

PRINCIPI DI SCIENZE DELLA TERRA

Datazioni Assolute

Prof. Giovanni Vezzoli

Università di Milano-Bicocca (DISAT)

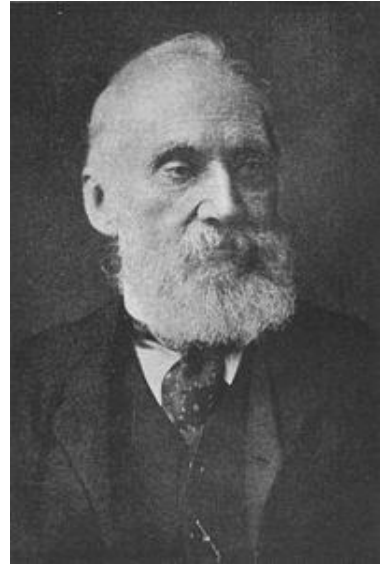
Datazioni Assolute

Nel 1852 Lord Kelvin scrisse un articolo in cui sosteneva che la Terra dovesse perdere energia con il passare del tempo (ipotesi esatta).

Utilizzando questa ipotesi Kelvin stimò (~1860) che l'età della Terra dovesse essere compresa tra un minimo di 24 milioni di anni ed un massimo di 400 milioni, con un valore più probabile di 98.

Nella sua ipotesi però Kelvin sbagliò i calcoli

Non aveva considerato il calore prodotto dagli elementi radioattivi (che però non erano stati ancora scoperti)



Lord William
Thomson
(Lord Kelvin;
1824 - 1907).
Fisico.
Irlanda del Nord.

Datazioni Assolute



Henri Becquerel
(1852-1908)
Fisico francese

Nel 1896 la scoperta della radioattività da parte di Becquerel e la scoperta che il fenomeno avviene attraverso una liberazione d'energia da parte dei coniugi Curie (1903) cambiò totalmente la prospettiva sugli studi per determinare l'età della Terra.



Pierre Curie (1859-1906)
Maria Skłodowska (1867-1934).
Fisici francesi

Datazioni Assolute

Nel 1907 il professor B. B. Boltwood (Università di Yale) pubblicò un elenco di età geologiche basate sulla radioattività.

Sebbene le età di Boltwood siano state riviste da allora, hanno mostrato correttamente che la durata del tempo geologico era da misurare in termini di migliaia di milioni di anni.



Bertram Borden Boltwood
USA, 1870 - 1927 Chimico e
Fisico

Datazioni Assolute

Il metodo è chiamato
datazione radiometrica (geocronometria)
e si basa sul decadimento degli isotopi radioattivi contenuti in
determinati minerali/resti organici

Gli isotopi di uno stesso elemento hanno lo stesso numero di protoni (e di
elettroni) ma diverso numero di neutroni.

Hanno quindi lo stesso numero atomico (numero protonico) ma un diverso
numero di massa (protoni + neutroni).



Bertram Borden
Boltwood
USA, 1870 - 1927 Chimico
e Fisico

Datazioni Assolute

Un isotopo radioattivo (o radionuclide) è un elemento che presenta un nucleo instabile, tende a decadere “a trasformarsi” in un altro elemento più stabile, con un ritmo ben preciso.

IL PROCESSO NON E' MODIFICABILE DA FATTORI CHIMICI O FISICI
NON DIPENDE CIOE' DALLA PRESSIONE E/O TEMPERATURA

Per questo motivo il metodo di misurazione è molto attendibile



Bertram Borden Boltwood
USA, 1870 - 1927 Chimico e
Fisico

Datazioni Assolute

Si definisce **tempo di dimezzamento** il tempo che una determinata quantità di un isotopo radioattivo impiega a ridursi della metà.

Confrontando la quantità di isotopo radioattivo presente in un minerale (elemento progenitore), rispetto al prodotto del suo decadimento (elemento figlio) e conoscendo il tempo di dimezzamento si può risalire all'età del campione stesso.



