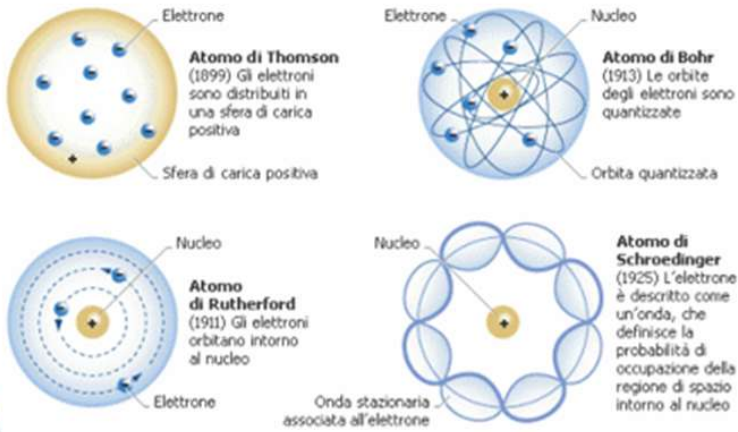


## I modelli atomici



## L'elettricità

- Nel 1752 Benjamin Franklin inventa come catturare l'elettricità dei fulmini
- Ma non si sa cosa sia l'elettricità né perché si produca luce quando nell'aria c'è una scarica elettrica



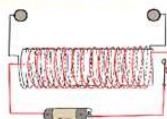
Franklin cattura energia elettrostatica con un aquilone, filo di seta e bottiglia di Leyda

## I tubi di Geissler 1855

- Un modo per capire poteva essere quello di **studiare l'elettricità nel vuoto**, per vedere come si presentava l'elettricità priva di contatti con la materia dell'aria.
- Nel 1851 Heinrich Daniel Ruhmkorff produce un trasformatore a induzione che permette di ottenere elevate tensioni.
- J. H. Geissler (1814-1876) nel 1857 realizza tubi di vetro a scarica elettrica con all'interno vari gas a pressione inferiore di quella atmosferica.
- Collegando gli elettrodi ai poli di un rocchetto di Ruhmkorff **il tubo di Geissler si illumina di luce il cui colore dipende dal gas contenuto.**

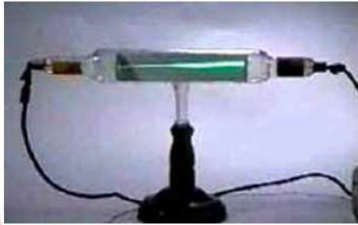


Rocchetto di Ruhmkorff



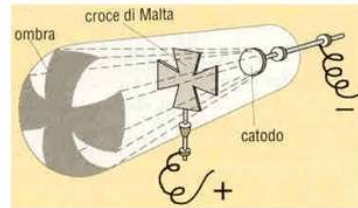
## I raggi catodici 1876

- Eugene Goldstein (1876): la fluorescenza verde che si osserva nel tubo con scarica elettrica a bassissima pressione è indipendente dalla natura del gas inizialmente presente nel tubo e dal tipo di metallo usato per il catodo: nascono **i raggi catodici**

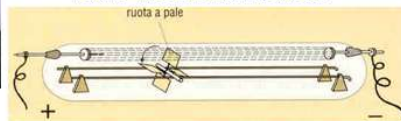


Tubo di Crookes

- William Crookes (1878): **i raggi catodici si muovono in linea retta**, infatti ... proiettano un'ombra



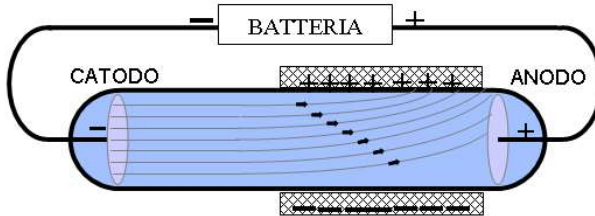
- ... sono **particelle materiali** perché fanno ruotare delle palette



## L'ESPERIENZA DI THOMSON (1897)

relazione sull'esperimento presentata nel 1899  
**"On the existence of smaller than atoms"**  
 premio nobel nel 1906

I raggi catodici sono cariche elettriche positive o negative? Che massa hanno?



