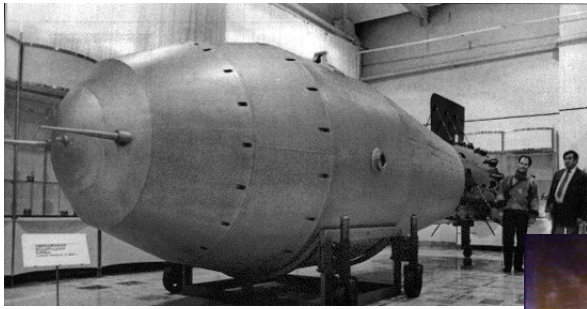


TEMA 5: RADIOACTIVITAT



http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_del_Zar

Quina ha sigut la bomba atòmica més potent?

Com se sap?



<http://www.taringa.net/posts/info/1816394/La-bomba-mas-grande-jamas-creada---La-Bomba-del-Zar.html>

TEMA 5: RADIOAC

<http://www.publico.es/ciencias/7378/rostro/tutankamon/exhibira/primera/vez>

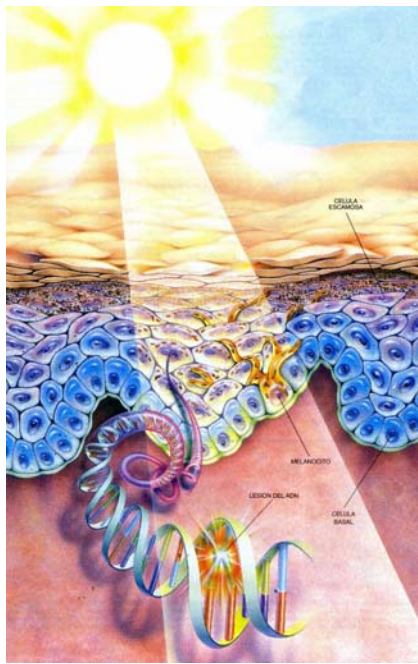


http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_libro

Com es determina l'antiguitat de peces arqueològiques?

<http://www.taringa.net/posts/info/1206502/Ciencia-y-ficci%C3%B3n.html>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

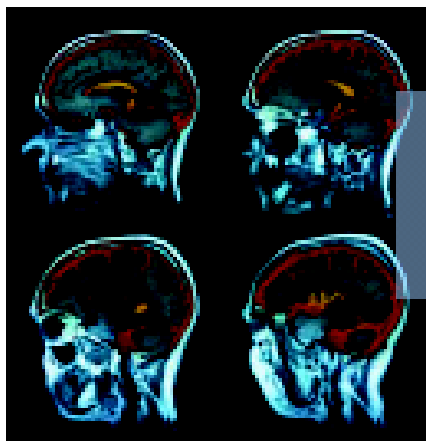
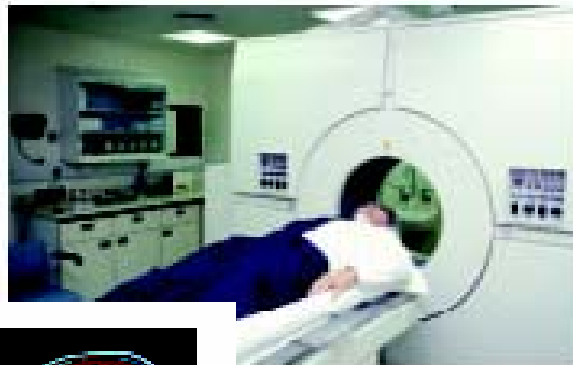
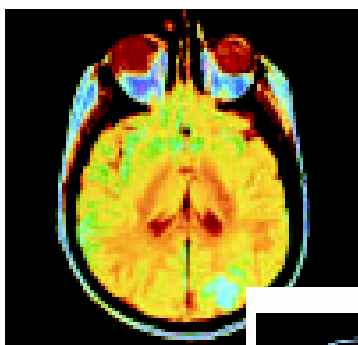


http://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear

Quin és l'efecte de les radiacions sobre el nostre cos?

http://www.sagan-gea.org/hojared_radiacion/paginas/Las_UV_y_los_seres_vivos.html

TEMA 5: RADIOACTIVITAT



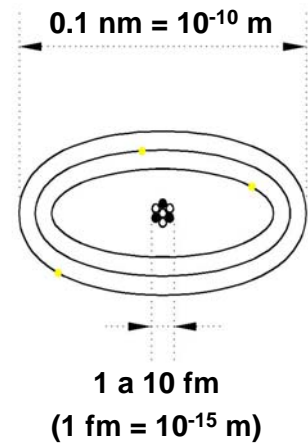
Tenen aplicacions beneficioses les radiacions?

<http://www.radiologyinfo.org/sp/>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.1 Estructura nuclear i forces nuclears

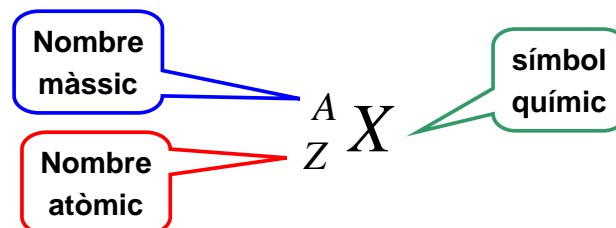
- Nucli atòmic: menut i dens
- Partícules que el formen: nucleons
 - **Protó:** $\rightarrow q_p = +e$
 $\rightarrow m_p = 1840 m_e$
 - **Neutró** $\rightarrow q_n = 0$
 $\rightarrow m_n \cong m_p = 1840 m_e$
- **nombre atòmic Z:** nombre de protons
- **nombre màssic A:** nombre total de nucleons
- **nombre de neutrons: A – Z**



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.1 Estructura nuclear i forces nuclears

- Notació:

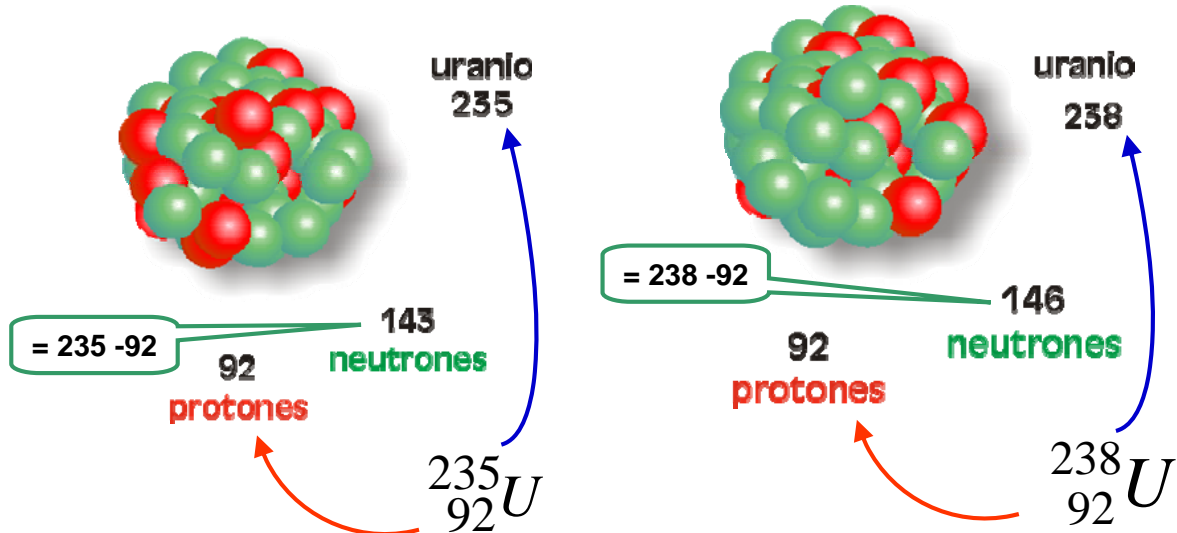


- **isòtops:** àtoms amb el mateix nombre de protons, però diferent nombre de neutrons
 - Mateix Z, però diferent A
 - els isòtops tenen pràcticament les mateixes propietats químiques

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.1 Estructura nuclear i forces nuclears

■ Exemple:



<http://www.cnea.gov.ar/xxi/divulgacion/>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.1 Estructura nuclear i forces nuclears

■ Forces presents en el nucli:

□ *Forces nuclears:*

- mantenen units els nucleons
- Molt intenses, però de curt abast

□ *Forces elèctriques:*

- forces repulsives entre els protons del nucli
- menys intenses, augmenten amb el nombre de protons

□ *Interaccions febles:*

- origen concret desconegut (processos de desintegració)
- molt més febles que les interaccions nuclears fortes.

□ *Forces gravitatòries:*

- forces d'atracció entre protons i neutrons degudes a la massa
- Negligibles en física nuclear

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Unitat de massa atòmica (u): dotzena part de la massa del isòtop 12 del carboni (hi està inclosa, per tant, la massa dels electrons)

$$1 u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

- Qualsevol àtom: la massa de l'àtom és menor que la suma de les masses dels seus constituents

- Per exemple, per a l' isòtop 12 del carboni: ${}^{12}_6\text{C}$

$$\boxed{Z} \rightarrow 6 m_p + 6 m_n + 6 m_e = 12.0989 u$$

- Com que $m({}^{12}_6\text{C}) = 12.0000 u$

$A-Z$

Z

- Resulta un **defecte de massa**: $\Delta m = 0.0989 u$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

6 xifres significatives

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

Núclid	massa m (u)	$Z m_p + N m_n + Z m_e$ (u)	diferència (u)
e	5.48×10^{-4}		
p	1.00728		
n	1.00866		
${}^1_1\text{H}$	1.00783		
${}^2_1\text{H}$	2.0141	2.0165	0.0024
${}^4_2\text{He}$	4.0026	4.0330	0.0304
${}^{12}_6\text{C}$	12.0000	12.0989	0.0989
${}^{13}_6\text{C}$	13.0034	13.1078	0.1044
${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55.9349	56.4633	0.5284
${}^{238}_{92}\text{U}$	238.0508	239.9845	1.9337

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- INTERPRETACIÓ: principi d'Einstein d'equivalència entre massa i energia:

$$E = m c^2$$

- c es la velocitat de la llum en el buit
- relaciona la massa d'una partícula amb la seua energia en repòs (concepte relativista)

- Defecte de massa en un àtom (Δm): energia

- **energia d'enllaç entre els nucleons**
- *part de la massa dels nucleons es converteix en una energia que els manté units*

$$E_{\text{enlace}} = \Delta m c^2$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Unitat de les energies nuclears: **electró-volt (eV)**

- Definició: quantitat d'energia que adquireix un electró en estar sotmès a una diferència de potencial d'un volt

- Relació joule-eV:

- energia potencial d'una càrrega

- per tant:

$$\Delta U = q \Delta V$$
$$E = 1.6 \times 10^{-19} \cdot 1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Quanta energia es pot obtenir d'una massa = 1 u ?

- Equació d'Einstein

$$E = m c^2$$

- Substituïm (SI): $E = 1.66 \times 10^{-27} (3 \times 10^8)^2 = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J}$

- Si ara l'expressem en eV:

$$E = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 9.31 \times 10^8 \text{ eV} = 931 \text{ MeV}$$

10⁶ = M

És a dir: 1 u → energia de 931 MeV 1 u = 931 MeV / c²

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- L'energia d'enllaç és la mateixa per a tots els nuclis?

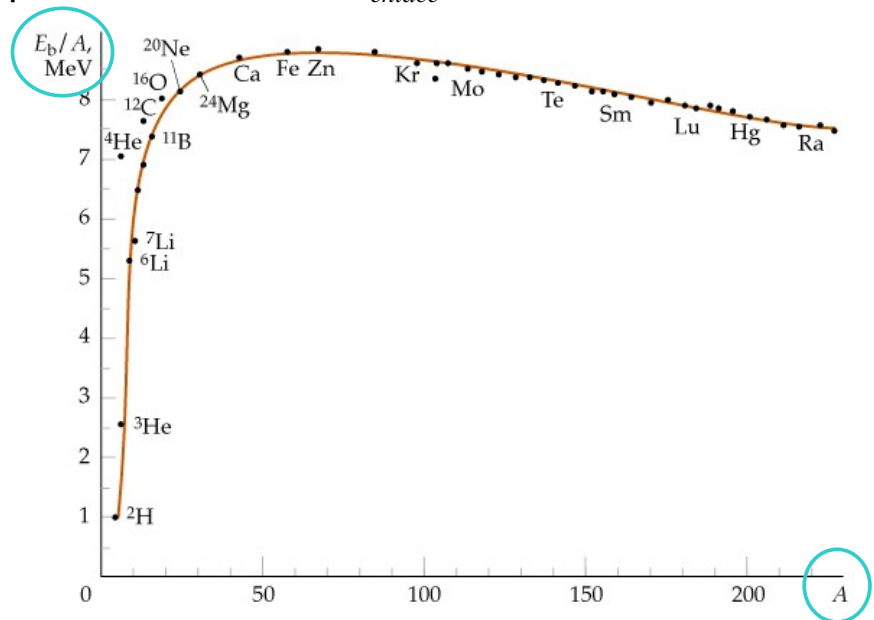
- Energia d'enllaç per nucleó: E_{enlace} / A

Núclid	massa m (u)	Z m _p + N m _n + Z m _e (u)	diferència (u)	Energia d'enllaç per nucleó (MeV)
${}^2_1\text{H}$	2.0141	2.0165	0.0024	1.1
${}^4_2\text{He}$	4.0026	4.0330	0.0304	7.1
${}^{12}_6\text{C}$	12.0000	12.0989	0.0989	7.7
${}^{13}_6\text{C}$	13.0034	13.1078	0.1044	7.5
${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55.9349	56.4633	0.5284	8.8
${}^{238}_{92}\text{U}$	238.0508	239.9845	1.9337	7.6

