

Studio delle scariche elettriche nei gas rarefatti



Le indagini sistematiche su questi fenomeni furono iniziate nel 1838 da Faraday: introdotti due elettrodi metallici alle estremità di un tubo di vetro evacuato e, dopo averli collegati ad un generatore, notò che attorno all'anodo si generava una luminescenza rosso purpurea (luce positiva), mentre attorno al catodo si aveva una luminosità azzurro violacea (luce negativa).

Le due zone luminose erano separate, in prossimità del catodo, da uno spazio scuro, di colore bluastro, che fu poi chiamato *spazio oscuro di Faraday*.

In questa fase, con pressioni superiori o uguali a 1 mmHg, la luminosità che si osserva attorno all'anodo è prodotta dalla ionizzazione del gas.

Gli ulteriori sviluppi di queste indagini furono compromessi dal fatto che, con gli strumenti del tempo, Faraday non era in grado di portare la pressione dell'aria residua al di sotto di 1 mm Hg a causa del fatto che la tecnologia della pompa da vuoto era insufficiente, la tenuta dei tubi di vetro a pressioni basse veniva a mancare e il generatore elettrostatico che costituiva la sorgente di potenziale era poco efficiente, ingombrante, complicato e costoso: esso era in definitiva costituito da molte pile collegate in serie tra loro allo scopo di ottenere una differenza di potenziale molto elevata.

In definitiva fu necessario un miglioramento tecnologico che richiese alcuni decenni e che possiamo riassumere in 3 punti:

1. le pompe da vuoto erano poco efficienti e non consentivano il raggiungimento di vuoti molto spinti;
2. l'alimentazione elettrica era costituita da centinaia di pile di Volta collegate in serie, a formare un generatore elettrico ingombrante, poco efficiente e soggetto facilmente a guasti;
3. la tecnologia dell'epoca non consentiva di realizzare tubi di vetro a tenuta perfetta per cui abbassando la pressione interna del tubo, l'aria esterna finiva per entrare attraverso microfessure impossibili da eliminare.

I progressi nello studio delle scariche elettriche nei gas furono possibili gradualmente e grazie principalmente a due importanti contributi:

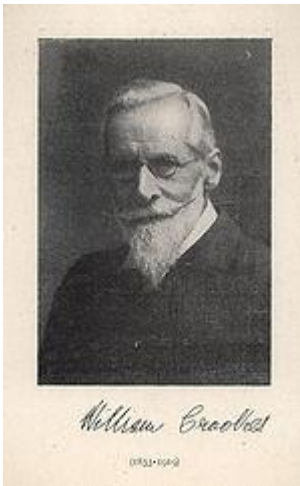
a) All'inizio degli anni '50 (dell'ottocento!), **Heinrich Daniel Ruhmkorff** (1803-1877) costruì il **rocchetto di induzione**, chiamato da allora **Rocchetto di Ruhmkorff** (raffigurato qui a lato e sotto) che costituiva una sorgente molto più economica ed efficiente, sia dei generatori elettrostatici, che di batterie di migliaia di pile voltaiche messe in serie. Generando tensioni elettriche di molte migliaia di volts, si rivelò ideale per lo studio della conduzione della corrente nei gas rarefatti



b) Nel 1855, un abile vetraio di Bonn, **Johann Wilhelm Heinrich Geissler** (1815-1879), costruì la prima **pompa da vuoto a mercurio**: usando una colonna di mercurio come pistone e *migliorando la tenuta del sistema*, specie in corrispondenza dei punti nei quali i fili di platino erano saldati nel tubo di vetro, riuscì a **ridurre notevolmente la pressione residua all'interno dei tubi**.

Geissler introdusse vari tipi di gas nei tubi così evacuati, studiandone il comportamento sotto l'azione delle scariche elettriche ad elevate tensioni così trovò che il colore della luminescenza variava al variare del gas: rosa in aria, azzurro in idrogeno, bianco in anidride carbonica.

