

Atomo e radioattività

Questioni di storia del pensiero scientifico

Docente Flavia Marcacci

Bibliografia

- E. Bellone, *Caos e armonia*, UTET, Torino 2004.
- P. A. Giustini, *I trent'anni che rivoluzionarono la fisica (1900-1930)*, Elia, Roma 1975.
- J. Gribbin, *L'avventura della scienza moderna*, Longanesi, Milano 2004.

XVIII secolo: lampi nel vuoto

In questi dispositivi già si poteva notare che cambiando la pressione del gas contenuto nel tubo, cambiava il colore della scintilla emessa.



Vipera lucida, non firmata, 4/4 XVIII secolo
Tubo di vetro in cui è stata rarefatta l'aria, munito di un elettrodo. Collegando lo strumento ad una macchina elettrostatica, si vedeva l'interno del tubo diventare luminoso per i caratteristici bagliori dovuti alle scariche elettriche in aria rarefatta.

Uovo elettrico, non firmato, 3/4 XIX secolo
L'uovo elettrico, o "uovo filosofico", diventò nell'Ottocento lo strumento classico per dimostrare gli effetti luminosi delle scariche elettriche nell'aria o in altri gas a pressioni ridotte.



Il tubo a vuoto di Faraday

- Intorno al 1840 Faraday inizia a studiare il comportamento dell'elettricità in assenza di aria. Cerca di creare un dispositivo sotto vuoto: un recipiente di vetro contenente un elettrodo, chiuso da un tappo di sughero in cui era conficcato uno spillo metallico (l'altro elettrodo). La pressione interna veniva mantenuta bassa aspirando aria mediante una sorta di pompa per biciclette. Ovviamente, la riuscita non era delle migliori...

Il tubo a vuoto di Geissler

- A metà del secolo Geissler inventa una nuova pompa da vuoto: tutti i rubinetti e le connessioni coinvolti nell'operazione di svuotamento d'aria erano ben sigillate. Soprattutto, però, aveva ideato un sistema ottimo per creare un vuoto spinto, basato sullo sfruttamento della pressione esercitata dal mercurio contenuto in un bulbo esterno al tubo di vetro.
- Dopo ciò, Geissler riuscì a collocare internamente al tubo due elettrodi. Otteneva così un vuoto permanente. Era stato inventato il **tubo a vuoto**.

Eugen Goldstein (1850-1930)

- Già un fisico tedesco, Plücker, aveva approfondito la natura del bagliore luminescente producentesi nei tubi a vuoto e un suo studente, Hittorf, notò che questi raggi erano rettilinei.
- Goldstein chiamò questi raggi **catodici**, perchè fuoriuscenti dal catodo (elettrodo negativo). Si vide che questi raggi proiettavano ombre, venivano deviati da campi magnetici e con ciò ritenne che fossero simili alla luce in ottica corpuscolare.
- 1871, Goldstein scopre altri raggi, stavolta uscenti dall'anodo (elettrodo positivo)*.
- Varley e poi Crookes interpretano questi raggi come composti di particelle di materia espulse mediante l'elettricità.

*Si trattava di raggi ionizzati (cioè fatti da atomi privati dell'elettrone).

Il tubo di Crookes (1832-1919)

- Crookes ideò un tubo a vuoto migliore di quelli allora in circolazione.
- Mettendo una piccolissima ruota a pale nel suo tubo a vuoto, dimostrò che i raggi causati dalla scarica elettrica provocavano movimento.
- Interpretò i raggi come fasci di corpuscoli
- Nel frattempo, però, Hertz in Germania dimostrava che un campo elettrico non aveva effetto su quei raggi*. Sostenne l'interpretazione ondulatoria, che si affermò in Europa.

*In realtà i suoi tubi contenevano troppo gas residuo, che interferiva con l'esperimento.

Velocità e carica dei raggi catodici

- 1894, J. J. Thomson dimostra che i raggi catodici sono più lenti dei raggi di luce, e dunque, per le equazioni di Maxwell, anche della radiazione elettromagnetica.
- 1895, Perrin mostra che la deviazione dei raggi catodici nei pressi di un campo magnetico avviene proprio come se la carica di questi raggi fosse negativa → natura corpuscolare dei raggi catodici.

Ma perché questi raggi ionizzavano i gas (cioè ne “cambiavano” la carica)? Come erano fatti i corpuscoli che li componevano?

- 1897, J. J. Thomson in Inghilterra e Kaufmann in Germania, contemporaneamente, studiano l'emissione dei raggi catodici facendo variare la pressione residua nel tubo e il tipo di gas. Entrambi trovarono che il rapporto e/m tra carica e massa delle particella emesse era invariante.

30 aprile 1897, al Royal institute Thomson si pronuncia: «L'ipotesi di uno stato della materia più finemente suddiviso è alquanto sorprendente»

I raggi X

- 1894, il fisico Lenard mostra che i raggi catodici possono attraversare una lamina di metallo senza lasciare alcuna traccia o foro. Ne deduceva che questi raggi fossero onde.
- Dopo di ciò, il fisico Röntgen si mise a lavorare con tubi a vuoto ricoperti internamente da un cartoncino nero, nella speranza di rivelare il passaggio di una qualche porzione di raggi catodici attraverso il vetro. Casualmente pose a fianco ed esternamente del tubo con cui lavorava uno schermo del tipo di quelli usati per rilevare i raggi catodici.

