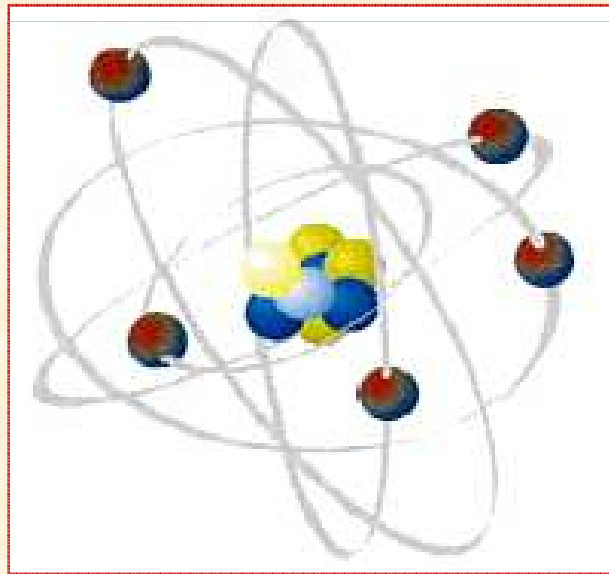


Secondo modulo

L' ATOMO



L'atomo

È la più piccola particella della natura che determina le proprietà facilmente misurabili della materia (densità, temperatura di fusione...). È la particella che compone la sostanza semplice, ovvero gli elementi, ed è da questo tipo di corpo che è bene iniziare l'indagine microscopica della materia.

Ricordare: “atomo” indica la singola particella, “elemento” indica la classe di appartenenza.

Entrambi vengono rappresentati con i **SIMBOLI CHIMICI**- l'alfabeto della lingua chimica
(i simboli chimici sono ordinati sulla tavola periodica degli elementi)

Es.:


1. Idrogeno H
2. Litio Li

3. Carbonio C
4. Azoto N
.....

Imparare a memoria i simboli dei seguenti elementi: idrogeno, elio, carbonio, azoto, ossigeno, fluoro, neon, sodio magnesio, alluminio, silicio, fosforo, zolfo, potassio, calcio, ferro, rame, zinco, cloro, bromo, iodio, argento, oro, mercurio, arsenico, antimonio, piombo, stagno, lantanio, attinio, uranio, tungsteno.

La Chimica spiega i "perché" e i "come"
della vita di tutti i giorni,
partendo dagli atomi e dalle molecole,
usando un suo linguaggio specifico

LINGUAGGIO

- ◆ lettere (*a,b,c,...*)
 - ◆ alfabeto
 - ◆ insieme di lettere (*atctiebcil*)
-  *logica umana*
- ◆ parole (*bicicletta*)

CHIMICA

- ◆ atomi (C, H, O, ...)
 - ◆ tavola periodica
 - ◆ insieme di atomi (HCHHOCHHH)
-  *logica naturale*
- ◆ molecole (*alcol etilico*
CH₃CH₂OH)

Il concetto di atomo è antico nella storia e, poiché è una particella infinitamente piccola, per poterla osservare servono apparecchiature e artifici molto sofisticate. In passato, ma in realtà ancor oggi, per poter descrivere l'atomo occorreva ed occorre utilizzare un modello teorico (rappresentazione teorica della realtà dedotta dai dati sperimentali).

Principi, leggi e postulati della chimica sono basati su tre pilastri, costituiti da 3 modelli:

il modello atomico
della materia

il modello elettronico
dell'atomo

il modello
del legame chimico

I **modelli** non sono necessariamente eguali alla realtà, ma cercano di rappresentarla secondo una logica razionale: partendo dai dati sperimentali, attraverso conoscenze matematiche e fisiche, arriva alla definizione del modello.

Un modello è tanto più adeguato alla realtà quanto più giustifica **tutti** i dati sperimentali, ma può cambiare se subentrano dati nuovi che siano in contrasto con esso.

Ma non è certo la realtà che cambia, ma solo il "modello" di realtà che la comunità scientifica, o parte di essa, ha accettato.

Esempi

modello del flogisto, distrutto da Lavoisier

Atomo di Thomson vs. modello di Bohr

fusione nucleare, messo in crisi dalla cosiddetta "fusione fredda"

Il modello atomico della materia (teoria atomica)

Democrito (IV sec. a. C)

ατομος = indivisibile

Descrive un primo completo e coerente sistema materialistico: esistono "atomi" immersi in uno spazio vuoto e dal loro movimento derivano tutte le cose.

Successivamente **Epicuro** (341-270 a.C.) afferma che gli atomi, cadendo, possono deviare dalla loro traiettoria, creando eventi imprevedibili .

Queste "**teorie atomistiche**" sono puramente filosofiche, poiché escludono l'esperimento per confermarle!

Nel Medioevo fu accettata la teoria aristotelica dei
"principi"
(o elementi), quali **Acqua, Aria, Fuoco e Terra**.
Tale teoria era risultata più coerente con le idee della
Chiesa e non "atea" e "materialistica" ... anche Dante la
seguì!

Questo fatto ha condizionato pesantemente il progresso
delle teorie atomiche e della scienza in generale.

John Dalton (1766-1844) scienziato inglese, fondatore dell'atomistica chimica moderna.