Bertram Borden Boltwood
USA, 1870 - 1927 Chimico e
Fisico

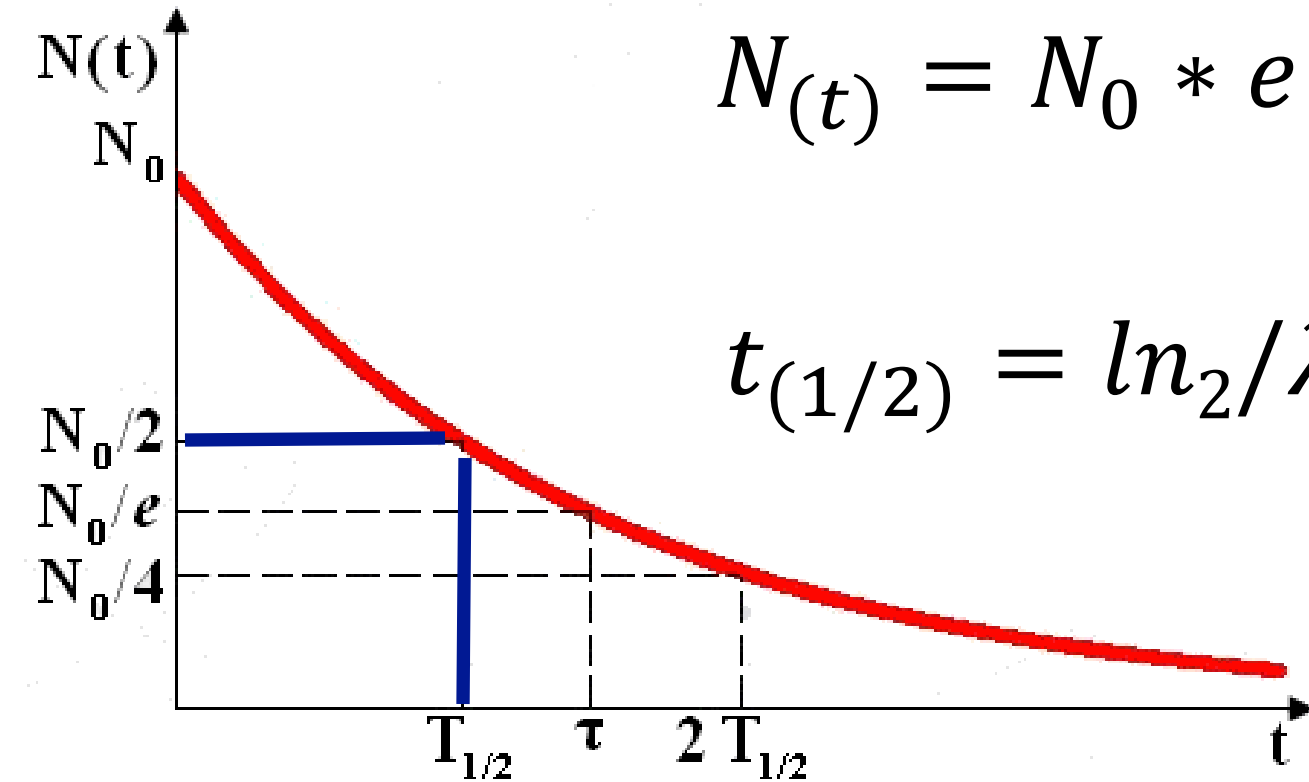
Datazioni Assolute

| Elemento progenitore | Tempo di dimezzamento (in anni) | Elemento figlio | Materiali datati |
|-----------------------------|--|------------------------|---|
| Carbonio-14 | 5730 | Azoto-14 | Materiali organici |
| Uranio-235 | 723 milioni | Piombo-207 | Zircone, Uraninite, Pechblenda |
| Potassio-40 | 1.300 milioni | Argon-40 | Muscovite, Biotite, Orneblenda, Feldspato potassico Rocce vulcaniche |
| Uranio-238 | 4.510 milioni | Piombo-206 | Zircone, Uraninite, Pechblenda |
| Torio-232 | 13.900 milioni | Piombo-208 | Rocce vulcaniche |
| Rubidio-87 | 47.000 milioni | Stronzio-87 | Miche, Feldispato potassici |



