

•Mauro Berretti •MICHELE DEBEGNAC



#### Laboratorio Permanente di Didattica della Chimica Spettacolare Michele Debegnach e Mauro Berretti

## CHIMICA SPETTACOLARE

Una guida per il visitatore

a cura di Michele Debegnach e Mauro Berretti

Doris Kolbe è un'insegnante che negli Stati Uniti coltiva l'arte di insegnare la Chimica.

Sembrerà ai più assai azzardato l'avvicinamento dell'arte alla Chimica: eppure questa disciplina ha colori, luci, fiamme, immagini affascinanti.

Purtroppo molto di questi contenuti spettacolari si perde nel trasferimento didattico così vanificando opportunità assai favorevoli per far conoscere una scienza così vicina alla vita di tutti i giorni (alimenti, ambiente, salute) da meritare non soltanto di essere studiata ma anche "vista".

Purtroppo per molti anni le esperienze e le dimostrazioni pratiche in chimica sono state trascurate dalla scuola.

Oggi finalmente registriamo un'inversione di tendenza agevolata dalla disponibilità di più ampi spazi e di più favorevoli rapporti docenti/studenti.

MUSIS intende contribuire a questo processo valorizzando gli aspetti dimostrativi e spettacolari della chimica.

Vorrei legare questo progetto all'altro progetto realizzato in passato su "La Chimica in un acquario". Entrambi rappresentano esempi concreti di quello che vorrei definire la "didattica in vivo".

Prof. Luigi Campanella

#### CHE COS'È LA CHIMICA SPETTACOLARE

L'insegnamento e l'apprendimento della Chimica e di altre discipline scientifiche sperimentali pongono una serie di problemi di non facile soluzione in quanto presuppongono negli allievi padronanza di conoscenze di matematica e fisica, capacità logiche e di sintesi ed una certa abilità nel risolvere problemi. Queste abilità e conoscenze sono purtroppo di norma pressocché assenti e ciò suscita negli studenti difficoltà di comprensione e d'interesse a cui fa seguito un atteggiamento di rifiuto che finisce col generare negli insegnanti un senso di frustrazione e d'impotenza. L'uso sistematico del laboratorio fornisce insostituibili esperienze di comportamenti reali sui quali esercitare le capacità logiche degli studenti a partire dalla manualità e dal contatto personale e diretto con i fenomeni materiali.

Ci è sembrato utile a questo proposito fornire alcuni spunti di riflessione mettendo a fuoco un aspetto molto particolare dell'attività di laboratorio, quello della spettacolarità. Intendiamo parlare di quel momento in cui, durante le trasformazioni della materia, si manifestano proprietà chimiche o fisiche che colpiscono per il loro fascino. Un fascino, dovuto alla loro bellezza o alla loro insolita tipicità, che accomuna nella stessa curiosità ed eccitazione estetica lo scienziato e l'artista, lo studente e lo spettatore. Abbiamo voluto dedicare la nostra attenzione proprio a questo momento comune iniziale verificandone la valenza "spettacolare" sia dal punto di vista estetico che didattico. È stato peraltro necessario anche un esame delle tecniche di comunicazione, verbali e gestuali, indispensabili per realizzare le condizioni adatte alla illustrazione ed alla riproduzione di fenomeni "affascinanti".

È nostra intenzione avviare uno studio e una verifica delle potenzialità nella didattica di questo tipo di approccio nell'ottica di un recupero e di una valorizzazione di parte del patrimonio didattico di esperimenti e proposte elaborate dagli insegnanti di chimica.

Il Progetto Didattico è stato articolato in 5 livelli gerarchici:

primo livello - Osservazione del fenomeno

Si impara ad osservare, prendere nota e ripetere l'esperimento eseguito in laboratorio dall'insegnante.

secondo livello- Rielaborazione personalizzata

Si evidenziano i momenti più spettacolari dell'esperimento. Si imposta l'esperimento secondo percorsi diversi e si impara a scegliere tra diverse tecniche operative quella più adatta.

Si scelgono i modi comunicativi in ordine allo spettacolo.

terzo livello - Correlazione tra i dati sperimentali, i modelli e le teorie

Si acquisisce l'abilità di collegare osservazioni e fenomeni ai modelli e alle teorie della Chimica, facendo ricorso a strumenti matematici e logici.

quarto livello - Sviluppo delle abilità cognitive

Si imparano a risolvere problemi di tipo chimico utilizzando le conoscenze acquisite per controllare e modificare le esperienze studiate in ordine alle esigenze dello spettacolo e ai vincoli reali (disponibilità dei materiali, costi, problemi di sicurezza, nocività).

quinto livello - Avvio ai percorsi razionali tipici della chimica

Si correlano i fenomeni in oggetto con le problematiche e gli aspetti culturali delle indagini e applicazioni della Chimica nella ricerca e nelle sue applicazioni industriali.

#### Istruzioni per l'uso

Per facilitare la visita alla Mostra di Chimica Spettacolare abbiamo preparato una breve **Guida** in cui sono illustrati in sequenza **tutti i pannelli esposti** e il contenuto di ciascuno.

Si tratta di accenni e le cose "tra le righe" sono molte più di quelle scritte, anche perchè tante questioni sono rimaste per noi aperte e ancora ci ritorniamo sopra.

Spesso il nostro cammino ci ha portato davanti a deviazioni e ramificazioni, in estensione e in profondità, che, insieme agli studenti, abbiamo scelto di non percorrere. Ma lo sguardo anche appena lanciato su questi orizzonti è stato importante perchè ha dato comunque una prima idea del senso della complessità e della vastità della Chimica e ha fatto nascere delle curiosità e delle attese, che sono state il terreno fertile sul quale si è avviato un discorso didattico.

Segue una seconda parte con tutte le **esperienze dello spettacolo di chimica**; descritte, spiegate e arricchite di spunti di riflessione sotto forma di domande (le risposte a pag. 59)

"nulla è così meraviglioso da non poter essere vero" Michael Faraday

## PRIMA PARTE IL CONTENUTO DEI PANNELLI

#### 1 - Benvenuti alla Mostra sulla "Chimica Spettacolare"!

Molti di voi sicuramente sanno che la Chimica è quella scienza che studia la materia e le sue innumerevoli trasformazioni e molti magari hanno anche già maneggiato sostanze pure e provocato "reazioni chimiche".

Nelle esperienze fatte nel laboratorio di chimica ci è capitato spesso di vedere cose interessanti, ma anche affascinanti sia per la loro bellezza, sia per la loro curiosità.

E abbiamo voluto mettere a fuoco questo aspetto di solito un po' trascurato che è la spettacolarità della chimica.

Per questo nello show ci piace richiamare la vostra attenzione sul fascino che esercita una serie di colori che svaniscono uno nell'altro, sulla possibilità di ricrearli a piacimento, di farli comparire dal nulla.

È poi sui gas invisibili e sulle loro straordinarie proprietà, sulla bellezza magica del lampo improvviso di luce celeste che esce dall'unione di due soluzioni e così via.

I pannelli vi spiegheranno un pò meglio cosa vogliamo dire con "Chimica Spettacolare" e vi daranno molte altre idee su cui discutere.

(A proposito non perdetevi le "favole" chimiche, un lavoro molto originale!)

Nel filmato VHS abbiamo voluto giocare intorno ad un argomento molto serio come la depurazione degli scarichi domestici, con il "prof" che sale sul podio a dirigere un'orchestra.

Se poi volete rivedere con calma le esperienze dello show troverete il CD Rom che abbiamo realizzato per consentirvi di navigare tranquillamente fra reazioni chimiche, notizie di teoria e consigli preziosi per ripeterle nel vostro laboratorio di chimica.

#### ATTENZIONE PERÒ!

Le reazioni chimiche alle volte possono fare brutti scherzi: per ripetere le esperienze è assolutamente necessaria la presenza di un insegnante.

#### Un ringraziamento

- · al Presidente MUSIS, prof Luigi Campanella, che ha reso possibile questa iniziativa
- al prof Errico Zeuli, dell'Università La Sapienza, che ci ha seguito con attenzione e competenza
- agli insegnanti dell'I.T.I.S. "Fermi" proff. Ferruccio Perniciano e Serafino Vacca
- al prof. Francesco Galati dell'I.T.I.S. "Pascal"
- agli studenti dell'I.T.I.S. "Fermi" e dell'I.T.I.S. "Pascal" di Roma che hanno partecipato con generosità ed entusiasmo alla realizzazione di questo modo insolito di fare chimica a scuola

A voi tutti grazie di essere intervenuti e buon divertimento!

## CHIMICA Spetacolare

#### 1 - Benvenuti alla Mostra sulla "Chimica Spettacolare"!

Molti di voi sicuramente sanno che la Chimica è quella scienza che studia la materia e le sue innumerevoli trasformazioni e molti magari hanno anche già maneggiato sostanze pure (sconosciute all'uomo della strada) e provocato "reazioni chimiche".

commone".

Nelle esperienze da noi fatte nel laboratorio di chimica ci
è capitato spesso di ve dere cose interessanti, ma anche
affascinanti sia per la loro bellezza , sia per la loro curiosità.
E abbiamo voluto mettere a fuoco questo aspetto di solito un
po'trascurato che è la spettacolarità della chimica.

Per questo nello show ci piace richiamare la vostra attenzione
sul fascino che esercita una serie di colori che svaniscono uno
nell'altro, sulla possibilità di ricrearli a piacimento, di farli
comparire dal nulla.

companire dal nulla.

B poi sui gas invisibili e sulle loro straordinarie proprietà, sulla bellezza magica del lampo improvviso di luce celeste che esce dall'unione di due soluzioni e così via I pannelli vi spiegheranno un pò meglio cosa vogliamo dire con "Chimica Spettacolare" e vi daranno molte altre idee su cui discutere.
(A proposito non perdetevi le "favole" chimiche, un lavoro molto originale!)

moto originale!)

Nel filmato VHS abbiamo voluto giocare intorno ad un argomento molto serio come la depurazione degli scarichi domestici, con il "prof" che sale sul podio a dirigere un'orchestra.

Se poi volete rivedere con calma le esperienze dello show troverete il CD Rom che abbiamo realizzato

Se poi volete rive dere con calma le esperienze dello show troverete il CD Rom che abbiamo realizzato per consentirvi di navigare tranquillamente fra reazioni chimiche, notizie di teoria e consigli preziosi per ripeterle nel vostro laboratorio di chimica.

#### ATTENZIONE PERO'!

Le reazioni chimiche alle volte possono fare brutti scherzi: per ripetere le esperienze è assolutamente necessaria la presenza di un insegnante.





#### 2 - Il fascino della materia

La materia spesso si presenta in forme e modi che colpiscono l'immaginazione e la sensibilità degli uomini per la loro spettacolarità.

Un fulmine, una tempesta, il vento, i colori dei fiori, di un tramonto, un seme che germoglia e che diventa pianta, le trasformazioni che investono le cose che ci circondano hanno una loro maestosità, destano la nostra curiosità, ci spaventano o ci emozionano per la loro bellezza.

Tutti possono restare affascinati dai modi in cui i fenomeni si manifestano, ma c'è poi chi si interroga sulle modalità e costruisce una riflessione di tipo scientifico per "capire" il fenomeno e chi invece coglie piuttosto gli aspetti estetici e li rielabora in maniera artistica.

Si tratta di due diversi tipi di approccio, mai nettamente separati, e lo scienziato può emozionarsi esattamente come l'artista davanti a fenomeni particolarmente attraenti.

Un esempio del primo modo l'abbiamo trovato in un brano, che si riferisce ad Humphry Davy<sup>1</sup>, in cui **lo scienziato** appare sotto un profilo inedito: niente di più lontano dallo stereotipo dello scienziato assorto nei suoi calcoli, distaccato dalla realtà circostante, freddo e meticoloso!

Davy è invece ben sorpreso ed emozionato davanti alla bellezza di alcuni passaggi di un fenomeno chimico che lo stava impegnando e che consisteva nello studiare il modo per estrarre e raccogliere potassio elementare. Alla fine il successo delle sue indagini veniva premiato dalla comparsa del potassio elementare sotto forma di globuli lucenti, la cui purezza contrastava con la rozzezza della crosta da cui emergevano, così fragili da svanire rapidamente con una piccola esplosione, ma che ancora trovavano l'energia di regalare un'ultima fiammata di un colore tenue e delicato che gli ricordava quello della lavanda.

In pratica **Davy** aveva messo un piccolo pezzo di potassa pura (KOH) su un disco di platino, connesso ad una batteria galvanica, e quando finalmente i minuti globuli di potassio comparvero alla superficie della crosta di potassa fusa in cui si stavano formando per elettrolisi prendendo fuoco a contatto con l'atmosfera, fu talmente soggiogato dallo spettacolo che, perdendo ogni ritegno, si mise letteralmente a saltare per la stanza e ci volle del tempo prima che si ricomponesse per poter scrivere sul suo quaderno di laboratorio un enfatico "capital experiment!" e poi:

"the little metallic globules always appeared at the cathode, and these had an astonishing way of bursting into flame when thrown into water. They skimmed about excitedly with a hissing sound and soon burned with a lovely lavender light" 2

Un esempio del secondo tipo di approccio, quello artistico, ce lo fornisce un poeta che vuole fare scienza, ma il suo linguaggio resta di fondo quello di un poeta.

Si tratta di un grande poeta dell'antica Roma, Lucrezio<sup>3</sup>, che, davanti a fenomeni naturali di grande forza emotiva, ne resta soggiogato e, pur essendosi dato l'obiettivo (scientifico) di giustificare la sua convinzione che gli atomi possano esistere anche se non li vediamo (a sostegno della sua tesi porta il fenomeno del vento che è invisibile ma sensibile nelle sue manifestazioni e del profumo che nessuno può vedere ma che si fa sentire all'olfatto), finisce per lasciare quasi tutto lo spazio (poetico) alle sue emozioni estetiche.

I Humphry Davy, chimico inglese (1778 - 1829) fece importanti scoperte di elettrochimica e per primo indicò i modi per estrarre e isolare allo stato puro alcuni metalli. È curioso ricordare che fu proprio Davy a introdurre il primo anestetico, il protossido d'azoto, dopo averne sperimentato su sè stesso le proprietà.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> I piccoli globuli metallici apparivano sempre al catodo e questi avevano uno stupefacente modo di esplodere provocando piccole fiammate quando venivano gettati nell'acqua. Sfrecciavano via in maniera emozionante con un sibilo e poco dopo s'incendiavano dando una graziosa luce color lavanda (da Humphry Davy "On some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the decomposition of the fixed alkalies", Philosophical Transactions of the Royal Society, 1808).

Nunc age, res quoniam docui non posse creari 265 de nilo neque item genitas ad nil revocari, nequa forte tamen coeptes diffidere dictis, quod nequeunt oculis rerum primordia cerni, accipe praeterea quae corpora tute necessest confiteare esse in rebus nec posse videri. 270 principio venti vis verberat incita pontum ingentisque ruit navis et nubila differt, interdum rapido percurrens turbine campos arboribus magnis sternit montisque supremos silvifragis vexat flabris: ita perfurit acri 275 cum fremitu saevitque minaci murmure ventus. sunt igitur venti nimirum corpora caeca quae mare, quae terras, quae denique nubila caeli verrunt ac subito vexantia turbine raptant, nec ratione fluunt alia stragemque propagant 280 et cum mollis aquae fertur natura repente flumine abundanti, quam largis imbribus auget montibus ex altis magnus decursus aquai fragmina coniciens silvarum arbustaque tota, 285 nec validi possunt pontes venientis aquai vim subitam tolerare: ita magno turbidus imbri molibus incurrit validis cum viribus amnis. dat sonitu magno stragem volvitque sub undis grandia saxa ruitque ita quidquid fluctibus obstat. 290 sic igitur debent venti quoque flamina ferri, quae veluti validum cum flumen procubuere quamlibet in partem, trudunt res ante ruuntque impetibus crebris, interdum vertice torto corripiunt rapideque rotanti turbine portant. 295 quare etiam atque etiam sunt venti corpora caeca, quandoquidem factis et moribus aemula magnis amnibus inveniuntur, aperto corpore qui sunt. tum porro varios rerum sentimus odores nec tamen ad naris venientis cernimus umquam, nec calidos aestus tuimur nec frigora quimus 300 usurpare oculis nec voces cernere suemus; quae tamen omnia corporea constare necessest natura, quoniam sensus impellere possunt. tangere enim et tangi, nisi corpus, nulla potest res. denique fluctifrago suspensae in litore vestes 305 uvescunt, eaedem dispansae in sole serescunt. at neque quo pacto persederit umor aquai visumst nec rursum quo pacto fugerit aestu. in parvas igitur partis dispergitur umor 310 quas oculi nulla possunt ratione videre. quin etiam multis solis redeuntibus annis anulus in digito subter tenuatur habendo, stilicidi casus lapidem cavat, uncus aratri ferreus occulte decrescit vomer in arvis, 315 strataque iam vulgi pedibus detrita viarum saxea conspicimus; tum portas propter aena signa manus dextras ostendunt attenuari saepe salutantum tactu praeterque meantum. haec igitur minui, cum sint detrita, videmus. sed quae corpora decedant in tempore quoque, 320 invida praeclusit speciem natura videndi. postremo quaecumque dies naturaque rebus paulatim tribuit, moderatim crescere cogens, nulla potest oculorum acies contenta tueri, nec porro quaecumque aevo macieque senescunt; 325 nec, mare quae impendent, vesco sale saxa peresa quid quoque amittant in tempore cernere possis. corporibus caecis igitur natura gerit res.

