$$

$$Q_{H,eff} = Q^0_H - Q_{H/H_2O} = 1 - Q_{H/H_2O}$$

L'elettronegatività della molecola dipenderà dalle distanze di legame e dalla geometria molecolare, e la somma delle cariche effettive sugli atomi deve ovviamente risultare uguale alla carica netta (per H_2O : $Q_{O,eff} + 2Q_{H,eff} = 0$).



Schema 1

Carica effettiva su ossigeno e idrogeno in H₂O e su azoto e idrogeno in NH₃

Il modello di calcolo basato sulle formule di struttura di Lewis è riportato nello **Schema 1** dove, come esempi, si prendono in considerazione le molecole H₂O e NH₃.

Il numero di elettroni nel guscio di valenza dell'ossigeno e dell'idrogeno nell'acqua, in accordo con la formula di struttura di Lewis, può essere rappresentato dalle seguenti equazioni

$$Q_{O/H_2O} = Q^0_{O/H_2O} + 2 \cdot 2 \cdot f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O})$$

$$Q_{H/H_2O} = Q^0_{H/H_2O} + 2 \cdot f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O})$$

I termini Q^0_{O/H_2O} e Q^0_{H/H_2O} , rappresentano gli elettroni di valenza non utilizzati dagli atomi O e H nei legami (2 coppie elettroniche sull'atomo di ossigeno e nessun elettrone per l'atomo di idrogeno). Il fattore 2•2 nella prima equazione deriva dalla presenza di 2 legami O-H, ognuno dei quali coinvolge 2 elettroni. Nella seconda equazione il fattore 2 rappresenta i due elettroni del legame O-H.

Per il principio di equalizzazione dell'elettronegatività il numero di elettroni nel guscio di valenza dell'ossigeno deve evidentemente aumentare rispetto all'atomo libero proprio per arrivare all'equilibrio del potenziale chimico degli elettroni di valenza ($\chi_{O/H_2O} = \chi_{H/H_2O} = \chi_{H_2O}$).

Le funzioni $f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O})$ e $f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O})$ possono essere semplicemente rappresentate dalle seguenti equazioni

$$f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = [1 - 1/2 \cdot (\chi_{H_2O} - \chi_H) / (\chi_O - \chi_H)]$$

$$f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = 1/2 \cdot (\chi_{H_2O} - \chi_H) / (\chi_O - \chi_H)$$

dove, in accordo con il principio di equalizzazione dell'elettronegatività, l'elettronegatività dell'acqua viene presa come media geometrica delle elettronegatività degli atomi isolati:

$$\chi_{H_2O} = (\chi_O \cdot \chi_H^2)^{1/3}.$$

Il bilancio delle cariche $Q_{O,eff} + 2 Q_{H,eff} = 0$ risulta ovviamente verificato in quanto

$$f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) + f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = 1$$

Il concetto di *numero di ossidazione* prevede di considerare per l'atomo meno elettronegativo, l'idrogeno, il limite $(\chi_{H_2O} - \chi_H) \rightarrow 0$. Questo comporta che

$$f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) \rightarrow 1$$

$$f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) \rightarrow 0$$

L'atomo di ossigeno tenderà a prendersi tutti gli elettroni impegnati nei legami chimici con gli atomi d'idrogeno, quindi il numero di elettroni nel guscio di valenza dell'ossigeno diventa

$$Q_{O/H_2O} = Q^0_{O/H_2O} + 2 \cdot 2 \cdot f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = 4 + 4 = 8$$

Perciò il *numero di ossidazione* (N.O.) dell'ossigeno nell'acqua risulta essere

$$N.O._{O/H_2O} = Q^0_O - Q_{O/H_2O} = 6 - 8 = -2$$

Il concetto di *carica formale* prevede di assumere per gli atomi nella molecola la stessa elettronegatività degli atomi isolati. Questa situazione si raggiunge per $(\chi_{H_2O} - \chi_H) \rightarrow (\chi_O - \chi_H)$, cioè per $\chi_H \rightarrow \chi_O$.

In questo caso abbiamo:

$$f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) \rightarrow 1/2$$

$$f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) \rightarrow 1/2$$

che equivale a scrivere $\chi_{H_2O} = (\chi_O \cdot \chi_H^2)^{1/3} \rightarrow \chi_H \rightarrow \chi_O$.

Se si realizzasse questa condizione gli atomi di ossigeno e di idrogeno acquisterebbero ognuno un elettrone per legame tendendo alla configurazione elettronica dell'atomo isolato:

$$Q_{O/H_2O} = Q^0_{O/H_2O} + 2 \cdot 2 \cdot f_O(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = 4 + 2 = 6$$

$$Q_{H/H_2O} = Q^0_{H/H_2O} + 2 \cdot f_H(\chi_O, \chi_H, \chi_{H_2O}) = 0 + 1 = 1$$

Si evince che la *carica formale* (C.F.) dell'ossigeno e dell'idrogeno in H₂O saranno:

$$C.F._{O/H_2O} = Q^0_O - Q_{O/H_2O} = 6 - 6 = 0$$

$$C.F._{H/H_2O} = Q^0_H - Q_{H/H_2O} = 1 - 1 = 0$$

in accordo con le formule di struttura di Lewis di H₂O e NH₃ mostrate nello **Schema 1**. E' evidente che il *numero di ossidazione* e la *carica formale* rappresentano solo dei numeri convenzionali che assegniamo agli elementi quando si combinano, ciononostante ricordiamo che il concetto di numero di ossidazione svolge un ruolo di primaria importanza nel bilanciamento delle reazioni di ossido-riduzione (redox) [6].

Il concetto di *carica effettiva* sull'atomo di ossigeno e sugli atomi di idrogeno dà invece una rappresentazione realistica della distribuzione della carica nella molecola. Tale carica può essere stimata, in prima approssimazione, con le seguenti equazioni

$$Q_{O,\text{eff}} = Q^0_O - Q^0_{O/H_2O} - 2 \cdot 2 \cdot [1 - 1/2 \cdot (\chi_{H_2O} - \chi_H)/(\chi_O - \chi_H)]$$

$$Q_{H,\text{eff}} = Q^0_H - Q^0_{H/H_2O} - 2 \cdot 1/2 \cdot (\chi_{H_2O} - \chi_H)/(\chi_O - \chi_H)$$

Sostituendo i valori numerici otteniamo

$$Q_{O,\text{eff}} = 6 - 4 - 2 \cdot 2 \cdot [1 - 1/2 \cdot (7.295 - 7.176)/(7.540 - 7.176)] = -1.35$$

$$Q_{H,\text{eff}} = 1 - 0 - 2 \cdot 1/2 \cdot (7.295 - 7.176)/(7.540 - 7.176) = +0.673$$

e la somma delle cariche effettive sugli atomi risulta ovviamente nulla

$$Q_{O,\text{eff}} + 2 Q_{H,\text{eff}} = -1.35 + 2 \cdot 0.673 = 0$$

La stessa procedura applicata alla molecola NH_3 determina le seguenti cariche effettive sugli atomi di azoto e di idrogeno:

$$(\chi_N = 7.267 \text{ eV}, \chi_H = 7.176 \text{ eV}, \chi_{NH_3} = (\chi_N \cdot \chi_H^3)^{1/4} = 7.198 \text{ eV})$$

$$Q_{N,\text{eff}} = Q^0_N - Q^0_{N/NH_3} - 3 \cdot 2 \cdot [1 - 1/2 \cdot (\chi_{NH_3} - \chi_H)/(\chi_N - \chi_H)]$$

$$Q_{H,\text{eff}} = Q^0_H - Q^0_{H/NH_3} - 2 \cdot 1/2 \cdot (\chi_{NH_3} - \chi_H)/(\chi_N - \chi_H)$$

$$Q_{N,\text{eff}} = 5 - 2 - 3 \cdot 2 \cdot [1 - 1/2 \cdot (7.198 - 7.176)/(7.267 - 7.176)] = -2.27$$

$$Q_{H,\text{eff}} = 1 - 0 - 2 \cdot 1/2 \cdot (7.198 - 7.176)/(7.267 - 7.176) = +0.758$$

Certamente è fuori discussione ogni confronto con i calcoli quantomeccanici (*vedi infra*) comunque, secondo la nostra esperienza, il modello proposto è didatticamente utile per il suo valore euristico: a partire da una semplice formula analitica è possibile introdurre i concetti di *numero di ossidazione*, di *carica formale*, e di *carica effettiva* per l'atomo in una molecola.

