

L'origine dell'elettricità

Esistono due tipi di carica elettrica: positiva e negativa. Nel SI l'unità di misura della carica elettrica è il coulomb (C). La carica elettrica di un elettrone o di un protone vale:

$$e = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Oggetti carichi e forza elettrica Conduttori e isolanti

Legge di conservazione della carica elettrica

La carica elettrica totale di un sistema isolato rimane costante durante un processo

Cariche uguali si respingono. Cariche opposte si attraggono

Conduttore elettrico

È un materiale che conduce facilmente le cariche elettriche.

Isolante elettrico

È un materiale che non conduce le cariche elettriche o lo fa con grande difficoltà.

Elettrizzazione per contatto e per induzione. Polarizzazione

Carica per contatto

La carica elettrica viene fornita a un oggetto ponendolo a contatto con un oggetto già carico.

Carica per induzione

La carica elettrica viene fornita a un oggetto ponendolo nelle vicinanze di un oggetto già carico.

Polarizzazione di un isolante

Modifica temporanea della distribuzione della carica elettrica.

Legge di Coulomb

forza elettrica che due cariche elettriche puntiformi q_1 e q_2 esercitano una sull'altra.

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$
= costante dielettrica del vuoto

La forza agisce lungo la linea che congiunge le due cariche.

Il campo elettrico

campo elettrico $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ carica di prova

Si misura in newton per coulomb (N/C)

Campo elettrico creato da una carica puntiforme q

$E = k \frac{|q|}{r^2}$ distanza dalla carica

Campo elettrico fra le armature di un condensatore piano

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ carica per unità di superficie sulle armature

Il teorema di Gauss

Flusso elettrico attraverso una superficie piana

$\Phi_S(\vec{E}) = \vec{E} \cdot \vec{A} = E \cos \phi A$

area della superficie S angolo che il campo \vec{E} forma col vettore \vec{A}

Flusso elettrico attraverso una superficie (caso generale)

$$\Phi_S(\vec{E}) = \vec{E}_1 \cdot \vec{A}_1 + \vec{E}_2 \cdot \vec{A}_2 + \vec{E}_3 \cdot \vec{A}_3 + \dots = \sum_k \vec{E}_k \cdot \vec{A}_k$$

Teorema di Gauss

$\Phi_S(\vec{E}) = \frac{Q}{\epsilon_0}$

superficie chiusa (superficie gaussiana) carica totale contenuta all'interno di S

Energia potenziale in un campo elettrico

Lavoro ed energia potenziale elettrica

lavoro elettrico

$$L_{AB} = U_A - U_B$$

energia potenziale elettrico in B

Energia potenziale elettrica U fra due cariche puntiformi q_1 e q_2

$$U = k \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$8,99 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

distanza fra le cariche q_1 e q_2

Il potenziale elettrico

Potenziale elettrico V in un punto

$$V = \frac{U}{q_0}$$

carica di prova posta nel punto in cui si valuta V

Differenza di potenziale elettrico fra due punti

$$V_B - V_A = \frac{U_B}{q_0} - \frac{U_A}{q_0} = -\frac{L_{AB}}{q_0}$$

Elettronvolt. Unità di misura per l'energia:
 $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

La differenza di potenziale elettrico di una carica puntiforme

Potenziale elettrico di una carica puntiforme

$$V = k \frac{q}{r}$$

distanza del punto considerato dalla carica q

Potenziale elettrico totale: in un dato punto il potenziale dovuto a due o più cariche è la somma dei potenziali delle singole cariche.

Le superfici equipotenziali e la loro relazione con il campo elettrico

Campo elettrico fra due superfici equipotenziali vicine

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta s}$$

distanza fra le superfici

differenza di potenziale fra le superfici

La circuitazione del campo elettrico

Circuitazione di un campo vettoriale

$$\Gamma_\gamma(\vec{Z}) = \sum_k \vec{Z}_k \cdot \Delta \vec{s}_k$$

curva chiusa orientata

campo vettoriale

Circuitazione del campo elettrico

$$\Gamma_\gamma(\vec{E}) = 0$$

curva chiusa orientata

campo elettrico generato da cariche in quiete

Condensatori e dielettrici

Condensatore

È un dispositivo, formato da due armature conduttrici vicine, che immagazzinano carica ed energia.