Ti ho dimostrato che le cose non possono essere create dal nulla, né, una volta nate, ritornare al nulla. Non vorrei che tu mi rifiutassi fede perché gli elementi dei corpi non possono essere percepiti dai nostri occhi: ascolta alcuni esempi sulla natura di corpi di cui tu stesso sarai costretto a confessare sia l'esistenza sia l'invisibilità. In primo luogo, la forza scatenata del vento sferza l'oceano, fa naufragare le più grosse navi, squarcia e trascina con sé le nubi; altre volte, percorrendo le pianure in turbini devastatori, le cosparge di grandi alberi, o si scaglia contro le cime delle montagne che spazza coi suoi soffi, flagello delle foreste: tanto temibile è il suo furore quando si accompagna a sibili acuti e a boati gravidi di minacce. I venti, dunque, sono corpi invisibili che spazzano il mare e le terre e mettono in fuga le nubi e le portano via con sé: le correnti si espandono seminando rovina come un fiume dalle molli onde che d'un tratto s'adira uscendo dal suo letto, ingrossato dai ricchi torrenti che dall'alto dei monti le piogge abbondanti versano a precipizio e trascinano con sé detriti di foreste e alberi interi: i più solidi ponti non possono sostenere l'urto repentino dell'acqua che avanza, tanto la corrente, turbata dalle grandi piogge, si avventa con violenza contro le basi di pietra, le fa crollare con fragore, rotola nelle sue onde blocchi enormi e rovescia tutto ciò che ostacola i suoi flutti. Allo stesso modo si muovono i soffi del vento. Quando, come un fiume possente, si abbattono su qualche luogo, mettono a soqquadro e con ripetuti assalti rovesciano ogni cosa davanti a sé risucchiandosela nei turbini e portandosela via d'un tratto in una tromba d'aria. Lo ripeto ancora: i venti sono corpi invisibili, ma si manifestano, sia nelle azioni sia nelle caratteristiche, come i rivali dei grandi fiumi, formati invece da una sostanza visibile. Così, sentiamo i diversi odori che spandono i corpi, e non li vediamo mai venire verso le nostre narici; e non possiamo né scorgere le emanazioni di calore né cogliere con lo sguardo il freddo né vedere il suono, e tuttavia sono di natura materiale, se possono scuotere i nostri sensi: toccare ed essere toccato non lo può che un corpo. Le stoffe, distèse sul lido dove si frangono i flutti, si impregnano di umidità; stese al sole, si seccano. Eppure, come l'acqua si depositi o come sparisca sotto l'effetto del calore, ci resta invisibile: l'acqua si divide in particelle che gli occhi non possono in alcun modo vedere. Via via che si succedono le rivoluzioni del sole, l'anello che si porta al dito si assottiglia; la caduta della goccia d'acqua scava la roccia; anche se di ferro il vomere ricurvo dell'aratro rimpicciolisce in modo invisibile nei solchi; vediamo che sotto i piedi della folla si sono consunte le lastre di pietra nelle strade; alle porte delle città le statue di bronzo mostrano spesso la mano destra consumata dai baci dei passanti che le salutano. Queste cose, dunque, diminuiscono - lo vediamo bene - consunte dallo sfregamento; ma la natura gelosa ci ha sottratto lo spettacolo delle particelle che fuggono via in continuazione. Tutto ciò che i giorni e la natura aggiungono a poco a poco ai corpi per assicurargli una regolare crescita, nessuno sguardo, per quanto acuto, lo saprebbe scorgere, non più che si possa percepire quel che perdono a ogni istante i corpi che l'età dissecca o avvizzisce, o gli scogli immersi nel mare e che il flutto salato corrode. Dunque, per mezzo di corpi invisibili la natura compie la sua opera.

LUCREZIO, DE Rerum Natura

(nel pannello è riportato il testo tratto da Lucrezio, De Rerum Natura: "gli elementi dei corpi possono esistere pur essendo invisibili", versi 265-328).

Abbiamo ancora un artista, questa volta il grande fotografo Jay Maisel, che davanti alla bellezza di un fenomeno scientifico, la cristallizzazione dell'acqua, ci vuole raccontare del suo fascino misterioso attraverso una immagine intensa che è una sua particolarissima foto.

Questa eccezionale immagine dell'acqua, che si è appena trasformata in minutissimi cristallini di ghiaccio, comunica il senso del curioso, dell'inaspettato e della bellezza di questo fenomeno.

Noi in laboratorio ci siamo appassionati alle forme straordinariamente precise e geometriche dei cristalli che abbiamo coltivato, ma poi ci siamo addentrati nelle strade della chimica e abbiamo studiato le attrazioni tra gli ioni, la struttura dei cristalli ai raggi X e la saturazione delle soluzioni.

Abbiamo imparato da cosa dipende la formazione dei cristalli e anche quella dei minutissimi cristallini di ghiaccio, come sia possibile replicarla e controllarla e come se ne possano ricavare utilissime informazioni per applicazioni pratiche. Sinceramente anche questo tipo di percorso ha un suo fascino, diverso dall'emozione estetica, ma altrettanto forte.

#### 3 - Il sogno dell'uomo di controllare la natura

Il sogno dell'uomo di controllare la natura è un sogno (o una necessità?) sempre riemergente davanti ai fenomeni di cui è stato protagonista o spettatore: la vita e la morte, la pioggia e la siccità, il sole e la notte, il fuoco e il ghiaccio, i materiali utili rinchiusi nella Terra, le piante e gli animali per alimentarsi.

Gli antichi maghi, i re-maghi, gli stregoni hanno cercato a modo loro di dominare i fenomeni naturali con riti e cerimonie convinti che tutto dipendesse dalla volontà di divinità da ingraziarsi.

L'antico mito dell'uomo che sfida il dio per carpirne il potere si ritrova nella mitologia greca (l'assalto dei Titani all'Olimpo) e riecheggia, anche se in un contesto ben diverso, nel noto episodio biblico della **torre di Babele**:

"Ma il Signore scese a vedere la città e la torre che i figli degli uomini costruivano e disse: "Ecco essi sono un popolo solo e hanno tutti un medesimo linguaggio: questo è il principio delle loro imprese. Niente ormai li impedirà di condurre a termine tutto quello che verrà loro in mente di fare. Orsù dunque, scendiamo e proprio lì confondiamo il loro linguaggio in modo che non si intendano gli uni con gli altri".

Genesi 11,5-7

Per Faust, nella grande opera di Goethe<sup>4</sup>, è di tale importanza interrogarsi sul significato delle cose che addirittura accetta il patto con il diavolo nella speranza di poter arrivare alla conoscenza scientifica e filosofica della Natura. In questi versi Faust intravede una via che lo possa condurre verso una soddisfazione della sua sete di sapere. (Faust apre il Libro e vi scorge il segno del Macrocosmo, della Natura Naturans<sup>5</sup>)

"A questa vista, o quale dolce ebbrezza per tutti i sensi ad un tratto mi stilla! Sacra delizia, vita e giovinezza per nervi e vene nuova mi sfavilla!

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Lucrezio Caro Tito (99-95 a.C.) scrisse un'opera di poesia e di scienza sulla natura (De Rerum Natura, sulla natura delle cose, opera in sei libri).

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> "Il primo Faust" Della tragedia, Parte prima: la notte, Wolfang Goethe, BUR, 1949

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Natura Naturans è la natura nel momento in cui produce i fenomeni, le cose.

#### Il sarto di Ulm

«Vescovo, so volare», il sarto disse al vescovo. «Guarda cpme si fa!» E salì, con arnesi che parevano ali, sopra, la grande, grande cattedrale. Il vescovo andò innanzi. «Non sono che bugie, non è un uccello, l'uomo: mai l'uomo volerà», disse del sarto il vescovo. «Il sarto è morto», disse al vescovo la gente. «Era proprio pazzia. Le ali si son rotte e lui sta là, schiantato sui duri, duri selci del sagrato». «Che le campane suonino. Eran solo bugie. Non è un uccello, l'uomo:

mai l'uomo volerà»,

BERTOLT BRECHT (1937)

disse alla gente il vescovo.

Fu dunque un dio che scrisse questi segni che l'interno tumulto van placando, che il povero mio cuor van consolando e con impulsi di mistero pregni le forze di Natura intorno a me svelando? Son dunque un dio? Mi si fa tanta luce! Vedo apparire in questa faccia pura dinanzi a me l'operante Natura.

Solo ora intendo ciò che il Saggio dice:
Il mondo degli spirti non è chiuso"

Si volta pagina con "Il sarto di Ulm" di **Bertolt Brecht**<sup>6</sup>, in cui un uomo, un semplice sarto, non interroga più un dio o, come dice Goethe, "il mondo degli spirti", ma decide di cercare dentro di sè la chiave della risposta, sperimentando direttamente, in prima persona e quindi a proprio rischio e pericolo costruisce e verifica la sua "macchina per volare". Il suo fallimento non ha qui il tragico segno della **sconfitta** di Icaro, ma indica l'**incidente** lungo un percorso, sofferto, ma pieno di dignità e condotto nel segno di un riscatto della razionalità dell'uomo che noi sappiamo sarà coronato da straordinario successo.

Con la tavola periodica la Chimica ha dato il suo importante contributo al sogno dell'uomo di controllare la natura costruendo la sua geniale ipotesi che è la costruzione di un modello di un mondo costituito tutto e soltanto di un tessuto di 109 elementi fondamentali che, combinandosi tra di loro secondo rapporti fissi, generano tutte le sostanze esistenti nell'Universo.

La tavola periodica è un potente strumento di conoscenza, uno schema che contiene tutti gli elementi conosciuti, incolonnati in modo da poter prevedere i loro stessi comportamenti chimici generali, distribuiti secondo un numero intero crescente da 1 a 109 sufficiente a individuare e a descrivere fin nella struttura atomica ciascun elemento.

#### 4 - Chimica ieri

La Chimica è stata, dalla comparsa dell'Uomo sulla Terra, la scienza di separare, studiare e utilizzare i prodotti presenti nell'ambiente circostante.

Così i primi "chimici" della preistoria hanno studiato le proprietà

- dei combustibili per imparare a produrre e conservare il fuoco
- **delle fermentazioni** per ottenere bevande alcoliche come la birra o per mettere a punto tecniche di conservazione come la salatura e l'affumicamento
- delle piante e dei loro estratti a fini alimentari e curativi.

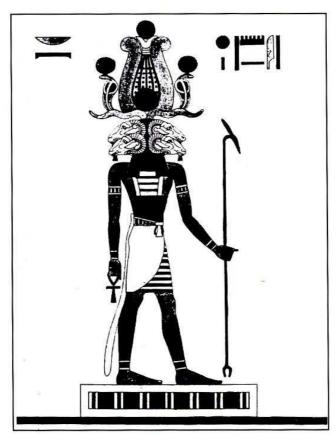
Hanno estratto coloranti impiegati per la cura della persona, per la pittura, per gli usi rituali.

Hanno estratto veleni e narcotici per la caccia e per la difesa contro gli animali predatori.

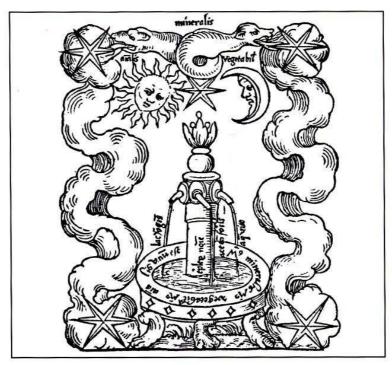
Ma, come mostrano i disegni qui riportati, gli antichi trattati di "chimica" avevano un modo molto diverso dal nostro di rappresentare i fenomeni, ancora denso di riferimenti al soprannaturale e al magico.

Amon Ra (Champollion, Panthéon égyptien) è un simbolo che fa riferimento a concetti di chimica, ma è anche e innan-

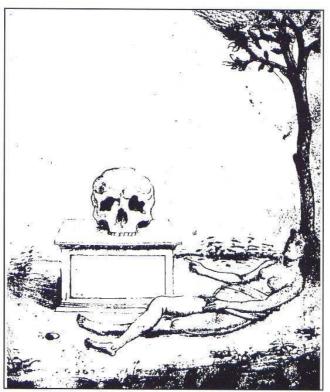
<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Bertolt Brecht (1898-1956) poeta tedesco. Da "Poesie e canzoni", Einaudi 1961



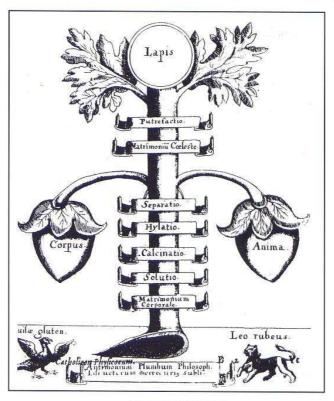
"Amon ra, il dio egizio dei quattro elementi"



"La fontana di vita"



"La morte (il teschio) generatrice di vita (l'albero)"



"Arbor Philosophica"

#### Chimica spettacolare

zitutto una divinità e rappresenta qui lo Spirito egiziano dei 4 elementi, secondo l'idea che la materia fosse costituita di quattro (anzichè i nostri attuali 109) elementi (ha quattro facce).

L'aspetto divino (o superstizioso) era ancora ben presente nella "chimica" medievale<sup>7</sup> come si vede nelle altre immagini che abbiamo riportato in questo quarto pannello:

- La fontana di vita o "fons mercurialis" (Rosarium philosophorum ,1550) è il "laboratorio" in cui le sostanze chimiche di proprietà antagoniste (sole e luna) reagiscono (le 4 stelle ricordano che la materia sarebbe costituita di quattro elementi).
- Il teschio è simbolo della trasformazione "chimica" (la materia dei reagenti viene "distrutta" e "muore") che produce frutto (emerge un genitale, simbolo della fertilità che porterà alla "generazione" dei prodotti della trasformazione chimica) dalla testa di Eva (Eva rappresenta la prima donna e qui la materia primitiva fecondabile, prima della trasformazione cioè quelli che noi chiamiamo "i reagenti")

(Miscellanea di alchimia, XV sec)

- Un albero che si nutre dalla terra (la materia dei reagenti) indica, con i suoi sette rami (il sette era un numero molto importante nell'antichità, contenente il tre della trinità ed il quattro della pienezza), i sette stadi (le sette operazioni sperimentali) attraverso i quali raggiungere un prodotto, in questo caso veramente eccezionale, la pietra filosofale (Norton, Catholicon physicorum, 1630).

#### 5 - Apparecchi di laboratorio

Questi antichi apparecchi sono i primi costruiti all'interno del nuovo, grande progetto di verificare i concetti della chimica attraverso il vaglio di misure strumentali rigorose.

Si tratta di apparecchi di laboratorio fatti costruire di solito espressamente su disegno esclusivo da artigiani specializzati. Riportiamo qui l'immagine di un apparecchio per **determinare il peso molecolare** delle sostanze pure, dotato di una batteria di bruciatori o cannelli Bunsen, che è rimasto in uso, con poche modifiche, nei laboratori chimici praticamente a tutt'oggi.

Ci permette, con una serie di ragionamenti e di misure accurate, di stabilire **quanto pesi una singola molecola** di una sostanza incognita.

In questo apparecchio la sostanza viene decomposta dal calore ed i gas così prodotti sono assorbiti da reattivi posti in opportune fiale.

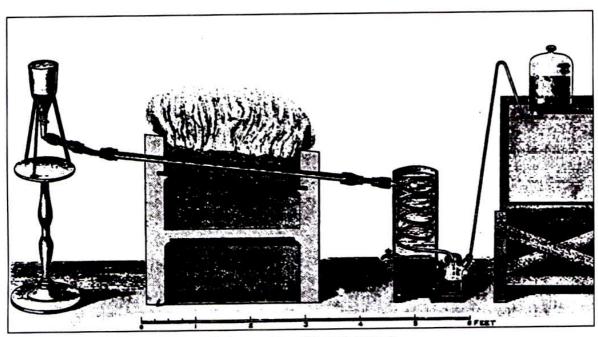
Pesando le loro masse prima e dopo il trattamento del campione è possibile calcolare l'esatta composizione percentuale della sostanza di partenza e quindi assegnare la formula chimica "minima" al campione. Altre misure ed apparecchiature forniscono la strada per determinare la formula molecolare definitiva della sostanza in esame.

Per questo in Chimica ci teniamo tanto alle formule e a scrivere, per esempio, H<sub>2</sub>O e non H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> ne' H<sub>9</sub>O<sub>18</sub>!

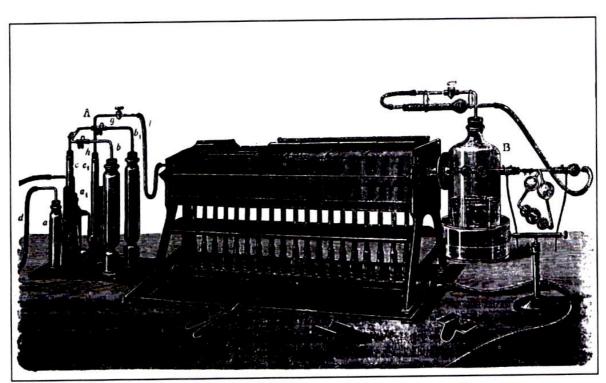
#### 6 - La nascita della chimica moderna

Si considera di solito come data di inizio della Chimica moderna la pubblicazione del **Traitè di Lavoisier** del quale mostriamo il frontespizio datato 1789.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Si usa solitamente il termine "chimica" in riferimento ai modi e alle strutture acquisite da questa scienza dopo l'opera di sistemazione compiuta da Lavoisier che ha legato la chimica allo strumento matematico e alla pratica rigorosa della sperimentazione. Noi preferiamo estendere l'uso di questo termine fino ai primordi, intendendo con "chimica" lo studio delle sostanze e delle loro proprietà e trasformazioni anche prima di Lavoisier, fino ai primordiali interventi dell'uomo sulla materia e sui suoi fenomeni.



"La decomposizione dell'acqua (Lavoisier)"



"Apparecchio per la determinazione del peso molecolare"

# TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE,

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU

ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

#### Avec Figures:

Par M. LAFOISIER, de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Medecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basse, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchesser, Padoue, &c.

#### TOME PREMIER.



#### A PARIS.

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

#### M. DCC. LXXXIX.

Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.

"Il frontespizio del primo libro di chimica moderna"

In questo testo la chimica viene davvero "presénté dans un ordre nouveau" e organizzata con criteri profondamente nuovi e cioè secondo il metodo della misurazione quantitativa rigorosa, della riproducibilità degli esperimenti e del trattamento matematico dei dati.

Su queste basi la chimica conobbe uno sviluppo impetuoso e, dalle poche centinaia di elementi e composti noti all'epoca, siamo già arrivati, in appena due secoli, a più di sei milioni di sostanze pure note.

I documenti qui riprodotti<sup>9</sup> sono contemporanei di Lavoisier e contengono affermazioni già spazzate via in modo incontrovertibile dalla Chimica del nuovo corso appena nata.

Si parla per esempio della **divisibilità della materia** e se dunque possano esistere delle molecole o atomi, cioè delle particelle minime indivisibili.

Il modo di affrontare la discussione ci è oggi piuttosto estraneo dal momento che non si entra nel merito dal punto di vista sperimentale, ma ci si domanda innanzitutto se il tipo di problema sollevato non costituisca una forma di irreverenza o di "temerarietà" nei confronti di Dio che, se ha strutturato il mondo in un certo modo, non si vede perchè mettere in discussione i suoi intenti.