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

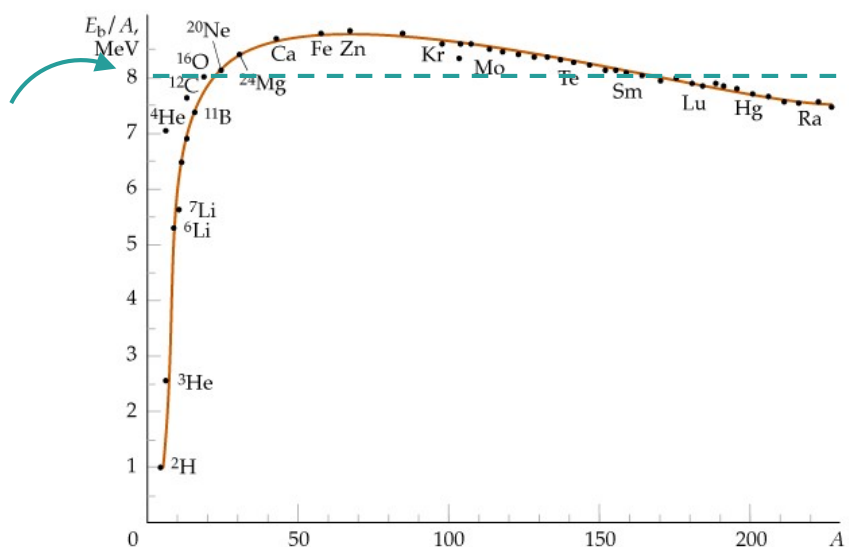
5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- L'energia d'enllaç és la mateixa per a tots els nuclis?
- Energia d'enllaç per nucleó: E_{enlace} / A



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

- Valor mitjà: ≈ 8 MeV per nucleó



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

- Valor mitjà: ≈ 8 MeV per nucleó
- Màxim ampli per a nuclis de grandària mitjana. Per al Fe ≈ 8.8 MeV per nucleó

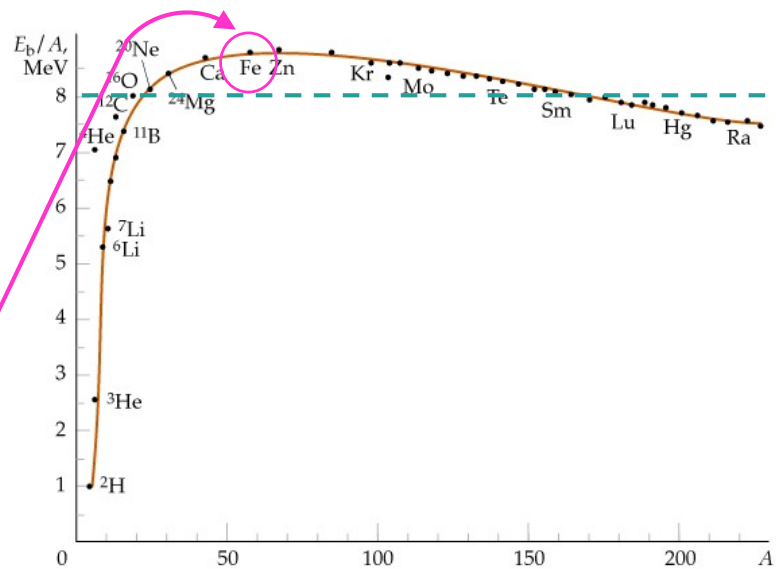


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

- Valor mitjà: ≈ 8 MeV per nucleó
- Màxim ampli per a nuclis de grandària mitjana. Per al Fe ≈ 8.8 MeV per nucleó
- Per a $A > 100$, la corba decreix suaument i arriba als 7.6 MeV per nucleó per a l'urani.

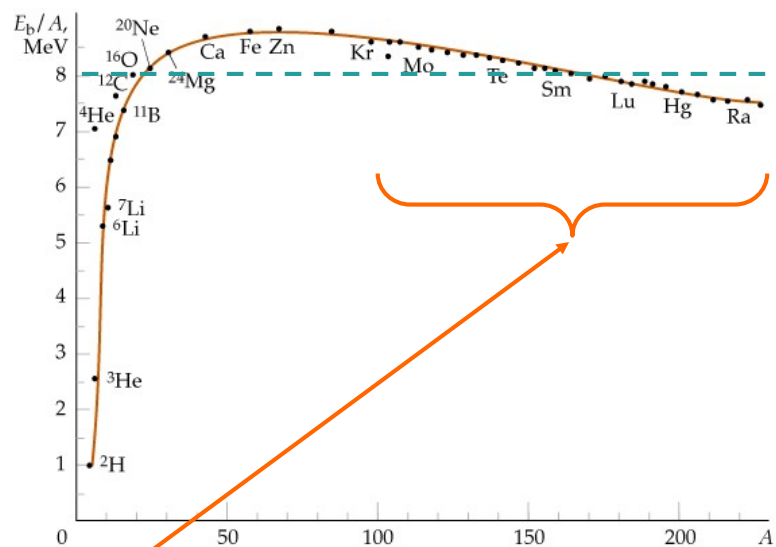


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Existència d'un màxim:
 - Si en un nucli pesant es produeix una **fissió** en dos nuclis de grandària mitjana

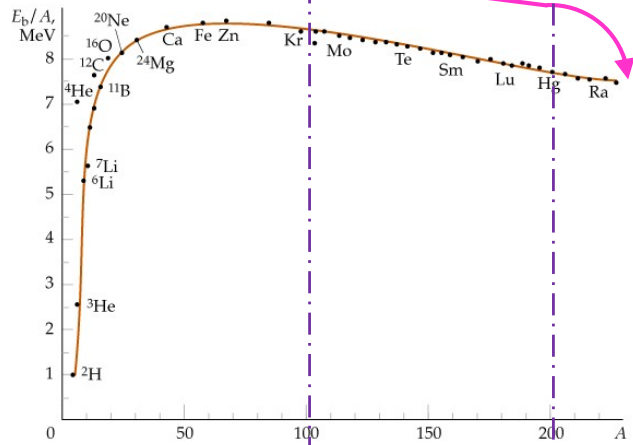


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Existència d'un màxim:
 - Si en un nucli pesant es produeix una **fissió** en dos nuclis de grandària mitjana
 - L'energia d'enllaç per nucleó augmenta aproximadament en 1 MeV per nucleó
 - L'energia sobrant s'elimina com a energia cinètica dels productes de fissió o com a raigs γ .

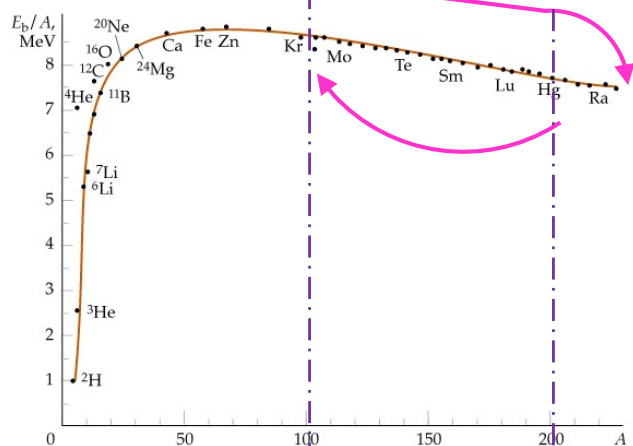


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Existència màxim:
 - Si en un nucli pesant es produeix una **fissió** en dos nuclis de grandària mitjana
- L'energia d'enllaç per nucleó augmenta aproximadament en 1 MeV per nucleó
- L'energia sobrant s'elimina com a energia cinètica dels productes de fissió o com a raigs γ .

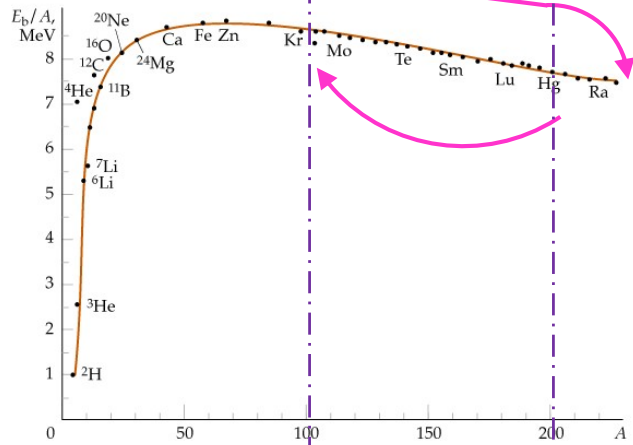


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Exemple: $^{238}_{92}\text{U}$

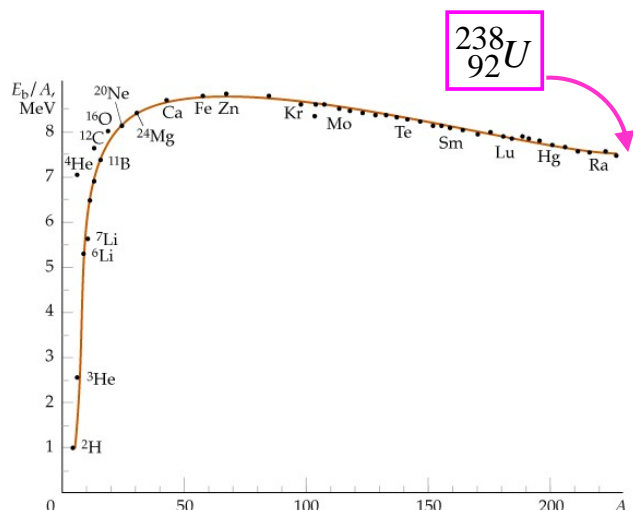


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

■ Exemple: ${}^{235}_{92}\text{U}$

- (a) bombardeig amb neutrons tèrmics

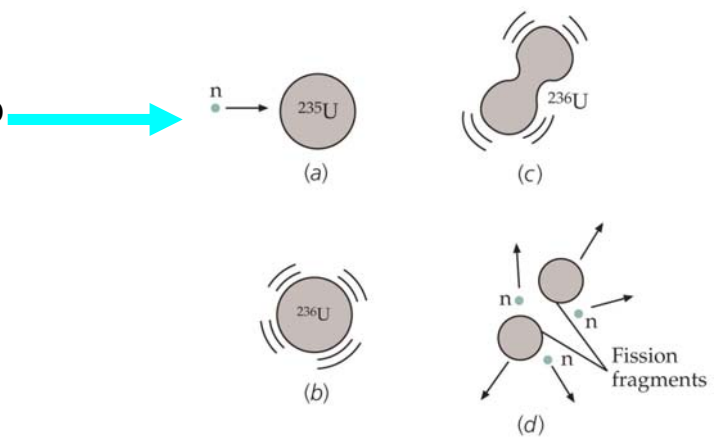


Figura 40.10 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

■ Ejemplo: ${}^{235}_{92}\text{U}$

- (a) bombardeig amb neutrons tèrmics
- (b) producció de nuclis d'urani excitats

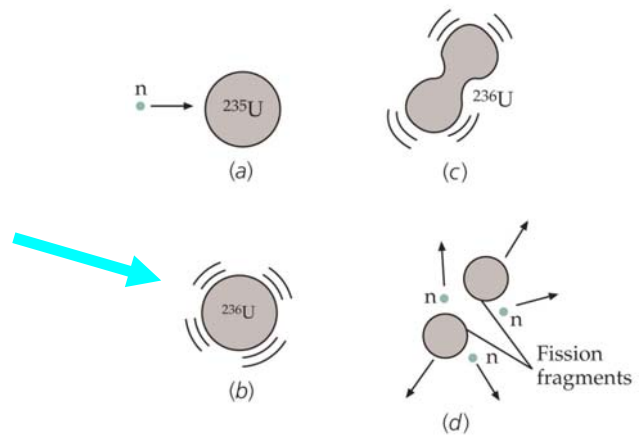


Figura 40.10 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

■ Exemple: ${}^{235}_{92}\text{U}$

- (a) bombardeig amb neutrons tèrmics
- (b) producció de nuclis d'urani excitats
- (c) fissió en dos fragments

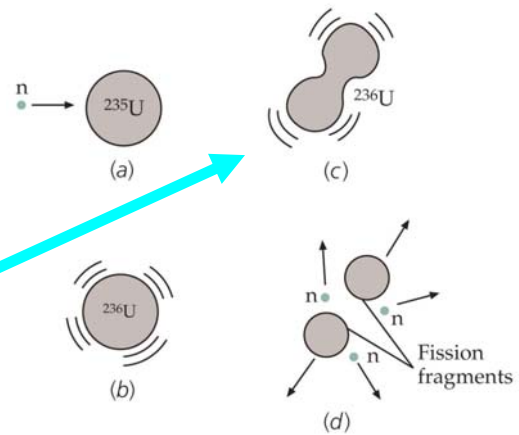


Figura 40.10 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

■ Ejemplo: ${}^{235}_{92}\text{U}$

- (a) bombardeig amb neutrons tèrmics
- (b) producció de nuclis d'urani excitats
- (c) fissió en dos fragments
- (d) emissió de neutrons ràpids

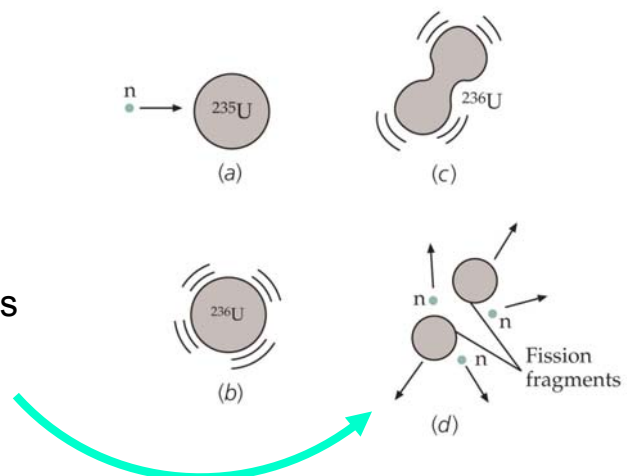


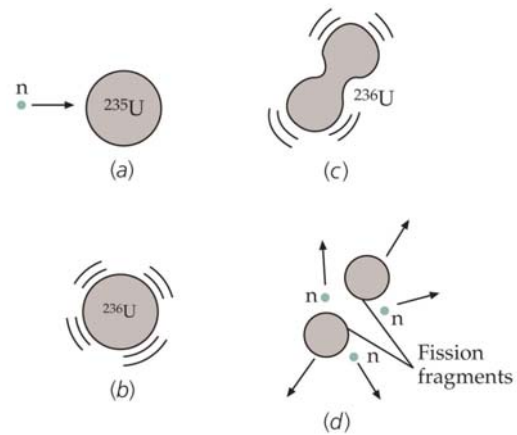
Figura 40.10 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

■ Exemple: ${}^{235}_{92}\text{U}$

- (a) bombardeig amb neutrons tèrmics
- (b) producció de nuclis d'urani excitats
- (c) fissió en dos fragments
- (d) emissió de neutrons ràpids



- Els neutrons alliberats poden ser capturats per altres nuclis d'urani i fer que aquests es fissionen una altra vegada, i així es produeix una **reacció en cadena**.

