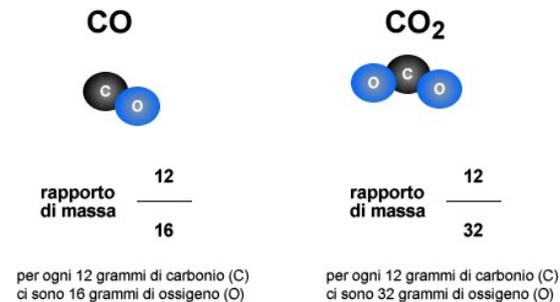
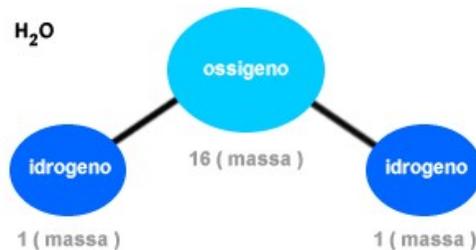


Introduzione al corso

Cenni storici ed evidenze sperimentali determinanti lo sviluppo della fisica atomica come la conosciamo ora...

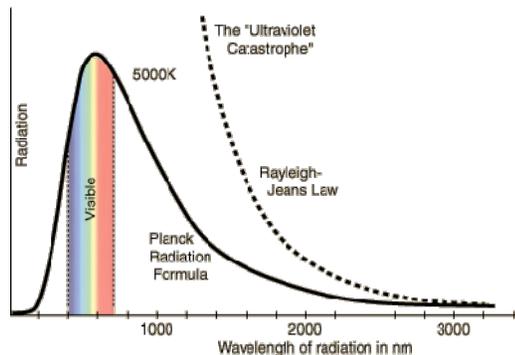
- Legge di Boyle (1662)-> La pressione di un gas cresce quando decresce il volume
- Teoria cinetica di Gas (1871): Bernoulli, Clausius, Boltzman, Maxwell
 - *Un gas è fatto di particelle tra le quali intercorrono urti elastici e sono a distanza molto maggiore rispetto alla loro dimensione*
 - *La temperatura di gas è legata alla sua TEMPERATURA*
- Legge delle proporzioni definite o Legge di Proust, 1799 (*Pirite, per ogni grammo di ferro erano sempre presenti 0,57 grammi di zolfo*)
 - *Quando due elementi si combinano a formare una terza sostanza -> le loro masse sono legate da una costante di proporzionalità*



WWW.OKPEDIA.IT

- Legge di Avogadro 1811
 - *Volumi uguali di Gas diversi alla stessa pressione e temperatura contengono lo stesso numero di molecole*
 - Introduce il concetto di MOLE: 1 mole=N grammi di una sostanza di peso atomico N (i.e. $2,22 \cdot 10^{23}$ molecole/atomi)

- Legge dell'elettrolisi (Faraday 1833)
 - *La massa liberata da un elettrodo è proporzionale alla corrente prodotta (M prop. e-)*
 - *La quantità di carica portata dagli atomi (ionizzati) è discreta*
 - *Unità elementare di carica $e^- = 10^{-20} C$*
- Esperimento di Thomson
 - *Determinazione del rapporto e/m*
- Esperimenti di Millikan
 - *Determinazione della carica dell'elettrone: $e^- = 1,6 * 10^{-19} C$*
- Con questi esperimenti inizia quella che viene (...) chiamata Fisica Moderna
- Studio dell'Emissione di corpo nero:
 - *Emissione di un corpo in «equilibrio termico» con la radiazione*



*Legge basata sull'equidistribuzione classica RJ
Catastrofe ultravioletta*

....

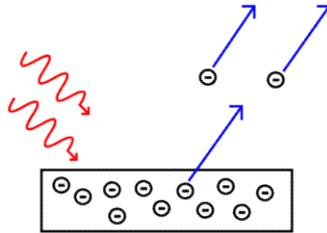
Ipotesi di corpuscolare della radiazione e Teoria di Plank

- L'effetto fotoelettrico (Faraday 1833)

- C'è una frequenza minima al di sotto della quale non ho emissione di elettroni
- Gli elettroni vengono emessi con energia cinetica massima proporzionale alla frequenza del fotone

$$E_{max} \propto \omega_{ph} \quad E_{kin} = h\nu - \Phi \quad \text{con } \Phi \text{ funzione lavoro del materiale}$$