Si ribadisce comunque che la materia è fatta di particelle sempre più piccole e divisibili "quanto basta" e "quanto è necessario alla conservazione dell'Universo" secondo un criterio stabilito da Dio.

Si portano comunque delle prove e si rammenta che infatti "i tiratori d'oro" di Lione sono capaci di laminare fogli d'oro incredibilmente sottili. Si fa notare che una minima quantità di profumo di fiori d'arancio o di lavanda si espande per tutta una stanza, che un solo granello di polvere di carminio colora in rosso "10 pinte di Parigi" di acqua, che il "latte" del merluzzo contiene un numero enorme di minutissimi esseri viventi.

Da questo se ne concluderebbe che non possono esistere particelle elementari perchè dovrebbero essere troppo piccole. Inoltre il solo parlare della possibile esistenza di atomi sarebbe una enorme sciocchezza e un "sistema assai più acconcio a muoverci al riso": noi, con le conoscenze attuali, ammettiamo invece che esistano e ne misuriamo massa, dimensioni (dell'ordine dei cento-milionesimi di centimetro), proprietà fisiche e chimiche, sappiamo modificarli e usarli a nostro piacimento. Con gli atomi sappiamo comporre molecole delle quali sappiamo il tipo e numero di particelle costituenti, come queste siano esattamente disposte nello spazio e con quale energia siano legate tra di loro.

Possiamo affermare poi con certezza che il **ferro** non è affatto un "composto di vetriolo, di zolfo e di terra", ma uno degli elementi della tavola periodica, quindi fatto di soli atomi e tutti uguali tra di loro.

Che occupa il 26° posto in questa tavola, dunque che contiene 26 protoni positivi nel suo nucleo e che è contornato da 26 elettroni orbitanti dei quali 6 su di un orbitale di tipo "d" e 2 su uno di tipo "s".

Sappiamo inoltre quanto pesa un singolo atomo di ferro: ha una massa di 55,847 unità di massa atomica ovvero 9,272.10<sup>-23</sup> grammi.

#### 7 - Chimica oggi

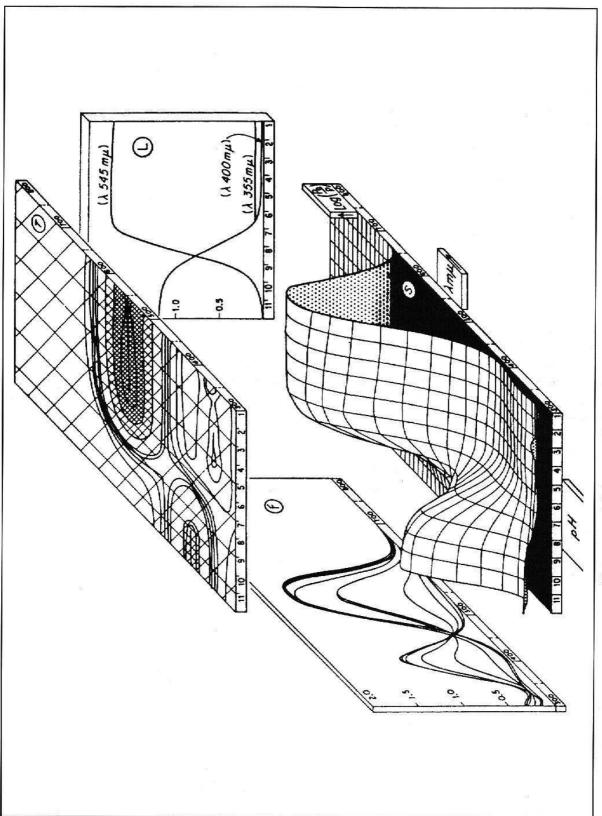
Oggi la Chimica studia tutti i materiali (atomi, molecole, miscele) presenti sulla Terra, nel sistema solare e nell'intero universo.

Mette a punto i modi per estrarli e per purificarli.

Studia le loro caratteristiche e tutte le loro possibili interazioni (le reazioni chimiche) imparando a controllare i processi naturali e artificiali.

<sup>8 &</sup>quot;presentata in un ordine nuovo"

<sup>9 &</sup>quot;Dizionario portatile di fisica, che contiene le scoperte più interessanti di Cartesio e di Newton", P. Paulian - Venezia 1790



"Spettogramma della benzenazodifenilammina, da un lavoro del Dr. II. Jaffe"

La profondità e la complessità nelle conoscenze dei meccanismi delle trasformazioni della materia è giunta a tali livelli di sofisticazione che diventa sempre più frequente che al Chimico sia commissionata la messa a punto di materiali che non esistono in natura, con caratteristiche predeterminate dal committente.

Nei laboratori chimici, accanto alle tecniche tradizionali, si affermano metodiche sempre più basate sull'impiego dei vari tipi di radiazioni elettromagnetiche, dell'elettronica e dell'informatica.

L'ampiezza di conoscenze ha sviluppato ramificazioni importanti e specializzazioni che vanno dalla Chimica Inorganica a quella Organica, dalla Biorganica alla Chimica Ambientale, alla Chimica Industriale, Farmaceutica etc.

I grafici che presentiamo in questo pannello sono diagrammi di lavoro ottenuti tramite radiazione infrarossa, raggi X e permettono l'analisi e il riconoscimento qualitativo e quantitativo di un certo numero di sostanze pure che si trovano nella miscela in esame.

In questi grafici la posizione dei picchi (verso l'alto come verso il basso) indica il tipo di sostanza presente in un certo campione (sabbia, petrolio etc) o addirittura il singolo raggruppamento di atomi dentro una determinata molecola e, a volte, addirittura anche il suo specifico movimento (di vibrazione, di rotazione etc).

La quota di livello del picco è invece una misura della quantità di sostanza presente.

#### 8 - Il modo di ragionare dei chimici

#### DI COSA È FATTA UNA SOSTANZA?

I chimici hanno preparato o estratto da tutto ciò che esiste nella Terra e nell'Universo una enorme quantità di sostanze pure costituendo un "archivio" di sostanze pure semplici (109 elementi, atomi) e di più di sei milioni di sostanze pure composte (molecole).

Per sapere che cosa sia presente in un determinato campione si compie una serie di operazioni per confrontare tutti i comportamenti fisici e chimici del campione stesso con quelli delle sostanze pure "archiviate".

Ma di quale utilità può essere sapere di cosa sono fatte le sostanze ?

#### Un esempio Il problema della pietra da calce

La **pietra da calce** è nota dall'antichità: una pietra che dopo cottura diventa caustica e capace di legare i mattoni. Estratta da cave viene arrostita in forni per alcune ore e produce un solido bianco, la calce viva, che, impastata con acqua e sabbia, costituisce la malta dei muratori.

Questa, col tempo, lega i mattoni indurendosi.

Il problema che vogliamo discutere è come mai da  $1.000~{
m Kg}$  di pietra da calce non si riesce ad ottenere che circa la metà di calce viva.

In altre parole:

È possibile con qualche nuovo accorgimento ottenerne di più?

#### LA RISPOSTA DELLA CHIMICA

Per sapere dal punto di vista chimico cosa succede durante questo processo dobbiamo innanzitutto isolare dalla pietra da calce il componente utile. È registrare ad ogni passo con estrema attenzione i fenomeni studiati, continuamente purificando le sostanze incontrate per essere sicuri che i comportamenti osservati dipendono dalla sostanza considerata e non

#### Chimica spettacolare

da qualche casuale impurezza presente.

Per esemplificare, in modo molto sommario, un possibile percorso chimico abbiamo costruito un grande diagramma a blocchi (segui tutto nel grande schema a blocchi) che cerca di inquadrare sinteticamente la questione e dà una risposta alla domanda posta.

Se vi incamminate con pazienza lungo questo (apparente) labirinto vi accorgerete sicuramente che il cammino non è poi così difficile come sembra e che contiene anzi una serie di spunti veramente interessanti e stimolanti.

(ATTENZIONE! ogni numero a inizio paragrafo corrisponde ad un riquadro sul pannello!).

Allora, si può cominciare con il notare che la pietra da calce (spesso giallastra) è sempre impura. Per studiarla chimicamente dobbiamo dunque isolare la porzione (pura) capace di subire il cambiamento a calce viva e scartare tutte le altre sostanze eventualmente presenti.

Pesiamo un campione di pietra da calce.

Dal momento che siamo in un laboratorio, non ha proprio senso lavorare su tonnellate di materiale.

Useremo piccole quantità e in un secondo tempo rapporteremo i nostri risultati ai grandi numeri che ci hanno chiesto. Supponiamo dunque che la massa del campione di pietra da calce che abbiamo prelevato nella cava e su cui lavoreremo risulti di 118g.

1) Dopo averlo ridotto in polvere lo trattiamo con le varie tecniche di separazione e purificazione fino ad ottenere un solido bianco puro (massa 100g), esente da qualsiasi impurezza.

Si ricostruisce tutto il processo in scala minore, ideando apparecchiature che permettano di raccogliere e misurare con cura tutte le sostanze ed i parametri relativi.

Così si misura che la temperatura a cui questo solido bianco viene trasformato nella nuova sostanza caustica è di 800°C.

- 2) La nuova sostanza (56g di calce viva) ottenuta dopo riscaldamento è un solido bianco puro che ha acquistato la proprietà di provocare ustioni gravi della cute.
- Se questa viene messa in acqua sviluppa bruscamente grande quantità di calore e dopo aver allontanato l'acqua per evaporazione...
  - 3) ...rimane un solido bianco, meno caustico della calce viva, la calce spenta o idrata (74g).
- 4) Durante il riscaldamento la pietra da calce purificata ha emesso un volume di gas (22,4 litri pari ad una massa di 44g).
- Con particolari accorgimenti esponiamo 74g di calce spenta a 44g di questo gas, evaporiamo tutta l'acqua presente e...
  - 5) ...si ottiene alla fine una massa di 100g di un solido bianco.

Questo ha perso del tutto la causticità e presenta le stesse caratteristiche della pietra da calce purificata.

Avrete notato che due campioni tutti e due dello stesso aspetto (bianchi, solidi) possono essere due sostanze diverse, anzi se il loro comportamento cambia sicuramente si tratta di cose differenti.

La prima riflessione, a questo punto, da chimico è che non basta l'aspetto ma

"in chimica due sostanze sono uguali se si comportano (fisicamente e chimicamente) nella stessa maniera"

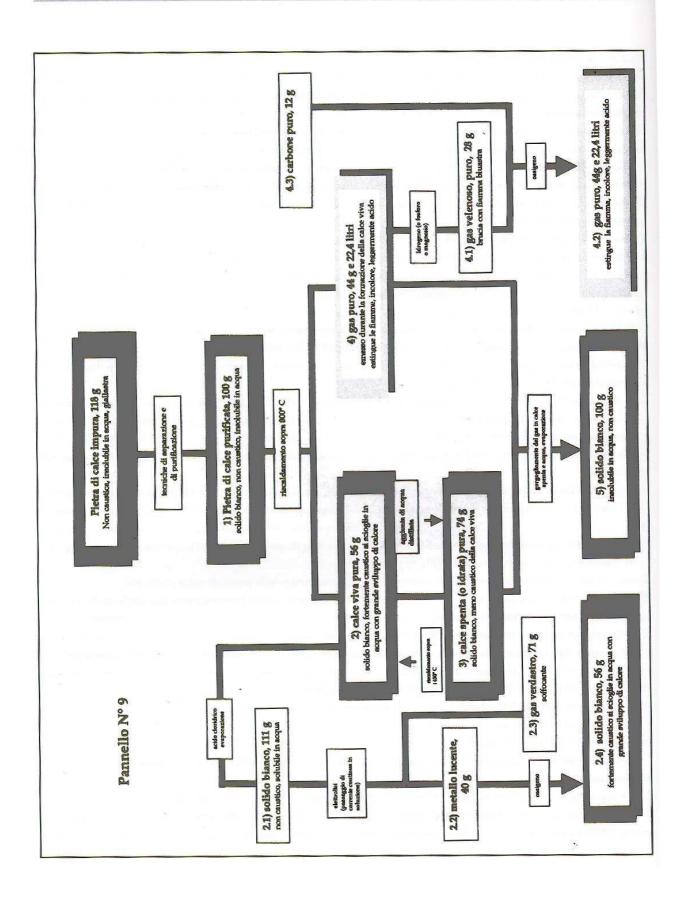
Ora, dal momento che la sostanza pura del punto 1 e quella del punto 5 hanno le stesse caratteristiche fisiche e chimiche se ne può dedurre che sia abbastanza logico supporre che si tratti della stessa sostanza.

Non ci basta però che sia "abbastanza logico" e vogliamo essere "abbastanza sicuri" e allora si è ideata una nuova strada originale del modo di ragionare di un chimico.

Il ragionamento è più o meno questo:

"se trovo il modo di "smontare" e "rimontare" una sostanza a mio piacimento, posso avere importanti informazioni sulla sua natura"

Il che, applicato al nostro caso, significa che se è possibile sottoporre per quante volte si vuole i 100g di solido ottenuti al punto 5 alla stessa sequenza di operazioni ripartendo ogni volta dall'inizio (800°C, aggiunta di acqua, aggiunta di gas emesso) e riottenendo sempre la stessa sostanza del punto 5, nella stessa quantità e con caratteristiche immutate, allora possiamo affermare con buona sicurezza che le due sostanze sono effettivamente uguali.



Anzi, tanto che ci siamo, possiamo anche dire che ci siamo resi conto di come avvengono le trasformazioni chimiche e cioè che:

"dal momento che la massa totale rimane sempre la stessa possiamo dire che le sostanze si trasformano per una riaggregazione delle particelle (atomi o molecole) che le costituiscono"

Questo ragionamento, all'apparenza così logico da sembrare scontato, in realtà è diventato possibile solo dopo un lungo ed aspro confronto teorico e solo quando è riuscita vincente la scelta filosofica (ancora Lavoisier, Traitè elementaire de chimie, 1789) di fondare la chimica sulla conferma sperimentale.

Dall'uso sistematico della bilancia si è così appurato che la massa non si crea e non si distrugge durante le trasformazioni chimiche.

Nel nostro caso si può concludere, appunto dal confronto tra le masse misurate, che la sostanza di partenza si è decomposta per effetto del calore in due nuove sostanze, una solida e caustica (calce viva) e l'altra gassosa.

E che queste si possono ricombinare per tornare a formare la sostanza di partenza.

Le conoscenze accumulate con questo tipo di indagini, ripetute in molti altre trasformazioni chimiche, ha portato a poter dire che:

"tutti i materiali (tutte le sostanze pure composte) sono fatti di sostanze elementari (gli atomi). Se conosco la loro composizione e misuro i rapporti secondo cui avviene una trasformazione posso calcolare le quantità di sostanze iniziali e quelle dei prodotti che otterrò"

2.1) Per studiare la calce viva possiamo scioglierne 56g con acido cloridrico.

Il solido bianco (111g) raccolto dopo evaporazione non è caustico. Scaldato sopra 772°C fonde e, al passaggio di una corrente elettrica continua, produce 71g di un gas verdastro soffocante (2.2), il cloro e 40g di un metallo lucente, il calcio (2.3).

2.4) Una proprietà di questo metallo (calcio) è quella di combinarsi con l'ossigeno:

40g di calcio si trasformano così in 56g di un solido bianco fortemente caustico con le stesse caratteristiche fisiche e chimiche della calce viva.

L'identità di massa con il prodotto di partenza dimostra che la calce viva è una composizione di **40g** di calcio e di **16g** di ossigeno.

4) Per studiare poi il gas emesso mentre i 100g di pietra da calce diventano calce viva è necessario ripetere la stessa trasformazione in condizioni controllate in laboratorio per evitare i numerosi altri prodotti presenti nei fumi emessi dal forno.

Si può misurare così che sono emessi 22,4 litri di un gas con massa di 44g che mostra le stesse caratteristiche fisiche e chimiche di quello (4.2) ottenuto con due metodi diversi:

- a partendo da 44g del gas (4)
- e trasformandolo con una serie di diverse reazioni chimiche (usando idrogeno oppure fosforo o magnesio), che gli fanno perdere ossigeno, in 28g di un gas velenoso incolore (4.1): questo brucia con fiamma bluastra ripristinando i 44g iniziali di gas
- b bruciando 12g di carbonee ottenendo di nuovo 44g del gas (4.2).

Il confronto delle varie masse dimostra che questo gas (4), il gas "estintore", è anch'esso "composto" e contiene 12g di carbone (carbonio) e 32g di ossigeno.

L'apporto di una ulteriore mole di risultati sperimentali e di riflessioni teoriche hanno portato a formalizzare la composizione e la natura di ciascuna sostanza pura con una scrittura convenzionale, la formula chimica.

Con ragionamenti più approfonditi e con altri metodi di indagine siamo arrivati a poter conoscere l'esatta composizione della pietra da calce, la sua formula e quella di tutte le altre sostanze coinvolte in questa serie di trasformazioni chimiche.

Il risultato finale di questo lavoro di ragionamenti e di misure sperimentali è riportato nella tabella seguente. Nella prima colonna ("numero") c'è il numero che corrisponde, nel diagramma a blocchi, ai singoli riquadri. Il "nome di comodo" è quello d'uso, commerciale. Nella colonna "formula chimica" c'è sia la formula chimica sia il nome scientifico della sostanza. I numeri nelle colonne "calcio", "carbonio" etc indicano quanti grammi di quell'elemento sono contenuti in 100 grammi della sostanza che si trova sulla stessa riga.

#### DI COSA SONO FATTE LE SOSTANZE DEL PROCESSO DELLA PIETRA DA CALCE

#### (composizione percentuale)

NUMERO	NOME DI COMODO	FORMULA CHIMICA	CALCIO	CARBONIO	OSSIGENO	IDROGENO	CLORO
4.5							
1/5	PIETRA DA CALCE	CaCO <sub>3</sub> CARBONATO DI CALCIO	40,04	12,00	47,96		
2/2.4/3.1	CALCE VIVA	CaO OSSIDO DI CALCIO	71,43		28,57		
3/3.2	GAS EMESSO	CO <sub>2</sub> BIOSSIDO DI CARBONIO		27,29	72,71	Ü	
3.1	GAS VELENOSO	CO MONOSSIDO DI CARBONIO		42,88	57,12		
4	CALCE SPENTA	Ca(OH) <sub>2</sub> CALCIO IDROSSIDO	54,09		43,18	2,73	
2.1	SOLIDO BIANCO	CaCl <sub>2</sub> CALCIO  CLORURO	36,11				63,89
2.2	METALLO LUCENTE	Ca CALCIO METALLICO	100				
2.3	GAS VERDASTRO	Cl <sub>2</sub>	~				100
3.3	CARBONE	C CARBONIO		100			

Tutte le riflessioni e indagini compiute sono sintetizzate operativamente nella cosidetta **reazione chimica** strumento potente di calcolo di quantità, volumi e variabili del processo in esame.

