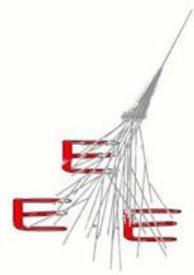


# Progetto Extreme Energy Events (EEE) La Scienza nelle Scuole



## CORSO PROPEDEUTICO ALLO STUDIO DELLA FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI



# SOMMARIO

## del 1° incontro

- 1) Le varie forme dell'Energia;
- 2) L'atomo;
- 3) Il nucleo;
- 4) Corpi, particelle e movimento;

# IL BIG BANG



3

Origine del tutto

# Unità di misura fondamentali

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Simbolo della grandezza fisica</b>	<b>Nome dell'unità SI</b>	<b>Simbolo dell'unità SI</b>
Intensità di corrente elettrica	$I, i$	ampere	A
Intensità luminosa	$I_v$	candela	cd
Lunghezza	$l$	metro	m
Massa	$m$	chilogrammo	kg
Quantità di sostanza	$n$	mole	mol
Temperatura termodinamica	$T$	kelvin	K
Intervallo di tempo	$t$	secondo	s

# Unità di misura derivate

## Angoli

Grandezza	Unità	Simbolo	Note
Angolo piano	radiante	rad	(1) (2)
Angolo solido	steradiane	sr	(1) (3)

## Grandezze definite in meccanica

Grandezza	Unità	Simbolo	Espressione
Frequenza	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Forza	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$
Pressione	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$
Lavoro, energia	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$
Potenza	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$

### Grandezze definite in termodinamica

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Temperatura Celsius	grado Celsius	°C	$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$

### Grandezze definite in elettromagnetismo

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Carica elettrica	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ s A}$
Differenza di potenziale elettrico	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W A}^{-1}$
Capacità elettrica	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C V}^{-1}$
Resistenza elettrica	ohm	$\Omega$	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Conduttanza elettrica	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ W}^{-1}$
Flusso d'induzione magnetica	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V s}$
Induzione magnetica	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb m}^{-2}$
Induttanza	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb A}^{-1}$

## Grandezze definite in fotometria

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Flusso luminoso	lumen	lm	1 lm = 1 cd sr
Illuminamento	lux	lx	1 lx = 1 lm m <sup>-2</sup>

## Grandezze definite in dosimetria

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Attività (di un radionuclide)	becquerel	Bq	1 Bq = 1 s <sup>-1</sup>
Dose assorbita, kerma	gray	Gy	1 Gy = 1 J kg <sup>-1</sup>
Equivalente di dose	sievert	Sv	1 Sv = 1 J kg <sup>-1</sup>

# L'ENERGIA

Una delle grandezze fisiche più importanti che caratterizza il nostro Universo è l'ENERGIA; senza di essa, nulla esisterebbe.

Il grande fisico, Richard Feynman (Nobel per la Fisica nel 1965) diceva:

« È importante tener presente che nella Fisica, attualmente, non abbiamo alcuna conoscenza di cosa sia l'energia.»

Una precisa definizione di energia non è semplice da fornire perché essa **non ha alcuna realtà materiale** ma è piuttosto un **concetto matematico astratto**, non esiste nessuna sostanza corrispondente all'energia pura.

L'energia è il risultato di un **lavoro**: lavoro ed energia si equivalgono ma hanno segno opposto

$$(E = -L)$$

Per eseguire un lavoro è necessaria una **forza** per spostare un oggetto (corpo) da un punto ad un altro

$$L = F \times S \text{ (} S \text{ è lo spostamento)}$$

La forza agisce su un oggetto (corpo) dotato di **massa** e lo fa muovere con un'accelerazione

$$F = m \times a$$

# Alcune forme di Energia

In natura esistono diverse forme di energia:

1. Cinetica,
2. Potenziale,
3. Termica,
4. Chimica,
5. Atomica,
6. Nucleare,
7. Elettromagnetica.

**Energia cinetica:** la possiedono tutti i corpi dotati di massa **in movimento**.

$$E_c = 1/2 m v^2 \text{ (viene indicata anche con K)}$$

dove  $m$  è la massa del corpo e  $v$  la sua velocità



**Energia potenziale:** è l'energia posseduta da un corpo fermo posto in un campo di forze; pertanto è detta anche energia di posizione.

Se il corpo, dotato di massa, si trova in un campo gravitazionale, la sua energia potenziale è:

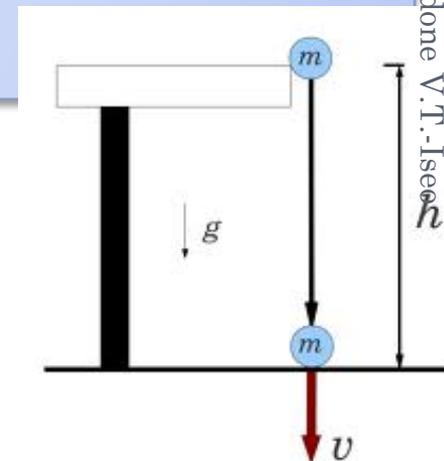
$$E_p = P \times h \quad (\text{di solito } E_p \text{ viene indicata con } U)$$

dove  $P$  è la forza-peso agita sul corpo ed è data da:  $P = m \times g$  ;  
dove  $m$  è la massa ed  $g$  è l'accelerazione di gravità; quindi, l'energia potenziale è:

$$U = m \times g \times h \quad [\text{J}] \rightarrow [\text{Kg} \times \text{m/s}^2 \times \text{m}] = [\text{Kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2]$$

in un campo di forze NON gravitazionale l'accelerazione si indica con  $a$  e la forza peso  $P$  viene sostituita da  $F$ ; pertanto la forza che agisce su un corpo di massa  $m$  è:

$$F = m \times a \quad [\text{Kg} \times \text{m/s}^2] \quad \text{Newton [N]}$$



**Energia totale (meccanica)** è la somma dell'energia cinetica e di quella potenziale:

$$E_t = E_p + E_c \quad \text{oppure} \quad (E = U + K)$$

**Energia termica (calore):** la possiedono tutti i corpi con una **temperatura** al di sopra dello **zero assoluto** Kelvin che corrisponde a  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Pur avvicinandosi a piacere, questa temperatura è impossibile da raggiungere perché corrisponde allo stato atomico fondamentale, quello di minima energia. In Fisica quantistica dei campi, il termine *energia di punto zero* è sinonimo di energia del vuoto.

Macroscopicamente la quantità posseduta di tale energia è proporzionale alla temperatura, alla massa e al calore specifico del corpo (o capacità termica che è una proprietà dei materiali).

$$Q = m \times Cs \times T$$

Dove Q è la quantità di calore posseduta da un corpo che equivale alla quantità di energia resa disponibile dal corpo stesso; Cs è il calore specifico del corpo e T la temperatura.

L'energia termica si misura in calorie:

$$1 \text{ Cal} = 4,1868 \text{ J}$$

che è l'energia necessaria per aumentare la temperatura di un grammo di acqua distillata da  $14,5^\circ$  a  $15,5^\circ$  C alla pressione di 1 Atm (livello del mare).

Multiplo della caloria è la chilo-caloria:

$$1 \text{ Kcal} = 4.186,8 \text{ J}$$

Sapendo che:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal}$$

## Energia chimica:

L'energia chimica è una forma di *energia potenziale* dovuta ai legami tra atomi; tale energia è trasformabile in *calore*, o in altra forma di energia, mediante reazioni chimiche. Due esempi: il cibo e i combustibili che si trasformano, il primo, in calore attraverso il processo di digestione; mentre i combustibili bruciano producendo calore.

## **Energia atomica/nucleare.**

L'energia atomica si ottiene dalla fusione di atomi leggeri (Idrogeno – Elio). L'Idrogeno e/o l'Elio vengono riscaldati a temperature di milioni di gradi fino ad innescare la fusione che poi si autoalimenta fornendo grandissime quantità di calore; gli atomi fusi perdono le loro proprietà atomiche diventando plasma che è il quarto stato della materia.

L'energia nucleare si ottiene dalla fissione (rottura) del nucleo di atomi pesanti (Uranio). Neutroni liberi vengono immessi nel nucleo dell'Uranio che provocano la rottura del legame che tiene uniti i protoni. La forza che li tiene uniti, chiamata forza nucleare forte, ha valori elevatissimi a causa delle cariche positive dei protoni.

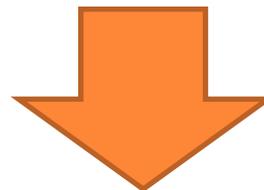
Nel momento in cui il nucleo si spezza (esplode), viene liberata una quantità notevolissima di energia in forma di calore: energia dovuta alla forza necessaria a tenere uniti i protoni e i neutroni.

Tutto ciò avviene in un apposito reattore che deve essere continuamente raffreddato con acqua o particolari fluidi. A contatto con il notevole calore essi diventano vapore ad alta pressione che serve per funzionare le turbine che, a loro volta, producono energia elettrica.

21

NB: in questo modo viene prodotta energia elettrica anche nei reattori a fusione.

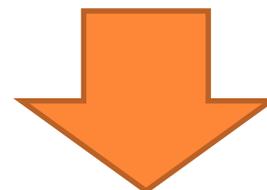
Energia Nucleare / Atomica



Energia Termica (in forma di vapore)



Energia Meccanica



Energia Elettrica

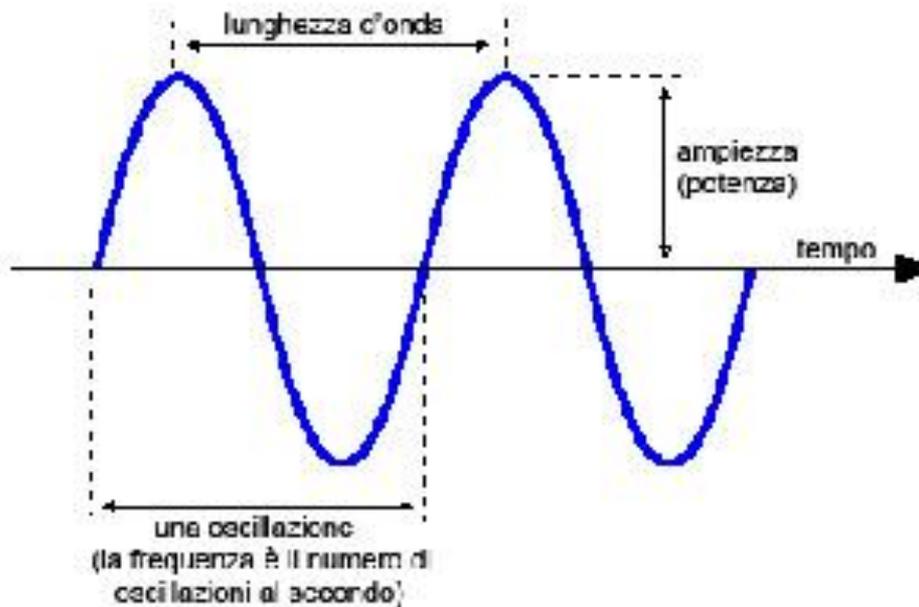
**Energia elettromagnetica:** è quella che caratterizza la **luce**, le microonde, le onde radio, i raggi X, ecc...

Nella fisica moderna e, in particolare, in meccanica quantistica, l'energia elettromagnetica si propaga nello spazio trasportata dalle onde ed è concentrata in piccolissimi blocchi detti **fotoni**.

**L'energia  $E$  dei fotoni è direttamente** proporzionale alla frequenza  $f$  secondo la relazione:

$$E = h \times f \quad [\text{J}]$$

(generalmente la frequenza viene indicata con  $\nu$  (pronuncia ni) e si misura in Hz (Hertz) [1/s];  $h$  è la costante di Planck, il cui valore è:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .)



