

# **FISICA PER I BENI CULTURALI**

## **III - DATAZIONE MEDIANTE RADIOCARBONIO (ET AL ..)**

P. Sapia

*Università della Calabria*

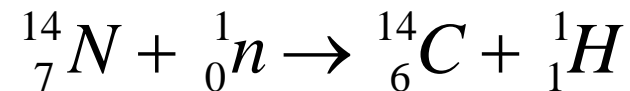
*a.a. 2009/10*



# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

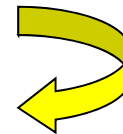
1945 ÷ 55 : chimico americano Willard Libby  
(Premio Nobel per la chimica nel 1960)

- **Formazione  $^{14}\text{C}$**   
**stratosfera (oltre 15 000 m) per cattura neutronica**

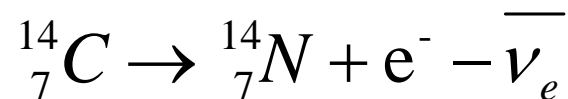


Flusso di neutroni  $2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

produzione di  $^{14}\text{C}$   **$\sim 7.5 \text{ kg} / \text{anno}$**

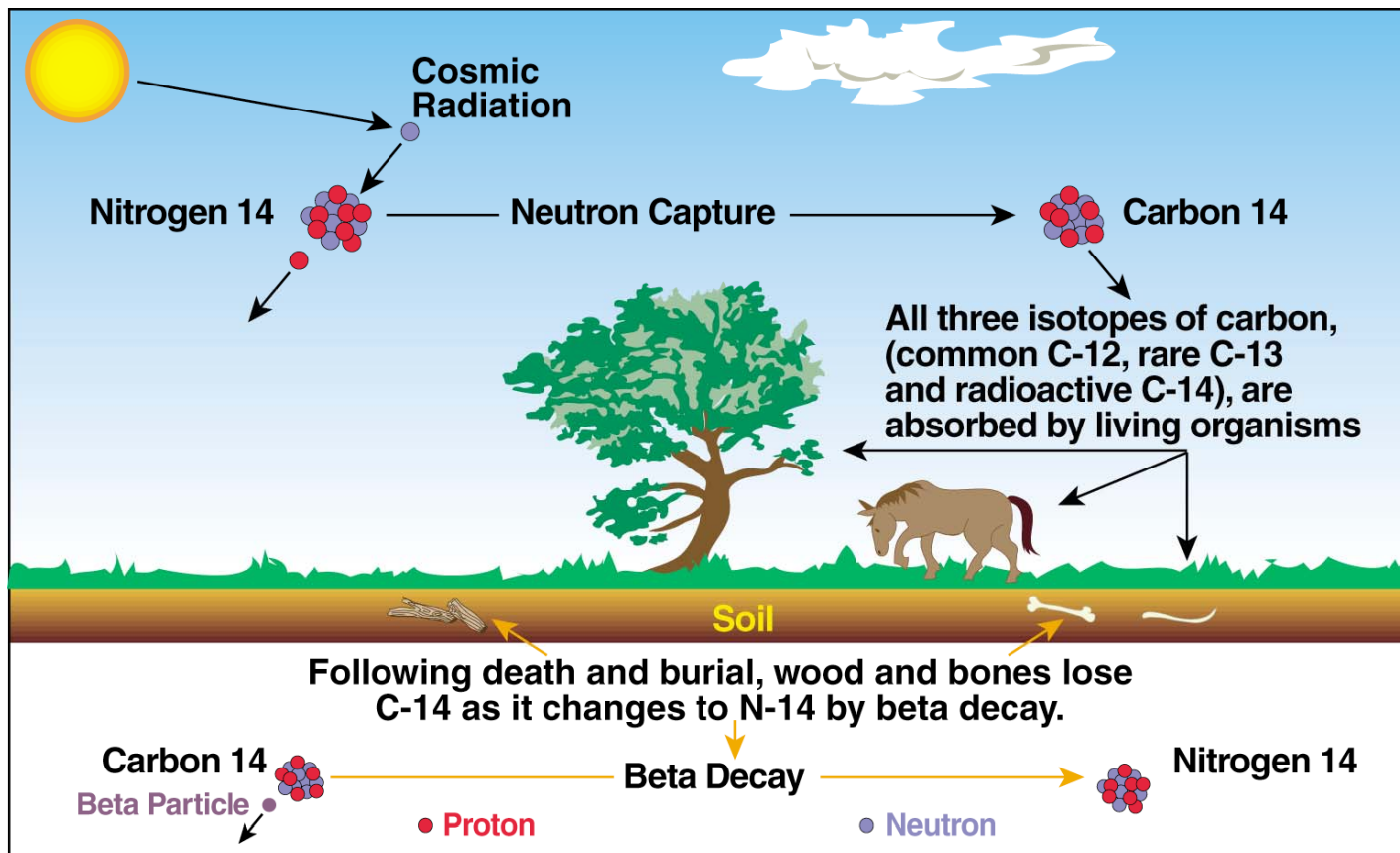


- **Decadimento  $^{14}\text{C}$**   
**decadimento  $\beta^-$  ( $t_{1/2} = 5\,568$  anni)**



# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