La reazione chimica relativa a questo schema è:

Basandosi su questa reazione chimica si può così calcolare che la quantità di calce viva teorica (massima) ricavabile da 1.000 Kg di pietra da calce purificata è di 560,3 Kg.

La domanda che era stata fatta

È possibile con qualche nuovo accorgimento ottenerne di più?

ha adesso una risposta dalla Chimica

È inutile pagare esperti per cercare modi per produrre più calce viva di così perchè la massima quantità (teorica) di calce viva ricavabile dalla cava di pietra da calce la più pura che si possa sperare di trovare è di 560,3 Kg ogni tonnellata di pietra estratta!!

A questo punto possiamo farvela noi una domanda un pò curiosa?

Secondo voi, visto che la materia non si distrugge, dov'è andata a finire quella quasi mezza tonnellata di pietra da calce? (confrontate la vostra risposta con quella in ultima pagina)

#### 10 - Il concetto di "purezza" in Chimica

#### Alcuni prodotti chimici di elevata purezza

La chimica è in grado di fornire sostanze pure con un **grado di purezza** estremamente spinta. Se commercialmente i prodotti costano meno, questo significa di solito minore purezza. Non è detto però che la purezza spinta debba essere sempre il criterio guida.

Ogni prodotto infatti ha delle specifiche che dipendono dal suo impiego.

- \* l'acqua qui sotto indicata ha un grado di purezza che risulta necessaria per applicazioni in chimica nucleare, ma non sarebbe invece affatto adatta come normale bevanda perchè non contiene sali, indispensabili al nostro metabolismo.
- \* una cancellata fatta con questo **ferro** puro (troppo puro) sarebbe fragile e verrebbe distrutta dalla ruggine con grande rapidità
- \* il normale sale da cucina (NaCl) va benissimo "sporco" di altri sali che anzi ne esaltano il sapore

#### ALCUNE SOSTANZE PURE DI COSTO FINO A OLTRE IL MILIARDO!

SOSTANZA	PREZZO IN LIRE	QUANTITÀ
ACETONE ISOTOPICO	2.578.000.000	1 Kg
ACQUA (OSSIDO DI DEUTERIO)	16.900.000	1 Litro
ORO	383.000.000	1 Kg
FERRO	102.500.000	1 Kg
SACCAROSIO	32.000.000	1 Kg
NaCl	7.300.000.000	1 Kg

### Purezza o grado di purezza? Ovvero perchè certi reagenti costano tanto?

#### a • La "purezza"

Le numerose tecniche disponibili permettono di isolare una sostanza, di separarla da tutte le altre e di purificarla fino a poterla identificare con certezza.

Quello che otteniamo alla fine è la cosidetta "sostanza pura", un elemento o un composto per il laboratorio o per l'industria da impiegarsi nelle le reazioni chimiche connesse.

#### b • Il "grado di purezza"

Ma qualsiasi reattivo, per quanto ben isolato e puro, contiene sempre tracce di sostanze estranee (impurezze).

La quantità e il tipo di impurezze ancora presenti dev'essere tale da non interferire nei processi in cui le sostanze pure devono essere utilizzate.

A questo fine ogni Ditta produttrice offre una gamma di prodotti con un grado di purezza sempre più spinto, secondo le esigenze del cliente.

I reagenti chimici sono collocati sul mercato raggruppati normalmente in una serie di fasce a **grado di purezza (e costo)** crescenti:

- l reagenti di grado industriale
- 2 tecnici
- 3 puri
- 4 puri per analisi
- 5 puri per cromatografia
- 6 speciali

Per questi ultimi le specifiche richieste possono essere di natura tale da determinare costi anche elevatissimi...

Di una sostanza, già pura a livello spinto, può essere richiesta addirittura l'estrazione e separazione della sola componen-

#### Chimica spettacolare

te "isotopica", il che comporta di dover tenere conto degli **isotopi** di un suo elemento costituente ed è allora necessario ricorrere a complesse e costose tecniche di separazione che permettano di "contare" perfino il numero di neutroni del nucleo dell'atomo.

Questo è il caso del cloruro di sodio (sale da cucina) riportato in tabella.

Il costo elevatissimo è dovuto non tanto al fatto che questo prodotto, contrariamente al sale da cucina, contenga esclusivamente NaC1 (il sale da cucina ne contiene già più del 90 %), ma piuttosto che rappresenti la frazione di NaC1 contenente soltanto l'isotopo  $^{37}C1$ .

#### 11 - Didattica e spettacolarità

Uno studente ripetente, un gigantesco "coatto" di periferia, insofferente come tanti altri verso ogni genere di attività scolastica, anzichè armeggiare come concordato per gli scopi previsti con burette, beute, grafici, al solito faceva tutt'altro. "Pro'ssò! Guardi che figo!": aveva scoperto casualmente che era possibile con un'operazione semplice far cambiare colore all'indicatore quante volte voleva e con una sincera gioia infantile, gli occhi accesi di emozione, me la mostrava una, due, tre volte di seguito.

È stato per lui l'unico lampo di vitalità e di interesse nel laboratorio di tutto quell'anno.

Ci siamo domandati se poteva essere utile prevedere uno spazio nel programma del laboratorio in cui fermare l'attenzione anche su questi aspetti spettacolari della chimica.

Al Museo delle Scienze di Londra, di Parigi, di Monaco lo fanno da anni. Lo fanno da più di 25 anni negli Stati Uniti. Da noi forse il numero di insegnanti che vive il laboratorio con lo stesso spirito è altrettanto elevato, ma non ci sono le occasioni per mettere in comune queste esperienze.

Noi vogliamo proporre occasioni di scambio e di arricchimento reciproco, di discussione e di confronto perchè ci rendiamo conto di quanto sia interessante, ma anche di quanto sia difficile, accostare emozione o addirittura divertimento alla didattica conservando il rigore scientifico necessario.

Ci pare infatti che valga comunque la pena studiare insieme come e quanto spazio dare nel nostro insegnamento a momenti nei quali permettere agli studenti di basarsi sulla realtà degli esperimenti osservati ed insieme esprimere la propria curiosità e mettere in gioco la propria creatività, recuperando elementi che d'altronde sono alla base del lavoro scientifico.

Curiosità, creatività, impatto immediato con la realtà dell'esperimento, su questo abbiamo trovato una autorevole conferma:

"Quando noi intraprendiamo lo studio di una scienza ci troviamo in una situazione, rispetto a tale scienza, simile a quella di un bambino ... In un bambino, l'idea è semplicemente un effetto prodotto dalla sensazione e noi parimenti nel cominciare lo studio di una scienza fisica non dobbiamo assolutamente formarci idee che non siano necessaria conseguenza ed effetto diretto di un esperimento o osservazione" 10.

Un esempio di creatività è stata senza dubbio la composizione di alcune "favole chimiche" scritte dagli studenti di un biennio che abbiamo riportato in questo pannello.

Sull'impianto di due storie famose, quella di Cenerentola e quella dei Tre Porcellini, gli studenti hanno rivissuto a modo loro, in libertà, "divertendosi", concetti come la reattività degli acidi inorganici o l'uso degli indicatori acido/base, ricollocandoli in un ambito davvero insolito.

<sup>10</sup> Antoine Lavoisier, Traité élémentaire de Chimie, Paris 1789

#### Becherentola

Una favola in un laboratorio di Chimica scritta dalla classe I<sup>a</sup> C dell'ITIS Fermi

C'era una volta **Becherentola**, era questa una deliziosa ampollina piena di **soluzione basica** che viveva nel laboratorio dell'ITIS Fermi insieme alle sorellastre Acide.

Brutte, pigre e pericolose le sorellastre facevano di tutto per far lavorare solo Becherentola.

E questa, infatti, era sempre la più usata; non si lamentava mai e volentieri prestava ogni volta un pò della sua soluzione per molteplici reazioni.

Un giorno in laboratorio arrivò la notizia che il **Principe Indicatore** sarebbe venuto per fare un esperimento che lo avrebbe fatto divenire Principe Azzurro.

Tutte le provette, segretamente innamorate, decisero di farsi belle per essere preferite.

Anche Becherentola si diede da fare, ma le sorelle Acide invidiose la imbrattarono di impurezze.

Arrivò il momento dell'esperimento.

Tutte le provette facevano bella mostra di sè, tranne Becherentola che, sporca com'era, non osava farsi vedere.

Ma ecco che in suo aiuto venne Serafino, l'Insegnante di Laboratorio, che le donò in men che non si dica lucentezza e cristallinità, filtrò la sua soluzione basica che divenne perfettamente trasparente e incolora e le disse: "Bada però che questa pulizia ti farà risplendere solo per un'ora, dopo di che tornerai come prima".

Becherentola non sapeva come ringraziarlo e, più sbrillucciccante che mai, si presentò al Principe Indicatore.

Fu amore a prima vista, era proprio la Becherentola che cercava. Un'ora trascorse e fu il drin della campanella a riportarla alla realtà.

Scappò via così in fretta che un pò della soluzione basica le cadde per terra.

Il Principe era sconvolto, solo con lei avrebbe fatto l'esperimento.

Tristemente raccolse un pò della soluzione, chiamò i suoi assistenti e disse "Cercatela in tutto il mio regno, tra tutte le provette e ampolline".

Cominciarono le ricerche ma nessuna soluzione delle provette analizzate corrispondeva a quella raccolta.

Andarono anche nel laboratorio della famiglia di Becherentola.

Ampollonia e le sue brutte figlie Acide fecero di tutto ma la soluzione portata dagli Assistenti non corrispondeva al contenuto di nessun componente della famiglia.

Quando videro Becherentola, anche se tutta sporca, le concessero di provare e meraviglia delle meraviglie, la sua soluzione finalmente corrispondeva!!

Tra lo stupore e l'invidia delle brutte sorelle Acide, Becherentola fu pulita, lucidata e preparata per l'esperimento.

Fu così che finalmente il Principe divenne Azzurro: l'esperimento era riuscito!

E vissero tutti felici e contenti.

#### Chimica spettacolare

#### I Tre Becherini

#### Un'avventura chimica scritta dalla classe I<sup>a</sup> C dell'ITIS Fermi

Vivevano, nel laboratorio di Chimica dell'ITIS Fermi, Tre Becherini con Mamma Becher.

Un giorno i Tre Becherini decisero di andare a cercare fortuna nella vicina aula 48.

La Mamma non si oppose e diede loro anche un pò di soldi per aiutarli a comprarsi una casa.

Durante il loro viaggio incontrarono un **Bunsen Ambulante** che vendeva caldarroste e che indicò loro dove comprare il materiale per costruirsi una casa.

Il più piccolo comprò carta, il secondo rame, il terzo mattoni.

Erano felici e spensierati e suonavano e cantavano così:

"Siam tre piccoli Becherin, siamo tre fratellin, mai nessuno ci dividerà trallallalalà".

Ciascuno costruì la sua casa e un giorno arrivò il Lupo degli Acidi.

Bussò alla porta della casa di carta, ma il Becherino ebbe paura e non aprì. Così il lupo gettò acido solforico concentrato sulla casa, al che la casa diventò nera, si corrose e cadde.

Il becherino scappò di corsa a chiedere aiuto al fratello che si era costruita la casa di rame.

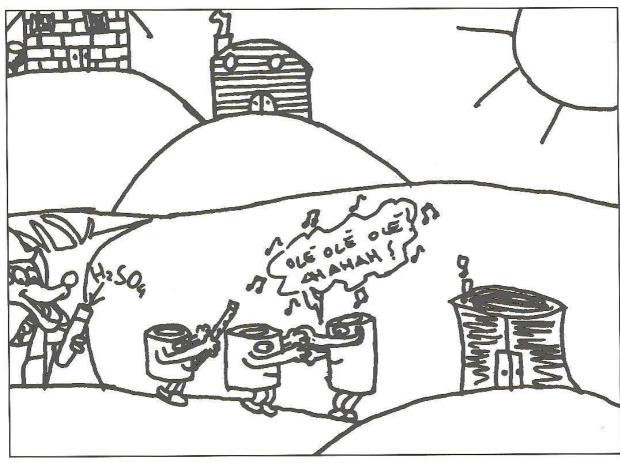
Il lupo arrivò anche lì e gettò acido nitrico concentrato, così la casa diventò verde e si sciolse mandando fumo marrone.

I due fratelli furono costretti a rifugiarsi dal terzo fratello che aveva la casa di mattoni.

Il lupo provò con l'acido solforico e con l'acido nitrico, ma nessuno di questi ebbe effetto.

Così i becherini presero dalla cantina una damigiana piena di **base** e riuscirono a versarla sul Lupo degli Acidi che, contrastato dalla base, scomparve.

E da quel giorno vissero tutti felici e contenti.



"I tre becherini"

#### 12 - Altalena chimica

A partire da questo pannello si comincia la descrizione delle esperienze condotte durante lo spettacolo di chimica.

Sono esperienze spesso ben note agli insegnanti che le ripropongono agli studenti normalmente in laboratorio.

Noi abbiamo fermato la nostra attenzione sugli aspetti estetici, per esempio, delle reazioni tra acidi e basi notando la bellezza dei colori degli indicatori acido/base, il loro cambiamento così brusco e come l'aggiunta di quantità minime di sostanza provochi clamorosi cambiamenti di colore.

In particolare siamo rimasti affascinati dalla possibilità di controllare e quindi provocare a nostro piacimento questi cambiamenti di colore ripetendoli innumerevoli volte, come se le sostanze da noi impiegate non si stancassero mai di darci retta.

Quando si mettono insieme un **acido** e una **base** questi si uniscono con rapporti precisi individuati dalla comparsa del colore della neutralità che, se si usa l'indicatore universale, è il verde.

Se conosciamo ogni volta questo rapporto e la quantità di acido cha abbiamo dovuto aggiungere per arrivare alla neutralità, possiamo fare dei calcoli e trovare la quantità di base presente nel campione.

Usando altri indicatori questo tipo di tecnica è usata per numerose analisi: da quelle per trovare il contenuto di un'acqua potabile, a quelle per il controllo della qualità dell'aria, di prodotti alimentari, a quelle cliniche.

Ma si usano anche per la preparazione di composti chimici detti "sali" ottenuti mescolando (in quantità controllate tramite l'indicatore) acidi e basi.

#### 1 - L'argomento

Piccole aggiunte di acido e base fanno comparire gli stessi colori, nello stesso ordine e allo stesso valore di pH (Il "pH" è in chimica una misura della concentrazione acida/basica di una soluzione).

#### 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè compaiono sempre gli stessi colori, nello stesso ordine?

Il discorso è un pò lungo, ma non è difficile come può sembrare.

Dunque, compaiono gli stessi colori perchè nell'acqua abbiamo aggiunto una miscela di indicatori, sostanze capaci di assumere un determinato colore in corrispondenza di una certa acidità (o basicità) cioè di un certo valore di pH.

Il pH è il numero (intero, ma esistono anche i valori intermedi) segnato sulle scatole degli indicatori a nastro. C'è un numero per ogni colore corrispondente e si va da un minimo di 0 a un massimo di 14.

Il funzionamento è questo: se ad un **acido** (sostanza aspra, corrosiva e capace di mettere a disposizione ioni  $H^+$ , pH da 0 a 7 escluso) si aggiunge una **base** (sostanza che rende liscia la pelle se molto diluita altrimenti aggressiva, capace di mettere a disposizione ioni  $OH^-$ , pH da 7 escluso a 14) l'acido viene progressivamente distrutto.

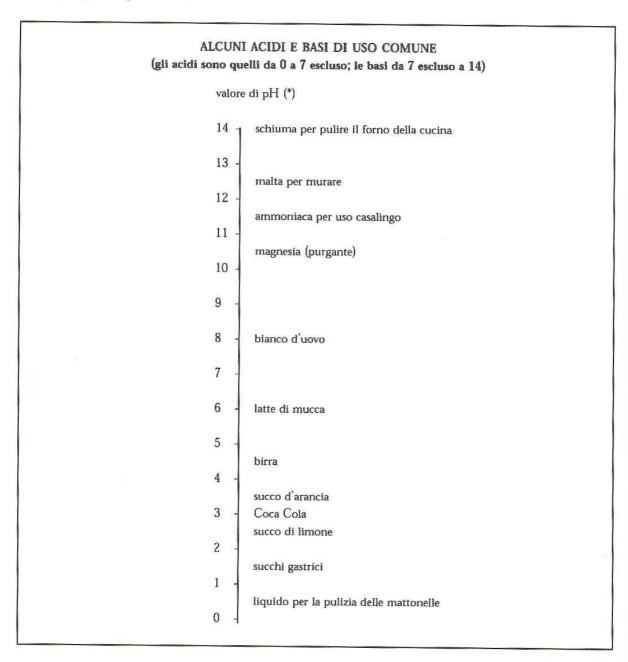
Quando l'acido è stato esattamente neutralizzato si ha una soluzione che non è nè acida, nè basica, ma neutra (pH 7). Il momento preciso della neutralità si "vede", se abbiamo aggiunto in precedenza all'acido poche gocce di un indicatore, con il suo cambiamento di colore.

Si può continuare ad aggiungere base che allora prevale indisturbata con i suoi ioni fino a salire fino a pH 14. Noi come **acido** usiamo **HC1** e come **base NaOH**.

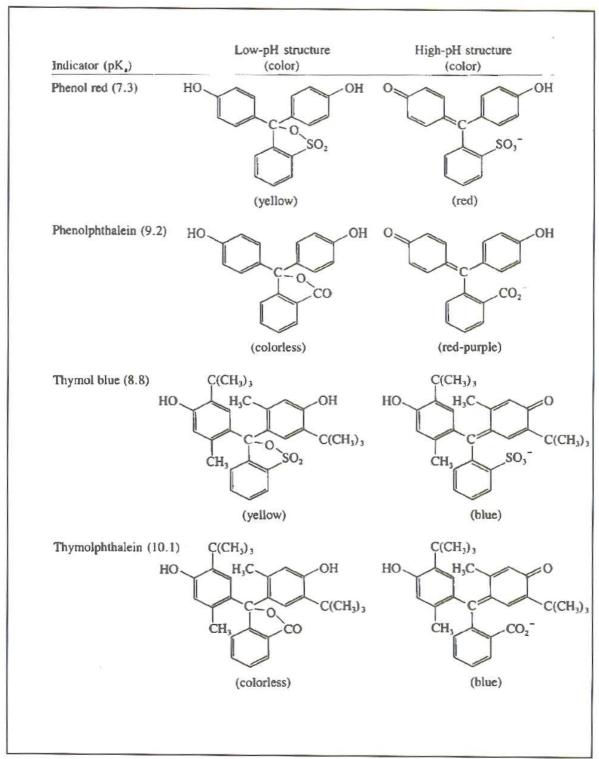
L'indicatore da noi usato è stato l'indicatore universale, una miscela di indicatori che ci permette di vedere tutta una serie di variazioni cromatiche. Ma abbiamo usato anche la fenolftaleina che è incolora con gli acidi e fucsia con le basi.