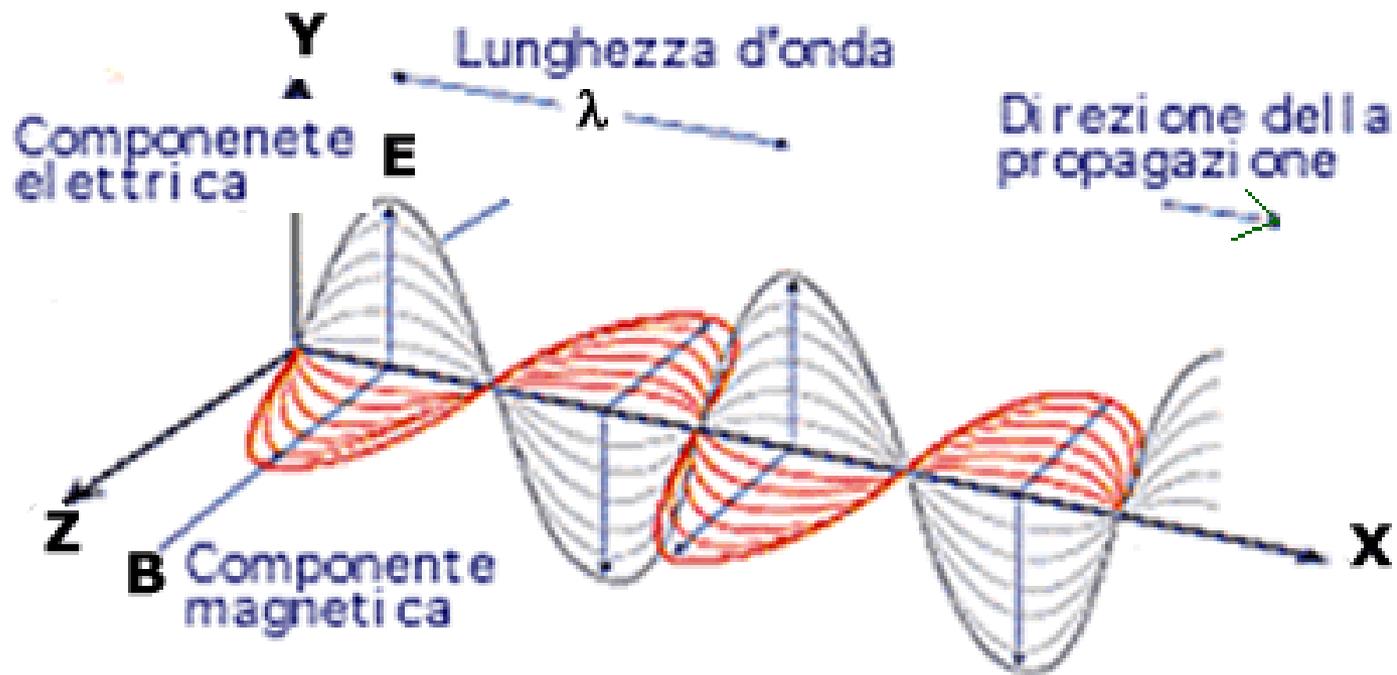
Un'onda è caratterizzata da:

Lunghezza → distanza tra due picchi;

Ampiezza → distanza tra l'asse di simmetria dell'onda (asse del tempo) e il picco, l'ampiezza si identifica con la potenza;

Oscillazione → ha lo stesso valore della lunghezza d'onda ma la distanza viene calcolata tra i due punti di intersezione con l'asse dei tempi (oscillazione completa);

Frequenza → numero di oscillazioni al secondo.



**IN NATURA NULLA SI CREA E  
NIENTE VA DISTRUTTO MA  
TUTTO SI TRASFORMA**

**IL PRINCIPIO SOPRA ENUNCIATO HA  
COME CONSEGUENZA CHE :**

**L'ENERGIA SI CONSERVA**

# Entropia

## Definizioni

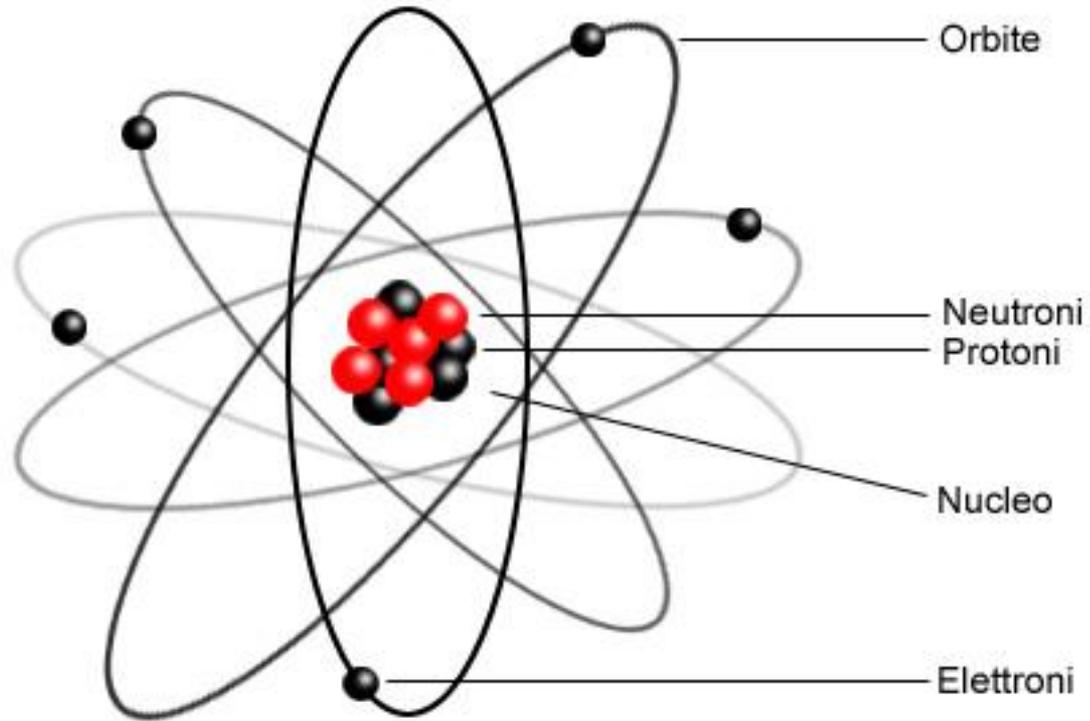
- ✓ Graduale degenerazione di un sistema verso il massimo disordine
- ✓ Funzione di stato termodinamica, il cui aumento di valore è un indice della diminuzione dell'energia associata al sistema, e quindi dell'aumento di energia degradata, o anche di disordine
- ✓ **Entropia dell'universo:** nelle teorie dell'universo finito è la misura della graduale dispersione e degradazione di energia e materia, fino alla morte termica dell'universo stesso
- ✓ **Informatica:** nella teoria dell'informazione è indice della scarsità d'informazione di un segnale
- ✓ **Sociologia:** è la tendenza progressiva al livellamento, all'annullamento delle articolazioni e delle gerarchie interne al sistema

## FREQUENZE E LUNGHEZZE D'ONDA DELLE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

Tipo di radiazione elettromagnetica	Frequenza	Lunghezza d'onda
Onde radio	$\leq 300$ MHz	$\geq 1$ m
Microonde	300 MHz – 300 GHz	1 m – 1 mm
Infrarossi	300 GHz – 428 THz	1 mm – 700 nm
Luce visibile	428 THz – 749 THz	700 nm – 400 nm
Ultravioletti	749 THz – 30 PHz	400 nm – 10 nm
Raggi X	30 PHz – 300 EHz	10 nm – 1 pm
Raggi gamma	$\geq 300$ EHz	$\leq 1$ pm

**NB: M→Mega( $10^6$ ); G→Giga( $10^9$ ); T→Tera( $10^{12}$ );  
P→Peta( $10^{15}$ ); E→Exa( $10^{18}$ )**

# L'Atomo



**Tabella 1.2** Ordine di grandezza di alcune lunghezze

Lunghezza	m
raggio del protone	$10^{-15}$
raggio dell'atomo	$10^{-10}$
raggio di un virus	$10^{-7}$
raggio di un'ameba gigante	$10^{-4}$
raggio di una noce	$10^{-2}$
altezza di un essere umano	$10^0$
altezza dei monti più alti	$10^4$
raggio della Terra	$10^7$
raggio del Sole	$10^9$
distanza Terra-Sole	$10^{11}$
raggio del sistema solare	$10^{13}$
distanza della stella più vicina	$10^{16}$
raggio della Galassia (Via Lattea)	$10^{21}$
raggio dell'Universo visibile	$10^{26}$

Ordine grand 

Raggio del nucleo

$$R \approx R_0 A^{1/3}$$

Dove  $R_0 = 1,2$  ft  
(femto)  $10^{-15}$  m

A numero di massa:  
somma dei protoni e  
dei neutroni

Es: il raggio del  
nucleo dell'atomo di  
H è:

$$R = 1,2 * 1 = 1,2 \text{ ft}$$

# CONFIGURAZIONE ELETTRONICA DELL'ATOMO

L'elettrone, che ha carica negativa, rimane attorno al nucleo perché è attratto dai protoni che hanno carica positiva.

Esso non ruota attorno al nucleo dell'atomo descrivendo orbite circolari o ellittiche, ma si muove disordinatamente, velocissimo ( $\approx 0,75c$ ), cambiando continuamente la sua distanza dal nucleo.

Anche se la massa degli elettroni di un atomo è soltanto lo 0,06% del totale, la loro presenza è fondamentale per l'esistenza dell'atomo stesso.

NB: tra nucleo ed elettroni c'è molto spazio; infatti, tra il raggio medio dell'atomo e il raggio medio del nucleo, ci sono 4-5 ordini di grandezza. A causa di questa grande distanza, complessivamente l'atomo appare vuoto al 99,9%.

Esempio

Se prendiamo come nucleo una sfera di un metro di diametro, gli elettroni si troverebbero tra 10.000 e 100.000 metri di distanza.

Inoltre, l'elettrone ha una massa 1836 volte più piccola del protone (o neutrone).

Nell'esempio precedente la sfera ha un volume di circa  $0,52 \text{ m}^3$  e l'elettrone di  $3 \times 10^{-4}$  metri che corrisponde a 3 decimi di millimetro: un granello di sabbia.

Gli elettroni, che hanno carica negativa, sono legati al nucleo, che ha carica positiva (per la presenza dei protoni), dalla forza elettromagnetica che in questo caso è espressa dalla legge Coulomb:

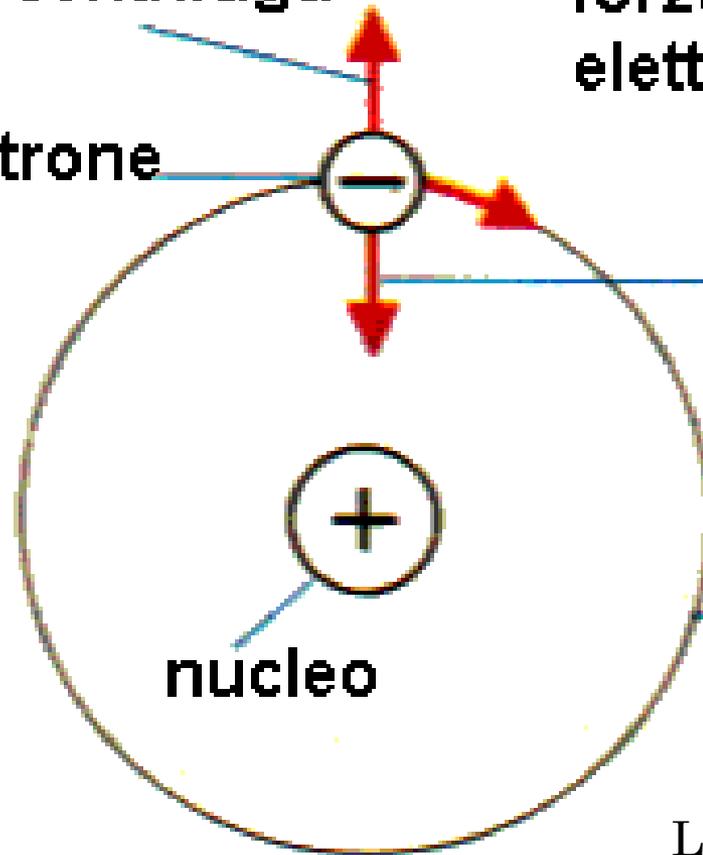
$$F = k * \frac{q_1 * q_2}{d^2}$$

Dove k è la costante di Coulomb,  $q_1$  e  $q_2$  sono due cariche che interagiscono e d è la distanza tra loro.

**forza centrifuga**

**forza di attrazione  
elettrostatica**

**elettrone**



**orbita**

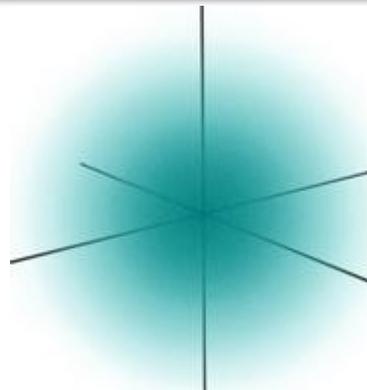
**nucleo**

L'orbita è schematizzata  
come circolare ma, in  
effetti, è una traiettoria  
molto fluttuante

In questo suo moto riempie un certo volume che viene chiamato orbitale.

Pertanto, col termine di orbitale, si intende la zona di spazio dove è più probabile trovare l'elettrone.

Gli orbitali descritti dagli elettroni hanno forme diverse, a seconda dell'energia di questi ultimi.



L'energia dell'elettrone è quantizzata ( $h \times \nu$ ), cioè la sua energia può assumere solo valori interi.

Con  $n$  viene indicato il numero quantico principale dell'atomo che rappresenta anche il livello energetico.

Anche se  $n$  potrebbe assumere infiniti valori, con  $n=7$  abbiamo già la configurazione completa dell'atomo con il maggior numero di elettroni.

N.B.: quando si parla di livelli energetici, si possono identificare anche con le lettere alfabetiche K,L,M,N,O,P,Q

I livelli energetici sono costituiti da sottolivelli, cioè da valori dell'energia piuttosto vicini all'energia media del livello.