Bertram Borden Boltwood
USA, 1870 - 1927 Chimico e
Fisico

Datazioni Assolute



$$N(t) = N_0 * e^{(-\lambda t)}$$

$$t_{(1/2)} = \ln_2 / \lambda$$

N_0 è il numero di atomi dell'isotopo radioattivo al tempo iniziale ($t = 0$) quando è iniziato il decadimento (ovvero quando si è formato il minerale)

λ è la costante di decadimento dell'isotopo radioattivo

$t(1/2)$ è il tempo di dimezzamento

Legge del decadimento radioattivo: Il numero di nuclei non ancora disintegratisi decresce esponenzialmente nel tempo.

Datazioni Assolute

| Elemento progenitore | Tempo di dimezzamento (in anni) | Elemento figlio |
|----------------------|---------------------------------|-----------------|
| Carbonio-14 | 5730 | Azoto-14 |

Esempio:

Se partiamo da 10 mg dell'isotopo ^{14}C

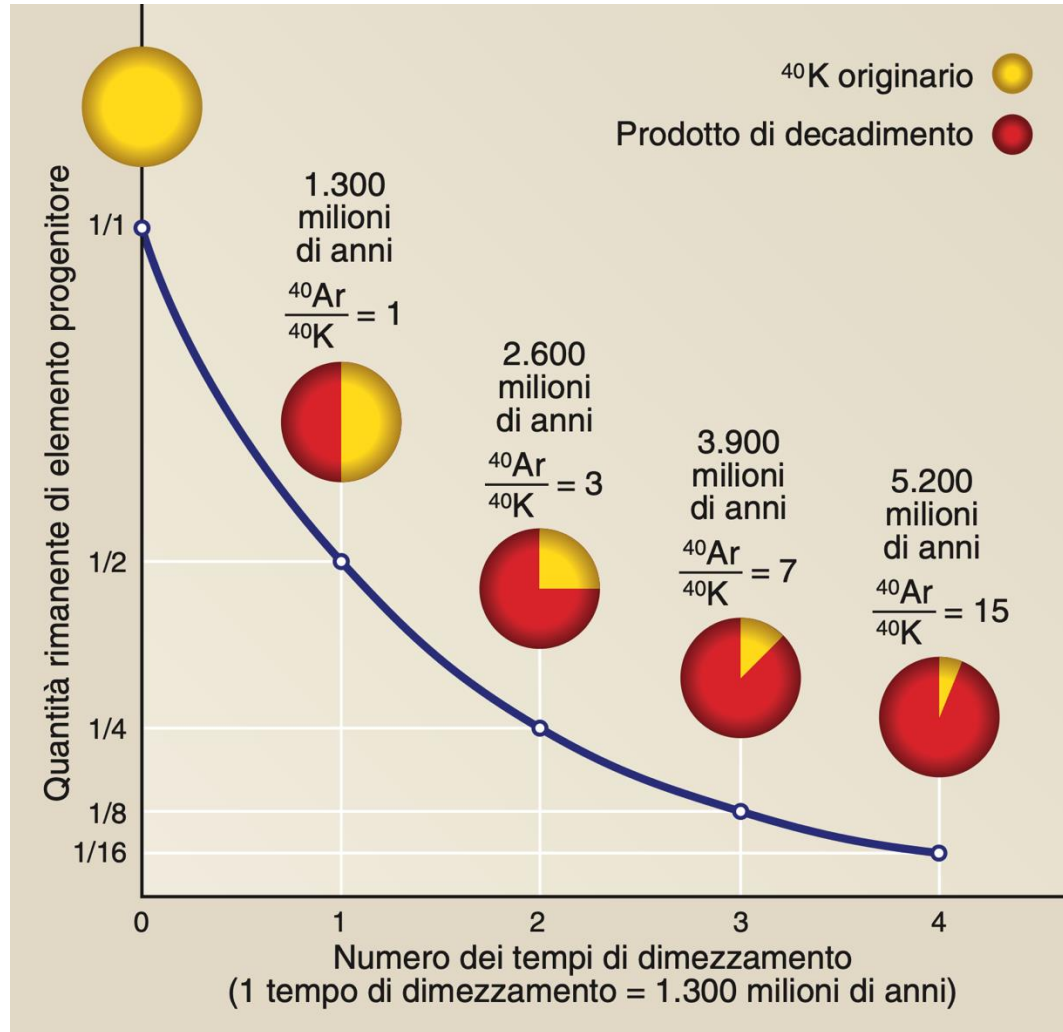
dopo 5730 (tempo di dimezzamento) ne avremo 5 mg