E' di interesse ricordare che tutte le diverse scale di elettronegatività proposte fino ad oggi sono tra loro collegate e, in particolare, tutte le nuove scale sono state sempre linearmente correlate con la scala di Pauling [8].

In **Figura 5** presentiamo il confronto tra la scala dell'elettronegatività assoluta di Mulliken e la scala di Pauling. Di seguito ripetiamo i calcoli delle cariche parziali in H_2O e NH_3 utilizzando i dati di elettronegatività della scala di Pauling, che ricordiamo essere nell'unità di misura (eV)^{1/2}.

Le elettronegatività di Pauling, $X_H = 2.20$, $X_N = 3.04$ e $X_O = 3.44$, inserite nelle equazioni sopra riportate danno i seguenti valori di cariche parziali ($X_{NH_3} = 2.39$; $X_{H_2O} = 2.55$):

$$H_2O : Q_{O,\text{eff}} = -1.44 ; Q_{H,\text{eff}} = +0.718$$

$$NH_3 : Q_{N,\text{eff}} = -2.59 ; Q_{H,\text{eff}} = +0.862$$

in buon accordo con i valori calcolati utilizzando le elettronegatività di Milliken

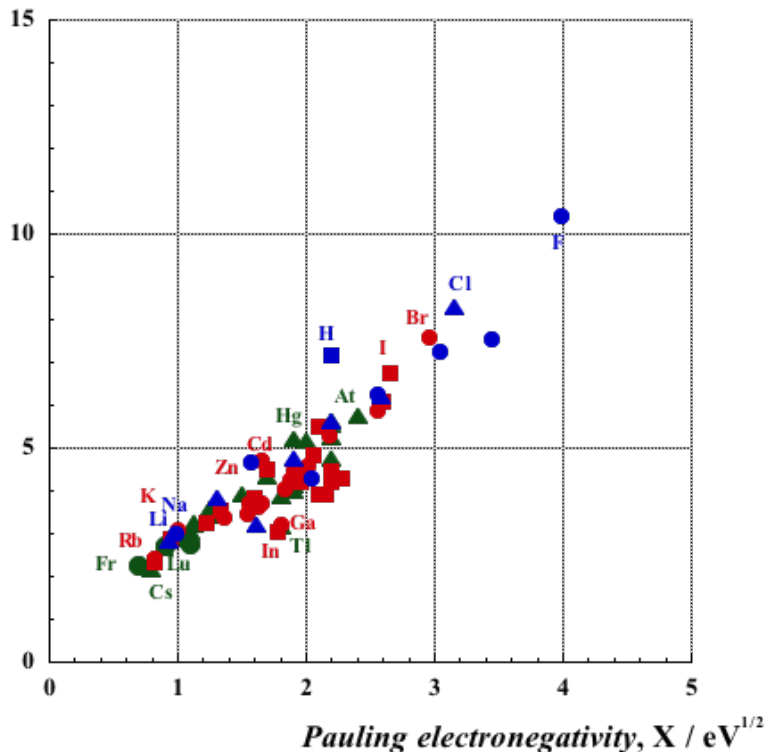
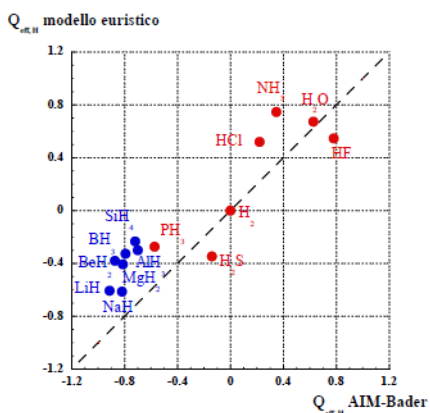
Absolute electronegativity, χ / eV

Figura 5. Confronto tra la scala dell'elettronegatività assoluta di Mulliken per gli atomi liberi nel loro stato fondamentale con l'elettronegatività di Pauling ottenuta per gli stessi atomi coinvolti in un legame chimico. In prima approssimazione vale la relazione $\chi_{\text{(Mulliken)}} = \chi^0 + s X_{\text{(Pauling)}}$ che possiamo specificare meglio riportando per i periodi della tavola periodica (n) i valori (χ^0 , s , R^2), dove R^2 è il quadrato del coefficiente di correlazione: ($n=2$, 2.26, 0.53, 0.93), ($n=3$, 2.43, 0.22, 0.94), ($n=4$, 2.22, 0.27, 0.87), ($n=5$, 1.78, 0.90, 0.70), ($n=6$, 1.96, 0.86, 0.84), ($n=7$, 1.23, 1.46, 0.85).

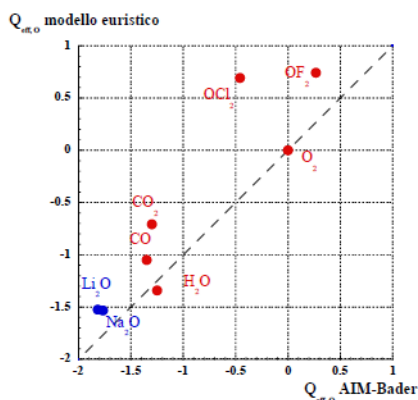
Come sopra ricordato è fuori discussione ogni confronto tra le cariche ottenute con il nostro modello e quelle ottenute con calcoli quantomeccanici in quanto lo scopo del nostro modello è solo didattico. Risulta comunque di interesse un confronto tra le cariche calcolate con il nostro modello, che definiamo *modello euristico*, e le cariche calcolate con un modello ab initio basato sulla DFT e la partizione elettronica secondo la teoria AIM di Bader [7].

L'equazione del modello euristico è stata applicata a numerose molecole contenenti H, O, F e Cl per cui sono note le cariche atomiche effettive ottenute con il modello AIM [7]. I relativi confronti tra le cariche atomiche calcolate sono riportati nelle Figure 6 a-d. Il modello euristico segue in generale gli andamenti descritti dal modello AIM senza ovviamente riprodurre i risultati del calcolo *ab initio*. Le Figure 6 a-d rafforzano in ogni caso il valore didattico del modello euristico e ne suggeriscono l'utilizzazione nell'insegnamento della Chimica generale in quanto permette di introdurre su una base razionale i concetti di numero di ossidazione, di carica formale e di carica effettiva di un atomo in una molecola.

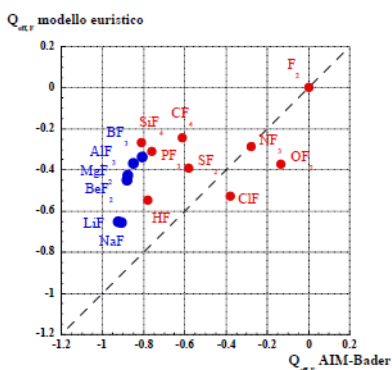
a) molecole contenenti H



b) molecole contenenti O



c) molecole contenenti F



d) molecole contenenti Cl

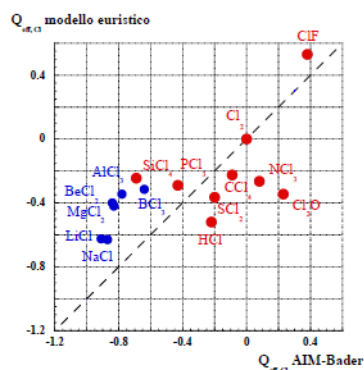


Figura 6. Confronto tra le cariche calcolate con il modello euristico e il modello quantomeccanico AIM di Bader [7] per gli atomi di a) H ; b) O ; c) F e d) Cl in diverse molecole.

Durezza dei gas nobili: un commento sull'affinità elettronica dei gas nobili

E' di interesse conoscere l'elettronegatività dei gas nobili poiché, a causa della configurazione elettronica degli orbitali di valenza s^2 (He) e s^2p^6 (Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), a prescindere dalla scala di elettronegatività utilizzata, l'intuito chimico suggerisce che essa dovrebbe essere molto inferiore rispetto all'elettronegatività di tutti gli altri atomi della tavola periodica [4, 9-11]. In un nostro precedente contributo [4] avevamo proprio ottenuto questo risultato considerando la formula dell'elettronegatività assoluta di Mulliken in cui l'affinità elettronica dei gas nobili era stata calcolata per gli atomi nel loro primo stato eccitato, come risulta dai dati riportati nella **Tabella 1**.

