

MODULO 1

MATERIA (Concetti di Base)

OBIETTIVO:

Consigli generali sulla comunicazione
Introduzione allo studio della materia

TARGET PRINCIPALE:

Scuola elementare e media

TEORIA:

Introduzione

Poiché ritengo che molti di voi stanno cominciando a leggere proprio questo modulo, primo fra tutti gli altri, se non altro per ragioni progressive, voglio cominciare, sperando di non annoiarvi, a proporvi da subito idee ed eventuali rotte operative per fare quello che io ritengo fin d'ora definire una buona formazione. In parole diverse, voglio cominciare a parlarvi del mio metodo di lavoro, rompendo il ghiaccio senza indugio e sperando sulla vostra benevolenza nell'ascoltarmi.

Qualche volta potreste avvertire nella lettura del testo, un tono un po' paterno o da esperto. Vi chiedo di scusarmi. È l'entusiasmo che mi porta ad assumere un comportamento viziato da queste infondate pretese. Mentre scrivo queste righe mi comporto un po' come se tutti voi che mi leggete foste miei allievi. So bene che questo non è vero, ma devo fare finta che sia così per avere il coraggio necessario per continuare a svolgere il mio, momentaneo, compito di autore.

La Materia:

Un esempio di come mettere a frutto un'esposizione molto incisiva, per quanto riguarda una lezione che prevede la trattazione introduttiva della materia e del mondo degli atomi, può essere realizzato in modo relativamente semplice con l'uso di poco materiale. Voglio in queste righe descrivervi un metodo che fornisce indubbiamente notevoli soddisfazioni in termini di didattica. Questa idea comunicativa, estremamente semplice come principio e che può essere guardata con sufficienza da un anziano oratore che ha trascorso centinaia e centinaia di ore in aule gremite di folla o in platee brulicanti di novizi allievi, è ciò che realmente fa la differenza. A volte, semplici divagazioni o percorsi comunicativi arricchiti di motivi interessanti, creano condizioni di maggior coinvolgimento della platea e migliorano la didattica. Vi avevo promesso che oltre alla descrizione di apparati sperimentali vi avrei fornito dei suggerimenti e dei consigli che scaturiscono dalla mia lunga esperienza formativa, ebbene ecco un valido esempio di come un bravo insegnante può rendere meno monotona una lezione introduttiva sulla materia e sul mondo degli atomi.

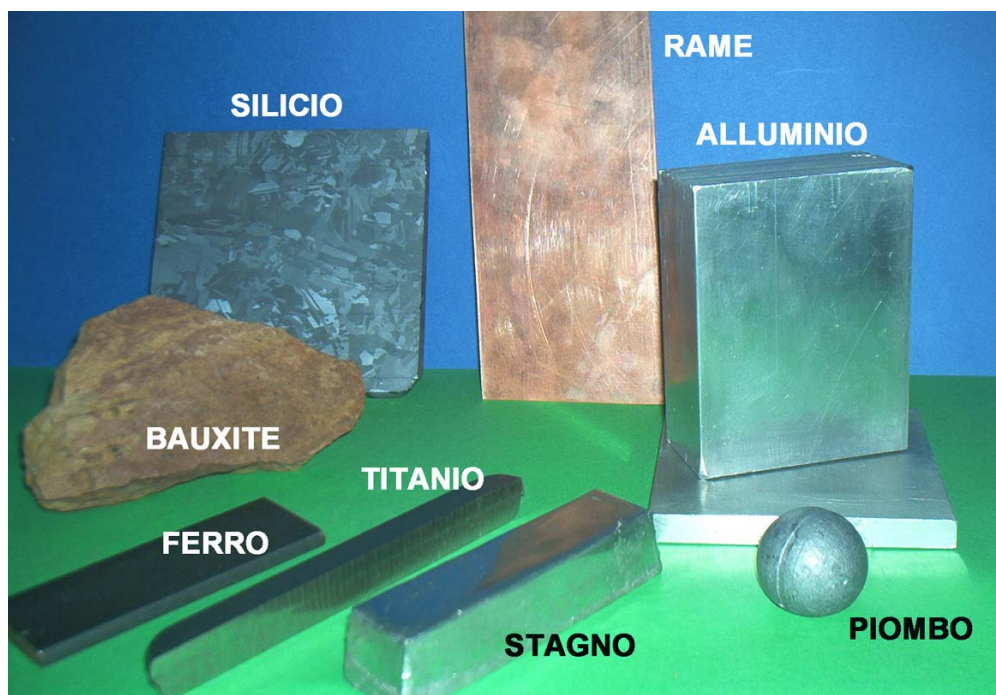


Fig. 0.1 - Esempi di materiali -

Innanzitutto bisogna munirsi di pezzi di materiali diversi. Questi materiali devono essere costituiti da volumi sufficientemente estesi per essere visti facilmente da tutta la platea dei discenti. Quello che voglio dire è che non dovete presentare in aula materiali con taglio troppo piccolo. Oggetti della dimensione di un bottone attraggono l'attenzione degli astanti molto meno di oggetti di taglio più elevato. Vi consiglio materiali sottoforma di lastre o listelli ove è possibile. Come esempio potreste ricorrere a pezzi di ferro, alluminio, rame, piombo, vetro, plastica, pezzi di carbone, rocce o pietre rispetto alle quali avrete premura di documentarvi in modo da conoscere perfettamente la composizione mineralogica. Risulta molto suggestiva la possibilità di disporre anche di materiale meno noto dalla platea degli ascoltatori come: tungsteno, molibdeno e qualche minerale particolare. Durante le mie lezioni portavo in aula, oltre al materiale citato, un lingotto di stagno, un lingottino di widia (carburo di tungsteno), del quarzo, un pezzo di silicio puro, una roccia di bauxite e un frammento di meteorite. Non a caso quest'ultimo oggetto è risultato tremendamente avvincente come attrattiva, consentendo quell'aumento di attenzione degli astanti che ha potuto produrre aperture di pensiero molto affascinanti sulla materia e sulle origini dell'universo.

A questo punto per essere veramente completi può essere utile disporre anche di una lavagna luminosa con slides a colori, già preparate precedentemente, che illustrino la struttura degli atomi o qualsiasi immagine o tabella (esempio la tavola periodica degli elementi) necessaria per l'esposizione.

È mia consuetudine assumere in aula, una condotta operativa che si basa sul movimento. Non riesco a stare troppo tempo fermo sul pulpito o

dietro ad una cattedra. Non sto assolutamente dicendo che questo costituisca una virtù da parte dell'insegnante, ne' che il mio comportamento sia preferibile. Mi rendo conto che questo modo di fare è una caratteristica mia personale, un fattore genetico per dirla come se fosse una malattia. Tuttavia, per contrapposto, posso dirvi che l'immobilità eccessiva del docente determina condizioni di staticità oratoria che penalizzano fortemente il meccanismo di apprendimento della platea. Ricordatevi che l'attenzione umana è vivacissima quando ci sono variazioni nell'ambiente. Ovviamente queste non devono essere troppo elevate, ma una certa dose di ritmo, vi garantisco, è importante. Quindi, muoversi tra un apparecchio audiovisivo e l'altro, tra una lavagna luminosa o una di ardesia, vi consente di essere meno monotoni e inoltre, scherzosamente vi dico, fate anche un po' di moto.

Tornando al nostro materiale, che certamente abbiamo trasportato in una valigetta, deve essere riposto sulla cattedra in modo ben visibile. Fra tutti gli esempi di sostanze o elementi portati, dovrete scegliere quelli più caratteristici o utili per la vostra trattazione.

Il mio personale consiglio, per quanto riguarda una siffatta lezione offerta ad un pubblico di giovani leve di scuola media o elementare, è basare l'azione comunicativa sull'osservazione diretta dei materiali tra i banchi degli ascoltatori. Muovendovi tra i presenti (cercando di raggiungere anche le postazioni più lontane dal pulpito), vi preoccuperete di mostrare tutti i materiali elencati precedentemente. È importante sottolineare anche la possibilità di permettere ai giovani ascoltatori di toccare con mano gli oggetti in modo da pesare il materiale con le loro mani, sentire la sensazione che ogni materiale produce facendolo scivolare sotto le loro dita, vedere il colore, l'opacità o l'eventuale trasparenza. L'intento è attirare l'attenzione degli astanti alle molteplici diversità che possono nascere dall'aggregarsi degli atomi e delle molecole. In modo più specifico, far comprendere la differenza fra materiali costituiti da atomi identici e materiali costituiti da leghe o composizioni particolari. Diventa indispensabile effettuare un'esposizione multidisciplinare che illustra, anche su grandi linee, la formazione di una roccia, la sua composizione, i vari tipi di atomi, alcune caratteristiche dei materiali, l'uso svolto da questi nella vita di tutti i giorni ed eventualmente l'impatto ambientale prodotto da alcuni di essi. In ogni caso non dovrete dimenticare di soffermarvi anche sul materiale di tipo organico, per allargare ulteriormente il discorso e parlare della composizione biochimica dei nostri corpi. Sarete voi a stabilire i turni di lavoro della lavagna luminosa e della effettiva necessità di quest'ultima o di ogni altro strumento necessario durante l'esposizione. La lezione potrà avere un'intensità di nozioni o complessità di contenuti regolabile a seconda della preparazione degli spettatori. Personalmente ho sperimentato questa lezione sia per un pubblico di studenti di scuola elementare che di studenti di scuola media. È naturale che pur utilizzando lo stesso tipo di materiali, il livello dell'esposizione deve cambiare completamente a seconda della platea. Sulla base della mia personale esperienza, sono portato a consigliare una lezione, che preveda un tempo sufficientemente esteso per quanto riguarda l'osservazione dei materiali qualora questa lezione sia dedicata ad un pubblico di studenti di scuola elementare o media inferiore. Invece è possibile allargare il tempo di esposizione delle slides e ridurre quello dedicato all'osservazione dei materiali per studenti di ordine e grado più elevato. In modo particolare, per le platee

costituite da studenti più giovani, è indispensabile ridurre i concetti che si intendono esporre ed è preferibile ripetere durante la lezione gli stessi più volte.

Spero che abbiate compreso che i materiali mostrati devono costituire un pretesto per parlare degli atomi e per introdurre la lezione. È naturale che la lezione potrà completarsi nella maniera più consona e abituale per ogni docente. In questo libro, voglio solo offrirvi idee. Come dirò ancora in seguito, i materiali costituiscono l'**elemento di attenzione** necessario per iniziare il lavoro di teoria vero e proprio.

Pensate che, durante una lezione ad una terza media, ho utilizzato con successo un rilevatore Geiger sonoro, tramite il quale ponendolo in prossimità di una sostanza debolmente radioattiva ho permesso l'ascolto del **"rumore prodotto dagli elettroni"**. Fu proprio l'espressione che usai per attirare fortemente l'attenzione dei presenti. Precisiamo subito che questo esperimento didattico, che ha suscitato molto interesse, è durato solo pochissimi minuti ed è servito unicamente per affascinare i presenti alla breve discussione successiva sulla struttura degli atomi. Ai presenti è stato soltanto detto che il materiale radioattivo posto in prossimità del rilevatore (tra l'altro estremamente sicuro e di bassissima intensità) emetteva un certo numero di elettroni (raggi Beta). Non sono state menzionate le nozioni di fisica nucleare relative al tipo di sostanza adoperata e a tutti i problemi concernenti la materia che invece potevano trovare sfogo in una lezione simile ma dedicata a un pubblico diverso. Inoltre l'apparecchio, posto in funzione nella stanza lontano dalla sorgente di elettroni prima citata, ha mostrato, grazie ai ticchettii del suo altoparlante, come l'ambiente che ci circonda è pieno di atomi instabili che si rompono e scagliano le proprie schegge atomiche (le particelle costituenti l'atomo) verso il sensibile strumento. Come ulteriore specifica, farete presente che le particelle sono invisibili poiché estremamente piccole. L'allievo impara, attraverso queste esperienze, che deve credere anche a quello che non vede poiché i propri sensi non gli permettono sempre di rilevare tutto quello che gli accade intorno. Tornando alle particelle che costituiscono l'atomo e soprattutto all'elettrone, la cui presenza è stata rilevata dai tenui ticchettii dello strumento, potrete tentare di fare qualche proporzione per cercare di dare un'idea della dimensione di queste particelle. Nel caso degli elettroni che hanno una massa di **9,11 10^{-31} kg**, potrete eventualmente tentare di scrivere il numero alla lavagna mostrando per esteso tutti gli zeri che lo costituiscono.

Questo in funzione del fatto che si sa molto bene che, per studenti giovani ma anche per alcuni meno giovani, il significato di una misura numerica riportata con notazione esponenziale è sempre meno chiaro di una trascritta interamente con tutte le cifre necessarie.

Questo esempio vuole ulteriormente sottolineare che lo strumento didattico utilizzato dal docente può diventare fondamentale per creare attrazione ed entusiasmo accrescendo il grado di attenzione e quindi l'efficacia dell'esposizione. Non importa se lo strumento adoperato è complesso e impegnativo ed è normalmente adoperato da tecnici per applicazioni relegate solo in sofisticati laboratori. L'importante è che sia semplice capire la sua funzione. Sarà la bravura del docente e la sua capacità oratoria a porre con la giusta eloquenza, i termini necessari per comprendere quello che si osserva e raggiungere gli obiettivi della lezione. Non esiste niente in natura di veramente difficile, ci sono solo persone che lo credono possibile poiché forse non sono riuscite a capire.

Consigli sulla comunicazione (valido per tutti i moduli):

È importante dire subito dall'inizio che il docente deve operare la sua azione di comunicatore osservando queste regole fondamentali:

- Scrivere alla lavagna in modo chiaro e in stampatello
- Disegnare effettuando disegni grandi e possibilmente colorati
- Le slides mostrate devono contenere immagini colorate ove è possibile. Ma il colore deve essere fornito solo dove risulta richiesto. Inoltre la scelta di una tinta cromatica deve susseguirsi con coerenza nel caso esistano immagini correlate.
- Rimarcare i punti essenziali del discorso e ripetere più di una volta i concetti
- Per spiegare un concetto complicato, trovare sempre un esempio, un'analogia, un paragone di natura diversa dal concetto stesso
- Alleggerire la conversazione con brevi soste possibilmente irrompendo con una battuta umoristica o interrogando qualcuno dei presenti ponendo domande semplici allo scopo unico di avvertire la loro partecipazione
- Muoversi all'interno della platea, ove è possibile, tentando di raggiungere un rapporto più stretto con i partecipanti.
- Effettuare sempre alla lezione successiva un riassunto dell'argomento precedente.
- Lasciare ai convenuti una documentazione. Anche un semplice foglietto in cui sono riassunti i punti principali del discorso.

Queste regole non sono tutte semplici, anzi, alcune di esse, che possono essere innate per taluni comunicatori, si presentano di difficile attuazione per altri.

Il rapporto con la platea costituisce un altro caposaldo di fondamentale importanza. Sentire il livello emozionale degli ascoltatori l'ho sempre considerato uno strumento che permette ad un oratore di giudicare se l'azione formativa risulta effettivamente riuscita. Avere la possibilità di avvertire l'eventuale disagio da parte del pubblico, o viceversa un accanito interesse, permette di modificare l'esposizione e dosare la relazione nel migliore dei modi. Io, per esempio, ho quasi sempre avuto la capacità di percepire il livello emozionale della platea e di correggere continuamente la rotta dell'esposizione in modo da adattare l'esposizione su misura del livello ricettivo di quest'ultima. Questa capacità è certamente frutto di una notevole esperienza divulgativa, ma è resa comunque possibile se il soggetto ha una particolare sensibilità nei confronti dell'animo umano.

La Leadership

Da un punto di vista generale, soprattutto nel caso di un'attività formativa frontale eseguita da un formatore o da un divulgatore, il successo di un iter formativo è attribuibile anche alla leadership posseduta dal docente. Cosa è la "leadership"? Questo termine inglese è comunemente adoperato in tutti i casi in

cui un individuo deve governare un gruppo di persone. Avere una buona leadership significa essere un ottimo comandante. Il docente, in pratica è il capo del gruppo di discenti cui deve impartire delle lezioni. Quando il docente è seguito dal gruppo di studenti, le probabilità di riuscita di un iter formativo sono più elevate. Normalmente le cause che determinano una buona leadership sono molto varie. Si può essere un buon capo perché sufficientemente preparati oppure perché dotati di uno speciale carisma. In altri casi può prevalere la fiducia o la stima che si sviluppa nel rapporto con i discenti per un particolare affiatamento. Indubbiamente la preparazione tecnica del docente è una delle ragioni più importanti della sua leadership, ma attualmente, non è considerata più sufficiente. Il docente deve quindi essere preparato ma deve essere dotato anche di quel qualcosa in più che ne caratterizzerà il successo. Questa componente essenziale è la causa che determinerà, per quanto riguarda il rapporto con la platea, il giusto affiatamento.

A volte però, questi elevati livelli di controllo della platea non sono così meravigliosamente realizzati: si può parlare in questi casi di mancanza di leadership. Tale mancanza di leadership può avere cause molto diverse, ma in ogni caso, va assolutamente risolta, pena la non riuscita della lezione.

Questo problema nella maggior parte dei casi dipende fortemente dall'indole del docente e dalle sue precedenti esperienze formative. Questi ultimi punti sono la causa prevalente degli insuccessi di un docente poco Leader. Il rapporto docente-discenti è quindi un parametro molto importante che ogni formatore deve considerare ed adoperarsi per migliorarlo in tutti i modi.

I problemi che sto citando, sono altrettanto validi anche in ambito scolastico ma, certamente queste condizioni diventano molto più delicate in ambito di una formazione frontale occasionale.

Esistono degli accorgimenti molto elementari che se eseguiti correttamente da un formatore che si appresta ad iniziare una generica docenza, possono certamente ridurre a minimo i problemi di leadership, al verificarsi dei quali, si ottiene come sempre un difficile governo dell'aula.

Diciamo subito che la prima cosa che un docente deve effettuare quando entra per la prima volta in aula è quella di presentarsi ai suoi allievi. Scanderà bene il suo nome, il suo programma di lavoro e cercherà di far conoscere le modalità operative del corso. In alcuni casi, anche se questo può essere fatto alla fine, egli presenterà il suo indirizzo e-mail oppure un telefono per eventuali contatti.

Qualora la platea dovesse essere costituita da un numero non molto elevato di persone, può essere possibile, prima di iniziare, cercare di conoscere gli astanti uno per uno. A questo punto potrebbe essere semplice organizzare a turni una presentazione in cui ogni allievo fornisce le sue generalità ma, soprattutto il suo titolo di studio (se non conosciuto in partenza) i suoi hobbyes e i suoi interessi generali. Queste informazioni hanno una duplice funzione: parlare con i convenuti consente al docente di acquisire una certa conoscenza con le persone che lo seguiranno per la sua lezione, breve o lunga che fosse. Inoltre, permette a quest'ultimo di capire la preparazione della platea in modo da dargli la possibilità di adattare un linguaggio consono al caso. Intanto, attraverso questo contatto preliminare, il docente sarà in grado di individuare il Leader del gruppo (se esiste). Quest'elemento è molto importante, soprattutto nel caso di platee molto delicate dotate cioè di studenti di difficile governabilità. Appena trovato il Leader del gruppo, il docente esperto dovrà cercare di prodursi nel

migliore dei modi per ottenere da lui un certo rapporto di collaborazione. Quest'operazione deve essere effettuata con molta cura, ma, in svariati casi i primi successi si ottengono già dalla prima volta in aula. Sarà l'esperienza del docente, il suo carisma, la sua intelligenza, a condurre in breve quest'operazione molto delicata. Ovviamente tutta questa serie di accorgimenti si riferisce a realtà operative distanti da quelle scolastiche. Ci stiamo riferendo a corsi di formazione che durano alcuni giorni oppure alcune settimane. In ogni caso parte di questi problemi, sono identici anche in un contesto scolastico.

Prima di chiudere quest'argomento, voglio dirvi di stare molto attenti agli Hobbyes o alle passioni che scoprirete all'interno del gruppo dei discenti. Sarà proprio utilizzando queste informazioni che potrete migliorare la vostra azione comunicativa. Cercherete cioè, utilizzando tutta la vostra capacità professionale di attirare l'attenzione di alcuni di loro, facendo esempi o paragoni traendo spunto dalle attività prevalenti che loro conoscono. Un saggio un giorno disse: << Se parlo ad alcuni bambini di campagna di matematica, posso fare loro esempi numerici contando i pulcini nel pollaio o le pecore nell'ovile, ma se mi trovo a cospetto con bambini che vivono nei grattacieli e meglio che faccio loro contare le antenne della televisione. >>

La documentazione

È buona norma, durante qualsiasi tipo di esposizione divulgativa, lasciare ai presenti una documentazione. Per un insegnante di scuola, questo consiglio potrebbe risultare uno spreco, vista la presenza dei libri di testo. Il libro, dal canto suo, è un importante archivio di informazioni che ogni studente deve utilizzare, se qualcuno gl'insegna come farlo. Quello che invece voglio sottolineare è la presenza di un compendio in formato ridotto, che espliciti il concetto della lezione di teoria/pratica che si è svolta. Questo compendio dovrebbe essere sempre fornito allo studente, se il docente ha svolto una lezione che mostra aspetti pratici o strumentali. Il compendio può anche essere costituito da pochi fogli, l'importante è fornire un documento che consenta all'allievo di avere un promemoria sintetico della lezione svolta.

Facciamo un esempio. Se il docente, come nel caso dell'attuale modulo in corso di svolgimento, parla di materia o di atomi, può essere preparata velocemente anche una semplice fotocopia della tavola periodica degli elementi. Oppure nel caso di una lezione sulla massa e sulla densità, l'insegnante potrebbe preparare la fotocopia di una tabella che elenca il peso specifico delle sostanze. Non voglio che, chi mi sta leggendo, possa pensare che io desideri in qualche modo aumentare il fardello di lavoro, già fin troppo carico di incombenze, di un insegnante. A volte però, può essere anche la presenza di un semplice foglio che, fornito ad un allievo durante un'esercitazione, permette a quest'ultimo di avere nel tempo una traccia delle cose accadute quel giorno e quindi un ricordo. Inoltre, vorrei ribadire che, per quanto riguarda questi consigli formativi, essi sono da considerare in maniera molto generale. A "prescindere", (come diceva Totò), dalla scuola, i miei suggerimenti diventano legge nelle attività spot come: seminari, conferenze, corsi specialistici. In questi ultimi casi è sempre necessaria una documentazione di corredo che solo in ultima analisi potrebbe essere ridotta ad un singolo foglio.

Forse, questo mio modo di concepire il momento formativo, dipende dall'amore che provo quando si verificano questi meravigliosi episodi. Forse è proprio l'amore per la chiarezza, l'amore per la perfezione, l'amore nel fornire un efficace e sicuro supporto, che mi spinge a consigliarvi di fare tutto il possibile affinché il vostro momento formativo non sia perso nel nulla. Non desidero che l'insegnante sia un riproduttore di nozioni. Egli deve essere un'artista e ogni artista deve possedere quel dono misterioso che lo rende unico. Questo dono misterioso è il cuore. Ricordate che l'insegnante ha una grandissima responsabilità. E tutta l'efficacia delle sue lezioni, l'entusiasmo che avrà infervorato negli alunni, l'esempio che egli avrà rappresentato per loro, i messaggi d'amore che sarà stato capace di trasmettere, tutto questo si ribalterà sulla società umana, su noi stessi e i nostri figli.

Alcuni studenti mi hanno raccontato che a volte si osservano insegnanti che, durante una lezione, interrompono le loro attività più di una volta a causa di continue telefonate che ricevono attraverso il loro cellulare. Sono certo che questi casi sono molto rari, ma sono un esempio di quello che un insegnante non deve mai fare. In questi casi, infatti, si commette un errore doppio. Innanzitutto, l'interruzione della lezione è di per se stesso un grave danno alla produttività scolastica, ma ancora più grave risulta il cattivo esempio fornito ai discenti. Noi tutti, che viviamo in questa società, abbiamo bisogno di un buon medico, un ottimo farmacista, un idraulico professionista, un tecnico preparato, un venditore onesto e diciamo anche d'insegnanti molto esperti. Per questa ragione dobbiamo promuovere interesse e conoscenza quando ci troviamo al cospetto di giovani menti. Dobbiamo fornire esempi e messaggi adeguati.

Nella scuola nascono i professionisti del domani, nella scuola si formano gli individui che forse cureranno il nostro corpo, che probabilmente ci prescriveranno dei farmaci, che interverranno sulle nostre condutture idrauliche, che molto probabilmente ci sistemeranno congegni tecnologici guasti, che certamente ci venderanno qualcosa, e alcuni di loro provvederanno a fornire cultura e nozioni ai nostri nipoti, poiché alcuni di essi, ... si proprio loro, quei bambini o ragazzi che vedete fra i banchi, sono destinati a diventare insegnanti come voi.

LABORATORI

1° Laboratorio

Costruiamo dei modelli atomici

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Fondo in plexiglas trasparente delle torte gelato, contenitore plastico generico a coppetta, palline di ping-pong, biglie di vetro, palline piccole per addobbi natalizi, DAS (creta commerciale).