Un contributo determinante, sia dal punto di vista sperimentale che teorico, lo diede **William Crookes** (1832-1919), un autodidatta, diventato poi professore di Fisica, la cui attività scientifica abbracciò sia la Chimica (scoprì il tallio e studiò le terre rare), che la Fisica (indagò le proprietà dei gas rarefatti). Eseguì diversi esperimenti con i tubi di Geissler, variandone la forma ed aumentandone il grado di vuoto, fino a raggiungere pressioni inferiori a 10^{-6} atmosfere. Quando riuscì a realizzare pressioni inferiori a 10^{-5} atm, si accorse che, lo spazio oscuro, **la luminosità bluastro**, si era espanso tanto da occupare l'intero tubo.



Quindi William Crookes, intorno al 1879, iniziò una serie di ricerche sulla conduzione dell'elettricità nei gas a bassissima pressione e notò che per pressioni molto basse, minori di 10^{-5} atm, il catodo emetteva un fascio luminoso continuo che si estendeva dal catodo all'anodo.

La luminosità fu subito attribuita ai Raggi catodici (emessi cioè dal catodo) perché partiva chiaramente dal catodo e all'aumentare del grado di vuoto si estendeva fino all'anodo. Non era affatto chiara però la natura di questi Raggi catodici.

Fu J. J. Thomson che, conducendo ricerche più approfondite, riuscì a capirne a fondo la costituzione, arrivando a conclusioni ben più importanti di quanto sperabile inizialmente.

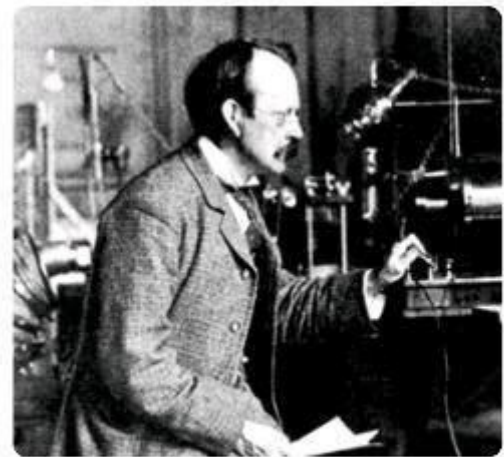
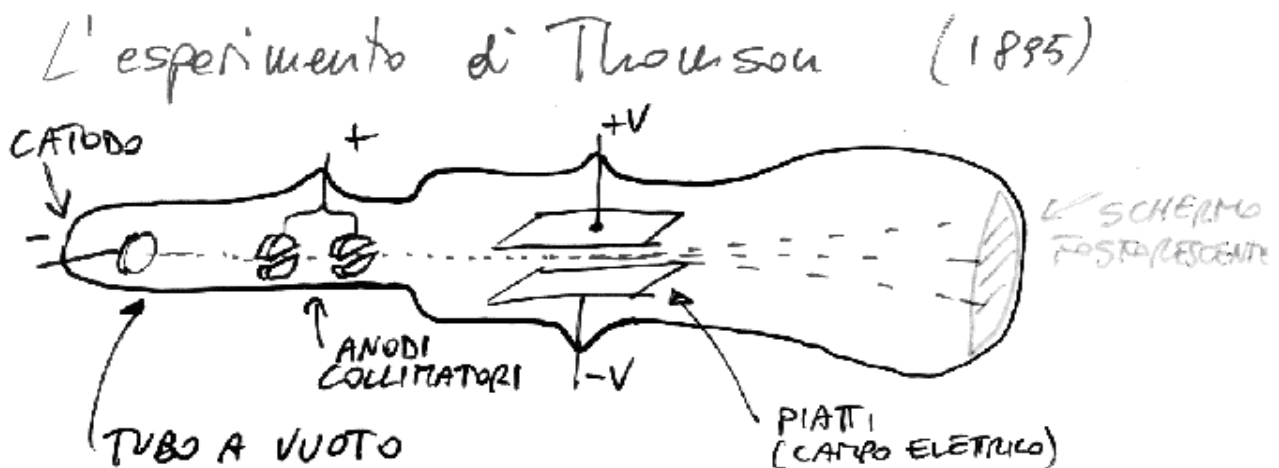


Figura 1
Joseph John Thomson (1856 - 1940) scoprì che gli atomi non sono indivisibili



Le ricerche di Thomson sui raggi catodici portarono alla conclusione che la carica elettrica negativa è trasportata da particelle elementari chiamate elettroni, e con l'americano Millikan si determinò che la massa dell' elettrone era 1/1840 di quella di un atomo di idrogeno.