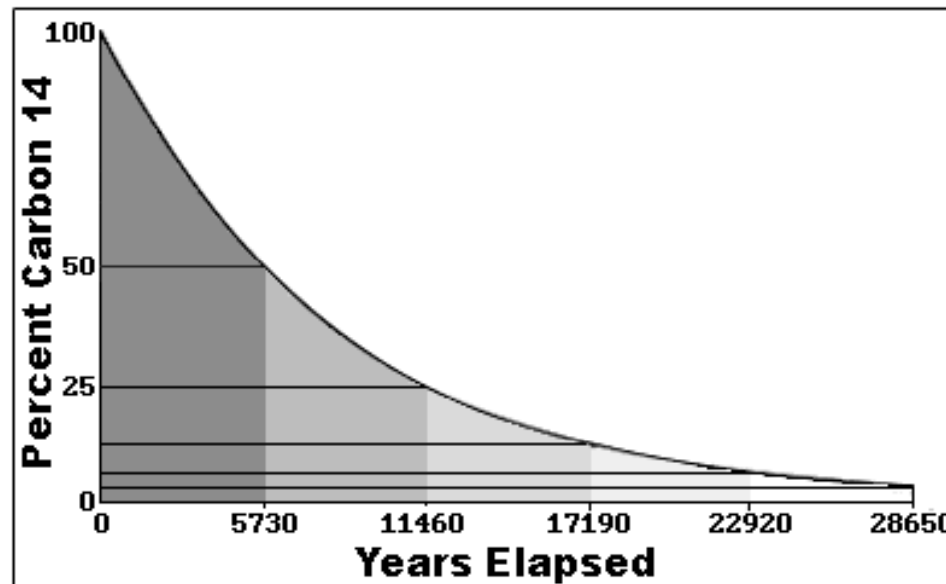
## **Ciclo del $^{14}\text{C}$**



# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## Come si determina l'età?

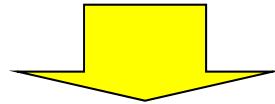
- Si calcola il tempo trascorso dalla morte (dell'organismo da cui ...)
- Basato sulla conoscenza della velocità di decadimento del  $^{14}\text{C}$  in  $^{14}\text{N}$
- $^{14}\text{C}$  ha una emivita di 5730 anni
- Funziona per periodi di tempo fino a circa 10 emivite (50.000 anni)



## Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

In un organismo vivente  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  è uguale al rapporto di equilibrio in atmosfera

$$\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 1.176 \cdot 10^{-12}$$



Attività specifica di 1 grammo di carbonio naturale proveniente da un organismo vivente