In particolare il primo livello è costituito da un solo sottolivello, il secondo livello da due, il terzo livello da tre, il quarto quinto, sesto e settimo livello da quattro sottolivelli.

I sottolivelli energetici vengono indicati con le lettere minuscole s, p, d, f, precedute dal numero del livello, per cui avremo:

1° livello – sottolivelli: 1s

2° livello – sottolivelli: 2s, 2p

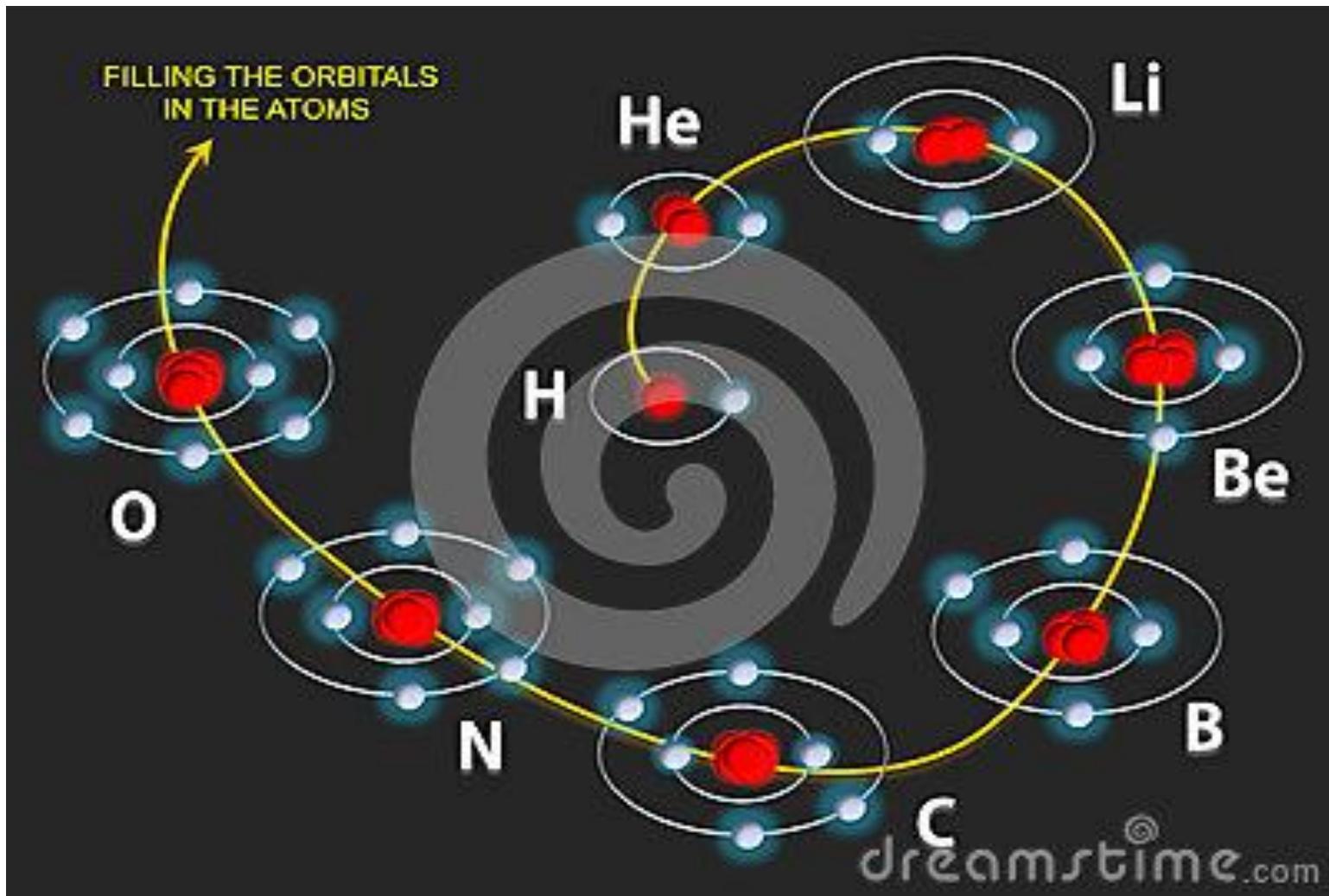
3° livello – sottolivelli: 3s, 3p, 3d

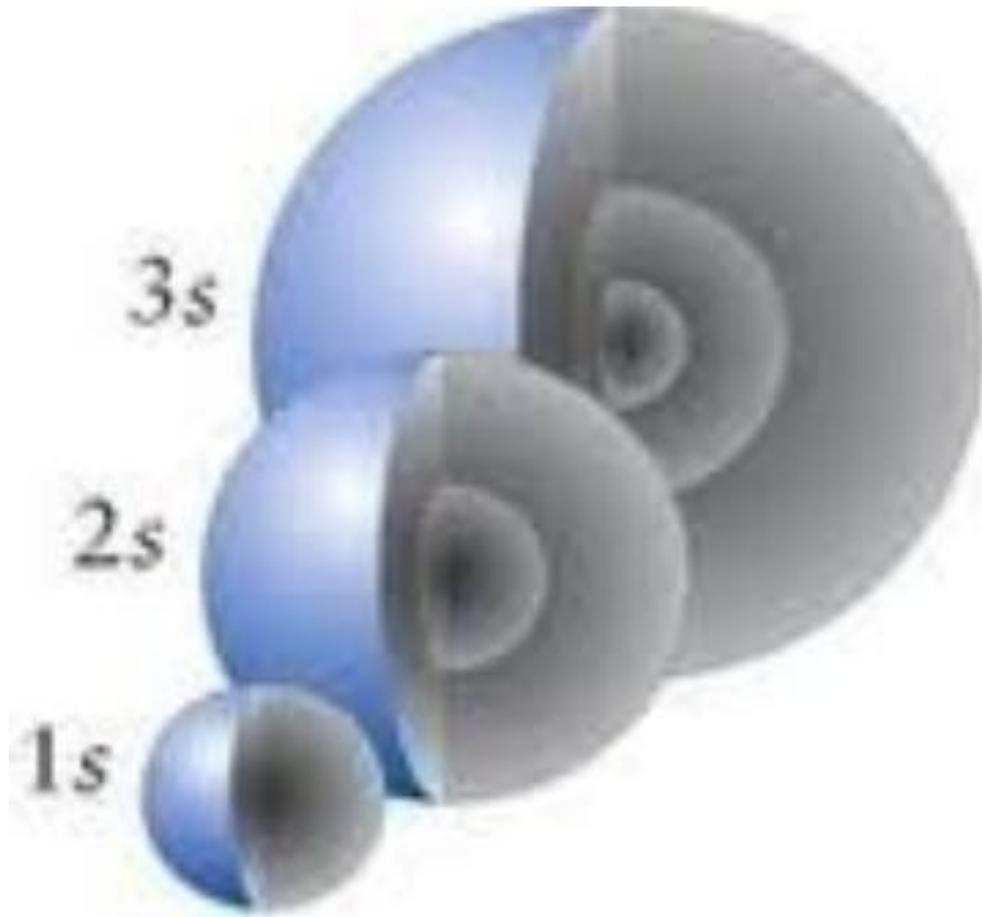
4° livello – sottolivelli: 4s, 4p, 4d, 4f

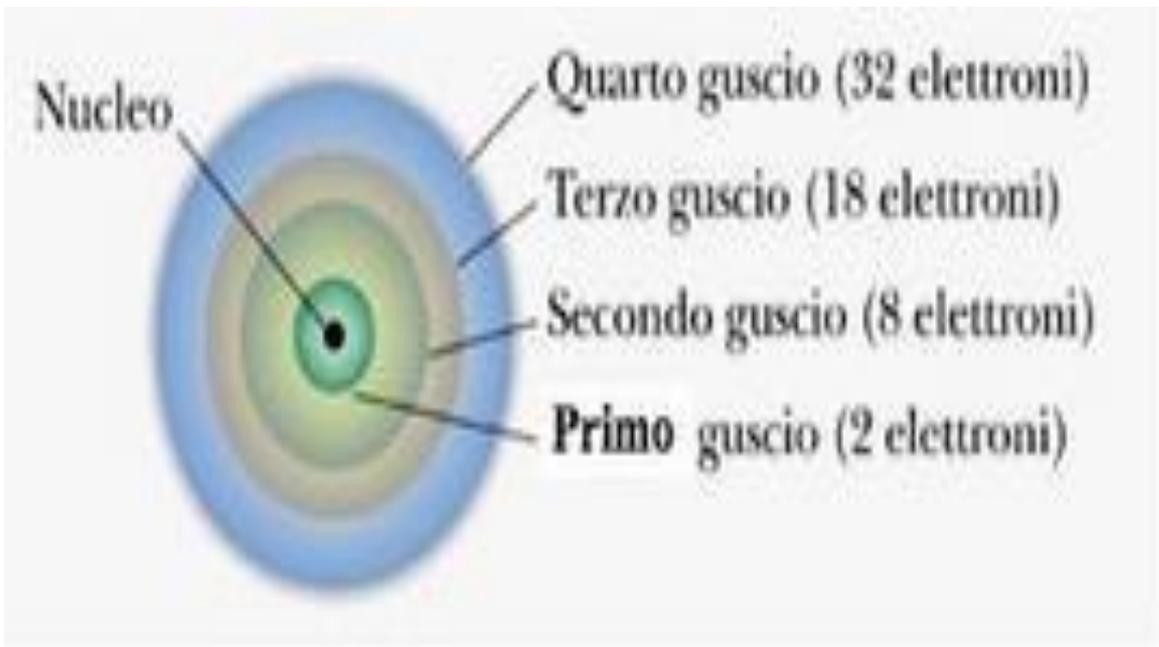
5° livello – sottolivelli: 5s, 5p, 5d, 5f

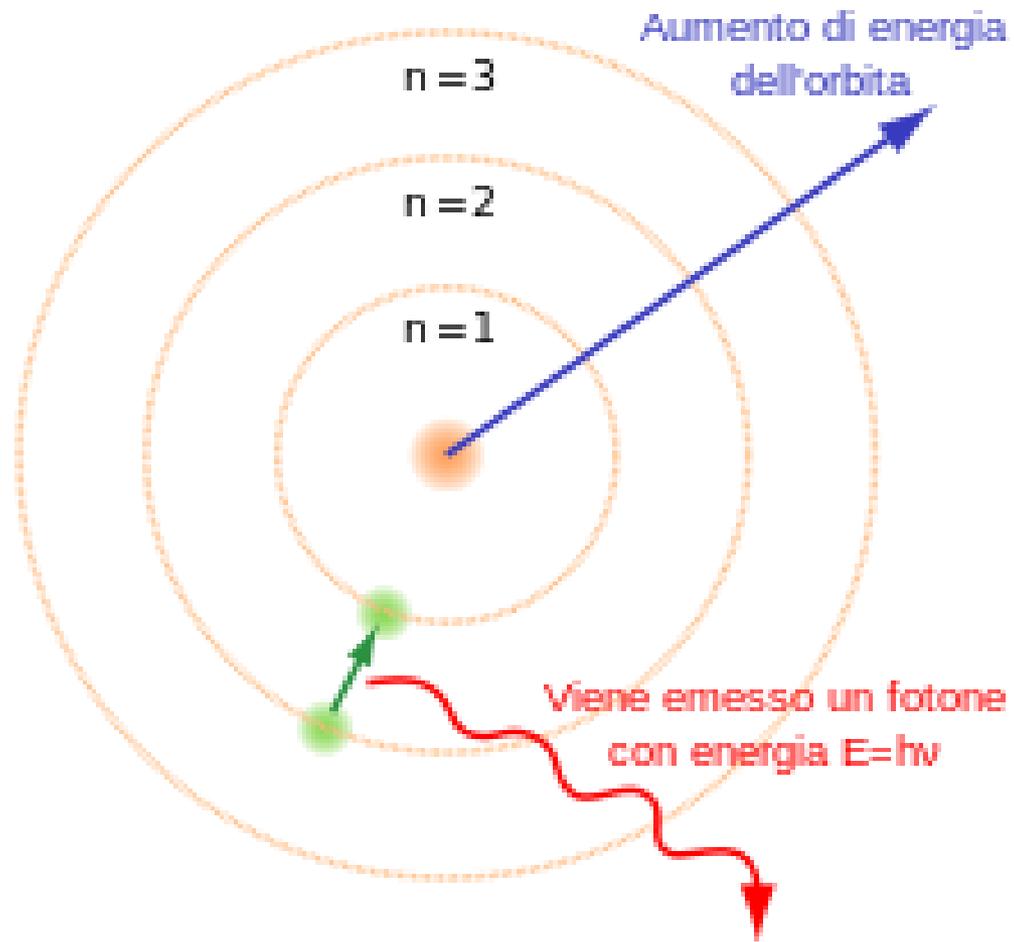
6° livello – sottolivelli: 6s, 6p, 6d, 6f