Il grafico χ vs. Z del Rif.[4], riportato per chiarezza in **Figura 7**, mostra effettivamente che mediante tale calcolo i gas nobili risulterebbero essere gli atomi meno elettronegativi della tavola periodica, in accordo con l'intuito chimico che, erroneamente, ci fa collegare l'elettronegatività degli atomi alla loro reattività chimica.

L'approccio utilizzato nel Rif.[4] non è comunque in accordo con la DFT, in quanto sia I_1 sia A nella definizione dell'elettronegatività assoluta, devono essere riferiti all'atomo libero nel suo stato elettronico fondamentale.

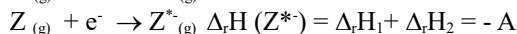
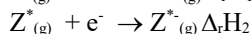
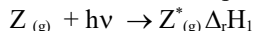
In accordo con la regola di Hund, oltre ai gas nobili (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn), anche altri elementi della tavola periodica (Be, N, Mg, Mn, Zn, Cd, Yb, Hf, Hg) presentano nello stato fondamentale configurazioni elettroniche particolarmente stabili. Tutti questi atomi non sono stabili come ioni negativi ($A < 0$) e per calcolarne sia l'elettronegatività assoluta sia la durezza assoluta si possono seguire due diversi approcci come suggerito da Cárdenas et al. [9] e da Furtado et al. [10].

Secondo Cárdenas et al., invece di affidarsi a valori di affinità elettronica ottenuti con calcoli quantomeccanici fortemente dipendenti dal livello di teoria utilizzato, conviene assumere per questi atomi $A = 0$ eV.

In accordo con l'approssimazione di Cárdenas et al. abbiamo riportato i grafici χ vs. Z e η vs. Z rispettivamente nelle **Figure 3 e 4**. I grafici costruiti utilizzando dati sperimentali presi dai riferimenti [5, 9, 10], comprendono la quasi totalità degli elementi della tavola periodica e mostrano chiaramente che elettronegatività e durezza sono entrambe proprietà periodiche.

E' di interesse anche il confronto tra elettronegatività e durezza per gli atomi liberi riportato in **Figura 8**.

Tabella 1. Energia di affinità elettronica per i gas nobili calcolata a partire dal primo stato elettronico eccitato. Vengono anche riportate per confronto le energie di affinità elettronica sperimentali per N, Mn, Zn, Cd, Yb, Hf.



(Questi dati sono stati ottenuti con la gentile collaborazione di Amedeo Palma e Mauro Satta dell'Istituto CNR-ISMN.)

Atomo / Ione	Stato fondamentale dell'atomo Z ^(a)	Livello energetico per l'atomo nello stato eccitato Z* $\Delta_r H_1$ ^(a)	Livello energetico per lo ione Z ⁻ $\Delta_r H_2$ ^(b,c)	Energia di affinità elettronica A = - $\Delta_r H$
He / He ⁻	1s ² ¹ S J = 0	1s2s ³ S J=1 $\Delta_r H_1 = 19.81961$ eV	1s2s2p ⁴ P $\Delta_r H_2 = -0.077$ eV	- 19.743 eV
N / N ⁻	2s ² 2p ³ ⁴ S ^o J = 3/2	$\Delta_r H_1 = 0$	2s ² 2p ⁴ (³ P) $\Delta_r H_2 = 0.070$ eV	- 0.070 eV
Ne / Ne ⁻	2s ² 2p ⁶ ¹ S J = 0	2s ² 2p ⁵ (² P _{3/2})3s ² [3/2] ^o J = 2 $\Delta_r H_1 = 16.619069$ eV	2s ² 2p ⁵ (² P _{3/2})3s ² (¹ S) $\Delta_r H_2 = -0.508$ eV	- 16.111 eV
Ar / Ar ⁻	3s ² 3p ⁶ ¹ S J = 0	3s ² 3p ⁵ (² P _{3/2})4s ² [3/2] ^o J = 2 $\Delta_r H_1 = 11.548354$ eV	3s ² 3p ⁵ (² P _{3/2})4s ² (¹ S) $\Delta_r H_2 = -0.450$ eV	- 11.098 eV
Mn / Mn ⁻	3d ⁵ 4s ² ⁶ S J = 5/2 (Landé-g = 2.00152)	$\Delta_r H_1 = 0$	3d ⁵ 4s ² 4p (² P) $\Delta_r H_2 = 0.498$ eV	- 0.498 eV
Zn / Zn ⁻	3d ¹⁰ 4s ² ¹ S J = 0	$\Delta_r H_1 = 0$	3d ¹⁰ 4s ² 4p (² P ^o) $\Delta_r H_2 = 0.49$ eV	- 0.49 eV
Kr / Kr ⁻	4s ² 4p ⁶ ¹ S J = 0	4s ² 4p ⁵ (² P _{3/2})5s ² [3/2] ^o J = 2 $\Delta_r H_1 = 9.915232$ eV	4s ² 4p ⁵ (² P _{3/2})5s ² (¹ S) $\Delta_r H_2 = -0.431$ eV	- 9.484 eV
Cd / Cd ⁻	4d ¹⁰ 5s ² ¹ S J = 0	$\Delta_r H_1 = 0$	4d ¹⁰ 5s ² 5p (² P ^o) $\Delta_r H_2 = 0.33$ eV	- 0.33 eV
Xe / Xe ⁻	5s ² 5p ⁶ ¹ S J = 0	5s ² 5p ⁵ (² P _{3/2})6s ² [3/2] ^o J = 2 $\Delta_r H_1 = 8.315316$ eV	5s ² 5p ⁵ (² P _{3/2})6s ² (¹ S) $\Delta_r H_2 = -0.42$ eV	- 7.90 eV
Yb / Yb ⁻	4f ¹⁴ 6s ² ¹ S J = 0	$\Delta_r H_1 = 0$	4f ¹⁴ 6s ² 6p ¹ (² P ^o) $\Delta_r H_2 = 0.02$ eV	- 0.02 eV
Hf / Hf ⁻	5d ² 6s ² ³ F J = 2	$\Delta_r H_1 = 0$	5d ² 6s ² (⁴ F) $\Delta_r H_2 \approx 0$ eV	≈ 0 eV
Rn / Rn ⁻	6s ² 6p ⁶ ¹ S J = 0	6s ² 6p ⁵ (² P _{3/2})7s ² [3/2] ^o J = 2 $\Delta_r H_1 = 6.772060$ eV	6s ² 6p ⁵ (² P _{3/2})7s ² (¹ S) $\Delta_r H_2 \approx -0.40$ eV (extrapolated value)	≈ -6.37 eV

^(a) Kramida, A.; Ralchenko, Yu.; Reader, J. and NIST ASD Team (2015)

NIST Atomic Spectra Database (ver.5.3) [online].

<https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database> [2016, September 13].

National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg.MD.

^(b) Buckman, S.J.; Clark, C.W. Atomic negative-ion resonance. *Rev. Mod. Phys.* 66, 539-655 (1994).

^(c) Andersen, T. Atomic negative ions: structure, dynamics and collisions. *Phys. Rep.* 394, 157-313 (2004).