Il lettore sarà certamente d'accordo nel ritenere fondamentale ogni sforzo da parte di un docente, per rendere semplice e chiara una lezione che intenda esaminare concetti relativi alla fisica della materia, se questa è rivolta ad una scuola primaria. In questi primissimi laboratori di questo modulo, cercherò quindi di assumere un linguaggio quanto più semplice possibile, anche se sono convinto di rivolgermi ad un pubblico di ascoltatori eruditi e ben consci delle problematiche che tratteremo. Inoltre voglio ribadire quello che ho già ampiamente detto nell'introduzione, circa la possibilità che intendo offrirvi. Questo testo deve costituire solo una guida e un aiuto alla didattica, sarà comunque il docente a scegliere il modo più opportuno per fare la sua lezione. Egli potrà eventualmente trasformare a suo piacimento le idee riportate in questo testo per le sue lezioni, sia se esse sono rivolte ad un pubblico di studenti neofiti, sia se questi concetti sono rivolti ad un pubblico più esigente.

Comunque, in entrambi i casi, ritengo indispensabile servirsi di modelli semplici e funzionali per descrivere l'atomo. L'uso di modelli semplificati assume un'importanza didattica fondamentale, sia se stiamo parlando a studenti di scuola primaria che a studenti di livello superiore. Nel primo caso, diventa indispensabile per la comprensione degli argomenti. Nel secondo caso alleggerisce la tensione della lezione e permette ai sensi dei discenti di distrarsi in modo costruttivo. Tutto questo aumenterà considerevolmente l'efficacia dell'azione formativa, fornendovi risultati certamente migliori.

I modelli atomici, che intendo presentare, si riferiscono ad un atomo un po' arcaico, ma l'insegnante saprà certamente, nei casi opportuni, trasformare la lezione nella maniera più specialistica.

Ho trovato, per esempio, utile descrivere il modello dell'atomo attraverso un espediente molto semplice che chiunque, con pochi euro di spesa, può realizzare. Mi sono servito di quei contenitori in plastica trasparente che costituiscono la base di appoggio dei dolci o delle torte gelato. Vedi figura n. 1.1. Sono dei contenitori trasparenti circolari, dotati di un bordo lungo la circonferenza con un'altezza di circa un centimetro. Al centro di questa base di appoggio ho incollato un altro contenitore trasparente con forma a vaschetta del tipo di quelli che vendono per contenere i confettini per addobbi di torte o dolci (tutto per restare in tema di dolciumi). La figura successiva mostra la preparazione completa del modello.



Fig.1.1 - Simulazione di atomo ottenuta tramite modello -

Sul contenitore centrale, ho scritto tramite un etichetta adesiva la parola “nucleo”. Infatti, l'intento dell'oggetto è rappresentare un modello geometrico di atomo costituito da un nucleo e dalle orbite esterne costituite dagli elettroni.

Per realizzare il nucleo vero e proprio basta comprare delle palline da ping-pong colorate e disegnare sulle palline in modo perfettamente visibile il segno “+” (positivo). Ai nostri allievi diremo, mentre componiamo in aula l'atomo, che i **nucleoni**, cioè in questo caso i **protoni**, si trovano al centro dell'atomo. Dicendo queste parole collocheremo le palline proprio all'interno del contenitore centrale. Mentre procediamo in questo modo, diremo ai nostri allievi che queste particelle hanno una carica positiva. Le palline di ping-pong, che simuleranno i protoni del nucleo del nostro atomo, saranno vincolate in un certo modo nei loro movimenti dalla presenza delle pareti del contenitore trasparente centrale. Questo fatto ci potrà permettere di definire che il nucleo è in qualche modo un ambiente molto riservato, dove difficilmente le vicissitudini chimiche, che si verificano all'esterno di esso, possono sconvolgerlo (ho detto difficilmente, ma non è ancora dimostrato che sia veramente impossibile. - Questo lo sto dicendo però, solo per voi insegnanti - .

Tramite delle biglie di vetro, che il docente potrà procurarsi avendo cura di comprarle tutte con lo stesso colore, realizzeremo gli elettroni periferici. Credo sia inutile ricordare che la scelta deve far preferire palline piccole rispetto a quelle utilizzate per il nucleo. Nella realtà, sappiamo che gli elettroni sono 1800 volte più leggeri dei nucleoni. Io che sono il solito pignolo, mi assicuro anche che il colore delle palline sia perfettamente simile al colore normalmente utilizzato dai miei disegni sulla struttura atomica, eventualmente ritratti nelle slides che adopererò successivamente nella lezione.

Approfittando della geometria del sistema nel suo insieme e soprattutto dalla presenza del bordo posseduto dal contenitore circolare principale, il docente può imprimere un leggero movimento rotatorio al sistema, producendo la rotazione delle palline (che nella foto sono di colore verde), lungo la circonferenza del cerchio di plastica. Provate a immaginare come potrà essere semplice convincere gli astanti che la forza esercitata dal bordo rialzato del cerchio principale contrasta proprio la forza centrifuga, che spingerebbe le palline verso l'esterno. Questo fatto il docente potrà utilizzarlo come una sorta

di analogia alla forza elettrica attrattiva del nucleo dell'atomo nei confronti degli elettroni. L'intero contenitore trasparente funge quindi da

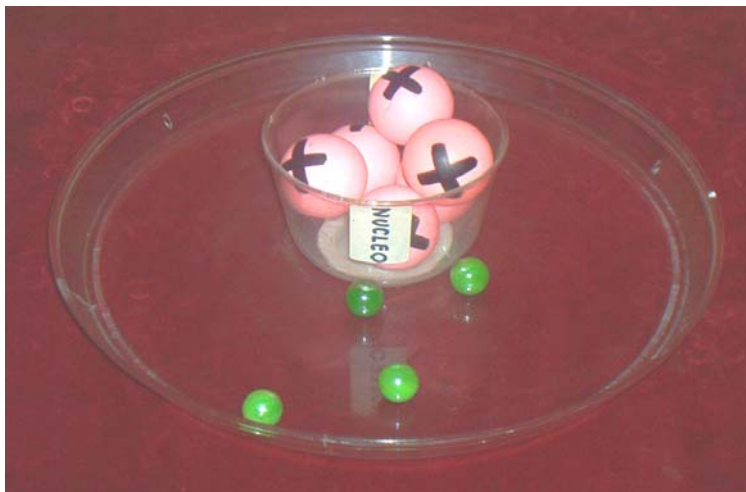


Fig. 2.1 - Vista dall'alto del modello -

campo di forze. Quello interno rappresenta le forze nucleari. Quello esterno può simulare le forze elettriche.

È ovvio che, qualora la lezione viene diretta ad un pubblico di giovanissimi studenti, potrà essere sufficiente la descrizione così come illustrata in queste righe. Se il docente lo ritenesse necessario potrà, in ogni caso, fare i dovuti aggiustamenti, citando modelli più completi ed esponendo tutte le altre teorie che in questo contesto non illustreremo.

Se il docente vuole invece visualizzare un modello di nucleo atomico molto più dettagliato, per una eventuale lezione che possa approfondire i dettagli relativi alle vicissitudini nucleari della materia, potrà utilizzare il modello raffigurato nell'illustrazione successiva.

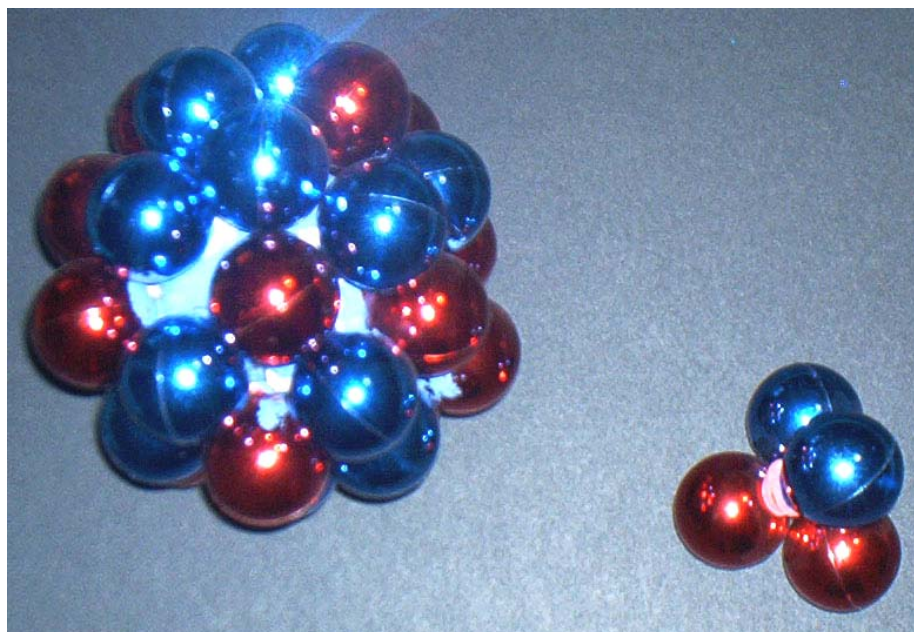


Fig. 3.1 - Nucleo generico di atomo e nucleo di elio -

Si tratta anche in questo caso di un modello di semplice costruzione. La fisica atomica definisce questo modello, “modello a goccia”. La figura mostra sia il nucleo di un ipotetico e generico atomo pesante, sia il nucleo dell’atomo di elio, visibile subito sulla destra della figura n.3.1. Il nucleo dell’atomo di elio è infatti costituito da due protoni e due neutroni. Voglio ora descrivervi come può essere realizzato il modello più voluminoso, quello da utilizzare per rappresentare un generico nucleo atomico.

Si devono acquistare delle palline di plastica simili a quelle adoperate per addobbare l’albero di natale. Le palline devono essere di due colori diversi, per esempio blu e rosse. Quelle della foto sono di circa 3 cm di diametro. Ne servono circa due dozzine per realizzare un nucleo molto simile a quello raffigurato. Ognuna di queste palline è provvista di un prolungamento sempre di plastica, all’interno del quale sarà certamente collocato il tradizionale supporto per appendere la pallina sull’albero di natale. Questo supporto sarà tolto completamente e al suo posto sarà collocato un tubicino di plastica di circa 2 centimetri in modo da prolungare la sporgenza della pallina. L’uso del tubicino è preferibile fra altri accorgimenti possibili, per la particolare struttura vuota del suo interno che aumenterà l’aderenza al supporto centrale come descriveremo tra breve. Questa operazione sarà effettuata per ognuna delle palline che dobbiamo adoperare. A questo punto, con il DAS, potremo realizzare il supporto centrale su cui saranno infilate le palline. Questa parte si realizza creando una forma sferica di opportuna grandezza e lavorando la pasta in modo uniforme. Quella che io ho realizzato aveva un diametro di circa 6 cm. A pasta ancora fresca, bisogna collocare le palline, inserendo queste ultime all’interno, tramite il prolungamento del tubicino. Ovviamente le palline saranno poste in modo casuale, avendo cura di distribuire sia le palline rosse che rappresentano i protoni, sia quelle blu che rappresentano i neutroni. A questo punto non resta che aspettare qualche giorno per far asciugare la pasta e il gioco è fatto. Se qualche pallina dovesse cadere a pasta già consolidata, vi consiglio in quel caso di incollarla con un collante generico.

Dopo questi semplici lavoretti di bricolage, avete a disposizione sia il modello atomico che un modello generico che rappresenta il nucleo di un atomo. Questi modelli li potete utilizzare in diversi tipi di seminari o lezioni di fisica atomica, oppure tutte quelle volte che volete chiarire ai vostri allievi la struttura geometrica degli atomi. Credo sia però necessario chiarire che non avete riprodotto correttamente le dimensioni di queste particelle. Sto parlando ovviamente da un punto di vista delle proporzioni delle palline. Pensate per esempio alla dimensione degli elettroni rispetto a quella dei protoni. Le palline di ping-pong non sono 1800 volte più grandi (o pesanti) rispetto alle biglie di vetro. Voglio a questo punto darvi delle informazioni che potete utilizzare per correggere questo vostro errore divulgativo da utilizzarsi nei casi che ritenete più opportuni. Parlo ovviamente nel caso di una lezione ad allievi di terza media oppure ad allievi di scuole di grado superiore.

Se il nucleo di un atomo di uranio (il più grosso atomo in natura), venisse ingrandito fino ad avere un diametro di alcuni centimetri (1 – 2 cm), grande cioè come una biglia di vetro e venisse posto al centro di uno stadio sportivo proprio dove l’arbitro pone il pallone all’inizio del gioco, le ultime orbite elettroniche, dove girano gli elettroni più periferici, si verrebbero a trovare ad una distanza di 150 metri dal centro cioè pari all’incirca alla posizione assunta dall’area di parcheggio riservata alle auto degli spettatori. Basterebbe accrescere la

dimensione del diametro del nucleo dell'atomo a circa 5 centimetri cioè pari alla dimensione di una pallina di ping-pong per avere un raggio atomico di circa 1000 metri. A questo punto, consiglio all'insegnante di sviluppare una propria proporzione relativa alle dimensioni dell'atomo, che si abbini ad una dimensione geometrica perfettamente conosciuta dagli allievi della classe o agli eventuali spettatori della conferenza. In questo modo si produce certamente nella mente di questi ascoltatori, l'esatta comprensione della proporzione atomica. Ricordo che in una scuola di Caserta, la "Leonardo da Vinci", dove tenni alcuni anni fa una lezione sulla materia, calcolai che ,se il nucleo dell'atomo fosse stato grande quanto un pallone da calcio, l'ultima orbita elettronica sarebbe caduta approssimativamente oltre la stazione centrale di Caserta oppure nei pressi del Monumento dei Caduti, oppure ancora, approssimativamente nel parco di Palazzo Reale, presso la Fontana dei Delfini. Quando i discenti dell'azione formativa acquisiscono queste proporzioni, immaginano perfettamente nella loro mente le dimensioni dell'atomo poiché con queste proporzioni esemplificative risulta più facile confrontare l'edificio atomico con le misure di un ambiente (la propria città) a loro familiari. Ogni docente di qualsiasi città italiana potrebbe, per esempio, calcolare le proporzioni dell'atomo, adeguando la dimensione relativa del nucleo alla topografia della propria città. Basta ricordare che il diametro dell'atomo è circa 10.000 volte più grande del diametro del nucleo.

Una simpatica ma eloquente analogia, basata sulle proporzioni dell'atomo, che mi è piaciuta moltissimo, l'ho letta alcuni anni fa da qualche parte. Possiamo pensare al nucleo dell'atomo con una circonferenza pari alle dimensioni di una piccola mela e agli elettroni grandi quanto i moscerini della frutta che ronzano tutti attorno alla mela alla distanza appropriata. Per quello che abbiamo detto negli esempi precedenti, ponendo la mela al centro di un campo di calcio, i moscerini più distanti ronzerebbero a circa 200 metri. La proporzione mela moscerino darebbe ragione della reale proporzione elettrone - nucleo, ma ora viene il bello. Se immaginiamo di spostare uno dei moscerini dall'orbita in cui è presente ad un'orbita più esterna, vedremo quest'ultimo, al rientro nell'orbita primitiva emettere luce come fosse una lucciola. In effetti, nella realtà della dinamica atomica, gli elettroni quando si spostano da un'orbita più esterna ad un'orbita più interna emettono proprio luce (il lettore legga quanto riportato nell'allegato relativo al modulo "luce e colori").

Per completare questo laboratorio, all'interno del quale è stato evidente lo sforzo di offrire al lettore numerose idee e soprattutto tecniche di comunicazione relative alla comprensione degli argomenti legati al mondo dell'infinitamente piccolo, mi voglio cimentare a riportarvi un esempio molto suggestivo del grande Lord Kelvin.

Il fisico matematico inglese Lord William Thomson Kelvin (1824 –1907), uno dei padri della termodinamica, si accinse un giorno a formulare un esempio molto interessante che ci permette di comprendere la dimensione estremamente piccola degli atomi e delle molecole. Supponiamo di avere un bicchiere d'acqua all'interno del quale tutte le molecole siano contrassegnate in qualche modo. È un'ipotesi ovviamente paradossale, ma seguiamo il ragionamento fino alla fine. Supponiamo per esempio di colorare di rosso tutte le molecole contenute in tale bicchiere d'acqua. A questo punto svuotiamo il bicchiere d'acqua presso un qualsiasi porto di mare che si affaccia verso l'oceano. Supponiamo quindi di versare tutto il contenuto del bicchiere d'acqua

nel mare. Ora, immaginiamo di mescolare e rimescolare uniformemente tutti gli oceani della terra. Se a questo punto prelevassimo, da un qualsiasi punto del mare, un altro bicchiere d'acqua, troveremo all'interno di quel bicchiere in media un centinaio di molecole di colore rosso. Questo esempio ci permette di comprendere l'enorme quantità di molecole d'acqua contenute in un bicchiere e quindi la loro estrema piccolezza.

2° Laboratorio

Miscugli e composti

TARGET:

Scuola secondaria (Esperienza complessa da effettuare in laboratorio)

MATERIALE OCCORRENTE:

Polvere di zolfo, polvere di ferro, una calamita, un crogiolo, una spiritiera funzionante, due piattini da caffè, un attrezzo per mescolare, acido muriatico.

L'esperimento che intendo presentarvi può essere utile sia per una lezione di chimica di scuola media, sia per definire la differenza fra atomi e molecole e quindi per un discorso generico sulla materia e sulle sostanze. È ovvio che questo esperimento non è consigliato per un pubblico di scolari di scuola elementare. Per i contenuti logici cognitivi è indispensabile una platea che frequenti il corso di media inferiore oppure di scuole di grado più elevato. Inoltre l'esperienza costringe l'insegnante ad usare una fiamma di un fornellino o, al limite, di un beccuccio a gas o di una spiritiera. Quindi ritengo indispensabile la massima attenzione e soprattutto un locale adatto allo scopo.

Munitevi di polvere di zolfo e polvere di ferro, ne basta un cucchiaino da caffè per ogni sostanza.



Fig 4.1 - Polvere di zolfo e ferro prima dell'esperimento -

Assicuratevi che la polvere di ferro sia a grana sottile. Non deve essere limatura di ferro ma proprio polvere. Il prodotto codice 451377 della Carlo Erba è quello che io ho utilizzato, ma qualsiasi altro prodotto può andare benissimo. Per lo zolfo invece vi consiglio di comprarlo presso quei negozi che vendono concimi, fertilizzanti, accessori per giardinaggio e mangimi per animali, vi assicuro che costa pochissimo ed è sufficientemente puro. Fatevi dare quello in polvere fine di un bel colore giallo canarino. Vi consiglio di mostrare ai vostri allievi questi due prodotti all'inizio dell'esperienza, parlando delle loro caratteristiche chimico-fisiche e gli usi comuni per cui vengono adoperati, ma soprattutto sottolineando che i due prodotti sono elementi chimici. La polvere giallo canarino è costituita da atomi singoli di **zolfo**, mentre quella scura è costituita da atomi singoli di **ferro**.

È inutile aggiungere che quest'ultima affermazione non è proprio corretta, infatti i granellini di zolfo non presentano molecole monoatomiche, ma sono costituiti da lunghe molecole di atomi di zolfo tutti uniti fra di loro. La stessa cosa vale per quanto riguarda il ferro. In tal caso, infatti, dobbiamo parlare di legame metallico che costituisce un legame covalente esteso, quindi una specie di macromolecola. Tutti questi approfondimenti non sono assolutamente necessari per il livello di spiegazione rivolta a bambini di seconda o terza media. Non è ancora il caso di parlare di molecole in questa fase iniziale della prova, altrimenti si rischia di confonderli. Facciamo finta di supporre che, sia la polvere gialla che quella scura, siano aggregati costituiti da singoli atomi. Gli ascoltatori capiranno quindi che si trovano a cospetto di un tipo di atomo chiamato **zolfo** e di un tipo di atomo chiamato **ferro**. Per raggiungere infine il livello didattico più elevato, che costituisce senza dubbio il nostro più mirabile obiettivo, dobbiamo porre i due elementi in due piattini da caffè e ci dobbiamo assicurare di mostrarli a tutti gli spettatori presenti alla nostra esibizione pratica. Spesso, consentitemi di aggiungere, sono proprio i docenti più esperti che commettono l'errore di dire troppe cose e di essere a tutti i costi troppo precisi nella loro eloquente spiegazione, commettendo un imperdonabile errore di comunicazione. Concentriamo quindi i nostri sforzi a precisare solamente i punti essenziali citati poco prima e torniamo al nostro esperimento. Vi sarete a questo punto muniti di un piccolo crogiolo in porcellana all'interno del quale avete unito i due elementi. Il crogiolo è un accessorio indispensabile che potete comprare presso un qualsiasi negozio di prodotti chimici e vetreria da laboratorio. Se siete fortunati, potete trovarlo nell'armadietto di chimica dell'Istituto dove lavorate. Dovete assicurarvi di introdurre nel crogiolo una quantità quasi doppia di zolfo rispetto al ferro. Per essere più precisi dovrete pesarli.

A questo punto della prova attirare l'attenzione dei vostri ascoltatori dicendo che avete preparato un miscuglio di zolfo e ferro. La polvere infatti che avete avuto modo di mescolare per un po' ha assunto un colore giallo pallido tendente al grigio. Per convincere gli astanti che si tratta proprio di un miscuglio versate il contenuto del crogiolo sopra un foglio di carta e con l'uso di un magnete (calamita) mostrate ai vostri allievi che in qualche modo è possibile separare di nuovo i due elementi costituenti. Tramite il magnete infatti, la polvere di ferro può essere facilmente separata poiché il ferro è ferromagnetico e quindi subisce l'attrazione della calamita.

Poi vi appresterete a fare un discorso tutto imperniato sul legame chimico degli elementi e sull'energia che dovrete apporre per consentire agli atomi di

zolfo e quelli di ferro di avvicinarsi sufficientemente in modo da legarsi stretti gli uni con gli altri. Per dimostrare questo, rimettete il miscuglio nel crogiolo, aggiungete poca acqua in modo da ottenere una pasta molle e mescolate ben bene per qualche minuto. A questo punto servendovi di una pressella in legno oppure un supporto per tenere il crogiolo senza scottarvi le mani, mettetelo sul fuoco di una spiritiera.

Vi ricordo di stare molto attenti. Lo zolfo a contatto diretto con la fiamma entra in combustione producendo una luce bluastra ed emana anidride solforosa. Questa condizione tuttavia, si verificherà difficilmente se vi attenete alla procedura che vi sto proponendo. In ogni caso, l'eccesso di zolfo che io vi ho consigliato di utilizzare per ragioni espressamente pratiche, potrebbe determinare l'emanazione di anidride solforosa quindi quest'esperienza è **necessario effettuarla sotto cappa**. Mentre riscaldate la pasta molle dovete assolutamente rimescolarla utilizzando un listello di vetro. La presenza dell'acqua nella massa del miscuglio permetterà di non raggiungere elevate temperature quindi potete anche utilizzare un lungo stuzzicadenti di legno, tipo quelli usati per fare gli spiedini. Dovete mescolare e riscaldare, non badate al fatto che la massa molliccia sbufferà di vapore e diventa nerastra. Se riterrete opportuno potete levarla dal fuoco, aspettare pochi secondi e riporla successivamente. Smetterete completamente il procedimento solo quando la pasta sarà di aspetto granuloso e priva di acqua. In alcuni casi ho aggiunto durante la fase di riscaldamento, che non supera mai i 4 o 5 minuti, ancora qualche goccia d'acqua e infatti, è molto importante lavorare bene la pasta a caldo e con poca acqua. Se siete stati bravi e non vi sarete dati le arie di un alchimista del 1700, avete ottenuto una pasta scura di solfuro di ferro. Fate infatti raffreddare la pasta e successivamente ponetela sopra un piattino o una qualsiasi superficie chiara in modo da mostrarla a tutti. Quando la pasta sarà ben raffreddata assumerà un colore marrone e potete a questo punto sbriciolarla per avere solfuro di ferro in polvere.

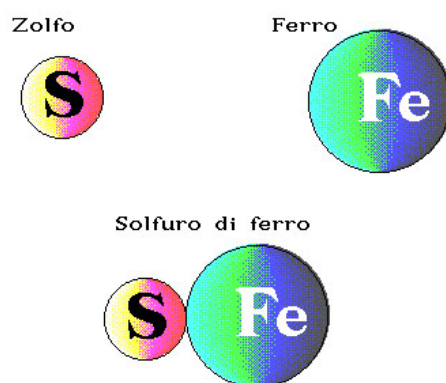


Fig. 5.1 - formazione della molecola di FeS -

Potrebbe essere necessario aspettare un po' di tempo, poiché ci vorranno alcuni minuti per far raffreddare la pasta scura. In questo caso mentre aspettate che la pasta si raffreddi intrattenete i vostri allievi spiegando bene quello che avete fatto. Prendete di nuovo la vostra calamita e provate a verificare se riuscite a separare il ferro dallo zolfo. Ormai il ferro si sarà legato alla zolfo e la nuova sostanza che avete ottenuto, "**solfuro di ferro**" (**FeS**), è una molecola costituita appunto da due atomi diversi. Attirate l'attenzione dei

vostrici allievi su questo punto e su quello che è successo nel crogiolo. Attenzione, se la calamita riesce ad attirare ancora qualche pezzettino scuro all'interno della massa di solfuro di ferro, questo non deve destare in voi grosse preoccupazioni. Può darsi, infatti, che si è verificato un errore nel calcolare il rapporto fra lo zolfo e il ferro (i chimici parlano di proporzioni stechiometriche). Direte, in questo caso, ai vostri allievi che non tutto il ferro è stato combinato con lo zolfo. E li convincerete certamente facendo loro notare che la maggior parte della massa scura della sostanza che avete realizzato è insensibile all'azione del magnete e non è quindi in condizioni di essere separata.