I raggi catodici sono cariche elettriche negative

La carica specifica

$$\frac{e}{m} = 1,7 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$$

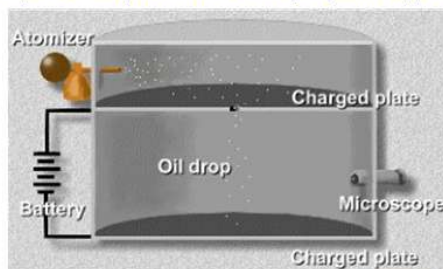
## Esperimento di Millikan 1909

l'elettrone ovvero il **quanto di elettricità**

$$q = ne \quad \text{con } n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$e = (1,60210 \pm 0,00007) \cdot 10^{-19} C$$

- Le gocce di olio sono elettrizzate da raggi X
- Si misura la velocità di caduta di una singola goccia
- Si misura il campo elettrico in grado di fermare la goccia
- Si ricava la carica elettrica della goccia e ...
- ... risulta sempre un multiplo intero di  $e$ , di segno positivo oppure negativo



## La massa dell'elettrone

- Combinando il risultato di Thomson e quello di Millikan si ottiene la massa dell'elettrone

$$\begin{cases} \frac{e}{m} = 1,7 \frac{C}{kg} \\ e = 1,6 \cdot 10^{-19} C \end{cases} \Rightarrow m = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} C}{1,7 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}} = 9,31 \cdot 10^{-31} kg$$

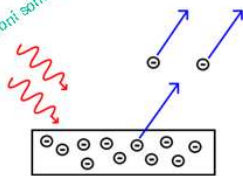
- ... ma questa massa è **1837** più piccola della massa dell'atomo più piccolo, cioè dell'atomo di idrogeno!



Gli elettroni sono in ogni materiale?  
Dove sono posti?  
Perché la materia è neutra?

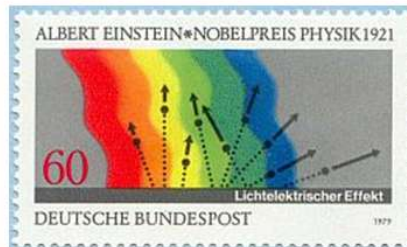
## L'effetto fotoelettrico

Gli elettroni sono in ogni materiale?



- Nel 1902 Lenard "scopre" che, in condizioni opportune, la luce che colpisce alcuni metalli provoca la liberazione di cariche elettriche negative: **lo zinco carico negativamente diventa neutro; lo zinco carico positivamente rimane positivo**

- Thomson dimostra che le particelle liberate sono **elettroni**
- Esaminando tanti metalli si ottiene la stessa cosa: **gli elettroni sono presenti in tutti i materiali**



Perché la materia è neutra?

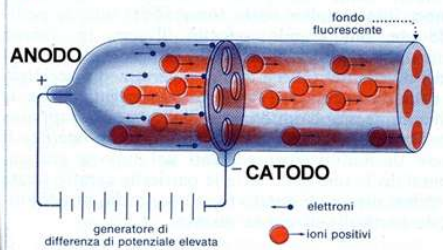
## I raggi canale o raggi positivi

- La materia, in condizioni normali, si presenta elettricamente neutra. Quindi deve contenere anche cariche positive.
- In un tubo a raggi catodici tali frammenti di materia positiva dovrebbero seguire un percorso in senso contrario a quello degli elettroni.
- Furono fatti dei fori nel catodo in modo che le particelle, provenienti dalla zona anodica, potessero attraversarlo.
- Eugen Goldstein (1850-1930) tra il 1876 e il 1886 osservò e studiò questi raggi positivi e gli assegnò il nome provvisorio di "raggi canale".



Tubo a raggi catodici con catodo bucato

## I raggi canale ovvero ioni positivi e protoni



Utilizzando un tubo catodico col catodo forato, Goldstein si accorge che attraverso i fori (o canali) transitano particelle che chiamerà **raggi canale**

- I raggi canale hanno carica positiva e massa con ordine di grandezza di quella degli atomi
- Il valore della massa e della carica elettrica variano al variare del tipo di gas inizialmente presente nel tubo
- Essi sono i nuclei degli atomi del gas cui i raggi catodici hanno strappato gli elettroni
- Se per riempire il tubo veniva impiegato l'**idrogeno**, la massa delle particelle positive risultava la più piccola di tutte. Questo fece pensare che lo **ione idrogeno** potesse essere una **particella fondamentale**.
- A questa particella fu assegnato pertanto il nome di **protone**, parola che in greco significa "**di primaria importanza**".