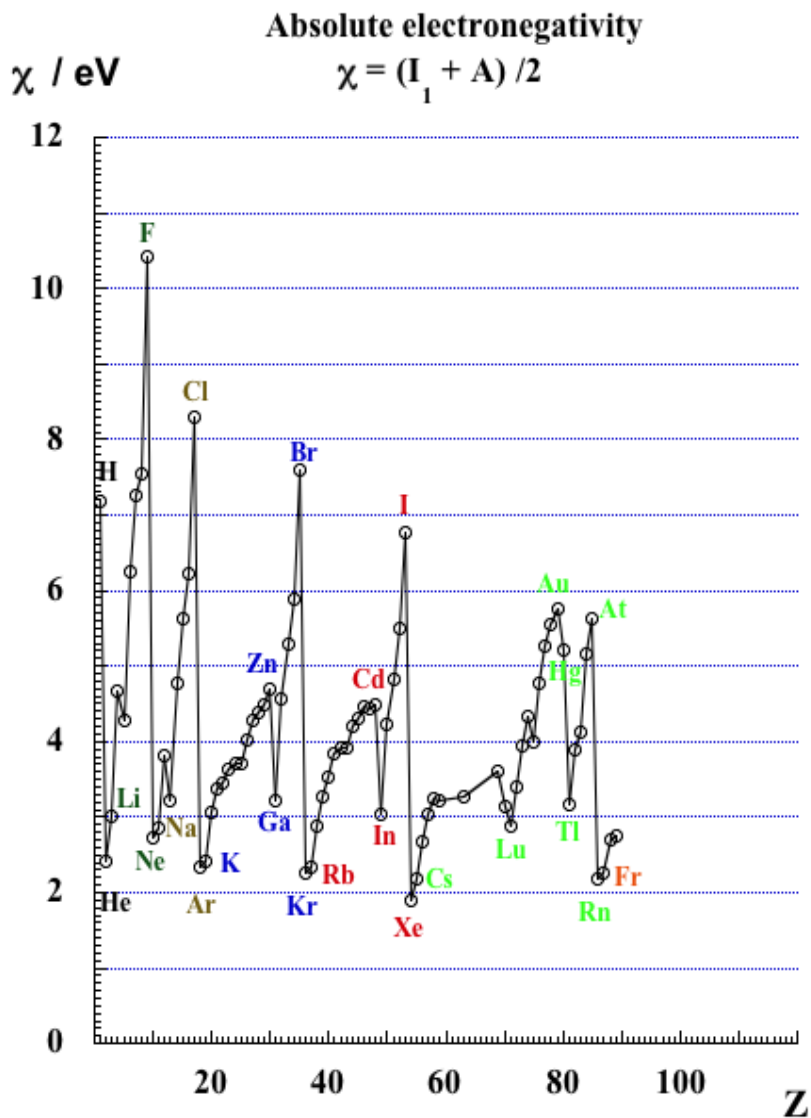


Figura 7. Elettronegatività assoluta di Mulliken in funzione del numero atomico per gli atomi liberi Rif. [4]. Per i gas nobili l'elettronegatività è stata calcolata utilizzando i valori di energia di affinità elettronica riportati in Tabella 1, cioè a partire dagli atomi nel loro primo stato elettronico eccitato. Tale approccio non è coerente con la teoria del funzionale densità (DFT) secondo cui le energie coinvolte nei processi di perdita e acquisto di elettroni devono essere riferite all'energia dell'atomo nello stato elettronico fondamentale.

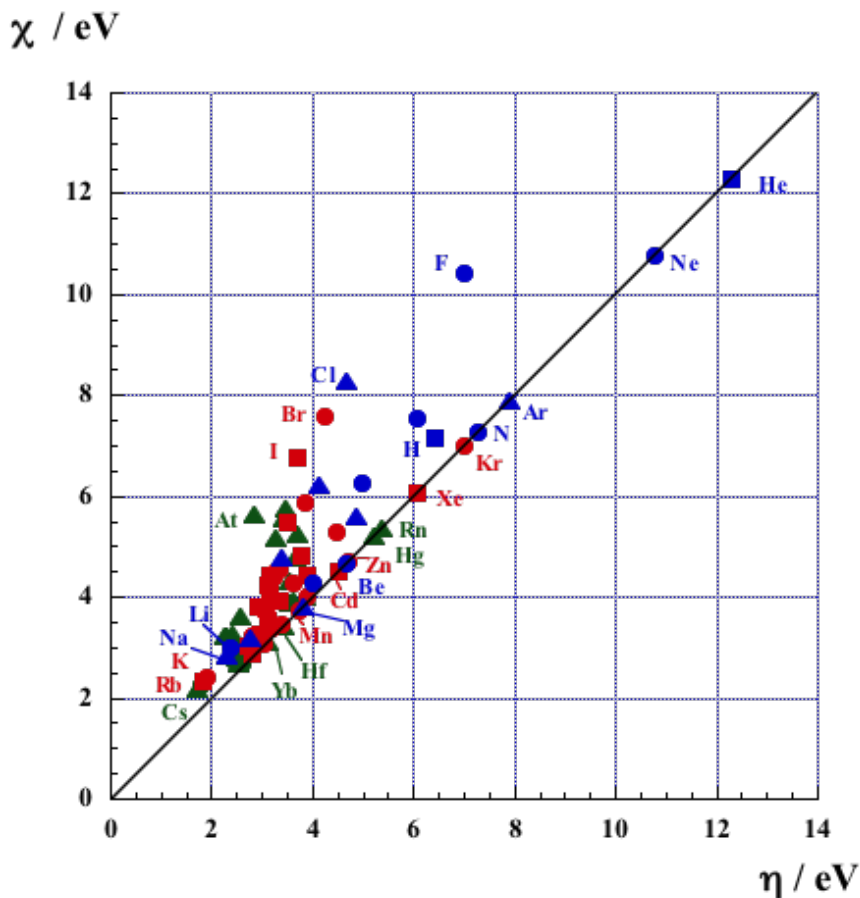


Figura 8. Elettronegatività assoluta di Mulliken in funzione della durezza assoluta per gli atomi nello stato libero. La maggiore reattività degli atomi può essere correlata in prima approssimazione ad elevati valori di elettronegatività e bassi valori di durezza. (Considerando i dati di affinità elettronica di Furtado et al. [10] riportati nella didascalia della Figura 2 abbiamo per i gas nobili le seguenti coppie di dati χ , η : He 11.1, 13.8; Ne 8.41, 13.3; Ar 6.31, 9.45; Kr 5.86, 8.26; Xe 5.34, 7.10; Rn 5.24, 6.01.)

Contrariamente a quanto suggerito dall'intuito chimico He e Ne risultano essere gli atomi più elettronegativi della tavola periodica. Questi elementi sono anche i meno polarizzabili (i più "duri") e quindi potrebbero formare composti chimici solo sotto pressioni molto grandi (dell'ordine di milioni di atmosfere), come suggerito da recenti lavori riportati in letteratura [11]. La reattività chimica dipende non solo dall'elettronegatività dell'atomo ma

ancor di più dalla sua durezza, cioè dalla resistenza dell'atomo a scambiare elettroni, cioè a dare la reazione di dismutazione così da variare il suo stato di ossidazione da 0 a +1 e -1. Risultano invece reattivi gli atomi di cui è facile polarizzare la nube elettronica di valenza in presenza di un campo elettrico. Notiamo che la durezza assoluta è correlata alla classificazione degli acidi e delle basi *hard* e *soft* (principio HSAB) [1]. Secondo il principio HSAB per acidi e basi di forza paragonabile c'è preferenza per reazioni acido-base del tipo *soft - soft* e *hard - hard*. Gli acidi *hard* legano nell'ordine $F^- > Cl^- > Br^- > I^-$, mentre gli acidi *soft* legano nell'ordine $I^- > Br^- > Cl^- > F^-$. Risulta quindi che *hard* e *soft* sono concetti che possono essere rappresentati da grandezze fisiche inversamente proporzionali tra loro. Una specie di piccole dimensioni, grande elettronegatività e bassa polarizzabilità elettronica sarà classificata *hard*, al contrario una specie classificata *soft* avrà grandi dimensioni, bassa elettronegatività ed alta polarizzabilità elettronica. La durezza di una specie può essere rappresentata dalla sua durezza assoluta η e la sua *softness* da $1/\eta$.