Può darsi a questo punto che fra i vostri allievi più perspicaci ci sia uno di loro che vi chiede se non ci fosse comunque un metodo per separare di nuovo le due sostanze. A questo punto, voi potete rispondere che un modo ci sarebbe. Anche se non si riesce a portare le cose come erano originariamente, il metodo che esporrete, riesce certamente a staccare il legame zolfo ferro. Ponete in una provetta un grano di solfuro di ferro e unite dell'acido cloridrico (anche il muriatico casalingo va bene): dalla provetta si sentirà un odore di uova marce. Direte al vostro allievo che quell'odore è prodotto dalla combinazione dello zolfo, che costituiva la molecola di solfuro di ferro e dell'idrogeno fornito dall'acido cloridrico. Se fate questa prova, utilizzate piccolissime quantità di sostanza e mi raccomando di ventilare subito i locali. L'acido solfidrico, che risulta essere appunto il prodotto della combinazione acido cloridrico e solfuro di ferro, è un gas piuttosto nocivo. Fate in modo che sia chiaro ai convenuti che l'acido, che avete unito al grano di solfuro di ferro, ha praticamente reciso di nuovo il legame che si era ottenuto con il riscaldamento nel crogiolo. L'acido ha, infatti, strappato lo zolfo facendolo diventare parte della molecola di acido solfidrico (H_2S) che si è in parte trasformato in gas. Il cloro, contenuto nell'acido si è a sua volta legato con l'atomo di ferro formando cloruro di ferro di colore giallo.

La reazione chimica tra ferro e zolfo è una reazione molto nota ed è spesso utilizzata per dimostrare, tramite un'esperienza come questa, la differenza fra miscugli e composti e quindi la formazione di una molecola. Tuttavia, ci sono altre reazioni chimiche molto suggestive di cui vi voglio parlare per completare l'argomento che stiamo svolgendo. Il mercurio per esempio, grazie al suo stato fisico, che si presenta liquido a temperatura ambiente, si presta molto bene per generare facili esperienze sulla formazione di nuove molecole. Senza entrare in citazioni alchemiche che riguardano le leggende relative all'affannosa ricerca della pietra filosofale da parte dei primi chimici o alchimisti dei secoli scorsi, diciamo subito che il mercurio reagisce con numerosi metalli e sostanze già a temperatura ambiente. Con lo zolfo per esempio, mescolando i due elementi, si forma il solfuro di mercurio nero. Con il ferro e il platino, invece non reagisce. Con il cadmio, lo zinco, l'argento, lo stagno e con l'oro forma invece amalgama. Con l'argento e lo stagno, tale amalgama, indurisce dopo poco tempo e per questa sua caratteristica veniva utilizzata per le otturazioni dentali in odontoiatria - in questi ultimi anni si è scoperto che questo tipo di otturazioni sono pericolose per la salute e attualmente stanno scomparendo rapidamente dagli studi dentistici.

Altra reazione molto simpatica svolta dal mercurio è quella con lo iodio. Il lettore mi scuserà se adopero l'aggettivo "simpatica" riferendomi ad una reazione chimica, ma la ritengo utilissima da un punto di vista didattico per le variazioni di colore che si ottengono. Premesso che stiamo parlando di due

sostanze nocive e di difficile reperimento, voglio mostrarvi solo, per vostra curiosità e il mio piacere di diffondere informazioni, cosa si potrebbe ottenere.

Prendete un piccolo mortaio in vetro, si tratta di una ciotola aperta che può essere anche in porcellana. In ogni caso potete adoperare qualsiasi tipo di mortaio o altro contenitore in vetro fate voi.. e che ognuno di noi si faccia i mortai suoi. A parte gli scherzi, consentitemi ogni tanto una qualche divagazione e prendete a questo punto 1 ml di mercurio che, come sapete è liquido, e ponetelo nel mortaio. Da qualche altra parte, per esempio in un altro mortaio, avrete invece accumulato poche scagliette di iodio puro. Come sapete ci troviamo anche questa volta di fronte a due elementi chimici. Un metallo, il mercurio di colore caratteristico argenteo e lo iodio, che risulta essere un non metallo, di colore grigio scuro. Assicuratevi infatti di adoperare poche scagliette di iodio, e per non sbagliare, tenete presente che lo iodio deve essere di quantità pari a meno della metà del mercurio adoperato. Se unite i due elementi in un mortaio e cominciate a tritare lo iodio con il mercurio osserverete la comparsa di una sostanza **rosso bruna**, si tratta di ioduro di mercurio HgI_2 (diioduro), se aggiungete un altro poco di mercurio otterrete invece una sostanza **verde** costituita da ioduro di mercurio $Hg_2 I_2$. Se trovate difficoltà con la triturazione potete aggiungere una goccia di alcole etilico. La reazione è interessante poiché avviene per unione diretta dei due elementi di partenza e crea una molecola nuova resa evidente da un colore caratteristico. Un'altra reazione chimica che avviene per unione diretta di due sostanze in un mortaio, fa uso di nitrato di piombo ($PbNO_3$) e ioduro di potassio (KI). Ricordiamo che entrambe le sostanze sono nocive, in modo particolare il nitrato di piombo. Consiglio l'uso di guanti e la massima pulizia. I due sali si presentano sottoforma di una polvere bianca, ebbene, se mischiandoli insieme in parti uguali li trituriamo in un semplice mortaio oppure in una tazzina, vedremo la formazione di una polvere gialla. Si tratta di ioduro di piombo (PbI) che si è formato direttamente per una reazione chimica di scambio doppio fra i due sali adoperati. Nel mortaio, alla fine della triturazione, avremo la presenza di ioduro di piombo giallo e nitrato di potassio bianco.

NOTE: Ricordatevi, a proposito delle reazioni con il mercurio descritte in questo laboratorio, che alcune reazioni sono **esoenergetiche** cioè avvengono con sviluppo di calore. Vedi infatti mercurio e zolfo, ma ancora di più mercurio e iodio e mercurio e cadmio. Altre sono invece **endoenergetiche** cioè avvengono assorbendo calore come per esempio mercurio e zinco.

3° Laboratorio

Stato fisico della materia

TARGET:

Scuola primaria e secondaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Barattolo in vetro per conserve, ammoniacca, acido cloridrico (muriatico), aceto, scagliette di marmo, verga di ghiaccio, pesi di bilancia, filo di tungsteno.

La materia che ci circonda può coesistere in tre stati fisici caratteristici: solido, liquido e gassoso. I fisici oggi parlano anche del quarto stato della materia chiamato plasma ma in questa sede tralasceremo questo aspetto. Per una lezione effettuabile in una scuola elementare o media, per mostrare la differenza dello stato liquido e dello stato solido, mi servo di palline colorate ricavate da vecchie collane in disuso. Dovete sapere che mia moglie non è più venuta nel mio studio a portarmi una delle sue collane rotte per farcele aggiustare, non sono mai riuscito a capire poi perché.

La figura n. 6.1 mostra esattamente uno dei modi in cui possiamo presentare agli allievi la differenza fra liquido e solido. Le palline colorate contenute nel barattolo di vetro grande non sono collegate fra di loro, quindi sono capaci di assumere in un certo senso la forma del contenitore che le contiene, proprio come gli atomi o le molecole che costituiscono i corpi di natura liquida, che hanno una forza di legame che unisce queste particelle molto piccola. Viceversa, a destra, è possibile osservare un corpo solido costituito da un reticolo geometrico regolare di atomi. Uno stato cristallino in parole semplici.



Fig. 6.1 - Rappresentazione simbolica dello stato liquido e dello stato solido -

Per ottenere la struttura mostrata sulla destra della foto è possibile utilizzare del filo metallico e ordinare le palline nella composizione di atomi che ognuno preferisce. Il caso mostrato nella figura può benissimo essere la raffigurazione di un cristallo di cloruro di sodio in cui le palline verdi rappresentano il sodio e quelle bianche il cloro.

In pratica, il bravo docente deve mostrare, al suo pubblico di allievi di scuola primaria, il barattolo contenente le palline sciolte, cercando di spiegare che gli atomi di una sostanza liquida si comportano più o meno nello stesso

modo delle palline. Viceversa, la materia solida è caratterizzata da atomi fortemente legati gli uni agli altri. Il modello cristallino di cloruro di sodio, fatto con le palline verdi e bianche della foto n. 6.1 mostra esattamente come potrebbe presentarsi questo stato fisico.

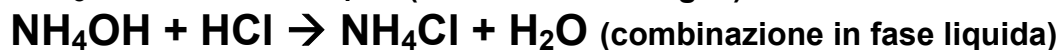
Se volete utilizzare un po' di iodio, vi posso illustrare anche un semplice esperimento che potrà mostrare alla platea dei vostri discenti il passaggio di stato diretto tra solido e gassoso e viceversa. Questo passaggio di stato, che comporta la trasformazione fra lo stato solido e lo stato gassoso, i fisici lo chiamano "sublimazione". Basta prendere una provetta all'interno della quale abbiamo introdotto poche scagliette di iodio. Portando la provetta alla fiamma di una spiritiera potremo osservare come lo iodio evapora producendo vapori violacei. Se sopra alla provetta poniamo un contenitore in vetro a base molto larga all'interno del quale avremo messo del ghiaccio, potremo osservare come il gas di iodio solidifica (meglio dire brina) sulla base fredda del contenitore del ghiaccio. Il passaggio di stato fra lo stato di vapore e lo stato solido si chiama brinamento, ecco perché l'operazione di pulizia di un frigorifero coperto di ghiaccio si chiama sbrinamento.

Per illustrare ai vostri allievi il concetto di materia di tipo aeriforme o gas a dir si voglia, potete fare uso di una siringa di plastica. Vi consiglio di usare quelle molto grandi che utilizzerete ovviamente senza alcun ago inserito. Se , tenendo premuto con il dito l'orifizio anteriore, provate a premere il pistone della siringa, avvertite una certa forza che vi impedisce di comprimere del tutto il pistone. I vostri giovanissimi allievi potranno verificare di persona questo fenomeno convincendosi che l'aria contenuta all'interno della siringa apparentemente vuota rappresenta una certa quantità di materia anche se in stato gassoso e quindi invisibile.

Un altro interessante esperimento, che vi assicuro molto suggestivo e spettacolare, è rappresentato da quello che io chiamo "**Lo straccio che non brucia**". Questo esperimento evidenzia direttamente lo stato gassoso , rendendolo visibile attraverso un procedimento che vi porterà a fare un po' di scena. Per tale scopo avete bisogno di una soluzione di acido cloridrico e una di ammoniaca. Per la buona riuscita dell'esperimento devono essere entrambe sufficientemente concentrate quindi, se adoperate prodotti domestici, assicuratevi che abbiano questa caratteristica.

Vi ricordo che , sia l'acido cloridrico o muriatico che l'ammoniaca, sono prodotti dotati di una certa tossicità anche se utilizzati fra quelli in vendita presso negozi di detersivi. Prendete uno straccio bianco e bagnate in un punto con un poco di acido cloridrico e in un altro punto con un poco di ammoniaca. Fate in modo che i punti siano vicini ma che le due sostanze non si combinino fra di loro. Se tenete lo straccio in una mano, avendo cura di fare in modo che i punti bagnati siano disposti uno sopra l'altro, vedrete del fumo denso bianco sprigionarsi dallo straccio come se bruciasse. Il fumo bianco è in realtà **cloruro di ammonio** gassoso che si forma per combinazione diretta dei vapori di acido cloridrico e dei vapori di ammoniaca. Dovete ovviamente ricordare ai vostri discenti che anche l'acido cloridrico e l'ammoniaca si sviluppano in modo aeriforme sollevandosi dai punti del panno intrisi di liquido, solo che queste emanazioni gassose non sono molto visibili, mentre il gas cloruro di ammonio risulta più visibile essendo di colore bianco. Poiché è molto facile procurarsi del cloruro di ammonio in polvere - potete provare presso una farmacia - mostrate successivamente questo prodotto affinché i vostri allievi lo vedano

anche nella forma solida che appare di colore bianco. Se vi trovate a cospetto di un pubblico di allievi di scuola media o superiore, approfittate dell'occasione per mostrare alla lavagna la formula chimica della reazione che come sapete è una reazione di sintesi diretta.



Un modo molto divertente, per produrre emissione di gas, può anche essere quello che ho adoperato con successo in una scuola elementare utilizzando dell'aceto domestico, dei pezzetti di marmo e un palloncino colorato.

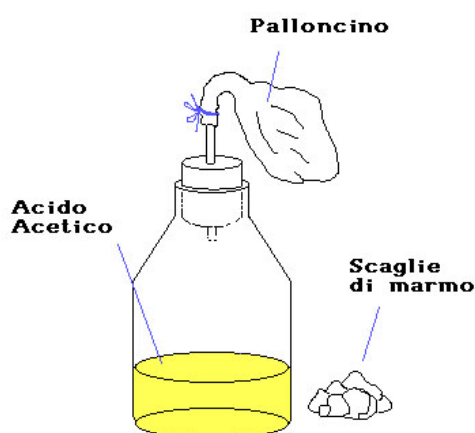


Fig 7.1 - Palloncino che si gonfia
tramite l'anidride carbonica -

Realizzate una sistemazione sperimentale così come mostra la figura n. 7.1. Riempite la bottiglia di aceto (bastano anche 100 cc) e inserite in alto, un palloncino infilato lungo il tubicino di vetro e fermato tramite un elastico o un po' di spago. Munitevi di alcuni piccoli pezzi di marmo. Appena unite i pezzi di marmo all'interno della bottiglia, che contiene l'aceto, tappate velocemente. Vedrete in pochi minuti il palloncino gonfiarsi. Il gas che avrete ottenuto è anidride carbonica che si è formata per la reazione chimica fra l'acido acetico e il marmo che contiene carbonato di calcio. Se usate l'acido cloridrico, la reazione chimica è più vigorosa, ma dovete stare molto attenti ad effettuarla. Con l'aceto domestico funziona benissimo. Se volete dare un tocco diverso all'esperimento, potete inserire sul tubicino di vetro al posto del palloncino un fischietto. Potete utilizzare quelli montati in alcune trombette o strumenti acustici giocattolo. Appena il gas verrà prodotto, se la pressione sarà sufficientemente intensa, il fischietto comincerà a produrre il suo suono caratteristico.

Sempre allo scopo di parlare degli stati fisici della materia, vale la pena ricordarvi un esperimento che risulta semplice da preparare. Quello che si rivela essere l'elemento più delicato fra i costituenti di questa prova è una verga di ghiaccio di sezione ampia qualche decimetro quadrato. So molto bene che tutto questo può provocare non poche difficoltà ad un insegnante che

voglia realizzarlo in un'aula. Mi permetto comunque di parlarvene e di illustrarvi molto brevemente la procedura sperimentale, per quelli tra di voi che possono avere la voglia e la possibilità di poterlo realizzare. Forse la foto n. 8.1 che vi mostra l'esperimento è più eloquente di qualsiasi discorso che possiamo trattenere fra queste righe. Servono due mattoni posti in modo da reggere la verga di ghiaccio e permettere la corsa del sistema dei pesi che vedete illustrato. Collegate fra i due pesi, che devono essere di 500 g ciascuno oppure anche un kg, un filo di rame sottile. Personalmente ho adoperato un filo di tungsteno da 0,05 mm di diametro. Con il filo di rame da circa 0,3 mm di diametro l'esperimento dura circa 15 -20 minuti con il filo di tungsteno possiamo arrivare quasi alla metà. Un filo di tungsteno con una sezione così piccola possiamo trovarlo nei negozi specializzati di pezzi di ricambio per fotocopiatori da ufficio. In pratica, la forza peso determinerà una forza di pressione sul ghiaccio che tenderà a portarlo allo stato liquido. Infatti, l'acqua ghiaccia a 0°C quando la pressione è pari a 1 atmosfera, ma se la pressione è più elevata, come quella che si trova appena sotto il filo in tensione, l'acqua ghiaccerà ad una temperatura sensibilmente più bassa.

Facciamo notare che, poiché il filo è dotato di una sezione molto piccola, la pressione sotto di esso è molto elevata. La pressione è infatti proporzionale alla forza agente in un punto ed è inversamente proporzionale alla sezione che interagisce. Il ghiaccio della verga, sottoposto alla pressione del filo, comincerà quindi a sciogliersi.

Per questa ragione, il sistema costituito dal filo e dai pesi, comincerà a scendere lentamente lungo la sezione della verga di ghiaccio. Ma mentre il filo cammina, per così dire, penetrando all'interno del ghiaccio, l'acqua che si scioglie sotto di esso riesce a ghiacciare di nuovo. Questo accade poiché la verga di ghiaccio è grossa ed è molto fredda. Con questo esperimento i vostri allievi potranno osservare il cambiamento di stato da solido a liquido ed ancora, da liquido a solido. Inoltre l'occasione è propizia per legare, nel cervello dei vostri allievi, il concetto di pressione, che risulta essere molto importante per stabilire le modalità dei passaggi di stato della materia, a parte l'interesse che susciterà certamente questo tipo di prova.

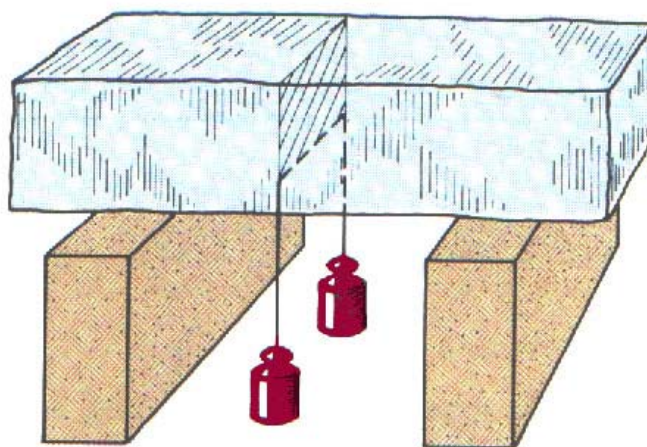


Fig. 8.1 - La pressione liquefa il ghiaccio -

4°Laboratorio Modelli molecolari

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Palline in polistirolo, palline ricavate da vecchie collane, filo di ferro, vernice.

Non c'è molto da dire a proposito di questo laboratorio. Tramite le figure è possibile scorgere interessanti spunti per realizzare modelli delle molecole più conosciute, utili per eseguire determinate lezioni. Il modello che mostra la

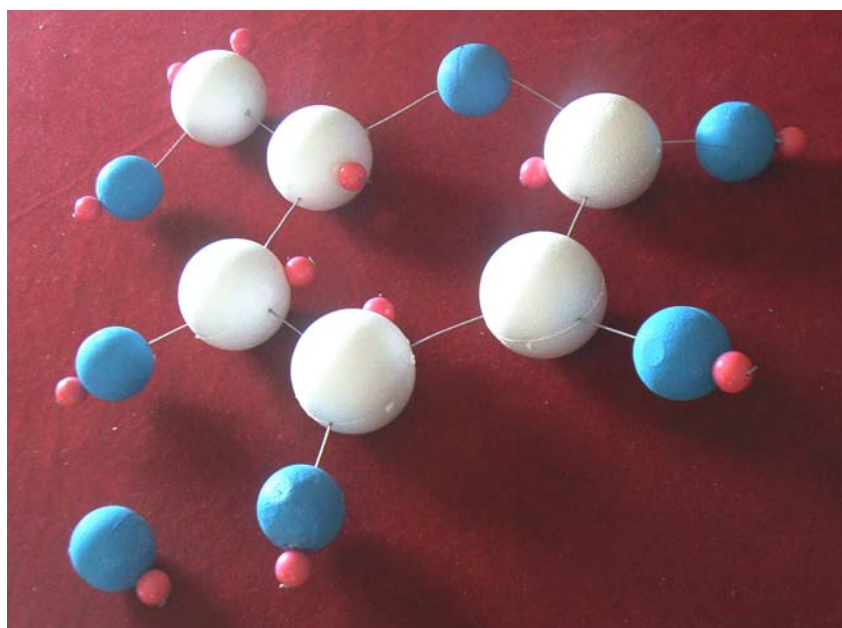


Fig. 9.1 - Modello di molecola di glucosio -

molecola di glucosio fig. n. 9.1, per esempio, lo realizzai su richiesta di una insegnante di scienze di scuola elementare che, parlando dell'alimentazione, voleva mostrare ai suoi allievi come era strutturata la molecola di questo carboidrato.

Il modello è stato realizzato utilizzando palline di polistirolo e palline ricavate da una vecchia collana in disuso (state diventando quasi sensitivi, avete già capito che la collana apparteneva a mia moglie). In bianco sono mostrati gli atomi di carbonio, in blu sono invece rappresentati gli atomi di ossigeno e in rosso sono invece i piccoli atomi di idrogeno. Poiché l'idrogeno e l'ossigeno formano l'acqua ecco perché parlando di zuccheri parliamo di carboidrati.

La figura successiva fig. n. 10.1 mostra invece la rappresentazione del metano e di una molecola di acqua. In questo caso la colorazione della pallina che rappresenta il carbonio è capitata di colore giallo.

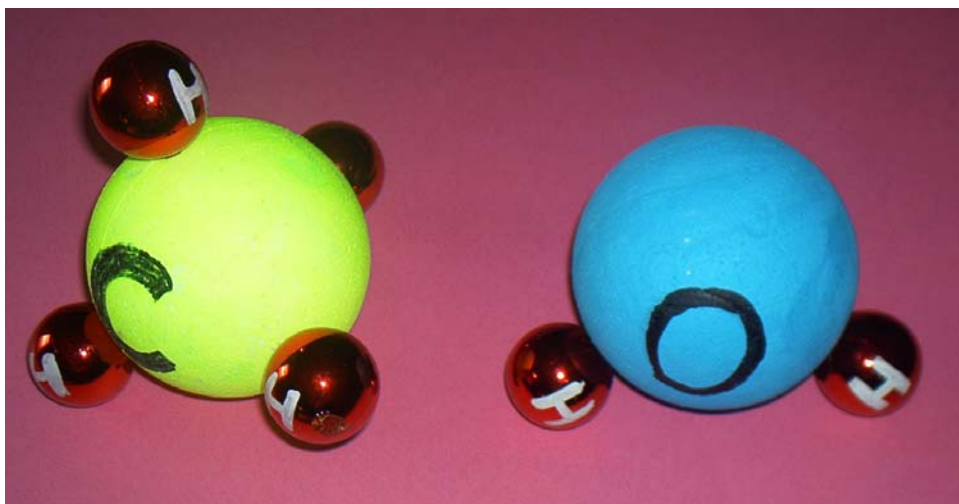


Fig. 10.1 - Modelli che rappresentano una molecola di metano e una d'acqua -

Potete anche provare a inserire fra le palline di polistirolo dei piccoli magneti in modo da realizzare una sorta di simulazione della forza di legame che normalmente esiste fra gli atomi che ci circondano.

Un'altra semplice idea, che voglio buttare giù a vostra disposizione qui, alla fine di questo laboratorio, potrebbe essere quella di acquistare quelle lunghe collane di palline che si vendono nel periodo natalizio per gli addobbi dell'albero di Natale. Lunghe file di queste palline, tutte legate uniformemente l'una dietro l'altra, possono essere veramente molto utili come modello di rappresentazione delle catene polimeriche delle molecole che costituiscono la plastica. Come credo sapete, le molecole delle sostanze plastiche, si presentano proprio in questo modo. Ovviamente, ci sono moltissimi tipi di plastica e credo che, le lunghe file di palline, possono essere una reale rappresentazione solo del polietilene, se supponiamo che ogni pallina possa essere un atomo di carbonio con due di idrogeno. Tuttavia, questa analogia è in grado di darci un notevole aiuto per preparare nelle menti di giovani allievi, il concetto di polimero.

5° Laboratorio

Consigli didattici - La valenza degli elementi -

TARGET:

Scuola primaria (media) e scuole superiori

Più che un laboratorio vero è proprio si tratta di un consiglio che discende dalla grande arte della comunicazione. Questo consiglio può riguardare insegnanti di scuole medie ma, sicuramente anche insegnanti di chimica di scuole superiori. Sia chiaro, tutto quello che dirò tra breve è una vera banalità sotto certi aspetti, ma vi assicuro che per certi giovani studenti in difficoltà, funziona abbastanza bene. Il problema riguarda l'affinità degli atomi a generare un legame chimico. Come voi già sapete, la valenza degli elementi chimici esprime quella proprietà che hanno tutti gli elementi di legarsi gli uni con gli

altri. In particolare i chimici misurano la valenza rispetto all'idrogeno e quindi la valenza assume anche una rappresentazione numerica.