Gli interrogativi sui Raggi Catodici si riferivano proprio alla loro natura:

erano radiazione elettromagnetica pura, come la luce solare, o erano flussi di particelle?

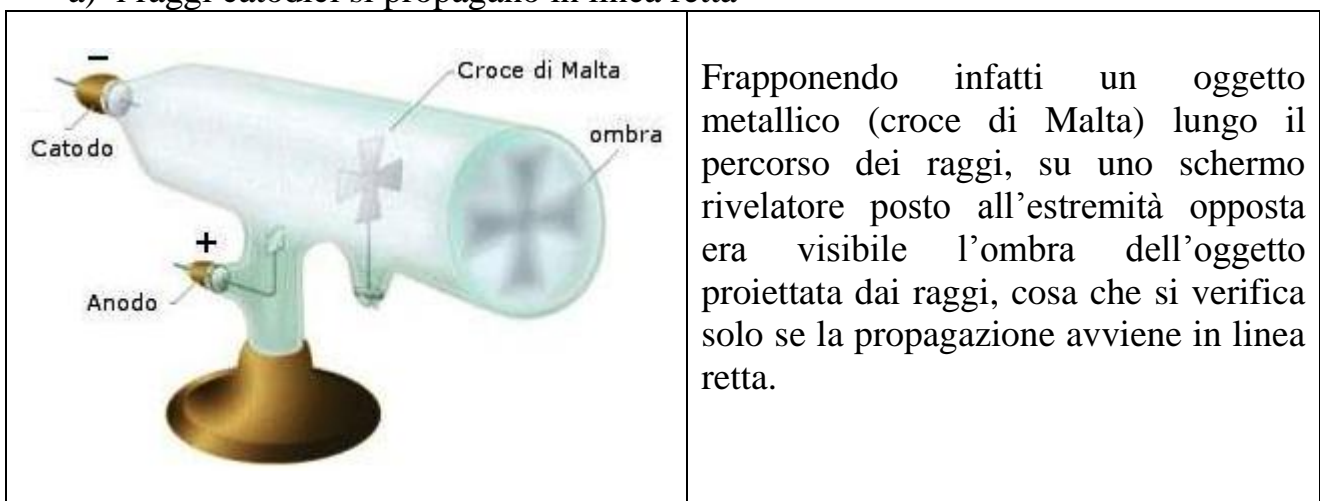
Le ricerche di Thomson chiarirono in modo inequivocabile che i Raggi catodici erano flussi di particelle negative che, partendo dal catodo arrivavano all'anodo, se c'era sufficiente vuoto, e che la luminosità era prodotta da urti con gli atomi di gas contenuto nel tubo: la luminosità lungo il tubo spariva infatti se il vuoto era molto spinto (perché non c'erano più atomi di gas colpiti dai raggi a causa della rarefazione gassosa e quindi gli urti erano pochi) e cambiava colore (la luminosità) se veniva cambiato il tipo di gas rarefatto presente nel tubo.

C'era inoltre un altro interrogativo riguardante la loro natura: se erano particelle, erano atomi carichi elettricamente (negativi) che partivano a tutta velocità verso l'anodo o dovevano considerarsi nuovo tipo di particelle ancora ignote?

Con un altro esperimento sulla deflessione del fascio catodico prodotto da un secondo campo elettrico trasversale, Thomson dimostrò che non erano atomi (o molecole) elettrizzati, dal momento che, a parità di campo elettrico (vtaggio) applicato, mantenendo uguale la distanza tra gli elettrodi nel tubo e a parità di pressione interna, la deflessione era sempre la stessa anche variando il tipo di gas (gas più pesanti o più leggeri) e questo significava che le particelle responsabili erano sempre le stesse.