Figura 40.10 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.2 Masses nuclears i energia d'enllaç

- Si es combinen dos nuclis molt lleugers, tals com el deuteri (${}^2_1\text{H}$) o el triti (${}^3_1\text{H}$), es produeix una **fusió**, que també allibera energia.

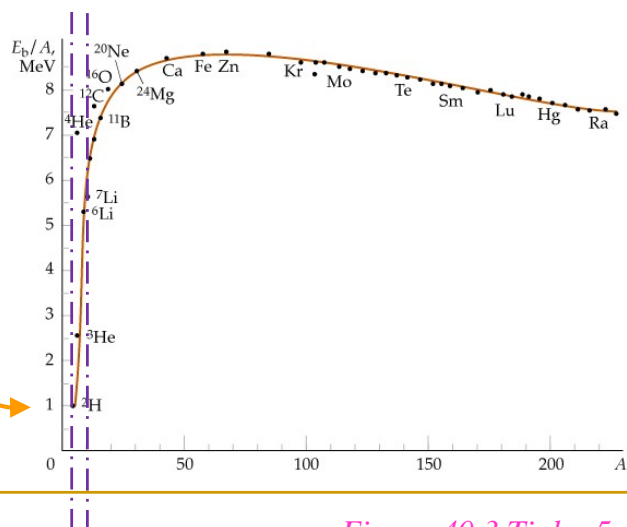
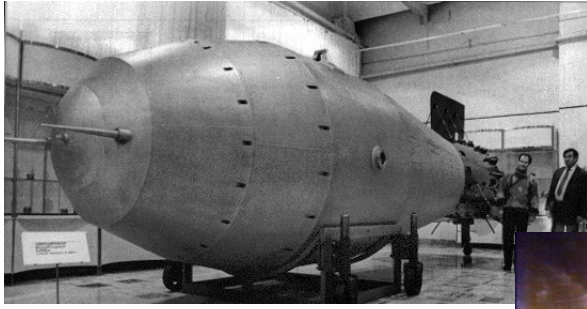


Figura 40.3 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT



http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_del_Zar

Bomba detonada més gran fins ara:

Bomba del Tsar a la Unió Soviètica en 1961 (50 megatonnes)



<http://www.taringa.net/posts/info/1816394/La-bomba-mas-grande-jamas-creada---La-Bomba-del-Zar.html>

TEMA 5: RADIOAC

<http://www.publico.es/ciencias/7378/rostro/tutankamon/exhibira/primera/vez>



http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_libro

Com es determina l'antiguitat de peces arqueològiques?

<http://www.taringa.net/posts/info/1206502/Ciencia-y-ficci%C3%B3n.html>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- A. H. Becquerel (1852-1908) va descobrir per casualitat les radiacions nuclears
 - una placa fotogràfica guardada en un calaix va quedar impressionada per un compost d'urani ($Z = 92$)



Henri Becquerel (1852-1908), descobrí la RADIACTIVIDAD en 1896.

<http://www.telecable.es/personales/ricky00/premiados/fisica.htm>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- A. H. Becquerel (1852-1908) va descobrir per casualitat les radiacions nuclears
 - una placa fotogràfica guardada en un calaix va quedar impressionada per un compost d'urani ($Z = 92$)
- Pierre i Marie Curie descobriren el poloni ($Z = 84$) i el radi ($Z = 88$)
 - Generaven encara més radiacions nuclears



Henri Becquerel (1852-1908), descubrió la RADIOACTIVIDAD en 1896.



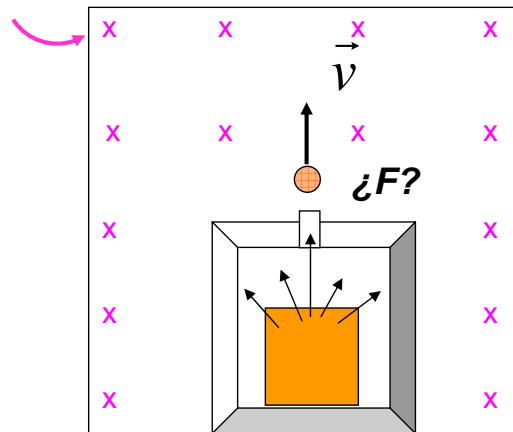
Marie y Pierre Curie descubrieron el polonio y, en 1898, el RADIO, metal mucho más radiactivo que el uranio.

<http://www.telecable.es/personales/ricky00/premiados/fisica.htm>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Font d'urani, en presència de: \vec{B}



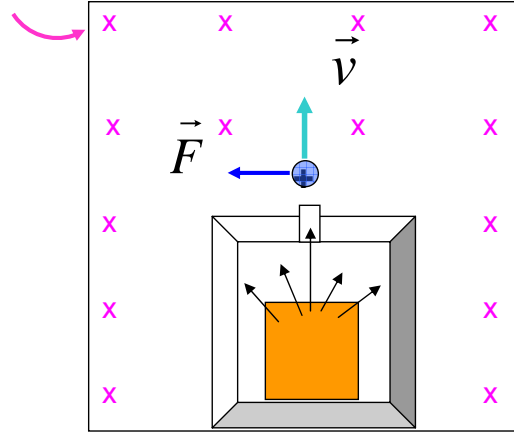
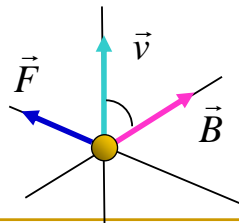
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Font d'urani, en presència de: \vec{B}

- CÀRREGA **POSITIVA**

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$



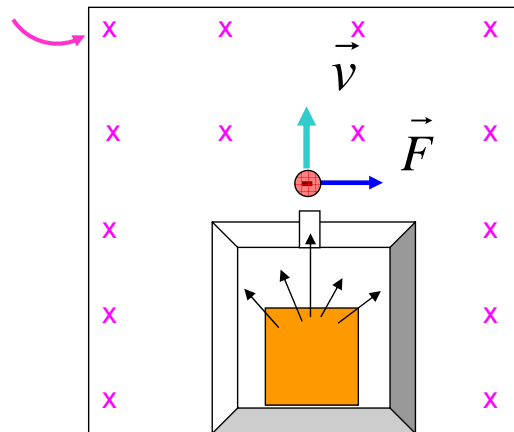
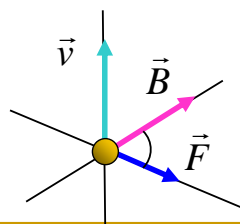
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Font d'urani, en presència de: \vec{B}

- CÀRREGA **NEGATIVA**

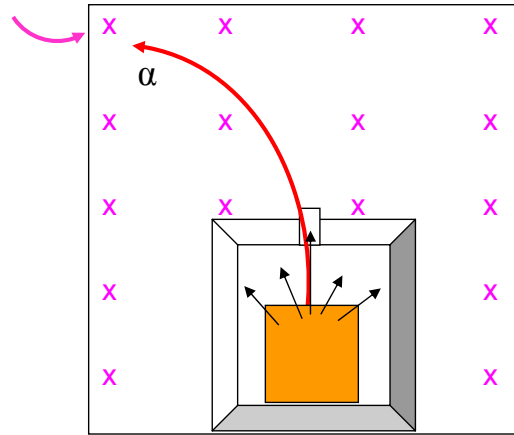
$$\vec{F} = -|q| \vec{v} \times \vec{B}$$



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

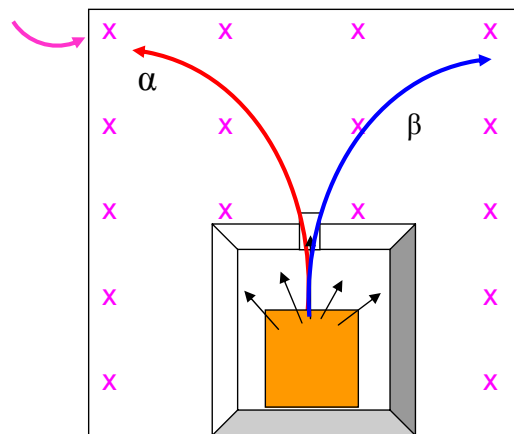
- Font d'urani, en presència de: \vec{B}
- Radiació alfa (α)
 - càrrega positiva, m gran
 - nucli d'heli: ${}^4_2\text{He}$



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

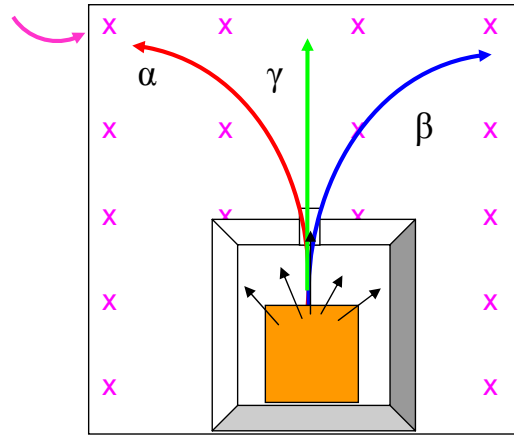
- Font d'urani, en presència de: \vec{B}
- Radiació alfa (α)
 - càrrega positiva, m gran
 - nucli d'heli: ${}^4_2\text{He}$
- Radiació beta (β):
 - càrrega negativa, m menuda
 - són electrons



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Font d'urani, en presència de: \vec{B}
- Radiació alfa (α)
 - càrrega positiva, m gran
 - nucli d'heli: ${}^4_2\text{He}$
- Radiació beta (β):
 - càrrega negativa, m menuda
 - són electrons
- Radiació gamma (γ)
 - sense càrrega elèctrica
 - són fotons molt energètics



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

TRANSMUTACIÓ
DE LES
SUBSTÀNCIES!

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Lleis de la desintegració radioactiva de Soddy i Fajans

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

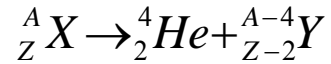
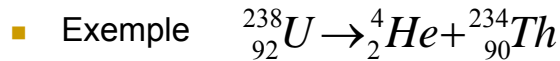
TRANSMUTACIÓ
DE LES
SUBSTÀNCIES!

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

■ Lleis de la desintegració radioactiva de Soddy i Fajans

□ 1) Emissió d'una partícula **alfa**:

- A disminueix en 4 i Z disminueix en 2



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

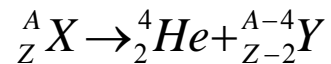
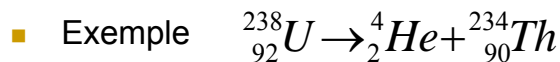
TRANSMUTACIÓ
DE LES
SUBSTÀNCIES!

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

■ Lleis de la desintegració radioactiva de Soddy i Fajans

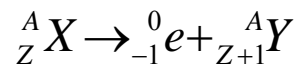
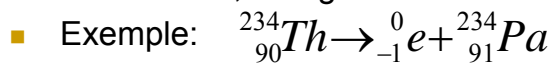
□ 1) Emissió d'una partícula **alfa**:

- A disminueix en 4 i Z disminueix en 2



□ 2) Emissió d'una partícula **beta**:

- A no canvia, Z augmenta en 1



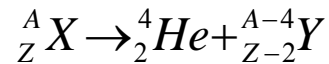
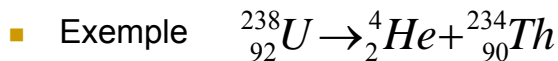
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

■ Lleis de la desintegració radioactiva de Soddy i Fajans

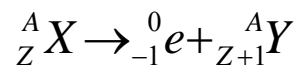
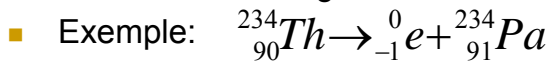
□ 1) Emissió d'una partícula **alfa**:

- A disminueix en 4 i Z disminueix en 2



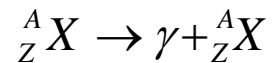
□ 2) Emissió d'una partícula **beta**:

- A no canvia, Z augmenta en 1



□ 3) Emissió de **radiació gamma**:

- A no canvia, Z no canvia: reajust energètic



TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

■ Famílies radioactives

□ **família radioactiva:**

- un element original radioactiu "pare"
- tots els productes radioactius de la seua desintegració
- fins a un descendent estable

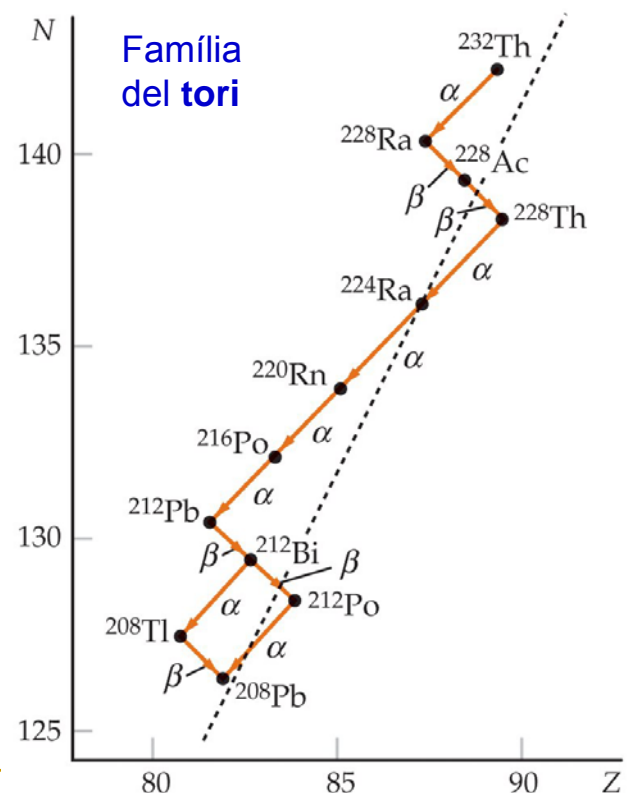


Figura 40.6 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (a) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció qualitativa

- Famílies radioactives
 - **família radioactiva:**
 - un element original radioactiu "pare"
 - tots els productes radioactius de la seua desintegració
 - fins a un descendent estable
 - El descendent estable és l'últim de la família