Bibliografia

- [1] R. G. Parr, W. Yang, *Density-Functional Theory of Atoms and Molecules*, Oxford Science Publications, 1989.
- [2] L. Pauling, D.M. Yost, Proc. Nat. Acad. Sci.18, 414-416 (1932); L. Pauling, J. Am.Chem.Soc. 54, 3570-3582 (1932); L. Pauling, J. Sherman, J. Am. Chem. Soc. 59, 1450-1456 (1937); L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, Cornell University Press, 1960, p. 88.
- [3] R. S. Mulliken, J. Chem. Phys. 2, 782-793 (1934).
- [4] G. Moretti, CnS La Chimica nella Scuola 3, 25-38 (2017).
- [5] *Handbook of Chemistry and Physics*, D.R. Lide, Editor-in-Chief, 87th Edition, 2006-2007, CRC Press Taylor & Francis, 10-156 : Electron Affinities, Table 1 edited by T. M. Miller; 10-203 : Ionization Energies of Atoms and Atomic Ions.
- [6] G. Moretti, I. Pettiti, CnS La Chimica nella Scuola 3, 13-22 (2019).
- [7] R. J. Gillespie, P. L. A. Popelier, *Chemical Bonding and Molecular Geometry*, p.192, Oxford University Press, 2001.
- [8] J. Mullay, in *Electronegativity*, Sen K.D., Jørgensen C.K. (Editors) Structure and Bonding, vol. 66, pp.1-25. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1987.
- [9] C.Cárdenas, P. Ayers, F. De Proft, D. J. Tozer, P. Geerlings, Phys. Chem. Chem. Phys. 13, 2285-2293 (2011).
- [10] J. Furtado, F. De Proft, P. Geerlings, J. Phys. Chem. A 119, 1339-1346 (2015).
- [11] G. Moretti, "Elettronegatività dei gas nobili secondo i modelli di calcolo di Pauling, Mulliken e Allen" Atti del XVIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Roma, 8-10 ottobre 2019, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, in stampa.

Le quattro sorelle del Pettorale di Aronne: l'Agata

Pasquale Fetto
pasquale.fetto@didichim.org

Riassunto

L'agata, occupa il secondo posto del terzo ordine nel pettorale del giudizio, è la pietra della tribù di Aser¹. Chimicamente è una varietà di Calcedonio. Una varietà di Agata (Sardonice), appartiene alle dodici pietre che composero le fondamenta del muro di Gerusalemme. Interessanti le notizie storiche e mitologiche legate al suo nome; pietra protettiva associata in riferimento ai colori ai tre elementi: Fuoco, Terra e Acqua.

E' stata una gemma molto desiderata fin dai tempi antichi, sia per la sua bellezza sia per la sua durezza: in Oriente era usata già nel 3000 a.C. per scopi decorativi. I popoli mesopotamici e mediterranei apprezzavano molto questa pietra perché dalla sua lavorazione si ottenevano oggetti ornamentali come vasi e amuleti; era ritenuta inoltre un valido mezzo di difesa contro il veleno dei serpenti. Nell'Antica Roma erano particolarmente amate le Agate intagliate, ossia gemme lavorate con una tecnica particolare di taglio, grazie alla quale potevano essere incise seguendo un disegno o una figura. Per la sua bellezza la pietra agata era ricercatissima anche dalla Roma imperiale.

Parole chiave: agata, Aser, calcedonio, sardonice, quarzo, fiume Acate.

Summary

Agate is the stone of the tribe of Asher¹. Agate is in second place in the third order in the pectoral of judgment. Chemically it is a variety of Chalcedony. A variety of agate (sardonyx), belongs to the twelve stones that composed the foundations of the wall Gerusalemme. Interesting historical and mythological news related to his name; protective stone associated with reference to the colors to the three elements: Fire, Earth and Water. It 'was a much desired gemstone since ancient times, both for its beauty and for its hardness: in the East was used as early as 3000 BC for decorative purposes.

1. Il nome Aser è attribuito, nell'Antico Testamento, al secondo genito di Giacobbe e di Lea Zilpa e fu il capostipite della tribù omonima (Gn30:12-13). Lea dopo il parto disse: "Per mia felicità! Perché le donne mi diranno felice." Perciò lo chiamò **Aser**. Etimologicamente, viene ricondotto in genere all'ebraico *oshor* o *osri*, che vuol dire "felice", "benedetto", "beato", "fortunato" e e vari altri.

Il nome Aser era inciso nella pietra **Agata**. "...dalla discendenza di Aser il pane deve essere grasso (inteso come = saporito), e si produrranno delizie da re". In verità la ricchezza di Aser passerà alle generazioni e i suoi figli furono benedetti. (Gn49:20)

The Mesopotamians and Mediterranean appreciated much this stone because of his work were obtained ornamental objects such as vases and amulets; It was also seen as a valuable means of defense against the venom of snakes. In ancient Rome they were particularly love the agate carving gems that you work with a special technique of cutting, thanks to which they could be engraved according to a pattern or figure. For its beauty the agate stone was also sought from Imperial Rome.

Key words: agate, Asher, chalcedony, sardonyx, quartz, Acate river.

Il "perché" della scelta del titolo di questo contributo?

Agata, Diaspro, Onice e Sardo (Corniola)[1] sono quattro pietre preziose, delle dodici che fanno parte del pettorale di Aronne, che appartengono alla famiglia del Calcedonio [2]. Nell'Apocalisse di Giovanni (21, 19-21) viene citato un ulteriore gruppo di dodici gemme poste nelle fondamenta delle mura della città di Gerusalemme e ancora una volta le varietà di Calcedonio sono quattro:

... Le fondamenta del muro della città erano adorne di ogni sorta di pietra preziosa: il primo fondamento era diaspro, il secondo zaffiro, il terzo calcedonio, il quarto smeraldo, il quinto sardonico, il sesto sardo, il settimo crisolito, l'ottavo berillo, il nono topazio, il decimo crisopraso, l'undicesimo giacinto, il dodicesimo ametista. E le dodici porte erano dodici perle; ciascuna delle porte era fatta di una sola perla. E l'ampia via della città era oro puro, come vetro trasparente....

Introduzione

Non ci deve sfuggire l'associazione di queste pietre legate rispettivamente all'energia, alla forza, alla fertilità, alla pace e al benessere, alle emozioni e alla sensibilità.

L'**agata** rivestiva presso le antiche popolazioni, tra cui gli Indiani, i Nepalesi e i Tibetani, un ruolo di pietra protettiva e di **portafortuna**, non solo per la persona ma anche per gli ambienti. Le pietre con tinte marroni o nere, al cui centro si trova un cerchio bianco, erano e sono utilizzate come amuleti **contro il malocchio**: il cerchio bianco è ritenuto l'occhio il cui sguardo esercita la sua funzione protettiva.

Inoltre si pensava che l'agata fosse una manifestazione del soprannaturale e la consideravano una pietra sacra, in grado di infondere forza e coraggio.

Plinio sosteneva che rendesse invincibili gli atleti e **Alberto Magno** attribuiva alla gemma il potere di evitare i pericoli e vincere le contrarietà.

Nel poema *Lithica* attribuito a **Orfeo**, si legge che l'uomo innamorato deve indossare un'agata per conquistare il cuore della donna desiderata. Si dice che rafforzi la **fedeltà di coppia**.

L'Agata è una gemma dalle molteplici tonalità e disegni. Le sue striature colorate rendono ogni esemplare unico e irripetibile; questa caratteristica è uno dei motivi che ne fanno aumentare il valore. L'agata è stata associata ai tre elementi, Fuoco, Terra e Acqua, in relazione alle varietà di colore. (Figura 1)

*Le varietà marrone, nera e rossa associate al **Fuoco***



Agata marrone



Agata nera



Agata rossa

*Le varietà bianche, nere, muschiate e verdi associate alla **Terra***



Agata bianca



Agata muschiata



Agata verde

*La varietà blu associata all'**Acqua***



Agata blu

Figura 1 – Agata associate ai tre elementi: Fuoco, Terra, Acqua.

Se i colori delle fette di agata (Figura 2), (ricavate da esemplari che presentano striature uguali e concentriche), sono troppo vivaci e molto contrastanti, devono far sospettare che l'agata è colorata artificialmente con tecniche che un tempo gli artigiani si tramandavano di padre in figlio. Sono soprattutto gli esemplari di colore verde, blu, giallo e porpora, a subire il processo di colorazione. Vengono, solitamente, legati a fili nei così detti "**caccia spiriti**" che si appendono alle finestre e sulle porte d'ingresso.