7° livello – sottolivelli: 7s, 7p, 7d, 7f

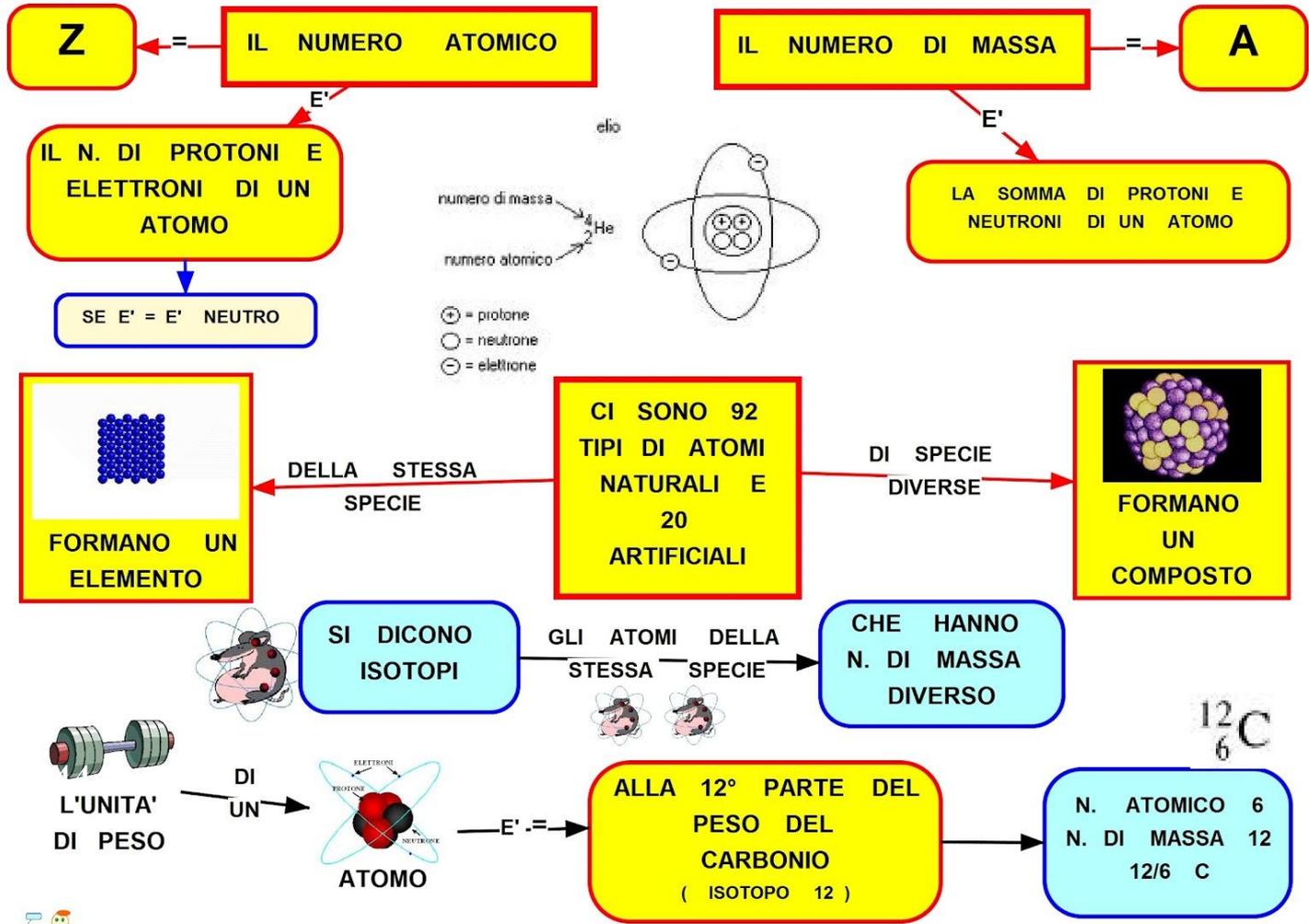








# “LETTURA” DI UN ATOMO



# “LETTURA” DI UN ATOMO

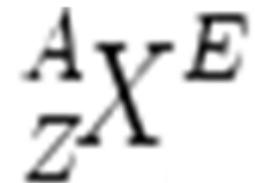
Gli isotopi (dal greco *isos topos* “stesso posto”) sono atomi che hanno lo stesso numero atomico  $Z$  ( $n^\circ$  di protoni =  $n^\circ$  di elettroni: atomo neutro) ma diverso numero di massa  $A$  ( $n^\circ$  di protoni +  $n^\circ$  di neutroni) .

# “LETTURA” DI UN ATOMO



Dove A è il numero di massa o numero di nucleoni (p+n), Z è il numero atomico o numero di protoni e X è il simbolo dell'atomo.

Se l'atomo è ionizzato allora avrà una carica (+ o -) che viene indicata con la lettera E



# Tavola Periodica degli Elementi

1 IA 1 <b>H</b> Idrogeno 1.00794	2 IIA 4 <b>Be</b> Berillio 9.012182											13 IIIA 5 <b>B</b> Boro 10.811	14 IVA 6 <b>C</b> Carbonio 12.0107	15 VA 7 <b>N</b> Azoto 14.00674	16 VIA 8 <b>O</b> Ossigeno 15.9994	17 VIIA 9 <b>F</b> Fluoro 18.9984032	18 VIIIA 2 <b>He</b> Elio 4.002602	
3 <b>Li</b> Litio 6.941	11 <b>Na</b> Sodio 22.989770	19 <b>K</b> Potassio 39.0983	21 <b>Sc</b> Scandio 44.955910	22 <b>Ti</b> Titanio 47.867	23 <b>V</b> Vanadio 50.9415	24 <b>Cr</b> Cromo 51.9961	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938049	26 <b>Fe</b> Ferro 55.8457	27 <b>Co</b> Cobalto 58.933200	28 <b>Ni</b> Nichel 58.6934	29 <b>Cu</b> Rame 63.546	30 <b>Zn</b> Zinco 65.409	31 <b>Ga</b> Gallio 69.723	32 <b>Ge</b> Germanio 72.64	33 <b>As</b> Arsenico 74.92160	34 <b>Se</b> Selenio 78.96	35 <b>Br</b> Bromo 79.904	36 <b>Kr</b> Kriptone 83.798
4 <b>Ca</b> Calcio 40.078	20 <b>Ca</b> Calcio 40.078	38 <b>Sr</b> Stronzio 87.62	39 <b>Y</b> Ittrio 88.90585	40 <b>Zr</b> Zirconio 91.224	41 <b>Nb</b> Niobio 92.90638	42 <b>Mo</b> Molibdeno 95.94	43 <b>Tc</b> Tecnecio (98)	44 <b>Ru</b> Rutenio 101.07	45 <b>Rh</b> Rodio 102.90550	46 <b>Pd</b> Palladio 106.42	47 <b>Ag</b> Argento 107.8682	48 <b>Cd</b> Cadmio 112.411	49 <b>In</b> Indio 114.818	50 <b>Sn</b> Stagno 118.710	51 <b>Sb</b> Antimonio 121.760	52 <b>Te</b> Tellurio 127.60	53 <b>I</b> Iodio 126.90447	54 <b>Xe</b> Xeno 131.293
5 <b>Rb</b> Rubidio 85.4678	37 <b>Rb</b> Rubidio 85.4678	55 <b>Cs</b> Cesio 132.90545	56 <b>Ba</b> Bario 137.327	72 <b>Hf</b> Hafnio 178.49	73 <b>Ta</b> Tantalo 180.9479	74 <b>W</b> Tungsteno 183.84	75 <b>Re</b> Renio 186.207	76 <b>Os</b> Osmio 190.23	77 <b>Ir</b> Iridio 192.217	78 <b>Pt</b> Platino 195.078	79 <b>Au</b> Oro 196.96655	80 <b>Hg</b> Mercurio 200.59	81 <b>Tl</b> Tallio 204.3833	82 <b>Pb</b> Piombo 207.2	83 <b>Bi</b> Bismuto 208.98038	84 <b>Po</b> Polonio (209)	85 <b>At</b> Astatina (210)	86 <b>Rn</b> Radone (222)
6 <b>Cs</b> Cesio 132.90545	56 <b>Ba</b> Bario 137.327	57 to 71		104 <b>Rf</b> Rutherfordio (261)	105 <b>Db</b> Dubnio (262)	106 <b>Sg</b> Seaborgio (266)	107 <b>Bh</b> Bohrio (264)	108 <b>Hs</b> Hassio (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerio (268)	110 <b>Ds</b> Darmstadtio (271)	111 <b>Rg</b> Roentgenio (272)	112 <b>Uub</b> Ununbio (285)	113 <b>Uut</b> Ununtrio (284)	114 <b>Uuq</b> Ununquadio (289)	115 <b>Uup</b> Ununpentio (288)	116 <b>Uuh</b> Ununhexio (292)	117 <b>Uus</b> Ununseptio	118 <b>Uuo</b> Ununoctio
7 <b>Fr</b> Francio (223)	88 <b>Ra</b> Radio (226)	89 to 103		104 <b>Rf</b> Rutherfordio (261)	105 <b>Db</b> Dubnio (262)	106 <b>Sg</b> Seaborgio (266)	107 <b>Bh</b> Bohrio (264)	108 <b>Hs</b> Hassio (269)	109 <b>Mt</b> Meitnerio (268)	110 <b>Ds</b> Darmstadtio (271)	111 <b>Rg</b> Roentgenio (272)	112 <b>Uub</b> Ununbio (285)	113 <b>Uut</b> Ununtrio (284)	114 <b>Uuq</b> Ununquadio (289)	115 <b>Uup</b> Ununpentio (288)	116 <b>Uuh</b> Ununhexio (292)	117 <b>Uus</b> Ununseptio	118 <b>Uuo</b> Ununoctio

- Metalli alcalini
- Metalli alcalino terrosi
- Metalli del blocco d
- Lantanidi
- Attinidi
- Metalli del blocco p
- Nonmetalli
- Gas nobili
- C** Solidi
- Br** Liquidi
- H** Gas
- Tc** Artificiali

Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (micheel@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic>

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

57 <b>La</b> Lantanio 138.9055	58 <b>Ce</b> Cerio 140.118	59 <b>Pr</b> Praseodimio 140.90765	60 <b>Nd</b> Neodimio 144.24	61 <b>Pm</b> Promezio (145)	62 <b>Sm</b> Samario 150.36	63 <b>Eu</b> Europio 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolinio 157.25	65 <b>Tb</b> Terbio 158.92534	66 <b>Dy</b> Disprozio 162.500	67 <b>Ho</b> Olmio 164.93032	68 <b>Er</b> Erbio 167.259	69 <b>Tm</b> Tulio 168.93421	70 <b>Yb</b> Itterbio 173.04	71 <b>Lu</b> Lutezio 174.967
89 <b>Ac</b> Attinio (227)	90 <b>Th</b> Torio 232.0381	91 <b>Pa</b> Protoattinio 231.03588	92 <b>U</b> Uranio 238.02891	93 <b>Np</b> Nettunio (237)	94 <b>Pu</b> Plutonio (244)	95 <b>Am</b> Americio (243)	96 <b>Cm</b> Curio (247)	97 <b>Bk</b> Berkelio (247)	98 <b>Cf</b> Californio (251)	99 <b>Es</b> Einsteinio (252)	100 <b>Fm</b> Fermio (257)	101 <b>Md</b> Mendelevio (258)	102 <b>No</b> Nobelio (259)	103 <b>Lr</b> Laurenzio (262)