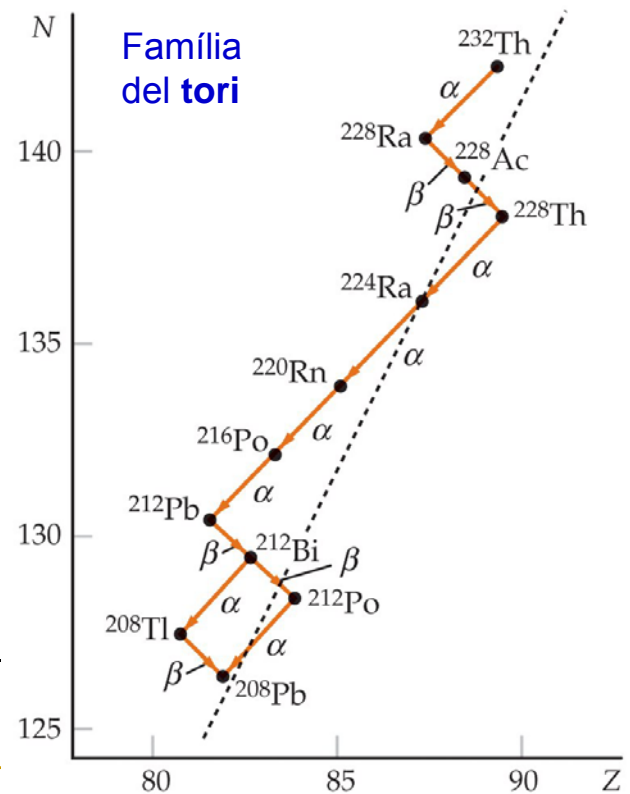


Figura 40.6 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Característiques de la llei de desintegració radioactiva:
 - Procés aleatori:
 - el nombre d'àtoms es redueix, no sabem quins, però sí quants (una probabilitat del 50%)

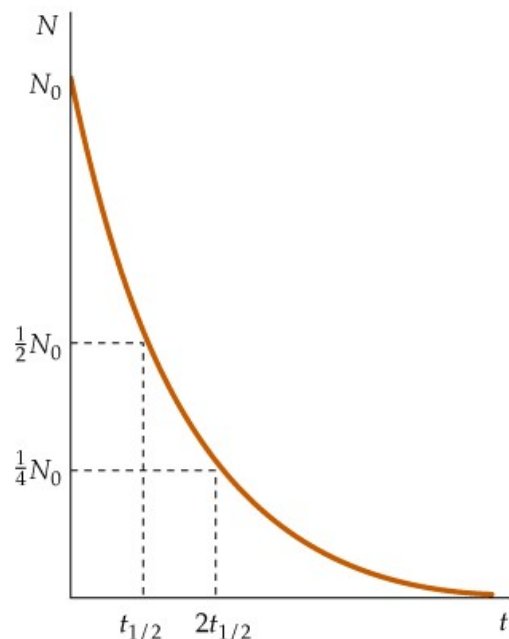


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Característiques de la llei de desintegració radioactiva:
 - Procés aleatori:
 - el nombre d'àtoms es redueix, no sabem quins, però sí quants (una probabilitat del 50%)
 - **període de semidesintegració** ($T_{1/2}$ o T): temps que tarda un nombre d'àtoms a reduir-se a la meitat

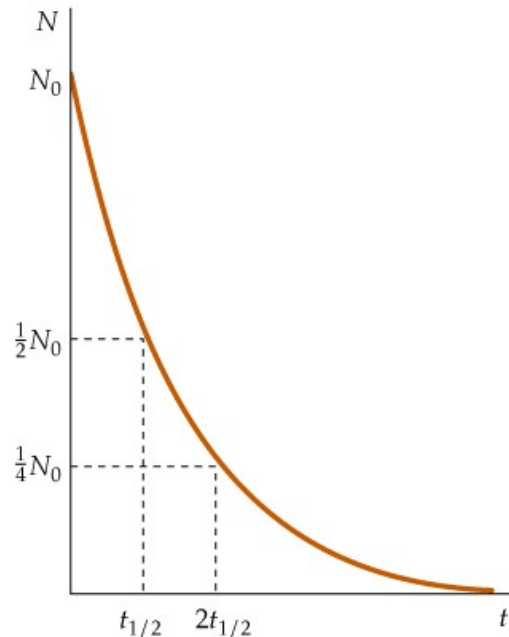


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Equació que descriu el procés:

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

- N_0 = nº inicial d'àtoms
- N = nº d'àtoms en t
- λ = constant radioactiva

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

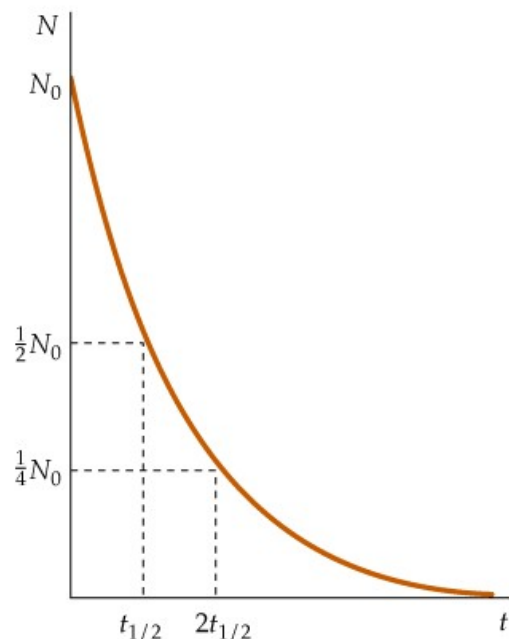


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Equació que descriu el procés:

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

- $N_0 = n^\circ$ inicial d'àtoms
- $N = n^\circ$ d'àtoms en t
- $\lambda =$ constant radioactiva

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

- Comprovació:

$$N(t = T) = N_0 e^{-\ln 2} = N_0 \cdot 0.5$$

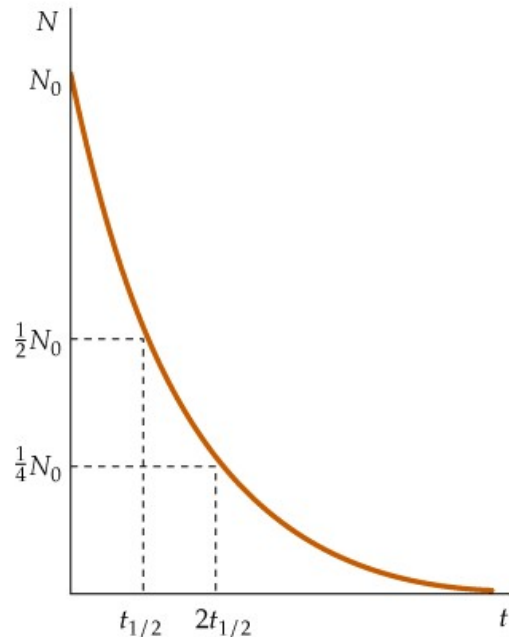


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:

- Velocitat a la que es desintegren els àtoms

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} =$$

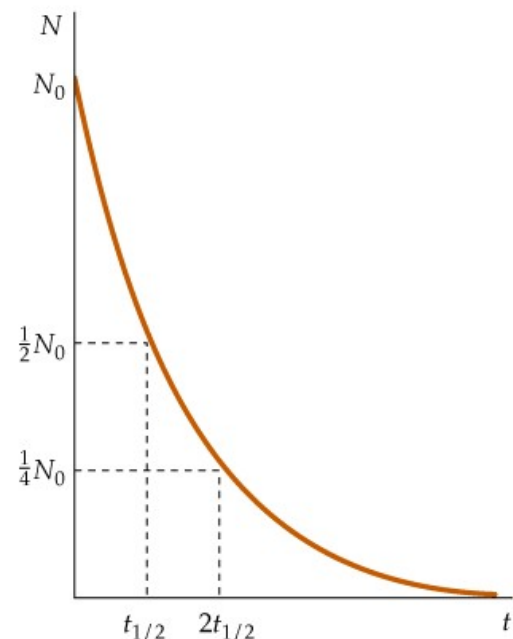


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:
 - Velocitat a la que es desintegren els àtoms

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = (-\lambda) N_0 e^{-\lambda t} =$$

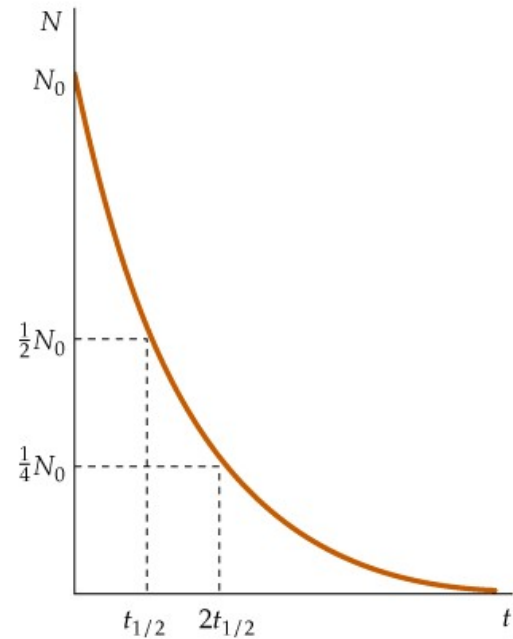


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:
 - Velocitat a la que es desintegren els àtoms

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = (-\lambda) N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N$$

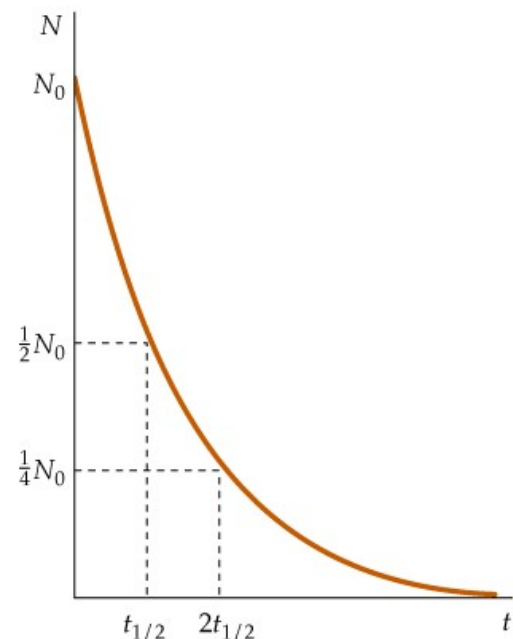


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:
 - Velocitat a la que es desintegren els àtoms

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = (-\lambda) N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N$$

- es negativa, ja que fa referència a la reducció del nombre d'àtoms

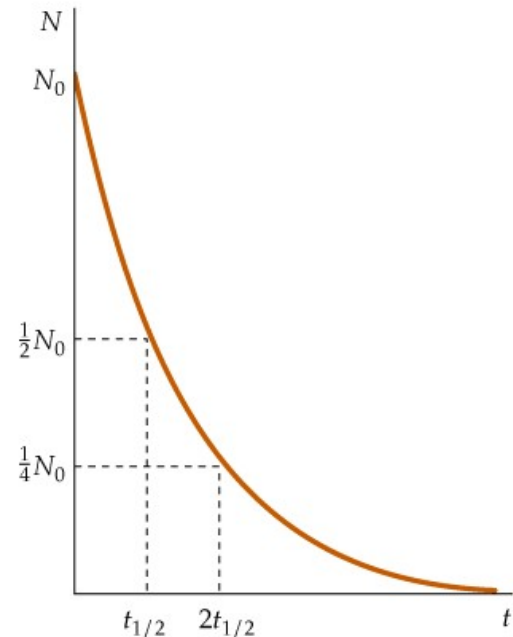


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:
 - Es defineix l' **activitat radioactiva (A)** com la velocitat de desintegració canviada de signe

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

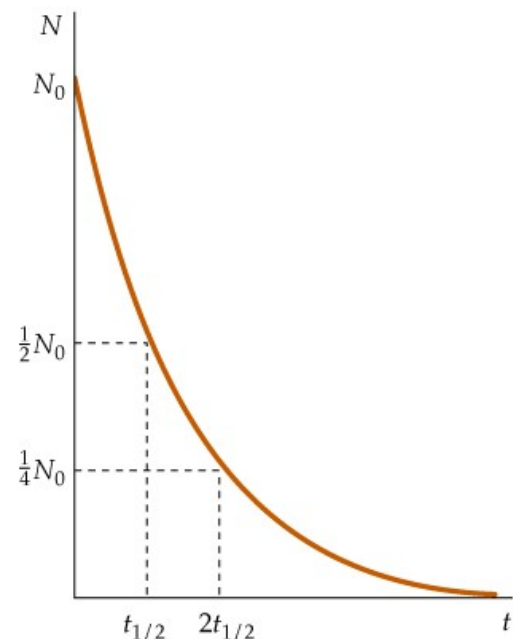


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Velocitat de desintegració:
 - Es defineix l' **activitat radioactiva (A)** com la velocitat de desintegració canviada de signe

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

- Unitat:
 - $\frac{n^\circ \text{ desintegracions}}{s}$
 - $1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Bq (bequerel)}$

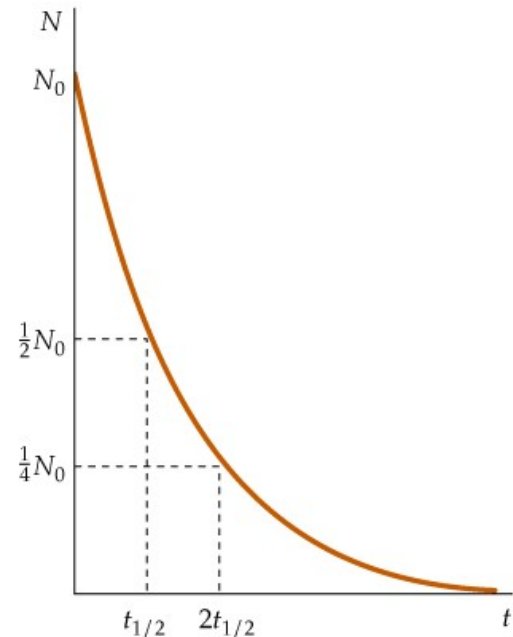


Figura 40.4 Tipler 5a ed.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Quan els elements radioactius s'introdueixen en cossos biològics:
 - pateixen una reducció per desintegració nuclear
 - pateixen una reducció per expulsió biològica (suor, orina...)