Usando miscele gassose studia e chiarisce le **relazioni ponderali** fra elementi.
Tra le varie leggi enunciate, arriva a formulare la prima teoria atomica derivata da osservazioni sperimentali:

La teoria atomica di Dalton (inizio '800)

- Le specie elementari sono costituite da particelle indivisibili chiamate **atomi**
- □ Gli atomi di una data specie elementare sono diversi da quelli di un'altra specie elementare
- □ Gli atomi sono indistruttibili e mantengono la loro individualità durante le reazioni chimiche
 - **Atomi di elementi diversi si combinano tra loro secondo numeri interi e piccoli dando origine ai composti**

Ma la teoria di Dalton è soltanto il primo passo per lo sviluppo del concetto di atomo che conosciamo oggi!

Grazie alle continue sperimentazioni ed allo sviluppo della tecnologia il concetto di atomo evolve e viene spiegato da teorie atomiche sempre più adeguate alle evidenze sperimentali

Com'è fatto l'atomo?

Breve cronistoria delle scoperte più rilevanti per la determinazione della struttura dell'atomo

1832 Studio di Faraday sull'elettrolisi
→ **natura elettrica della materia**

1850-1900 Studio della scarica elettrica nei gas rarefatti
→ **esistenza dell'elettrone e del protone**

1897, 1909 Misure di Thomson e di Millikan della massa e della carica dell'elettrone

1896 Studio di Becquerel sulla fluorescenza
→ **scoperta della radioattività naturale**

1911 Esperienza di Rutherford
→ **esistenza del nucleo atomico**

1932 Scoperta del **neutrone** da parte di Chadwick

CARATTERISTICHE ELETTRICHE E DI MASSA DELLE PRINCIPALI PARTICELLE SUBATOMICHE

	carica elettrica formale	carica elettrica espressa in coulomb	massa espressa in chilogrammi (kg)	massa relativa
elettrone (e^-)	-1	$-1,6 \times 10^{-19}$	$9,109 \times 10^{-31}$	1/1836
protone (p^+)	+1	$+1,6 \times 10^{-19}$	$1,6726 \times 10^{-27}$	1
neutrone (n)	0	0	$1,6750 \times 10^{-27}$	~ 1

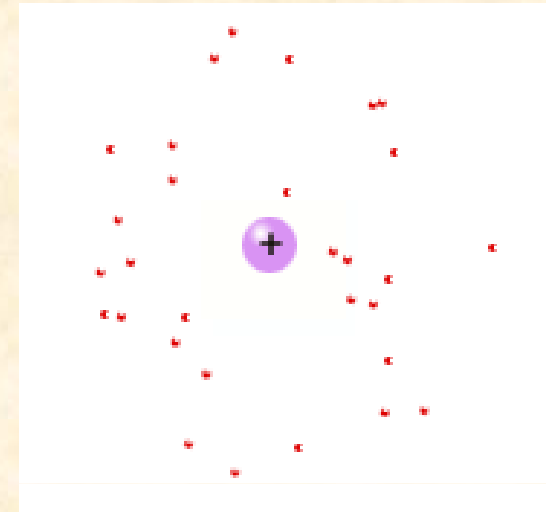
nucleoni

Protoni ed elettroni sono dotati di carica elettrica.

Le cariche elettriche, oltre a bilanciarsi tra loro (un elettrone + un protone = carica 0), interagiscono tra loro:

- un elettrone(e^-) ed un protone(p^+) sono cariche **eteronime** e **si attraggono**,
- due elettroni o due protoni sono cariche omonime e si respingono.

I protoni e i neutroni costituiscono il nucleo di ciascun atomo, mentre gli *elettroni* si muovono intorno ad esso creando una "*nuvola elettronica*". Nel nucleo è quindi concentrata tutta la carica positiva (cioè tutti i protoni) e pressoché tutta la massa dell'atomo: infatti, la massa degli elettroni è trascurabile rispetto a quella di protoni e neutroni.



Va inoltre ricordato che il raggio del nucleo è 10.000 volte più piccolo rispetto al raggio complessivo dell'atomo e, siccome dal nucleo al limite della nuvola elettronica non sono presenti particelle con massa considerevole, se ne deduce che **l'atomo è una struttura estremamente vuota**, molto differente quindi dall'idea di atomo come di una sferetta piena che suggerì Dalton all'inizio del 1800.

Ruolo delle particelle subatomiche

Protoni

1) identificano la specie chimica, cioè ad ogni numero di protoni corrisponde un solo elemento.

Es. $n_p = 1$ è idrogeno

$n_p = 6$ è carbonio

Numero atomico (Z): numero di protoni presenti nel nucleo. Tale valore è rintracciabile sulla tavola periodica degli elementi. Sul simbolo chimico viene rappresentato in basso a sinistra.

Dal momento che l'atomo è elettricamente neutro, Z non indica solo il numero delle cariche nucleari, ma anche il numero degli elettroni presenti.



Es. ${}_7\text{N}$, ${}_{10}\text{He}$

2) Contribuiscono alla massa dell' atomo (i dettagli di questa proprietà verranno indicati dopo aver citato quelle dei neutroni)

Neutroni

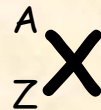
- 1) Costituiscono una sorta di colla nucleare: cioè contribuiscono a tenere uniti i protoni nel nucleo che, essendo cariche omonime, si respingono!
- 2) Contribuiscono alla massa dell' atomo insieme ai protoni.
La massa di un atomo si misura con il:

Numero di massa (A) che è la *somma del numero di protoni e di neutroni presenti nel nucleo*

Tale valore non è rintracciabile sulla tavola periodica degli elementi. Sul simbolo chimico viene rappresentato in alto a sinistra.