Bianchi 5/04/2015 © Cardone V.T. - SEO

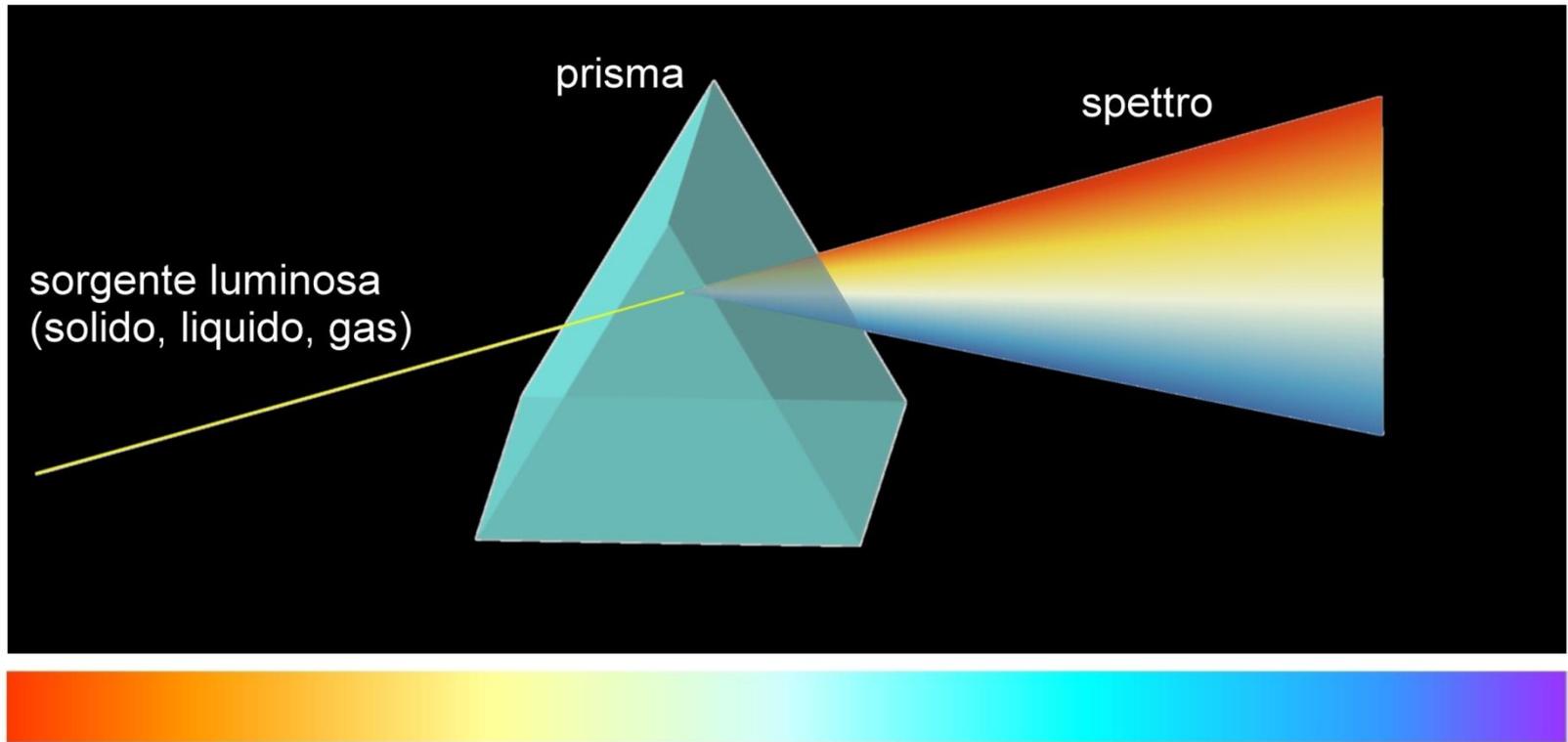
# LO SPETTRO ATOMICO

Un fascio di luce bianca che attraversa un prisma di vetro viene separato in molte componenti in funzione della lunghezza d'onda delle componenti stesse.

Proiettando su uno schermo il fascio in uscita dal prisma che, per effetto della dispersione si è allargato a ventaglio, otterremmo un'immagine luminosa formata da una successione di zone colorate sfumate con gradualità l'una nell'altra: si forma cioè uno **spettro di emissione continuo**.

I colori sono quelli compresi tra il rosso, che è la radiazione che subisce la minore deviazione, e il violetto che è la radiazione maggiormente deviata. I colori intermedi sono quelli noti dell'iride.

Lo strumento utilizzato per lo studio degli spettri è lo **spettroscopio**; mediante questo strumento è possibile differenziare le singole radiazioni che costituiscono un dato colore (radiazioni monocromatiche) e rilevarne il valore della lunghezza d'onda.



In opportune condizioni si può osservare come molte sostanze, emettendo o assorbendo radiazioni di particolare lunghezza d'onda, diano luogo a due tipi di **spettri non continui**, ma caratterizzati dalla presenza di righe (righe spettrali):

- spettri di emissione
- spettri di assorbimento.

## Spettri di emissione a righe

Una sostanza gassosa a bassa pressione portata ad alta temperatura o sottoposta a scariche elettriche emette luce.

Se con uno spettroscopio si analizzano queste radiazioni luminose, si osserva uno spettro formato da una serie di righe nette di colori diversi su sfondo nero.

Ogni elemento produce un proprio spettro a righe che ne permette l'identificazione e questa circostanza fu sfruttata nella seconda metà dell'Ottocento per riconoscere vari elementi e anche per scoprirne di nuovi.

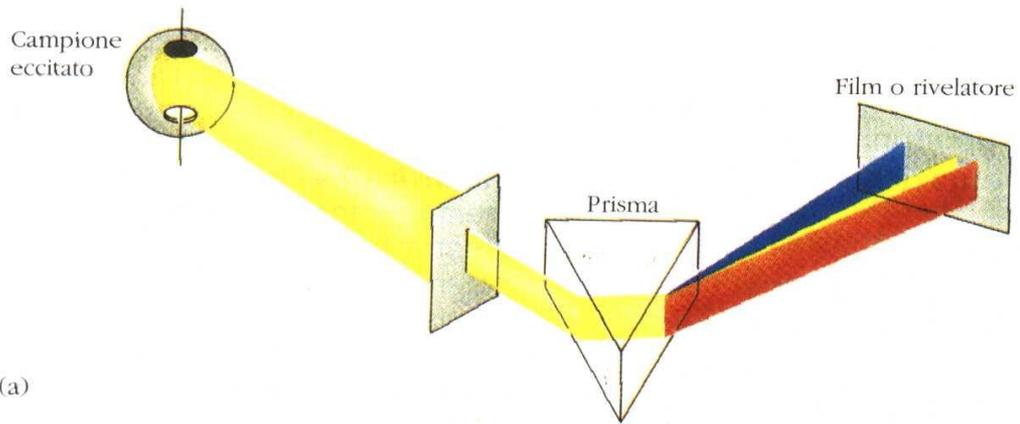
L'emissione di particolari lunghezze d'onda è dovuta all'eccitazione di atomi (per effetto di un aumento di energia fornita dall'esterno) dipende, cioè, dalla struttura atomica.

L'interpretazione corretta delle righe spettrali sarà formulata nel secondo decennio del 1900 da Bohr e questo risultato contribuirà alla elaborazione del primo modello atomico concepito su basi moderne).

## Spettri di assorbimento a righe

Se tra una sorgente di luce policromatica e la fenditura di uno spettroscopio si interpone un gas o un vapore più freddo rispetto alla temperatura della sorgente, si osserva che lo spettro continuo della sorgente è solcato da una serie di righe scure:

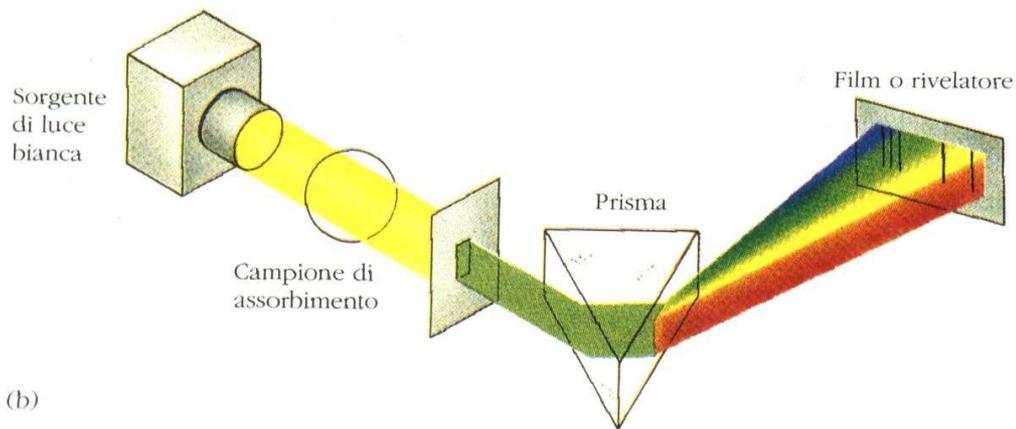
le lunghezze d'onda mancanti corrispondono a quelle assorbite dagli atomi della sostanza interposta.



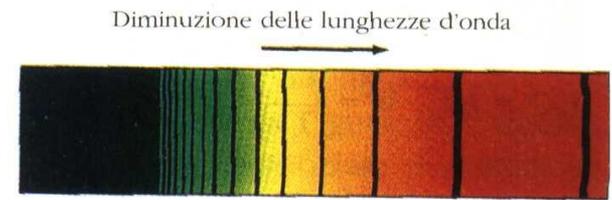
(a)



Spettro di emissione

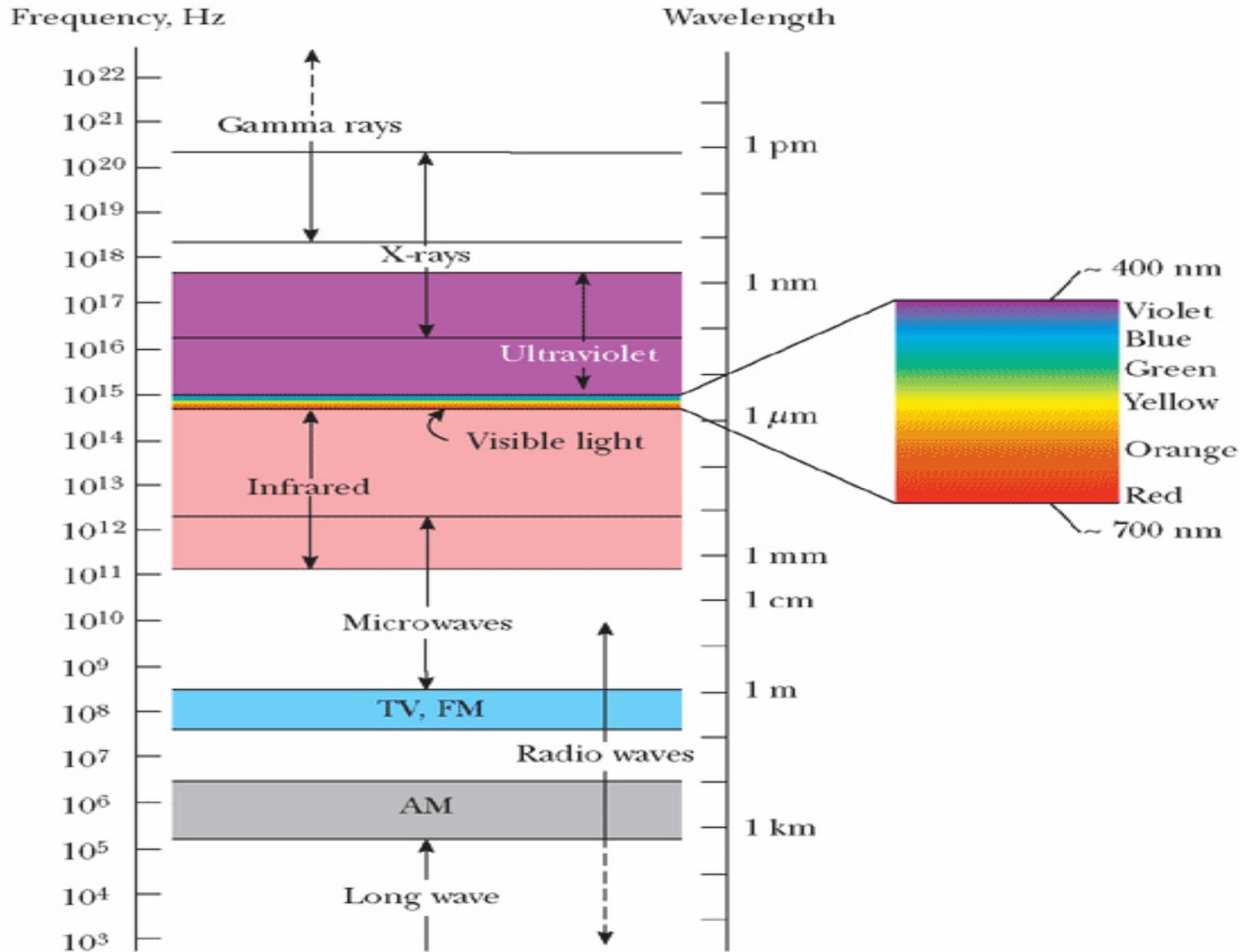


(b)