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Quan els elements radioactius s'introdueixen en cossos biològics:
 - pateixen una reducció per desintegració nuclear
 - pateixen una reducció per expulsió biològica (suor, orina...)
 - Aquesta reducció es té en compte mitjançant el *període biològic de semidesintegració*: T_B
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.3 (b) La desintegració radioactiva i les seues lleis: descripció quantitativa

- Quan els elements radioactius s'introdueixen en cossos biològics:
 - pateixen una reducció per desintegració nuclear
 - pateixen una reducció per expulsió biològica (suor, orina...)
- Aquesta reducció es té en compte mitjançant el *període biològic de semidesintegració*: T_B
- D'aquesta manera, el *període efectiu de semidesintegració* vindrà donat per: T_{ef}

$$\frac{1}{T_{ef}} = \frac{1}{T_B} + \frac{1}{T_F}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

Períodes de semidesintegració **físic** i **biològic** de radionúclids utilitzats en medicina

Núclid	Lloc de concentració	T _F (dies)	T _B (dies)
${}^3_1\text{H}$	Tot el cos	4.6×10^3	19
${}^{14}_6\text{C}$	Teixit gras	2.1×10^6	35
${}^{14}_6\text{C}$	Ossos	2.1×10^6	180
${}^{24}_{11}\text{Na}$	Tot el cos	0.62	29
${}^{32}_{15}\text{P}$	Ossos	14.3	1200
${}^{35}_{16}\text{S}$	Pell	87.1	22
${}^{36}_{17}\text{Cl}$	Tot el cos	1.6×10^8	29

TEMA 5: RADIOAC

<http://www.publico.es/ciencias/7378/rostro/tutankamon/exhibira/primera/vez>



http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_libro

Com es determina l'antiguitat de peces arqueològiques?

<http://www.taringa.net/posts/info/1206502/Ciencia-y-ficci%C3%B3n.html>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ FONAMENT GENERAL:

- Per a un element radioactiu de T conegut:
- Si podem determinar
 - N_o : nombre d'àtoms inicial
 - N : nombre actual d'àtoms

→ podem determinar t

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ FONAMENT GENERAL:

- Per a un element radioactiu de T conegut: $N = N_o e^{-\lambda t}$
 - Si podem determinar
 - N_o : nombre d'àtoms inicial
 - N : nombre actual d'àtoms
- podem determinar t

- La concentració **actual** d'àtoms (N) es pot mesurar directament, mentre que la quantitat original (N_o) s'ha de determinar indirectament
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en arqueologia: mètode del carboni 14

- S'utilitza el $^{14}_6C$, present en materials d'origen animal o vegetal, amb un període de semidesintegració de 5730 anys.
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en arqueologia: mètode del carboni 14

- S'utilitza el $^{14}_6C$, present en materials d'origen animal o vegetal, amb un període de semidesintegració de 5730 anys.
 - Es poden datar llavors, instruments de fusta, restes humanes i d'animals (és a dir, no és útil en restes metàl·liques o minerals).
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en arqueologia: mètode del carboni 14

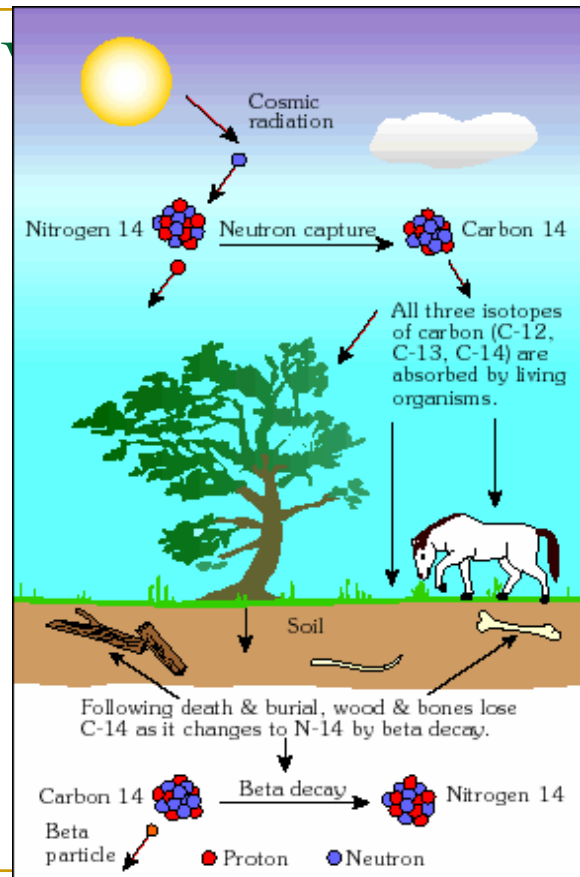
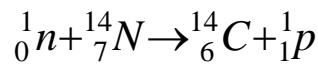
- S'utilitza el $^{14}_6C$, present en materials d'origen animal o vegetal, amb un període de semidesintegració de 5730 anys.
 - Es poden datar llavors, instruments de fusta, restes humanes i d'animals (és a dir, no és útil en restes metàl·liques o minerals).
 - Límit de validesa del mètode: $t < 10 \times T$
 $t < 60000$ anys
-

TEMA 5: RADIOACTI

5.4 Datació en arqueologia

Fonament:

- (a) Els raigs còsmics produeixen neutrons que són capturats per àtoms de nitrogen per a donar carboni 14 i protons.



<http://www.tartessos.info/html/carbono14.htm>

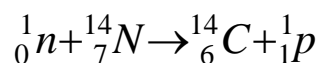
<http://externos.uma.es/geml/isotopos.ppt>

TEMA 5: RADIOACTI

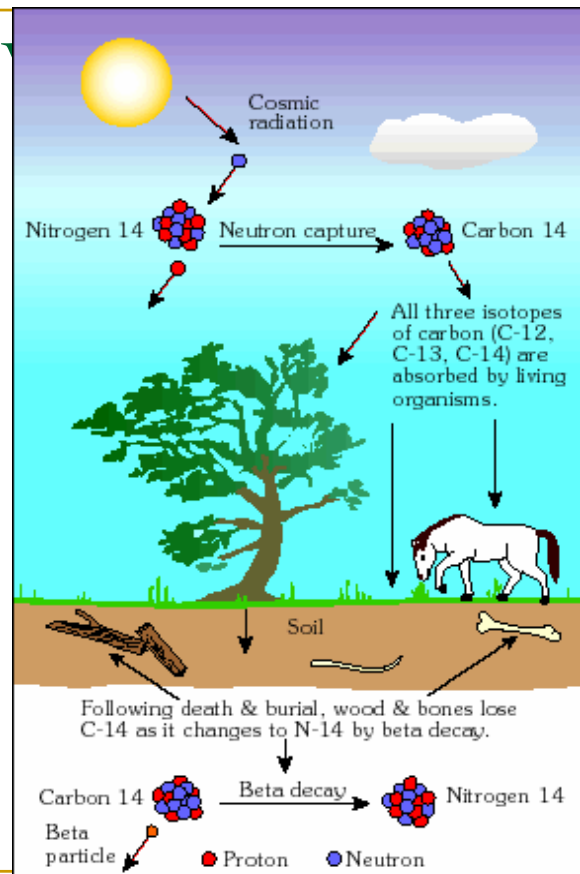
5.4 Datació en arqueologia

Fonament:

- (a) Els raigs còsmics produeixen neutrons que són capturats per àtoms de nitrogen per a donar carboni 14 i protons:



- (b) El carboni radioactiu es mescla totalment amb el carboni ordinari i s'introdueix en la cadena tròfica.



<http://www.tartessos.info/html/carbono14.htm>

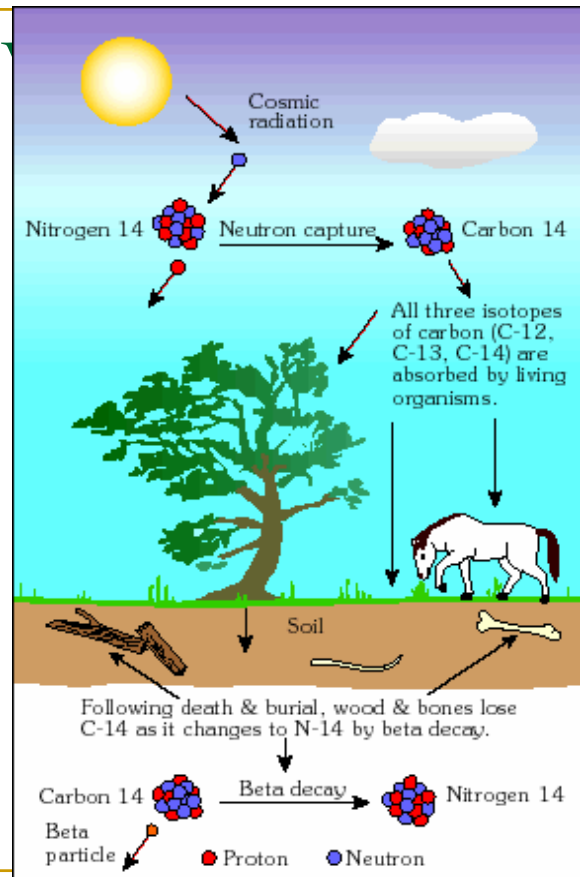
<http://externos.uma.es/geml/isotopos.ppt>

TEMA 5: RADIOACTI

5.4 Datació en arqueologia

Fonament:

- (c) Mentre viu: quantitat constant (s'ingereix a la mateixa velocitat que es destrueix).



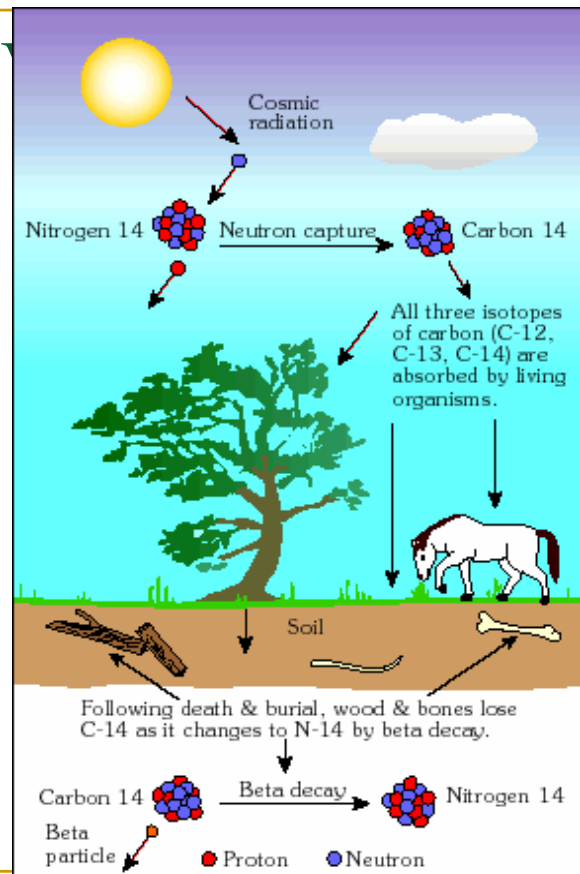
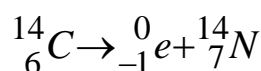
<http://externos.uma.es/geml/isotopos.ppt>

TEMA 5: RADIOACTI

5.4 Datació en arqueologia

Fonament:

- (c) Mentre viu: quantitat constant (s'ingereix a la mateixa velocitat que es destrueix).
- (d) Quan mor: la quantitat es redueix (no hi ha incorporació addicional i el que hi ha es va desintegrant).



<http://externos.uma.es/geml/isotopos.ppt>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

- Dificultat: determinació de les ínfimes quantitats de carboni 14 que queden (mitjançant l'espectròmetre de masses)

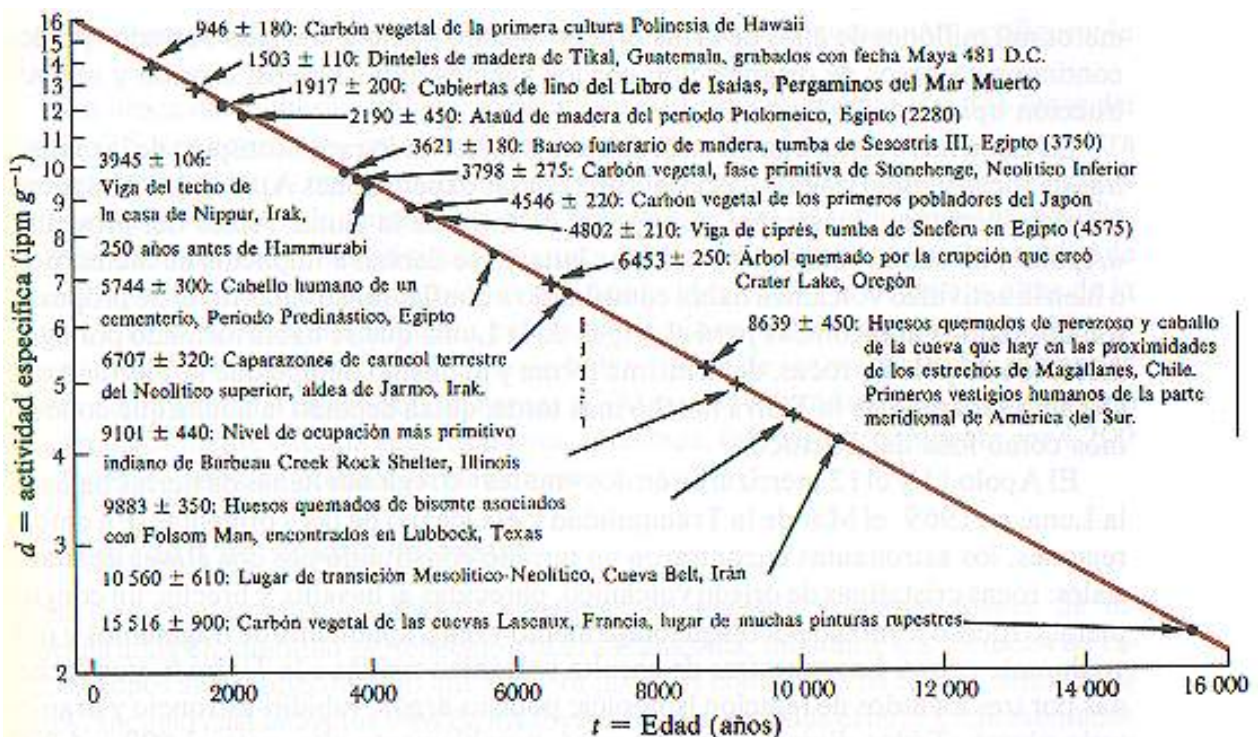


<http://www.ingeis.uba.ar/default.php?page=geocronologia.htm>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

ipm: impulsos per minut

- Datació mitjançant el carboni 14



<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0504-01/fechaado.html>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia

- Radionúclids amb $T \approx$ temps geològics (milers de milions d'anys)

Núclid Natural	Núclid estable produït	$T_{1/2}$ (milers de milions d'anys)
${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^{206}_{82}\text{Pb}$	4.5
${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{207}_{82}\text{Pb}$	0.7
${}^{232}_{90}\text{Th}$	${}^{208}_{82}\text{Pb}$	14.1
${}^{87}_{37}\text{Rb}$	${}^{87}_{38}\text{Sr}$	50
${}^{40}_{19}\text{K}$	${}^{40}_{18}\text{Ar}$	1.3

- Terra: 4500 Ma
- Roques antigues: 3300 Ma

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia

- La datació geològica en general depèn de dos supòsits principals:
 - Quan la roca es va formar: **només** àtoms radioactius pares.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia

- La datació geològica en general depèn de dos supòsits principals:
 - Quan la roca es va formar: **només** àtoms radioactius pares.
 - Després de formar-se: **roca = sistema tancat** (no s'hi afegeix ni es lleva cap àtom pare o "fill")
 - **Si** alguna d'aquestes suposicions **no es compleixen**, aleshores **la tècnica falla** i la datació obtinguda és falsa.
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia

- La datació geològica en general depèn de dos supòsits principals:
 - Quan la roca es va formar: **només** àtoms radioactius pares.
 - Després de formar-se: **roca = sistema tancat** (no s'hi afegeix ni es lleva cap àtom pare o "fill")
 - **Si** alguna d'aquestes suposicions **no es compleixen**, aleshores **la tècnica falla** i la datació obtinguda és falsa.