Il numero di neutroni di un atomo si può calcolare con la formula

$$n = A - Z$$



IL NUMERO DI NEUTRONI in un elemento non è sempre costante, mentre quello dei protoni sì!
Atomi con lo stesso numero atomico (n_p), ma diverso numero di massa atomica (A), sono detti **ISOTOPI**.

Essi sono atomi dello stesso elemento ma con massa diversa, poiché hanno un diverso numero di neutroni. Ogni elemento è costituito da uno svariato numero di isotopi, per indicare un valore alla massa di ogni elemento occorre considerare che non tutti gli atomi dell' elemento hanno la stessa massa. Quando più valori contribuiscono a darne uno solo occorre fare la media dei valori (esattamente come si fa partendo dai voti delle verifiche per ottenere il voto sulla pagella).

Il valore medio che indica la massa degli elementi è detto *Massa Atomica* o *Peso Atomico* (P.A.)

Tale valore è presente sulla tavola periodica!

Definizione di **Peso Atomico**: è la media pesata delle masse dei singoli isotopi dell'elemento fatta rispetto alla loro abbondanza in natura.

È una grandezza ed in quanto tale deve avere una unità di misura: l'unità di massa atomica (u.m.a.).

1 u.m.a. ~ la massa di un protone, perché è definita come la dodicesima parte della massa di un atomo di carbonio dodici.

A è sempre un numero intero, poiché è la somma di particelle subatomiche
interi,

PA è decimale, poiché è il risultato di un calcolo matematico

Esercizi.

Dati i seguenti valori, indicare il simbolo chimico completo, il nome dell'elemento e la specie chimica.

1) $n_p=16$, $n_e= 18$; 2) P.A.= 79,9 u.m.a., carica=-1; 3) Cr^{-3} ; 4) $Z= 33$, $n_e= 28$; 5) Ag

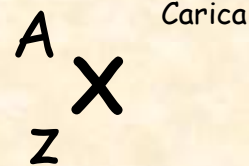
Esempio di svolgimento:

$n_p=6$
 $n_e= 6$
 $n_n= 7$
P.A.= 12,06 u.m.a(da tavola periodica)
 $A= 12$
 $Z= 6$ (da tavola periodica si osserva che a $Z= 6$ corrisponde il Carbonio C)
Carica=0
Specie chimica= atomo
Nome= carbonio

12

6 C

formule e simboli



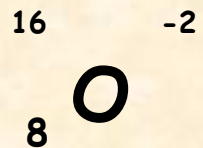
n_p = n° protoni
 n_e = n° elettroni
 n_n = n° neutroni
P.A.= peso atomico (su tavola periodica), è un numero decimale
 A = n° d massa atomica ($n_p + n_n$), si ottiene approssimando il valore di PA
 Z = n_p , n° atomico (su tavola periodica)
Carica * = $n_p - n_e$
Specie chimica * = atomo, catione, anione
Nome= nome elemento

*Il bilancio delle cariche elettriche in un sistema chimico non sempre è paritario:

Se :

- $n_p = n_e$ allora il sistema è neutro cioè è un ATOMO
- $n_p < n_e$ allora il sistema ha carica elettrica negativa cioè è un ANIONE
- $n_p > n_e$ allora il sistema ha carica elettrica positiva cioè è un CATIONE

$n_p=8$
 $n_e=10$
 $n_n=8$
P.A.= 15,99 u.m.a(da tavola periodica)
A= 16
Z= 8 (da tavola periodica si osserva che a Z= 8 corrisponde il ossigeno O)
Carica=-2
Specie chimica= anione
Nome= ione ossigeno



$n_p=3$
 $n_e=2$
 $n_n=4$
P.A.= 6,941 u.m.a(da tavola periodica)
A=7
Z= 3 (da tavola periodica si osserva che a Z= 3 corrisponde il litio Li)
Carica=+1
Specie chimica= catione
Nome= ione litio