Spettro di assorbimento

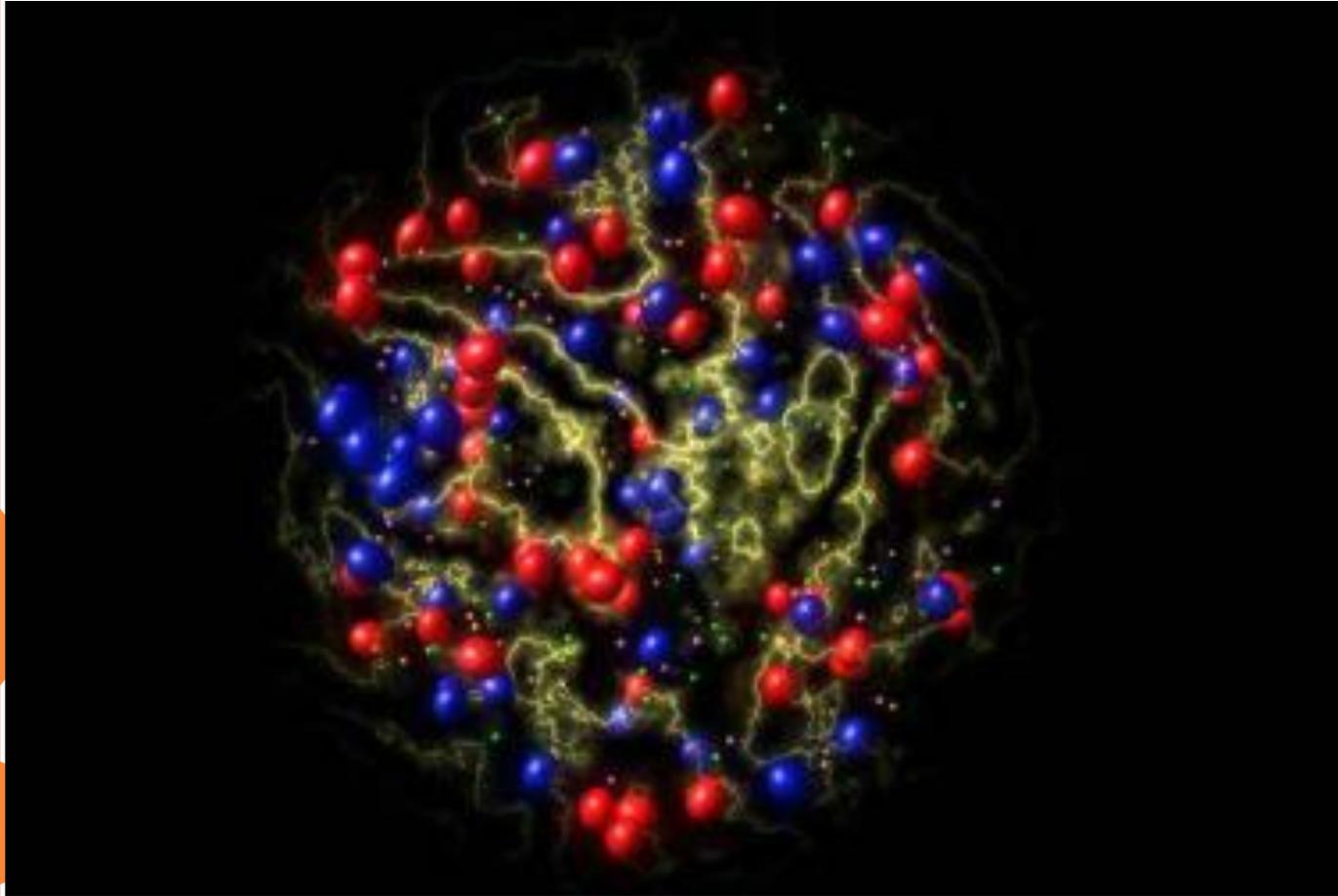
# Lo spettro delle onde elettromagnetiche



# Lo spettro delle onde elettromagnetiche

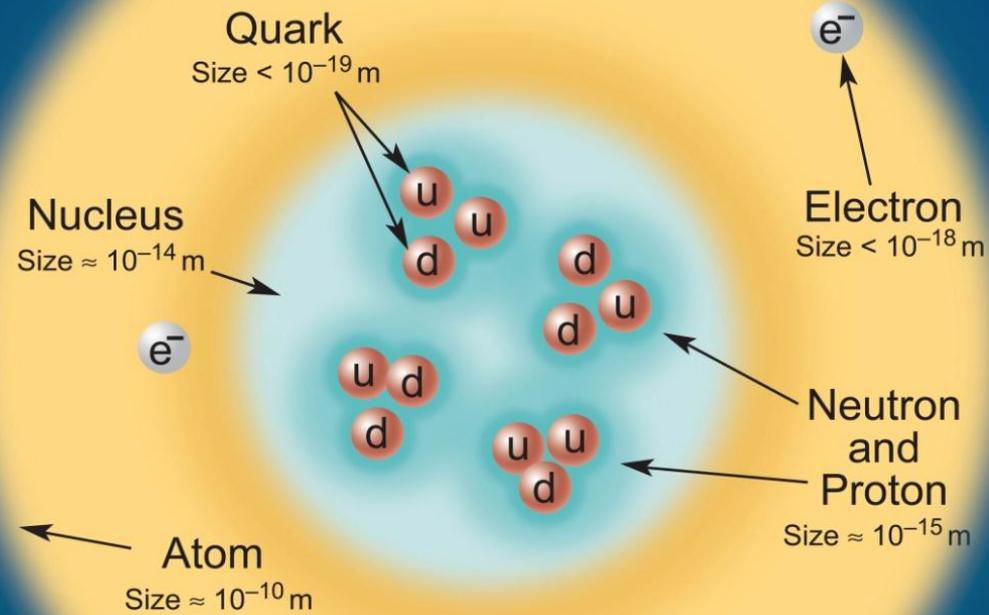
Esercitazione di laboratorio:  
Utilizzo di strumenti spettroscopici

# IL NUCLEO ATOMICO

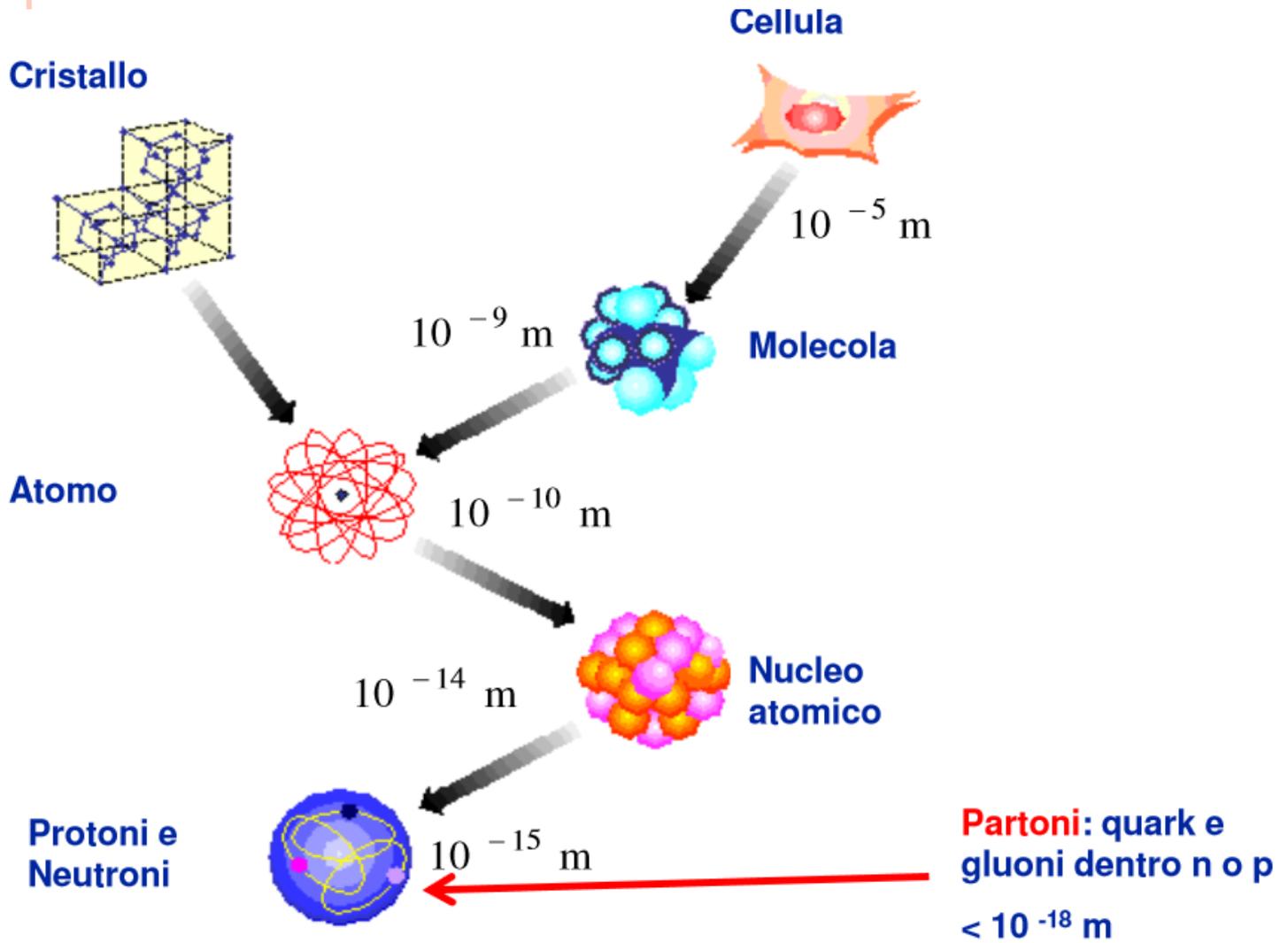


58

## Structure within the Atom



If the proton and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.



## Composizione del nucleo

Il nucleo atomico è formato da Protoni e Neutroni che, a loro volta, sono composti da 3 Quark ciascuno.

I Protoni ed i Neutroni hanno circa la stessa massa ma, mentre i primi hanno carica positiva, i secondi hanno carica nulla.

Queste particelle sono vicinissime; la distanza tra loro è, infatti, dell'ordine di  $10^{-13}$  cm. A questa distanza protoni e neutroni si respingono: soprattutto i Protoni che hanno la stessa carica. La forza che li tiene uniti è la Forza Nucleare Forte.

## Stabilità dei nuclei

Per simili distanze è stato assunto come nuova unità di misura il valore di  $10^{-15}$  m, cui è stato dato il nome di **Fermi**  $\rightarrow$  **1 Fm =  $10^{-15}$  m.** (si dice anche Femto - Ft)

La stabilità dell'edificio nucleare dipende dal numero di protoni  $Z$  in relazione al numero di neutroni  $N$ . Se i neutroni presenti in un nucleo sono in numero molto superiore o inferiore a quello dei protoni, tale nucleo risulta poco stabile.

Si osserva inoltre che i nuclei con  $Z$  pari sono più stabili, e i corrispondenti elementi sono in genere più abbondanti in natura; lo stesso vale per  $N$  pari. Ci sono poi dei valori di  $Z$  e  $N$ , detti **numeri magici**, e cioè 2, 8, 20, 28, 50, 82 e 126, per i quali i nuclei risultano molto stabili.

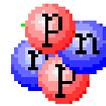
In pratica, un nucleo che presenti  $Z$  e  $N$  entrambi pari o addirittura appartenenti al gruppo dei numeri magici, ha maggiori probabilità di essere stabile rispetto a un nucleo che contenga un numero dispari di protoni e un numero dispari di neutroni.

## La radioattività

Quasi tutti gli atomi che conosciamo (quelli elencati nella tavola periodica degli elementi) hanno una forma “ordinaria”, che è quella quantitativamente prevalente, e una forma come “isotopi”, cioè con le stesse proprietà chimiche dell’atomo di riferimento e, quindi, con lo stesso numero di elettroni e di protoni ma con un diverso numero di neutroni.

Alcuni di questi isotopi sono radioattivi (attivi rispetto all'emissione di radiazioni), cioè si trasformano in altri atomi emettendo particelle cariche (alfa [nuclei di elio], o beta [elettroni]) o radiazione elettromagnetica (fotoni) di alta energia usualmente indicata con il nome di “raggi gamma”.

Le particelle alfa sono nuclei di elio (2 p, 2 n):



Le particelle beta sono elettroni, velocissimi:



I raggi gamma sono un fascio di fotoni:



I "raggi X", la "luce visibile", le "onde radio", etc., sono tutti fotoni, a diverse energie. I raggi gamma sono fotoni di alta energia.

Le particelle alfa possono venir fermate da un foglio di carta, le particelle beta dall'alluminio, i raggi gamma da un blocco di piombo.

Dato che possono penetrare ben dentro un materiale, e hanno la capacità di distruggere i legami chimici, sono proprio i raggi gamma che costituiscono il principale pericolo quando si lavora con i materiali radioattivi (e purtroppo, ci sono voluti molti anni perché gli scienziati si accorgessero dei rischi della radioattività...)

Gli isotopi radioattivi sono di origine naturale (fanno parte del materiale che costituisce la terra o vengono prodotti dai raggi cosmici nell'atmosfera) altri sono generati artificialmente nel corso delle reazioni nucleari di vario tipo prodotte dall'uomo. Ogni isotopo radioattivo può essere riconosciuto dalla sua particolare emissione, che costituisce una sorta di inconfondibile impronta digitale.

La scoperta della radioattività avvenne alla fine dell'800 ad opera di Henry Becquerel e dei coniugi Pierre e Marie Curie, (Premio Nobel nel 1911).