dopo altri 5730 anni 2.5 mg e così via.

Perciò, se nei resti di un organismo trovo solo ^{14}C significa che la morte è recente e che non è ancora avvenuto il decadimento. Se invece trovo il 50% di ^{14}C e il 50% dell'elemento derivato (^{14}N) vuol dire che saranno trascorsi 5730 dalla morte dell'organismo

Datazioni Assolute

| | | | |
|-------------|---------------|----------|---|
| Potassio-40 | 1.300 milioni | Argon-40 | Muscovite, Biotite, Orneblenda, Feldspato potassico Rocce vulcaniche |
|-------------|---------------|----------|---|



$$N(t) = N_0 * e^{(-\lambda t)}$$

$$t_{(1/2)} = \ln 2 / \lambda$$

Datazioni Assolute

MA DOVE SI TROVANO GLI ISOTOPI RADIOATTIVI USATI
PER DATARE
LE ROCCE PIÙ ANTICHE SULLA TERRA?



Datazioni Assolute

Per datare le rocce più antiche sulla Terra si sono utilizzati principalmente gli zirconi (ZrSiO_4) minerali che si formano nei magmi e che sono molto resistenti all'erosione (minerale ultrastabile)

Gli zirconi contengono l'isotopo radioattivo ^{238}U

Quando il minerale cristallizza dal magma diventa solido e mantiene "bloccato" al suo interno gli isotopi (che invece erano liberi di muoversi nel magma fluido).

Questo è il tempo 0 (ovvero quando si è formato il minerale) e la quantità di ^{238}U è N_0 .



Datazioni Assolute

Per via della struttura dei cristalli, quando si formano dal magma, gli zirconi non contengono quindi piombo.

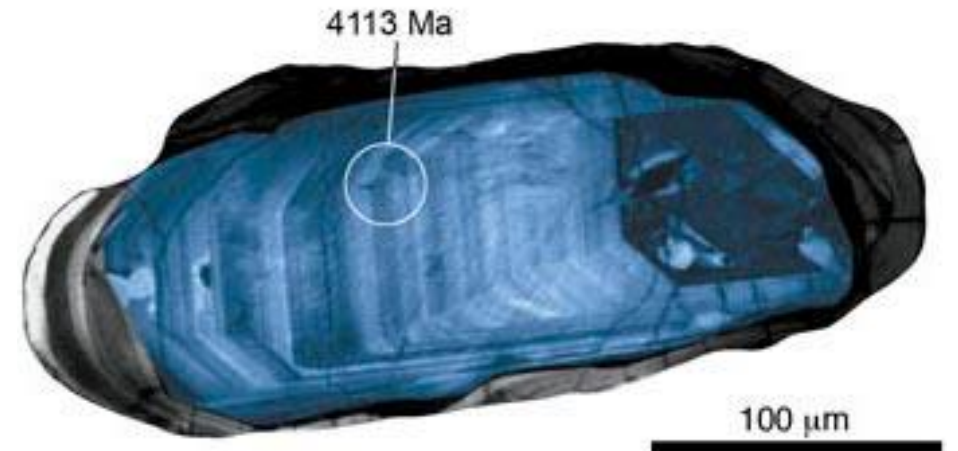
Questo (University of California di Berkeley)
li rende degli “orologi quasi perfetti”:

Qualsiasi traccia di piombo trovata dagli scienziati nei cristalli deve provenire dal processo di decadimento radioattivo.