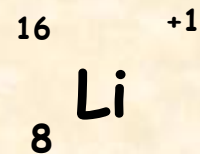
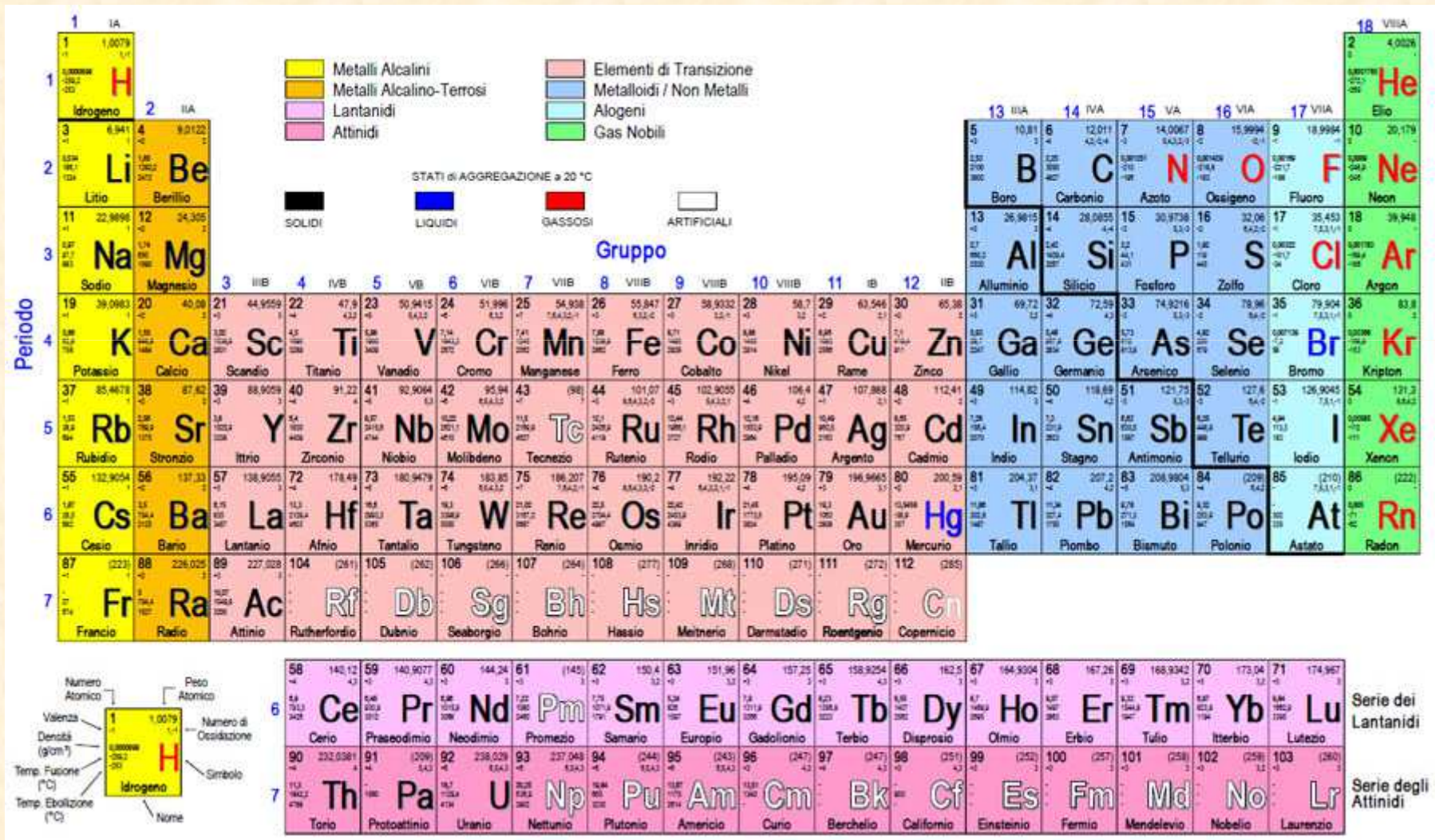


Tavola periodica interattiva



Elettroni

Determinano il comportamento chimico degli atomi, la loro reattività chimica.

Per capire questa proprietà occorre capire la loro "posizione nell'atomo".

Lo studio della loro posizione nell'atomo è stato oggetto di studio per almeno un secolo, ed ancora oggi sono possibili modifiche al modello che si è proposto. In un secolo sono stati proposti in successione almeno 4 modelli.

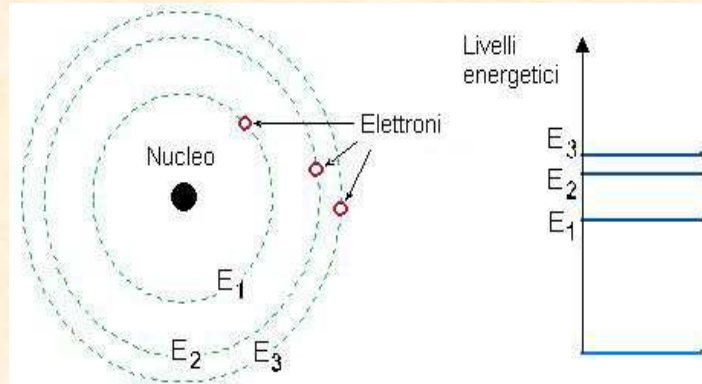
Di seguito verrà descritto in modo molto superficiale quello oggi ritenuto valido.

Il modello della struttura elettronica dell'atomo si basa su una parte della fisica che si chiama "meccanica quantistica".

In sintesi si ritiene che gli elettroni siano delle particelle infinitamente piccole che si muovono come delle onde (onde elettromagnetiche) esattamente come le particelle che compongono la luce (i fotoni).

Il modo di muoversi è correlato con l'energia degli elettroni. Tale energia è quantizzata, ciò significa che gli elettroni possono avere solo alcuni valori di energia (detti quanti o pacchetti) e questo fa sì che possano assumere solo alcune posizioni intorno al nucleo ... da qui le proprietà caratteristiche.

