

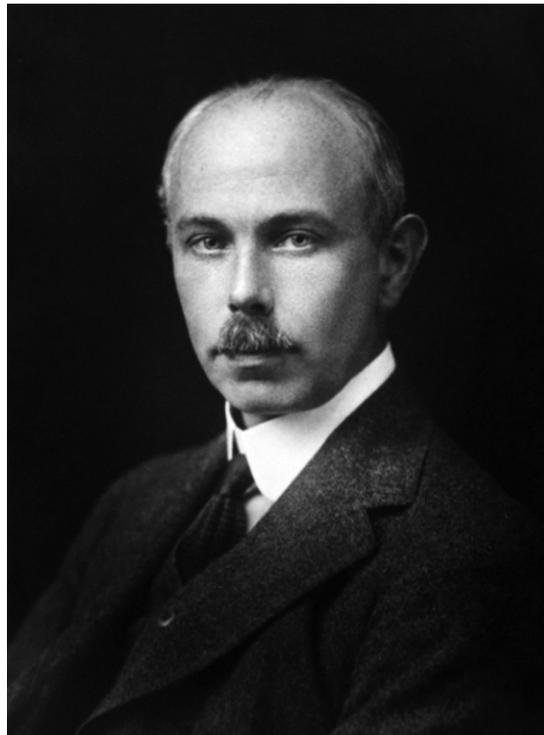
Adriano Dario e Niccolò Luoni

Classe V G

Esperienza di Aston sulla scoperta degli isotopi

Accenni biografici:

Francis William Aston è stato un fisico britannico nato a Birmingham il 1° settembre 1877 e morto a Cambridge il 20 novembre 1945 all'età di 68 anni. Nel 1903 ottenne una borsa di studio all'Università di Birmingham, dove cominciò i suoi studi sugli elettroni e scoprì il fenomeno ora noto come "spazio oscuro di Aston". Nel 1909 si trasferì al Cavendish Laboratory di Cambridge e lavorò sugli isotopi del neon. Nel 1919 applicò il metodo dell'*electromagnetic focusing* (focalizzazione elettromagnetica) allo spettrometro di massa, migliorandolo, cosa che rapidamente lo portò ad identificare 212 isotopi naturali su 287 esistenti. Vinse nel 1922 il **premio Nobel per la chimica** "per la sua scoperta, grazie all'utilizzo del suo spettrografo di massa, di isotopi di molti elementi non radioattivi e per la sua enunciazione della teoria del numero intero".



Francis William Aston

Premessa teorica:

Isotopo: (pref. iso- e gr. topos, posto). Termine con cui vengono designati elementi chimici di diverso numero di massa, ma di uguale numero atomico: presentano quindi proprietà chimiche pressochè identiche e occupano la stessa posizione nella tavola periodica degli elementi.

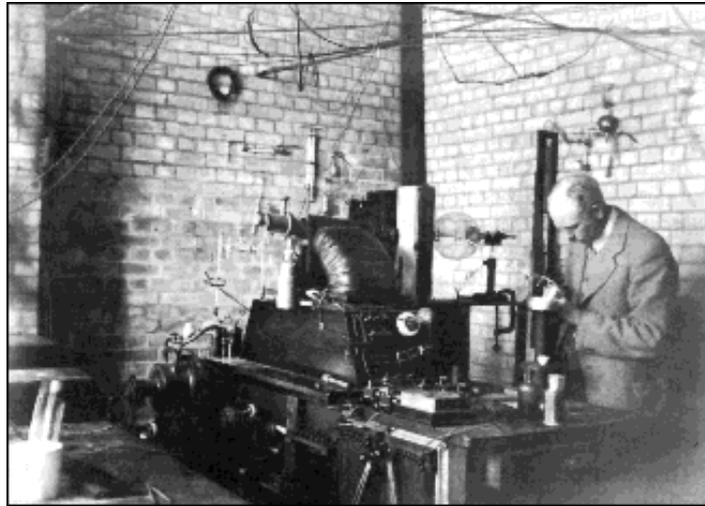
Spettrografo di massa: Lo spettrografo di massa è stato uno strumento di misura costruito nel 1912 da *Joseph Thomson* e *Francis Aston*. L'apparecchio si basava sulla deviazione subita da un fascio di ioni in campi elettrici e magnetici. Gli ioni descrivevano parabole le cui traiettorie derivano dal loro rapporto massa/carica e impattavano su una lastra fotografica, impressionandola. Conoscendo la posizione degli ioni sulla lastra e le loro relative cariche, era possibile sapere la loro massa.