$$15.3 \pm 0.1 \text{ dec/min} = 250 \text{ mBq}$$



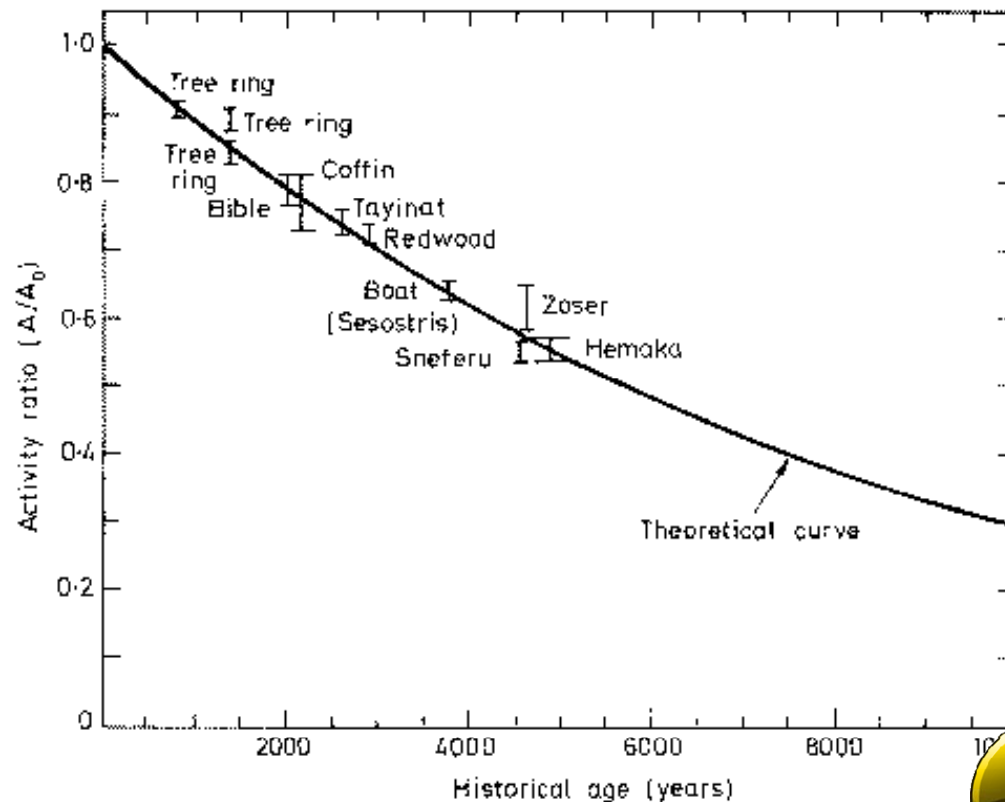
# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## Principio

La datazione avviene per confronto fra l'attività del  $^{14}\text{C}$  contenuto nel reperto e quella del campione standard di *acido ossalico* preparata il 1° gennaio 1950 dal *National Bureau of Standards, U.S.A.*

1950 = 0 BP

(Before Present)

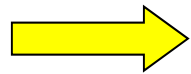


# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## TECNICHE

- Contatore proporzionale a gas

Il C del campione viene interamente convertito in gas (anidride carbonica, metano o acetilene) e fatto fluire nel contatore



si contano gli elettroni emessi nel decadimento  $\beta$

- occorrono alcuni grammi di campione
- lunghi tempi di misura (alcuni giorni)
- fondo ~ 1 conteggio/min

- AMS (Accelerator Mass Spectrometry) (anni `80)

Si misurano le quantità di  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  e  $^{12}\text{C}$  con uno spettrometro di massa

- ✓ bastano pochi milligrammi di campione
- ✓ tempi rapidi di misura (poche ore)
- ✓ precisione  $\pm 0.5 \%$