In pratica gli elettroni sono disposti intorno al nucleo su livelli energetici. Ogni livello energetico ha una sua energia e distanza dal nucleo:



I valori di energia sono:

- discontinui
- negativi
- crescenti dal nucleo verso il livello più esterno

Come evidenziato in figura (**)



I livelli energetici sono identificati con un numero (numero quantico principale) indicato dalla lettera **n**: esso può assumere solo i valori

1, 2, 3, 4, ..., ∞

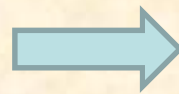
Ad ogni valore di n corrisponde un valore di energia

Nella struttura atomica sono previsti non solo livelli energetici, ma anche **sottolivelli energetici**: ognuno viene indicato con delle lettere ben precise (**s, p, d, f, ...**). Ed in ogni sottolivello si trovano elettroni che si muovono in spazi ben determinati detti **orbitali**.

LA STRUTTURA ELETTRONICA INTORNO AL NUCLEO E' QUINDI ORGANIZZATA IN :

LIVELLI ENERGETICI

(INDICATI DAL NUMERO QUANTICO n E LA LONTANANZA DAL NUCLEO)



Costituiti da

SOTTOLIVELLI ENERGETICI

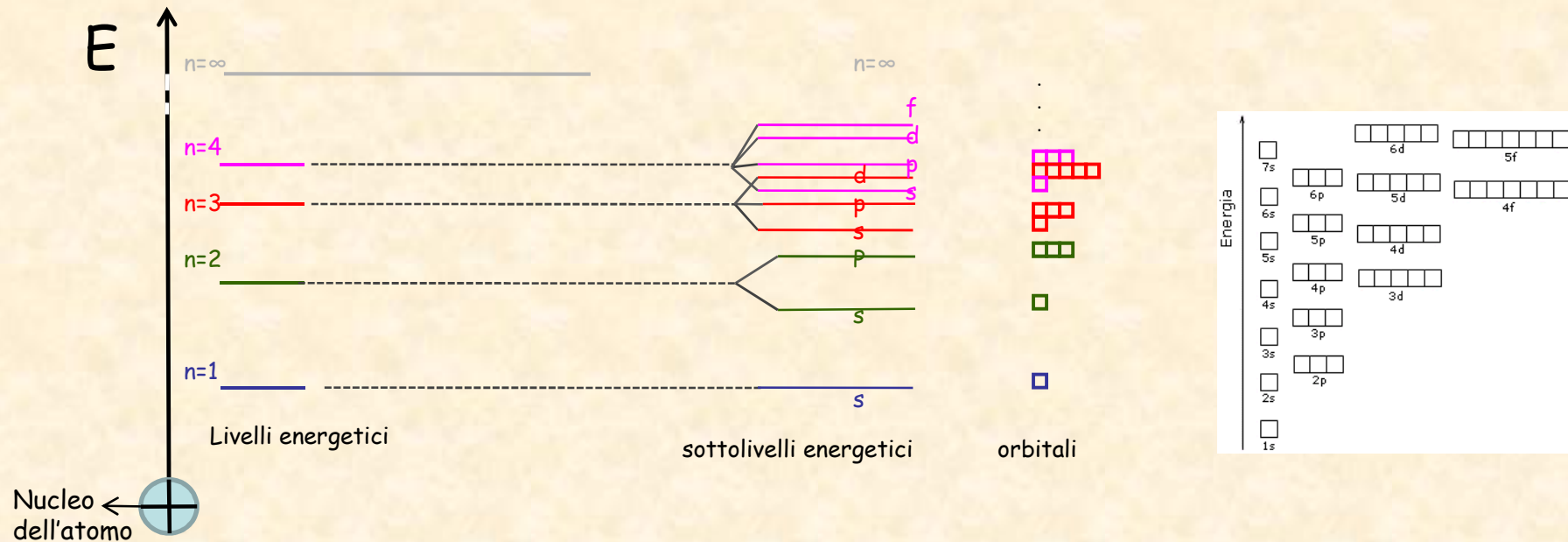
(SONO TANTI QUANTO IL VALORE DI n)



In cui si trovano

ORBITALI

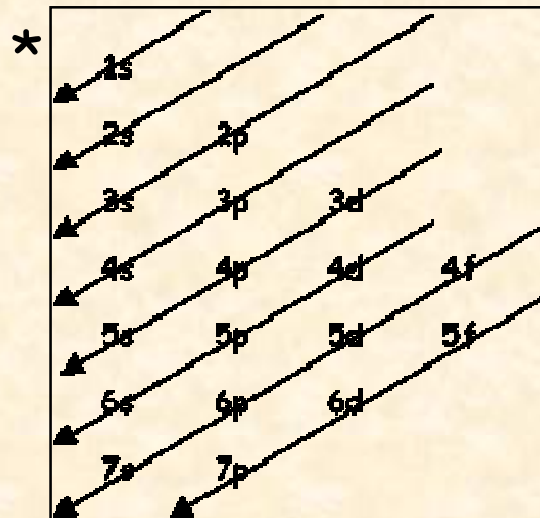
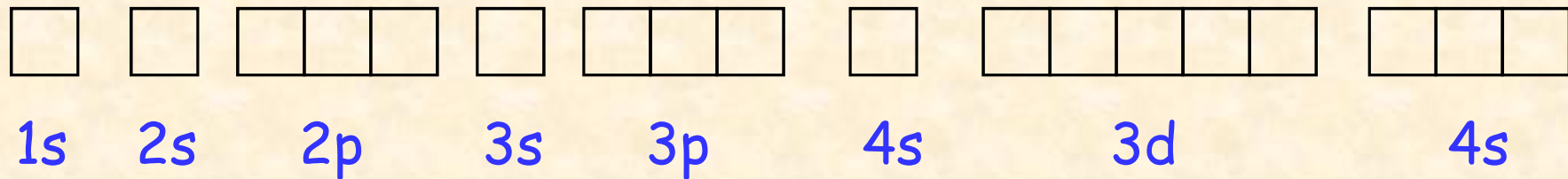
(Spazi intorno la nucleo in cui si ha la massima probabilità di trovare l'elettrone)



Indicare gli elettroni negli orbitali significa rappresentare la **CONFIGURAZIONE ELETTRONICA** di un atomo. È un modo simbolico per indicare come sono disposti gli elettroni intorno al nucleo.