 - El mètode de datació depèn del tipus de roca.
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia: mètode de l'urani-plom (U/Pb)

□ Tipus de mostres:

- mostres **amb** els isòtops ${}^{206}_{82}\text{Pb}$, ${}^{207}_{82}\text{Pb}$, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$
- **sense** l'isòtop ${}^{204}_{82}\text{Pb}$

→ el plom present en la roca és degut a la desintegració radioactiva

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

■ Datació en geologia: mètode de l'urani-plom (U/Pb)

□ Tipus de mostres:

- mostres **amb** els isòtops ${}^{206}_{82}\text{Pb}$, ${}^{207}_{82}\text{Pb}$, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$
- **sense** l'isòtop ${}^{204}_{82}\text{Pb}$

→ el plom present en la roca és degut a la desintegració radioactiva

- Límit de validesa: adequat per a edats superiors als 30 milions d'anys.
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

Fonament:

- S'analitza la relació entre la quantitat de l'element pare i de l'element fill. Estudiarem el cas de ${}_{92}^{238}\text{U} / {}_{82}^{206}\text{Pb}$
 - Quan es va crear la roca: N_o àtoms d'urani
 - en l'actualitat: N àtoms d'urani
 $(N_o - N)$ àtoms de plom
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

Fonament:

- S'analitza la relació entre la quantitat de l'element pare i de l'element fill. Estudiarem el cas de ${}_{92}^{238}\text{U} / {}_{82}^{206}\text{Pb}$
 - Quan es va crear la roca: N_o àtoms d'urani
 - en l'actualitat: N àtoms d'urani
 $(N_o - N)$ àtoms de plom

- Per tant:
$$\frac{N({}_{92}^{238}\text{U})}{N({}_{82}^{206}\text{Pb})} = \frac{N}{N_o - N} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

Fonament:

- S'analitza la relació entre la quantitat de l'element pare i de l'element fill. Estudiarem el cas de ${}^{238}_{92}\text{U} / {}^{206}_{82}\text{Pb}$

- Quan es va crear la roca: N_o àtoms d'urani

- en l'actualitat: N àtoms d'urani

$(N_o - N)$ àtoms de plom

- Per tant:
$$\frac{N({}^{238}_{92}\text{U})}{N({}^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{N}{N_o - N} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1}$$

- Si es coneix experimentalment aquesta relació:
$$\frac{N({}^{238}_{92}\text{U})}{N({}^{206}_{82}\text{Pb})} = a$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb

Fonament:

- $$\frac{N({}^{238}_{92}\text{U})}{N({}^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1}$$
- $$\frac{N({}^{238}_{92}\text{U})}{N({}^{206}_{82}\text{Pb})} = a$$

$$\frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb

Fonament:

$$\begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = a \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = a \end{array}} \right\} \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

$$\blacksquare \text{Aïllant: } t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{a+1}{a}\right) =$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb

Fonament:

$$\begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = a \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = a \end{array}} \right\} \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

$$\blacksquare \text{Aïllant: } t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{a+1}{a}\right) = T \frac{\ln[(a+1)/a]}{\ln 2}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb

Fonament:

$$\frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1}$$

$$\frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{206}_{82}\text{Pb})} = a$$

$$\frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

És a dir:
2, 4, 8...

$$\text{Aïllant: } t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{a+1}{a}\right) = T \frac{\ln[(a+1)/a]}{\ln 2}$$

$$\text{Si } \frac{N_o}{N} = \frac{N(^{238}_{92}\text{U})}{N(^{238}_{92}\text{U})} = 2^n \rightarrow t = n \cdot T$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb



Aplicació interessant:

Una de les edats més antigues que s'han determinat ha sigut la de mostres de zircó:

Determinació de l'edat de la Terra.

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode U/Pb



Aplicació interessant:

Una de les edats més antigues que s'han determinat ha sigut la de mostres de zircó: determinació de l'edat de la Terra.

Analitzant l'urani contingut en les **restes fòssils** s'han pogut datar els fòssils més remots



<http://www.preescolartec.com/aldea/Tareas2.asp?which=173>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

- Datació en geologia: mètode del potassi-argó (K/Ar)
 - Tipus de mostres:
 - que continguem potassi: element molt comú en les roques de l'escorça terrestre
 - és efectiu sobretot en roques ígnies
 - PERÒ no han d'haver perdut l'argó (no han de ser poroses)

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia

- Datació en geologia: mètode del potassi-argó (K/Ar)
 - Tipus de mostres:
 - que continguen potassi: element molt comú en las roques de l'escorça terrestre
 - és efectiu sobretot en roques ígnies
 - PERÒ no han d'haver perdut l'argó (no han de ser poroses)
 - Límit de validesa: com que $T(K) = 1300$ milions d'anys
 - aquest mètode cobreix quasi per complet l'escala dels temps geològics
 - Des d' 1 milió d'anys fins a més de 3000 milions d'anys
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar

Fonament:

$$\begin{aligned} \square \quad \frac{N(^{40}_{19}K)}{N(^{40}_{18}Ar)} &= \frac{N}{N_o - N} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \square \quad \frac{N(^{40}_{19}K)}{N(^{40}_{18}Ar)} &= a \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\frac{N(^{40}_{19}K)}{N(^{40}_{18}Ar)}}} \right\} \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar

Fonament:

$$\left. \begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{40}\text{K})}{N(^{40}\text{Ar})} = \frac{N}{N_o - N} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{40}\text{K})}{N(^{40}\text{Ar})} = a \end{array} \right\} \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

$$\blacksquare \text{Aïllant: } t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{a+1}{a}\right) = T \frac{\ln[(a+1)/a]}{\ln 2}$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar

Fonament:

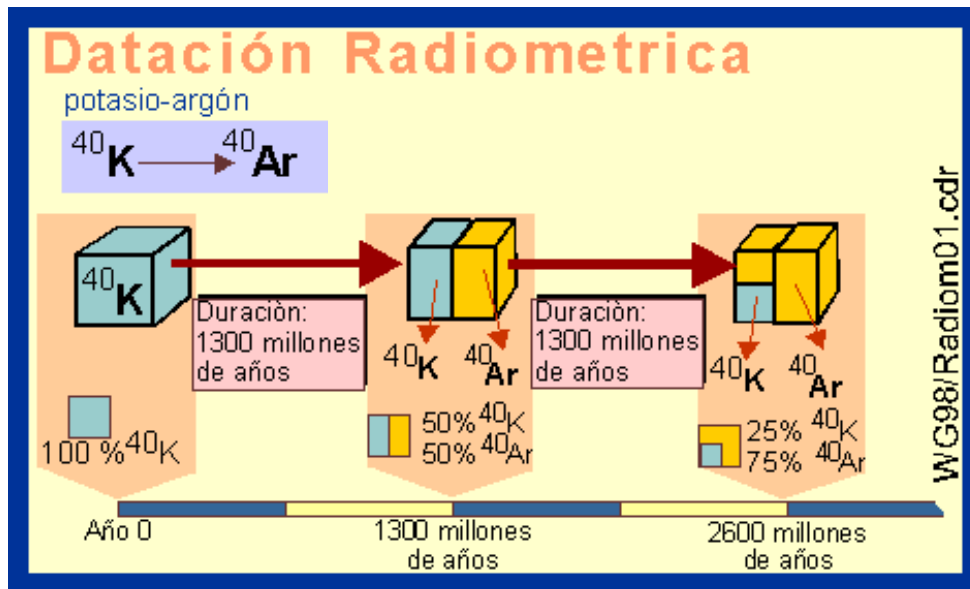
$$\left. \begin{array}{l} \blacksquare \frac{N(^{40}\text{K})}{N(^{40}\text{Ar})} = \frac{N}{N_o - N} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} \\ \blacksquare \frac{N(^{40}\text{K})}{N(^{40}\text{Ar})} = a \end{array} \right\} \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = a$$

$$\blacksquare \text{Aïllant: } t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{a+1}{a}\right) = T \frac{\ln[(a+1)/a]}{\ln 2}$$

$$\blacksquare \text{Si } \frac{N_o}{N} = \frac{N(^{40}\text{K})}{N(^{40}\text{K})} = 2^n \quad \rightarrow \quad t = n \cdot T$$

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

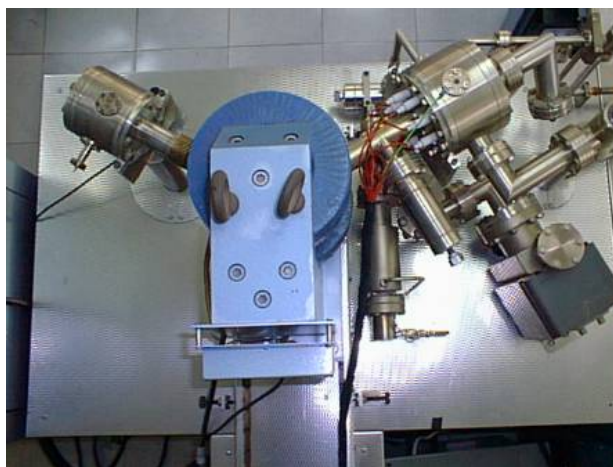
5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar



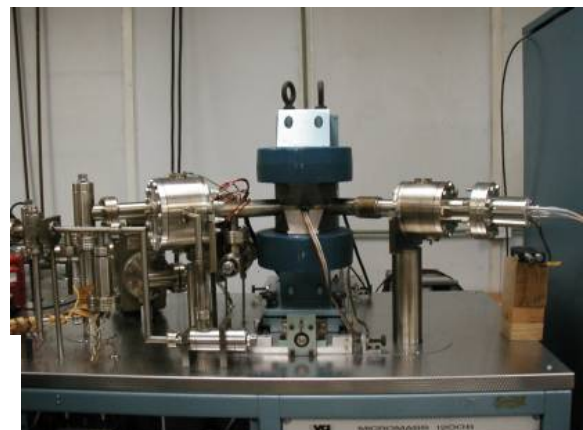
<http://www.fortunecity.com/westwood/chanel/270/kronos/metodos.htm#potasio>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar



ESPECTRÒMETRE DE MASSES



Pàgina web de : **Jesús Solé** (geoquímic)

<http://www.geologia.unam.mx/index.php>

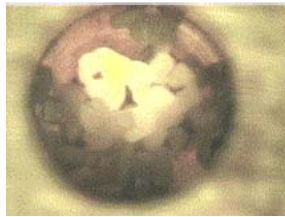
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.4 Datació en arqueologia i geologia - mètode K/Ar

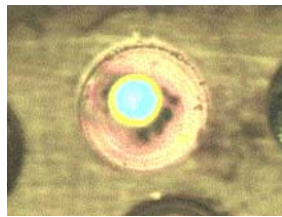


FUSIÓ MITJANÇANT LÀSER

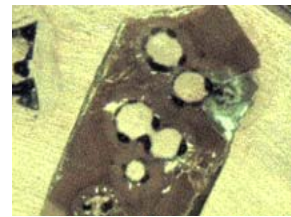
Calentamiento



Fusión



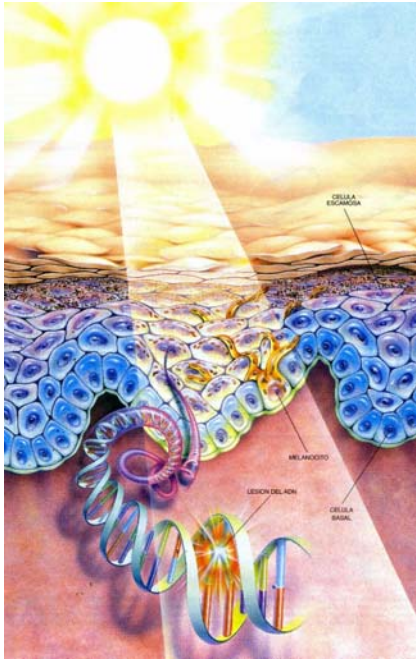
Ablación



Pàgina web de : **Jesús Solé** (geoquímic)

<http://geologia.igeolcu.unam.mx/GEOQ/SoleJ.html>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

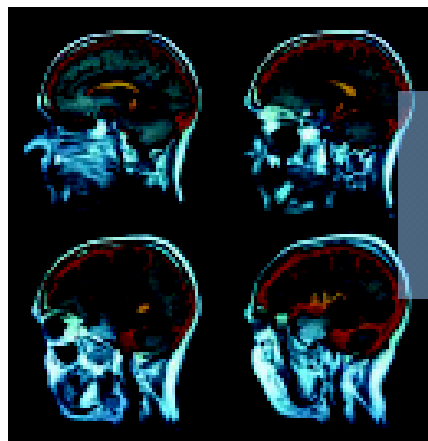
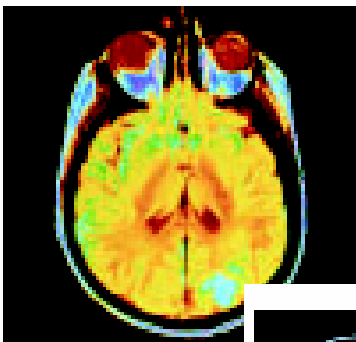


http://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear

Quin és l'efecte de les radiacions sobre el nostre cos?

http://www.sagan-gea.org/hojared_radiacion/paginas/Las_UV_y_los_seres_vivos.html

TEMA 5: RADIOACTIVITAT



Tenen aplicacions benèfiques les radiacions?