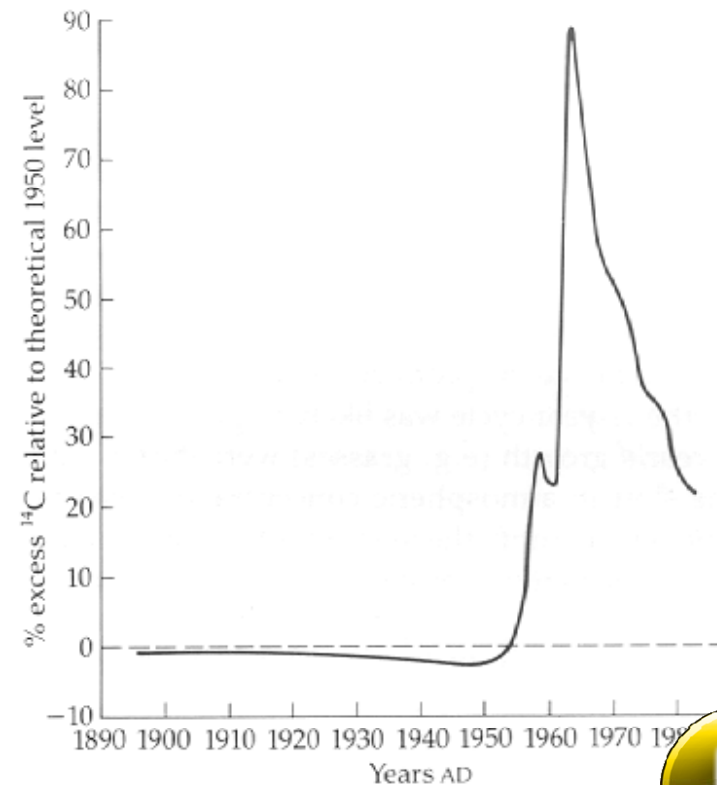
# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## LIMITI DEL METODO

### Variazione di concentrazione di $^{14}\text{C}$ negli ultimi due secoli

- **Rivoluzione industriale**  
La combustione di carbone fossile ha riportato in atmosfera  $^{12}\text{C}$  diluendo il  $^{14}\text{C}$  presente  
(nel 1950 il rapporto  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  è stato stimato inferiore del **3%** rispetto a quello di inizio XVIII sec.)
- **Esperimenti atmosferici nucleari**  
I neutroni prodotti dalla fissione hanno portato alla formazione di nuovo  $^{14}\text{C}$  che si è sommato a quello preesistente  
(nell'atmosfera è oggi presente circa il 20% in più di  $^{14}\text{C}$  rispetto al 1950)

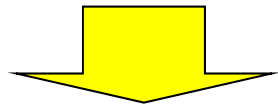
(seconda metà XVIII sec.)



# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## **CURVA DI CALIBRAZIONE**

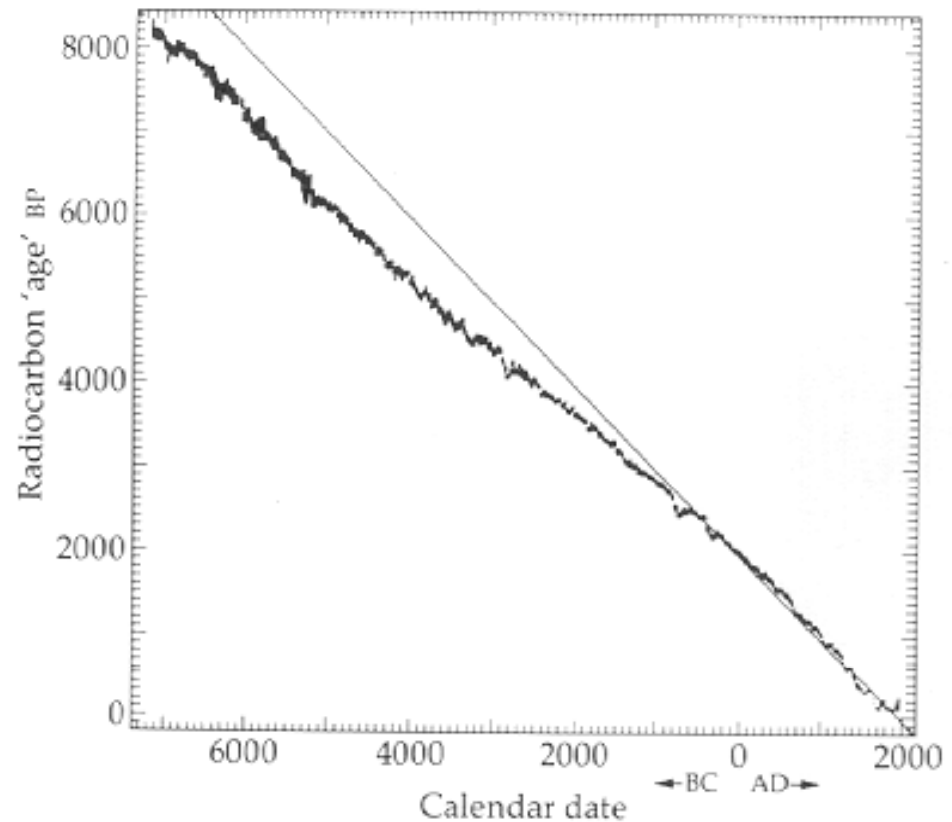
Il flusso della radiazione cosmica negli ultimi 60 000 anni non è rimasto identico a quello misurato nel 1950



Le datazioni al radiocarbonio devono essere calibrate!!