Un giorno mi trovavo di fronte un allievo che mi aveva posto la domanda in modo sconcertante. Il giovane non si rendeva conto dell'effettivo significato del numero, pur avendo compreso il significato fisico del legame. Voi probabilmente direte che, forse, non aveva capito bene neanche quello, e, forse, il giovane non aveva esattamente chiaro il concetto base del legame, ma ci è difficile pensare quali possano essere i percorsi cognitivi che uno studente propone ogni volta alla sua mente, ma sta di fatto, che quel giorno lo studente fu fortunato poiché io mi trovai ad aver pulito dalla mia stanza alcuni pezzetti di costruzione che i miei figli avevano lasciati sparsi fra le mie cose.

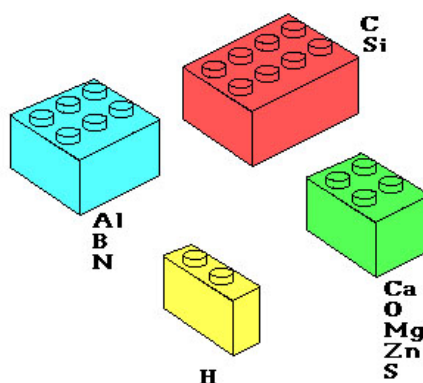


Fig. 11.1 - Pezzi di costruzione che simulano la valenza degli atomi -

L'idea mi balenò in testa fulminea. Presi i pezzetti di costruzione, che come voi sapete sono di varia dimensione, e feci osservare al mio attento discente che i pezzi che avevo fra le mani si comportavano come gli atomi della tavola periodica degli elementi. Il pezzo più piccolo, che chiamai idrogeno, aveva un solo punto di aggancio, mentre gli altri pezzetti avevano più punti di aggancio, quindi, in un certo modo, si poteva anche dire che avevano un numero più elevato di possibilità di aggancio fig. n.11.1. Ne più ne meno come gli atomi che esistono in natura.

A questo punto, i pezzi azzurri, che hanno 3 possibilità di aggancio, si comportano come gli elementi trivalenti; cioè l'alluminio, il boro o l'azoto. I pezzi verdi possono essere equivalenti al calcio, l'ossigeno, il magnesio, lo zinco oppure allo zolfo. Tutto questo risultò ancora più avvincente poiché provai a creare delle molecole utilizzando alcuni pezzetti.

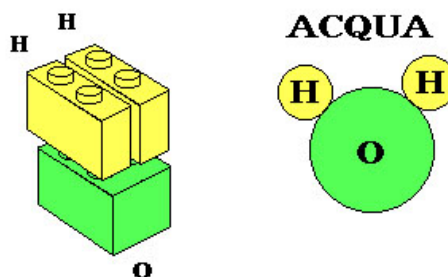


Fig. 12.1 - Simulazione della molecola d'acqua -

Inserendo infatti, sopra un pezzo verde, che ha due agganci due pezzi gialli che hanno ciascuno un aggancio solo, si realizza una molecola molto simile alla molecola dell'acqua fig. n. 12.1. L'ossigeno ha valenza 2 proprio come il pezzo verde, mentre l'idrogeno ha valenza 1 proprio come il pezzo giallo.

Questo semplice esempio vuole far riflettere su un punto fondamentale: quante giovani menti potrebbero trovare un sicuro giovamento nell'avere un insegnante che, prima di lasciare la sua abitazione per recarsi a scuola, si prende la briga di racimolare qualcosa nel cesto dei giochi dei suoi figli ? È ovvio che questa mia provocazione deve essere tradotta come un semplice consiglio per molti di voi. Quello che voglio farvi considerare è che non ci vogliono necessariamente i miliardi per avere una scuola meravigliosa. La scuola perfetta è dentro il cervello di un insegnante, anzi è presente nel suo cuore.

Se il lettore avrà la pazienza di seguirmi con attenzione in tutti gli altri moduli che ho preparato in questo libro vedrà che, in fondo in fondo, non sono necessarie spese economiche così ingenti per riuscire a creare una buona didattica. Quello che serve è molta passione e molta devozione.

Sempre per restare nel tema delle idee e dei consigli, voglio segnalarvi che oggi è possibile comprare un giocattolo molto attraente che fa uso di biglie di metallo e magneti tubolari. Con questo giocattolo possono comporsi diverse figure geometriche. Queste composizioni rassomigliano molto agli stati cristallini della materia oppure a molecole di varie specie e sostanze. Questo semplice giocattolo, che può divertire un bambino o un giovincolo, nelle mani di un insegnante può certamente diventare qualcosa di molto istruttivo.

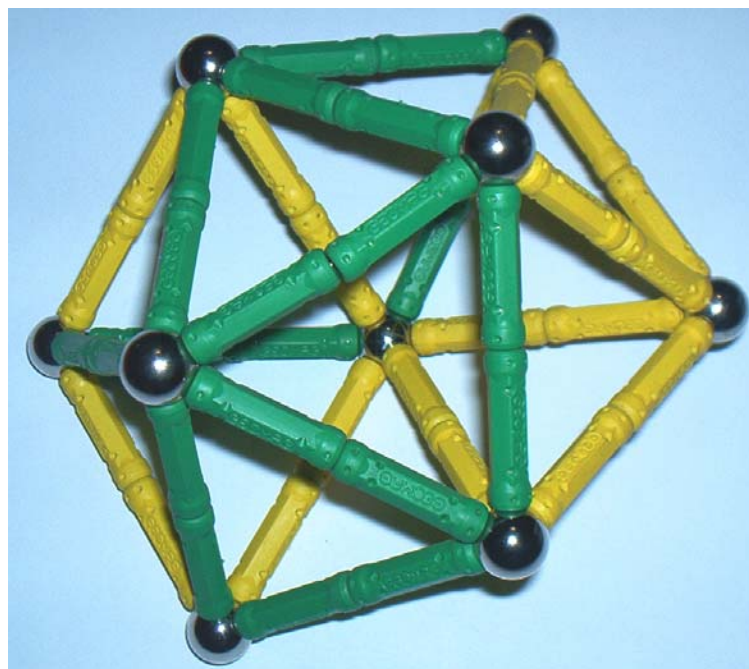


Fig. 12.1.1 - Modello di una struttura cristallina ottenuto tramite barrette magnetiche -

6°Laboratorio

Le bolle di sapone

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Glicerina, acqua distillata, sapone liquido, zucchero.

Se vi state proponendo in una lezione rivolta ad un pubblico di adulti o, in ogni caso, a discenti di una scuola secondaria, provate a chiedere agli astanti se, utilizzando strumenti comuni, presenti per esempio attorno a noi, nella vita di tutti i giorni, nella nostra casa, sia possibile generare lamine di materiale spesso poche centinaia di miliardesimi di metro. Vi risponderanno quasi sicuramente che spessori simili non possono essere prodotti così facilmente. Forse alcuni diranno che in sofisticati laboratori di ricerca, tramite l'uso di particolari apparecchiature, è possibile raggiungere spessori di questa sottigliezza, ma certamente non è cosa facile farlo in casa propria. Ma a questo punto voi potete rispondere che tutti quanti noi, dalla più tenera età, abbiamo realizzato strutture geometriche dotate di spessori tanto piccoli, per di più, abbiamo fatto questi capolavori microscopici per gioco. Tutti noi abbiamo infatti realizzato delle bolle di sapone.

Dovete sapere che le bolle di sapone hanno uno spessore veramente piccolo. All'inizio, quando soffiamo cautamente dalla nostra cannuccia, le bolle di sapone hanno uno spessore di alcuni micrometri, poi, lentamente, per evaporazione dell'acqua contenuta nella bolla, lo spessore si assottiglia fino a 700 nm, diventando successivamente di circa 400 nm, fino a raggiungere anche qualche centinaio di miliardesimi di metro e poi, finalmente, scoppiano.

La figura n. 13.1, mostra la tipica struttura della membrana che racchiude una bolla di sapone.

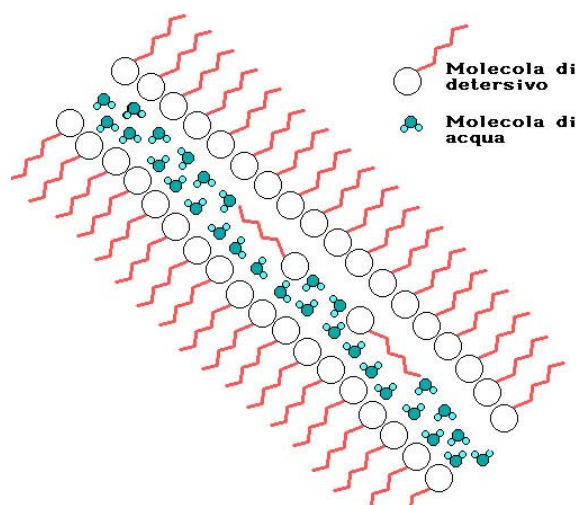


Fig. 13.1 - Membrana fortemente ingrandita di una bolla di sapone -

La struttura è delimitata da due molecole di detersivo che si dispongono contrapponendosi una contro l'altra. La molecola più diffusa che troviamo in commercio come detergente è chiamata "SLS" (sodio laurin solfato) ma anche altre molecole di tensioattivi, che hanno una struttura simile, si dispongono nello stesso modo. Questa disposizione è favorita dal fatto che le molecole di detersivo, sono organizzate da una testa e da una lunga coda. La testa è costituita da un atomo polarizzato elettricamente che risulta attratto dall'acqua (idrofilo). La coda invece, costituita da una catena molto lunga di atomi di carbonio e idrogeno è praticamente respinta dall'acqua, quindi è detta idrofoba. All'interno di questa struttura si trovano molte molecole di acqua ed, eventualmente, c'è anche la presenza di altre molecole organiche che di solito sono contenute nei detersivi.

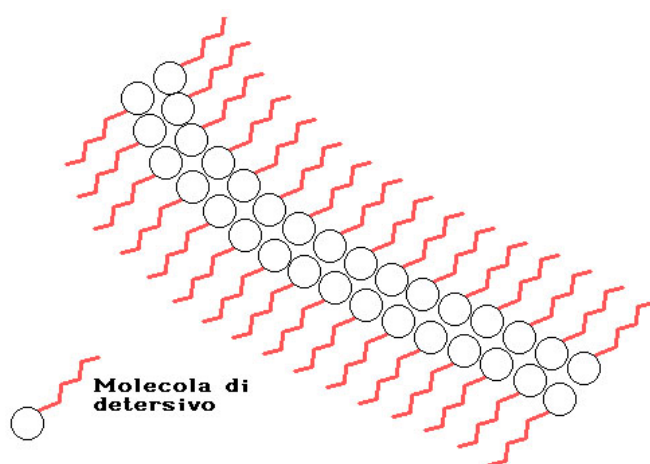


Fig. 14.1 - Membrana di una bolla di sapone
priva di molecole d'acqua interstiziali -

Il lettore può quindi facilmente comprendere che grazie a questa disposizione strutturale la membrana di una bolla di sapone è molto sottile è anche molto elastica.

La geometria di una bolla di sapone dipende dalle proprietà particolari della fisica delle superfici dei liquidi. Tale tipo di superfici possiedono un'energia potenziale che tiene conto del lavoro che sarebbe necessario per allontanare le molecole di liquido le une dalle altre. L'energia "E" da spendere per il suddetto allontanamento delle molecole dipende dalla formula $E = \tau_s S$, dove τ_s (τ) è la tensione superficiale di un liquido (vedi modulo "Proprietà dei fluidi") e S è la superficie del liquido. Dal momento che le molecole tenderanno a portare al valore minimo tale energia potenziale, la forma della superficie tenderà ad essere la più piccola possibile, a parità di volume (la natura tende a preferire stati ad energia minore come sappiamo).

Questa è la ragione per cui le bolle di sapone assumono la forma di una sfera perfetta. Infatti, come ogni matematico sa bene, la forma sferica è quella forma che a parità di volume assume la superficie minima.

Quando l'acqua evapora, la bolla di sapone si assottiglia fino a raggiungere un limite caratterizzato dalla sola presenza di molecole di tensioattivo. Vedi fig. n. 14.1. Ma arrivati a questo punto la struttura diventa poco elastica e

si rompe. Pensate che, per certi versi, noi possiamo misurare lo spessore della bolla anche senza toccarla. Infatti, osservando la variazione dei colori che la bolla assume durante la sua breve vita, possiamo stabilire lo spessore della bolla. Quando la bolla di sapone è rossastra lo spessore è normalmente grande e si aggira sui 700 nm, quando la bolla è bluastra lo spessore raggiunge i 400 nm. Spesso si osserva che parti della bolla di sapone diventano invisibili, in realtà, le parti della bolla che non si vedono, sono sottili poche centinaia di nanometri e di lì a poco la bolla scoppierà. Vedi figura n. 14.1. Questo ci dà ragione e ci spiega anche perché la bolla di sapone è colorata. Lo spessore della bolla di sapone è dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda della luce. Ecco perché la bolla assume colorazioni molto variopinte. L'assottigliarsi della superficie della bolla, oltre a dipendere dalla lenta evaporazione dell'acqua contenuta è ottenuta anche durante la fase del gonfiaggio della stesa. Quando lo spessore è in risonanza con la lunghezza d'onda della luce incidente, si esalta quella determinata lunghezza d'onda (colore) mentre le altre subiscono una attenuazione. Se la bolla presenta colori diversificati, significa che lo spessore non è uniforme in tutta la bolla. La perfezione della sfericità di alcune bolle di sapone ci fa restare senza fiato e libera la nostra fantasia e la nostra creatività. Non ci potrà mai essere in un adulto tanta fantasia e tanta creatività se questi non ha mai provato l'ebbrezza di produrre, da solo, grosse bolle di sapone. L'abitudine di fare le bolle di sapone è addirittura considerata, da alcuni terapeuti, una buona cura contro l'ansia. Nel nostro caso, invece, le bolle di sapone sono un altro strumento prodigioso per fare della buona didattica nelle scuole primarie. Come il lettore si sarà accorto, le bolle di sapone possono essere introdotte quando si parla della luce e dei colori, quando si parla di atomi, di molecole e di dimensioni della materia, ma addirittura le bolle di sapone possono servire per introdurre lezioni sulla biologia della cellula.

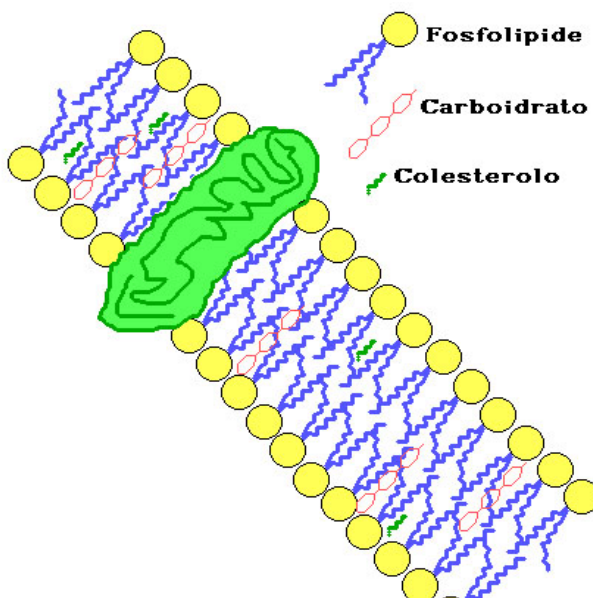


Fig. 15.1 - Esempio di membrana cellulare -

La membrana cellulare è infatti molto simile alla membrana che avvolge una bolla di sapone. Nel caso della cellula biologica, le molecole di detersivo sono sostituite con i fosfolipidi e, ovviamente, l'intera struttura è un po' più

complessa poiché sono presenti diverse altre sostanze. La figura n. 15.1, mostra in modo molto elementare la struttura della cellula vivente in base al modello definito "Mosaico Fluido". Nella foto n.15.1 si può osservare come sia molto simile la struttura e, soprattutto, la funzionalità della membrana della cellula vivente con la membrana della bolla di sapone. I fosfolipidi creano strutture molto più stabili ed elastiche della bolla di sapone: è per questo che la membrana della cellula vivente riesce a resistere molto più a lungo di una bolla di sapone. Inoltre è interessante notare che la struttura dei fosfolipidi è 'completamente ribaltata rispetto alle molecole di detersivo che costituiscono la membrana della bolla di sapone. Questo fatto dipende dalla chimica dell'ambiente periferico limitrofo alla membrana. Nel caso della cellula vivente è normale trovare materiale acquoso all'interno e all'esterno della cellula, quindi è naturale che le sezioni idrofile della membrana siano poste all'esterno del sandwich del materiale componente. Nel caso invece della bolla di sapone è perfettamente il contrario. Qui l'acqua si trova solo all'interno del sandwich formato dalle molecole di detersivo. L'interno della bolla, così come l'esterno è pieno di aria, quindi la sezione idrofila della molecola di detersivo deve essere rivolta dove si trova racchiusa la quantità di acqua che compone la bolla stessa. Non è affascinante secondo voi tutto questo?

Comunque sono certo che a questo punto il lettore sta aspettando, con ansia, una valida ricetta per ottenere delle bolle di sapone molto durature e di grossa mole. Devo dirvi che, proprio in questi giorni, mentre sto scrivendo questo paragrafo, attendo i risultati di alcune ricette trovate sulla vasta letteratura presente riguardo tale argomento e contemporaneamente sto sperimentando alcune mie personali misture.

In ogni caso una soluzione, che ritengo molto efficace e che mi ha offerto la possibilità di divertirmi a generare delle bolle molto grosse e resistenti, deve essere fatta in questo modo: comprate qualche confezione di quei contenitori cilindrici di plastica colorati contenenti all'interno una soluzione per fare le bolle di sapone. Prendete tutta la soluzione al suo interno, che all'incirca ha un volume di 50ml, e aggiungeteci 10 ml di **sapone liquido per i piatti**. A tale mistura aggiungete 5 ml di **glicerolo** (glicerina) ed agitate cautamente in modo che i liquidi vengano perfettamente miscelati. Non aggiungete acqua poiché tutta quella necessaria è contenuta nella soluzione del giocattolo. Se rispettate le proporzioni potete ottenere un quantitativo di soluzione maggiore e più a buon mercato avendo acquistato una sola boccetta-giocattolo. Costruitevi un supporto generatore di bolle utilizzando parte del coperchio delle confezioni giocattolo e, come supporto, una vecchia penna in disuso. La foto seguente mostra il mio kit personale per generare le bolle di sapone.



Fig. 16.1 - Kit per generare bolle di sapone -

Vi assicuro che, con la ricetta che vi ho appena fatto conoscere, otterrete bolle di sapone le cui dimensioni saranno limitate unicamente dalla vostra capacità di fiato quando soffierete per produrle. Un altro ingrediente, che potrete provare ad introdurre nella miscela per migliorare le caratteristiche delle bolle di sapone, è lo zucchero da cucina oppure il glucosio. In questo caso dovete aggiungere anche un poco di acqua di rubinetto. Una ricetta antica che fornisce interessanti risultati si ottiene utilizzando 4 cucchiaini di sapone a scaglie (quindi solido) sciolte in mezzo litro di acqua calda. Questa soluzione dovrà essere messa a riposo per 4 giorni. Dopo questo tempo si aggiungono 4 cucchiaini di saccarosio e si mescola bene. L'acqua non deve essere molto dura per cui può essere utilizzata della buona acqua demineralizzata.

Credo sia necessario dirvi che il kit per generare le bolle di sapone deve essere arricchito con altri interessanti strumenti. Per esempio, tramite del filo di rame di 1 o 2 mm di diametro, il bravo insegnante potrebbe costruirsi delle figure geometriche originali, come dei triangoli dei cerchi e anche dei cubi. Tramite queste figure tridimensionali, immergendole all'interno della soluzione, si possono studiare tante cose interessanti. Per esempio si possono vedere come interferiscono più bolle di sapone e imparare che le bolle di sapone interferiscono in modo che le loro lamine raggiungano una configurazione che occupa lo spazio più piccolo a loro disposizione. Se disponete di un supporto di plastica sul quale avete inserito delle viti, diciamo tre, posizionate in modo da ottenere i tre spigoli di un triangolo equilatero, vedrete la lamina delle bolle di sapone disporsi in modo da generare un percorso che unisce tutti i punti la cui lunghezza totale sarà la più piccola fra tutti i percorsi possibili.



Fig.17.1 - Bolla di sapone da 60 cm di diametro -

C'è anche un esperimento di levitazione della bolla di sapone che io, da bambino, ho fatto diverse volte. Cospargevo il fondo di una vaschetta trasparente, larga e alta, di bicarbonato di sodio (NaHCO_3), poi versavo dell'aceto casalingo. L'azione dell'acido acetico, contenuto nell'aceto, con il

bicarbonato sviluppava una forte effervescenza che riempiva la parte bassa del contenitore di anidride carbonica (CO_2). A questo punto senza aspettare troppo, cominciavo a produrre delle bolle di sapone che facevo cadere all'interno del contenitore. La presenza dell'anidride carbonica, che si stratificava sul fondo del contenitore, faceva galleggiare la bolla di sapone a mezz'aria come se fosse priva di peso. Questo è un buon esperimento da fare in un'aula di scuola elementare, quando si parla dei gas atmosferici.

Ricordatevi, inoltre, che ci sono delle precauzioni, che dovete prendere per quanto riguarda i parametri ambientali dove si effettuano gli esperimenti, che favoriscono la possibilità di avere bolle resistenti e durature. Innanzitutto è importante che nell'ambiente dove si opera non ci siano correnti d'aria. Queste correnti, infatti, favoriscono l'evaporazione dell'acqua contenuta nella bolla e quindi rischiano di farla durare per un tempo più breve e, inoltre, possono interferire con le dimensioni delle bolle stesse. Altro parametro importantissimo è l'umidità dell'ambiente che deve essere alta. In tal modo si allunga il tempo di vita di una bolla. In alcuni casi si opera una vera e propria climatizzazione nell'ambiente designato, che precede la realizzazione degli esperimenti che riguardano la produzione di bolle di sapone. Altra accortezza da tenere, per ovvie ragioni legate alla evaporazione dell'acqua contenuta nella bolla è quella di mantenere bassa la temperatura (ma non troppo). Interessanti risultati si ottengono ponendo la soluzione qualche minuto in frigo prima di usarla per i propri esperimenti.

7°Laboratorio

Ascoltare gli elettroni

TARGET:

Scuola secondaria o media inferiore

MATERIALE OCCORRENTE:

Un rilevatore geiger, pasticca di stronzio 90 sinterizzata, una piastrina di piombo da 2 o 3 mm di spessore.

Introduzione:

Durante una lezione sulla fisica della materia e soprattutto quando gli intenti didattici sono rivolti al mondo degli atomi, l'insegnante potrebbe affascinare enormemente la platea presentando esperienze che mostrino direttamente le particelle che costituiscono l'atomo. Sarebbe meraviglioso disporre di camere a bolla, oppure a nebbia, per mostrare ai convenuti le traiettorie che identificano le particelle subatomiche stesse. Addirittura, sarebbe bellissimo poter vedere direttamente queste particelle ma, come il lettore saprà, fino ad oggi questa possibilità non è ancora raggiungibile. Volendo pensare ad un'esperienza che possa in un certo qual modo servire ad attirare fortemente l'attenzione degli astanti, senza però condurre esperimenti troppo complessi, oppure troppo pericolosi o che impieghino sostanze e strumenti molto costosi, si può pensare

a qualcosa del genere: per prima cosa dobbiamo procurarci un apparecchio denominato **contatore geiger**. Il contatore geiger è un dispositivo che serve a rilevare le particelle radioattive emesse dagli atomi. Se mettete in funzione uno di questi apparecchi noterete che questo emette un tipico ticchettio dall'altoparlante. Ogni volta che sentite un impulso è segno che una particella è penetrata all'interno del sensore dell'apparecchio. Questa semplicissima esperienza dimostra che attorno a noi ci sono atomi che si disintegrano e che le loro particelle costituenti schizzano via ed alcune di esse raggiungono il nostro apparecchio. Questo fatto non deve preoccuparci oltre modo poiché è naturale la presenza di una debole radioattività attorno a noi. Per esempio, mediamente, sulla superficie della terra a livello del mare esiste una radioattività pari a circa **0,03 μ Sv/h** (pari a **3 μ R/h** dalla vecchia unità di misura). In Italia, abbiamo regioni, come la Campania, il cui tasso di radioattività è il più alto in assoluto e si aggira sui 0,2 μ Sv/h (pari a 20 mR/h), mentre la Valle d'Aosta è pari a 0,04 μ Sv/h. Ma cosa significano questi numeri ? Cerchiamo di fare un po' di chiarezza su questo punto. Come abbiamo detto, alcuni atomi non riescono a stare tranquilli, ma, per certe ragioni legate ad equilibri di energia molto precari che si verificano nei loro nuclei, esplodono. In effetti, gli atomi si rompono in tanti pezzi e questi cocci (potremo dire) provengono proprio dal nucleo di questi atomi instabili. Il discorso è un tantino più complicato di quanto sto affermando in queste righe ma, per ragioni ovvie a capirsi, non posso assolutamente dilungarmi su questo argomento. Comunque, la radioattività consiste proprio nella presenza di queste particelle che si muovono attraversando l'ambiente.