<http://www.radiologyinfo.org/sp/>

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Radioactivitat artificial: en bombardejar elements amb projectils (partícules alfa, neutrons...) s'obtenen isòtops radioactius artificials
 - en general, són inestables ($T_{1/2}$ molt menuts: hores, minuts, segons...)
-

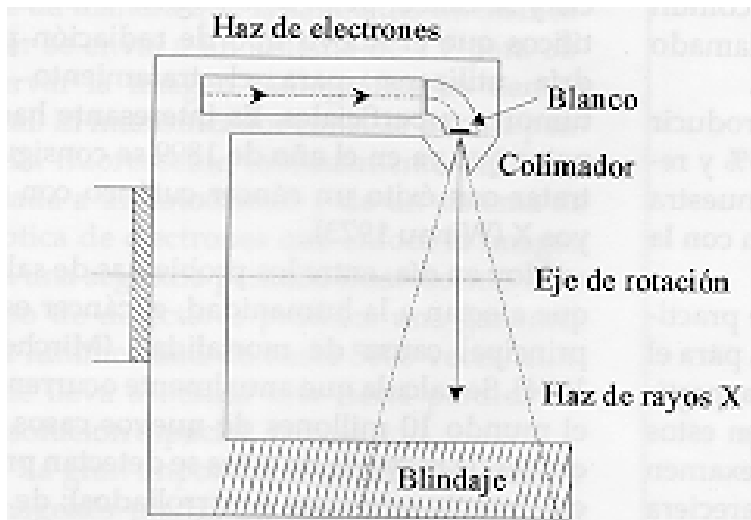
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Radioactivitat artificial: en bombardejar elements amb projectils (partícules alfa, neutrons...) s'obtenen isòtops radioactius artificials
 - en general, són inestables ($T_{1/2}$ molt menuts: hores, minuts, segons...)
 - Per al bombardeig amb projectils, fan falta:
 - reactors nuclears (per a generar projectils)
 - acceleradors de partícules (per a accelerar els projectils)
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

EXEMPLE: accelerador de partícules lineal



<http://www.smf.mx/boletin/Oct-95/ray-med.html>

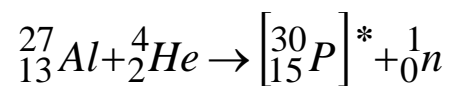


http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_pc.cfm?image=Oncoprim.jpg&pg=linac

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Exemples de reaccions nuclears artificials
 - Alumini-27 bombardejat amb partícules alfa:

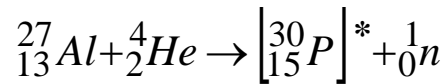


TEMA 5: RADIOACTIVITAT

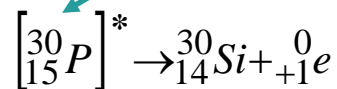
5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Exemples de reaccions nuclears artificials

- Alumini-27 bombardejat amb partícules alfa:



- Es converteix en fòsfor-30, inestable (T = 2.6 min)

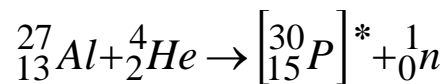


TEMA 5: RADIOACTIVITAT

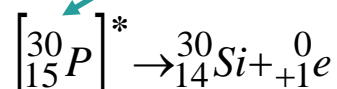
5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Exemples de reaccions nuclears artificials

- Alumini-27 bombardejat amb partícules alfa:



- Es converteix en fòsfor-30, inestable (T = 2.6 min)

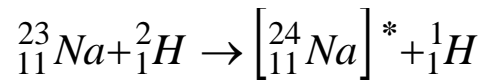


- Es generen positrons (${}_{+1}^0\text{e}$, q = +e)

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

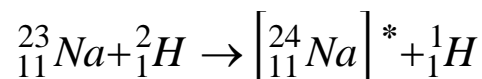
- Exemples de reaccions nuclears artificials
 - Sodi-23 bombardejat amb deuterons:



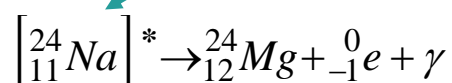
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Exemples de reaccions nuclears artificials
 - Sodi-23 bombardejat amb deuterons:



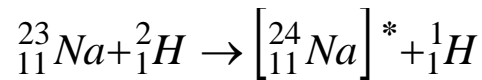
- Es converteix en sodi-24, inestable (T = 15 hores)



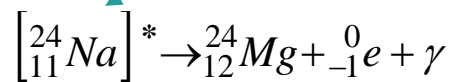
TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Exemples de reaccions nuclears artificials
 - Sodi-23 bombardejat amb deuterons:



- Es converteix en sodi-24, inestable (T = 15 hores)



- Emet una partícula beta i radiació gamma

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

- Avui en dia: radioisòtops artificials de quasi tots els elements
- La notació general d'una reacció nuclear artificial es:

$$X(\textit{part.projectil}, \textit{part.producte}) Y$$

- X: àtom que actua com a blanc
- Y: àtom resultant
- entre parèntesis:
 - partícula projectil
 - partícula producte

si no hi ha projectil,
desintegració espontània

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

■ Aplicacions (beneficioses) dels radioisòtops

□ Investigació mèdica i diagnosi

- Isòtops radioactius: mateixes propietats químiques que els no radioactius, però “marcats” → poden ser rastrejats
 - *Investigació*: transport del sodi en les fibres nervioses (bomba de sodi-potassi), acció d’hormones i de drogues, metabolisme de fècules i sucres...
 - *Diagnosi*: s’analitza el comportament dels òrgans per comprovar-ne el funcionament.
-

TEMA 5: RADIOACTIVITAT

5.5 Radioactivitat artificial. Radioisòtops

■ Aplicacions (beneficioses) dels radioisòtops

□ Investigació mèdica i diagnosi

- Isòtops radioactius: mateixes propietats químiques que els no radioactius, però “marcats” → poden ser rastrejats
- *Investigació*: transport del sodi en les fibres nervioses (bomba de sodi-potassi), acció d’hormones i de drogues, metabolisme de fècules i sucres...
- *Diagnosi*: s’analitza el comportament dels òrgans per comprovar-ne el funcionament.

□ Teràpia

- Cèl·lules canceroses: altament vulnerables a la radiació
 - Es destrueixen mitjançant radiació (bombardeig, càpsules...)
-

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

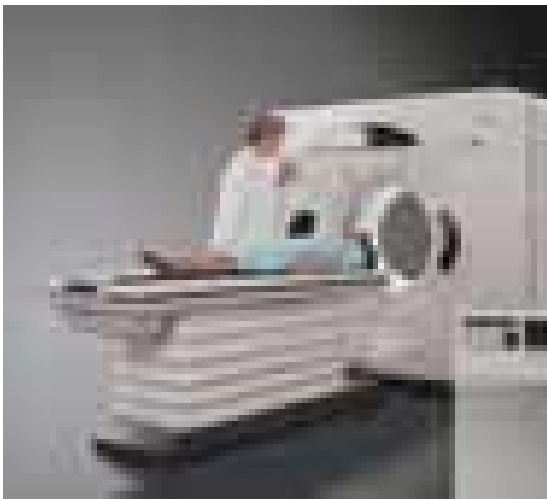
- **CURIOSITAT:** radiografies



http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrad

TUTORIA 3: EFECTO DE LA RADIACIÓN

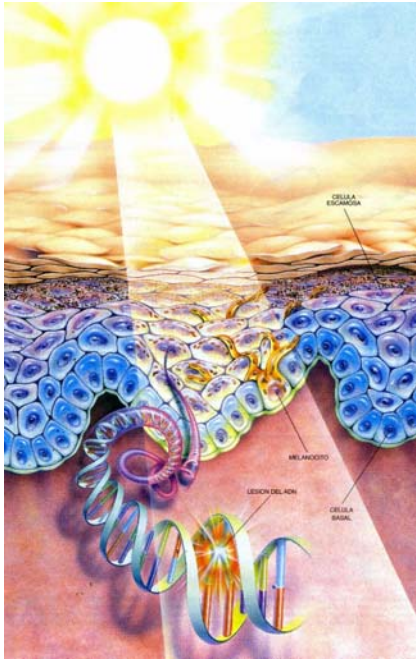
- **CURIOSITAT:** TAC



TAC: tomografía axial computada

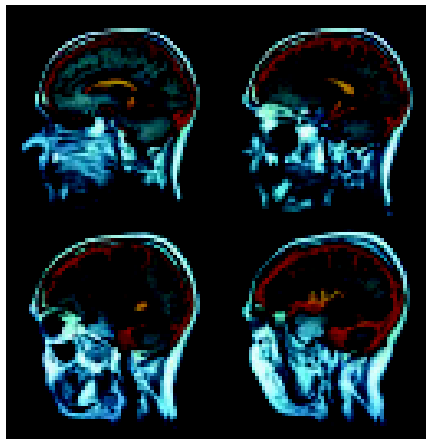
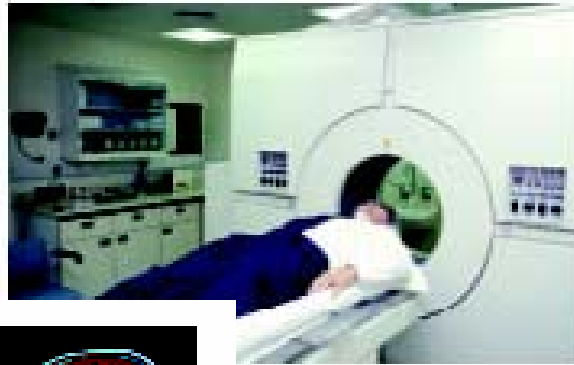
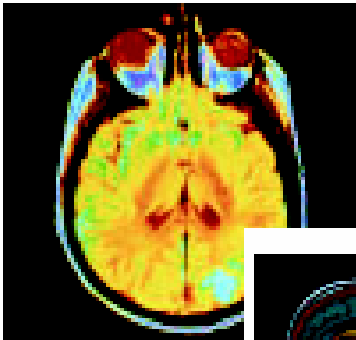
http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrad

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ



Quin és l'efecte de les radiacions sobre el nostre cos?

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ



Tenen aplicacions beneficioses les radiacions?

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

RESUM

- Radioactivitat natural: determinats isòtops d'alguns elements, de forma espontània:
 - Es desintegren, es converteixen en altres elements.
 - Emeten diferents tipus de radiació.
- Radioactivitat artificial: mitjançant el bombardeig amb partícules, es poden aconseguir isòtops radioactius de quasi tots els elements (que es desintegren i emeten radiació).
 - En general, els isòtops radioactius artificials tenen un període de semidesintegració molt curt.
 - Els isòtops radioactius artificials poden tenir aplicacions beneficioses.
- □ PERÒ poden ser perjudicials: capacitat d'ionització.

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

- Els nuclis radioactius quan es desintegren emeten diferents tipus de radiació.
- Quan aquesta radiació travessa la matèria, la ionitza.
- Existeixen altres tipus de radiació ionitzant.
- Radiació ionitzant:
 - alfa, beta i gamma (d'origen nuclear, radioactivitat natural)
 - protons, neutrons, positrons... (d'origen nuclear, radioactivitat artificial)
 - raigs X (d'origen atòmic)
 - Ones de menor freqüència (llum visible, ones de radio, microones): no produeixen ionització apreciable
- ■ Hi ha quatre grans categories de radiació.

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

- Ions positius (partícules alfa ${}^4_2\text{He}$ i protons ${}^1_1\text{p}$)
 - La seua massa i càrrega són grans
 - Això implica que:
 - Capacitat d'ionització: gran
 - arranquen molts electrons en el seu recorregut
 - Capacitat de penetració: menuda
 - es frenen fàcilment
 - Efectes biològics: grans
 - Com que cedeixen molta energia en el seu recorregut, poden causar greus danys biològics.
-

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

- Electrons i positrons (${}^0_{-1}\text{e}$, ${}^0_{+1}\text{e}$)
 - La seua massa és menuda, però la seua càrrega, apreciable.
 - Això implica que:
 - Capacitat d'ionització: mitjana
 - Arranquen pocs electrons.
 - Capacitat de penetració: mitjana
 - Cedeixen poca energia (no negligible) en el seu recorregut.
 - Efectes biològics: mitjanes
 - Els danys són inferiors als de partícules positives, però apreciables.
-

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

- Raigs gamma i raigs X
 - Cap d'aquests té massa ni càrrega, ja que són fotons.
 - Això implica que:
 - Capacitat d'ionització: menuda
 - Ells mateixos no ionitzen, però cedeixen energia als electrons que troben, que sí que ionitzen.
 - Capacitat de penetració: gran
 - Cedeixen molt poca energia en el seu recorregut.
 - Efectes biològics: grans
 - Danyen les cèl·lules que troben en el seu camí.
-

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

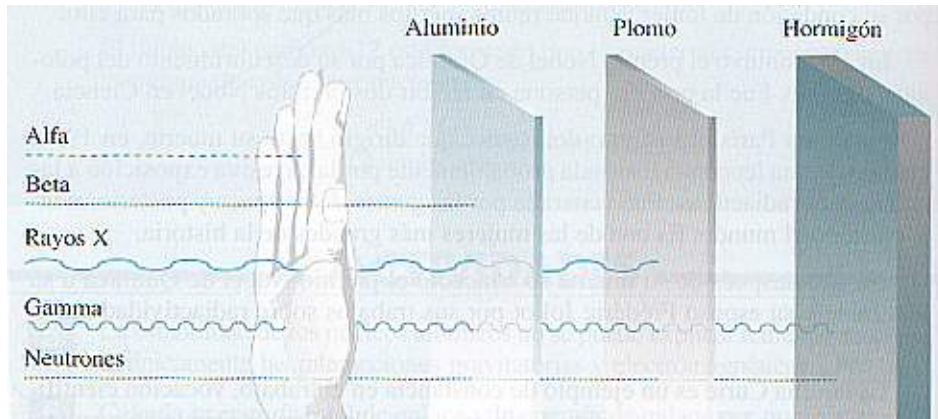
5.6 (a) Radiació ionitzant

- Neutrons
 - Massa més aviat gran, però sense càrrega
 - Això implica que:
 - Capacitat d'ionització: menuda
 - Produeixen ionització de forma indirecta.
 - Capacitat de penetració: gran
 - No tenint càrrega, no interaccionen amb els electrons.
 - Efectes biològics: grans
 - Cedeixen molta energia en seu recorregut.
-