Per fare l'altalena, ed andare prima avanti e poi tornare indietro, abbiamo aggiunto un piccolo eccesso di base ed abbia-

mo visto il colore (i colori) della parte basica. Poi abbiamo invece aggiunto a gocce l'acido fino a tornare alla neutralità. Con un eccesso di acido si vede il colore (i colori) della zona acida. Queste aggiunte possono essere alternate quante volte si vuole, sempre con gli stessi risultati.



Per tornare indietro è bastato aggiungere un pò per volta l'acido alla base. Questa aggiunta distruggerà, con meccanismo esattamente opposto, l'eccesso di base raggiungendo di nuovo la neutralità.



"Formule di alcuni indicatori"

### Una guida per il visitatore

Continuando l'aggiunta di acido si torna ai colori dovuti alla presenza di eccessi crescenti di acido.

Tutto si riassume in sola facile scrittura che indica la parte per noi importante di questo meccanismo che è la reazione riguardante i soli ioni  $H^+$  e  $OH^-$ :

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Da un lato del pannello abbiamo voluto riportare degli indicatori (sintetici) tra cui la nostra fenolftaleina e, per ciascuno, i colori con cui appare in zona acida (low pH) e in zona basica (high pH).

Notate la complessità delle strutture molecolari, ma nello stesso tempo la straordinaria somiglianza di base che ci fa capire come basti poco in chimica per fare differenze anche grandi.

Nella vita quotidiana si incontrano sostanze con caratteristiche di acidi o di basi e qui ne elenchiamo alcune.

Notate che ci sono casi in cui il pH non è un numero intero, ma una frazione.

## 13 - Magia dei colori

I colori degli indicatori hanno portato a farci qualche domanda sul colore più in generale.

Infatti il **colore** è affascinante e misterioso, capace di influenzare i nostri stati d'animo ed i **pittori** se ne fanno interpreti quando li usano per raccontare emozioni e per comunicare la loro visione della vita.

E lo hanno fatto da sempre, fin dalle pitture rupestri e dalle decorazioni tribali della persona e degli oggetti.

Nell'arte moderna ci sono molti esempi di una attenzione al colore in quanto tale, dalle enormi tele di Rotko a Mondrian, Mirò e Picasso, ai percorsi di arte che prendono le mosse proprio dalla sperimentazione dei processi psicologici della percezione ottica.

Così la formazione di un precipitato **giallo intenso** di **ioduro di piombo** o di **cromato di piombo**, con le sue evoluzioni in seno alla soluzione, è uno spettacolo di fronte al quale tutti provano un identico momento di emozione estetica, il chimico come il pittore o lo studente stesso.

Il fenomeno osservato è prima della chimica, come il fulmine è prima della lampadina ed il colore dei fiori è prima della teoria acido-base.

Nel momento successivo poi ciascuno rivive lo stesso "spettacolo" secondo il proprio angolo visuale, il chimico indagando su composizioni e trasformazioni, il pittore elaborandolo esteticamente.

Abbiamo voluto riportare sul pannello anche una tabella con il colore, il nome commerciale e la composizione chimica di alcuni coloranti inorganici.

## a • I colori secondo i pittori

Abbiamo trovato queste annotazioni sulla teoria del colore<sup>11</sup> che ci sono sembrate abbastanza curiose e che ancora una volta testimoniano di un modo molto diverso di affrontare uno stesso fenomeno.

Confrontate tutte queste affermazioni con l'impostazione chimica (la trovate nel pannello successivo) dello stesso fenomeno.

"Val la pena di notare che i popoli selvaggi, le persone incolte e i bambini hanno una spiccata predilezione per i colori vivaci, che gli animali alla vista di certi colori si inferociscono e che le persone colte evitano i colori vivaci nel-

<sup>11</sup> Johann Wolfgang Goethe, Zur Farbenleher (La Teoria del colori, 1808)

l'abbigliamento e nell'ambiente e cercano, in generale, di tenerli lontano da sé" (1)

"Popoli vivaci come i **francesi**, per esempio, amano particolarmente i colori intensi del lato attivo (giallo e giallo-rosso). Genti più misurate come gli **inglesi e i tedeschi** preferiscono il giallo-cuoio che accostano al blu. Le genti che tengono in considerazione la dignità, come **gli italiani e gli spagnoli**, scelgono un mantello rosso" (838)

"(i colori) sono chiamati dunque *colores adventicii* da Boyle, *immaginari e fantastici* da Rizzetti, *couleurs accidentelles* da Buffon, *colori apparenti* da Scherffer, *illusioni ottiche e inganni visivi* da molti, *vitia fugitiva* da Hamberger, *ocular spectra* da Darwin" (1)

"I colori chimici ... che, a ben voler vedere, come esprime il linguaggio popolare, siamo soliti considerare i colori "veri"... sono quelli che provochiamo su certi corpi, che fissiamo per un periodo più o meno lungo, che possiamo intensificare su di essi, sottrarre e trasmettere ad altri corpi" (486)

"Questi coloranti materiali a loro volta si fissano su altri corpi. Nel regno minerale per esempio si distendono sulle terre e sui calcari metallici ... attraversati dalla luce diventano bellissimi, si può persino pensare che siano eterni" (548)

"Tra le interiora di certi vermi che dimorano in gusci c'è (640)... un succo che, se esposto all'aria e alla luce, diventa prima giallo, poi verde, poi blu e successivamente viola" (641)

"È facile supporre da ultimo che il colore consenta pure una interpretazione mistica ... (per esempio) se si coglie in modo corretto la divergenza tra giallo e azzurro, ma si è notato soprattutto il suo intensificarsi nel rosso che permette agli opposti di tendere uno verso l'altro e di riunificarsi dando vita ad un terzo ... si potrebbe supporre alla base di queste due entità separate ed opposte tra loro un significato spirituale e vedendo sorgere in basso il verde e in alto il rosso ci si tratterrà a stento dal pensare là alle creazioni terrestri degli Elohim e qui a quelle celesti" (919)

## b • I colori secondo i chimici

Si è scoperto che la proprietá del colore è legata ad un particolare gruppo di atomi (cromoforo) il cui effetto è quello di influenzare la distribuzione elettronica esterna dei cosidetti "orbitali molecolari". Si tratta delle zone che contornano le molecole dove si trovano gli elettroni più lontani dai nuclei atomici. In queste zone "scorrono" elettroni più "influenzabili" che vengono disturbati dal bombardamento dovuto ai raggi componenti la luce visibile. Quando l'energia di questo bombardamento raggiunge una soglia adatta allora compare il colore.

Si tratta di un fenomeno molto curioso: succede che quando questi elettroni sono investiti da un fascio di luce solare (bianca), in realtà sono colpiti da un numero incredibilmente alto di raggi luminosi differenti ciascuno dotato di un suo "colore" cioè di una sua energia. Così la molecola di una sostanza che ci appare rossa, per esempio, è una molecola capace di assorbire tutti i raggi colorati che l'hanno investita, meno quelli rossi che vengono cosi respinti verso il nostro occhio, dove, colpendo le terminazioni nervose ottiche, sono avvertiti dai neuroni cerebrali con quella sensazione che chiamiamo "rosso".

## 14 - Anche le pietre respirano

In questo esperimento usiamo ancora un indicatore acido/base, la fenolftaleina, per un uso però un pò particolare.

## 1 - L'argomento

Se una persona soffia tramite una canna di vetro in due provette si ottiene un precipitato bianco nella prima provetta e la decolorazione di una soluzione fucsia nella seconda.

Usando una bottiglia a tre colli contenente piccole scaglie di pietra che vengono bagnate di acido si ottiene una effervescenza e la fuoriuscita di un gas con le stesse caratteristiche del respiro che, in più, ridiscioglie il precipitato bianco.

## 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè il respiro provoca la scomparsa del color fucsia?

La respirazione è un processo assai complesso che consiste in definitiva nello scambio di un elettrone con lo ione ferro presente al centro della molecola di emoglobina del sangue.

La conseguenza è che nel respiro emesso si trova il diossido di carbonio,  $CO_2$  (o anidride carbonica) che si forma continuamente nei nostri polmoni come conseguenza della reazione di riduzione dell' $O_2$  dell'aria ad opera appunto della emoglobina.

Il diossido di carbonio del respiro è debolmente acido, abbastanza da neutralizzare la base KOH che abbiamo prima sciolto in acqua e poi colorato in fucsia con l'aggiunta dell'indicatore fenolftaleina.

La proprietà di questo indicatore è di essere colorato in fucsia se si trova immerso in una soluzione basica e di diventare incolore in una soluzione acida.

La comparsa del colore è dovuta all'apertura del ponte a ossigeno al centro della fenolftaleina che crea una scia di elettroni in tutta la molecola. Questa nuova situazione energetica degli elettroni molecolari permette l'assorbimento di tutti i colori dei raggi solari eccetto la zona rosso-viola.

Quando tutta la base KOH è stata neutralizzata, la soluzione diventa acida per il  $CO_2$  che continua a essere soffiato ed il colore fucsia scompare.

Perchè il respiro provoca la comparsa di un solido bianco?

Un'altra proprietà chimica del CO<sub>2</sub> è quella di formare una sostanza bianca insolubile a contatto con la base idrossido di calcio.

La sua analisi chimica rivela che si tratta di carbonato di calcio,  $CaCO_3$ , il componente base di travertino, marmo, gusci di uovo e di molluschi.

Noi abbiamo versato un po' di soluzione di idrossido di calcio Ca(OH)2, limpida e incolore, nella provetta.

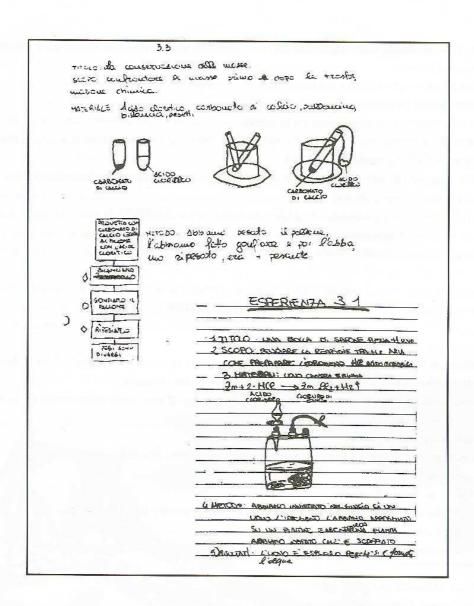
Il passaggio di respiro, cioè di  $CO_2$ , ha formato il "marmo" che si presenta con aspetto così incoerente perchè ha ancora bisogno di tempo e condizioni adatte per cristallizzare e diventare una pietra.

È vero che le scaglie di pietra emettono un gas con le stesse proprietà del respiro umano?

In Chimica ragioniamo così: se il gas emesso da queste pietre dà le stesse reazioni del respiro significa che si tratta dello stesso gas.

Il "respiro delle pietre" (diossido di carbonio) viene provocato dalla presenza di un acido che, nel nostro caso, è l'HCI (acido cloridrico o muriatico)

$$CaCO_3 + 2 HC1 \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
  
travertino diossido  
di carbonio



## Una guida per il visitatore

Le due reazioni di decolorazione della soluzione fucsia e di formazione del precipitato bianco sono identiche a quelle già descritte per il respiro umano.

La maggiore velocità nel reagire dipende dal fatto che il  ${\rm CO_2}$  emesso è molto più abbondante.

Perchè il precipitato bianco formatosi si dissolve dopo qualche tempo?

Questa reazione è di straordinaria importanza anche perchè spiega la dissoluzione (lenta) delle rocce calcaree che, "bevute" nell'acqua potabile, garantiscono la salute dei nostri denti e delle ossa fornendo la necessaria quantità di ioni calcio. Il precipitato bianco è CaCO<sub>3</sub>, insolubile in acqua.

Si dissolve perchè l'aggiunta di altro  ${\rm CO_2}$  lo trasforma in un sale solubile, il bicarbonato di calcio.

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$
 precipitato bianco bicarbonato di calcio (insolubile) (solubile)

## 15 - Il gas estintore

Il gas della respirazione ha una densità maggiore di quella dell'aria e si stratifica nei recipienti. Non è combustibile e versato sulla fiamma, la spegne perchè la copre e impedisce il contatto con l'ossigeno.

Si trova nelle cantine in cui si lascia fermentare il mosto d'uva per fare il vino, nelle grotte riempite da esalazioni vulcaniche.

Si accumula negli ambienti chiusi.

Ma si trova anche in tutte le bibite gassate dall'acqua minerale, alla birra, allo champagne.

## 1 - L'argomento

Il gas sviluppato dal contatto tra un acido e il travertino può essere raccolto in un recipiente.

Se viene versato sopra una candela accesa e posta dentro un becher la spegne.

Ogni tentativo di riaccenderla fallisce, a meno che prima non si versi fuori il gas dal becher.

### 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè la candela si spegne facendo il gesto di versare da un recipiente vuoto?

Il recipiente non è vuoto, ma è stato riempito da un gas invisibile che ha scacciato l'acqua dal recipiente rovesciato (raccolta idropneumatica di un gas).

Il gas è lo stesso del respiro, sviluppato dal contatto tra un acido e il travertino.

$$CaCO_3 + 2 HC1 \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
  
travertino biossido di carbonio

Una proprietà speciale di questo gas, il  $CO_2$ , è quella di essere più denso dell'aria. Perciò quando viene versato sulla candela accesa, prima riempie il becher (bicchiere di vetro) scacciando l'aria, poi sale fino a sommergere la fiamma e spegnerla per soffocamento.

În assenza totale di correnti d'aria è possibile travarsarlo da un recipiente ad un altro come se fosse un liquido.

Perchè il fiammifero acceso si spegne a contatto con lo stoppino della candela?

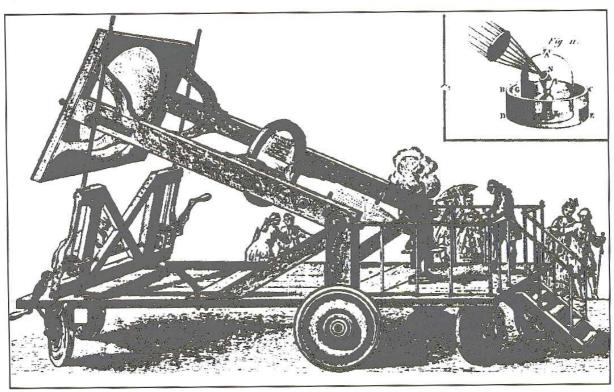
L'invisibile CO<sub>2</sub> riempie il becher fino all'orlo.

Quando il fiammifero acceso cala verso lo stoppino sprofonda nel gas che ha scacciato tutta l'aria, compreso l'ossigeno. Allora il fiammifero si spegne subito soffocato proprio dalla mancanza di ossigeno.

## Lavoisier ed il suo "spettacolo" di chimica

Abbiamo esposto un antico documento che mostra Lavoisier (con gli occhiali da sole) intento a fare anche lui uno "spettacolo di chimica": allestendo una specie di grande carro con su montata una enorme lente di vetro. La lente serviva per far convergere i raggi del sole dentro un recipiente di vetro contenente un diamante. La distanza e l'inclinazione della lente erano regolati in modo che i raggi solari concentrassero tutto il loro calore solo sul diamante, lasciando intatto il vetro del recipiente.

Il diamante (molti credevano fosse una forma di ghiaccio talmente pressata da non fondere più) bruciò trasformandosi quantitativamente in biossido di carbonio, dimostrando così in modo irrefutabile che non era costituito di ghiaccio, ma che era fatto di solo carbonio.



"Esperimento di Lavoisier" (1774)

## NOTE DA UN CD ROM

Le esperienze che sono mostrate nello **spettacolo di chimica** sono state da noi raccolte in un **CD Rom** che ne contiene anche altre che, per la pericolosità o tossicità, richiedono una attrezzatura speciale e degli spazi appositi.

Il CD Rom contiene in tutto 8 esperienze di Chimica Spettacolare :

- anche le pietre respirano
- il gas estintore
- calore da una pila scarica
- gli acidi più forti del mondo
- precipitati
- carbone dallo zucchero
- la fontana chimica
- l'energia di un uovo

Nei pannelli seguenti riportiamo qualche schermata stampata dal computer e ricavata appunto dal nostro CD Rom "Chimica Spettacolare".

## 16 - La fontana chimica

Sono riportate due schermate, una con la descrizione dell'esperienza che costituisce una delle opzioni, l'altra con un fermo immagine da uno dei filmati.

Accanto c'è la descrizione cartacea:

### 1 - L'argomento

Due beute sistemate una sopra l'altra e collegate con un raccordo di vetro mostrano che un liquido incolore viene risucchiato nella beuta superiore assumendo una colorazione fucsia.

### 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè il liquido sale dalla beuta di sotto a quella di sopra?

La beuta di sopra è stata avvinata con ammoniaca concentrata (idrossido di ammonio) e quindi è satura di una atmosfera di gas ammoniaca.

$$NH_3 + H_2O \hookrightarrow NH_4OH \hookrightarrow NH_4^+ + OH^-$$
  
ammoniaca idrossido di ammonio  
(gas) (in soluzione)

Il gas ammoniaca è solubilissimo in acqua.

Basta la poca acqua aggiunta con la siringa nella beuta superiore per sciogliere abbastanza  $NH_3$  da provocare una depressione capace di richiamare dentro la beuta superiore una certa quantità di acqua. Più acqua sale e più  $NH_3$  viene sciolta e nuova acqua viene pompata. L'effetto finisce quando tutta la  $NH_3$  è stata consumata.

Perchè l'acqua diventa color fucsia?

L'acqua in realtà contiene disciolto un indicatore, la fenolftaleina, che acquista netto color fucsia in ambiente basico.