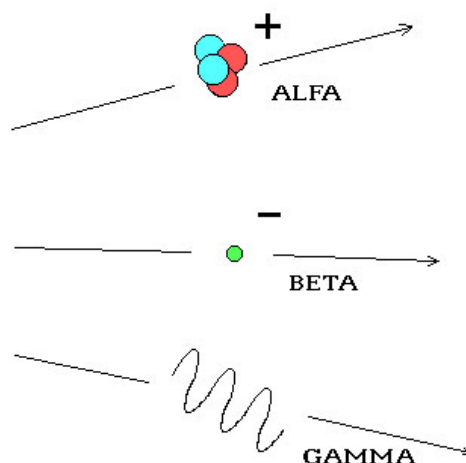


Fig. 18.1 - Principali radiazioni ionizzanti presenti in natura -

Questi sono i tre tipi di particelle fondamentali, ma possono verificarsi anche tantissime altre emissioni meno note. Comunque le radiazioni più comuni possono essere così catalogate: **nuclei di elio**, chiamati anche **particelle alfa**, esse trasportano una carica elettrica positiva e possono essere fermate da un foglio di giornale. Poi ci sono gli **elettroni**, chiamati anche **particelle beta**, che trasportano una carica elettrica negativa. Normalmente per fermare queste particelle basta interporre un piccolo foglio di alluminio. Poi ci sono le **particelle gamma** che sono radiazioni elettromagnetiche a grande energia. Queste ultime non trasportano carica elettrica e per fermarle è necessario interporre strati

molto spessi di piombo o anche diversi metri di calcestruzzo. Le particelle che il nostro apparecchio geiger può rilevare, appartengono alle categorie che abbiamo elencato. Quasi sempre, quando lo strumento posto in un ambiente normale produce il ticchettio caratteristico, esso rileva particelle gamma. Queste radiazioni sono emesse da diversi tipi di atomi che si trovano attorno a noi. Sia le particelle gamma, ma anche le beta e le alfa, quando attraversano la materia producono diversi fenomeni, uno dei quali è la ionizzazione. Questo significa che le particelle penetrando in un gas o in un liquido producono la dissociazione degli atomi che formano quel materiale. Questo fenomeno produce cariche elettriche libere. È per questa ragione che queste radiazioni si chiamano anche “radiazioni ionizzanti”. Il fatto che queste radiazioni siano nocive dipende proprio dal fatto che, quando esse attraversano i nostri corpi, producono dei radicali liberi.

È stato stabilito che, una radiazione pari ad una dose di **1 sievert (Sv)**, corrisponde ad un livello di energia rilasciato all'interno della materia pari a 1J/kg (joule/kilogrammo). Quanto detto, potrebbe già bastare per contentare i più curiosi di voi che leggono questo testo. Quello che abbiamo appena detto ci fornisce, infatti, un sistema per misurare il livello di irraggiamento. Quando, tramite esposizione con una radiazione, innalziamo a un joule l'energia posseduta da un kilogrammo di materia, ci troviamo di fronte ad una dose di un sievert. Comunque, volendo aggiungere qualche altra informazione utile, possiamo dire che questa unità è quasi uguale a quella prodotta da 100 Rontgen (vecchia unità di misura). **1 Rontgen** (si pronuncia Rhenghen) è pari a sua volta a quella radiazione che produce la ionizzazione in un gas creando un numero di dissociazioni pari a **2,1 10⁹ ioni costituiti da una singola carica**.

Se attorno a noi è presente radioattività è segno che noi umani, possiamo convivere con essa a patto che non vengano superate le dosi normalmente presenti nell'ambiente naturale. Valori guida di 1 o 2 $\mu\text{Sv/h}$ possono essere ritenuti come livello di guardia, oltre i quali è necessario dare l'allarme segnalando la cosa agli enti preposti. Tutto questo dipende fortemente anche dalle caratteristiche peculiari del posto in cui noi ci troviamo e dalla sua radioattività misurata, mediamente, nell'arco di un giorno o anche di un anno. È naturale che, se ci troviamo nella condizione di monitorare costantemente un sito, il cui livello di radioattività si mantiene costante ad un valore, per fare un esempio, diciamo di 0,6 $\mu\text{Sv/h}$, un incremento accertato già a 0,8 $\mu\text{Sv/h}$ dovrebbe farci domandare che cosa sta realmente accadendo e se, per caso, il motivo dell'innalzamento riguarda una causa che deve indurci un certo grado di attenzione.

L'esperimento vero e proprio

Fatto il punto sulle unità di misura e dopo aver parlato del tipo di fenomeno che ci troviamo a manipolare, possiamo tornare ad occuparci del nostro obiettivo principale.

Stavamo parlando di uno strumento indispensabile che occorre possedere per fare questa esperienza. Procurarci un geiger oggi non è assolutamente cosa difficile. Pensate che nei mercatini dell'usato si possono trovare piccoli geiger in grado di rilevare radiazioni gamma e beta ad un prezzo intorno ai 5 euro. Oppure rivolgendosi a commercianti specializzati è possibile

acquistare apparecchi ottimi che costano dai 100 euro in su. Per chi invece preferisce far da sé voglio ricordare che esiste la possibilità di acquistare un kit e montare lo strumento in casa propria spendendo ancora di meno. Cosa invece più complessa è approvvigionarsi di una debole sorgente di radiazioni per verificare il funzionamento del geiger e divertirsi a fare qualche esperimento. Per questo laboratorio vi consiglio di procurarvi una capsulina contenente stronzio 90 radioattivo. In mancanza d'altro è comunque assolutamente necessario procurarsi un prodotto sicuro. Per questa ragione credo che la soluzione ottimale sia quello di acquistarlo presso un rivenditore specializzato che tratta strumenti per la rilevazione di radiazione. Anzi, è molto probabile che la capsulina contenente stronzio 90 sia fornita già come accessorio allo strumento che comprate. Normalmente queste capsule sono in plastica completamente chiuse e sigillate e soprattutto, sono sorgenti riconosciute legalmente, la cui detenzione non necessita di alcuna forma di dichiarazione. Se sono vendute in questo stato sono completamente innocue, a patto ovviamente che siano custodite in un contenitore di metallo con chiusura. Assolutamente sconsigliabile acquistare questo prodotto nei mercatini dell'usato dove potete correre il rischio di acquisire un prodotto deteriorato o illegale è quindi, per certi versi, anche pericoloso.

Lo stronzio 90 è un radionuclide che produce un emissione radioattiva unicamente costituita da raggi beta, cioè da elettroni. In pratica, si tratta di una sostanza dotata di atomi instabili che decadono spontaneamente emettendo, appunto, elettroni. Durante questo processo lo stronzio si trasforma lentamente in zirconio. Una sorgente di stronzio 90, dopo circa 27 anni, riduce la sua attività di un 50%. Nel vostro esperimento però non vi occorre una sorgente precisa, anche se fosse più vecchia va bene lo stesso, l'importante è che produca delle emissioni rilevabili. Ciò significa che se noi potessimo vederle (ma ovviamente non le vediamo), sollevando il coperchio metallico della sorgente osserveremo un fascio di particelle negative, cioè di elettroni, che abbandonano la sorgente e, per alcuni centimetri, si diffondono nell'aria.

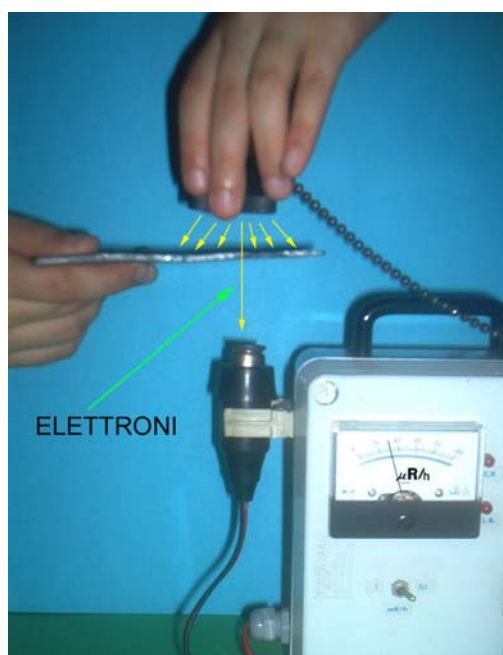


Fig. 18.1.0 - Ascoltare gli elettroni tramite un contatore geiger -

Alcuni di questi elettroni arrivano anche a percorrere una tragitto di 30 cm prima di essere catturati da qualche molecola di ossigeno o di azoto, ma la maggior parte di essi non riesce a superare i 3 o 4 cm in aria libera.

Bene, a questo punto possiamo cominciare. Vi consiglio di porre la sorgente in prossimità del sensore presente nel vostro apparecchio geiger in tal modo, farete sentire ai convenuti i ticchettii che si produrranno numerosi dall'altoparlante del vostro strumento. Per ascoltare questi impulsi è ovvio che l'apparecchio deve essere dotato di altoparlante. Appena gli impulsi vengono rilevati è molto importante che voi vi soffermiate sul fenomeno indicando chiaramente, ai partecipanti dell'evento formativo, che ogni volta che i presenti sentono un impulso esso rappresenta proprio un elettrone che transita all'interno del sensore. In un certo senso, stiamo quasi **"ascoltando gli elettroni"**. Date enfasi su questo punto e preoccupatevi di mostrare chiaramente che la sorgente si trova distante alcuni centimetri dal sensore. Vedi la figura n. 18.1.0. Per togliere ogni dubbio sul fatto che il ticchettio è prodotto proprio dalla sorgente, interponete nello spazio fra lo stronzio 90 e il sensore una piastrina di piombo. Avvicinate e allontanate lentamente più di una volta lo schermo di piombo, in modo da permettere ai convenuti di avvertire la variazione che sarà provocata da questo vostro movimento. L'ascolto degli elettroni potrà costituire **l'elemento di attenzione** per iniziare una vera e propria lezione sulla materia. Vi posso garantire che l'effetto didattico, lo stimolo educativo è percepito già dalle ultime classi di un ciclo di scuola primaria. Viceversa, se la lezione è impartita in una scuola secondaria, l'interesse e l'entusiasmo dei convenuti sarà percepito con maggiore intensità e soprattutto la valenza educativa di questo laboratorio sarà di gran lunga maggiore.

APPENDICE:

COSTANTI FISICHE		
GRANDEZZA	SIMBOLO	VALORE
Permeabilità del vuoto	μ_0	$12.5663706143 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$
Velocità della luce nel vuoto	c	299792458 m/s
Permettività del vuoto	ϵ_0	$8.85418782 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
Carica elementare	e	$1.6021892 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $4.8029 \cdot 10^{-10} \text{ u.e.s.}$
Costante di Planck	h	$6.626176 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Costante di Avogadro (Loschmidt)	N_a	$6.022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Unità di massa atomica	$(\text{Kg mol}^{-1} \cdot 10^{-3})/N_a$	$1.6605655 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$
Massa elettrone	m_e	$0.9109534 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}$ 0.5110034 MeV
Massa protone	m_p	$1.6726485 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ 935.2796 MeV
Massa neutrone	m_n	$1.6749543 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ 939.5731 MeV
Costante di Faraday	$F=N_a e$	$9.648456 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Costante di Rydberg	R_d	$1.097373177 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Raggio di Bohr	$A_0=\alpha/4 \pi R_d$	$0.52917706 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Fattore elettronico g	$1/2 g_e = \mu_e/\mu_B$	1.001159656735
Magnetone di Bohr	$\mu_B=eh/2m_e$	$9.2740783 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
Momento magnetico elettrone	μ_e (sperimentale)	$9.2848323 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
Momento magnetico protone	μ_p	$1.4106171 \cdot 10^{-26} \text{ J T}^{-1}$
Costante molare dei gas	R	$8.31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
" " "	R	$0.0821 \text{ atm l K}^{-1} \text{ mole}^{-1}$ $1.987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Volume molare gas ideale	$V_m = RT_0/p_0$	$0.02241383 \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Costante di Boltzman	$K= R/N_a$	$1.380662 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Costante gravitazionale	G	$6.672041 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ Kg}^{-2}$
Costante di struttura fine	$\alpha=e^2/\hbar c$ $1/\alpha$	0.00729735308 137.0359895
Anno luce (light year)		$9.4608953 \cdot 10^{15} \text{ m}$
Spin elettrone		$0.5273 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$
Resistenza naturale (Hall)	h/e^2 $h/4 e^2$	25812.8 6453.2
Costante di Stefan	$\sigma=\pi^2 K^2/60 \hbar^3 c^2$	$5.67032 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ $1.36 \cdot 10^{-11} \text{ kcal/ m}^2 \text{ K}^4$
Densità aria (0°C 1 atm)		1.29 Kg /m^3

COSTANTI FISICHE (continuazione)		
GRANDEZZA	SIMBOLO	VALORE
Calore fusione del ghiaccio (a 0°C)		79.7 cal/g
Calore di evapor. dell'acqua a 100 °C		540 cal/g
Volume molare (0°C 1 atm)		22.4 l/mol
Velocità di fuga Terra		11.2 km/s (luna 2.4 km/s)
1 litro		1000.028 cm ³

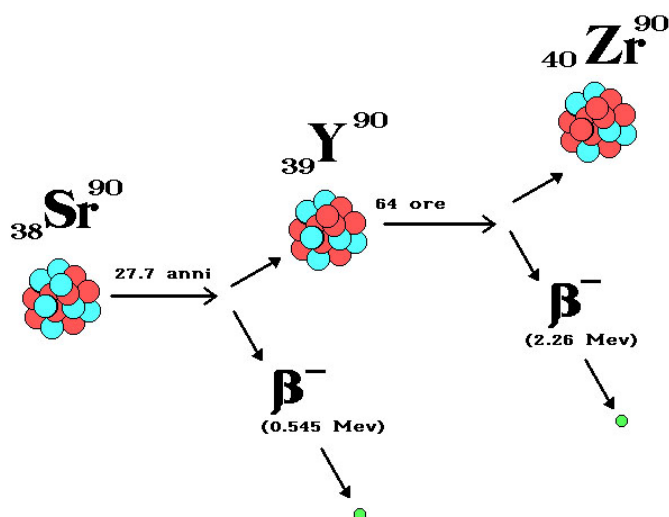


Fig. 18.1.1 - Stadi di decadimento dello stronzio 90 -

UNITA' DI MISURA DELLA RADIOATTIVITA'	
1 curie Ci (misura di attività)	3.7 10^{10} disintegraz. al secondo
1 becquerel (Bq) 1Bq=27 pC 1nC=37Bq	1 disintegrazione al secondo
1 roentgen (R) (intens. di ioniz.)	2,1 10^9 ioni singoli (aria 0°C 1 atm)
1 rad (rd) (dose assorbita)	1 roentgen/h = 10^{-5} J/g
1 gray (Gy)	100 rad = 1 J/kg
1 rem (rad equivalent man)	(1-20) rad [$\alpha, \beta, \gamma, \text{N}, \text{P}, \text{X}$] (esempio 1.15 rad)
1 sievert (Sv)	100 rem = 1 J/kg
$I(R/h)=K(Ci/d^2)$ d=metri K=1	dose a una certa distanza "d"
D=5(età-18) in rem	dose per soggetti. professionalmente. esposti

TEMPERATURE DI FUSIONE E D'EBOLLIZIONE DEGLI ELEMENTI CHIMICI

Elemento	T.F. °C	T.E. °C	Elemento	T.F. °C	T.E. °C
Afnio	2227	4602	Iridio	2410	41.30
Americio	994	2607	Itterbio	824	1193
Antimonio	630.74	1750	Ittrio	1523	3337
Alluminio	660.37	2467	Lutezio	1656	3315
Argento	961.93	2212	Lantanio	920	3454
Argo	-189.2	-185.7	Laurenzio		
Arsenico	817	613	Litio	180.54	1347
Astato	302	337	Magnesio	648.8	1090
Attinio	1050	3200	Mendelevio		
Azoto	209.86	195.8	Mercurio	-38.87	356.58
Bario	725	1640	Molibdeno	2617	4612
Berillio	1278	2970	Neon	-248.67	-246.048
Berkelio			Neodimio	1010	3067
Bismuto	271.3	1560	Nettunio	640	3902
Boro	2300	2550	Nichelio	1453	2732
Bromo	- 7.2	58.78	Niobio	2468	4742
Cadmio	320.9	765	Nobelio		
Calcio	839	1484	Olmio	1470	2720
Californio			Oro	1064.43	2807
Carbonio	3550	4827	Osmio	3045	5027
Cerio	798	3257	Ossigeno	-218.4	-182.962
Cesio	28.40	678.4	Palladio	1552	3140
Cloro	-100.98	-34.6	Piombo	327.502	1740
Cobalto	1495	2870	Platino	1772	3827
Cripto	-156.6	-152.30	Plutonio	641	3232
Cromo	1857	2672	Polonio	254	962
Curio	1340		Potassio	63.65	774
Disprosio	1409	2335	Praseodimio	931	3212
Elio	-272.2 (26 atm)	-268.934	Promezio	~1080	2460
Einstenio			Protoattinio	<1600	
Erbio	1522	2510	Radio	700	1140
Europio	822	1597	Radon	-71	-61.8
Fermio			Rame	1083.4	2567
Ferro	1535	2750	Renio	3180	5627
Fluoro	-219.62	-188.14	Rodio	1966	3727
Fosforo	44.1	280	Rubidio	38.89	688
Francio	(27)	(677)	Rutenio	2310	3900
Gadolinio	1311	3233	Samario	1072	1778
Gallio	29.78	2403	Scandio	1539	2832
Germanio	937.4	28.30	Selenio	217	684.9
Idrogeno	-259.14	-252.87	Silicio	1410	2355
Indio	156.61	2080			
Iodio	113.5	184.35			

Elemento	T.F. °C	T.E. °C	Elemento	T.F. °C	T.E. °C
Sodio	97.81	882.9	Tullio	1545	1950
Stagno	231.968	2270	Tungsteno	3410	5660
Stronzio	769	1384	Uranio	1132.3	3818
Tallio	303.5	1457	Vanadio	1890	3380
Tantalio	2996	5425	Xeno	-111.9	-107.1
Tecnezio	2172	4877	Zinco	419.58	907
Tellurio	449.5	9898	Zirconio	1852	4377
Terbio	1360	3041	Zolfo	112.8	444.674
Titanio	1660	3287			
Torio	1750	4790			

RAGGIO ATOMICO = $0.5 \cdot 10^{-10} \text{ m} - 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

RAGGIO NUCLEARE MEDIO = 10^{-14} m

$$R_{\text{nuc}} = R_0 \sqrt[3]{A}$$

$$R_0 = 1.3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Costante di struttura fine $\alpha = 0.00729729 (137,0359)$

Magnetone di Bohr = $\mu_B = 0.929 \cdot 10^{-23} \text{ A m}^2$

Fattore G = 1.00115965221

$$\alpha = \frac{2.19 \cdot 10 \text{ m/s}}{C}$$

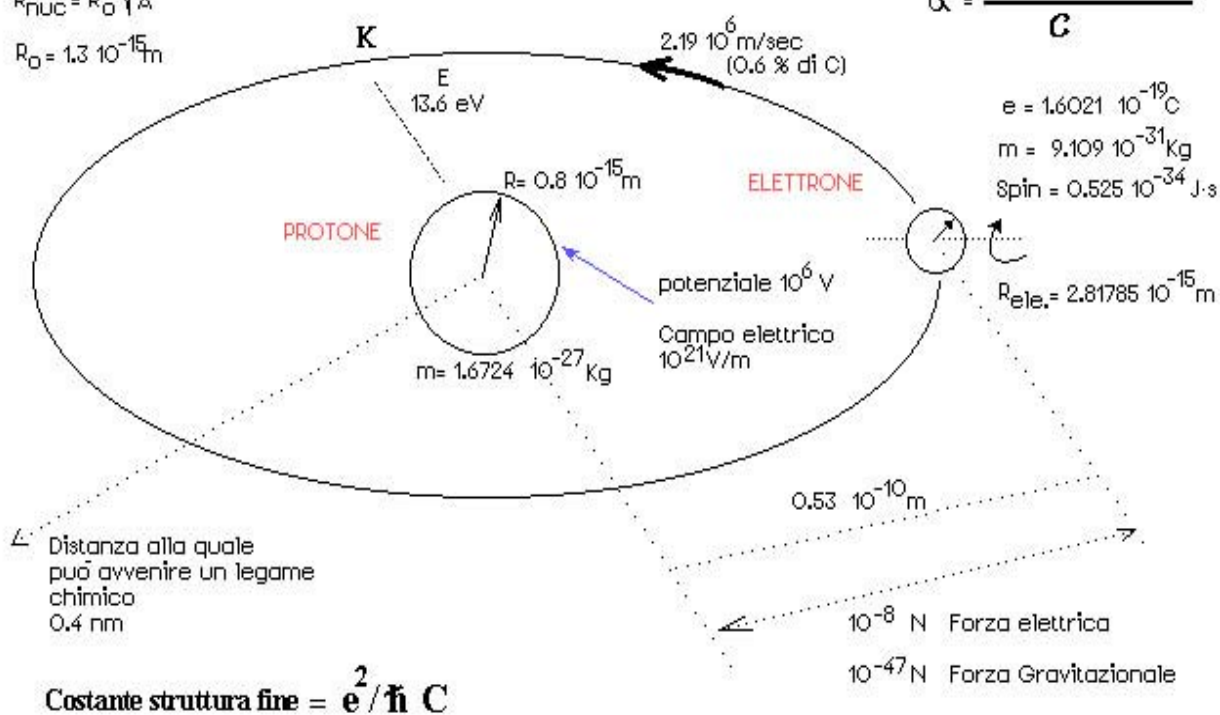


Fig. 18.1.2 - Dimensioni e grandezze atomiche –

ALLEGATO:

STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA

Nel nostro universo si possono osservare quattro stati fisici di aggregazione della materia. Per stato di aggregazione s'intende il modo in cui gli atomi o le molecole sono legati fra di loro. Questo concetto, stabilisce in un certo modo il livello di consistenza della materia. Gli stati di aggregazione sono quattro: lo stato solido, lo stato liquido, lo stato gassoso e lo stato di plasma.

Più avanti, e anche attraverso la lettura di allegati relativi ad altri moduli, parleremo della costituzione dell'atomo e del legame chimico, in questo modo avremo le idee molto più chiare su questo argomento. Vorrei comunque raggiungere lo scopo comunicativo con un esempio concreto che offra al lettore immediatamente il concetto preciso di questi diversi stati della materia, conosciuti dai fisici.

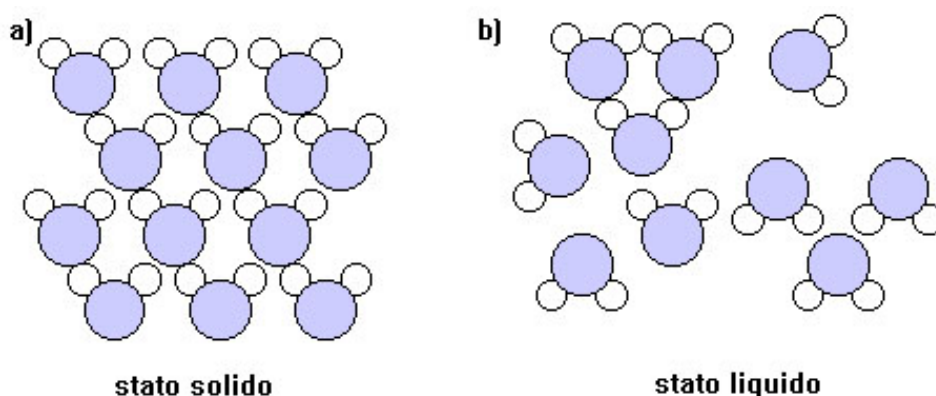


Fig. 19.1

Supponiamo di avere un blocchetto di ghiaccio e di portarlo ad una distanza molto elevata dal nostro sole, diciamo per esempio circa 4 ore luce, o per essere più comprensibili, al confine del nostro sistema solare, nei pressi dell'orbita di Plutone per esempio. È uno sforzo di immaginazione non troppo complicato, il lettore infatti, potrebbe pensare ad un asteroide di ghiaccio. Possiamo certamente affermare che il nostro pezzo di materia (che sappiamo consistere in acqua allo stato ghiacciato), ha proprio la proprietà di un solido. In questo caso stiamo considerando il primo stato di aggregazione della materia. Le molecole d'acqua costituite da idrogeno e ossigeno, sono fortemente legate le une alle altre da un legame chimico a ponte di idrogeno, mentre gli atomi di ossigeno e di idrogeno sono legati fra loro da un forte legame di tipo covalente. La temperatura del blocchetto di ghiaccio supponiamo sia di circa $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. ($73\text{ }^{\circ}\text{K}$).