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

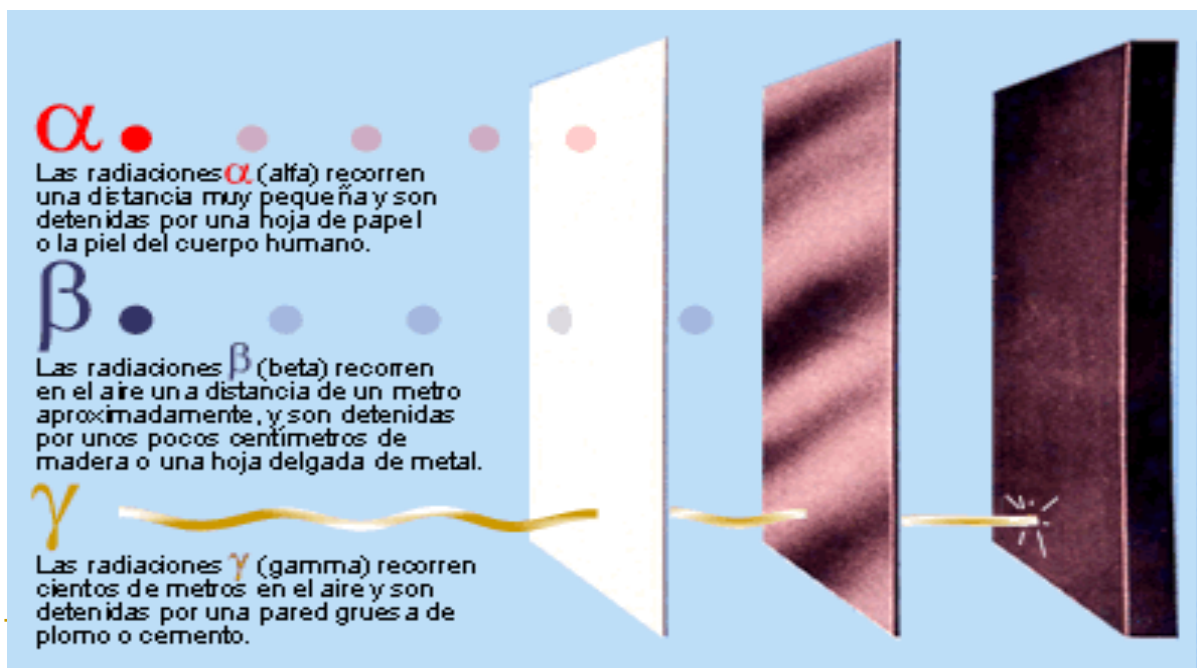
- Comparació de capacitat de penetració



TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (a) Radiació ionitzant

- Comparació de capacitat de penetració



TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (b) Unitats de radiació

■ 1) Activitat d'un àtom radioactiu

- Activitat: velocitat de desintegració canviada de signe

$$A = \lambda N \quad \text{essent} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

- Unitats:

- 1 becquerel = 1 Bq = 1 desintegracions/segon (unitat SI)
- 1 curie = 1 Ci = 3.7×10^{10} desintegracions/segon

- Activitat d'una massa de material radioactiu: tenint en compte que en un mol hi ha N_A àtoms

$$n = \frac{m}{M_A} \quad A = \lambda N = \lambda n N_A = \frac{n N_A \ln 2}{T}$$

Nombre de desintegracions per unitat de temps

Nombre de mols

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (b) Unitats de radiació

■ 2) Dosi absorbida (magnitud física)

- Energia absorbida per unitat de massa

- Unitats:

- 1 gray = 1 Gy = 1 J/kg (unitat SI)
- 1 rad = 0.01 J/kg

- Depèn de les característiques físiques del cos (densitat, estructura atòmica...).

- No informa dels efectes biològics.

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (b) Unitats de radiació

■ 3) Dosi absorbida (magnitud biològica)

- Els efectes biològics depenen del tipus de radiació.
 - Mateixa dosi física, efectes biològics diferents.
- Referència: raigs X d'energia 200 keV ($E = h\nu$)
- Eficàcia biològica relativa (EBR): factor multiplicador que relaciona l'efecte d'aqueixa radiació amb la de referència.
- Dosi biològica equivalent: dosi física multiplicada per l'EBR

- Unitats:
 - 1 sievert = 1 Sv = 1 EBR × Gy (unitat SI)
 - 1 rem = EBR × 1 rad

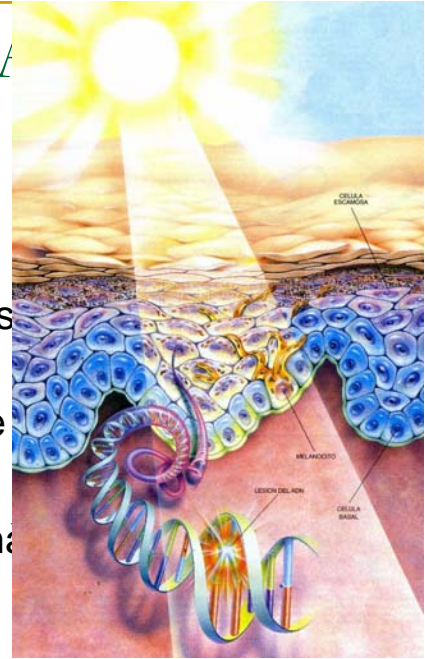
TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.6 (b) Unitats de radiació

■ 3) Dosi absorbida (magnitud biològica)

Radiació	EBR
Raigs γ del ^{60}Co (1.17 i 1.33 MeV)	0.7
Raigs γ de 4 MeV	0.6
Partícules β	1.0
Raigs X de 200 keV	1.0
Protons (1 a 10 MeV)	2
Neutrons	2-10
Partícules α	10-20

TUTORIA 3: EFECTE DE LA



5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

■ Efectes cel·lulars

- La radiació pot alterar o perjudicar l'estructura i el funcionament importants.
 - Funcionament defectuós o mort de les cèl·lules.
- La radiació pot afectar:
 - Proteïnes: afecta aminoàcids aromàtics i sulfurats que contenen sofre.
 - Àcids nucleics:
 - molt vulnerables als efectes de la radiació, afecten la informació genètica, síntesi de proteïnes...
 - L'alteració d'un sol parell de bases en la seqüència de l'ADN pot ser catastròfica.

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

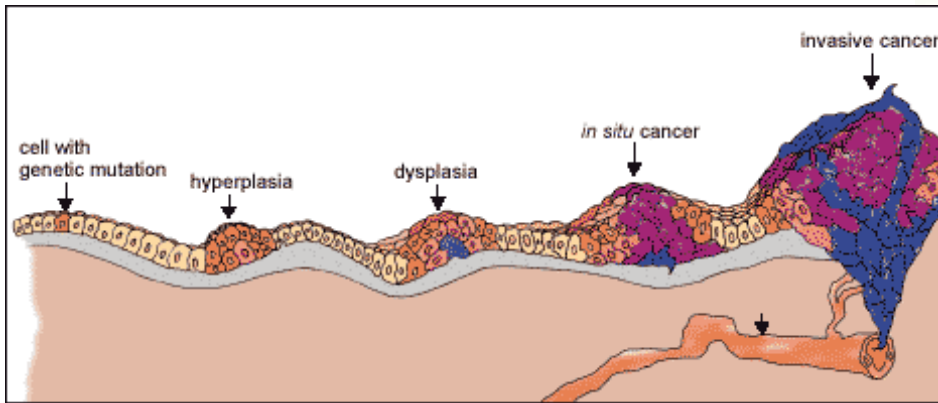
■ Efectes cel·lulars

- La radiació pot afectar (cont.):
 - Membranes: poden perforar-se (mitocondris, cloroplasts o isoenzims).
 - Cèl·lules en general: alteracions bioquímiques (inhibició de les seues funcions, formació de productes tòxics, difusió de substàncies, com enzims alliberats, etc.).
 - Organisme en el seu conjunt: les cèl·lules més sensibles són les que estan creixent o multiplicant-se ràpidament (fetus, xiquets i les cèl·lules cancerígenes).

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

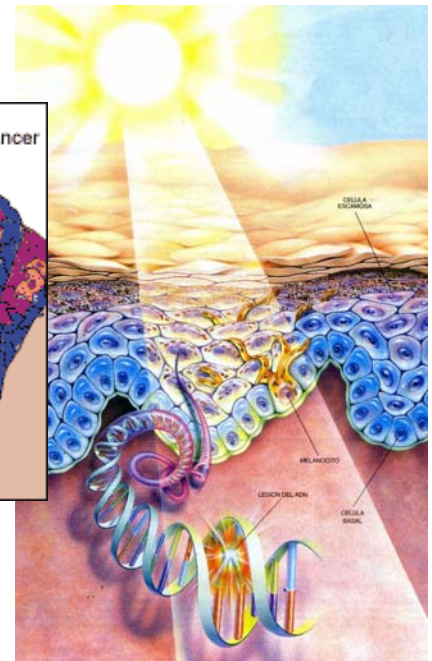
■ Efectes cel·lulars



Etapes en la formació d'un càncer de pell

<http://science.education.nih.gov/supplements/nih1/cancer/guide/understanding1.htm>

http://www.sagan-gea.org/hojared_radiacion/paginas/Las_UV_y_los_seres_vivos.html



TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

■ En funció de la sensibilitat (pàg. 514, Frumento):

- Limfòcits
- Teixit hematopoètic
- Epitelis
- Cèl·lules connectives
- Nervis
- Cervell
- Cèl·lules musculars

MOLT SENSIBLES



POC SENSIBLES

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

- Dosi: Els efectes biològics de la radiació estan relacionats estretament amb les dosis (pàg. 504, Jou).

Dosis (en rem)	Dosis (en Sv)	Efectes
0 a 25 rem	0 a 0.25 Sv	Conseqüències negligibles.
25 a 100 rem	0.25 a 1 Sv	Lleugers canvis en la sang.
100 a 200 rem	1 a 2 Sv	perjudicis observables, però recuperables parcialment
200 a 500 rem	2 a 5 Sv	La probabilitat de morir creix ràpidament; causes: afeccions de medul·la òssia, síndromes gastrointestinals i lesions en el sistema nerviós.
> 500 rem	> 5 Sv	La mort es produeix al cap de dies o setmanes.

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

- Temps d'exposició: A MÉS A MÉS, els efectes biològics de la radiació estan relacionats amb el temps d'exposició.
- Els efectes de les radiacions és acumulatiu.
- Els efectes no es dissipen amb el temps, sinó tot al contrari, s'acumulen amb el temps.
 - dosis subletals, però graduals: poden produir càncer
- Radiació a què estem exposats de forma crònica:
 - Radiació natural: radiació natural de baix nivell deguda als raigs còsmics i als radionúclids presents en l'entorn
 - Radiació artificial: radiació generada per l'home

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

- Fonts cròniques de radiació (Taula 31.3, Kane):

Font	Dosis (mrem/any)	Dosis (mSv/any)
Radiació còsmica	≈ 44	≈ 0.44
Raigs γ de roques	≈ 26	≈ 0.26
Radionúclids interns	≈ 18	≈ 0.18
mitjana:	≈ 88	≈ 0.88
Pluja radioactiva (1970)	≈ 4	≈ 0.04
Diagnòstic mèdic	≈ 72	≈ 0.72
Radiofàrmacs	≈ 1	≈ 0.01
altres	≈ 2	≈ 0.02
mitjana:	≈ 79	≈ 0.59

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

- Dosis màximes permissibles (DMP) fixades pel National Council on Radiation Protection (EUA) (Taula 31.4, Kane).

Tipus de població	DMP	DMP
Població general:		
per individu	500 mrem/any	5 mSv/any
mitjana	170 mrem/any	1.7 mSv/any
Població que treballa amb radiacions:		
per individu i any	5000 mrem/any	50 mSv/any
per individu i 3 mesos	1250 mrem/3 mesos	12.5 mSv/3 mesos
dones embarassades	500 mrem/ 9 mesos	5 mSv/ 9 mesos

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

5.7 Efectes (perjudicials) de la radiació

- **PERILLOSITAT DE LES RADIACIONS** depèn de:
 - La quantitat de radiació absorbida (dosi en Gy)
 - El tipus de radiació (EBR)
 - El temps d'exposició (efecte acumulatiu)
 - Dosi rebuda: en Sv
 - Dosi sense efectes perjudicials: < 0.25 Sv
 - Efecte acumulatiu:
 - dosi única de 0.05 Sv: no és nociva
 - dosi continuada: 0.05 Sv mes, durant 10 mesos → 0.5 Sv: pot ser perillós

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACÓ

- **CURIOSITAT**: informació dosimètrica de radiografies

Tipus de radiografia	Dosi (mSv)	Dosi relativa	Equivalència radiació natural de fons
Tòrax	0.02	1	3 dies
Abdomen	1.0	50	6 mesos
Lumbar	1.3	65	7 mesos
UIV	2.5	125	14 mesos
EGD	3.0	150	16 mesos
Ènema opac	7.0	350	3.2 anys
TC crani	2.3	119	1.0 anys
TC tòrax	8	400	3.6 anys
TC abdomen	10	500	4.5 anys

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

- **CURIOSITAT:** radiografies



http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrad

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

- **CURIOSITAT:** TAC



TAC: tomografía axial computada

http://www.radiologyinfo.org/sp/photocat/photos_more_pc.cfm?pg=chestrad

TUTORIA 3: EFECTE DE LA RADIACIÓ

- **CURIOSITAT: CONSELL DE SEGURETAT NUCLEAR (CSN)**

http://www.csn.es/index.php?option=com_faq&view=entries&Itemid=57&lang=es#pregunta20

- 6. *Quines mesures han de prendre els treballadors dels equips de raigs X per a la inspecció de paquets als aeroports?*
 - *Els equips per a la inspecció de paquets en els aeroports espanyols... Real Decret 1836/1999.*
 - ...
 - *No presentarà en condicions normals de funcionament una taxa de dosi superior a 1 microsievert/h en cap punt situat a 0.1 m de la superfície accessible d'aquest.*
 - ...
-