**Metodo dendrocronologico**



# Datazione mediante il **RADIOCARBONIO**

## DATAZIONE

- 1) Dalla misura dell'attività  $A$  del campione si calcola l'età del **radiocarbonio** a partire dal momento attuale (BP)

$$\text{Età } ^{14}\text{C} = 8033 \cdot \ln \frac{A}{A_0}$$

$A_0$ : attività del campione di acido ossalico

**Precisione**

**± 20 anni**

**Limite massimo di età**

**~ 40 000 anni**

(in 1 g di C di un reperto di 40 000 anni si ha, mediamente, 1 decadimento ogni 16 ÷ 17 ore!!)

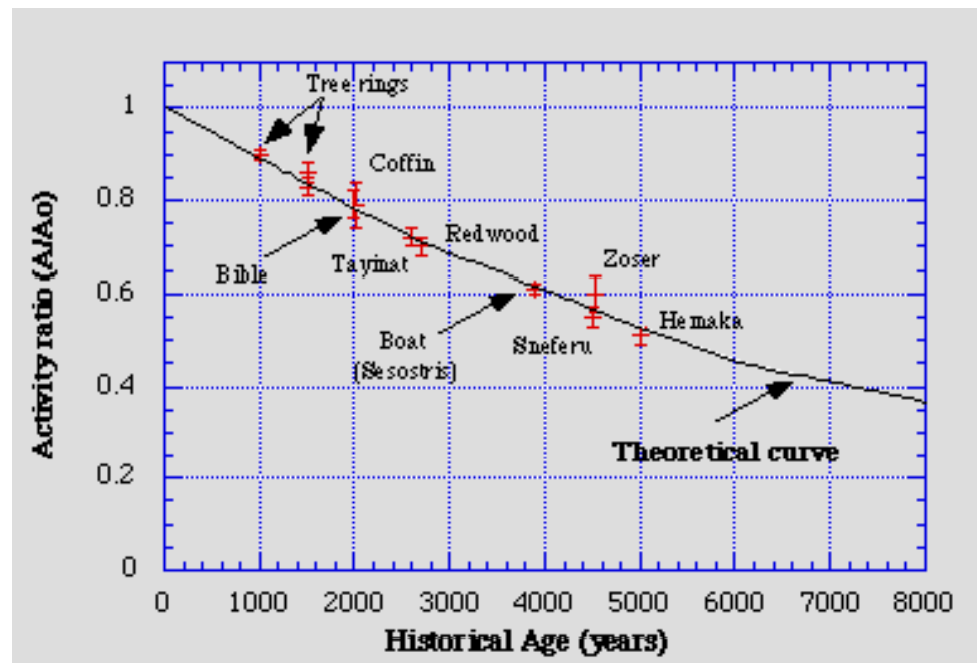
- 2) Si passa agli anni calendarici attraverso la curva di calibrazione

**N.B.** tale passaggio è tanto più affidabile quanto più si conosce la storia del campione, in particolare bisogna essere sicuri che il campione non contenga impurezze di carbonio, recente o fossile, che tendono a falsare la datazione del reperto