A questo punto supponiamo di avvicinare il nostro blocchetto di ghiaccio verso l'interno del nostro Sistema Solare. Il lettore può immaginare l'asteroide in viaggio verso il centro del nostro sistema solare poiché attratto dal sole. Supponiamo ora di portarci circa verso l'orbita del pianeta Marte. Possiamo a questo punto ritenere che ad un certo punto, il calore fornito dal riscaldamento solare innalza la temperatura del blocchetto fino ad un valore di $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($273\text{ }^{\circ}\text{K}$) e più (si tratta di un esempio ovviamente e facciamo finta di trascurare la

pressione esterna). Arrivati in queste condizioni, il blocchetto di ghiaccio si scioglierà, raggiungendo lo stato di aggregazione della materia liquida. Le molecole d'acqua, dotate di una debole forza di contatto fra loro, potranno scivolare le une con le altre presentando il tipico comportamento dell'acqua allo stato liquido. I legami a ponte di idrogeno sono meno forti ma ancora presenti fra le molecole d'acqua.

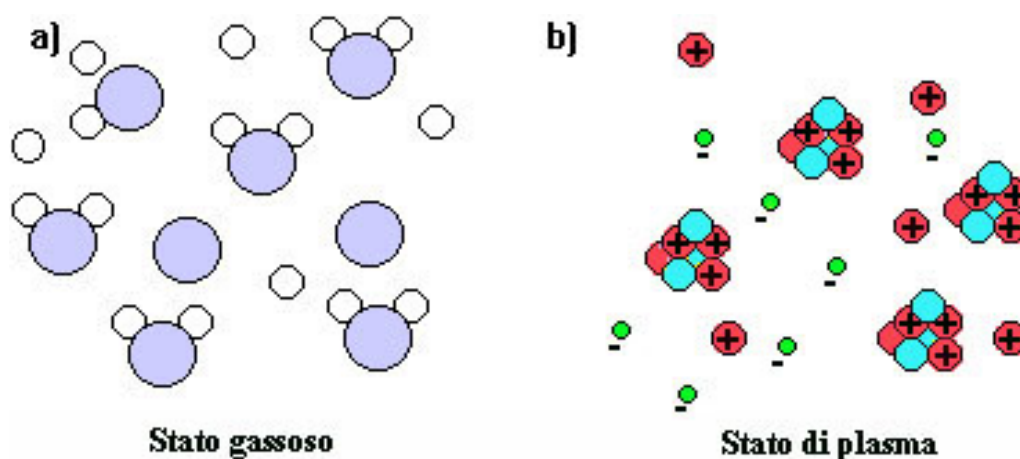


Fig. 20.1

Questa massa d'acqua viaggiante, continuerà ancora la propria corsa attraverso il nostro sistema solare. Supponiamo ora che un certo punto, ben oltre la posizione assunta precedentemente, la temperatura dell'acqua supera i 100 °C (373 °K). Ci troviamo quasi nel terzo stato di aggregazione della materia, lo stato gassoso. Le molecole d'acqua molto libere le une dalle altre si comporteranno come vapore. I legami a ponte di idrogeno sono praticamente incapaci a quella temperatura di tenere unite le molecole. L'edificio molecolare non è però ancora distrutto e la massa di gas si sposterà ancora velocemente verso la nostra calda stella. Ancora oltre, nella folle corsa planetaria, la temperatura raggiungerà livelli così alti che porterà a recidere del tutto i legami chimici covalenti che tengono uniti gli atomi di idrogeno con l'atomo di ossigeno. La nuvola di vapore si trasformerà in gas di idrogeno e gas di ossigeno; ora siamo proprio nel terzo stato di aggregazione della materia.

Infine, possiamo supporre con un elevato sforzo di fantasia, di scagliare questa nube di gas, all'interno della superficie del sole. In questo caso la temperatura elevatissima di circa 15000000 °C presente all'interno del nucleo del sole, produce certamente il quarto stato della materia, lo stato di plasma. Temperature così elevate producono la completa ionizzazione degli atomi, tutti gli elettroni periferici dell'atomo di ossigeno vengono strappati via. Ovviamente, anche l'unico elettrone appartenente all'atomo di idrogeno si allontana inesorabilmente dal protone che lo aveva ospitato per tutto il viaggio. Del blocchetto di ghiaccio che avevamo all'inizio di questo fantasioso esperimento, ci ritroveremo un mucchio di elettroni, uno di protoni e infine uno costituito da nuclei di ossigeno.

Il lettore avrà notato che per passare da uno stato di aggregazione all'altro abbiamo fornito sempre più energia. Evidentemente se operassimo questo procedimento a ritroso, diminuendo sempre più l'energia termica, cioè sottoponendo il nostro campione a temperature sempre più basse, otterremo la

sequenza inversa. Il campione, dallo stato di plasma si trasformerebbe infine in materia solida, riproducendo l'asteroide di ghiaccio da cui eravamo partiti all'inizio dell'esperimento. La variabile di controllo di questo processo di trasformazione è la temperatura. A titolo di esempio la tabella 1.1 porta alcuni dati relativi alle conseguenze di un apporto di energia sulla materia fisica. In questa tabella vediamo l'entità del livello di energia e le sue conseguenze sulla materia conosciuta. L'energia è misurata in "eV" elettrone-volt.

Esempi di livelli di energia nella materia	
Agitazione termica	0.03 eV
Alcuni atomi sottoposti a irraggiamento luminoso si ionizzano	1 – 3 eV
Le molecole di Cl_2 si spezzano	2.5 eV
Molti tipi di legami covalenti si recidono	4.5 eV
Gli atomi si ionizzano	13.6 eV
Si forma il plasma	700 eV
Si frantumano i nuclei	$5 \cdot 10^6$ eV
1 eV = $1.602 \cdot 10^{-19}$ J (joule)	

Tab. 1.1

Quest'esempio ci permette quindi di classificare la materia conosciuta in quattro stati caratteristici, di cui elenchiamo le salienti peculiarità.

Lo stato **solido** è caratterizzato da atomi legati fra loro con energie molto elevate, la natura ci offre un numero enorme di esempi concreti. Le montagne, la struttura solida degli alberi, un pezzo di marmo, un minerale, un pezzo di ferro, questi e tanti altri, sono esempi di aggregati atomici che consentono di osservare la compattezza dei solidi e quindi il livello raggiunto dal legame chimico fra gli atomi o le molecole che li costituiscono. In questa vasta categoria esistono chiaramente, strutture omogenee o strutture disomogenee. Lo stato cristallino è compreso in questa categoria.

Lo stato **liquido** è invece caratterizzato da un livello di energia di legame più basso dello stato precedente. Gli atomi o le molecole infatti sono liberi di ruotare o di spostarsi in maniera molto ampia, consentendo all'aggregato di adattarsi perfettamente alla dimensioni e alla forma dei recipienti che potrebbero contenerlo. Esempi caratteristici di questo stato sono: l'acqua in genere, l'alcol, il mercurio, il vino, il bromo ecc.

Lo stato **gassoso** è a sua volta definito come lo stato in cui gli atomi e le molecole sono ad un livello di energia più alto di quelli precedenti. Esempi tipici sono l'atmosfera, i gas in genere, i vapori, ecc.

Il quarto stato definito stato di **plasma**, è quello probabilmente più diffuso in tutto l'universo, (intorno delle stelle) ed è caratterizzato da una profonda alterazione a livello atomico. Infatti non esiste alcun legame chimico fra gli atomi di questo stato di aggregazione, più precisamente anche l'edificio atomico risulta spezzato.

SCALA DELLE TEMPERATURE		
STATO FISICO	°K	°C
Temperatura interna del sole	15000000	15000000
Temperatura corona solare	6000	6000
Fusione del silicio	1685.2	1412
Fusione dell'oro	1337	1064.4
Fusione dell'argento	1235	961.9
Ebollizione dello zolfo	717.8	444.7
Ebollizione dell'acqua	373.15	100.0
Punto triplo dell'acqua	273.16	0.01
Fusione del ghiaccio	273.15	0
Solidificazione dell'acqua di mare	269.15	- 4
Solidificazione del mercurio	234.15	-39
Gela l'olio del motore	233.15	-40
Solidifica l'anidride carbonica (ghiaccio secco)	195.15	-78
Primato del freddo in Antartico	184.15	-89
Solidifica l'alcol etilico	143.15	-130
Ebollizione dell'ossigeno (ossigeno liquido)	90.15	-183
Ebollizione dell'azoto (azoto liquido)	77.15	-196
Punto triplo dell'ossigeno (ossigeno solido)	54.36	-218.79
Liquefazione dell'idrogeno	20.28	-252.87
Punto triplo dell'idrogeno	13.81	-259.34
Elio liquido	4.25	-268.9
Temperatura dello spazio	3.15	-270
Zero assoluto	0	-273.15

Tab. 2.1

Gli elettroni e le particelle del nucleo sono quindi liberi di vagare all'interno del sistema caratterizzato da questo stato fisico. Temperature elevatissime conferiscono ai nuclei quantità di moto così elevate da consentire addirittura trasformazioni nucleari. Esempi tipici di questo stato, sono le stelle, i fulmini, le esplosioni nucleari o altri particolari fenomeni presenti anche sulla terra. L'insegnante potrebbe a questo punto mostrare ai propri allievi i tubi fluorescenti, chiamati volgarmente tubi al neon. Queste lampade funzionano, poiché il gas che vi è contenuto, si presenta sotto forma di plasma, quando la lampada produce luce.

È possibile ipotizzare a questo punto anche un quinto stato di aggregazione, a seguito delle moderne teorie sulla struttura dei nucleoni. Questo stato consisterebbe in un miscuglio di leptoni e quark dotati di elevatissima energia. Forse gli astrofisici hanno già individuato nella storia evolutiva del nostro universo, questo stato della materia, come l'ipotetico stato iniziale del nostro universo, forse il Big-Bang (se mai è avvenuto) si è originato da questo stato instabile della materia. Precursore della genesi di tutta la materia conosciuta, questo stato non è stato ancora osservato, ma questo esula dal programma previsto per il nostro studio e rimando il lettore a testi più appropriati.

La tabella 2.1 allegata, mostra le temperature di fusione o di ebollizione di alcune sostanze e quindi anche lo stato fisico di questi sistemi di molecole.

Struttura dell'atomo

L'atomo è costituito da una parte centrale definita nucleo nel quale risiede praticamente la massa dell'intero atomo. Quest'ultimo è organizzato con un certo numero di particelle, esprimibili in alcuni stati quantici che gli scienziati hanno chiamato **protoni** e **neutroni**.

Il numero dei protoni è chiamato **numero atomico** ed è definito dalla lettera **Z**, il numero dei neutroni è definito dalla lettera **N**, Il **peso atomico** invece è definito come la somma dei neutroni e dei protoni costituenti un nucleo atomico, ed è definito dalla lettera **A**.

Senza addentrarci nell'intimità della struttura nucleare, diciamo che la configurazione esterna dell'atomo è influenzata direttamente dalla composizione del nucleo. La parte esterna dell'atomo è costituita appunto dagli elettroni orbitanti. In parole semplici, diremo che in funzione del numero di particelle positive, cioè protoni presenti nel nucleo saranno richiesti altrettanti elettroni orbitanti, in modo da neutralizzare la carica elettrica positiva nucleare concentrata al centro dell'atomo. Questi elettroni hanno una massa 1800 volte più piccola della massa del relativo protone, ma possiedono la stessa quantità di carica elettrica.

In effetti, quando un nuovo atomo si crea, quello che si genera all'inizio della sua formazione è proprio il nucleo. Questo fatto accade all'interno dei nuclei delle stelle che sono oggi considerate i generatori di atomi del nostro universo. Quindi, quando si forma un nucleo, si dispongono all'interno di esso un certo numero di nucleoni. Queste particelle possono essere protoni o neutroni. In base al numero dei protoni (cariche positive) presenti all'interno del nucleo, alla periferia dell'atomo verranno richiesti in modo corrispondente un certo numero di elettroni perfettamente uguali al numero dei protoni. In tal modo, la carica elettrica totale atomica, risulterà zero.

I nuclei degli atomi presenti nel nostro pianeta sono stati con molta probabilità forgiati dalla fornace nucleare di una supernova che è esplosa alcuni miliardi di anni fa. Questi resti stellari, hanno successivamente dato origine al nostro sistema solare circa 4,5 miliardi di anni fa. Ebbene, per ragioni fisiche intimamente collegate alla natura del nucleo, una certa quantità di combinazioni utili (in termini di protoni e neutroni) sono state favorite, per cui nella nube primordiale che ha generato la terra, hanno cominciato a prodursi gli elementi chimici attualmente conosciuti, distribuiti quantitativamente e qualitativamente in dipendenza delle leggi fisiche che regolano queste reazioni. Successivamente, mentre il plasma caldo andava raffreddandosi, i nuclei in formazione hanno catturato un certo numero di elettroni tali, da bilanciare la carica elettrica positiva del nucleo stesso e si sono formati gli atomi che ora conosciamo (poiché le leggi fisiche sembrano essere simili in tutto l'universo, questo fenomeno creativo si è potuto sicuramente ripetere in altri punti dello spazio-tempo, generando mondi probabilmente, molto simili al nostro).

Queste particelle negative chiamate "elettroni", sono organizzate su orbite a distanze molto precise dal nucleo. Sono conosciuti sette gusci che attorniano

il nucleo dell'atomo, definiti con le lettere K,L,M,N,O,P,e Q. (Per adesso non conosciamo nessun elemento stabile che possenga elettroni organizzati in gusci superiore oltre a quello definito con la lettera "Q"). - Questo modello interpretativo sarà utilizzato solo temporaneamente per comodità espositiva -

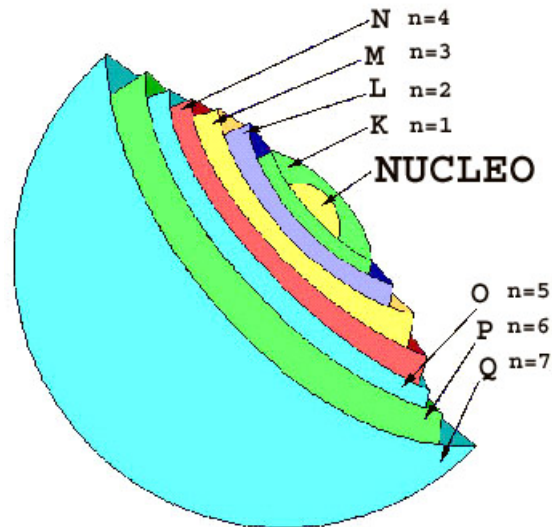


fig. 21.1 - Struttura classica di un atomo a gusci concentrici -

A ognuno di questi gusci, in relazione alle leggi quantomeccaniche, compete un numero quantico "n". In effetti, definire un numero quantico al guscio significa attribuirgli una certa posizione crescente di energia che si rileverà importante per la trattazione matematica di questi stati. I gusci interni sono quelli a energia più bassa i gusci esterni sono quelli a energia più alta.

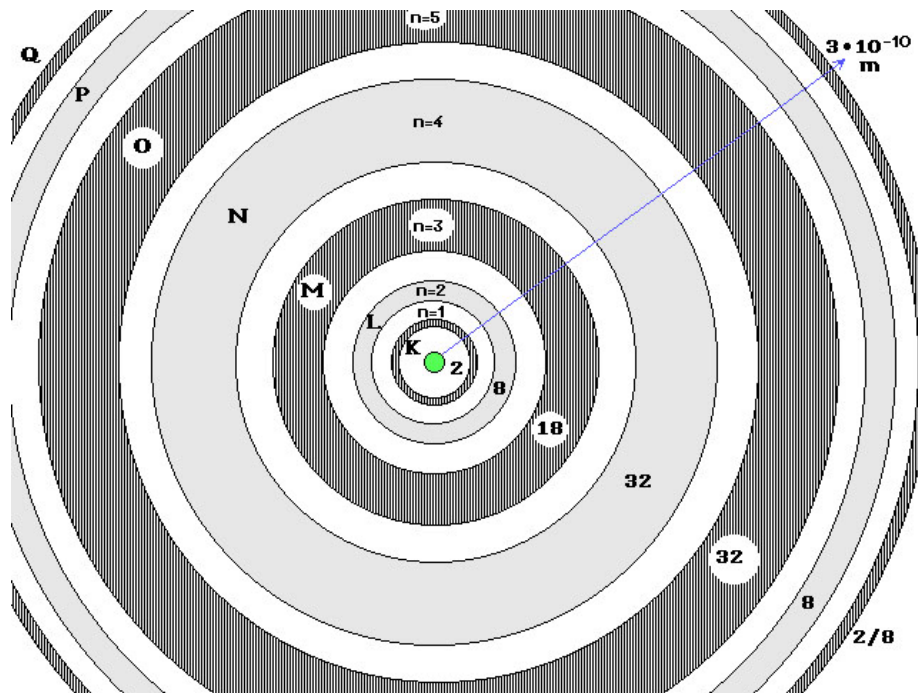


Fig. 22.1 - Numero di elettroni per guscio -

L'ordine di riempimento degli elettroni proseguirà dal basso verso l'alto, riempiendo i gusci che si succederanno in ordine crescente di energia. Ovviamente la collocazione degli elettroni si interromperà appena questi ultimi raggiungono il numero di quelli presenti nel nucleo.

È naturale che gli elettroni localizzati negli strati più esterni saranno più debolmente legati all'atomo, per questi ultimi sarà sufficiente un minimo apporto di energia per allontanarli. Viceversa, gli elettroni situati nelle orbite più interne saranno così fortemente legati all'atomo che dovremo spendere una cospicua risorsa di energia per allontanarli. Per quanto riguarda gli elettroni localizzati sulle orbite più esterne dell'atomo potremo definire questa energia: lavoro di estrazione, o potenziale di prima ionizzazione. La definizione, "**energia di prima ionizzazione**" ci fa intendere che non vogliamo precluderci la possibilità di estrarre successivamente altri elettroni all'atomo, in questo caso gli apporti di energia saranno chiaramente più elevati e si parlerà di "energia di seconda o di terza ionizzazione"..

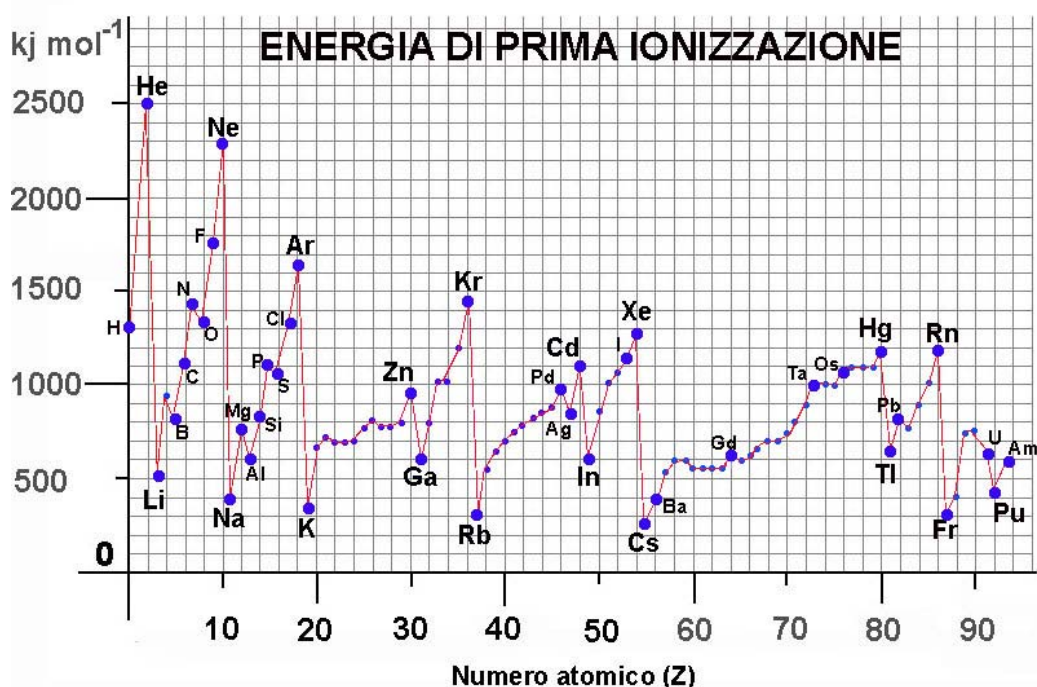


Fig. 23.1

Nella figura seguente è riportato un grafico che riporta in ordinata il livello di questa energia misurato in kilojoule per mole di atomi e in ascissa il numero atomico. In questo modo è possibile osservare una certa periodicità nella variazione dell'energia di prima ionizzazione in relazione allo specifico atomo presente in natura. Osserviamo che atomi quali i gas inerti hanno un'elevata energia di prima ionizzazione, mentre gli atomi dei metalli alcalini hanno una minore energia di ionizzazione. Questo significa che gli elettroni esterni degli atomi dei gas inerti sono fortemente legati all'atomo mentre gli elettroni esterni dei metalli alcalini sono legati molto debolmente. Per esempio è facile accorgersi che, per strappare un elettrone da un atomo di idrogeno, occorre un

energia di **1311 kJ** per mole di atomi, pari a **13.6 eV**. Questo valore sale a **2370 kJ mole⁻¹** per l'elio che appartiene ai gas inerti.

La ragione di questo strano comportamento potremo capirla analizzando con maggiore dettaglio la configurazione elettronica degli atomi. Per raggiungere questo scopo è necessario approfondire alcuni concetti fisico-chimici.

Meccanica atomica

L'atomo più semplice in natura è l'atomo di idrogeno. Il nucleo atomico è costituito da una sola particella carica positivamente, cioè un solo protone che come oggi sappiamo ha una massa a riposo di **1.6726485 10⁻²⁷ kg**. Questa massa è provvista di una carica elettrica perfettamente simile a quella dell'elettrone ma di segno opposto, essa vale **1.6021892 10⁻¹⁹ Coulomb**. Per le ragioni che abbiamo definito in questo capitolo questa particella si attornia di un solo elettrone in modo da bilanciare perfettamente la carica elettrica da essa posseduta. In un primo momento questa carica elettrica è stata immaginata come una particella puntiforme che orbitava ad una distanza caratteristica, similmente ad un pianeta che orbita intorno alla sua stella madre.

Oggi noi sappiamo che non è proprio così, ma utilizziamo ancora questo modello per spiegare alcune cose che riguardano aspetti che diventerebbero troppo complicati se utilizziamo interamente le tesi quantistiche. Ci serviremo successivamente delle considerazioni di fisica quantistica, allargando il nostro modello in modo da renderlo comprensibile senza fare sforzi eccessivi. A tal uopo, voglio ricordare al lettore che troverà nell'appendice di fine testo ulteriori approfondimenti.

La ragione che lega l'elettrone al protone in un atomo di idrogeno è racchiusa nella meccanica di azione dei campi di forza, pare che il protone e l'elettrone possano essere visti come entità che si scambiano continuamente fotoni. Questi fotoni, che i fisici definiscono "virtuali" poiché vengono creati e riassorbiti senza che la particella perde energia, determinano attorno alle particelle cariche elettricamente, un campo di linee di forza. Grazie a questo campo, la combinazione protone-elettrone assume una configurazione attrattiva. Poiché di questo parleremo con maggior dettaglio anche nell'allegato al modulo "Esperienze di chimica", esprimiamo per adesso soltanto la legge empirica che tiene conto delle forze elettriche. Questa legge che porta il nome del suo scopritore, è chiamata la legge di **Coulomb**. La legge dice: "*La forza di attrazione o di repulsione fra due corpi carichi elettricamente, dipende dal prodotto della carica elettrica dei due corpi, diviso il quadrato della distanza intercorrente fra essi.*" La legge completa di Coulomb valida nel vuoto potrà essere scritta come:

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad (1.01)$$

La forza sarà misurata in Newton se la carica elettrica sarà espressa in Coulomb e la distanza in metri.

La costante " $1/(4\pi\epsilon_0)$ ", assume come sappiamo, un valore di circa 9 miliardi, ed è definita utilizzando a sua volta il coefficiente ϵ_0 conosciuto come il coefficiente di **permeabilità elettrica** del vuoto, pari a **8.85418782 10⁻¹²** F/m. Il lettore potrà eventualmente comprendere meglio questo coefficiente pensando ad esso come la misura di una certa attitudine del mezzo interposto a reagire al campo elettrico, una specie di misura della sensibilità dei corpi al campo elettrico. Vedi anche l'allegato al modulo "Cariche elettrostatiche"

Se l'elettrone è legato al protone da una forza elettrica espressa dalla formula seguente potremo scrivere:

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2} \quad (2.01)$$

Avendo espresso per la carica elettrica dell'elettrone (o del protone) il termine "e", e con "r" la distanza, cioè il raggio atomico dell'atomo di idrogeno.