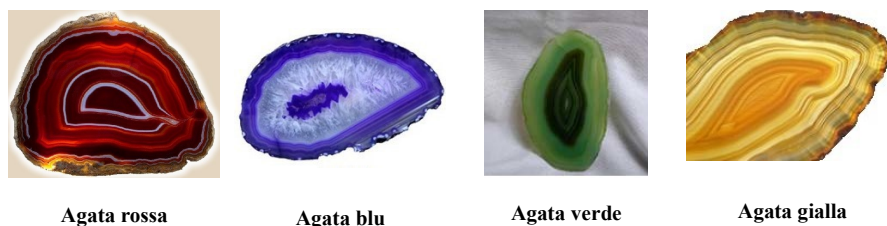


Figura 2 - Varietà di agata tagliate a fette colorate artificialmente

Mitologia e storia

Tra tutte le pietre preziose conosciute l'**Agata occupa un posto di rilievo**. E' stata una gemma molto desiderata fin dai tempi antichi, sia per la sua bellezza sia per la sua durezza: in Oriente era usata già nel 3000 a.C. per scopi decorativi. I popoli mesopotamici e mediterranei apprezzavano molto questa pietra perché dalla sua lavorazione si ottenevano oggetti ornamentali come vasi e amuleti; era ritenuta un valido mezzo di difesa contro il veleno dei serpenti. Nell'Antica Roma erano particolarmente amate le agate intagliate, ossia gemme lavorate con una tecnica particolare di taglio grazie alla quale potevano essere incise seguendo un disegno o una figura. Per la sua bellezza l'agata era ricercatissima anche dalla Roma imperiale [3]. Nel mondo delle gemme ha trovato e il suo uso come pietra preziosa, come cammeo e come sigillo. Nella Bibbia l'agata viene citata nel secondo libro di Mosè come una delle gemme del pettorale di Aronne. La Sardoniche, una varietà di Agata, appartiene alle dodici pietre che composero le fondamenta del muro di Gerusalemme. Anche nel Medioevo l'agata fu una gemma particolarmente amata. Era usanza legare un'agata alle corna dei buoi per influenzare positivamente il futuro raccolto.

L'intreccio tra storia e mitologia legato al nome **Agata** è affascinante e appassionante ed ha coinvolto molti studiosi fino al secolo scorso.

Il nome è di origine greca, *Ἀγαθή* o *Ἀγάθη* ed è l'equivalente di 'buona, virtuosa'.

In **mineralogia** l'Agata è una varietà di quarzo. In latino *Achates* era l'antico nome dell'odierno fiume Dirillo sito nella Sicilia sud-orientale, dove tali pietre venivano rinvenute - va chiarito che potrebbe anche essere stato il fiume a prendere il nome dalle pietre, e non viceversa [4].

Il fiume di Acate è legato alla storia locale, ricca di testimonianze sull'importanza avuta nello sviluppo del territorio. E' una storia piena di misteri e di certezze che ancora oggi non ha trovato la sua definitiva identificazione di un passato antico e ricco d'insediamenti umani proprio in vicinanza del fiume.

I misteri legati alle leggende di un passato mitologico spesso sono narrati, con l'evidente scopo di giustificare decisioni importanti, non solo per rico-

struire la storia e le origini ma anche per dare al paese un nome legato a fatti storici di grande risonanza. Ciò è avvenuto per Acate e il suo territorio; si è cercato di trovare ed evidenziare i collegamenti ad una indiscussa romanità ancor prima della radice che legava gli antichi coloni siculi al servizio di Roma nel periodo del basso impero, o al nome di una pietra "*Acathes*" diffusa su tutto il bacino del fiume.

Fu così che al fiume, conosciuto sin dall'antichità come "*Acate*", fu accostata la leggenda di Enea e del suo compagno *Acate* (Virgilio, Eneide, VI, 158). In particolare nel secolo scorso si fece riferimento al compagno fidato di Enea che a seguito di un viaggio fantasioso, dopo essere approdato nei lidi Gelesi, si trovò a navigare le acque del fiume Acate (navigabile in epoca romana). Tuttavia non fu mai provata l'esistenza di un passaggio dei troiani nel territorio bagnato dal fiume *Acathes*. Non mancano documenti in cui si parla della navigazione di Enea e del suo compagno *Agaton* tra le coste siciliane del trapanese. Troviamo addirittura una pittura del tardo medioevo raffigurante la nave di Enea e Acate, ferma lungo la riva di un fiume ed i Troiani vestiti con abiti cinquecenteschi. Una *caricatura* che vuole rinnovare il ricordo "*storico*" di un passaggio nelle vicinanze di un fiume Acate che sbocca nel mare prospiciente *Capo Lilibeo* (Marsala) e non nei lidi di Gela dove sbocca il *Dirillo*.(Figura 3)



Figura 3 – Dipinto raffigurante la nave di Enea e Acate in abiti cinquecenteschi
opera di Giovanni de' Luteri detto Dosso Dossi
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=150270>

In verità nei testi latini non si trova alcuna testimonianza che possa confermare la presenza di Troiani lungo il fiume Acathe.

Nell'opera "*Storia dei Musulmani in Sicilia*" di **Machiavelli** si parla di un altro fiume Acate che appartiene alla provincia di Trapani, fatto questo molto attendibile tenuto conto del percorso di **Enea** nel mediterraneo, dopo il soggiorno presso la corte della Regina **Didone**. Un'altra tempesta costrinse Enea a rifugiarsi nel porto di Drepano in Sicilia, dove venne accolto da Aceste, re di Erice (in lingua fenicia *Eryx*). (Figura 4)



Figura 4 – Sicilia romana con evidenziati i luoghi della parte nord-occidentale a cui fa riferimento Machiavelli e la parte sud-orientale descritta da Plinio

Plinio, nel XXXVII libro della *Naturalis historia*, descrivendo il fiume Acathe, fa riferimento alla pietra diffusa in abbondanza lungo questo fiume. Per i romani era una pietra di valore per la lucentezza e la durezza ed era facilmente commerciabile a Roma il cui uso era tra i più svariati soprattutto per la creazione di anelli, cammei e oggetti di bigiotteria particolare e tipica della Roma imperiale. **Teofrasto** riferisce che la pietra *acathes*, diffusa in una zona della Sicilia meridionale, prendeva il nome dal fiume Acathe che bagnava tale territorio.

In una monografia di Enzo Iurato, curato da **Enzo Iurato e Concettina Oliveri** [5] viene citato il fiume di Acate come importante corso d'acqua antico e ricco di una pietra silicea che i romani apprezzavano e preferivano per oggetti e articoli ornamentali dell'epoca. Da qui la certezza che il fiume ha avuto sin dalle origini il nome di *Acate* proprio per la presenza della pietra *Acathe*.

In epoca araba, l'odierno fiume Dirillo, secondo Michele Amari (storico e orientalista italiano) fu chiamato *Wady-Ikrilu* (fiume di Akrilla) e successivamente Odogrillum (nome di un importante insediamento medioevale nella valle del fiume Acate, da Odogrillo si giunge all'ultima etimologia "Dirillo").

Chimica

Formula chimica: $\text{SiO}_2 + \text{Al, Ca, Fe, Mn}$

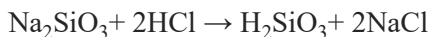
L'agata si forma in ambiente idrotermale, in rocce vulcaniche povere di acido silicico; nelle cavità formatesi durante il raffreddamento del magma si raccolgono soluzioni di acido che formano depositi di piccoli cristalli stratificati lungo le pareti.

Il riempimento delle cavità con i cristalli può essere completo o parziale si parlerà di "mandorla" d'agata nel primo caso e di "geode" nel secondo caso. Durante il processo di accrescimento dei cristalli si determinano le caratteristiche strisce alle cui formazione contribuiscono, spesso, inclusioni di quarzi, calcedoni e diaspri che si evidenziano in chiazze o strati concentrici con sfumature che vanno dal grigio blu al rosso e al giallo.

L'acido silicico è una classe di composti chimici formati da silicio, idrogeno e ossigeno, di formula generale $[\text{SiO}_x(\text{OH})_{4-2x}]_n$

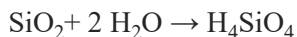
Appartengono a questa classe i seguenti composti:

- acido metasilicico (H_2SiO_3)



per sintesi in quantità ridotte;

- acido ortosilicico (H_4SiO_4)



composto molto tossico e aggressivo; lasciato all'aria perde "lentamente" una molecola d'acqua trasformandosi in acido metasilicico



per dimerizzazione con perdita di acqua dell'acido ortosilicico si forma l'acido ortodisilicico ($\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$);

- acido disilicico o metadisilicico ($\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$);
- acido pirodisilicico o ortodisilicico ($\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$).

Gli acidi silicici si formano dall'acidificazione in soluzione acquosa dei silicati (ad esempio il silicato di sodio).

Varietà e usi

Oggi la maggior parte del materiale grezzo deriva principalmente dai giacimenti di Rio Grande do Sul (Stato Brasilino al confine con l'Uruguay) e dall'Uruguay, secondariamente dall'India e dalla Cina; campioni molto belli sono stati trovati in Germania.

