

Mattia Rossi & Alessandro Ferrara 5^H

08.03.2022

<https://youtu.be/sdIcmykBLf0>

IL DECADIMENTO RADIOATTIVO

PREMESSA TEORICA:

Il decadimento radioattivo è un insieme di processi, in seguito ai quali, nuclei atomici instabili o radioattivi, decadendo o trasmutando in un certo lasso di tempo, chiamato tempo di decadimento, raggiungono una maggiore stabilità. Questo processo continua fino a quando non si raggiunge un prodotto stabile, passando per la cosiddetta catena di decadimento, ovvero una sequenza di atomi che sono l'uno il prodotto del decadimento del precedente.

I decadimenti nucleari sono stati raggruppati inizialmente in tre classi principali:

- decadimento alfa
- decadimento beta
- decadimento gamma

alle quali successivamente si sono aggiunte l'emissione di neutroni, l'emissione di protoni e la fissione spontanea.

Il decadimento alfa avviene quando un atomo emette una particella, detta particella alfa, composta da due protoni e due neutroni perdendo così due posizioni nella tavola periodica degli elementi.

Il decadimento beta può avvenire in due modi:

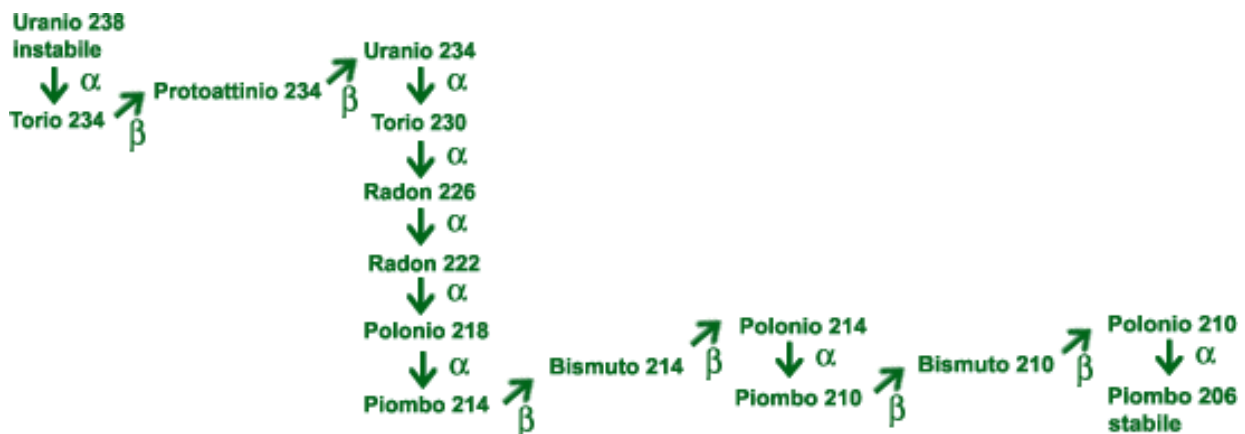
- Decadimento β^- : un neutrone, libero o meno, decade in una coppia protone-elettrone più un antineutrino elettronico (l'antineutrino è l'antiparticella del neutrino, ha carica neutra). Il protone resta nel nucleo, mentre le altre due particelle vengono emesse.
- Decadimento β^+ : un protone decade in una coppia neutrone-positrone più un neutrino elettronico.

Il decadimento gamma avviene con perdita di energia del nucleo per l'emissione di un'onda elettromagnetica o radiazione elettromagnetica di frequenza molto alta.

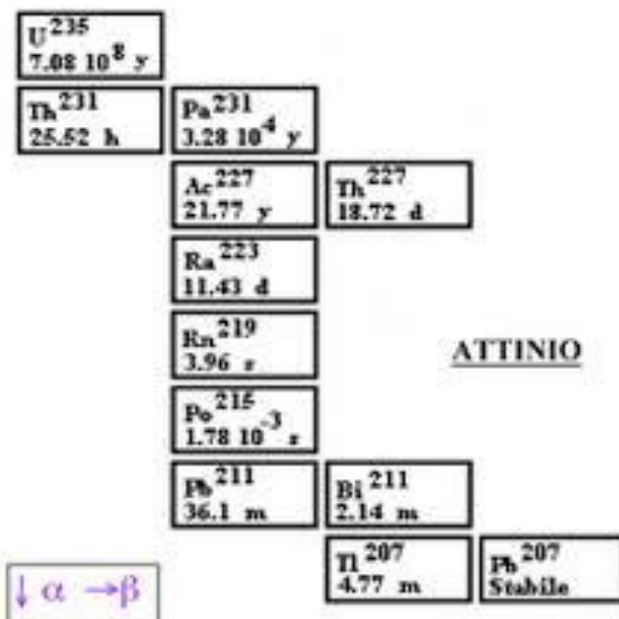
L'uranio è uno degli elementi radioattivi che possiamo trovare in rocce e minerali e consiste, come molti altri elementi, in una miscela di isotopi, chiamati anche nuclidi,