Con questa formula possiamo calcolare esattamente il raggio atomico di un atomo isoelettronico, appunto l'atomo di idrogeno. Osserviamo come è semplice raggiungere il nostro scopo utilizzando semplicissimi passaggi matematici. Per prima cosa, nell'ipotesi che l'elettrone rotante bilanci perfettamente con la sua forza centrifuga, la forza elettrica che lo avvicina al nucleo, possiamo ritenere in equilibrio queste due forze. La forza centrifuga è definita dalla relazione:

$$F_c = \frac{mu^2}{r} \quad (3.01)$$

Quindi uguagliando le due equazioni avremo:

$$\frac{mu^2}{r} = \frac{e^2}{r^2} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon} \quad (4.01)$$

A questo punto, applichiamo la formula del momento angolare dell'elettrone orbitante (vedi appendice formula 9.0B), quindi riscriviamola:

$$mur = \frac{h}{2\pi} n \quad (5.01)$$

Ci accorgiamo che il momento angolare è espresso in termini della costante di Planck diviso per 2π . Il numero quantico "n" che come spero sia ormai chiaro, rappresenta il guscio energetico caratteristico (n=1 K, n=2 L, n=3 M, ecc.). Estruendo il raggio avremo:

$$r = \frac{h \cdot n}{2 \pi \cdot m u} \quad (6.01)$$

elevando al quadrato l'equazione seguente, otteniamo un'espressione legata al quadrato del raggio, possiamo quindi sostituirla nella formula n. 4.01 al posto di r^2 , ottenendo:

$$\frac{m u^2}{r} = \frac{e^2 4 \cdot \pi^2 m^2 u^2}{4 \pi \epsilon \cdot n^2 h^2} \quad (7.01)$$

Semplificando i termini simili, riusciamo per altro ad eliminare il termine velocità che per adesso non conosciamo, ottenendo alla fine:

$$r = \frac{h^2 \epsilon}{e^2 \pi \cdot m} n^2 \quad (8.01)$$

Sostituendo i valori numerici a tutti i termini conosciuti, otteniamo:

$$r = 0.53 \cdot 10^{-10} n^2 \quad (9.01)$$

Quest'ultima relazione è in grado di esprimere il raggio atomico in relazione del solo numero quantico n . Per $n=1$ otteniamo un raggio infatti pari a $0.53 \cdot 10^{-10}$ metri, pari cioè a 0.53 angstrom (questa unità di misura non è più in uso). Quando scriviamo $n=1$ intendiamo riferirci ad un atomo ampio fino al primo livello k , il raggio calcolato rappresenta proprio il raggio dell'atomo più leggero esistente in natura cioè l'atomo di idrogeno.

Sostituendo a " n " il valore 2, che rappresenterebbe il livello successivo cioè il livello L , otteniamo $r = 2.12 \cdot 10^{-10}$ m che risulta il raggio dell'orbita successiva.

Il lettore deve stare molto attento a considerare queste dimensioni. Questi valori che stiamo calcolando sono validi per un atomo isoelettronico. Se sostituiamo a n il valore 7 valido per lo strato orbitale Q , otteniamo un raggio di $7.42 \cdot 10^{-10}$ m, che dovrebbe essere il raggio atomico dell'atomo più grande in natura, ma questo non corrisponde alla realtà. Misure accurate basate sulla diffrazione dei raggi X , hanno dimostrato che l'atomo più grande non supera neanche la metà di quel valore, cioè una dimensione di circa $3 \cdot 10^{-10}$ m (atomo di francio). La ragione come abbiamo già detto, dipende dal fatto che le relazioni matematiche che abbiamo utilizzato non tengono conto delle influenze elettriche reciproche fra gli elettroni di un atomo polielettronico, nonché della contrazione della sua dimensione dovuta al numero più elevato di carica elettrica presente nel nucleo.

Nel caso di atomi con più elettroni il problema è molto complicato, vi sono infatti da considerare i potenziali che agiscono su ogni generico elettrone da parte di tutti gli altri presenti nella configurazione e anche l'influenza da parte

del nucleo. In questo caso risulta indispensabile conoscere la distribuzione degli elettroni intorno a nucleo, che come sappiamo è data dalla risoluzione dell'equazione di Schrodinger. (Esiste un'appendice alla fine del testo interamente dedicata a questa equazione) In quest'ultimo caso dobbiamo far notare al lettore più attento che non è possibile trovare una soluzione rigorosa dell'equazione di Schrodinger per la non perfetta sfericità delle orbite elettroniche degli atomi polielettronici. Pertanto utilizzando dei metodi matematici approssimati come quelli introdotti da Hartree e Fock si può pervenire a un risultato molto vicino alla realtà. Unicamente per curiosità spiccia, ricordiamo che tale procedimento è chiamato "**metodo del campo autoconsistente**". Ritourneremo fra poco a verificare le implicazioni di questa proprietà quando parleremo degli orbitali atomici.

La tabella seguente illustra la dimensione approssimata in 10^{-10} m di alcuni atomi conosciuti, tenendo conto di questa contrazione del raggio.

Elemento	Raggio (10^{-10} m)	Elemento	Raggio (10^{-10} m)
H	0.53	Al	1.21
He	0.30	Si	1.06
Li	1.5	P	0.92
Be	1.19	S	0.82
B	0.85	Cl	0.75
C	0.66	A	0.67
N	0.53	K	2.2
O	0.45	Ca	2.03
F	0.38	Sc	1.8
Ne	0.32	Ti	1.66
Na	1.55		
Mg	1.32		

tab 3.01

Visto che abbiamo appena intrapreso una direzione di studio molto semplice, utilizzando i concetti di fisica classica più elementari, approfittiamo delle formule appena lasciate nelle precedenti pagine per esaminare una curiosità. Considerando l'elettrone una carica materiale e proviamo a calcolare la sua ipotetica velocità orbitale tangenziale.

Utilizziamo la formula di Coulomb che esprime la forza di attrazione dell'elettrone verso il nucleo, ed uguagliamone il modulo alla forza centrifuga, utilizzando lo stesso procedimento visto nella formula n. 4.01, avremo:

$$\frac{mu^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon \cdot r^2} \quad (10.01)$$

la formula n. 10.01 sarà facilmente riconducibile all'equazione seguente:

$$u^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon \cdot r \cdot m} \quad (11.01)$$

poiché abbiamo già determinato il raggio della prima orbita di un atomo isoelettronico, tutti i termini possono essere considerati conosciuti, sostituendo i valori noti abbiamo:

$$u = 2.0754 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Questo valore rappresenta, in termini di meccanica classica, la velocità tangenziale che possiede un elettrone nella prima orbita a $0.53 \cdot 10^{-10}$ metri dal nucleo. Una velocità così elevata è pari allo 0.6% della velocità della luce. Gli effetti relativistici di questa velocità, per quanto misurabili sono da considerarsi comunque trascurabili. Credo che a questo punto il lettore deve essere convinto di una cosa; o esiste qualcosa nella natura di questi corpi microscopici, di queste particelle minute, che ancora ci sfugge e non è molto comprensibile con i modelli classici attuali, oppure questo significa che non possiamo trattare con la meccanica classica l'universo racchiuso nel microcosmo atomico.

La natura preferisce a questi livelli dimensionali un comportamento molto diverso. Un comportamento condizionato dalle leggi della meccanica quantistica, che tiene conto del principio di indeterminazione, nonché della visione probabilistica di Schrodinger è molto più preferibile rispetto a quello che vede l'elettrone come un corpo solido. Il modello esaminato dalla teoria quantistica non vede più l'elettrone come una particella massiva, ma immagina l'elettrone come un'oscillazione attraverso il nucleo. Questa oscillazione rappresentata da una carica elettrica puntiforme, preferisce localizzarsi in un'area di massima probabilità distante opportunamente dal centro del nucleo. Queste aree di forma geometrica opportuna sono chiamate **orbitali**. Nel caso dell'idrogeno, quest'area è rappresentata da una regione sferica ed è definita con il nome di orbitale **S**. Anche se in alcuni casi prenderemo in considerazione l'aspetto corpuscolare degli elettroni, questi andranno considerati sempre come onde di energia. Recentemente addirittura, pare che queste onde elettroniche siano state realmente osservate. L'immagine che vi proponiamo fig. 24.1 mostra onde di potenziale generate da elettroni situati su un cristallo di rame. Queste onde dotate di una periodicità spaziale di circa **$15 \cdot 10^{-10}$** metri, urtano contro le irregolarità del cristallo generando stati stazionari.

L'eccezionale fotografia è stata ottenuta dai ricercatori della I.B.M. con un microscopio a effetto tunnel nel 1993.

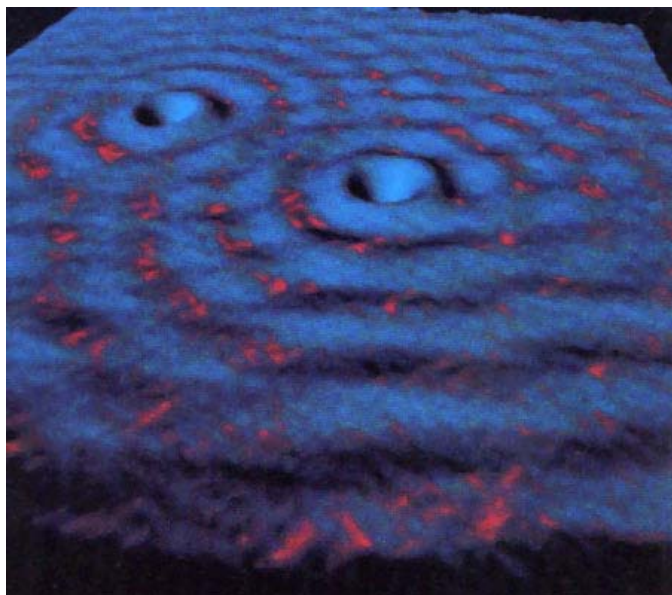


Fig. 24.1 - Elettroni su cristallo di rame -
- rivista "Scienze & Vita" -

Gli orbitali

Molte pubblicazioni tecniche, sfiorando il limite del rigore scientifico sono riuscite a espletare concetti molto complessi in modo straordinariamente semplice. Io sostengo che sia necessario per un divulgatore offrire tutte le possibili analogie riguardanti un fenomeno, in modo che nella mente di chi ascolta, o di chi legge possa nascere quella scintilla che permette il miglior assorbimento della conoscenza. Se chi divulga un concetto profana leggermente l'esattezza della legge, quest'ultima potrà essere automaticamente corretta durante l'elaborazione del concetto stesso. Intanto un passo avanti si sarà compiuto per aiutare la conoscenza.

Gli esempi che sarò costretto a fare tra poco sugli orbitali atomici sono proprio un caso caratteristico di questo mancato rigore. Secondo la teoria di Schrodinger (vedi appendice) abbiamo stabilito che l'elettrone orbitante può essere verosimilmente immaginato come una rappresentazione di onde di probabilità. Attribuire all'elettrone questa identità ci costringe a trasformare completamente la visione dell'atomo classico visto come un modello planetario. Precisiamo che ci serviremo ancora del modello classico per spiegare alcune proprietà della materia cioè degli atomi.

L'atomo moderno non è più considerato un sistema planetario simile al nostro sistema solare così come aveva postulato Rutherford, ma un sistema costituito da un nucleo denso attorniato da volumi diffusi dotato di forme caratteristiche nelle quali è probabile trovare l'elettrone. Questi volumi si estendono con strutture geometriche molto varie, chiamati anche nubecule, che vanno dalla semplice sfera, fino a forme di difficile rappresentazione grafica. Abbiamo accennato, a proposito dell'atomo di idrogeno, che questo sistema è definito da un orbitale sferico chiamato "**1s**". In questo specifico caso possiamo dire semplicemente che un orbitale sferico di tipo "s" definisce una superficie, appunto quella della sfera, dove è possibile trovare con maggiore probabilità

l'elettrone. L'espedito, se mi è permesso così definirlo, riesce in qualche modo ad evitarci l'inutile e per di più impossibile lavoro di intercettare quell'unica particella piccolissima chiamata elettrone, che orbita intorno al nucleo costituente l'atomo di idrogeno.

Il raggio di tale sfera è rappresentato appunto dal numero che abbiamo già calcolato, cioè **$0.53 \cdot 10^{-10}$** metri. A quella distanza quindi, si estenderà un'area dalla forma di una semplice superficie sferica, nella quale rappresentiamo in modo diffuso, la carica elettronica dell'atomo.

In parole semplici, non vogliamo sapere qual è la precisa posizione che assume l'elettrone nella nube sferica, non ci interessa. Quello che ci limitiamo a determinare è unicamente la zona di massima probabilità nella quale egli potrebbe apparire.

La suddivisione a strati crescenti di energia, organizzata su livelli che si estendono a distanze sempre maggiori dal nucleo dell'atomo, che abbiamo chiamato **K, L, M**, ecc, non crea alcuna difficoltà a questa interpretazione, anzi, ogni orbitale si estende occupando nello spazio le aree specifiche indicate dal livello di appartenenza. Per questa ragione abbiamo definito l'orbitale dell'idrogeno "1s", il numero 1 indica appunto la posizione assunta al livello **K**. Questo numero in un certo modo è indicativo anche dell'energia assunta da quell'orbitale valevole per quel preciso livello. La lettera s, indica invece la forma dell'orbitale, nel nostro caso una forma sferica.

Quanti e quali sono gli orbitali conosciuti ? Ne conosciamo fondamentalmente quattro, definiti con le lettere **s, p, d, e f**. La forma geometrica di queste nubi statistiche è rappresentata in figura n. 25.1 e precisiamo immediatamente, che soprattutto per la forma dell'orbitale "f", il nostro arbitrio rappresentativo è stato eccessivo.

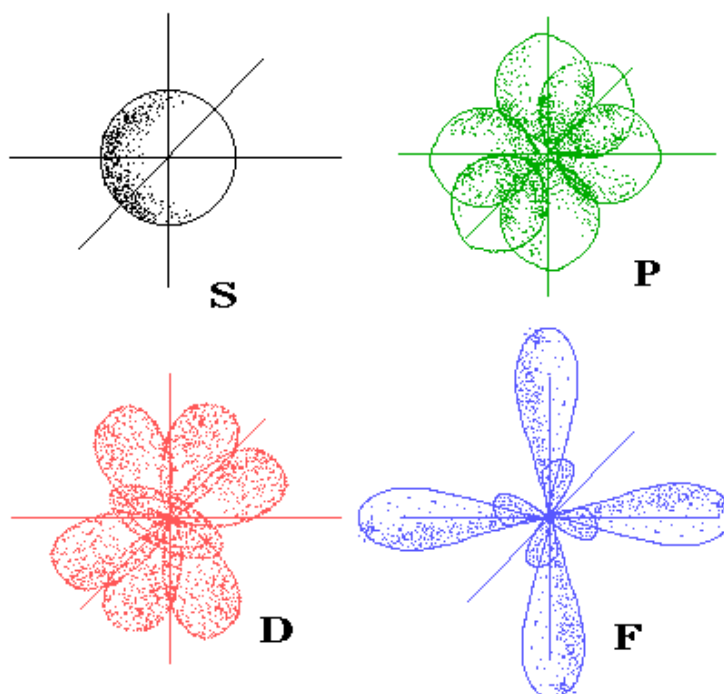


Fig. 25.1 - Rappresentazione degli orbitali -

Quest'ultima struttura, come vedremo tra breve è molto complessa, una sua rappresentazione geometrica può essere forviante. Alcuni autori, sostengono, che l'orbitale "f" può essere compreso solo matematicamente.

La fisica atomica elenca questi tipi di orbitali introducendo un altro numero quantico, definito numero quantico secondario, simbolo "l" (elle). Fissando un determinato valore a "n" (numero quantico principale), "l" può assumere solo 0, 1, 2, 3, ..., (n-1) valori. Il numero quantico "l", rappresenta quindi la forma dell'orbitale ed è in qualche modo collegato al momento angolare dell'elettrone.

Il lettore non deve stupirsi di queste forme a lobi allungate, anzi, provi ad immaginare l'elettrone che descrive delle orbite ellittiche estremamente pronunciate e quindi, applicando quello che abbiamo detto a proposito degli orbitali, provi a considerare la distribuzione di carica lungo l'orbita. Questa distribuzione di carica elettrica è in grado di allungarsi o deformarsi, in relazione ad azioni determinate dalla presenza di altri elettroni o di altri atomi o di campi elettrici posti in loro prossimità. Come vedremo tra poco, queste nubi di carica sottoposte all'influenza di un altro atomo, posto nelle vicinanze, possono cambiare la loro geometria realizzando strutture ancora più complicate.

A questo punto vorrei pensare a sfamare le eventuali menti più insaziabili, vorrei spendere due paroline, comunque elementari, in modo da fare cosa gradita al lettore più esigente. Non andrò molto nel complicato, a livello di fisica quantistica, per due importanti ragioni, una è che per mia decisione questo testo non deve essere troppo complesso, la seconda è che comunque sia, non sarei certamente in grado di essere così competente su questo argomento.

Consiglio al lettore che mi ha seguito fino a qui, di andare a leggere l'appendice relativa all'equazione di Schrodinger. In questa appendice è riportato un articolo che io ho reso quanto più semplice possibile. In questo articolo potete trovare le basi teoriche per comprendere con maggior chiarezza i successivi paragrafi di questo allegato. I passaggi matematici utilizzati nell'appendice relativa all'equazione di Schrodinger, mettono in relazione le coordinate dell'elettrone e l'energia dell'atomo. Le funzioni d'onda sono appunto soluzioni dell'equazione generale di Schrodinger e sono valide per valori particolari dell'energia totale. Ecco la quantizzazione dell'energia. Quello che noi chiamiamo "orbitale" è una particolare funzione d'onda ψ . Poiché noi siamo testardi e ci è difficile immaginare l'elettrone come una carica elettrica diffusa intorno al nucleo, quasi pretendiamo di vederlo come una piccola palla che ruota vorticosamente intorno all'atomo, allora facciamo il quadrato della funzione d'onda e abbiamo la funzione di probabilità. Più alto è il quadrato, più elevata è la probabilità di trovare l'elettrone.

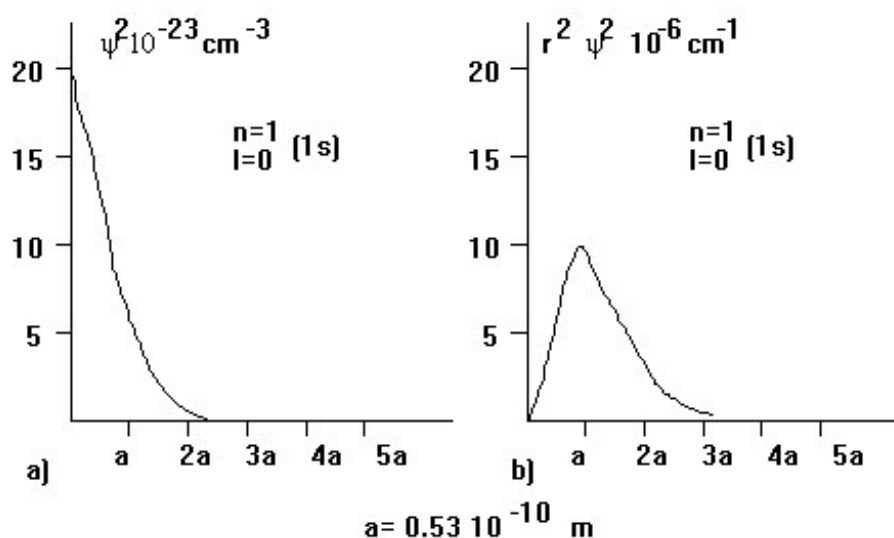


Fig. 26.1 - Funzione di probabilità in relazione al raggio -

Come voi sapete, per quanto riguarda l'atomo di idrogeno, i nostri calcoli, forniscono come distanza alla quale esiste la massima probabilità di presenza di una funzione d'onda, il numero $0.53 \cdot 10^{-10}$ m. Spesso i fisici quantistici indicano tale quantità con il simbolo a_0 (raggio di Bohr). Questa quota numerica non rappresenta la distanza probabile dell'orbita nella quale noi possiamo trovare l'elettrone, il significato che dobbiamo attribuire all'atomo moderno, in virtù della teoria degli orbitali è un'altra cosa.

Il concetto su cui noi dobbiamo ragionare è che, in qualche modo, l'elettrone oscilla attorno al nucleo mantenendosi a distanza variabile, e volta per volta in modo imprevedibile ma con maggiore probabilità, si trova a distanze prossime al valore di a_0 .

Un'idea potrebbe essere quella di immaginare un'oscillazione tridimensionale che attraversa il nucleo con un massimo proprio alla distanza a_0 , offrendo ovviamente un minimo in prossimità del nucleo. Anzi, questa idea, ci permette di capire perché il momento orbitale dell'orbitale sferico "s" è pari a zero. Per chiarire meglio quello che abbiamo detto la figura n. 26.1 ci aiuterà a vedere la rappresentazione grafica delle funzione di probabilità in relazione al raggio r. La figura a) ci mostra la funzione ψ^2 di un orbitale 1s, invece la figura b) ci mostra la funzione di probabilità $r^2 \psi^2$. È facile vedere che la figura a) rappresenta proprio la funzione d'onda cercata, essa tende ad aumentare mano a mano che ci avviciniamo sul nucleo. La densità di probabilità ψ^2 è massima se $r = 0$, ma non per questa ragione l'elettrone deve avere una probabilità massima di trovarsi confuso col nucleo. Quello che dobbiamo immaginare è appunto la diffusione della carica elettrica negativa attorno al nucleo, che si fa sempre più densa quanto più ci troviamo verso di esso. La figura b) invece tiene conto del quadrato del raggio, e il suo andamento ci porta ad avere un picco proprio in relazione a a_0 . È proprio quest'ultimo grafico quello che ci permette di vedere l'ampiezza di probabilità dell'elettrone, chiamata "densità di probabilità radiale".

Nel caso di $n=2$ ed $l=1$, cioè nel caso che consideriamo un orbitale tipo p, potremo avere una distribuzione del tipo come quella rappresentata dalla figura n. 27.1.

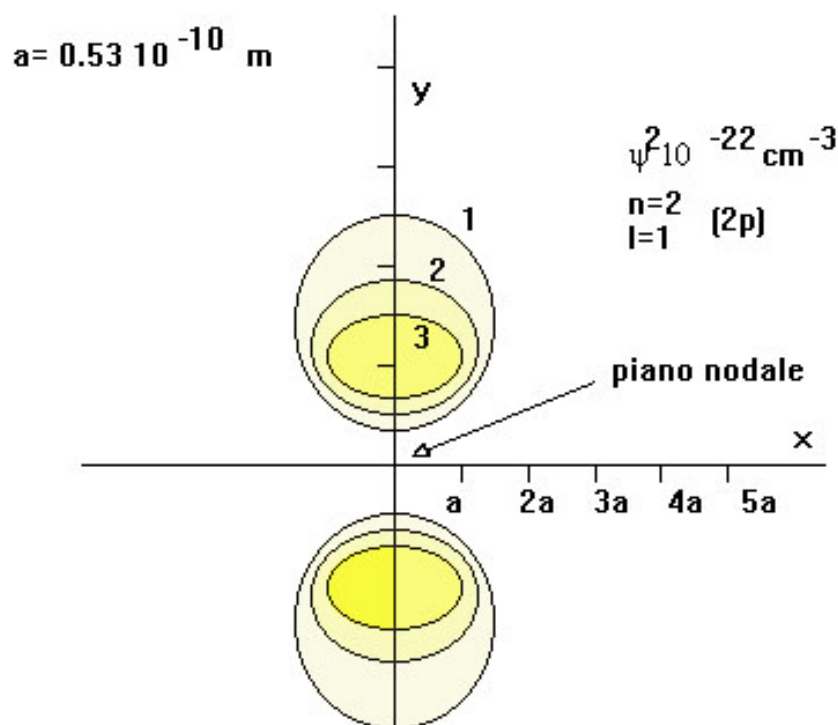


Fig. 27.1 - Densità di probabilità radiale di un orbitale tipo "p" -

Il lettore noti bene che in questo caso, l'asse delle y rappresenta una distanza, viceversa le curve di livello uniscono i punti con identico valore di ψ^2 . Da un punto di vista tridimensionale la figura rappresenta appunto l'orbitale tipo p. La tabella n 4.01 illustra le distanze di massima densità di carica radiale per le diverse funzioni d'onda di alcuni atomi polielettronici. La matematica ha sempre avuto per me un fascino straordinario, con questo non voglio assolutamente dare ad intendere di essere un esperto, anzi, probabilmente mi affascina proprio perché devo ancora penetrarla. Quello che voglio dire è che non vedevo l'ora di mostrarvi le funzioni normalizzate degli orbitali, scaturite da un complesso lavoro di calcolo attraverso le funzioni d'onda ricavate dall'equazione di Schrodinger. In poche parole, quello che fino ad ora abbiamo visto con delle immagini, che avevano il compito di illustrarvi le vicissitudini dell'elettrone in periferia dell'atomo, sono il risultato di un certo numero di funzioni matematiche. La tabella 5.01, elenca le sole funzioni normalizzate di dipendenza angolare, esse sono presentate in coordinate polari $\psi_{n,l,m}(r, \theta, \phi)$. Scrivere " $\psi_{n,l,m}$ " significa che la funzione è ricavata in base ai numeri quantici n, l, e m. Di quest'ultimo numero quantico parleremo al prossimo paragrafo.