Agata è la varietà di calcedonio a colorazione non uniforme, da cui ne discendono molte altre che si differenziano tra loro esclusivamente per gli accostamenti cromatici. Questa pietra, secondo Plinio, giungeva a Roma dai giacimenti siciliani nei pressi di Ragusa, altri esemplari più pregiati arrivarono a Roma da altri territori[6]; scrive a tal proposito Aldini “*di là appunto provengono a noi anche le più lucide e trasparenti agate, e variamente macchiate di bellissimi colori, che rappresentano talvolta figure di fiumi, di monti, di alberi, di animali e di simili cose*”[7]. Egitto, Persia, Cipro, Urali, Cina e Ponto furono importatori di tali pietre; molti pezzi parte del tesoro di Mitridate Eupatore erano proprio di pregiata agata[8].

L'agata è una pietra molto adatta alla lavorazione a rilievo, consente di produrre bellissimi cammei, tra cui si ricorda la celebre opera d'arte nota come la **Agata di Pirro**: “*si dice che avesse, infatti, un'agata nella quale si vedevano le nove Muse e Apollo con la cetra; e non per artificio di qualcuno, ma per uno spontaneo fenomeno della natura, le macchie erano disposte in modo tale che a ognuna delle Muse erano assegnati i suoi attributi distintivi*”. [9]

L'**Agata zonata**² è caratterizzata da fasciature rettilinee o curve di colorazione bianca, grigia, bruno-rossastra e giallognola.

L'**Agatonice**, la cui specificità è nell'alternanza di strisce bianche e nere, fu una varietà utilizzata dalla gioielleria ellenistico-romana e imperiale per la facilità di importazione dalla penisola arabica, India ed Egitto. Quando il contrasto cromatico si realizza nella formazione su fondo nero di una lunula (forma di luna) bianca alla base, si è di fronte all'onichis descritta da Plinio e somigliante a un'unghia umana, dalla quale prende il nome.

È impropriamente chiamata onice in molte catalogazioni.

Agata niccolo è una varietà zonata con lo strato superficiale molto sottile che lascia intravedere in semitrasparenza lo strato nero sottostante dando alla pietra un aspetto di colore azzurrognolo.

A differenza di quanto è avvenuto per altre pietre non è possibile definire le zone di provenienza dell'agata niccolo; si può supporre che sia estratta nelle Indie o in Asia. L'ipotesi si basa sul confronto con altro materiale archeo-gemmologico di provenienza certa. Si è analizzata la reazione delle bande azzurrognole con fluorescenza verdastra fosforosa ai raggi UV [10].

2. In mineralogia si definisce zonato un cristallo o aggregato cristallino costituito da strati (zone) di diversa composizione chimica e mineralogica e, eventualmente, anche di diverso colore.

Utilizzato prevalentemente per gli intagli eseguiti sullo strato azzurro con solchi che giungessero fino allo strato nero; tagliato in forma ovale leggermente convessa. La pietra a fine lavoro presentava nella parte centrale un nucleo nero cui faceva da cornice l'azzurro, spesso al fine di dare al lavoro finito la valenza di "occhio magico", ovvero di amuleto (dal gr. *apotrópaios*, der. da *apotrépō* = *allontano*), secondo un uso già vivo in Egitto, Asia centrale e nel Vicino Oriente dal III millennio a.C..

La varietà caratterizzata da strati neri e grigio-azzurri alternati è segnalata anche col nome di *Aegyptilla*, nome che si applicava anche al calcedonio onice e sardonica [11].

Tuttavia, se si accetta la testimonianza pliniana, si potrebbe collocare l'origine di tale pietra in Egitto, paese dal quale deriverebbe il suo generico nome latino: "*Aegyptilla*". In questa varietà rientrava nell'antichità anche il calcedonio-sardonice. **Plinio il vecchio** nella *Naturalis Historia*, XXXVII, 54 così scriveva: "*Aegyptillam Iacchus intellegit per album sardae nigraque venis transeuntibus, vulgus autem nigra radice, caerulea facie. Nomen a loco*".

Esistono diverse varietà di Agata con differenti colorazioni. Gli unici giacimenti si trovano a Botswana, regione africana. Questa specie rara di Agata è altamente protettiva e stimola la curiosità della persona nei confronti del regno spirituale.



a) Agt Botswana



b) Agata Blue Lace



c) Agata Dendritica

a) si presenta con striature di colori particolarmente belle con calde tonalità terra e intensi toni arancio.

b) presenta sulla parte esteriore del geode striature con differenti tonalità del blu.

c) è un Calcedonio bianco traslucido o trasparente con Dendrite



Agata Botswana detta Occhio di tigre

Proprietà magiche [12]

Molte culture antiche pensavano che l'agata fosse una manifestazione del soprannaturale e la consideravano una pietra sacra, in grado di infondere forza e coraggio. Plinio sosteneva che rendesse invincibili gli atleti e Alberto Magno attribuiva alla gemma il potere di evitare i pericoli e vincere le contrarietà. Nel poema "Lithica" attribuito ad Orfeo, si legge che l'uomo innamorato, per conquistare il cuore della donna desiderata, deve indossare un'agata che lo renderebbe avrebbe amabile e simpatico. Secondo la tradizione la pietra indossata ha il potere di "vedere" ogni incantesimo evitando che si subiscano malefici negativi dovuti alle erbe (Lapidario estense). Le agate con tinte marroni o nere, al cui centro si trova un cerchio bianco è utilizzata come amuleto contro il malocchio: il cerchio bianco è considerato infatti simile all'occhio vigile di uno sguardo protettore. Sono soprattutto le cosiddette fette che provengono dai geodi (formazioni sferiche) e che vengono usate legate a fili in numero considerevole nei così detti "caccia spiriti" da porre alle finestre e sulle porte d'ingresso, ad aver subito tale processo di colorazione.

Nel caso di specifici problemi fisici sarà opportuno ricorrere ad un'agata la cui forma richiami quella dell'organo da curare. La pietra dovrà quindi essere tenuta a diretto contatto con la pelle sulla zona interessata. Se si vuole influenzare il livello psicologico-mentale, sarà sufficiente mantenere l'Agata all'interno del proprio campo visivo.

Proprietà terapeutiche

Previene l'aborto, facilita la formazione delle cellule, stimolare la crescita dell'embrione, favorisce la formazione del latte, stimola l'ottimismo, è indicata per i disturbi polmonari, disturbi alla prostata, dolori allo stomaco, calma il gonfiore e il prurito causato dalle punture di insetti.

Promuove il bisogno di introspezione, determina una pacata visione del mondo ed aiuta a trovare dentro di sé la risposte alle proprie domande. Essa, inoltre, facilita l'analisi critica delle proprie esperienze, promuovendo la crescita spirituale, oltre che la stabilità ed il realismo.

Gli esemplari caratterizzati da strisce uguali e concentriche sono adatti a proteggere e rendere meno tesi rendendo più sopportabili le influenze esterne.

Bibliografia

[1] Pasquale Fetto. (2015) Le dodici pietre: il Sardonio o Cornalina. *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXVII (4), pp. 63–82

[2] Pasquale Fetto. (2017) La famiglia del calcedonio. Le quattro sorelle del pettorale di Aronne. *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXIX (1), pp. 63–70

- [3] C. Conci, V. De Michele. *Pietre preziose e pietre dure*. (1974) Giunti – Editore. Firenze.
- [4] <http://www.etymonline.com/index.php?term=agate>
- [5] E. Iurato, C. Oliveri. *Acate e il suo territorio dalle origini all'abolizione della feudalità*. (1983) Cooperative Ed. "Mondo Giovane"
- [6] Plinio Nat. XXXVII, 54, 139: Achates in magna fuit auctoritate, nunc in nulla est, reperta primum in Sicilia iuxta flumen eiusdem nominis, postea plurimis in terris.
- [7] Aldini 1785, p. 51.
- [8] Devoto. Molayem 1990, p. 42
- [9] D. Giacinto Gimma. Della Storia Naturale delle gemme, delle pietre e di tutti i minerali, ovvero della Fisica Sotterranea. Tomo I, p.260, Napoli MDCCXXX.
https://books.google.it/books?id=8KVAAAAAcAAJ&pg=PA260&lpg=PA260&dq=agate+di+piro&source=bl&ots=vb_x8ZJyOh&sig=ACfU3U363MtqDGMJ4dAU
- [10] *Ibid* p. 43.
- [11] R. Alberti. (2011-2012). *"Dei, eroi, uomini e animali nelle gemme romane del Museo Correr di Venezia"* Tesi di Laurea, Corso di Laurea magistrale (ordinamento ex D.M. 270/2004) in Scienze dell'Antichità, Università Ca' Foscari Venezia. p. 23-24
<http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/2702/826300-1148536.pdf?sequence=2>
- [12] <http://www.alchimiadellepietre.it/cristalloterapia-agata/>