$$q = C \Delta V$$

carica su ciascuna armatura

capacità del condensatore (misurata in farad)

differenza di potenziale fra le armature

Costante dielettrica relativa ϵ_r di un materiale

$$\epsilon_r = \frac{E_0}{E}$$

intensità del campo elettrico con dielettrico

intensità del campo elettrico senza dielettrico

Forza di Coulomb fra due cariche puntiformi all'interno di un dielettrico

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

costante dielettrica relativa del materiale

distanza fra le cariche q_1 e q_2

Capacità di un condensatore a facce piane e parallele

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$$

distanza fra le armature

area di ciascuna armatura

Energia accumulata in un condensatore

$$\text{energia} = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

Densità di energia

(energia immagazzinata nell'unità di volume)

$$\text{densità di energia} = \frac{1}{2} \epsilon_r \epsilon_0 E^2$$

Forza elettromotrice e corrente elettrica

Corrente elettrica

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

quantità di carica che attraversa la sezione di un conduttore

intervallo di tempo considerato

L'unità di misura della corrente è l'ampère (A).

Le leggi di Ohm

Prima legge di Ohm

$$i = \frac{\Delta V}{R} \text{ oppure } \Delta V = Ri$$

differenza di potenziale agli estremi del conduttore

corrente che attraversa un conduttore a temperatura costante

resistenza elettrica del conduttore misurata in ohm (Ω)

Seconda legge di Ohm

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

resistività del materiale

resistenza di un filo conduttore di lunghezza L e sezione A

Resistività e resistenza al variare della temperatura

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

ρ e ρ_0 = resistività alle temperature T e T_0
 R e R_0 = resistenze alle temperature T e T_0
 α = coefficiente di temperatura della resistività

La potenza elettrica

Potenza elettrica associata a un circuito

$$P = i \Delta V$$

corrente che scorre tra due punti di un circuito

differenza di potenziale fra due punti

Potenza dissipata da un resistore

$$P = Ri^2 = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Resistori in serie

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

resistenza equivalente delle resistenze R_1, R_2, R_3, \dots in serie

Resistori in parallelo

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

resistenza equivalente delle resistenze R_1, R_2, R_3, \dots in parallelo

Le leggi di Kirchhoff

Legge dei nodi

La somma delle intensità di corrente entranti in un nodo è uguale alla somma delle intensità di corrente uscenti dal nodo.

Legge delle maglie

In una maglia la somma algebrica delle differenze di potenziale è uguale a zero.

Condensatori in parallelo e in serie

Condensatori in parallelo

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

capacità equivalente dei condensatori C_1, C_2, C_3, \dots in parallelo

Condensatori in serie

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

capacità equivalente dei condensatori C_1, C_2, C_3, \dots in serie

I circuiti RC

Carica e scarica di un condensatore in un circuito in corrente continua con resistenza R e capacità C

Carica di un condensatore

$$q = q_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

carica massima

Scarica di un condensatore

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

carica all'istante iniziale

Costante tempo del circuito

$$\tau = RC$$

La corrente elettrica nei liquidi

Prima legge di Faraday

La massa di una sostanza liberata a un elettrodo è direttamente proporzionale alla carica che ha attraversato la soluzione.

Seconda legge di Faraday

Una stessa quantità di carica libera agli elettrodi masse di sostanze direttamente proporzionali ai loro equivalenti chimici.

La forza di Lorentz

Forza di Lorentz: su una carica elettrica q positiva, in moto con velocità \vec{v} in un campo magnetico \vec{B} , agisce la forza

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Direzione e verso di \vec{F} possono essere stabiliti dalla *prima regola della mano destra*. Ne consegue che

$$B = \frac{F}{qv \sin \theta}$$

angolo formato da \vec{v} e da \vec{B}

Il moto circolare di una carica in un campo magnetico

Una carica q di massa m , in moto con velocità \vec{v} perpendicolare a un campo \vec{B} uniforme, percorre una traiettoria circolare di raggio

$$r = \frac{mv}{qB}$$

La forza magnetica su un filo percorso da corrente

La *forza magnetica* agente su un filo rettilineo lungo L , percorso da una corrente i e immerso in un campo magnetico B , ha intensità

$$F = iLB \sin \theta$$

angolo fra la direzione di i e \vec{B} .

Direzione e verso di \vec{F} si determinano con la regola della mano destra.

Il momento torcente su una spirale percorsa da corrente

Su una spirale di area A immersa in un campo B agisce un *momento torcente* τ tale che

$$\tau = iAB \sin \phi$$

angolo formato da \vec{B} e dalla normale al piano della spirale

Momento magnetico

Il *momento magnetico* di una spirale di area A percorsa dalla corrente i è

$$\vec{\mu}_m = i\vec{A}$$

Campi magnetici prodotti da correnti

Legge di Biot-Savart: per un filo molto esteso e percorso da una corrente I , il campo magnetico B a una distanza r dal filo vale

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$

Unità di misura

1 ampere = intensità di corrente elettrica che, scorrendo in due fili paralleli rettilinei molto lunghi e distanti 1 m, provoca una forza di $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ su un tratto di 1 m di filo.