Quando l'acqua raggiunge lo scomparto superiore scioglie il gas  $NH_3$ , si forma  $NH_4OH$  che, essendo ionizzata, libera ioni  $OH^-$ .

Sono questi ultimi che, "sentiti" dall'indicatore fenolftaleina, gli fanno cambiare colore e fanno comparire il color fucsia.

## 17 - Carbone dallo zucchero

L'effetto dell'acido solforico concentrato sullo zucchero è impressionante.

Di solito usiamo, al posto del becher, una tazzina da caffè e la riempiamo quasi fino all'orlo di zucchero. Quando, dopo un pò di tempo comincia ad imbrunire, il pubblico ritiene di avere già visto il fenomeno.

Ma, subito dopo, inaspettatamente, comincia a rigonfiare e a salire verticalmente, con grande rapidità, un cilindro nero fumante che prende tutti di sorpresa.

Purtroppo i fumi contengono anidride solforosa e quindi risultano aggressivi oltrechè nocivi.

È necessario avere a disposizione una cappa, quanto meno portatile.

Questa è una buona occasione per ricorrere al CD Rom e vedere senza rischi cosa succede.

Le immagini sono infatti tratte sempre dal CD Rom "Chimica Spettacolare" e mostrano il cilindro di zucchero carbonizzato che si è piegato sotto il proprio peso. Un apposito menù consente di trovare la giustificazione chimica, a livello molecolare, del fenomeno studiato.

Lo "zucchero" di uso quotidiano è il saccarosio,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , un composto organico formato da carbonio, idrogeno e ossigeno. Dopo l'attacco con acido solforico rimane soltanto un cilindro nero di carbone (carbonio) con caratteristiche diverse da quelle originarie.

Scopo: Riconoscere la presenza del carbone nello zucchero

## Materiale:

- 1. Becher da 50 ml
- 2. Bacchetta di vetro
- 3. Zucchero commerciale (circa 50 g)
- 4. Acido Solforico concentrato (circa 50 ml)

## Procedimento:

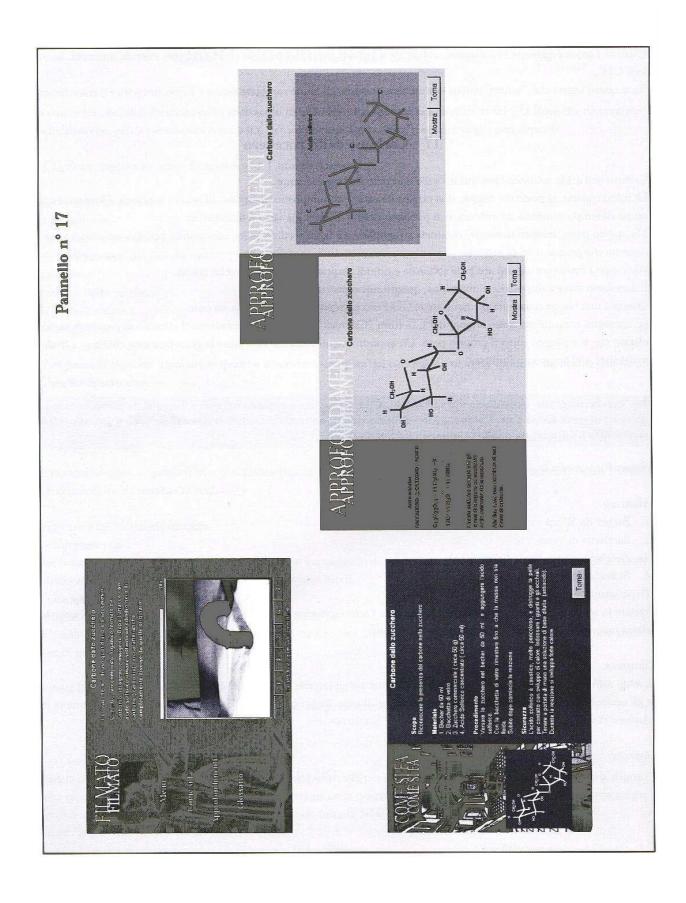
Versare lo zucchero nel becher da 50 ml e aggiungere l'acido solforico. Con la bacchetta di vetro rimestare fino a che la massa non sia fluida. Subito dopo comincia la reazione.

## Sicurezza:

L'acido solforico è corrosivo, molto pericoloso, a contatto con la pelle la distrugge e sviluppa calore. Indossare i guanti e gli occhiali. Tenere a portata di mano una soluzione di base diluita (antiacido). Usare molta cautela perchè durante la reazione si sviluppa forte calore e gas tossici.

Approfondimenti:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 11H_2SO_4 \rightarrow 12C + 11H_3O^+ + 11HSO_4^-$$



## 18 - L'energia di un uovo

Questo esperimento è un pò difficile perchè coinvolge una serie di variabili non facilmente controllabili nella situazione sperimentale che si deve gestire in uno "spettacolo", il gas idrogeno lo produciamo per elettrolisi e non sempre l'uovo esplode, di solito perchè l'idrogeno, più leggero dell'aria, è stato perduto.

In ogni modo il fotogramma dell'esplosione ci ha ripagato di tante prove infruttuose e lo abbiamo riproposto in questo pannello.

Certe volte il gas idrogeno lo produciamo con la reazione tra acido e metallo, altre volte tramite elettrolisi.

## 1 - L'argomento

Un gas combustibile, più leggero dell'aria, viene prodotto per via elettrochimica e trasferito dentro un guscio d'uovo. Avvicinando un fiammifero si può ottenere una esplosione che manda in frantumi il guscio d'uovo.

## 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè con l'elettricità si può avere questo gas.

La **corrente** deve essere **continua**, cioè deve essere costituita da un flusso di elettroni che migra da un polo negativo verso un polo positivo con direzione costante.

Quando questo tipo di corrente attraversa dell'acqua leggermente acida provoca una rapida decomposizione dell'acqua (elettrolisi).

Da 36 grammi di acqua si ottiene lo sviluppo di 44 litri di gas idrogeno al polo negativo e di 22 litri di gas ossigeno al polo positivo, sempre sotto forma di treni di bolle gassose.

Il motivo è che l'acqua è (debolmente) ionizzata:

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

Il polo negativo attira verso di se' gli ioni  $H^+$  e questi si appropriano dell'elettrone che mancava loro diventando neutri per cui diventano insensibili alle forze attrattive delle molecole d'acqua e l'idrogeno si sviluppa sotto forma di gas.

$$2H^+ + 2$$
 elettroni  $\rightarrow H_2$  gas idrogeno

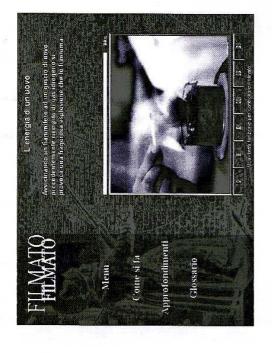
Perchè il guscio d'uovo scoppia?

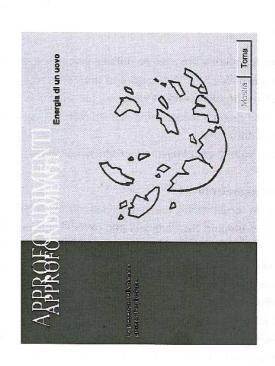
L'idrogeno brucia con l'ossigeno ridiventando acqua e liberando calore come succede nella fiamma ossidrica.

Se i due gas sono mescolati e poi accesi la stessa reazione ha luogo con decorso esplosivo.

Appena si avvicina la fiamma al foro del guscio d'uovo, la combustione consuma idrogeno che perciò richiama dentro il guscio l'aria. Si forma all'interno una miscela dei due gas che esplode.

Tutto il processo può durare da frazioni di secondo ad alcuni secondi.







Pannello n° 18

## 19 - Calore da una pila scarica/ la fabbrica della luce

Sempre sullo stesso pannello abbiamo riportato due diverse esperienze con le relative spiegazioni

## a • Calore da una pila scarica

### 1 - L'argomento

Uno degli elementi più tossici e diffusi, il mercurio, è presente nelle pile a bottone. Recuperandolo con un semplice trattamento chimico è ancora possibile ricavarne una quantità di calore sufficiente a portare un foglio di alluminio ad una temperatura prossima ai 100 gradi.

## 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè il bulbo del termometro, avvolto nel foglio di alluminio, si riscalda fino quasi a 100 gradi? Il calore dipende dalla reazione tra il foglio di alluminio e l'ossigeno dell'aria

2A1 + 
$$\frac{3}{2}$$
O2  $\rightarrow$  Al<sub>2</sub>O3 + 380 Kcal/mole

Per la verità questa reazione non procede affatto in condizioni normali perchè il primo strato di ossido formatosi è particolarmente aderente e stabile e impedisce ulteriore contatto tra  $O_2$  e strati più profondi del foglio di metallo. Se però nella superficie dell'alluminio si inseriscono atomi di mercurio si forma una specie di lega (amalgama) che catalizza la reazione di ossidazione che allora procede con grande rapidità.

Per avere quest'amalgama si opera così:

- 1) il mercurio della pila viene dissolto con acido nitrico e diventa ione Hg<sup>2+</sup>
- 2) il foglio di alluminio (potenziale di riduzione -1.66 volt) si scioglie in piccolissima parte per trasformare lo ione  $Hg^{+2}$  in Hg (potenziale di riduzione +0.78) metallico. Quest'ultimo forma l'amalgama desiderato.

$$3Hg^{2+} + 2A1 \rightarrow 3Hg + 2A1^{3+}$$

Perché si nota la formazione di fiocchi bianchi sul foglio di alluminio?

I fiocchi bianchi sono Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> che si forma durante la reazione di ossidazione (riscaldamento).

## b • La fabbrica della luce

## 1 - L'argomento

Le lucciole emettono luce gialla dal loro addome.

Noi si versano contemporaneamente due soluzioni, una incolore e una celeste, in un imbuto collegato a una spirale di vetro.

Al momento del mescolamento otteniamo l'emissione di una luce (blu) che continua anche durante la discesa nella spirale.

## Una guida per il visitatore

## 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Una soluzione contiene perossido d'idrogeno  $H_2O_2$  al 3% e l'altra luminolo e solfato di rame in ambiente alcalino. La luce emessa è una luce blu di lunghezza d'onda max di 4.850 angstrom ( $10^{-8}$  cm) dovuta alla formazione dello ione amminoftalato a partire dal luminolo.

Infatti il tracciato ottenuto allo spettrofotometro per lo ione amminoftalato e quello relativo alla luminescenza del luminolo sono sovrapponibili.

La reazione proposta è una reazione di ossidazione che, mentre forma ione amminoftalato, libera energia sotto forma di luce blu.

## 20 - Come funziona una candela / Gli acidi più forti del mondo

Lo studio del **funzionamento di una candela** in diverse occasioni ha rappresentato l'inizio del corso di chimica al biennio e quindi il primo impatto per gli studenti con la chimica.

È durato fin anche a un mese ed ha permesso di introdurre tutta una serie di spunti che sono stati poi ripresi nel corso dell'anno scolastico.

"Gli acidi più forti del mondo" è una esperienza nata dalla domanda, frequente da parte degli studenti, su quale sia l'acido più forte di tutti, in assoluto.

In chimica il concetto di forza è molto preciso ed è legato piuttosto alla percentuale di molecole di acido che si ionizzano no in acqua. Più molecole si ionizzano, più l'acido è "forte".

Noi abbiamo accettato di partire dal punto di vista degli studenti assumendo il significato di "forza" proprio del linguaggio non chimico e abbiamo verificato fra tre acidi concentrati, ciascuno capace di dare reazioni clamorose, quale fosse il "campione".

Le nostre prove ci hanno portato al risultato inaspettato che non esiste l'acido "più forte", ma che se uno è in grado di carbonizzare la carta, un altro è inerte con la carta ma distrugge con effervescenza un metallo e così via.

## Gli acidi più forti del mondo

#### 1 - L'argomento

Tre acidi sono messi a contatto rispettivamente con una lastrina di alluminio, una di rame e con un foglio di carta. Dal comportamento si ricava che ogni acido reagisce energicamente con una sola delle tre sostanze e di conseguenza nessuno può essere definito il più forte.

## 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Perchè l'acido solforico non fa niente né all'alluminio né al rame?

Ci si aspetta che un acido attacchi i metalli per ossidazione e l'acido solforico attacca infatti immediatamente sia l'alluminio che il rame, ricoprendoli subito dell'ossido metallico generato.

Ma appena il primo sottilissimo strato di ossido si è formato l'attacco si arresta perchè questi due ossidi hanno la speciale proprietà di aderire con tenacia alle superfici metalliche proteggendole da un successivo attacco.

Su tale comportamento si fonda il motivo per cui un tegame di alluminio viene esposto alla fiamma diretta senza problemi.

Se invece gli acidi (grassi, olii) a contatto con l'alluminio e il rame sono capaci di formare sali solubili, l'attacco allora procede, lentamente, ma procede.

È il caso di contenitori di questi metalli usati impropriamente per conservare cibi nei quali si formano sali di alluminio e rame che sono tossici.

Perchè l'acido solforico carbonizza facilmente la carta?

L'acido solforico ha una grande avidità per l'acqua con la quale reagisce con forte sviluppo di calore e messo a contatto con sostanze contenenti nella molecola atomi di idrogeno e di ossigeno, ha la capacità "predatoria" di aggredire la molecola frantumandone i legami interni in modo da estrarre i componenti con i quali costruirsi le molecole di acqua da assorbire.

La carta è costituita essenzialmente di cellulosa, una enorme molecola formata di atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno e l'acido solforico strappa tutti gli atomi di idrogeno e di ossigeno e quello che rimane è il solo carbone che appare nero, viscido perchè bagnato di acido.

Perchè l'acido cloridrico, HCl sviluppa una effervescenza violenta con l'allumio e non con il rame?

L'arma con cui l'acido cloridrico attacca gli acidi è costituita dal suo ione H<sup>+</sup>.

È nota una scala (la scala dei potenziali standard di ossidazione) che misura l'attitudine di un metallo a privarsi dei suoi elettroni periferici lasciandosi così ossidare. Da questa si ricava che il rame non si lascia ossidare dallo ione  $H^+$ , perciò neanche dall'HCl che invece risulta efficacissimo con l'alluminio.

$$2A1 + 6H^{+} \rightarrow 2A1^{3+} + 3H_{2}$$

Infatti gli ioni  $H^+$  provenienti dall'acido cloridrico tolgono tre elettroni all'atomo di alluminio e lo dissolvono sotto forma di sale (cloruro di alluminio, AlCl<sub>3</sub>) formando contemporaneamente idrogeno ( $H_2$ ) gassoso che provoca l'effervescenza.

Perchè l'acido nitrico, HNO3, ingiallisce la carta?

L'ingiallimento osservato dipende dalla reazione tra l' $HNO_3$  e impurezze di origine proteica presenti nella carta.

La reazione di formazione di questo colorante giallo viene detta "xantoproteica" ed è impiegata a livello analitico per individuare la presenza di proteine in un dato campione.

Perchè mentre l'acido nitrico, HNO3, dissolve il rame esce una nube di fumo marrone?

L'acido nitrico,  $HNO_3$ , è più organizzato dell'HCl: oltre a poter usare gli ioni  $H^+$  come arma ossidante, può servirsi del molto più potente ione nitrato.

$$3Cu + 2NO_3^- + 8H^+ \rightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$$

Lo ione nitrato prende elettroni dal rame dissolvendolo rapidamente e intanto si decompone a sua volta sviluppando il gas incolore NO.

 $Ma\ NO\ a\ contatto\ con\ l'ossigeno\ dell'aria\ si\ ossida\ con\ estrema\ rapidità\ diventando\ NO_2,\ un\ gas\ rosso-bruno\ e\ più\ pesante\ dell'aria.$ 

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$
 gas incolore gas rosso-bruno

Perchè l'aggiunta di acqua fa cambiare colore alla soluzione?

Appena il rame si è dissolto tutto, finisce l'effervescenza e rimane una soluzione color verde.

Il verde è dovuto alla somma di due colori, il celeste tipico dello ione rame e il giallo, componente del colore rosso-bruno del gas  $NO_2$ .

L'aggiunta di acqua scioglie il gas NO2, togliendo la componente cromatica gialla e resta il solo celeste dello ione rame.

# SECONDA PARTE LO SPETTACOLO DI CHIMICA

A - TEMA GUIDA: I CAMBIAMENTI DI COLORE

## a • I cambiamenti di colore degli indicatori acido/base

#### 1 - Le scritte di benvenuto

Spruzzando su un grande foglio di carta bianca un liquido incolore compare una scritta intensamente colorata in fucsia. La scritta è stata realizzata con una soluzione incolore di acido dentro cui è stata sciolta una piccola quantità di **indicatore**. Gli acidi sono abbastanza noti a tutti: sono sostanze aspre e corrosive come il limone, l'aceto, l'acido muriatico (acido cloridrico). Meno conosciute sono invece le basi, sostanze che possono essere altrettanto corrosive come la soda caustica, la calce spenta, l'ammoniaca. Ma ce ne sono anche di più blande come quelle contenute nella cenere o nei digestivi antiacidi. Gli acidi perdono completamente le proprie caratteristiche se li mettiamo a contatto con una base e si trasformano in altri prodotti che possono essere di grande importanza commerciale e che vanno dai medicinali, alle vernici, ai conservanti alimentari, ai concimi sintetici.

Acidi e basi si combinano secondo proporzioni esatte ed è possibile aggiungere le quantità necessarie in modo preciso aggiungendo una piccola quantità di sostanza che cambia bruscamente colore nel momento in cui la trasformazione è completa. Queste sostanze si chiamano **indicatori** e sono estratti vegetali (di cavolo rosso, di fiori, ma ormai anche e specialmente prodotti sintetici studiati per questo scopo).

Noi abbiamo usato l'indicatore fenolftaleina che è incolore finchè resta in ambiente acido, ma che diventa intensamente colorato in fucsia appena si aggiunge una goccia di troppo di soluzione di base.

I messaggi li abbiamo scritti con una soluzione acida (acido cloridrico  $HC1\,0.01\,M$ ) e perciò **incolore** di fenolitaleina e, per farli apparire, abbiamo aggiunto una soluzione basica (idrossido di sodio  $NaOH\,0.1\,M$ ) tramite uno spruzzatore.

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

(le risposte in ultima pagina):

- 1 che cosa pensate che accadrà se dopo aver fatto comparire la scritta spruzzando soluzione di base comincio a spruzzare soluzione di acido?
- 2 Se lasciamo in pace le scritte colorate noteremo che con il passare del tempo cominciano a scolorire spontaneamente, perchè?