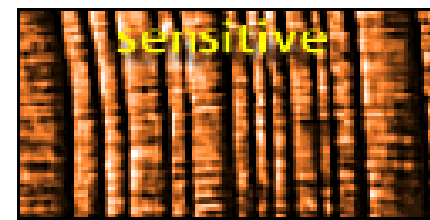
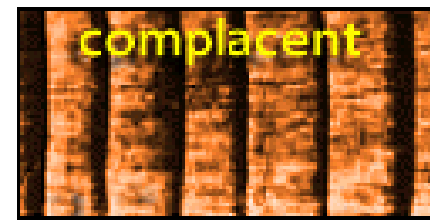
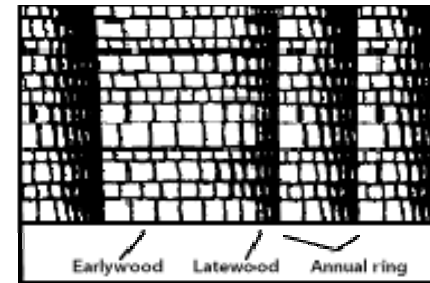
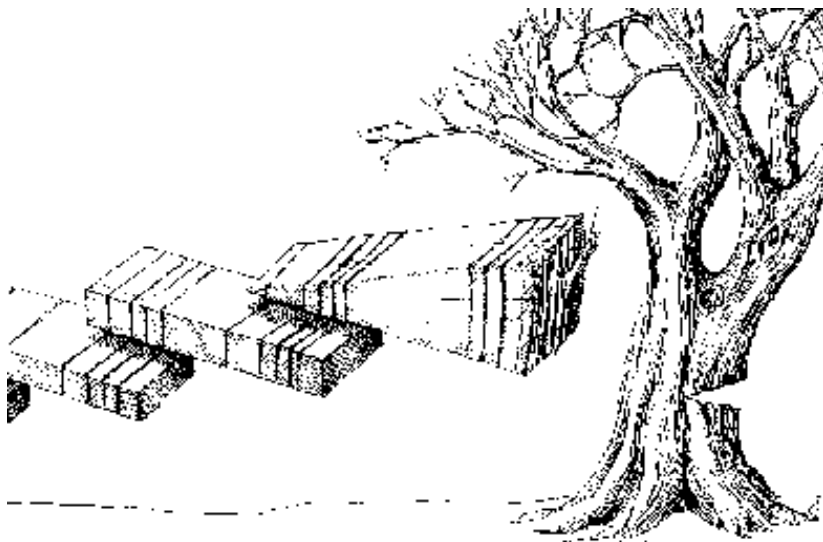
## Come ci si assicura che il metodo funziona?

- Metodo “tradizionale”: si applica la tecnica del radiocarbonio a oggetti la cui età è nota...



# OPPURE

- Si confronta con l'età di campioni di legno datati mediante gli anelli di accrescimento annuale degli alberi (*dendrocronologia*)



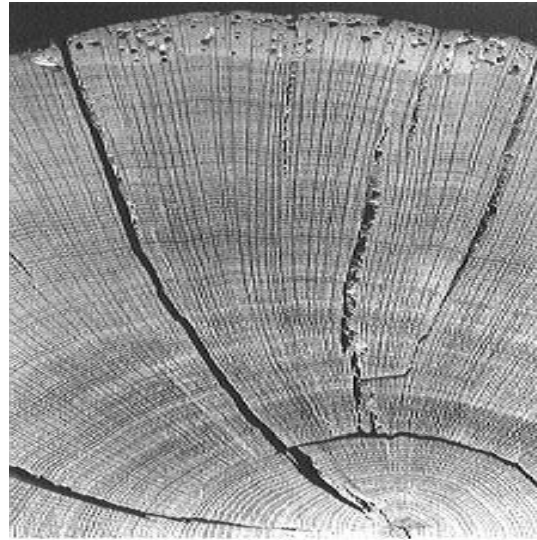
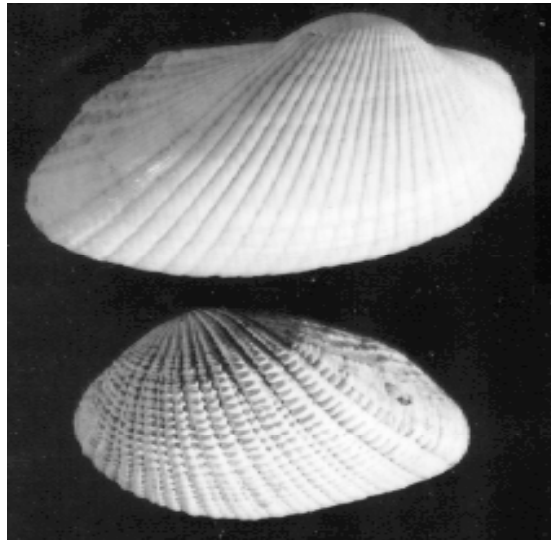
## O ANCORA: si confronta con il risultato ottenuto mediante altre tecniche di datazione