È una simbologia fondamentale per intuire le proprietà dell'atomo...che è lo scopo per cui è stato iniziato il discorso sugli elettroni.


La configurazione elettronica si esegue partendo dalla **sequenza energetica** (il modo in cui gli orbitali sono ordinati partendo dal nucleo verso l'esterno. Per capire il giusto ordine si segue la figura in basso*.



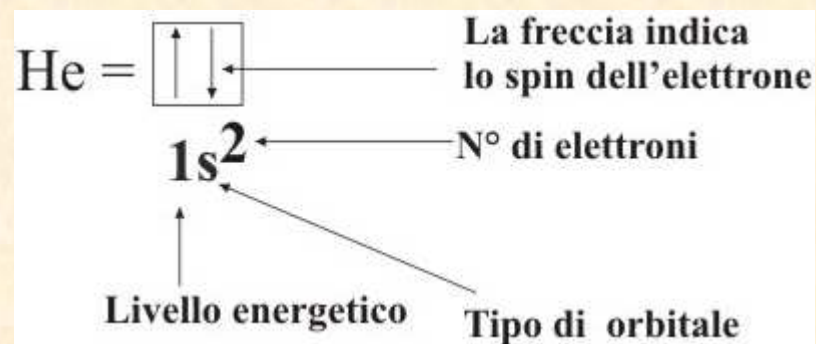


Nei quadratini, che rappresentano gli orbitali, vanno rappresentati gli elettroni: le frecce.

Ogni orbitale può al massimo contenere 2 elettroni: che hanno modo opposto di ruotare intorno a se stessi. 

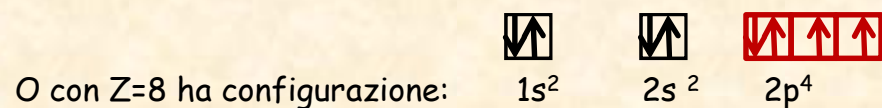
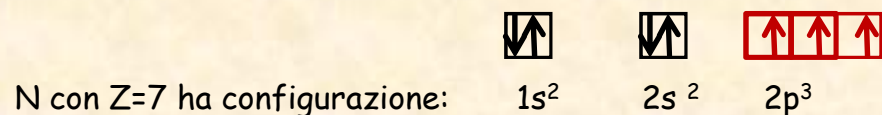
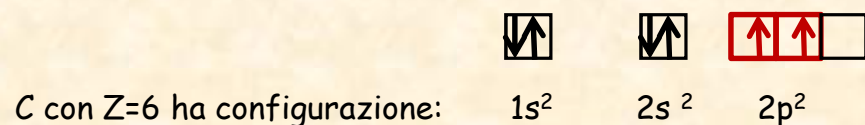
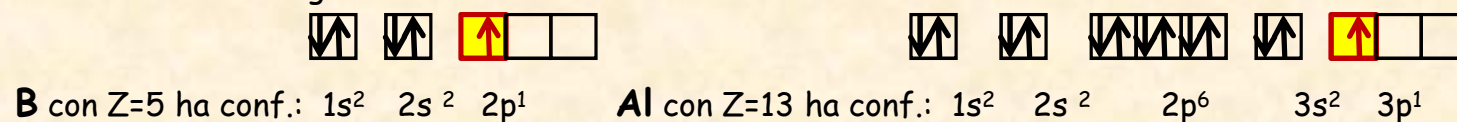
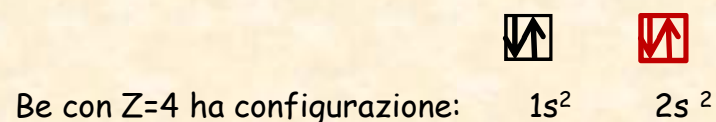
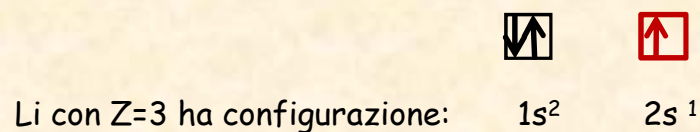
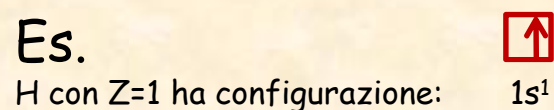
Essi saranno rappresentati con 2 frecce opposte: 

Configurazione elettronica dell' elio



Ma come si fa a sapere quanti elettroni ha ogni atomo?
 A seconda dell'elemento l'atomo ha un numero diverso di elettroni: tale numero coincide, come già detto con il numero atomico!