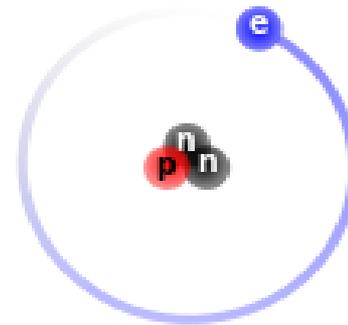
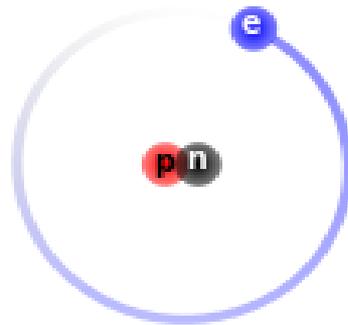
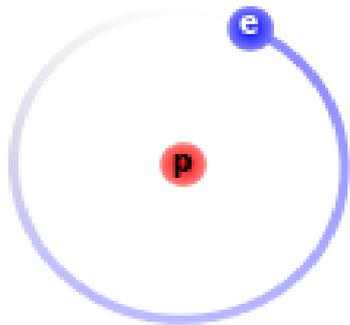
Essi scoprirono che alcuni minerali, contenenti uranio e radio, avevano la proprietà di impressionare delle lastre fotografiche poste nelle loro vicinanze.

Le lastre fotografiche, una volta sviluppate, presentavano delle macchie scure.

Per questa loro proprietà, elementi come l'uranio, il radio e il polonio (gli ultimi due scoperti proprio da Pierre e Marie Curie) vennero denominati “attivi” e il fenomeno di emissione di particelle venne detto **radioattività**.

Da allora sono stati identificati quasi 2500 specie di nuclei differenti e di essi solo una piccola percentuale, circa 280, sono stabili.

# Isotopi dell'Idrogeno



# Isotopi dell'Idrogeno

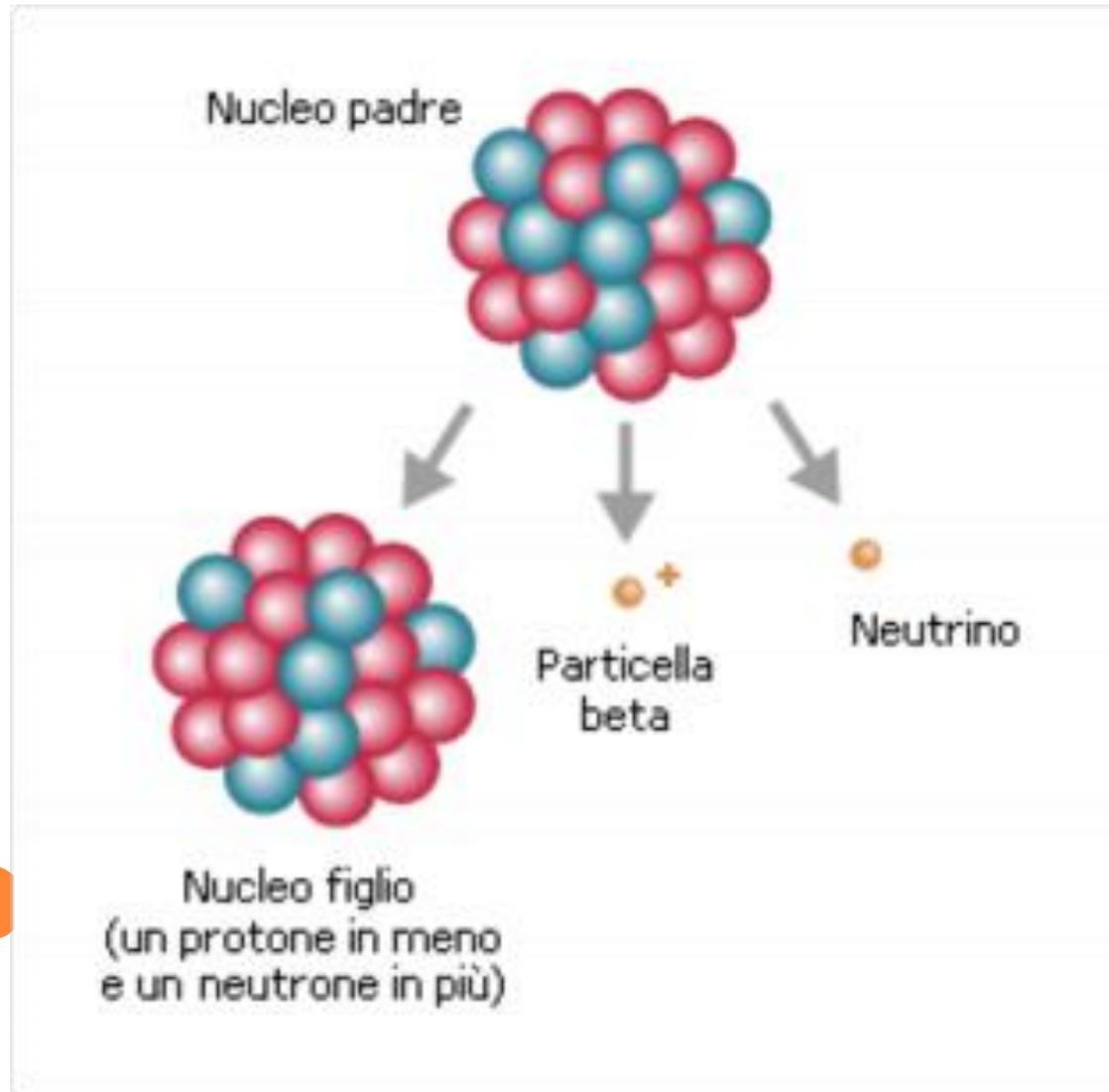
simbolo	<u>Z</u>	<u>N</u>	massa isotopica (u)	emivita	DM	DP	NA
$^1\text{H}$	1	0	1.00782503207	<b>STABILE</b>			99,985%
$^2\text{H}$	1	1	2.0141017778	<b>STABILE</b>			0,015%
$^3\text{H}$	1	2	3.0160492777	12,32 anni	$\beta^-$	$^3\text{He}$	tracce
$^4\text{H}$	1	3	4.027806	$1,39(0,10) \times 10^{-22}$ sec	?	$^3\text{H}$	-
$^5\text{H}$	1	4	5.035311	$\gg 9.1 \times 10^{-22}$ sec ?			-
$^6\text{H}$	1	5	6.044942	$2.90(70) \times 10^{-22}$ sec	n	$^3\text{He}$	-
$^7\text{H}$	1	6	7.05275	$2.3(6) \times 10^{-23}$ sec			-

Z n° protoni --- N n° neutroni --- U unità di massa atomica (12-esima parte del  $^{12}\text{C}$  che corrisponde a  $1,660\,538\,921 \times 10^{-27}$  kg)

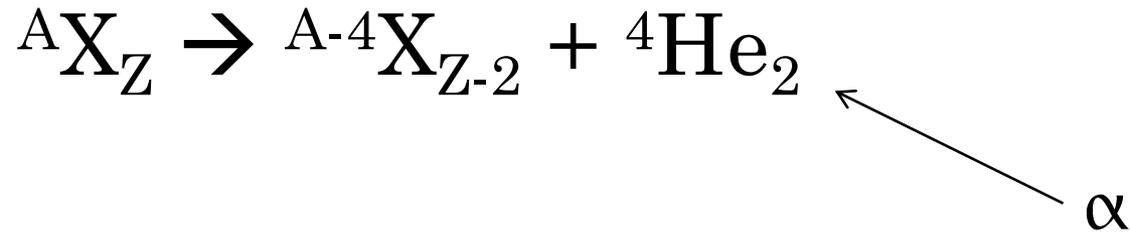
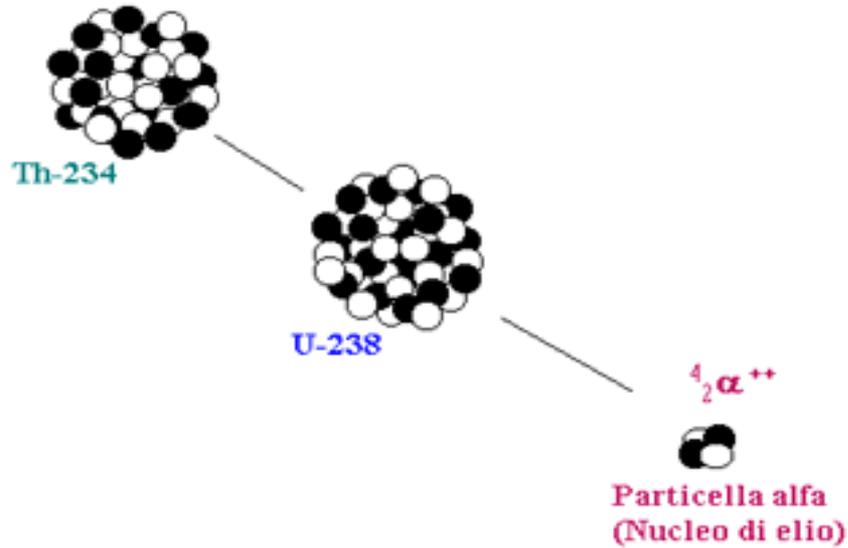
L'**emivita** (o **tempo di dimezzamento**) di un isotopo radioattivo è definita come il tempo occorrente perché la metà degli atomi di un campione puro dell'isotopo decadano in un altro elemento. L'emivita è una misura della stabilità di un isotopo: più breve è l'emivita, meno stabile è l'atomo

DM è il decadimento ---- DP è il prodotto del decadimento

NA abbondanza dell'elemento in natura

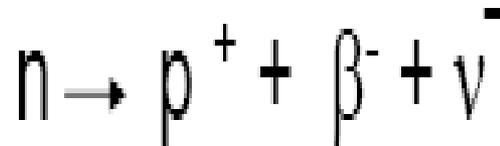


Decadimento beta di un nucleo



Decadimento alfa di un nucleo

**Raggi beta<sup>-</sup>** = elettroni nucleari, b<sup>-</sup>. Quando il rapporto neutroni/protoni nel nucleo è troppo elevato, un neutrone si trasforma in protone mediante emissione di una particella avente carica unitaria negativa e massa nulla in quanto priva di protoni e neutroni:

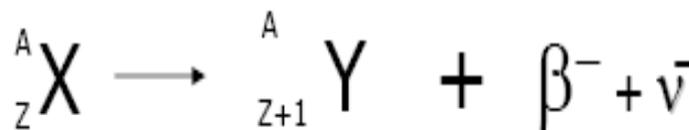


Reazione nucleare

Decadimento beta di un nucleo

76

In seguito al **decadimento beta** si ottiene un nucleo con numero atomico ( $Z + 1$ ) ma stesso numero di massa  $A$  (**transizione isobarica**). Insieme all'elettrone viene emesso anche un *antineutrino* (particella priva di massa e di carica elettrica che si sposta alla velocità della luce e ha una scarsa capacità d'interagire con la materia); l'energia totale di disintegrazione si ripartisce in varia misura tra le due particelle.



Trasformazione atomica a seguito di radiazione nucleare.

77

Decadimento beta di un nucleo

# CORPI, PARTICELLE E MOVIMENTO

Il moto è un concetto relativo al sistema di riferimento scelto.

Un corpo è in movimento se cambia la sua posizione nello spazio al trascorrere del tempo rispetto ad osservatore considerato in quiete.

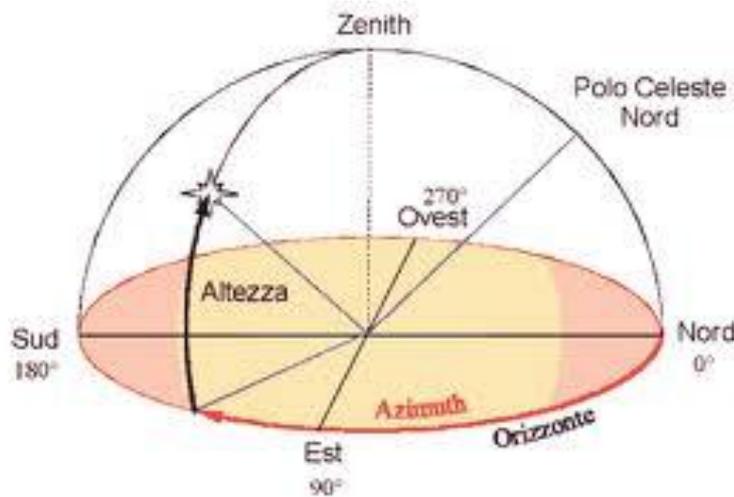
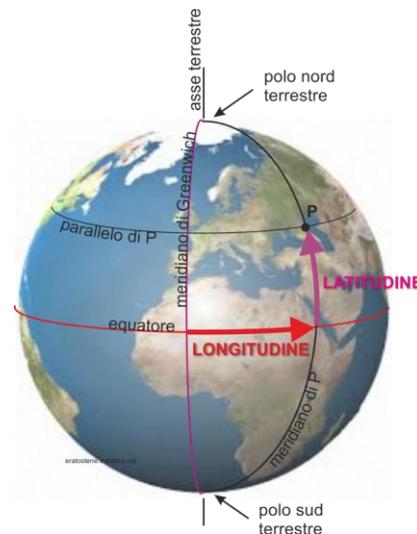
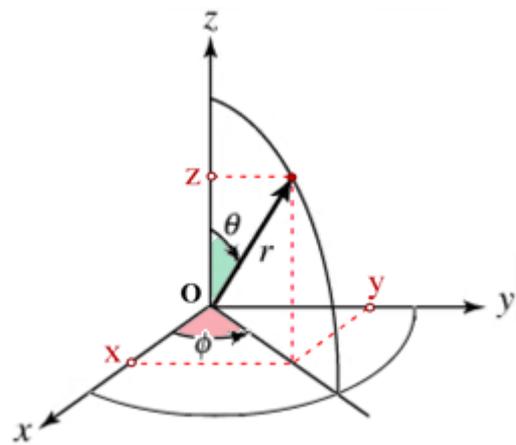
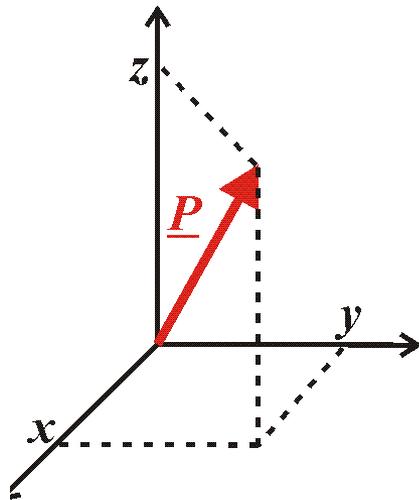
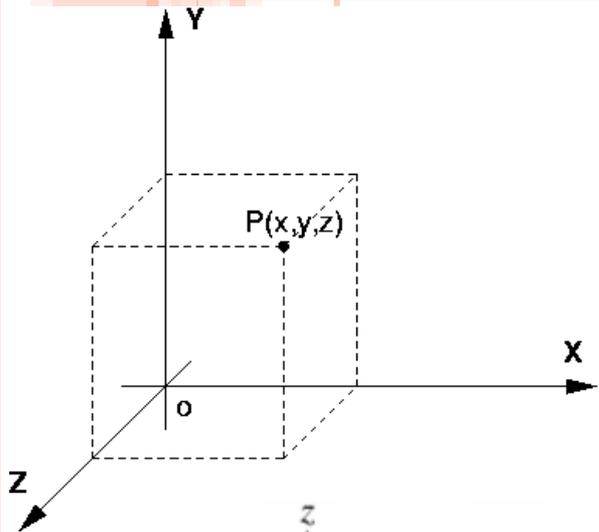
Qualunque fenomeno fisico deve essere studiato in un dato sistema di riferimento.