1 coulomb = quantità di carica elettrica che attraversa in 1 s la sezione di un filo percorso da una corrente di 1 A.

Spire e solenoidi

Intensità di un campo magnetico al centro di una *spira circolare* piana

$$B = N \frac{\mu_0 i}{2R}$$

avvolgimenti della spirale

raggio della spirale

All'interno di un *solenoid*

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} i$$

numero di spire

lunghezza del solenoid

Il teorema di Gauss per il campo magnetico

Flusso del campo magnetico

$$\Phi_S(\vec{B}) = \sum_k \vec{B}_k \cdot \vec{A}_k$$

flusso di \vec{B}

superficie S di area A

Teorema di Gauss

$$\Phi_S(\vec{B}) = 0$$

Il teorema di Ampère

Circuitazione del campo magnetico

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \sum_k \vec{B}_k \cdot \Delta \vec{A}_k$$

circuitazione di \vec{B}

curva chiusa orientata

Teorema di Ampère

Lungo una curva chiusa γ risulta

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 \sum_j i_j$$

curva chiusa

corrente concatenata con γ

La legge dell'induzione elettromagnetica di Faraday-Neumann

f.e.m. media indotta nel circuito considerato

$$f_{em} = - \frac{\Delta \Phi(\vec{B})}{\Delta t}$$

variazione di flusso magnetico attraverso una superficie delimitata dal circuito

intervallo di tempo in cui avviene la variazione $\Delta \Phi$

Legge di Lenz

La corrente indotta ha un verso tale da generare un campo magnetico indotto che si oppone alla variazione di flusso magnetico che l'ha provocata.

Mutua induzione e autoinduzione

Per effetto della **mutua induzione**, la f.e.m. media f_{em} indotta nella bobina secondaria da una variazione di corrente Δi_p nella bobina primaria nel tempo Δt vale:

mutua induttanza fra le bobine

$$f_{em} = - M \frac{\Delta i_p}{\Delta t}$$

Per effetto dell'**autoinduzione**, la variazione di corrente Δi in una bobina induce nella stessa bobina una f.e.m. media

induttanza della bobina

$$f_{em} = - L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Per un **solenoid** lungo l , con N avvolgimenti di area A , valgono le relazioni

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} A$$

$$\text{energia} = \frac{1}{2} L i^2$$

In ogni punto dello spazio in cui esiste un campo magnetico \vec{B} la **densità di energia** (energia immagazzinata per unità di volume) è espressa dalla relazione

$$\text{densità di energia} = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

L'alternatore e la corrente alternata

F.e.m. di un alternatore (spira di area A che ruota con velocità angolare ω in un campo magnetico uniforme \vec{B}):

$$f_{em} = f_0 \sin \omega t = \omega AB \sin \omega t$$

Corrente in un circuito di soli resistori:

$$i(t) = i_0 \sin \omega t = \frac{f_0}{R} \sin \omega t$$

Valori efficaci per correnti e forza elettromotrice alternata (con i_0 e f_0 valori di picco):

$$i_{eff} = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$$

$$f_{eff} = \frac{f_0}{\sqrt{2}}$$

Potenza media in un circuito in corrente alternata:

$$\bar{P} = i_{eff} f_{eff}$$

Circuiti RLC in corrente alternata

Impedenza: quando un resistore, un condensatore e un induttore sono connessi in serie si ha

impedenza

$$f_{eff} = Z i_{eff}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$

$$\frac{1}{\omega C}$$

$$\omega L$$

L'angolo di sfasamento ϕ tra corrente e tensione è tale che

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

La **potenza media** dissipata sul resistore vale

$$\bar{P} = i_{eff} f_{eff} \cos \phi$$

Trasformatore

In un trasformatore con N_p avvolgimenti nella bobina primaria e N_s avvolgimenti nella bobina secondaria, le tensioni V_s e V_p ai capi delle bobine sono tali che

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

rapporto di trasformazione

Le equazioni di Maxwell

Teorema di Gauss

$$\Phi_s(\vec{E}) = \frac{Q_T}{\epsilon_0}$$

Legge di Faraday-Neumann-Lenz

$$\Gamma_\gamma(\vec{E}) = - \frac{\Delta\Phi(\vec{B})}{\Delta t}$$

Teorema di Gauss per il campo magnetico

$$\Phi_s(\vec{B}) = 0$$

Teorema di Ampère generalizzato

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 \left(i + \epsilon_0 \frac{\Delta\Phi(\vec{E})}{\Delta t} \right)$$