spettrografo di massa

Spettrometro di massa: lo spettrometro di massa è uno strumento che serve a misurare la massa di ioni costruito da *Francis Aston*. Esso separa gli ioni aventi la stessa carica e massa diversa, o più in generale aventi rapporto di massa su carica diverso. Gli ioni prodotti da una sorgente passano attraverso una coppia di fenditure strette che ne definiscono la traiettoria e tra le quali è applicata una differenza di potenziale. All'uscita dalla seconda fenditura tutti gli ioni, a parità di carica, indipendentemente dalla loro massa possiedono energia cinetica. Si ottiene così un fascio di ioni isoenergetici sottile e collimato che entra in una regione in cui agisce soltanto un campo magnetico uniforme. Essi sono in questo modo sottoposti ad una forza, detta *forza di Lorentz*. Poiché il campo elettrico è nullo, la forza è dovuta al solo *campo magnetico*. Il raggio di curvatura della traiettoria, che si ricava eguagliando la forza di Lorentz alla forza centripeta. Poiché la massa, il campo e la carica sono costanti, e la velocità non cambia in modulo essendo la forza esclusivamente centripeta, anche il raggio di curvatura è costante, dunque la traiettoria descritta dalla particella è un arco di circonferenza. A parità di energia cinetica e di carica, a masse diverse corrispondono velocità diverse, e quindi raggi diversi. Il rapporto massa carica risulta quindi

determinato per i vari tipi di ioni dalla misura di r , noti il campo magnetico e la differenza di potenziale acceleratrice. Il rivelatore di posizione può essere, ad esempio, una *lastra fotografica*.



Aston con il suo spettrometro di massa

Campo magnetico: il campo magnetico è un campo vettoriale solenoidale generato nello spazio dal moto di una carica elettrica o da un campo elettrico variabile nel tempo. La scoperta della produzione di campi magnetici da parte di conduttori percorsi da corrente elettrica si deve a *Ørsted* nel 1820: sperimentalmente si verifica che la direzione del campo è la direzione indicata dalla posizione d'equilibrio dell'ago di una bussola immersa nel campo; lo strumento per la misura del campo magnetico è il magnetometro. Nel Sistema internazionale si misura in Ampere su metro.

Campo elettrico: il campo elettrico è un campo di forze generato nello spazio dalla presenza di carica elettrica o di un campo magnetico variabile nel tempo. Introdotto da *Michael Faraday*, il campo elettrico si propaga alla velocità della luce ed esercita una forza su ogni oggetto elettricamente carico. Nel sistema internazionale di unità di misura si misura in newton su coulomb o in volt su metro.

Campo elettromagnetico: campo elettromagnetico è un campo tensoriale responsabile dell'interazione elettromagnetica, una delle quattro interazioni fondamentali. È costituito dalla combinazione del campo elettrico e del campo magnetico, è generato localmente da qualunque distribuzione di carica elettrica variabile nel tempo e si propaga sotto forma di onde elettromagnetiche.

Forza di Lorentz: la forza di Lorentz, il cui nome è dovuto al fisico olandese Hendrik Lorentz, è la forza che si sviluppa tra un oggetto elettricamente carico ed il campo elettromagnetico.

Esperienze precedenti a quella di Aston:

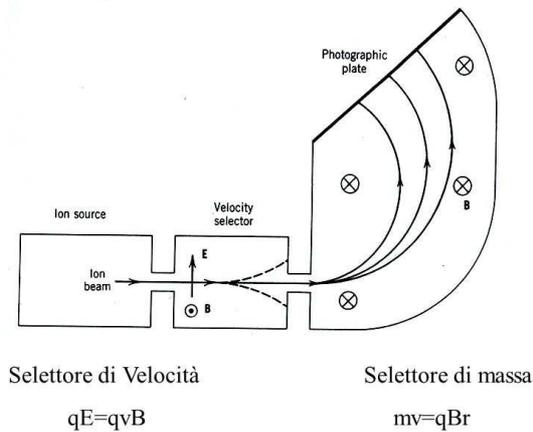
Il fisico **J. Thomson** nel 1912 si occupò per primo dell'identificazione degli isotopi naturali dopo che la loro esistenza era stata provata per gli elementi radioattivi. Egli allestì esperienze di deflessione di raggi, costituiti da ioni positivi degli elementi naturali, in un opportuno campo di forze realizzato dall'accoppiamento di un campo elettrico e di un campo magnetico con linee di forza parallele fra loro. Nell'apparecchio di Thomson i diversi isotopi danno luogo alla formazione di varie tracce a forma di parabola su uno schermo fluorescente o su una lastra fotografica opportunamente disposta. Con i suoi primi apparecchi Thomson distingueva fra loro parabole corrispondenti a differenze in massa del 10% della massa stessa. Il primo elemento naturale non radioattivo per cui furono trovati isotopi fu il **neon** nel 1912. Thomson, analizzando le parabole formatesi usando il neon come sorgente di ioni positivi, trovò due tracce, l'una intensa nella posizione corrispondente al peso atomico 20, l'altra meno intensa localizzata in corrispondenza al peso atomico 22. La loro collocazione veniva individuata per confronto con le posizioni di riferimento di parabole dovute a ioni di peso atomico noto. Poiché non era conosciuto alcun elemento di peso atomico 22, Thomson concluse che i fatti sperimentali suggerivano che il neon esiste in due forme non distinguibili chimicamente ma di diverso peso atomico e calcolò le percentuali dell'una e dell'altra in modo da giustificare il peso atomico "chimico" pari a 20,20.

Esperienza di Aston:

Aston riprese ed estese il lavoro di Thomson sviluppando un nuovo tipo di apparecchiatura che egli chiamò **spettrografo di massa**. Il metodo delle parabole di Thomson per l'analisi dei raggi positivi era adatto a fornire informazioni più qualitative che quantitative sulla massa degli isotopi e sulle loro abbondanze. Lo studio quantitativo della costituzione degli elementi richiede la determinazione della massa isotopica con una precisione almeno dell'uno per cento. Il metodo di Aston consente di ottenere una maggiore dispersione rispetto a quello di Thomson, cioè una maggiore separazione di ioni di masse diverse; inoltre con il metodo di Aston tutti gli ioni di una data massa vengono *concentrati in uno stesso fuoco*, a forma di riga, invece che distribuiti su una parabola. Per questa via si ottennero grande *sensibilità* e *precisione* e poiché si finiva per analizzare una serie di linee, cogliendo un'analogia con gli spettri ottici, fu deciso di chiamare spettro di massa questa serie di linee e spettrografo di massa lo strumento che le forniva. Col suo secondo strumento, Aston, portando opportune modifiche, poté determinare le masse isotopiche con la precisione dell'uno per mille. Per determinare le abbondanze relative degli isotopi, Aston mise a punto un altro strumento, che chiamò **spettrometro di massa**. In esso il fascio di ioni è soggetto a misurazione elettrica, cioè viene misurata l'intensità di corrente raccolta in corrispondenza a ciascun fascio di isotopi che viaggia nella camera a vuoto dello strumento. I vari isotopi sono selezionati, accelerati e convogliati da un opportuno campo elettromagnetico. L'intensità di corrente misurata è proporzionale al numero di ioni positivi raccolti per unità di tempo e, poiché, per ogni potenziale elettrostatico acceleratore degli ioni, vengono raccolte

particelle di un solo definito valore di massa, l'intensità di corrente misurata può essere posta in grafico rispetto ai pesi (o masse) atomici.

Lo spettrometro di ASTON



2

Conclusione:

Grazie al suo esperimento, Aston diede il via a più accurate misure dei pesi atomici e importantissimi sviluppi nella comprensione della composizione dei nuclei atomici. Fu inoltre un'innovazione l'utilizzo di una lastra fotografica come rivelatore, anziché il comune tubo di Faraday. La principale innovazione tecnica fu invece l'uso di un campo elettrico e uno magnetico combinati in maniera da separare le particelle cariche esclusivamente in base al rapporto massa/carica, ottenendo quindi uno spettro di massa. Con questo strumento Aston prova, ad esempio, che le masse 20 e 22 sono due isotopi del neon.