Nello studio dei moti si assume come sistema di riferimento il nostro pianeta considerato fermo.

Un sistema di riferimento si dice inerziale se in esso un corpo mantiene il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, finché una forza non agisce su di esso (I° principio della dinamica).

È considerato inerziale il sistema solidale con il Sole e le stelle, ed ogni altro sistema che si muova di moto rettilineo uniforme rispetto ad esso (e che quindi né accelera né ruota) (Wikipedia).

Un sistema di riferimento viene indicato con un insieme di coordinate (cartesiane, polari, sferiche, cilindriche, geografiche, ecc...).



## CINEMATICA

**Vettore posizione** del punto materiale  $\mathbf{r}(t) = x \mathbf{i} + y \mathbf{j} + z \mathbf{k}$  (nel SI *metri*)

**Vettore spostamento** del punto materiale  $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1) = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$  (nel SI *metri*)

**Velocita' media**  $\mathbf{v}_m = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\text{spazio} \cdot \text{percorso}}{\text{tempo} \cdot \text{impiegato}}$  (nel SI  $\frac{m}{\text{sec}}$ )

**Velocita' istantanea**  $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k}$

**Accelerazione media**  $\mathbf{a}_m = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$  (nel SI  $\frac{m}{\text{sec}^2}$ )

**Accelerazione istantanea**  $\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$

**Moto rettilineo uniforme**  $v = \text{cost}$  (riferendoci all'istante iniziale  $t_0$ ):

$$v = \frac{s - s_0}{t - t_0} \implies s = s_0 + v(t - t_0)$$

**Moto rettilineo uniformemente accelerato**  $a = \text{cost}$  (scelto  $t_0 = 0$ )

$$v = v_0 + a t \quad s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

per ciascuna componente (riferendoci all'istante iniziale  $t_0$ ):

$$v_X = v_{0X} + a_X (t - t_0)$$

$$x = x_0 + v_{0X} (t - t_0) + \frac{1}{2} a_X (t - t_0)^2$$

ed eliminando il tempo tra queste due:

$$v_X^2 = v_{0X}^2 + 2 a_X (x - x_0)$$

## Moto di un proiettile

Si tratta di un moto rettilineo uniforme lungo l'asse  $x$  e rettilineo uniformemente accelerato lungo l'asse  $y$ , pertanto in un sistema cartesiano come in figura:

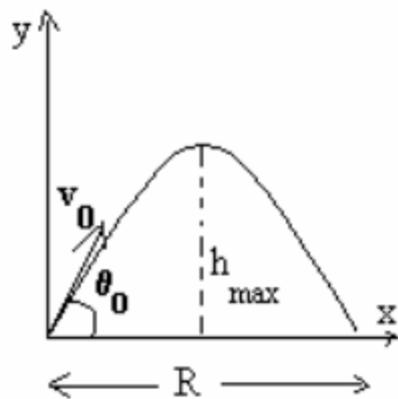
$a_x=0$  e  $a_y = -g$  di conseguenza  $v_x = v_0 \cos\theta_0 = \text{cost}$  e  $v_y = v_0 \sin\theta_0 - g t$

$$\text{equazioni del moto} \quad \begin{cases} x = x_0 + (v_0 \cos\theta_0) t \\ y = y_0 + (v_0 \sin\theta_0) t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

$$\text{traiettoria} \quad y = y_0 + (\text{tg}\theta_0)(x - x_0) - \left( \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta_0} \right) (x - x_0)^2$$

$$\text{gittata} \quad R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta_0$$

$$h_{\text{max}} = \frac{(v_0 \sin\theta_0)^2}{2g}$$



*Assumendo l'origine nel punto di lancio del proiettile, come in figura, si avrà  $x_0 = 0$  e  $y_0 = 0$*

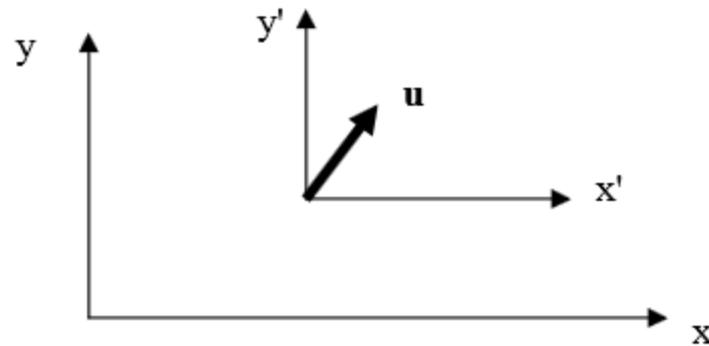
## Moto circolare ( $R = \text{cost}$ ) **uniforme** ( $v = \text{cost}$ )

- modulo della *velocità angolare di rotazione* attorno ad un asse fisso  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
- *periodo* = tempo necessario per fare un giro completo
- *frequenza* =  $\frac{1}{T}$  numero di giri fatti in un secondo  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
- relazioni tra grandezze lineari ed angolari:  
 $s = R\theta$                        $s$  = coordinata curvilinea sulla circonferenza  
 $\theta$  = posizione angolare di un punto materiale.  
 $v = \omega R$
- *accelerazione nel moto circolare*: accelerazione centripeta =  $a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

## MOTI RELATIVI

composizione delle velocità:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u}$$



## ***DINAMICA DEL PUNTO MATERIALE***

**FORZE** (da  $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$  nel SI le forze si misurano in *Newton*  $N = kg \cdot m/sec^2$ )

- **forza peso** ( nel campo gravitazionale terrestre  $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$ )  $\mathbf{F} = m \mathbf{g}$
- **forza elastica**  $\mathbf{F} = -k \mathbf{r}$  (assumendo posizione a riposo in  $x_0 \Rightarrow F = -K (x - x_0)$ )
- **forza centripeta**  $F_c = m a_c = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R$  diretta verso il centro
- **forza gravitazionale:** modulo  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  diretta lungo la congiungente  $m_1$  e  $m_2$

*alla superficie terrestre*  $F = mg \rightarrow g = G M_T / R_T^2 = 9.8 \text{ m/sec}^2$

Moto di pianeti e satelliti: condizione di stabilita' dell'orbita  $F_{\text{grav}} = F_{\text{centrip}}$

Per es. per un satellite intorno alla terra ad un'altezza  $h$  si avra'

$$G \frac{m M_T}{r^2} = m a_c = m \frac{v^2}{r} \quad \text{dove} \quad r = R_T + h$$

- **forze di attrito**

- forza di attrito statico  $f_s \leq \mu_s N$
- forza di attrito dinamico  $f_d = \mu_d N$
- forza di attrito nei fluidi  $f_f = -K h v$  con  $K = 6 \pi R$  per sfere (Stokes)
- resistenza aerodinamica  $D = 1/2 c \rho A v^2$

**Momento meccanico di una forza**  $\mathbf{M} = \mathbf{r} \wedge \mathbf{F}$  dove  $\mathbf{r}$  e' il vettore posizione del punto di applicazione della forza rispetto ad un punto scelto come polo  
modulo di  $M = \text{forza} \times \text{braccio}$

**Lavoro** (nel SI si misura in *Joule*  $J = N \cdot m$ )

Se la forza  $F$  e' costante  $L_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos\theta$  dove  $\theta$  e' l'angolo fra la forza e lo spostamento

In generale  $L_{A \rightarrow B} = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$  integrale di linea lungo la traiettoria seguita dal punto

materiale mentre si sposta da A a B (quindi il lavoro in generale dipende anche dalla traiettoria seguita dal punto).

Se la forza e' conservativa: il lavoro non dipende dal cammino, ma solo dagli estremi  $\Rightarrow$  esiste la funzione energia potenziale  $U(x,y,z)$ , che si puo' ricavare conoscendo la forza (v. avanti) e si puo' dimostrare che

$$L_{A \rightarrow B} = (U_A - U_B) = - \Delta U$$

**Energia potenziale** della forza peso

$$U = m g h + \text{cost}$$

Energia potenziale della forza elastica

$$U = \frac{1}{2} K x^2 + \text{cost} \quad \frac{1}{2} K (x - x_0)^2 + \text{cost}$$

Energia potenziale gravitazionale

$$U = - G m_1 m_2 / r + \text{cost}$$

**Potenza**  $P = \frac{dL}{dt} = \mathbf{F} \cdot \frac{ds}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$  (nel SI si misura in *Watt*  $W = \text{Joule}/\text{sec}$ )

**Energia cinetica** del punto materiale  $K = \frac{1}{2} m v^2$  (nel SI si misura in *Joule*)

**Teorema lavoro - energia cinetica ( o delle forze vive ) :**

$$L_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} m ( v_B^2 - v_A^2 ) = K_B - K_A = \Delta K$$

$L_{A \rightarrow B}$  e' il lavoro fatto da tutte le forze che agiscono sul corpo nello spostamento  $A \rightarrow B$

**Teorema della conservazione dell'energia meccanica:**

se il campo di forze e' conservativo  $K_B - K_A = U_A - U_B \implies K_B + U_B = K_A + U_A$

cioè l'energia meccanica totale deve conservarsi:  $E = K + U = \text{cost}$

$\implies$  Se esistono forze non conservative:  $L_{\text{fnc}} = \Delta E = (K_f + U_f) - (K_i + U_i)$

**Quantità di moto**  $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$

per la risultante delle forze agenti sul punto  $\mathbf{F}_{\text{tot}} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$

se  $\mathbf{F}_{\text{tot}} = 0 \Rightarrow \mathbf{p} = \text{cost} \Rightarrow$  *conservazione della quantità di moto*

**Impulso medio di una forza**  $\mathbf{J} = \mathbf{F}_{\text{media}} \Delta t$

**Teorema dell'impulso**  $\mathbf{J} = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1 = m \mathbf{v}_2 - m \mathbf{v}_1$

# ESERCIZI SUI MOTI RELATIVI

## ESERCIZIO 1

Il nastro di un *tapis roulant* lungo 125 metri si muove alla velocità costante di 1.20 m/s. Una persona che cammina speditamente ha rispetto al suolo una velocità di circa 2.00 m/s. In queste ipotesi quanto impiega la persona ad arrivare in fondo al percorso coperto dal *tapis roulant* e tornare indietro?

## ESERCIZIO 2

Un'automobile di massa  $2.0 \cdot 10^3$  kg sta viaggiando a 50.0 km/h. Improvvisamente frena fino a fermarsi.

Schematizzando la frenata come conseguenza dell'applicazione di una forza costante, si determini:

- a) quanto vale questa forza se l'auto impiega 2.0 secondi per fermarsi;
- b) quanto vale lo spazio di frenata, ossia la distanza percorsa da quando inizia la frenata a quando l'automobile si ferma.
- c) Se la forza frenante rimane la stessa ma l'automobile sta andando a 100 km/h anziché a 50 km/h, come cambiano il tempo e lo spazio di frenata?