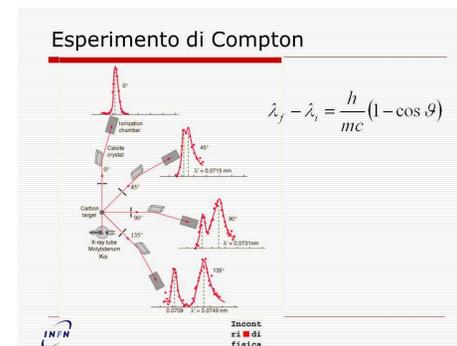
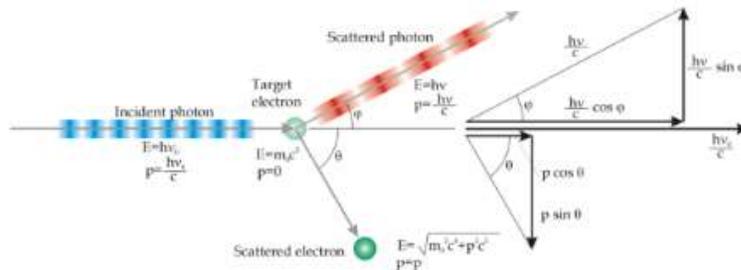
- Numero di elettroni emessi proporzionali all'intensità



- La radiazione è anche una particella!

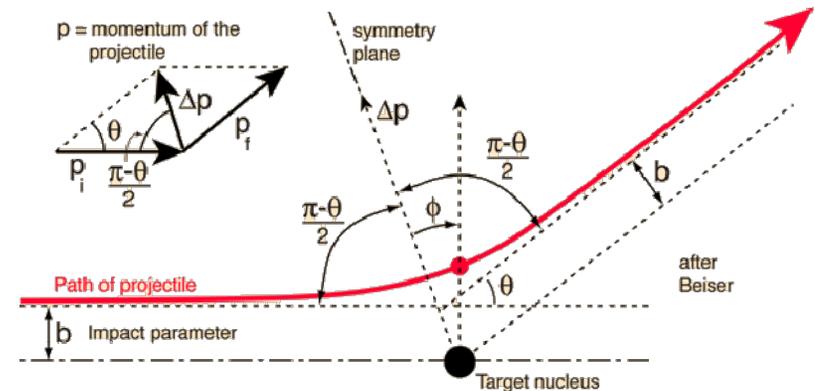
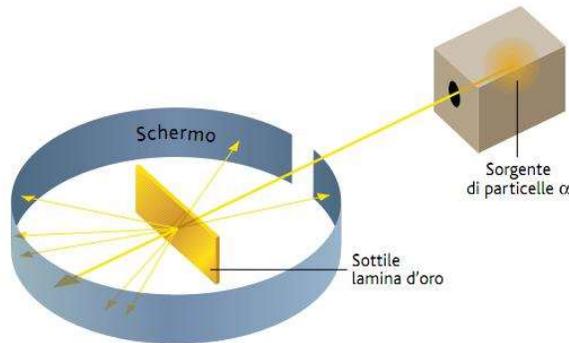
- Effetto Compton (1923):

- La lunghezza d'onda della radiazione scatterata dipende dall'angolo di scattering e un accordo sperimentale si ottiene solo introducendo il concetto di fotone (particella priva di massa ma dotata di una certa quantità di moto!!)



- **Esperimento di Rutherford (Faraday 1911)**

- *Scattering di particelle di He²⁺ da fogli metallici*
- *La sezione d'urto è spiegata introducendo il concetto di point charges localizzate nel NUCLEO ($r \approx 10^{-14}/15m$)*



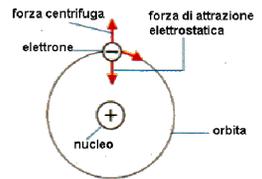
- **Atomo di Rutherford**

- *Sistema atomico «planetario» con elettroni in orbita attorno ad una carica «puntiforme» nucleare*

Limite:

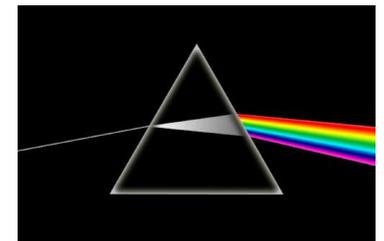
1) Gli elettroni irradiano e perdono l'energia immagazzinata in 10^{-10} sec

2) In stato gassoso gli atomi sono caratterizzati da righe di assorbimento e emissione (esperimenti di Melvill 1772)