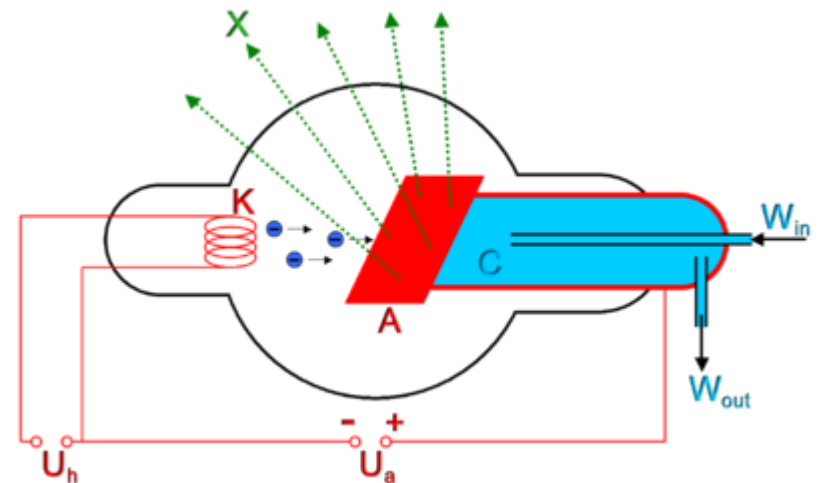


Immagine da http://it.wikipedia.org/wiki/Raggi_X

- Con suo stupore notò che lo schermo diveniva fluorescente.
- 1896 rese pubblici questi risultati: questi nuovi raggi vennero dapprima chiamati raggi di Rontgen, ma lo scienziato li chiamò **raggi X** proprio perchè non sapeva di che natura fossero.

Cosa si sapeva dei raggi X

- Venivano generati da raggi catodici che battevano contro le pareti di vetro di un tubo a vuoto
- Si muovevano in linea retta, come la luce
- Potevano impressionare materiale fotografico*
- Non venivano deflessi da campi elettrici e magnetici
- Non erano soggetti a rifrazione e riflessione
- Per anni non si capì se fossero onde o particelle
- Furono subito usati in ambito medico (pur spesso con gravi effetti)
- Furono usati per ionizzare gas
- Dopo il 1910 si capì che i raggi X erano una radiazione elettromagnetica con una lunghezza d'onda inferiore a quella della luce visibile e che possono riflettersi e rifrangere su bersagli appropriati.



Foto a raggi X eseguita da Rontgen alla mano della moglie

Ma soprattutto portarono alla scoperta di qualcos'altro...

* La prima immagine fotografica è del 1816 e si deve al francese Niepce

Oggetti fosforescenti

- 1896, Becquerell, fisico del Museo di storia naturale francese, ragionando sulla luminescenza prodotta dai raggi catodici sul vetro del tubo a vuoto, pensò che i raggi X potessero essere prodotti dagli oggetti fosforescenti.
- Di questi oggetti non si sapeva perché divenissero fosforescenti restando esposti al sole.
- Becquerell lavorò con lastre fotografiche rivestite di cartone nero, certo che non subissero esposizione. Vi poneva poi sopra materiali fosforescenti. Liberando poi le lastre, trovava che alcuni di questi materiali lasciavano davvero tracce.
- Becquerell si organizza con un ulteriore esperimento. Mette tra le due lastre fotografiche avvolte nella carta una croce di rame e alcuni sali fosforescenti (solfato di uranio). Voleva aspettare di esporre il tutto al sole, ma il sole non uscì per alcuni giorni e decise di liberare le lastre. Trovò che pur non essendo stati “caricati” dalla luce solare, quei sali avevano comunque inciso l’immagine della croce!

Potevano i Sali produrre energia dal nulla?

La radioattività

- Becquerell scoprì che la “sua” radiazione non veniva deviata da un campo magnetico: quindi non erano Raggi X.
- Marie Curie (1867-1934) denomina i materiali capaci a produrre i raggi di Becquerel materiali **radioattivi** (= capaci a produrre radiazioni).
- 1898, Marie Curie, studiando i raggi uranici, si rese conto che la **pechblenda** (il materiale da cui si estrae l'uranio) emetteva maggiori radiazioni dell'uranio. Doveva dunque contenere un materiale più radioattivo dell'uranio.
- Suo marito Pierre (1859-1906) si unisce a lei nella ricerca di questo materiale. Insieme isolarono nella pechblenda due elementi: il **polonio** e il **radio**.
- Pierre calcola che un grammo di radio riusciva a scaldare 1,3 gr ca. di ghiaccio fino all'ebollizione in un'ora!

Senza nulla che gli dovesse fornire energia, il radio produceva energia!