Energia e quantità di moto di un'onda elettromagnetica

Densità di energia totale nel vuoto

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad E = cB$$

Irraggiamento S di un'onda elettromagnetica nel vuoto

$$S = cu$$

Densità della quantità di moto trasportata da un'onda elettromagnetica

$$\vec{P} = \epsilon_0 (\vec{E} \times \vec{B}) \quad P = \frac{u}{c}$$

Pressione di radiazione dovuta a radiazione incidente perpendicolarmente

$$p = u$$

(superficie assorbente)

$$p = 2u$$

(superficie riflettente)

Pressione di radiazione dovuta a radiazione diffusa

$$p = \frac{1}{3} u$$

(superficie assorbente)

$$p = \frac{2}{3} u$$

(superficie riflettente)

Le onde elettromagnetiche

Un'onda elettromagnetica consiste di campi elettrici e campi magnetici oscillanti perpendicolari fra loro. L'onda è trasversale perché i campi sono perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda. Le onde elettromagnetiche si propagano nel vuoto alla velocità della luce

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

costante dielettrica
del vuoto

permeabilità
magnetica del vuoto

Lo spettro elettromagnetico

$$c = f\lambda$$

frequenza

lunghezza d'onda

L'insieme delle onde elettromagnetiche formano lo spettro elettromagnetico.

La luce visibile è compresa tra 380 nm (violetto) e 750 nm (rosso).

L'effetto Doppler

$$f_0 = f_s \left(1 \pm \frac{v_{rel}}{c} \right)$$

frequenza
osservata

frequenza emessa
dalla sorgente

se $v_{rel} \ll c$
velocità relativa fra
osservatore e sorgente

Segno +: sorgente e osservatore in avvicinamento.

La polarizzazione delle onde elettromagnetiche

Legge di Malus

$$\bar{S} = \bar{S}_0 \cos^2 \theta$$

irraggiamento medio
della luce che esce
dall'analizzatore

irraggiamento medio della
luce polarizzata incidente
sull'analizzatore

angolo fra
gli assi di
trasmissione

I postulati della relatività ristretta

1. Principio di relatività. Le leggi fisiche sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali.

2. Principio di invarianza della velocità della luce. La velocità della luce nel vuoto, misurata in qualsiasi sistema inerziale, ha sempre lo stesso valore c , indipendentemente dalla velocità relativa fra la sorgente di luce e l'osservatore.

La relatività della simultaneità

Stabilire la simultaneità o meno di due eventi in punti diversi dipende dallo stato di moto dell'osservatore.

La relatività del tempo: dilatazione temporale

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \gamma \Delta t_0$$

velocità relativa tra l'osservatore che misura Δt_0 e l'osservatore che misura Δt

coefficiente di dilatazione

La relatività delle distanze: contrazione delle lunghezze

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{L_0}{\gamma}$$

lunghezza contratta

lunghezza propria

velocità relativa

La contrazione si verifica solo lungo la direzione del moto relativo.

Le trasformazioni di Lorentz

Sono le trasformazioni sotto le quali le equazioni dell'elettromagnetismo rimangono invariati nel passare da un sistema di riferimento a un altro in moto relativo

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \gamma(x - vt)$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \gamma\left(t - \frac{\beta}{c}x\right)$$

La quantità di moto relativistica

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

quantità di moto relativistica

massa del corpo

velocità della particella

L'equivalenza tra massa ed energia

Energia e massa sono

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

energia totale del corpo

massa del corpo

velocità del corpo

Energia a riposo E_0 : equivale all'energia totale di un corpo fermo

$$E_0 = mc^2$$

Energia cinetica: l'energia totale di un corpo è la somma della sua energia a riposo e della sua energia cinetica K .

$$K = E - E_0 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

Energia totale e quantità di moto

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

quantità di moto relativistica

La composizione relativistica delle velocità

Per corpi in moto lungo la stessa direzione

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

velocità di un oggetto rispetto al sistema di riferimento S

velocità dell'oggetto rispetto al sistema di riferimento S'

velocità del sistema S' rispetto al sistema S

La radiazione di corpo nero e l'ipotesi di Planck

Legge di Stefan-Boltzmann: un corpo nero a temperatura assoluta T irradia in 1 s da 1 m² di superficie una energia totale

$$E = \sigma T^4$$

costante di Stefan-Boltzmann =
= $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J/(s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