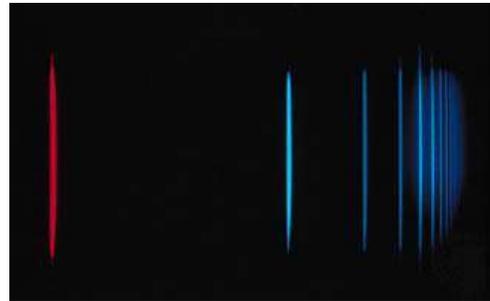
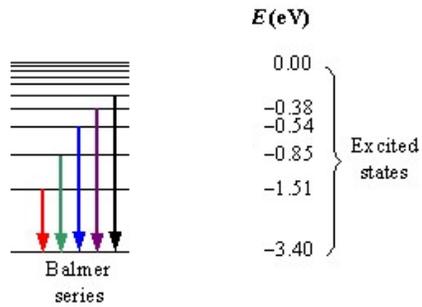
- Ogni elemento ha delle righe di assorbimento ed emissione caratteristiche

- *Tanto che è possibile ad esempio misurare la composizione di sorgenti gassose in questo modo*



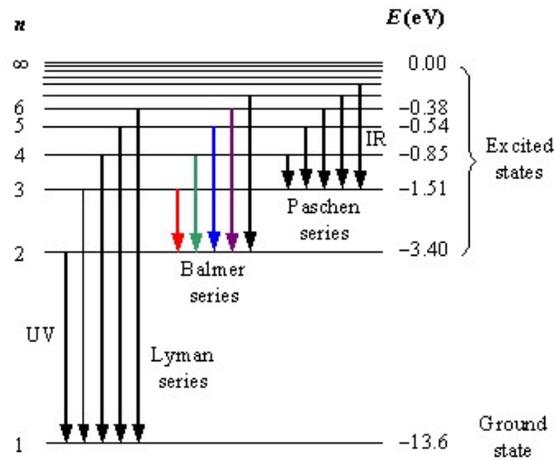
- Serie di Balmer (1885)

- *L'assorbimento dell'atomo di idrogeno nel visibile è dato da: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$ con $n > 2$ con $R = 13,6 \text{ eV}$*

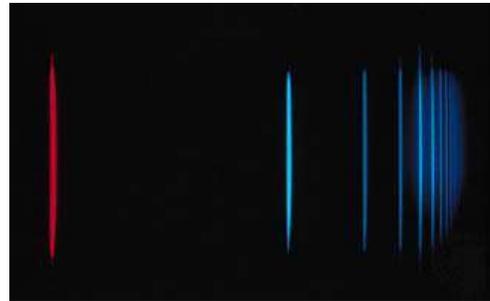


- Serie di Balmer (1885)

- *L'assorbimento dell'atomo di idrogeno nel visibile è dato da: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$ con $n > 2$ con $R = 13,6 \text{ eV}$*



Energy levels of the hydrogen atom with some of the transitions between them that give rise to the spectral lines indicated.



- La serie di Balmer è solo un caso di una struttura più generale in cui le righe di assorbimento seguono la legge di Rydberg:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_a^2} - \frac{1}{n_b^2}\right) \text{ con } b \text{ ed } a \text{ interi e } b > a$$

- **Modello di Bohr Dell'atomo di Idrogeno**

- *Gli atomi si muovono nel potenziale centrale del nucleo su orbite circolari*

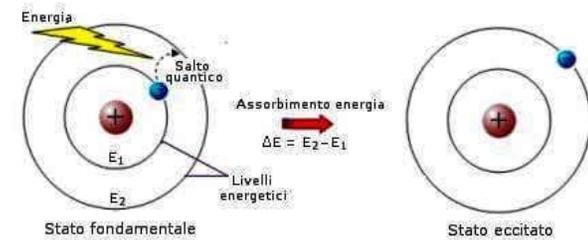
Postulati del modello di Bohr:

- 1) *Solo un set discreto di orbite sono permesse e sono chiamati «stati stazionari»*
- 2) *Gli elettroni in orbite stabili non irradiano; al contrario l'emissione (o l'assorbimento) della radiazione è sterminato da una transizione tra uno orbita ed un'altra e l'energia emessa è data da :*

$$h\nu = E_b - E_a$$
con E_a ed E_b stato finale ed iniziale dell'atomo
->I termini della serie di Rydberg sono legati alle energie degli stati stazionari (alle loro differenze)
- 3) *Il momento angolare degli elettroni in orbite circolari prende valori discreti ed uguali a*

$$L = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$$

Con $n=1,2,3...$



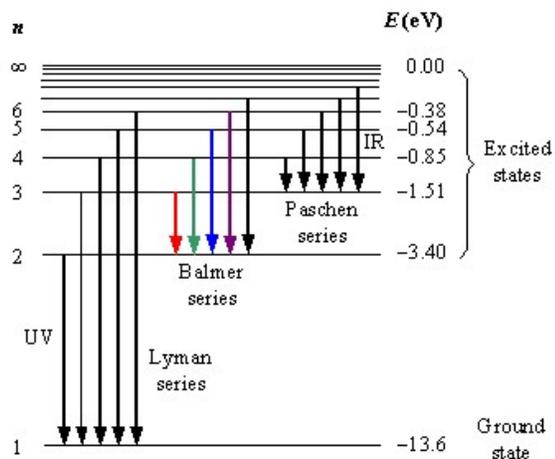
- Possiamo così ottenere (Calcolo p5-10...) le energie degli stati stazionari come:

$$E_n = -\frac{m}{2\hbar^2} \left(\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{1}{n^2} \text{ con } b \text{ ed } a \text{ interi e } b > a$$