- Certe sostanze radioattive emettono una specie di “raggi catodici”.
- Era necessario approfondire le conoscenze intorno all’atomo e alle interazioni molecolari.

1897: la scoperta dell'elettrone

- La vera scoperta potrebbe dirsi del 1899, quando Thomson riesce a misurare direttamente la carica elettrica, lavorando su goccioline d'acqua caricate elettricamente e tenute sotto controllo mediante campi elettrici.
- Così risalì al valore della massa (e/m): la massa delle particelle costituenti i raggi catodici è pari a un duemillesimo della massa di un atomo di idrogeno.

Ernest Rutherford

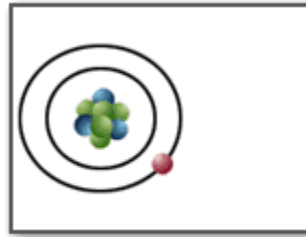
- 1896, collabora con J. J. Thomson.
- Studia la radiazione di Becquerell e trova che essa è composta da due tipi di radiazione: **alfa**, con breve raggio d'azione, e **beta**, con raggio d'azione e capacità di penetrazione molto superiore. Più tardi scoprirà anche un terzo tipo di radiazione: i raggi **gamma**, con lunghezza d'onda ancora più breve dei raggi X e ad energia molto elevata (cf. Bellone 2004, 289-300).
- Insieme a Soddy rileva che quando un atomo emette raggi alfa o beta si modifica in un altro atomo.
- **Allora la radioattività non contrastava il principio di conservazione dell'energia: l'energia liberata era pagata al prezzo del decadimento di atomi.**
- Da ciò due deduzioni: il radio presente sul pianeta Terra non può esserci da quando il pianeta si formò, avendo un tempo di "vita" limitato (→ studi di Boltwood e Holmes sulle ere della Terra); la scorta di energia del radio non è inesauribile come dapprima sembrava.

Si poteva dunque dire che...

- La radioattività era una proprietà atomica
- La radioattività svelava che gli edifici atomici di alcune sostanze non erano stabili nel tempo
- La radioattività diveniva il mezzo adatto per ottenere informazioni sui processi subatomici

Modelli atomici

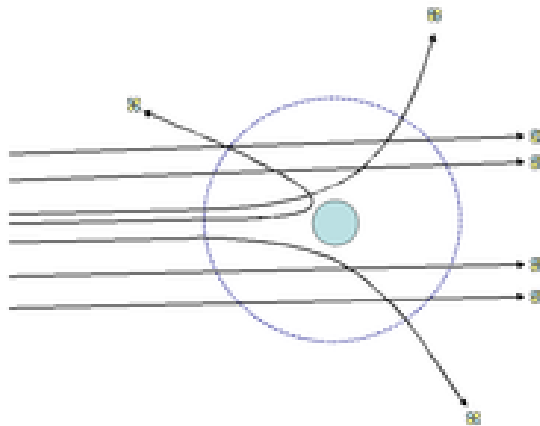
- **Perrin:** nell'atomo sono presenti più nuclei attorno ai quali ruotano gli elettroni, come in un sistema solare.
- Si sapeva però che durante fenomeni di radiazione naturale gli elettroni in moto perdevano energia. Come evitare, allora, che gli elettroni precipitassero rapidamente sul nucleo durante l'irraggiamento?



- **J. J. Thomson:** la carica positiva è distribuita uniformemente all'interno dell'atomo. Gli elettroni si muovevano su anelli ben distribuiti tali che la carica negativa bilanciava quella positiva: così si evitava il collasso atomico. Questo spiega anche il fatto che l'atomo è di carica nulla (è neutro)
- Thomson andò a calcolare le condizioni di equilibrio degli anelli elettronici notando straordinarie regolarità.
- Se un fascio di raggi alfa attraversava un gas, la ionizzazione si spiegava così: raggi incidenti e gas-bersaglio erano considerabili come nidi di elettroni. Al passare delle particelle alfa, le molecole del gas colpite perdevano elettroni, mentre le particelle alfa proseguivano pressoché indisturbate nel loro percorso.

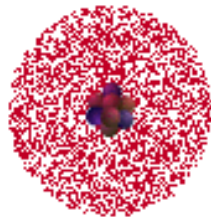
Modelli di atomo

Supponendo valido il modello di Thomson, Rutherford e i suoi collaboratori iniziarono a studiare a fondo la deviazione (scattering) delle particelle alfa contro sottili lamine d'oro. Il comportamento che ne risultava contrastava il modello di Thomson, perché non tutti i raggi alfa passavano indisturbati. Le cariche elettriche positive e negative interne all'atomo dovevano avere una distribuzione meno ovvia.



http://it.wikipedia.org/wiki/Atomo#cite_ref-0

- Dopo molti esperimenti Rutherford capì che la gran parte della massa carica positivamente doveva essere concentrata al centro dell'atomo (nel 1912 lo chiamò **nucleo**). Attorno a questo centro doveva muoversi una nuvola di elettroni.



In sintesi

- Scoperta dei raggi X
- Scoperta della radioattività
- Identificazione dell'elettrone

**...verso la scoperta
di un mondo subatomico**