ovvero atomi che possiedono proprietà chimiche uguali ma diverse masse atomiche. L'uranio che troviamo in natura è principalmente costituito da due isotopi: l'uranio 238 (U^{238}), così chiamato poiché ha una massa poco inferiore a 238 volte quella dell'idrogeno, costituisce circa il 99,275% dell'uranio presente in natura e l'uranio 235 (U^{235}) che costituisce circa lo 0,72% dell'uranio presente in natura. L' U^{238} è il primo atomo di una catena radioattiva che termina con il prodotto stabile piombo 206 (Pb^{206}), così come l' U^{235} è il primo atomo di una catena radioattiva che termina con il prodotto stabile piombo 207 (Pb^{207}), entrambi isotopi del piombo stesso.

Catena di decadimento U^{238} :



Catena di decadimento U^{235} (serie Attinio):



Entrambi gli isotopi dell'uranio decadono sempre con lo stesso ritmo e inoltre, questi due isotopi hanno un tempo di dimezzamento molto lungo: l' U^{238} ha un tempo di

dimezzamento di $4,5 \cdot 10^9$ anni, ovvero di 4,5 miliardi di anni, mentre l' U^{235} ha un tempo di dimezzamento di $0,7 \cdot 10^9$ anni, ovvero di 710 milioni di anni. Il tempo di dimezzamento di una sostanza radioattiva è il tempo necessario perché decada la metà di questa sostanza, che può anche essere chiamato "emivita" e si indica con il simbolo $T_{\frac{1}{2}}$.

ESPERIENZA:

L'esperienza descritta nel video del Physical Science Study Committee (PSSC) consiste nel metodo di datazione che sfrutta la radioattività di due isotopi dell'Uranio: Uranio 238 (U^{238}) e Uranio 235 (U^{235}).

Inserendo in un grafico il rapporto Pb/U in funzione del tempo possiamo ricavare una curva che ci descrive appunto l'aumento degli isotopi di piombo in un oggetto rispetto a quelli di uranio, o in altre parole la curva ci descrive l'andamento del decadimento uranio-piombo.

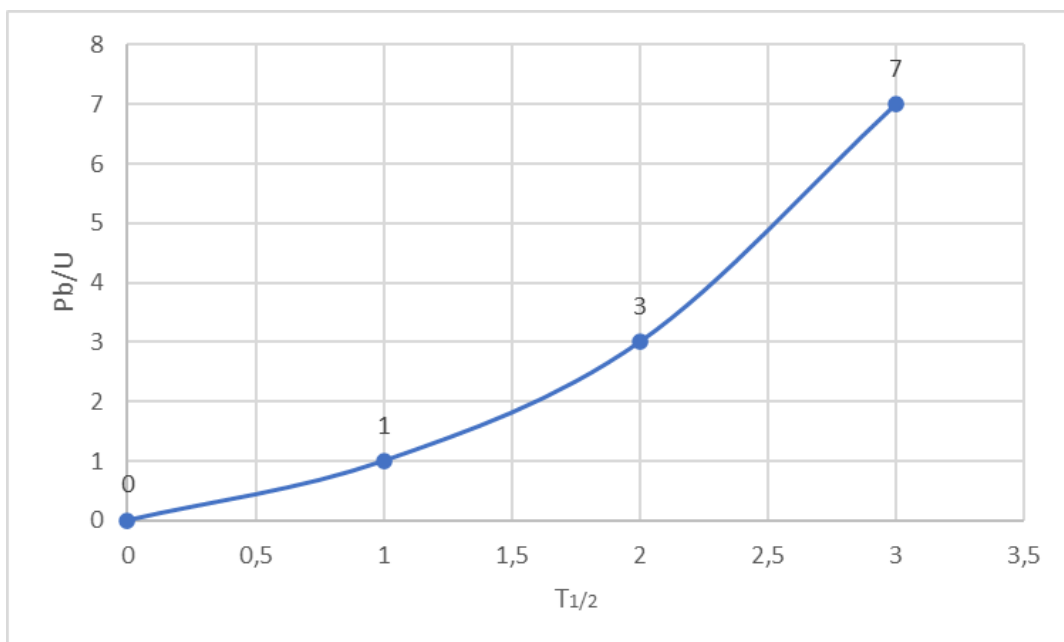
Per tracciare un grafico ipotetico, immaginiamo un oggetto isolato formato per il 100% da uranio 238. Possiamo quindi prendere in considerazione un tempo $T_{1/2}$ che corrisponde al lasso di tempo in cui metà isotopi di uranio decadono in piombo 206. Detto ciò, è possibile scrivere le seguenti relazioni:

$$\text{in } T_{1/2} \longrightarrow \text{Pb/U} = (1/2) : (1/2) = 1$$

$$\text{in } 2T_{1/2} \longrightarrow \text{Pb/U} = (3/4) : (1/4) = 3$$

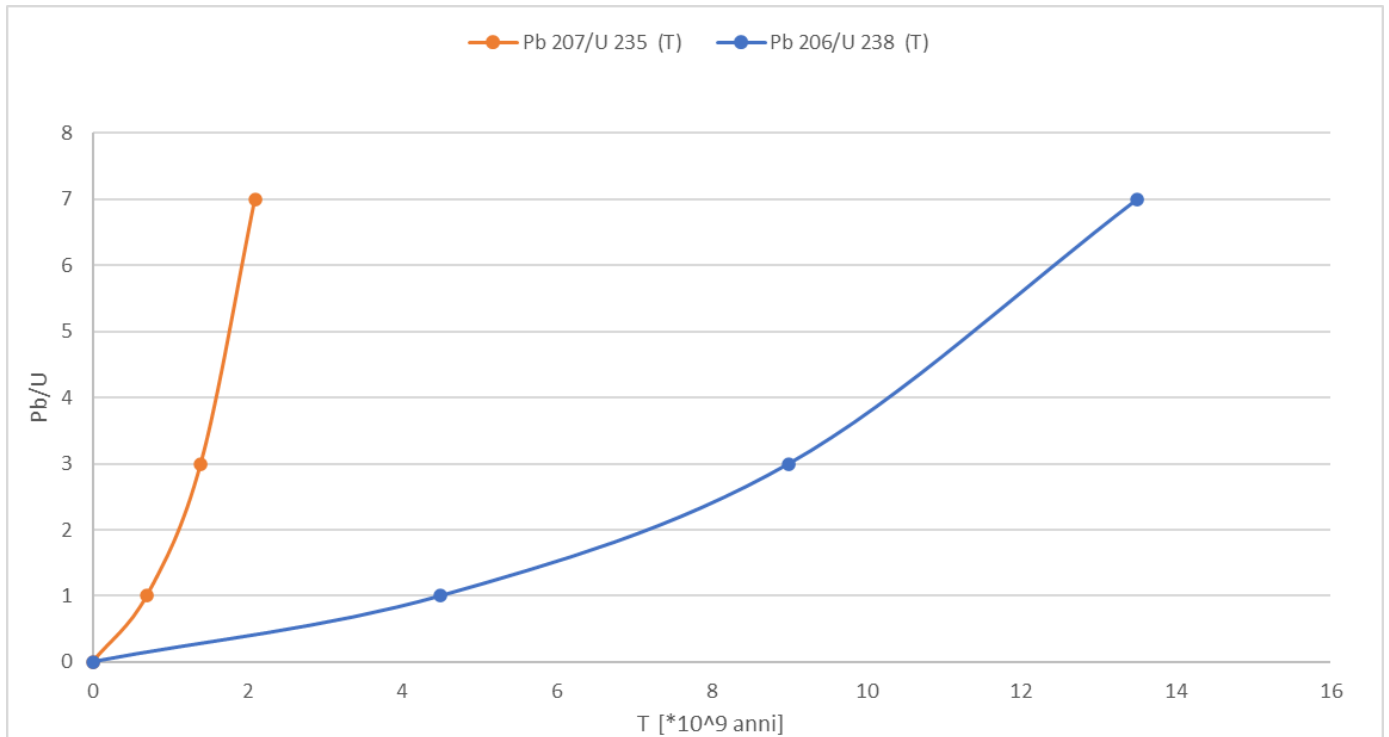
$$\text{in } 3T_{1/2} \longrightarrow \text{Pb/U} = (7/8) : (1/8) = 7$$

Il grafico ipotetico ottenuto è il seguente:



Oggi il valore di $T_{1/2}$ (tempo di dimezzamento o emivita) dell'uranio 238 è conosciuto e vale circa $4,5 \cdot 10^9$ anni, mentre per l'uranio 235 vale $0,7 \cdot 10^9$ anni.