Datazioni Assolute

Per datare gli zirconi gli scienziati usano uno strumento chiamato: SHRIMP stands for Sensitive High Resolution Ion MicroProbe.



Gli zirconi più antichi arrivano dall'Australia e hanno
~ 4.4 Ga

Datazioni Assolute

Per determinare invece l'età assoluta della Terra sono stati datati i meteoriti provenienti dagli asteroidi insieme ai campioni di rocce lunari prelevati dalle missioni Apollo

Assunzione: l'età di formazione della Terra è contemporanea a quella di tutti gli oggetti del sistema solare.



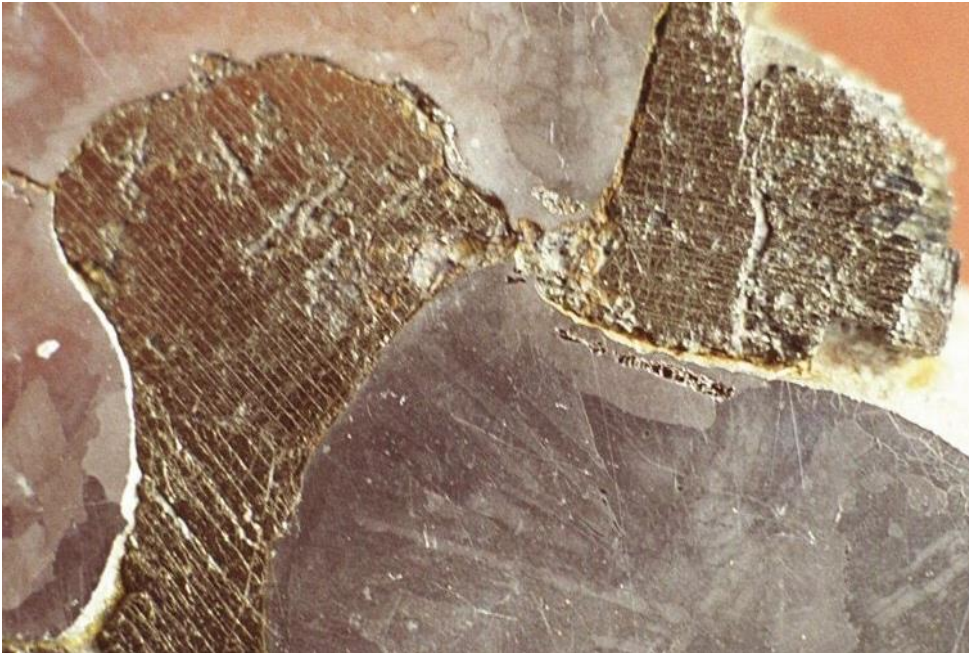
Datazioni Assolute

Uno dei primi meteoriti utilizzato è stato “Canyon Diablo”, un meteorite di ferro che attraversò l’atmosfera terrestre dallo spazio ~50 mila anni fa e fu trovato da alcuni scienziati americani nel 1891 (i nativi americani conoscevano e usavano i frammenti ferrosi del meteorite già dalla preistoria).