Energie degli oscillatori atomici

Planck ipotizzò che un corpo nero sia costituito da oscillatori atomici che possono avere solo energie quantizzate espresse da

$$E = nhf$$

con $n = 1, 2, 3, \dots$

frequenza di vibrazione dell'oscillatore

costante di Planck =
= $6,626\,068\,76 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

La quantità di moto di un fotone e l'effetto Compton

Quantità di moto di un fotone

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

lunghezza d'onda del fotone

costante di Planck

Variazione della lunghezza d'onda nell'effetto Compton

differenza fra la lunghezza d'onda λ' del fotone diffuso e la lunghezza d'onda λ del fotone incidente

lunghezza d'onda Compton del fotone diffuso

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$$

massa dell'elettrone

angolo di diffusione

I fotoni e l'effetto fotoelettrico

Energia di un fotone: la radiazione elettromagnetica è formata da fotoni, che sono pacchetti di energia

$$E = hf$$

costante di Planck

energia di un fotone

frequenza del fotone

Caratteristiche dell'effetto fotoelettrico

- Un metallo emette fotoelettroni solo se la frequenza della luce incidente è superiore a un valore soglia f_0 che dipende dal metallo.
- L'energia cinetica massima dei fotoelettroni espulsi non varia quando l'intensità della luce aumenta ma rimane costante la sua frequenza.

Conservazione dell'energia ed effetto fotoelettrico:

gli elettroni emessi dal metallo possono avere un'energia cinetica massima K_{\max} legata all'energia hf del fotone incidente e al lavoro di estrazione W_0 del metallo:

$$hf = K_{\max} + W_0$$

Il modello di Bohr dell'atomo di idrogeno

Il modello atomico di Bohr vale per atomi o ioni con un solo elettrone orbitante attorno a un nucleo contenente Z protoni. L'elettrone percorre orbite circolari dette *orbite stazionarie*.

Emissione di fotoni

$$hf = E_i - E_f$$

costante di Planck

frequenza del fotone emesso

energia meno elevata

energia più elevata

Momento angolare orbitale dell'elettrone: il suo modulo può avere solo i seguenti valori discreti

$$L_n = n \frac{h}{2\pi} \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots$$

Raggio ed energia totale dell'orbita: il raggio r_n dell'orbita n -esima e l'energia totale associata E_n hanno i seguenti valori discreti

$$r_n = \frac{n^2 \epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} = (5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}) n^2 \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$E_n = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = (5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}) \frac{1}{n^2} \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots$$

La lunghezza d'onda di de Broglie e la natura ondulatoria dei corpi materiali

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

costante di Planck

modulo della quantità di moto relativistica della particella

L'atomo di idrogeno secondo la meccanica quantistica

Numeri quantici: la meccanica quantistica descrive l'atomo di idrogeno in termini di quattro numeri quantici:

- *numero quantico principale* n ($n = 1, 2, 3, \dots$)
- *numero quantico azimutale* l ($l = 0, 1, 2, \dots, n-1$)
- *numero quantico magnetico* m_l ($m_l = -l, \dots, -2, -1, 0, +1, +2, \dots, +l$)
- *numero quantico di spin* m_s ($m_s = +1/2, -1/2$)

Il principio di indeterminazione di Heisenberg

Fissa dei limiti alla possibilità di conoscere il comportamento di una particella

$$(\Delta p_x)(\Delta x) \geq \frac{h}{4\pi}$$

indeterminazione nella componente x della quantità di moto della particella

indeterminazione nella componente x della posizione di una particella

Può essere espresso dalla relazione (*energia e tempo*):

$$(\Delta E)(\Delta t) \geq \frac{h}{4\pi}$$

indeterminazione nell'energia della particella

indeterminazione nell'intervallo di tempo

Il principio di esclusione di Pauli e la tavola periodica degli elementi

Principio di esclusione di Pauli: in un atomo due elettroni non possono avere lo stesso insieme di valori dei quattro numeri quantici.

Questo principio determina il modo in cui gli elettroni di un atomo a più elettroni si distribuiscono in *gusci* (determinati da n) e in *sottogusci* (determinati da l).

I raggi X

Spettro dei raggi X: contiene *righe* (o *picchi*) pronunciati, sovrapposti a un intervallo continuo di lunghezze d'onda; la riga K_α corrisponde al salto di un elettrone dal livello $n = 2$ al livello $n = 1$; la riga K_β al salto di un elettrone da $n = 3$ a $n = 1$.

Lunghezza d'onda di taglio

(V = differenza di potenziale ai capi del tubo a raggi X):

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eV}$$