I due andamenti a confronto sono circa i seguenti:



Per applicare questo metodo di datazione ci serve quindi sapere il numero di isotopi di uranio e piombo corrispondente presenti in un oggetto.

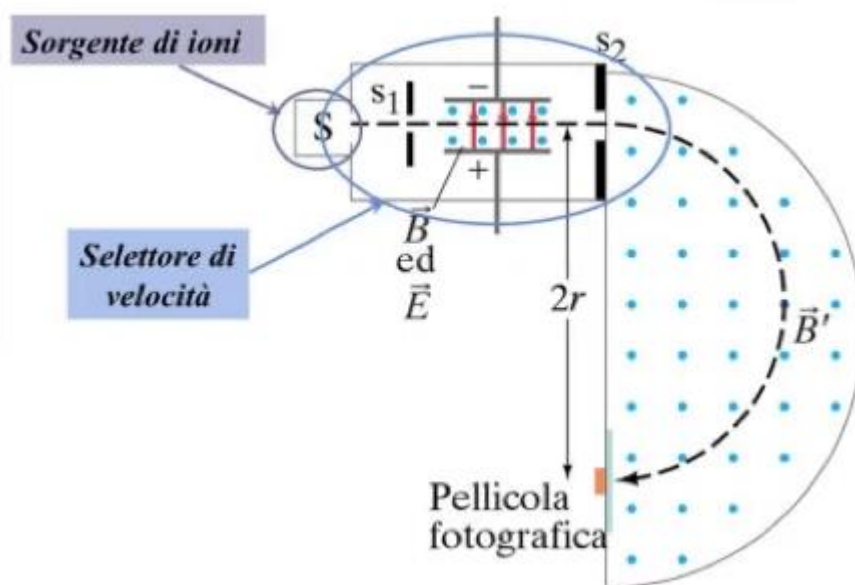
Come esempio prendiamo il granito, roccia che tra i vari minerali contiene lo zircone (formato da uranio), il quale riproduce quasi alla perfezione il modello analizzato in precedenza. Infatti lo zircone è stabile, isolato e alla sua formazione conteneva pochissimo piombo, di conseguenza il piombo presente oggi è quasi completamente frutto del decadimento.



La prima fase del processo consiste nel ridurre un pezzo di granito in polvere, per poi andare ad isolare le particelle di zirconio utilizzando varie tecniche che sfruttano grandezza, magnetismo e peso di queste particelle. L'importanza di separare un campione puro di zirconio è fondamentale per la precisione della datazione.