### 2 - La fontana chimica

L'ammoniaca è una "base" gassosa.

Per questo motivo si sente così facilmente il suo odore sgradevole durante certe fermentazioni. L'ammoniaca per uso casalingo è una soluzione perchè questo gas è facilmente solubile in acqua.

Certi gas come l'ammoniaca si sciolgono bene nell'acqua e lasciano un "vuoto" capace di aspirare l'acqua dal basso verso l'alto funzionando da pompa e da fontana.

Noi abbiamo pensato di sfruttare questa solubiltà per realizzare una specie di pompa aspirante e costruire una fontana con tanto di zampillo.

Abbiamo disposto due recipienti di vetro (beute) uno sopra l'altro, a clessidra: in quella di sotto una soluzione diluita di

acido con un pò di indicatore (fenolftaleina), quella di sopra riempita di gas ammoniaca lavando il suo interno con una soluzione di ammoniaca concentrata.

Iniettando dentro la beuta superiore acqua distillata, l'atmosfera di ammoniaca gassosa si scioglie nell'acqua e si genera una brusca caduta di pressione tale da aspirare la soluzione acida sottostante.

Si colora in fucsia perchè la fenolftaleina contenuta nell'acqua dello zampillo reagisce con la base (parte di ammoniaca gassosa non ancora disciolta).

È possibile sollevare l'acqua contro la forza di gravità sfruttando la depressione provocata dalla dissoluzione dell'ammoniaca nell'acqua.

Scopo: Osservare una applicazione della solubilità di un gas (ammoniaca).

#### Materiale:

- 1. n° 2 beute da 250 ml
- 2. n° 2 tappi n° 7
- 3. n° 1 siringa da 5ml
- 4. n° 1 tubo di vetro per raccordare le due beute
- 5. soluzione di idrossido di ammonio concentrato
- 6. fenolftaleina

#### Procedimento:

Saturare di gas ammoniaca una delle due beute avvinandola con ammoniaca concentrata e tapparla rapidamente.

Riempire di acqua, contenente alcune gocce di fenolftaleina, l'altra beuta. Montare le due beute a clessidra collegandole con il raccordo di vetro e disponendo in basso la beuta con l'acqua. Prelevare con la siringa 2-3 ml di acqua e iniettarla con la siringa, attraverso il tappo, nella beuta superiore. L'acqua comincerà subito a zampillare dentro la beuta superiore colorandosi per effetto dell'indicatore.

### Sicurezza:

L'ammoniaca è molto pericolosa in particolare per gli occhi, indossare gli occhiali protettivi e lavorare sotto cappa.

## Approfondimenti:

L'idrossido di ammonio concentrato è una soluzione in equilibrio con il gas ammoniaca dentro la bottiglia.

$$NH_3+H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

L'iniezione di acqua permette di solubilizzare una certa quantità di gas ammoniaca, sottraendola all'atmosfera satura circostante. Questa diminuzione comporta una brusca caduta della pressione nella beuta superiore sufficiente a creare un'aspirazione dell'acqua sottostante. Il fenomeno procede finché tutta l'ammoniaca è stata dissolta.

### Qualche domanda (... se ve la sentite!)

- 3 Certe volte la soluzione della beuta di sotto non ce la fa a risalire e a formare lo zampillo. Ci siamo domandati da cosa dipendeva, voi che ne pensate?
- 4 Sapresti progettare una "fontana chimica" che produce uno zampillo di un altro colore?
- 5 Prepara degli estratti riducendo in poltiglia dei campioni di vegetali (foglie di cavolo rosso, fiori, erba etc) pestandoli insieme ad acqua. Filtra il liquido che hai ottenuto. Quali caratteristiche deve avere per poter essere chiamato "indicatore"?

## b • I cambiamenti di colore nei precipitati

## 3 - Precipitati

Il mescolamento di due soluzioni acquose comporta una reazione chimica di precipitazione con la formazione di un composto insolubile proveniente dalla ricombinazione delle sostanze presenti.

Scopo: Ottenere la formazione di composti insolubili in soluzione acquosa

#### Materiale:

- 1. N° 2 provette da batteriologia
- 2. Beuta da 250 ml contenente una soluzione 0.1~M di  $K_2CrO_4$
- 3. Beuta da 250 ml contenente una soluzione 0,1 M di Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- 4. N° 2 contagocce
- 5. N° 2 bacchette di vetro

#### Procedimento:

Versare in una provetta alcuni ml della soluzione di  $K_2CrO_4$  e a questa aggiungere goccia a goccia la soluzione di  $Pb(NO_3)_2$ . Rimescolare con la bacchetta di vetro. Procedere come sopra invertendo le soluzioni.

#### Sicurezza

Le due sostanze utilizzate sono entrambe tossiche, usare le opportune cautele.

#### Approfondimenti:

Il cromato di potassio  $K_2CrO_4$  in soluzione reagisce con l'acqua separandosi in parti elettricamente cariche. Lo stesso avviene con il nitrato di piombo  $Pb(NO_3)_2$ 

$$2K^{+} + CrO_{4}^{2^{-}} + Pb^{2^{+}} + 2NO_{3}^{-} \rightarrow 2K^{+} + 2NO_{3}^{-} + PbCrO_{4} \downarrow$$

Il cromato di piombo PbCrO<sub>4</sub> (precipitato giallo) così ottenuto è impiegato come colorante.

## 4 - Anche le pietre respirano

L'aria che entra nei polmoni contiene il 21% in volume di ossigeno e lo 0,03% di biossido di carbonio. Quella che esce contiene il 15% di ossigeno ed il 5% di biossido di carbonio: noi respiriamo consumando ossigeno e rilasciando nell'ambiente biossido di carbonio che però non vediamo e non possiamo riconoscere nè dal colore (è incolore) nè dall'odore (è inodore).

Con metodi chimici è possibile "vedere" un gas invisibile dalle trasformazioni che provoca in particolari condizioni. Per "vedere" il gas della respirazione (biossido di carbonio, anidride carbonica,  $CO_2$ ) nel respiro umano useremo due metodi:

1° metodo - questo gas è debolmente acido e, aggiunto ad una soluzione di base contenente l'indicatore fenolftaleina, distrugge la base e alla fine fa scomparire il colore fucsia dell'indicatore.

2° metodo - a contatto con una soluzione contenente calce spenta, il biossido di carbonio provoca la formazione di un composto insolubile bianco gelatinoso, il carbonato di calcio.

Sarà sufficiente soffiare con una cannuccia dentro la soluzione con la fenolftaleina fino a scolorarla nel 1° metodo e fino a formare una gelatina bianchiccia (precipitato), nel 2° metodo.

La pietra da calce, riscaldata sopra 800 °C, si decompone e sviluppa un gas che si comporta come quello della respirazione umana (e animale).

Noi usiamo un modo molto più rapido per decomporre la pietra da calce e cioè la mettiamo a contatto con un acido ottenendo una netta effervescenza e lo sviluppo di un gas che di nuovo, testato con i nostri due metodi, dimostra di comportarsi come quello della respirazione umana.

Il "respiro" della pietra oltre a provocare la formazione della gelatina bianchiccia (precipitato) è in grado, dopo poco, di dissolverla completamente e la soluzione torna limpida.

Abbiamo parlato di **respiro** anche della pietra perchè sia gli umani che le pietre emettono un gas che risulta essere lo stesso. Ammettiamo che è certamente discutibile dire che le **pietre respirano**, ma a pensarci bene può sembrare molto più strano dover ammettere che questa pietra (che poi è estremamente diffusa, dai ciottoli dei giardinetti, al travertino, marmo, alle rocce dolomitiche) è come se contenesse quel gas bloccato in qualche modo misterioso nella sua struttura. Per non dire del fatto che la gelatina bianchiccia che si ottiene col 2° metodo ha la stessa esatta composizione del marmo e del travertino.

L'acido cloridrico libera dalle pietre calcaree un gas che viene identificato con due reazioni chimiche. Si tratta del biossido di carbonio. Le stesse reazioni applicate al respiro umano dimostrano che in esso è presente lo stesso gas.

**Scopo:** Confrontare le caratteristiche del gas sviluppato per trattamento delle pietre calcaree con acido con quello emesso durante la respirazione.

### Materiale:

- 1. Bottiglia a due colli da 500 ml
- 2. Imbuto separatore da 200 ml
- 3. Tubo di raccordo
- 4. Beuta da 500 ml con tappo di gomma
- 5. Travertino frantumato in piccoli pezzi
- 6. Soluzione basica
- 7. Soluzione satura di idrossido di calcio
- 8. Fenolftaleina
- 9. N° 2 pipette tarate
- 10. Acido cloridrico
- 11. Provette

#### Procedimento:

Introdurre i pezzi di travertino nella bottiglia a due colli fino a ricoprirne il fondo. Montare l'imbuto separatore nel foro centrale e il raccordo nel foro laterale. Facendo attenzione che il rubinetto sia chiuso, introdurre l'acido cloridrico nel-l'imbuto.

Far pescare l'estremità del raccordo in una provetta contenente soluzione basica con fenolftaleina. Si sviluppa un'effervescenza che provoca il gorgogliamento nella provetta. Proseguire fino a completa decolorazione della soluzione nella provetta stessa

Ripetere usando invece della soluzione basica una soluzione limpida di acqua di calce (idrossido di calcio).

Dopo la formazione del precipitato proseguire ancora fino alla sua completa dissoluzione. Ripetere le stesse operazioni usando una pipetta con la quale soffiare nelle soluzioni.

## Una guida per il visitatore

## Approfondimenti:

Nella prima esperienza l'aggiunta del gas emesso dal travertino equivale all'aggiunta di un gas con deboli caratteristiche acide che reagisce con la base  $CO_2+H_2O \rightarrow H^++HCO_3$  neutralizzandola. In eccesso di  $CO_2$  la reazione della soluzione diventa acida con la conseguente decolorazione della fenolftaleina. Nella seconda esperienza l'aggiunta del gas emesso dal travertino provoca la netta formazione di un precipitato di carbonato di calcio:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow Ca CO_3 + H_2O$$

L'eccesso di  $CO_2$  provoca la dissoluzione di questo precipitato in quanto lo trasforma in bicarbonato di calcio, solubile in acqua:

$$Ca CO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

- 6 Le pietre calcaree (Ca CO<sub>3</sub>) non contengono veramente del "gas bloccato", ma allora da dove viene questo biossido di carbonio?
- 7 Quando si fa il vino si nota una effervescenza (la "bollitura") mentre il mosto fermenta. L'effervescenza è provocata sempre dallo stesso gas, il biossido di carbonio. Qual'è il meccanismo del "respiro" dell'uva?

## 5 - Il gas estintore

La fiamma di una candela può essere spenta versandoci sopra il diossido di carbonio.

Il gas della respirazione ha una densità maggiore di quella dell'aria e si stratifica nei recipienti. Non è combustibile e versato sulla fiamma, la spegne perchè la copre e impedisce il contatto con l'ossigeno.

#### 1 - L'argomento

Il gas sviluppato dal contatto tra un acido e il travertino può essere raccolto in un recipiente.

Se viene versato sopra una candela accesa e posta dentro un becher la spegne.

Ogni tentativo di riaccenderla fallisce, a meno che prima non si versi fuori il gas dal becher.

L'anidride carbonica (diossido di carbonio) è un gas incolore, inodore che si libera per trattamento con acidi di certi solidi quali il travertino, il marmo, il bicarbonato di sodio o il guscio d'uovo. Una sua particolarità è quella di non essere combustibile ed essendo più pesante dell'aria può scacciarla impedendo all'ossigeno in essa contenuto di alimentare una combustione.

Scopo: Esaminare l'effetto dell'anidride carbonica sulla fiamma di una candela.

### Materiale:

- 1. Bottiglia a due colli da 500 ml
- 2. Imbuto separatore da 200 ml
- 3. Tubo di raccordo
- 4. Beuta da 500 ml con tappo di gomma
- 5. Becher da 600 ml
- 6. Candela
- 7. Travertino frantumato in piccoli pezzi
- 8. Fiammiferi

#### Procedimento:

Introdurre i pezzi di travertino nella bottiglia a due colli fino a ricoprirne il fondo, sistemare tutti i raccordi. Capovolgere la beuta piena d'acqua, tappata, nel becher riempito per la metà circa. Collegare il raccordo, aggiungere l'acido facendo gorgogliare il gas all'interno della beuta. Quando tutta la beuta è piena di gas, tapparla sotto il livello dell'acqua e poggiarla sul tavolo. Accendere la candela e posizionarla all'interno del becher in modo che la fiamma si trovi sotto il bordo del becher. Versare ora il contenuto della beuta nel becher con movimento brusco.

#### Sicurezza:

L'acido cloridrico è corrosivo, aggressivo per le vie respiratorie e per gli occhi. Indossare i guanti e gli occhiali. Tenere a portata di mano una soluzione di base diluita (antiacido).

### Approfondimenti:

Il travertino, il marmo e il guscio d'uovo sono formati da CaCO<sub>3</sub>, per reazione con acido cloridrico si sviluppa anidride carbonica secondo la reazione:

$$CaCO_3 + 2 HC1 \rightarrow CO_2 \uparrow + CaCl_2 + H_2O$$

Tutte le reazioni di combustione, compresa quella della candela, richiedono la presenza di ossigeno quale comburente. La  $\mathrm{CO}_2$  può, a causa della sua densità, sostituire l'aria del becher impedendo il contatto tra la fiamma e l'ossigeno. Un tipo diffuso di estintori è ad anidride carbonica.

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

8 - Perchè la candela si spegne facendo il gesto di versare da un recipiente vuoto?

Il recipiente non è vuoto, ma è stato riempito da un gas invisibile che ha scacciato l'acqua dal recipiente rovesciato (raccolta idropneumatica di un gas).

Il gas è lo stesso del respiro, sviluppato dal contatto tra un acido e il travertino.

$$CaCO_3$$
 + 2 HC1  $\rightarrow$   $CaCl_2$  +  $H_2O$  +  $CO_2$  diossido di carbonio

Una proprietà speciale di questo gas, il  $CO_2$ , è quella di essere più denso dell'aria. Perciò quando viene versato sulla candela accesa, prima riempie il becher (bicchiere di vetro) scacciando l'aria, poi sale fino a sommergere la fiamma e spegnerla per soffocamento.

In assenza totale di correnti d'aria è possibile travarsarlo da un recipiente ad un altro come se fosse un liquido.

9 - Perchè il fiammifero acceso si spegne a contatto con lo stoppino della candela?

L'invisibile gas CO<sub>2</sub> riempie il becher fino all'orlo.

Quando il fiammifero acceso cala verso lo stoppino sprofonda nel gas che ha scacciato tutta l'aria, compreso l'ossigeno. Allora il fiammifero si spegne subito soffocato proprio dalla mancanza di ossigeno.

## c • I colori degli scambi di elettroni

### 6- Il genio della bottiglia (la notte chimica)

### 1 - L'argomento

Una reazione chimica a tempo, la reazione di Landolt (1880): una soluzione incolore, dopo l'aggiunta di un'altra soluzione incolore non mostra alcun cambiamento, ma dopo meno di un minuto diventa improvvisamente blu intenso.

#### 2 - Che cosa è successo

Un recipiente contiene iodato di potassio 0,10 M (soluzione incolore).

L'altro contiene bisolfito di sodio.

La reazione è influenzata da diversi fattori (temperatura, pH, concentrazioni) e si sviluppa attraverso diversi stadi.

Prima avviene la riduzione dello iodato ad opera del bisolfito (1). Gli ioni ioduro così formati sono ossidati dal rimanente iodato e diventano ioni triioduro (2) che sarebbero in grado di dare la colorazione blu subito. Questo non avviene perchè la reazione (3) è talmente rapida che il bisolfito riduce lo ione triioduro a ioduro prima che questo riesca a legarsi all'amido per formare il complesso colorato.

Appena però l'ultima traccia di bisolfito viene consumata la reazione (4) ha immediatamente luogo.

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

10 - L'amido è contenuto nella farina, nella pasta, nel pane. Fai bollire una punta di cucchiaio di farina in un bicchiere d'acqua per qualche minuto.

Quando è fredda aggiungi poche gocce di iodosan: otterrai una netta colorazione azzurra! Trova le condizioni per la migliore riuscita di questo esperimento (filtrare l'amido, cambiare le quantità ...).

# B - TEMA GUIDA: GLI SCAMBI DI ENERGIA

## 7 - Calore da una pila scarica

L'alluminio reagisce prontamente con l'ossigeno dell'aria, ma il risultato è la formazione di uno strato di ossido aderente al metallo che lo ricopre e protegge da un ulteriore contatto bloccando subito la reazione. Per questo motivo una pentola di alluminio può stare sul fuoco senza problemi.

Noi abbiamo introdotto tra gli atomi di alluminio superficiali quelli di mercurio recuperati dalla pila a bottone ostacolando la formazione dello strato aderente di ossido.

La reazione, proibita in precedenza, avviene e sviluppa calore mentre l'alluminio viene alterato.

Il mercurio, uno degli elementi più tossici e più diffusi, è presente nelle pile a bottone. Recuperandolo con un semplice trattamento chimico è ancora possibile ricavare una quantità di calore sufficiente a portare un foglio di alluminio ad una temperatura prossima ai 100°C

Scopo: Mostrare un metodo semplice per la ricerca di tracce di mercurio.

### Materiali utilizzati:

- 1. Pile a bottone del tipo Hg-Zn
- 2. Foglio di alluminio per uso alimentare
- HNO<sub>3</sub> concentrato
- 4. Becher da 100 ml, bacchetta in vetro e imbuto
- 5. Carta da filtro
- 6. Acqua distillata
- 7. Termometro (0-150 °C)
- 8. Alcool etilico.

### Preparazione della soluzione di Hg(II)

Dopo aver aperto la pila (con un paio di pinze) si estrae la miscela solida contenente Hg, HgO e grafite e la si pone in un becher. Si aggiunge poi 1ml di  $HNO_3$  concentrato agitando e, dopo alcuni minuti, 10ml di acqua distillata. Si decanta e il surnatante che contiene lo ione Hg(II) viene utilizzato nell'esperimento. Un foglio di alluminio, previamente sgrassato con alcol etilico, viene fatto aderire con cura al bulbo di un termometro e immerso nella soluzione di mercurio (II) per alcuni secondi. Si estrae, si asciuga con carta da filtro e si espone all'aria. La temperatura sale rapidamente fino a 80-100~ °C e si formano fiocchi di ossido di alluminio idrato, di colore bianco.