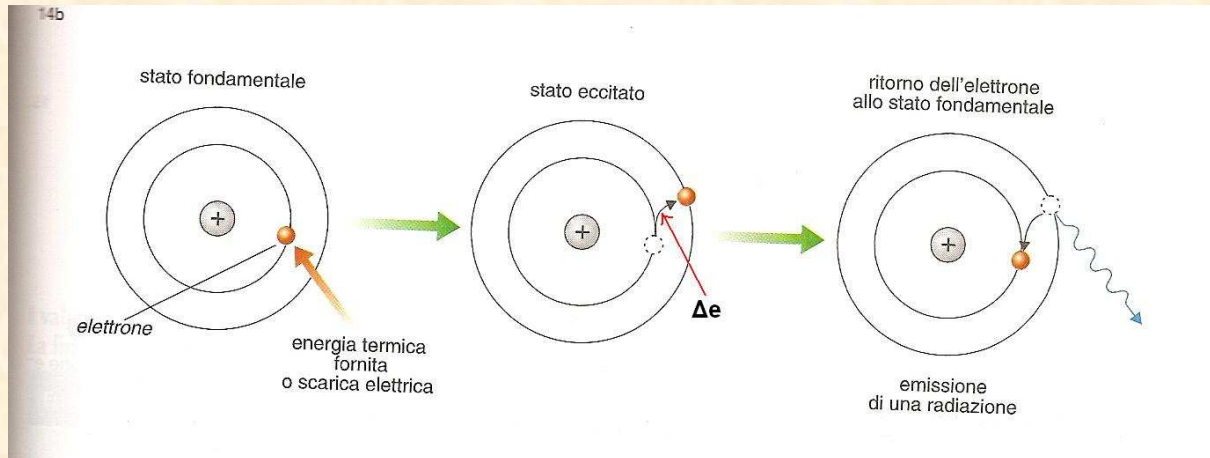
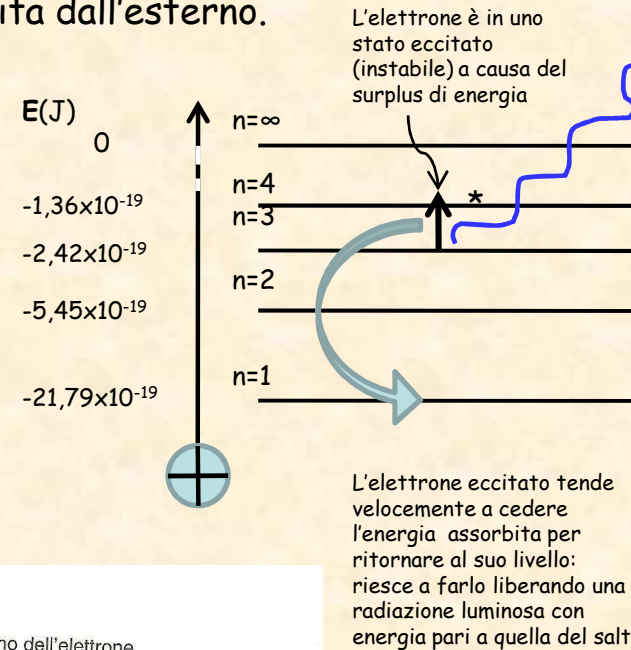
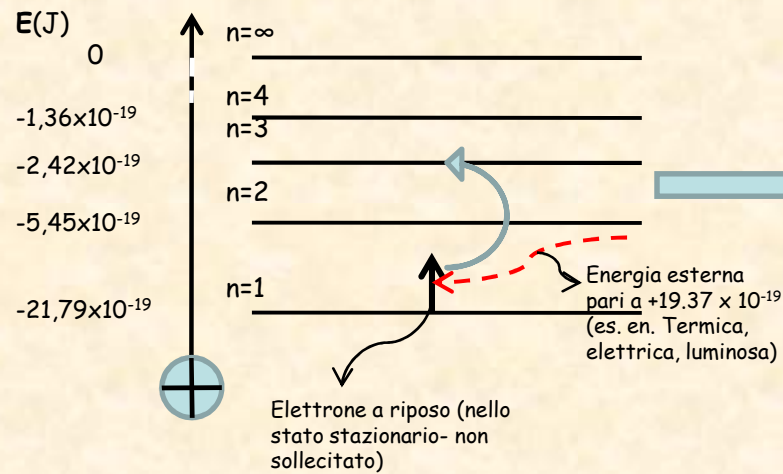
Es.



Compito:

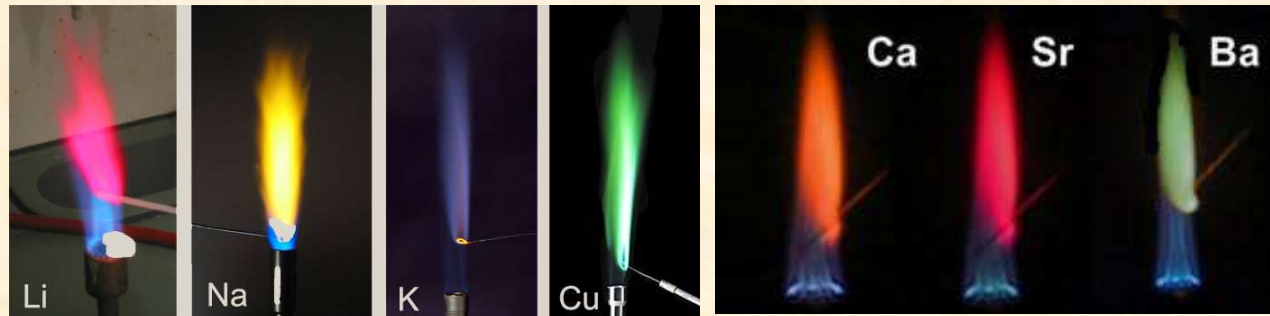
- osservare la posizione degli elementi di cui è stata svolta la configurazione sulla tavola periodica: cosa accomuna i vari elementi?
- Svolgere la configurazione dei seguenti elementi: Mg, Ca, Si, Se, P, F, Cl, Br, Ne, Ar, S.
- associare gli elementi in base alle configurazioni simili e controllare la loro posizione sulla tavola periodica
 - Cosa si può concludere da tali operazioni?