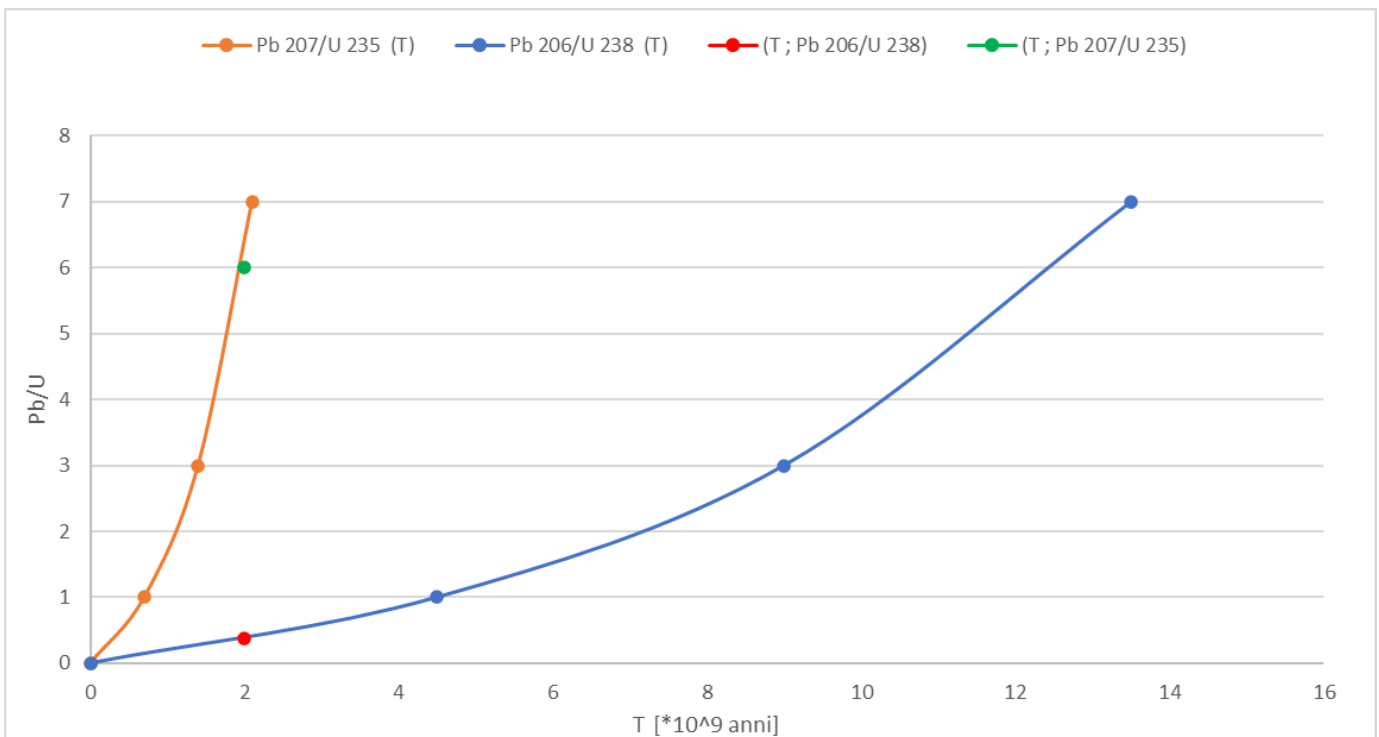
Nella seconda fase, che avviene in un laboratorio privo di uranio e piombo diversi da quelli presenti nello zirconio, è necessario separare gli isotopi di uranio da quelli del piombo. Per fare ciò il campione viene prima lavato in acido diluito (per eliminare possibili contaminazioni di piombo), poi viene fuso e una volta raffreddato viene sciolto in acido. A questo punto, uranio e piombo vengono separati da particolari solventi chimici. Mischiando acido solfidrico e piombo si ottiene un precipitato di solfuro di piombo, mentre l'uranio viene concentrato in una soluzione. Entrambi gli elementi vengono posti su fili metallici.

Nella terza fase, i due cavi vengono inseriti nello spettrometro di massa, strumento in grado di individuare gli isotopi di elementi diversi. Il suo funzionamento consiste nell'accelerare le cariche di cui si vuole conoscere la specie chimica attraverso una combinazione di campo elettrico e magnetico. Le cariche accelerate raggiungono una regione di spazio dove subiscono una forza di Lorentz data da un ulteriore campo magnetico perpendicolare alla velocità. A causa della forza subita, le cariche iniziano a muoversi di moto circolare uniforme compiendo un'orbita di raggio r . Conoscendo il raggio (facilmente misurabile dato che la distanza tra punto di contatto carica-parete spettrometro e il punto di emissione delle cariche corrisponde al diametro), è possibile risalire alla massa e di conseguenza all'elemento chimico.



Ottenute così le quantità degli isotopi di piombo e uranio (e quindi anche il loro rapporto) è possibile sostituire i valori nel grafico e verificarne l'esattezza.

Nel video è esplicitato che il valore di $Pb^{206}/U^{238} = 0,371$ che se sostituito nel grafico corrisponde a $T = 2 \cdot 10^9$ anni, mentre il valore di $Pb^{207}/U^{235} = 6$ che se sostituito dà sempre $T = 2 \cdot 10^9$ anni.



CONCLUSIONE:

Verificata la veridicità del sistema di datazione uranio-piombo, bisogna sottolineare come esso possa essere di enorme utilità per conoscere l'età di vari campioni, come le rocce, e quindi arrivare a conoscere anche l'età del nostro pianeta.