Notizie



9th ESHS Conference **Visual, Material and Sensory Cultures of Science**

The **9th International Conference of the European Society for the History of Science (ESHS)**, hosted by the Centre for the History of Universities and Science at the University of Bologna (CIS) and by the Italian Society for the History of Science (SISS), **will take place in Bologna, from the 31st of August to the 3rd of September 2020.**

Bologna is one of the major centers for the study of the history of science in Italy, and this distinguished tradition goes back a long time. Since the later Middle Ages Bologna has been at the core of significant developments in European medicine, natural philosophy, mathematics, astronomy and a wide spectrum of other emerging scientific disciplines. Over the centuries, the city and its university have collected and preserved a vast amount of documentation that traces the practice and evolution of these disciplines within a variety of institutional and civic contexts. As a result, Bologna can praise itself for hosting some of the richest archives for the history of science and medicine in Europe. The anatomical teaching of Mondino de' Liuzzi in the 14th century, the birth of one of the first proper scientific museums through the legacy of Ulisse Aldrovandi, and the development of mechanical philosophy around Marcello Malpighi are only three of the many scientific achievements associated with the city and its university that have attracted international scholars. By the late 19th century, Bologna hosted the first chairs in the history of medicine and mathematics, and immediately after the process of Italian unification it became one of the leading universities where different traditions in the historiography of science first developed in Italy. These traditions, now open to global influences, have continued to flourish to this day.

Per informazioni consultare il sito:
<https://sites.google.com/view/eshsbologna2020/home>

ISTRUZIONI PER GLI AUTORI

Informazioni generali

La rivista CnS – La Chimica nella Scuola si propone anzitutto di costituire un ausilio di ordine scientifico, professionale e tecnico per i docenti delle scuole di ogni ordine e grado e dell'Università; si offre però anche come luogo di confronto delle idee e delle esperienze didattiche.

Sono pertanto ben accetti quei contributi che:

- trattino e/o rivisitino temi scientifici importanti alla luce dei progressi sperimentali e teorici recenti;
- trattino con intento divulgativo argomenti relativi alla didattica generale ed alla didattica disciplinare;
- affrontino problemi relativi alla storia ed alla epistemologia della Chimica.
- illustrino varie esperienze didattiche e di lavoro, anche con il contributo attivo dei discenti;
- presentino proposte corrette ed efficaci su argomenti di difficile trattamento didattico;
- trattino innovazioni metodologiche, con attenzione particolare sia alle attività sperimentali, sia ai problemi di verifica e valutazione;
- che illustrino esperienze di attività scolastiche finalizzate all'insegnamento delle scienze, in particolare della chimica;
- che discutano collaborazioni ed interazioni fra università e scuola secondaria ai fini dell'insegnamento della chimica.

Sono anche benvenute comunicazioni brevi e lettere alla redazione che possano arricchire il dibattito e la riflessione sui temi proposti dalla rivista.

Invio dei materiali per la pubblicazione

I testi devono essere inviati come attachment di e-mail al direttore della rivista **(1)** e al redattore **(2)**. Devono essere indicati con chiarezza gli indirizzi (e-mail e *postale*) dell'autore al quale inviare la corrispondenza. Il testo deve essere **completo e nella forma definitiva**; si raccomanda la massima cura nell'evitare errori di battitura. La redazione darà conferma dell'avvenuto ricevimento.

Dettagli tecnici – Importante!

a) Testo in generale: formato Word, carattere Times New Roman, corpo 12. ***La precisazione riguardo al carattere si rende necessaria in quanto l'eventuale modifica generalizzata produce automaticamente la scomparsa di tutti i caratteri particolari***

b) Riassunto. Gli articoli dovrebbero essere preceduti da un riassunto esplicativo del contenuto (max. 600 caratteri), in lingua italiana e in lingua inglese. Chi avesse difficoltà insormontabili per la traduzione in lingua inglese può limitarsi al riassunto in italiano. Non si richiede riassunto per le lettere alla redazione e per le comunicazioni brevi.

c) Strutturazione. Si suggerisce di strutturare gli articoli relativi a un lavoro di ricerca secondo le consuetudini delle riviste scientifiche: introduzione, corpo dell'articolo (contenente l'eventuale parte sperimentale), esposizione e discussione dei risultati ottenuti, conclusioni.

d) Intestazione. La prima pagina del testo di un articolo deve contenere:

- Titolo, chiaramente esplicativo del contenuto del lavoro (max. 50 battute);
 - Nome (per esteso), cognome e istituzione di appartenenza di ciascun autore;
 - Indirizzo e-mail degli autori o dell'autore referente.
- e) **Bibliografia.** Si consiglia vivamente di riportarla secondo le norme che illustriamo con esempi:
- Lavori pubblicati su riviste: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), rivista (abbreviazioni internazionali in uso), anno, volume (in grassetto), pagina. Es.: W. M. Jones, C. L. Ennis, *J. Am. Chem. Soc.*, 1969, **91**, 6391.
 - *Libri e trattati:* Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), titolo dell'opera con la sola prima iniziale maiuscola, editore, sede principale, anno di pubblicazione. Se si fa riferimento a poche pagine dell'opera, è opportuno indicarle in fondo alla citazione. Es.: A. J. Bard, L. R. Faulkner, *Electrochemical methods*, Wiley, New York 1980.
 - Comunicazioni a congressi: Autori (preceduti dalle iniziali dei nomi), indicazione del congresso nella lingua originale, luogo e data, pagina iniziale se pubblicata in atti. Es.: M. Arai, K. Tomooka, 49th National Meeting of Chemical Society of Japan, Tokio, Apr. 1984, p.351.
- f) *Unità di misura, simboli, abbreviazioni.* Le unità di misura devono di norma essere quelle del S.I., o ad esse correlate. I simboli devono essere quelli della IUPAC. E' ammesso il ricorso a abbreviazioni note (IR, UV, GC, NMR ecc.). Se l'abbreviazione non è consueta, deve essere esplicitata alla prima citazione. La nomenclatura deve essere quella della IUPAC, nella sequenza latina (es. carbonato di bario e non bario carbonato). Può essere usato il nome tradizionale per i composti più comuni: acido acetico, etilene, anidride solforosa ecc.
- g) Formule chimiche e formule matematiche. Devono essere fornite in forma informatica.
- h) **Figure.** Devono essere fornite in forma informatica avendo presente che la massima dimensione della base (in stampa) è pari a 12 cm. Deve essere assicurata la leggibilità delle scritte, anche dopo l'eventuale riduzione. Il formato (WORD, TIFF, JPEG o altro). Devono essere numerate e munite di eventuale didascalia. Indicare le posizioni approssimative delle figure.
- i) Grafici e tabelle. Come per le figure.
- 1) luigi.campanella@uniroma1.it - Indirizzo postale: Luigi Campanella - Dipartimento di Chimica - Piazzale Aldo Moro, 5 - 00185 ROMA
- 2) pasquale.fetto@didichim.org - Indirizzo postale: Pasquale Fetto - Via Carlo Jussi, 9 - 40068 SAN LAZZARO DI SAVENA(BO).

Correzione delle bozze

In caso di accettazione per la pubblicazione, il testo viene inviato all'autore di riferimento in formato Pdf. Le correzioni devono essere segnalate entro brevissimo tempo; se sono in numero limitato, può bastare l'indicazione via e-mail; altrimenti deve essere inviata copia cartacea con l'indicazione chiara delle correzioni da apportare. Non sono ammesse variazioni importanti rispetto al testo originale.

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

Finito di stampare nel mese di maggio del 2020
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»
00134 Roma – via di Torre Sant'Anastasia, 61
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)