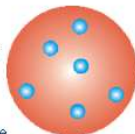
## IL MODELLO ATOMICO DI THOMSON (1898)

Dove sono gli elettroni nell'atomo?

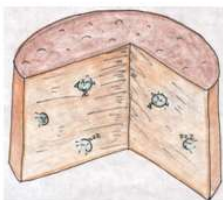


Joseph John Thomson (1856 - 1940)

- L'atomo è una minuscola sfera omogenea, dotata di carica positiva diffusa, entro cui sono incorporati gli elettroni in numero sufficiente da rendere nulla la carica totale
- È la prima struttura atomica che tiene conto della carica elettrica



- Tale modello è stato anche definito **plum pudding**: la massa della pasta rappresenterebbe la carica positiva diffusa, mentre gli elettroni corrisponderebbero all'uvetta.



Uno strumento per sondare l'atomo

## LA RADIOATTIVITÀ



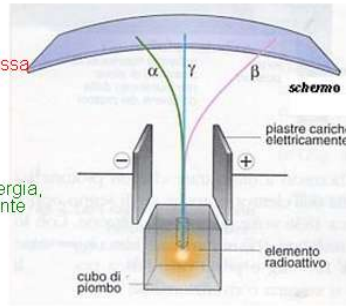
- **1896** - Il fisico francese **Henri Becquerel** scopre il fenomeno della **radioattività da sali di uranio** (scoperta assolutamente casuale). A Becquerel era stata regalata una "bella pietra" giallognola da un amico che aveva fatto un viaggio in Africa. Becquerel la ripose in un cassetto, sopra delle lastre fotografiche che conservava, ben protette dalla luce, per suoi esperimenti. Il mattino successivo Becquerel scoprì che quelle lastre erano impressionate e tutte riportavano il "disegno" della proiezione della pietra).
- **1898** - Una studentessa polacca, **Maria Skłodowska**, moglie del fisico francese **Pierre Curie**, studia la radioattività per la tesi e scopre altri elementi radioattivi: torio, polonio, **radio** (da quest'ultimo, che fornisce la maggiore attività, assegna il il nome radioattività al fenomeno), uranio.
- Nel **1903** a Becquerel e ai Curie venne assegnato il **premio Nobel** per la fisica "*in riconoscimento degli straordinari servizi che ha reso con la sua scoperta della radioattività spontanea*".

Uno strumento per sondare l'atomo

## LA RADIOATTIVITÀ

Il radio era in grado di emettere tre tipi di radiazioni:  
**i raggi alfa, beta e gamma.**

- **Particelle  $\alpha$ :** hanno due cariche positive e massa quattro volte quella dell'atomo di idrogeno (in sostanza esse sono nuclei di elio)
- **Elettroni  $\beta$ :** sono elettroni molto veloci
- **Raggi  $\gamma$ :** sono radiazioni dotate di grande energia, simili ai raggi X, prive di massa ed elettricamente neutre



Le nuove radiazioni scoperte si dimostrarono un metodo potentissimo per investigare la struttura dell'atomo.

Infatti le particelle alfa, data la grande energia di cui sono dotate, attraversano gli atomi che incontrano sul loro percorso.

Essendo cariche elettricamente esse permettono di studiare le caratteristiche del campo elettrico nell'interno degli atomi e di dedurre la distribuzione delle cariche elettriche interatomiche.

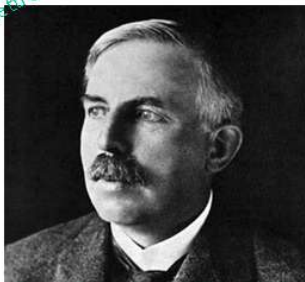
(13)

Pina Di Vito - Liceo Scientifico Leonardo da Vinci

La fisica del XX secolo

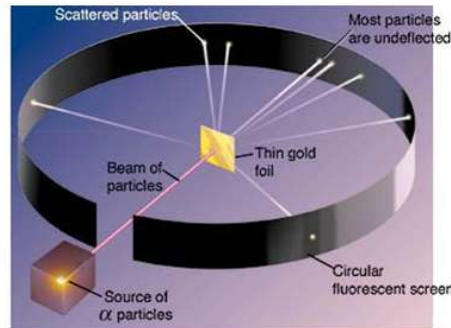
Dove sono gli elettroni nell'atomo?