Thomson poté dimostrare tra l'altro che

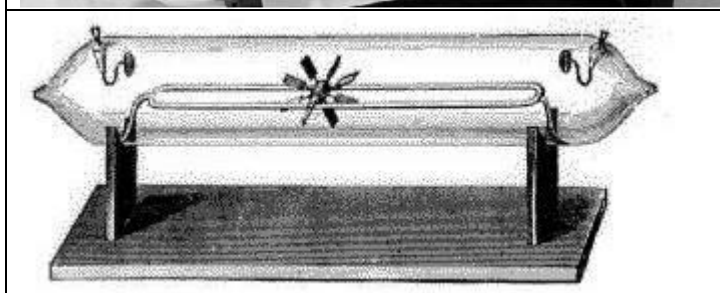
a) i raggi catodici si propagano in linea retta



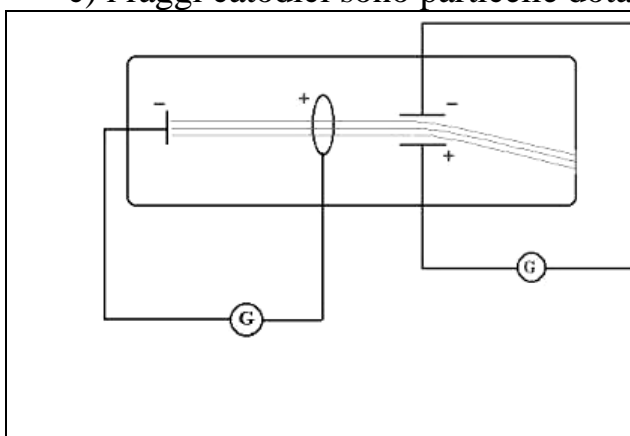
i raggi catodici sono dotati di massa e quindi sono particelle



Ponendo a metà strada tra catodo e anodo un mulinello a pale metalliche sottili, si osserva che le pale del mulinello ruotano a testimoniare il fatto che i raggi sono particelle dotate di massa e quindi in grado di trasmettere energia meccanica alle pale (facendole ruotare).



c) i raggi catodici sono particelle dotate di elettricità negativa



Infatti i Raggi vengono deflessi verso il polo elettrico positivo di un campo elettrico trasversale applicato. Una cosa analoga succede se si usa un campo magnetico, avvicinando il polo Nord o il polo Sud di una calamita: il raggio subisce una deflessione.

In seguito a queste esperienze memorabili, Thomson giunse alla conclusione che esisteva una particella di carica negativa, 1840 volte più leggera di un atomo di idrogeno che egli chiamò **corpuscolo di elettricità negativa** e in seguito fu chiamato **elettrone** cioè portatore di carica negativa.

Era chiaro che gli elettroni che costituivano i Raggi catodici dovevano venir fuori dagli atomi e questo però significava che la teoria di Dalton che considerava l'atomo come la più piccola ed indivisibile particella di materia era semplicemente errata.

"Aspetto della scarica"

(Lezioni di Fisica Sperimentale tenute da Augusto Righi all'Università di Bologna nel 1917)



"Nell'aria a pressione ordinaria la scarica ha di solito l'aspetto di scintilla. Si manifesta con una luminosità bianca vivissima e con uno scoppio prodotto dall'aria improvvisamente e violentemente spostata. Diminuendo la pressione, la scintilla diviene rosea, aumenta di estensione e assume contorni sfumati, tanto che a una rarefazione sufficiente occupa intieramente il tubo entro il quale l'aria viene rarefatta. Continuando la rarefazione, presso l'elettrodo negativo (o catodo) la luce diviene azzurro violacea (luce negativa o bagliore), e tra la luce azzurrognola e la luce rosea (che ora si dice colonna positiva) si forma uno spazio di luminosità assai scarsa che prende il nome di spazio oscuro di Faraday. Rarefacendo ancora, la colonna positiva si

accorcia, il bagliore si amplifica, e lo spazio oscuro cresce anch'esso; inoltre la luce negativa si differenzia in un piccolo strato aderente al catodo, di colore giallo-oro, e in una parte più lontana che ha ancora l'aspetto del primitivo bagliore; tra le due parti è una regione oscura detta spazio oscuro di Crookes. Vedremo più innanzi che le regioni di diverso aspetto sono sedi di fenomeni differenti. Ciò che si è detto per l'aria vale anche per l'azoto. Ogni altro gas deve invece essere studiato a parte, per quanto si riferisce ai colori delle diverse regioni, e anche per certe particolarità dell'aspetto della scintilla; per es. nell'anidride carbonica la colonna positiva è azzurro-verdastra e costituita da piccoli tratti luminosi separati da piccole regioni oscure (scarica stratificata)"