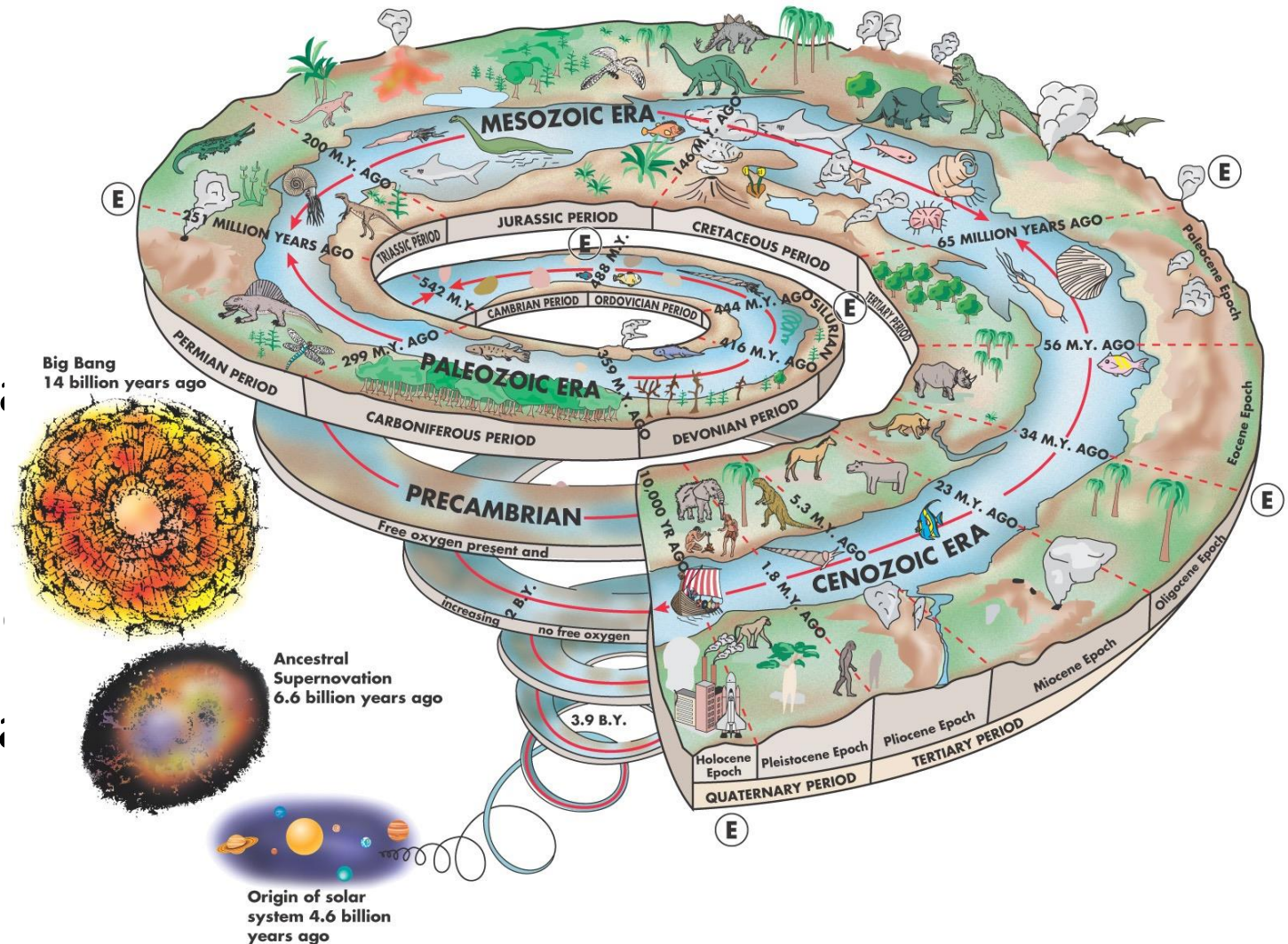
Datazioni Assolute

L'età del meteorite è stata quantificata usando come minerale la Troilite (FeS) è di 4.54 Ga, con un margine di errore di ~ 70 Ma.



Datazioni Assolute

Utilizzando le tecniche di cronologia relativa (principi generali della geologia, i fossili, la magnetostratigrafia) e i metodi radiometrici (isotopi radioattivi) è stato possibile ricostruire tutta la storia del nostro pianeta



Datazioni Assolute

Scala temporale
di riferimento per
il pianeta Terra