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s
H	0.53						
He	0.30						
Li	0.20	1.50					
Be	0.143	1.19					
B	0.112	0.88	0.85				
C	0.09	0.67	0.66				
N	0.08	0.56	0.53				
O	0.069	0.48	0.45				
F	0.061	0.41	0.38				
Ne	0.055	0.37	0.32				
Na	0.05	0.32	0.28	1.55			
Mg	0.046	0.30	0.25	1.32			
Al	0.042	0.27	0.23	1.16	1.21		
Si	0.040	0.24	0.21	0.98	1.06		
P	0.037	0.23	0.19	0.88	0.92		
S	0.035	0.21	0.18	0.78	0.82		
Cl	0.032	0.20	0.16	0.72	0.75		
A	0.031	0.19	0.155	0.66	0.67		
K	0.029	0.18	0.145	0.60	0.63		2.2
Ca	0.028	0.16	0.133	0.55	0.58		2.03
Sc	0.026	0.16	0.127	0.52	0.54	0.61	1.8
Ti	0.025	0.15	0.122	0.48	0.50	0.55	1.66

Tab. 4.01 - Distanze di massima densità di carica radiale espresse in 10^{-10} m -

ORBITALE	FUNZIONE DIPENDENZA ANGOLARE
S	$1/(2\sqrt{\pi})$
P _z	$\sqrt{3} \cos \theta / (2\sqrt{\pi})$
P _x	$\sqrt{3} \cos \phi \sin \theta / (2\sqrt{\pi})$
P _y	$\sqrt{3} \sin \theta \sin \phi / (2\sqrt{\pi})$
d _z ²	$\sqrt{5} (3 \cos^2 \theta - 1) / (4\sqrt{\pi})$
d _x ² -y ²	$\sqrt{15} \sin^2 \theta (2 \cos^2 \phi - 1) / (4\sqrt{\pi})$
D _{zx}	$\sqrt{15} \cos \theta \sin \theta \cos \phi / (2\sqrt{\pi})$
D _{zy}	$\sqrt{15} \cos \theta \sin \theta \sin \phi / (2\sqrt{\pi})$
D _{xy}	$\sqrt{15} \sin^2 \theta \sin \phi \cos \phi / (2\sqrt{\pi})$
f _z ³	$\sqrt{7} (\cos^3 \theta - 3 \cos \theta) / (4\sqrt{\pi})$
f _z ² _x	$\sqrt{42} (5 \cos^2 \theta - 1) \sin \theta \cos \phi / (8\sqrt{\pi})$
f _z ² _y	$\sqrt{42} (5 \cos^2 \theta - 1) \sin \theta \sin \phi / (8\sqrt{\pi})$
f _z (x ² -y ²)	$\sqrt{105} (2 \cos^2 \phi - 1) \sin^2 \theta \cos \theta / (4\sqrt{\pi})$

Tab. 5.01 - funzioni normalizzate di dipendenza angolare -

Orbitali e configurazione atomica

Arrivati a questo punto non ci resta che verificare le applicazioni della teoria degli orbitali per quanto riguarda la struttura dell'atomo in chimica. Cominciamo a stabilire in che modo possiamo ritenere configurabile ciascun orbitale in relazione al numero di elettroni.

Gli orbitali **s** contengono al massimo **2** elettroni

Gli orbitali **p** contengono al massimo **6** elettroni

Gli orbitali **d** contengono al massimo **10** elettroni

Gli orbitali **f** contengono al massimo **14** elettroni

Normalmente i chimici, indicano la quantità effettiva di elettroni sull'orbitale, esprimendola tramite un numero che riportano in alto a destra del simbolo che rappresenta il tipo di orbitale. Per esempio, $2p^4$, (definita configurazione elettronica dell'orbitale,) significa che l'orbitale specificato è posto a livello 2. La forma dell'orbitale (numero quantico l) è di tipo p, ed è costituito da 4 elettroni.

Questo modo di vedere l'atomo è oggi di grande aiuto al chimico che indaga sulla struttura di una molecola e sulla sua rappresentazione geometrica spaziale.

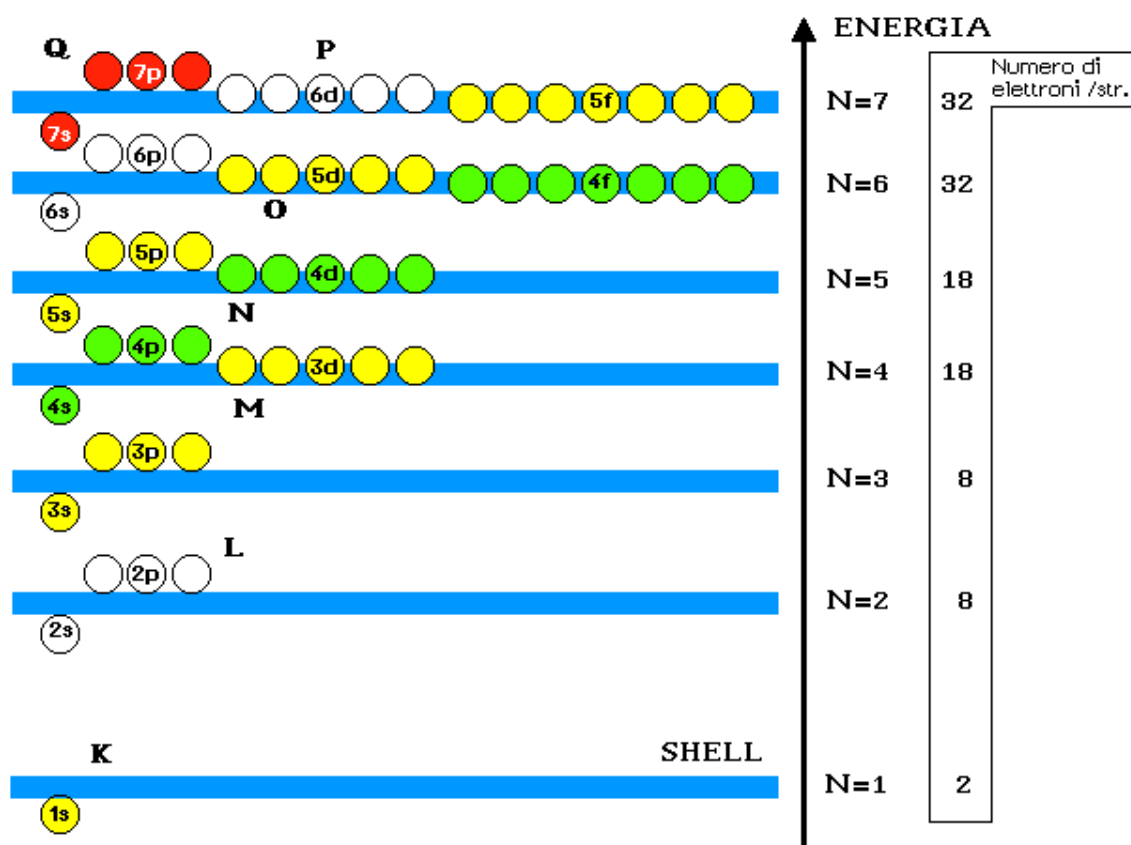


Fig. 28.1 - Successione degli orbitali atomici -

L'orbitale è infatti in grado di mostrarci l'evoluzione delle presunte orbite classiche dell'elettrone, in relazione al legame assunto da quello specifico atomo per una determinata molecola di cui esso fa parte. Questo fatto ci permette di prevedere la struttura di un composto e di avere informazioni riguardo la valenza dell'atomo, cioè la sua attitudine a legarsi con altre specie chimiche. La figura n. 28.1 ci mostra l'ordine di successione dei vari tipi di orbitali al variare dell'energia per livello. Il criterio di riempimento degli elettroni segue l'ordine indicato dalla figura n. 29.1.

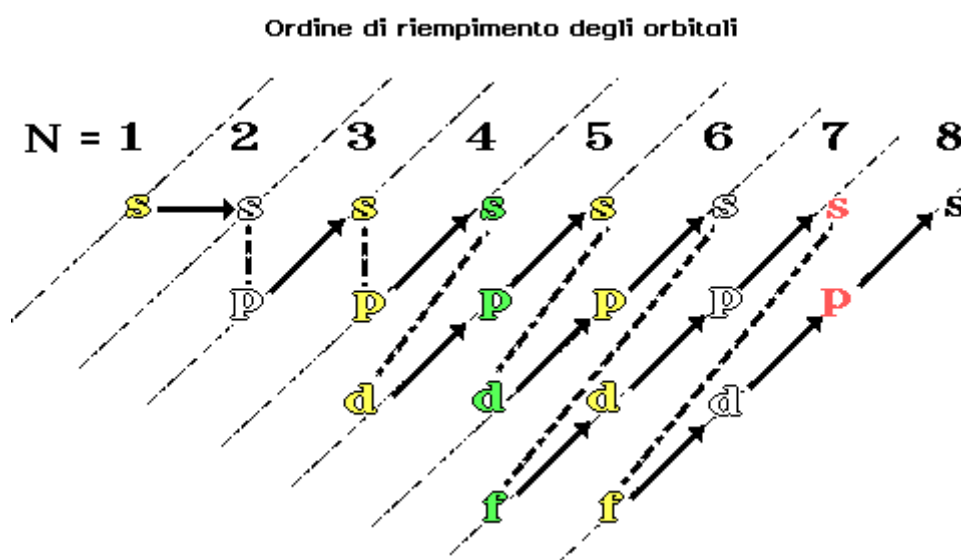


Fig. 29.1 - Ordine di riempimento elettronico degli orbitali (Aufbau) -

Tramite la figura n. 28.1 possiamo capire il significato della vecchia nomenclatura, che riportava la configurazione a strati ordinati K, L, M, ecc. e il numero quantico "n". Su questo punto non sono stato molto chiaro, ma per ragioni di didattica non ho voluto far notare prima la sottile differenza fra l'una e l'altra rappresentazione.

La distribuzione delle aree definite dalle lettere dell'alfabeto che vanno da K, fino a Q, rappresentavano un primo tentativo di ordinamento delle orbite quantiche, effettuato nei tempi in cui si lavorava con la spettroscopia. Alcuni autori, indicavano come significato per queste notazioni letterali, una particolare divisione a zone (chiamate anche strati), che hanno avuto un significato geometrico, dell'intorno dell'atomo. Questa distribuzione raggruppa quindi un certo numero di orbitali disposti secondo una sequenza logica ben definita. L'orbitale 4d, per esempio appartiene allo strato N, l'orbitale 7p appartiene allo strato Q, l'orbitale 6d, infine appartiene allo strato P. Purtroppo ordinando questi orbitali in base all'energia contenuta in ciascuno di essi abbiamo un raggruppamento delle sequenze che ha originato in alcuni libri un po' di confusione. Il numero quantico "n", divide quindi i gruppi di orbitali a seconda della loro energia. In questo modo, con la figura n. 28.1 ho voluto essere un tantino più preciso, mostrando l'esatta sequenza energetica dei vari tipi di configurazione che possono presentarsi in periferia dell'atomo, tenendo conto sia la nomenclatura che usa le lettere K, L, M, ecc. e sia quella che usa il numero quantico "n".

Nella figura n. 28.1 sono anche rappresentati il numero massimo di elettroni che possono essere contenuti nei vari livelli quantici. Ecco finalmente risolto il piccolo dubbio, che forse assillava il lettore più esperto, quando ha osservato con una certa attenzione la figura n. 22.1. In questa figura infatti, sono riportati il numero massimo di elettroni contenuti negli strati. La figura n. 28.1, mostra invece il numero massimo di elettroni che possono essere contenuti nei livelli di energia.

Sempre in riferimento alla figura n. 22.1, esaminando lo strato Q, costituito da un gruppo di orbitali 7p e dall'orbitale 7s, il lettore si sarà accorto che ho indicato 2 elettroni massimi per questo strato. Infatti, per adesso è possibile solo riempire l'orbitale 7s.

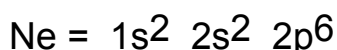
H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba			Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Fr	Ra																				
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mv	No	Lw					

- Vincenzo Iorio Caserta 2011 -

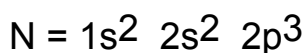
La figura n. 30.1, illustra la tavola periodica di tutti gli elementi chimici presenti in natura. I chimici conoscono molto bene l'importanza di questo ordinamento. La figura vuole mostrare al lettore come i raggruppamenti della tavola periodica tengono conto della configurazione elettronica più esterna degli elementi. Infatti, possiamo ritenere tutti i metalli alcalini e alcalino terrosi, illustrati sulla sinistra della figura, con una configurazione esterna che termina con un orbitale sferico tipo **s**. Il gruppo dei non metalli e dei gas inerti (gas rari), sono tutti caratterizzati da un orbitale finale tipo **p** (tranne l'elio ovviamente).

I metalli di transizione sono invece distinti da una configurazione con orbitale di valenza di tipo **d**. Infine i lantanidi, e gli attinidi, sono caratterizzati da un orbitale finale tipo **f**.

Facciamo alcuni esempi: l'elio che come noi sappiamo possiede un numero atomico z pari a 2, possiede 2 elettroni. Questi sono tutti e due collocati sul primo orbitale, l'orbitale sferico tipo $1s$. La configurazione elettronica dell'elio risulta essere quindi $1s^2$. Prendiamo come altro esempio l'atomo di neon, ancora un gas inerte con 10 elettroni esterni. In questo, caso tutti gli orbitali fino al livello $n=2$ sono completi, infatti, l'elemento è molto stabile, la sua configurazione potrà essere scritta come:



Facciamo ancora un esempio, prendiamo l'atomo di azoto con i suoi 7 elettroni periferici. In questo caso possiamo notare che l'orbitale $1s$ e $2s$ sono completi, i rimanenti 3 elettroni si dispongono nell'orbitale $2p$ esterno alla configurazione.



Una rappresentazione simbolica molto efficace, che utilizziamo immediatamente come ulteriore esempio a riguardo dell'atomo di azoto è illustrata dalla figura n. 31.1. Questa figura rappresenta gli orbitali come piccole sfere nelle quali possono trovare posto 2 elettroni.

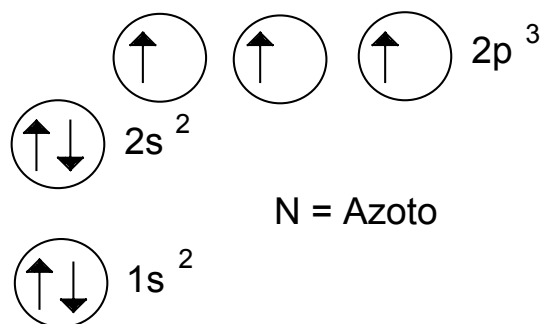


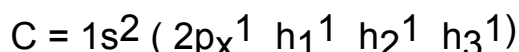
Fig. 31.1 - Configurazione elettronica dell'azoto -

La direzione delle freccette dipende da un ulteriore parametro quantico dell'elettrone rappresentato dal momento di spin. Per adesso posso dirvi soltanto che gli elettroni si dispongono sempre in questo modo. Se il lettore vuole consultare l'allegato al modulo "Esperienze di chimica" troverà altre

spiegazioni relative ai numeri quantici atomici. Quando due elettroni occupano uno stesso orbitale atomico non possono avere lo stesso momento di spin. La direzione della freccia rappresenta infatti il vettore di spin secondo la sua orientazione. Il lettore si sarà accorto dell'enorme utilità di questo metodo di rappresentazione, nel caso dell'azoto infatti, sono ben evidenti i tre elettroni esterni, che conferiscono a questa specie chimica le caratteristiche peculiari che i chimici conoscono molto bene.

Prendiamo come esempio successivo l'atomo di carbonio: il carbonio possiede 6 elettroni, i primi due prendono ovviamente posto sul primo orbitale sferico 1s, i successivi 4 invece, si collocano al livello $n=2$, questo equivale a dire, direttamente sullo strato L. In questo strato (come abbiamo già visto per l'azoto) sono presenti un orbitale 2s a più bassa energia e un orbitale 2p, per un totale di 8 elettroni. Orbene, in questo caso, i 4 elettroni periferici si disporranno uno per orbitale, cioè un elettrone occuperà l'orbitale 2s, gli altri 3 occuperanno uno ciascuno un orbitale 2p. Questa configurazione viene spiegata, considerando che tutti gli orbitali del livello $n=2$ dell'atomo di carbonio, subiscono una ibridizzazione, cioè una trasformazione in un orbitale di forma caratteristica risultante della fusione dell'orbitale s e dell'orbitale p.

Per questa ragione usualmente la configurazione elettronica dell'atomo di carbonio viene rappresentata con questa notazione:



Il termine h assume appunto il significato di un orbitale ibrido, cioè prodotto dalla fusione di altri due orbitali diversi.

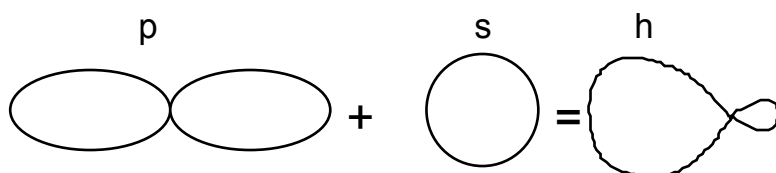


Fig. 32.1 - Processo di ibridazione -

La figura n. 32.1 mostra appunto un esempio di un processo d'ibridizzazione. La figura n. 33.1 seguente, mostra invece la configurazione elettronica del carbonio tramite le regole viste precedentemente nel caso dell'atomo di azoto.

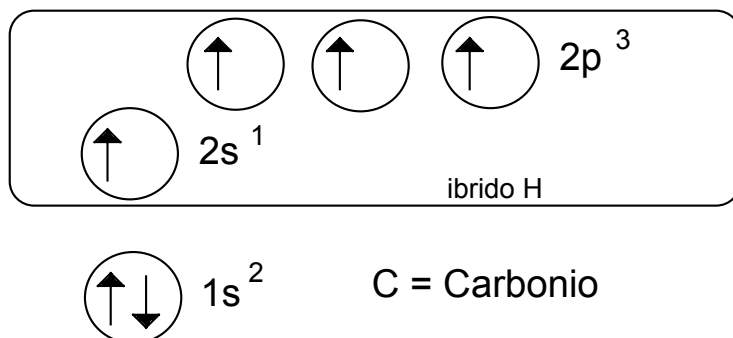


Fig. 33.1 - Configurazione tetragonale del carbonio ibridato sp^3 -

Consiglio al lettore anche di leggere l'allegato al modulo "Esperienze di chimica" che tratta anch'esso del processo d'ibridizzazione del carbonio.

Un altro esempio caratteristico che vogliamo trattare riguarda il caso dell'atomo di cloro che, come vedremo, può assumere diverse configurazioni elettroniche. Nei prossimi capitoli vedremo che i chimici stabiliscono per queste configurazioni differenti stati di valenza dell'elemento. Approfondiremo meglio questo concetto che riguarda, come forse sapete, l'attitudine degli atomi a legarsi fra di loro realizzando molecole, quindi sostanze con caratteristiche diverse da quelle possedute dai singoli atomi.

La figura n. 34.1 illustra quindi il caso dell'atomo di cloro che possiede un numero totale di elettroni pari a 17. Il lettore noti che sono raffigurati unicamente gli orbitali più esterni, cioè quelli fondamentalmente impegnati nel processo di ibridizzazione. Nella figura, vediamo che alla prima riga è rappresentato il caso dell'atomo di cloro monovalente nella sua configurazione standard. I casi successivi mostrano la diversa collocazione degli elettroni nel orbitale 3d.

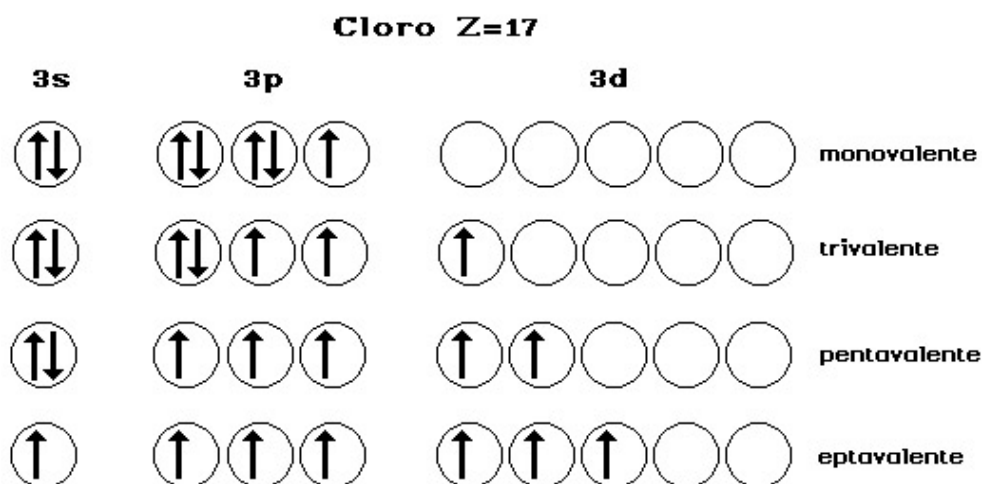
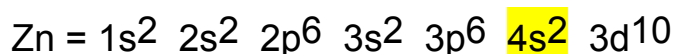
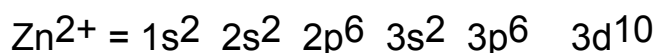


Fig. 34.1 - Configurazioni elettroniche del cloro -

Un altro caso interessante è quello dello zinco. Questo elemento appartiene alla categoria degli elementi di transizioni ed è dotato di proprietà anfotere cioè confuse fra quelle dei metalli e quelle dei non metalli. La sua configurazione elettronica esterna può essere così rappresentata:



in alcuni casi noi possiamo ossidare l'atomo di zinco, cioè privarlo di alcuni elettroni orbitanti nelle orbite più esterne, in modo da trasformarlo in uno ione positivo. Il processo di ionizzazione porta lo zinco ad assumere una nuova configurazione elettronica esterna:



Come è facile osservare, sono i due elettroni 4s e non quelli 3d ad abbandonare l'orbitale. Questo fatto ci permette di definire una regola: se tentiamo di ossidare una specie atomica, cioè ci adoperiamo per sottrarre da essa alcune cariche negative. Gli elettroni che per prima se ne andranno, saranno quelli che possiedono il numero quantico principale n più alto.

Questa regola, definita in modo molto semplificato, si chiama regola di **Hund**. La figura n. 35.1, mostra un ultimo esempio d'ibridizzazione fra gli orbitali s di due atomi di idrogeno e fra gli orbitali p di un atomo di ossigeno quindi. Si tratta quindi di una ibridizzazione che avviene a carico di un orbitale di legame fra due specie atomiche differenti. Alla fine della reazione troveremo la molecola dell'acqua formata grazie a questa combinazione.

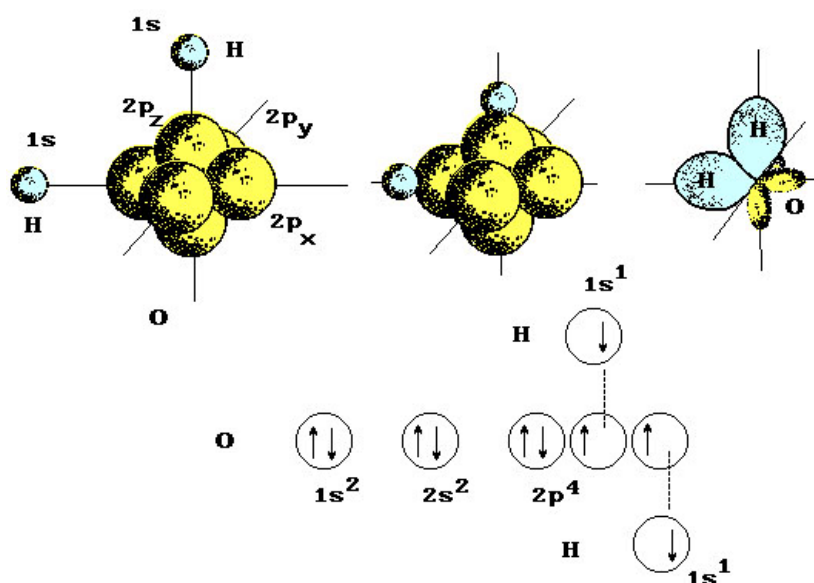


Fig. 35.1 - Struttura e configurazione della molecola d'acqua -

NOTE:

Gli antichi egiziani avevano una particolare venerazione per l'acqua. Il geroglifico corrispondente rappresentato da tre simboli ondulati ha un significato esoterico molto profondo. Esso era considerato segno di misteri, un'azione nascosta sotto la superficie prima che viene svelata. È interessante notare che all'interno del geroglifico che raffigurava la parola donna, era rappresentato un calice colmo d'acqua fresca. La parola amore era invece rappresentata da un canale pieno d'acqua. Il verbo leggere, esplicito riferimento della sacra arte di acquisire conoscenza, veniva rappresentato da un uomo e da un otre d'acqua che viene versata.

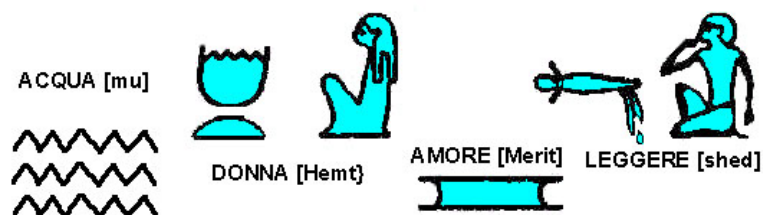


Fig. 36.1 - Rappresentazioni geroglifiche dell'acqua nell'antico Egitto -