- Modello di Bohr Dell'atomo di Idrogeno

Descrive bene:

- I livelli di energia per atomo con $Z=1,2,3,4\dots$ ed un solo elettrone!
- Accordo molto buon con gli esperimenti: $R = \frac{m}{4\pi\hbar^3} \left(\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 = 109737\text{cm}^{-1}$ vs 109677 exp
- Per Z grandi effetti relativistici saranno più rilevanti: La velocità dell'e- nel ground state è data da $v/c = \alpha Z = Z/137$ (con Z maggiori le correzioni relativistiche saranno più rilevanti)



Energy levels of the hydrogen atom with some of the transitions between them that give rise to the spectral lines indicated

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_a^2} - \frac{1}{n_b^2} \right) \text{ con } b \text{ ed } a \text{ interi e } b > a$$

- Modello di Bohr Dell'atomo di Idrogeno

Non descrive bene:

- *E' sostanzialmente un modello classico*
- *Non può essere generalizzato a sistemi a più elettroni*
- *Le assunzioni fatte sono arbitrarie (i.e. Orbite circolari)*
- *Non si possono calcolare rate di transizione*
- *E non descrive le strutture a multipletto delle transizioni ottiche osservate.*

Descrizione quantistica dell'atomo di Idrogeno, la nascita della meccanica quantistica

Ipotesi ondulatoria della materia:

- *Il crollo definitivo della formulazione di Bohr è determinato dal principio di indeterminazione di Heisenberg*

$$\Delta x \Delta p \approx \hbar$$

Se consideriamo un errore sulla misura della velocità del 2% otteniamo una incertezza sulla posizione di 50° (circa 200 volte il raggio atomico); i.e. L'elettrone è completamente delocalizzato

L'ipotesi di De Broglie (1924):

- *Così come le onde possono avere un comportamento particellare*
- *De Broglie ipotizza che anche la materia possa avere un comportamento ondulatorio:*
La frequenza di un'onda è associata alla sua energia mentre la lunghezza d'onda al momento

$$v = \frac{E}{h} \quad e \quad \lambda = \frac{h}{p}$$

- *Di conseguenza per una particella di massa m e velocità v $\lambda = \frac{h}{mv}$*

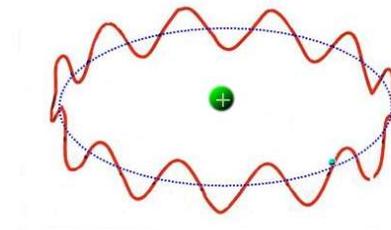
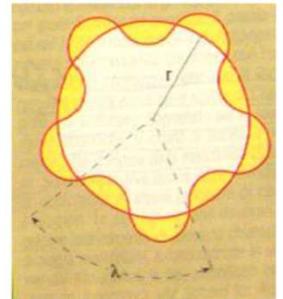
- *L'ipotesi di de Broglie dà una spiegazione qualitativa del postulato di Bohr:*

Perché l'onda associata al movimento di un e^- in orbita circolare attorno ad un nucleo la cond. di stazionarietà diventa:

$$n\lambda = 2\pi r$$

Che (sostituendo la cond. precedente) è esattamente la condizione di quantizzazione del momento angolare postulato da Bohr:

$$mvr = n\hbar$$



L'ipotesi di De Broglie guida Schroedinger (1926)

-formulazione della meccanica quantistica

-Introduce il concetto **la funzione d'onda** $\psi(r)$

-E scrive un'equazione che lega energia potenziale e cinetica all'energia del sistema in esame

$$H\psi(r) = E\psi(r)$$

-La l'ampiezza della funzione d'onda $\psi(r)$, ha il significato della densità di probabilità di trovare un elettrone in un punto dello spazio:

La probabilità di trovare un elettrone nel volume infinitesimo dr attorno ad r è data da $|\psi(r)|^2$ ed ha la proprietà di normalizzazione per cui

$$\int |\psi(r)|^2 dr = 1$$