Gli elettroni se sollecitati da energia proveniente dall'esterno dell'atomo tendono ad assorbire solo la quantità di energia che gli consente di "saltare" su livelli energetici più esterni: fintanto che gli elettroni si trovano sui loro livelli energetici, mantengono un'energia costante (quella del livello), quando sono investiti da una ulteriore quantità di energia non riescono più a rimanere sul loro livello e saltano su uno ad energia meno negativa. La differenza di energia tra i due livelli è esattamente uguale a quella assorbita dall'esterno.



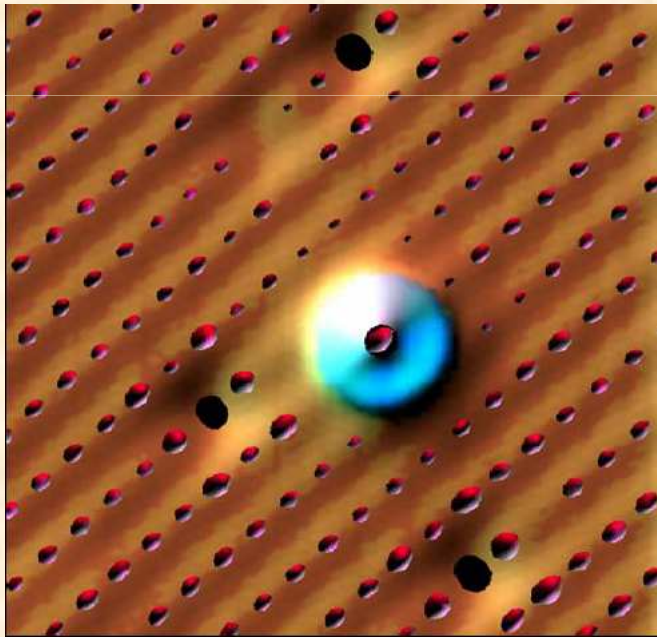
Il fenomeno precedentemente descritto si osserva costantemente ogni giorno: grazie a questa caratteristica degli elettroni (salti energetici tra livelli, propria del mondo microscopico) riusciamo a vedere i colori!!! In questo caso l'energia fornita è l'energia luminosa (es. del sole)...di che colore sono gli oggetto al buio???

Se l'energia esterna fosse per esempio termica riusciamo a produrre " fiamme colorate" o fuochi d'artificio!!!



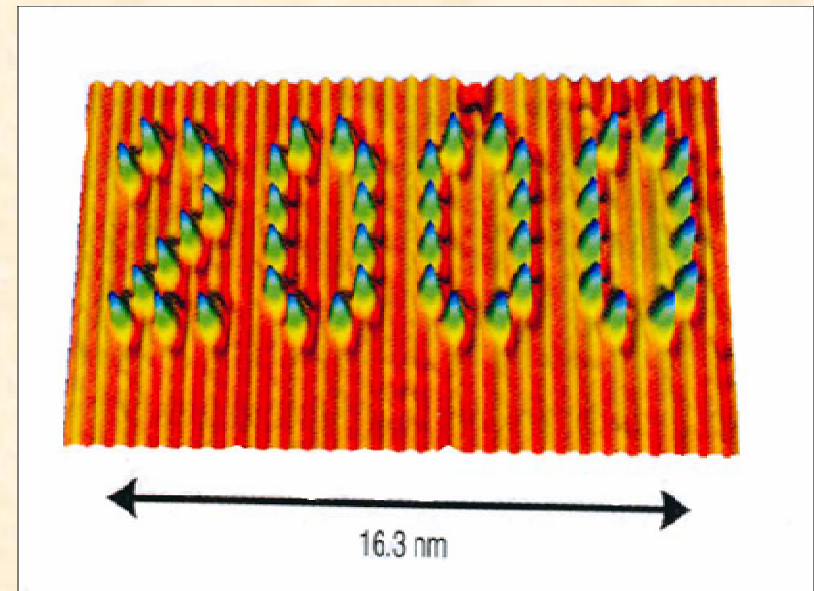
Gli atomi e le molecole esistono davvero! (e oggi si possono vedere)

Immagine ottenuta con un microscopio a scansione a effetto tunnel (STM) di un singolo atomo di Xenon depositato su una superficie di Nickel(110)



Fonte: IBM Research Labs, Almaden
www.almaden.ibm.com

Fonte: *ChemPhysChem*, 2, 2001, pag. 362



La data celebrativa del nuovo millennio è stata ottenuta posizionando 47 molecole di ossido di carbonio, CO , su una superficie di rame, mediante tecniche di microscopie a sonda.