- Il radiocarbonio non è il solo metodo di datazione:
  - Per I coralli - Uranium/Thorium dating
  - Per vasellame e sedimenti - Termoluminescenza
  - Per l'ossidiana – Idratazione dell'ossidiana
  - Per I denti - Electron spin resonance
  - Per conchiglie e scheletri – Racemizzazione degli aminoacidi



# What kinds of things can be dated?

- Plants - wood, twigs, leaves, seeds, pollen, peat, charcoal



- Animals - bone, leather, hair, feces, blood, antlers, horns, egg shells, fish remains, insect remains, shells, coral, foraminifera



# What other kinds of things can be dated?

- Things made (ultimately) from plants or animals - paper, fabrics, textiles, soil



- Things containing carbon from the atmosphere or any of the above - water, ice cores, air, lake sediments, mud, iron, metal casting ores, pottery





## What can NOT be dated?



- Things that are too old
- Things that are too young
- Things that don't get their carbon from the air (aquatic creatures, animals that eat seafood)
- Fossil fuels, petroleum products, oil paints
- Fossils (almost always too old, rarely contain original carbon, preservatives interfere)



# Oldest object dateable by radiocarbon?



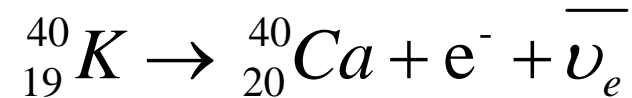
- About 50,000 years
- Or 10 half-lives
- Beyond this, there is hardly any  $^{14}\text{C}$  left in the sample
- Contamination becomes a big problem



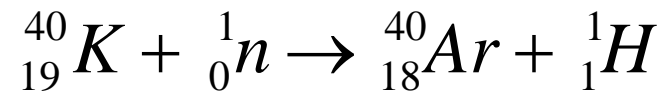
## Datazione mediante POTASSIO-ARGON

$^{40}\text{K}$  è un isotopo radioattivo con  $t_{1/2} \sim 1.25 \cdot 10^9$  anni

90% (decadimento  $\beta^-$ )



10% (cattura neutronica)



- **Principio**

Durante la formazione delle rocce, per solidificazione del magma fuso, l'argon non è rimasto intrappolato in esse.

Se la roccia contiene  $^{40}\text{K}$  con il passare del tempo questo si trasforma in  $^{40}\text{Ar}$  che si accumula nel materiale.

Dalla misura delle quantità di  $^{40}\text{K}$  e  $^{40}\text{Ar}$  contenute nel campione si stima l'età del reperto



# Datazione mediante POTASSIO-ARGON

- Range

Da 2 000 a 4.5 miliardi di anni

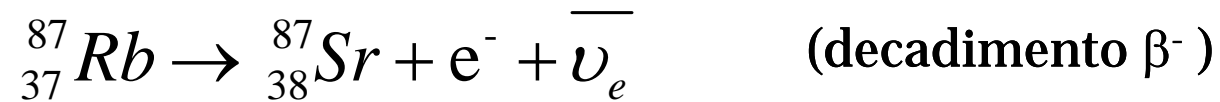
- Esempi

- ✓ rocce terrestri più antiche 3 miliardi di anni
- ✓ *Australopithecus afarensis*  
(Lucy) 3.2 milioni di anni
- ✓ magma solidificato di Pompei  
(79 d.C.) ~ 2 000 anni



## Datazione mediante RUBIDIO-STRONZIO

$^{87}\text{Rb}$  è un isotopo radioattivo con  $t_{1/2} \sim 49 \cdot 10^9$  anni



È un elemento piuttosto raro (contenuto in miche e feldspati) e consente di datare minerali di almeno qualche milione di anni

- Range

da 1 milione a 4.5 miliardi di anni (e oltre...)

- Esempi

- ✓ rocce meteoritiche più antiche      4.5 miliardi di anni
- ✓ rocce lunari (*missioni Apollo*)      4.5 miliardi di anni