## L'esperimento di Rutherford 1911



Ernest Rutherford (1871 - 1937)

- Esperimento eseguito da Geiger e Marsden e interpretato da Rutherford



- Si usano le particelle  $\alpha$  per bombardare delle sottilissime lamine di oro

(14)

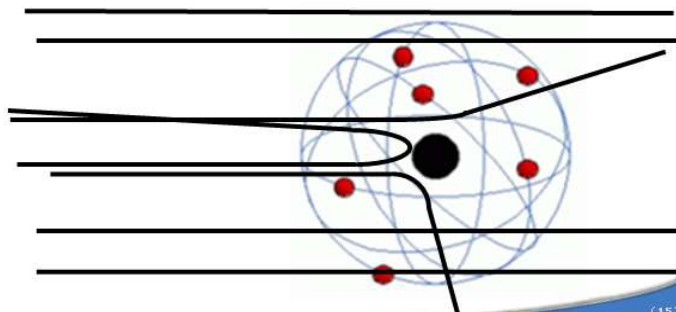
Pina Di Vito - Liceo Scientifico Leonardo da Vinci

La fisica del XX secolo

## Il modello di Rutherford il modello planetario

Così Rutherford commentò l'esperimento: **"Fu il fatto più incredibile che mi fosse capitato ... Era come se vi fosse capitato di sparare un proiettile da 15 pollici su un pezzo di carta velina e questo fosse tornato indietro a colpirvi"**

- Gli elettroni ruotano intorno al nucleo come i pianeti intorno al Sole
- La carica positiva e quasi tutta la massa sono racchiuse nel **nucleo** centrale
- Il nucleo è piccolissimo ( $10^{-16}m$ ) in confronto al resto dell'atomo ( $10^{-10}m$ )
- L'atomo è praticamente vuoto

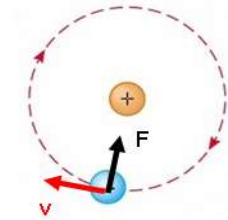


(15)

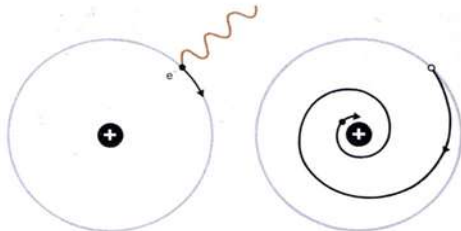
Pina Di Vito - Liceo Scientifico Leonardo da Vinci

La fisica del XX secolo

## I problemi del modello planetario



- Secondo Rutherford l'elettrone si muoverebbe sulla sua orbita in equilibrio tra la forza elettrica di attrazione del nucleo e la forza centrifuga derivante dalla sua velocità



onda elettromagnetica irraggiata

- Ma un atomo così non può essere stabile perché ...
- ... una particella elettrica accelerata o frenata perde energia sotto forma di **radiazioni elettromagnetiche**
- L'elettrone che perde energia si avvicina sempre di più al nucleo fino a caderci sopra
- Il modello di Rutherford non spiega la stabilità dell'atomo**

## Momento di panico ... totale

Il nostro gioco è finito. Gli attori, come dissi, erano spiriti, e scomparvero nell'aria leggera. Come l'opera effimera del mio miraggio, dilegneranno le torri che salgono su alle nubi, gli splendidi palazzi, i templi solenni, la terra immensa e quello che contiene; e come la labile finzione, lentamente ora svanita, non lasceranno orma. Noi siamo di natura uguale ai sogni.

SHAKESPEARE, *La tempesta*

Scritta da Shakespeare alla fine della sua carriera e della sua vita, *La Tempesta* affronta il tema dell'illusione e del sogno e racconta di come **l'uomo viva e agisca sotto l'influsso di due realtà parallele**: la vita reale e quella di un universo misterioso che a volte si dimostra più forte e concreto del reale.