#### Sicurezza:

Il mercurio ed i suoi composti sono tossici. Usare le opportune cautele, al termine della esperienza raccogliere i fogli di Al trattati con la soluzione di Hg(II) ed eliminarli dissolvendoli in HCl concentrato.

## Approfondimenti:

La reazione di ossidazione è attivata dalla formazione dell'amalgama di Al. L'ossido di alluminio si idrata immediatamente con l'umidità dell'aria secondo questo schema di reazione:

$$4 \text{ Al} + 3 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ Al}(\text{OH})_3 + \text{QKcal}$$

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

11 - Sai trovare altri modi per rivelare il calore prodotto durante questa esperienza?

12 - L'alluminio è stabile all'aria e resiste al fuoco, ma sapresti trovare un altro modo per renderlo invece facilmente reattivo?

## 8 - L'uovo esplosivo

Il gas biossido di carbonio,  $CO_2$  spegne la fiamma. Il gas metano invece la alimenta e, in opportune percentuali di mescolanza con l'aria, esplode. Questa proprietà è all'origine della drammatica distruzione di appartamenti conseguenti a "fughe" di questo gas che è il gas combustibile di uso domestico.

Anche il gas idrogeno brucia e, in certe proporzioni con l'aria, esplode.

Dopo il disastro dell'esplosione in volo del dirigibile Hindenburg, riempito di idrogeno, questo gas è stato sostituito con l'elio, gas altrettanto leggero, ma inerte e perciò sicuro).

Al dirigibile noi abbiamo sostituito un guscio d'uovo e abbiamo studiato le condizioni per riempirlo di idrogeno e farlo esplodere.

Avvicinando un fiammifero ad un guscio d'uovo, precedentemente riempito di gas idrogeno, si provoca una fragorosa esplosione che lo frantuma.

#### Una guida per il visitatore

Scopo: Controllare le condizioni in cui avviene l'esplosione di un gas infiammabile.

#### Materiale:

- 1. Guscio d'uovo vuoto
- 2. Apparecchio per la produzione dell'idrogeno
- 3. Vaschetta con sabbia

#### Procedimento:

Svuotare l'uovo praticando due fori all'estremità. Sigillare con lo scotch uno dei due fori. Immettere con un capillare il gas idrogeno all'interno dell'uovo tenendolo rovesciato, in quanto l'idrogeno è più leggero dell'aria. Posizionare l'uovo sulla vaschetta piena di sabbia tenendo verso l'alto l'apertura. Avvicinare rapidamente un fiammifero acceso al foro.

#### Sicurezza

Indossare gli occhiali. Ricordare che si possono formare miscele esplosive anche nelle apparecchiature di produzione dell'idrogeno (tenerle lontano dalle fiamme).

## Qualche domanda (... se ve la sentite!)

- 13 Conosci altri usi importanti del gas idrogeno?
- 14 Il gas metano si trova anche in natura. Sai dove si trova e quali disastri può provocare?

#### 9 - Le molecole della luce

#### 1 - L'argomento

Le lucciole emettono luce gialla dal proprio addome, a intermittenza. Anche i pesci delle profondità dell'oceano emettono luce e così fanno certi insetti.

La luminosità è dovuta a reazioni chimiche nelle quali l'energia sviluppata viene liberata sotto forma di una radiazione luminosa che, in questa esperienza, ha una lunghezza d'onda intorno ai 4.800 angstrom ed è avvertita dal nostro occhio come sensazione di azzurro.

Per imitare a modo nostro le lucciole scegliamo un addome davvero artificiale, una spirale di vetro. Versiamo contemporaneamente due soluzioni, una incolore e una celeste, in un imbuto collegato a questa spirale. Al momento del mescolamento si provoca l'immediata emissione di una luce (blu) che continua anche durante la discesa.

#### 2 - La spiegazione di quello che avete visto

Una soluzione (quella incolore) contiene perossido d'idrogeno  $H_2O_2$  al 3% e l'altra luminolo e solfato di rame in ambiente alcalino.

La luce emessa è una luce blu di lunghezza d'onda max di 4.850 angstrom (10-8 cm) dovuta alla formazione dello ione amminoftalato a partire dal luminolo.

Infatti il tracciato ottenuto allo spettrofotometro per lo ione amminoftalato e quello relativo alla luminescenza del luminolo sono sovrapponibili.

La reazione è una reazione di ossidazione durante la quale si forma lo ione amminoftalato. L'energia scambiata in questo processo si manifesta sotto forma di luce blu.

## Risposte alle domande

#### a • Domande sui pannelli della mostra

1 - Possiamo farvi una domanda molto curiosa?

Secondo voi, visto che la materia non si distrugge, dov'è andata a finire quella quasi mezza tonnellata di pietra da calce?

#### ... e risposte

Veramente è più curiosa la risposta che la domanda. Se andate a spasso per il tracciato del diagramma a blocchi scoprirete che la mezza tonnellata circa (439,70 Kg per l'esattezza) sono andati via sotto forma di un gas (gli antichi dicevano "un'aria"), il diossido di carbonio.

#### b • Domande sullo spettacolo di chimica

Come si fa a "rispondere".

Secondo noi il modo più corretto per rispondere a queste domande è prima di tutto di ragionare su quello che si è detto e fatto per cercare così una possibile risposta logica e coerente con quanto già visto.

Il secondo momento è di andare in laboratorio e di provare a verificare in pratica quello che si era previsto.

Alla fine vedete qua sotto se siete d'accordo con le nostre risposte.

Se non siete d'accordo con noi parliamone e mandateci le vostre osservazioni inviandole a E mail: berretti@tin.it.

1 - Che cosa pensate che accadrà se dopo aver fatto comparire la scritta spruzzando soluzione di base comincio a spruzzare soluzione di acido?

## ... e risposte

L'aggiunta di soluzione di acido provocherà la scomparsa della scritta. Anzi sarà possibile, alternando spruzzate di soluzione acida e di soluzione di base, far apparire e scomparire il messaggio.

2 - Se lasciamo in pace le scritte colorate noteremo che con il passare del tempo cominciano a scolorire spontaneamente, perchè?

## ... e risposte

Da quanto abbiamo imparato dalla domanda (1) possiamo dire che la scritta deve essere a contatto con "qualcosa di acido" che tende a cancellarla.

Questo "qualcosa" (vedi "le pietre respirano" e "il gas estintore") è un componente dell'atmosfera, il diossido di carbonio, che ha caratteristiche di debole acido.

3 - Certe volte la soluzione della beuta di sotto non ce la fa a risalire e a formare lo zampillo. Ci siamo domandati da cosa dipendeva, voi che ne pensate?

## ... e risposte

Ci sono capitati diversi "incidenti" e dipendevano da:

a/ il tappo di gomma non era chiuso a tenuta

b/ abbiamo aspettato troppo tempo con l'ammoniaca gassosa già dentro

c/ la quantità di soluzione di ammoniaca concentrata adoperata era troppo scarsa

d/ la soluzione di ammoniaca non era abbastanza concentrata

4 - Sapresti progettare una "fontana chimica" che produce uno zampillo di un altro colore?

#### ... e risposte

Basta cambiare la fenolftaleina sostituendola con altri indicatori.

5 - Prepara degli estratti riducendo in poltiglia dei campioni di vegetali (foglie di cavolo rosso, fiori, erba etc) pestandoli insieme ad acqua. Filtra il liquido che hai ottenuto. Quali caratteristiche deve avere per poter essere chiamato "indicatore"?

#### ... e risposte

Per poterlo chiamare "indicatore" il liquido ottenuto deve essere colorato e deve assumere un colore a contatto con gli acidi e un altro nettamente diverso con le basi (provalo versandone una piccola quantità in una soluzione di bicarbonato (base) e poi in una soluzione di acido (succo di limone, aceto bianco).

6 - Le pietre calcaree (CaCO<sub>3</sub>) non contengono veramente del "gas bloccato", ma allora da dove viene questo biossido di carbonio?

#### ... e risposte

Nelle molecole gli atomi sono disposti nello spazio in un modo definito e quando avviene una trasformazione chimica sono gli stessi atomi (specie e numero) che si spostano e si riarrangiano in un modo differente.

Gli atomi che servono a costituire il diossido di carbonio sono contenuti nella molecola  $CaCO_3$  dove occupano posizioni ed esercitano legami del tutto differenti.

Cerca di riconoscere come sono diversamente raggruppati gli stessi atomi confrontando prima della reazione (a sinistra) e dopo la reazione (a destra).

$$CaCO_3 + 2 HC1 \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

7 - Quando si fa il vino si nota una effervescenza (la "bollitura") mentre il mosto fermenta. L'effervescenza è provocata sempre dallo stesso gas, il biossido di carbonio. Qual'è il meccanismo del "respiro" dell'uva?

### ... e risposte

Nel mosto si liberano (dalla buccia) dei microrganismi che sono dei lieviti (miscela di un certo numero di diversi enzimi, sostanze proteiche che accelerano i processi biologici) del gruppo saccaromyces. Attraverso una serie lunga e complessa di reazioni gli enzimi trasformano gli zuccheri dell'uva in alcol etilico e diossido di carbonio.

Anche in questo caso, come nel precedente ( $n^{\circ}$  6), la  $CO_2$  si forma per spostamento e riaggregazione degli atomi necessari estraendoli in questo caso dalla molecola dello zucchero.

$$C_6H_{16}O_6$$
  $\rightarrow$  2  $CH_3$ - $CH_2$ -OH + 2  $CO_2$  + energia zucchero alcol etilico diossido di carbonio

L'effervescenza (il "respiro" dell'uva) è dovuto all'emissione di questo gas.

8 - Perchè la candela si spegne facendo il gesto di versare da un recipiente vuoto?

#### ... e risposte

Il recipiente non è vuoto, ma è stato riempito da un gas invisibile che ha scacciato l'acqua dal recipiente rovesciato (raccolta idropneumatica di un gas).

Il gas è lo stesso del respiro, sviluppato dal contatto tra un acido e il travertino.

$$CaCO_3 + 2 HCI \rightarrow CaCI_2 + H_2O + CO_2$$
  
travertino diossido di carbonio

Una proprietà speciale di questo gas, il  $CO_2$ , è quella di essere più denso dell'aria. Perciò quando viene versato sulla candela accesa, prima riempie il becher (bicchiere di vetro) scacciando l'aria, poi sale fino a sommergere la fiamma e spegnerla per soffocamento.

In assenza totale di correnti d'aria è possibile travarsarlo da un recipiente ad un altro come se fosse un liquido.

9 - Perchè il fiammifero acceso si spegne a contatto con lo stoppino della candela?

#### ... e risposte

L'invisibile CO<sub>2</sub> riempie il becher fino all'orlo.

Quando il fiammifero acceso cala verso lo stoppino sprofonda nel gas che ha scacciato tutta l'aria, compreso l'ossigeno. Allora il fiammifero si spegne subito soffocato proprio dalla mancanza di ossigeno.

10 - L'amido è contenuto nella farina, nella pasta, nel pane. Fai bollire una punta di cucchiaio di farina in un bicchiere d'acqua per qualche minuto. Quando è fredda aggiungi poche gocce di iodosan: otterrai una netta colorazione azzurra! Trova le condizioni per la migliore riuscita di questo esperimento (filtrare l'amido, cambiare le quantità ...).

#### ... e risposte

Le variabili da controllare sono

- la concentrazione (prendi un solo cucchiaio di soluzione di amido e aggiungi 3-4 gocce di iodosan)
- la limpidezza: prima di filtrare lascia riposare per una notte così la parte insolubile va tutta al fondo. Filtra con carta scottex e ogni tanto sostituiscila perchè l'amido tende ad otturare i pori della carta.
- la temperatura: scaldando una soluzione azzurra il colore scomparirà. Lasciandola raffreddare ricompare.
- 11 Sai trovare altri modi per rivelare il calore prodotto durante questa esperienza?

#### ... e risposte

- si può avvolgere con il foglio di alluminio il fondo di un becker e scaldare una certa quantità di acqua
- si può immergere nell'acqua un uovo e farlo alla coque
- 12 L'alluminio è stabile all'aria e resiste al fuoco, ma sapresti trovare un altro modo per renderlo invece facilmente reattivo? ... e risposte

Il modo più semplice è quello di polverizzare l'alluminio. Se la polvere è abbastanza fine può addirittura bruciare o (ATTENZIONE!) esplodere.

13 - Conosci altri usi importanti del gas idrogeno?

### ... e risposte

L'idrogeno viene usato nella fiamma ossidrica: si usano due bombole, una di gas idrogeno e una di gas ossigeno che entrano nello stesso cannello e si mescolano sulla punta dove vengono accesi.

Dalla loro combinazione si forma acqua e si sviluppa una grande quantità di calore.

$$2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O + Q Kcal$$

14 - Il gas metano si trova anche in natura. Sai dove si trova e quali disastri può provocare?

#### ... e risposte

Il gas metano si forma spontaneamente durante numerose putrefazioni e si presenta sotto forma di bollicine in certe paludi. Si trova anche intrappolato nel sottosuolo a formare immensi giacimenti.

Si può trovare in miniere dove alla minima scintilla può esplodere con conseguenze drammatiche (grisou).

## Bibliografia

#### Libri

- 1) Roesky K. Möckel, "Chemical Curiosities" V C H, Weinheim Federal Republic, 1996
- 2) Blecha M.T., "Chemical demonstrations proceedings" Western Illinois University, Macomb Illinois, 1981
- Chen P.S., "Entertaining and educational chemical demonstrations" Chemical elements Publishing Co, Camarillo California, 1974
- 4) Mitchell, J., "Some classroom procedures" in J. R. Baird and J. R. Northfield (eds). Learning from the Peel Experience (Milton Keynes Open Univ Press) 1992
- 5) Novak J. D. "Learning how to learn" (Cambridge; Cambridge Univ Press) 1984
- 6) Pfundt. H., "Bibliography: students' alternative frameworks and science education" (Kiel: Inst for science education, Univ of Kiel) 1994
- 7) Shakhashiri B.Z., "Chemical demonstrations, A handbook for teachers of chemistry", 1985 The Universit of Wisconsin Press
- 8) White, R.T., "Learning science" (Oxford: Blackwell) 1988

#### Articoli

- 9) Bailey P.S., J.Chem.Educ. 1975, 52,524-25 (producing a chemistry magic show)
- 10) Epstein I.R., Patterns in time and space generated by chemistry, Chemical and Engineering news, march 30, pag 24-36, 1989
- 11) Floriano M.A., Chimica nella Scuola, sett-ott 4, 8, 1993 La magia della chimica, uno spettacolo di colori e reazioni, Univ. di Palermo
- 12) Hofstein, A., The role of the laboratory in science teaching, Review of ed research, 52, 201 17 1982
- 13) Watson, R., The effect of practical work on students' understanding of combustion, J of reasearch in science teaching 32,487-502 1995
- 14) Decet F., Come utilizzare in laboratorio una pila scarica e un foglio di alluminio CnS Marzo 1988
- 15) Debegnach M., Cristalli in natura cristalli in laboratorio, MUSIS 1997

## Video

16) Manzelli P., Le reazioni chimiche oscillanti, Università di Firenze, Centro didattico televisivo, Videoteca di Ateneo, programma 247/A

# INDICE

Introduzione (Prof. L. Campanella)	pag. 3	II parte: lo spettacolo di Chimica	pag. 50
Che cos'è la Chimica Spettacolare	pag. 5	A - Tema guida: I cambiamenti di colore	pag. 50
Istruzioni per l'uso	pag. 7	<ul> <li>a • I cambiamenti di colore degli indicatori acido/base</li> </ul>	pag. 50
I parte: il contenuto dei pannelli	pag. 8	1 - Le scritte di benvenuto  Qualche domanda se ve la sentite	pag. 50 pag. 50
1 - Benvenuti alla Mostra sulla "Chimica Spettacolare"	pag. 8	2 - La fontana chimica  Qualche domanda se ve la sentite	pag. 50 pag. 51
<ul> <li>2 - Il fascino della materia</li> <li>3 - Il sogno dell'uomo di controllare la natura</li> <li>4 - Chimica ieri</li> <li>5 - Apparecchi di laboratorio</li> <li>6 - La nascita della chimica moderna</li> <li>7 - Chimica oggi</li> <li>8 - Il modo di ragionare dei chimici</li> <li>9 - Di cosa è fatta una sostanza</li> <li>10 - Il concetto di "purezza" in Chimica Alcune sostanze pure</li> <li>11 - Didattica e spettacolarità</li> <li>Becherentola</li> <li>Itre becherini</li> <li>12 - Altalena chimica</li> <li>Alcuni acidi e basi di uso comune</li> <li>13 - Magia dei colori</li> <li>14 - Anche le pietre respirano</li> <li>15 - Il gas estintore</li> <li>Note di un CD Rom</li> <li>16 - La fontana chimica</li> <li>17 - Carbone dallo zucchero</li> <li>18 - L'energia di un uovo</li> <li>19 - Calore di una pila scarica / la</li> </ul>	pag. 10  pag. 12  pag. 14  pag. 17  pag. 17  pag. 20  pag. 22  pag. 22  pag. 27  pag. 28  pag. 29  pag. 30  pag. 31  pag. 33  pag. 34  pag. 36  pag. 38  pag. 40  pag. 42  pag. 42  pag. 42  pag. 43  pag. 43  pag. 45	b • Cambiamenti di colore nei precipitati 3 - precipitati 4 - Anche le pietre respirano Qualche domanda se ve la sentite 5 - Il gas estintore Qualche domanda se ve la sentite c • I colori degli scambi di elettroni 6 - Il genio della bottiglia (la notte chimica) Qualche domanda se ve la sentite  B - Tema guida: gli scambi di energia 7 - Calore da una pila scarica Qualche domanda se ve la sentite 8 - L'uovo esplosivo Qualche domanda se ve la sentite 9 - Le molecole della luce Risposta alle domande a • Domande sui pannelli della mostra b • Domande sullo spettacolo di chimica Biblografia	pag. 52 pag. 52 pag. 52 pag. 54 pag. 54 pag. 56 pag. 57 pag. 58 pag. 58 pag. 58 pag. 58 pag. 58 pag. 59 pag. 59 pag. 50
fabbrica della luce  20 - Come funziona una candela / Gli acidi più forti del mondo	pag. 47 pag. 48		

Impaginazione e Grafica

STUDIO 22 s.r.l. e-mail: ventudu @ tin.it

Stampa La Nuova Poligrafica

finito di stampare nel mese di aprile 1999