

3- Bases físicas de la medicina nuclear

(La física es bella)

INTRODUCCIÓN AL TEMA: CÓMO SE DESCUBRIÓ LA RADIACIÓN.

Hipótesis de Bequerel: Al inducir la fluorescencia de las sales de uranio con la luz , ésta atravesaría el papel oscuro para impresionar la placa fotográfica.

Descubrimiento: que no hacía falta la luz solar para impresionar la placa por lo que debía existir algún tipo de radiación que impresionara la placa.

INTRODUCCIÓN AL TEMA: HISTORIA DE LA RADIATIVIDAD

1895:Röntgen descubre los rayosX

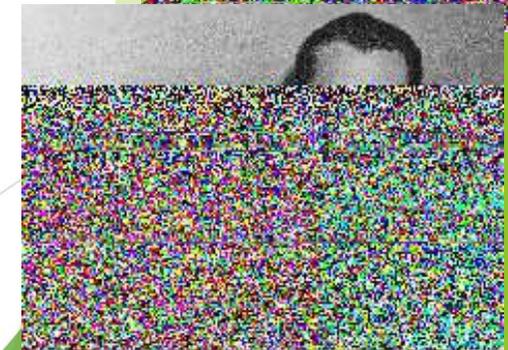
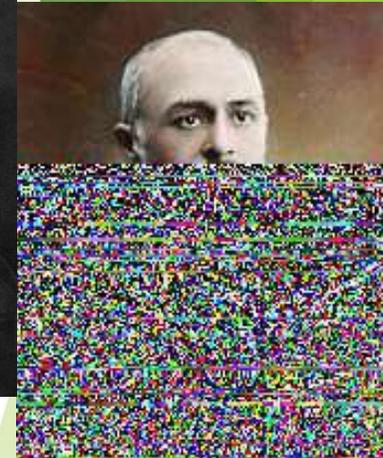
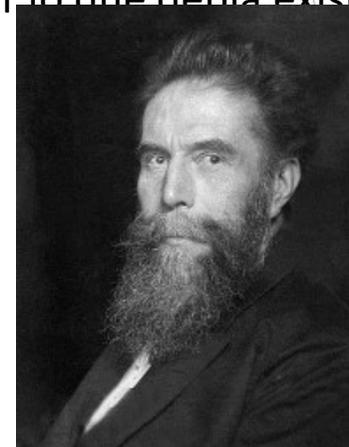
1896:Becquerel descubre la radiactividad natural

1898:Matrimonio Curie descubre la radiactividad del Polonio y el Radio

1903:Nobel de Física para Becquerel y el matrimonio Curie

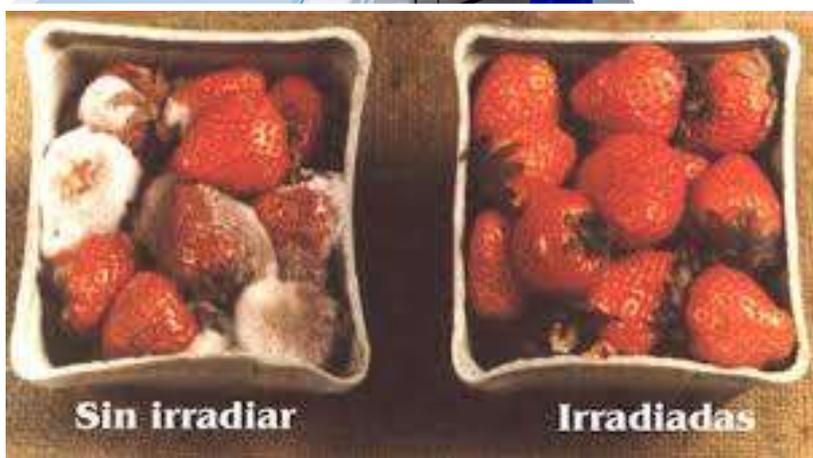
1911:Nobel de Química por descubrimiento de Radio y Polonio

1935:Nobel de Química para el matrimonio Joliot-Curie



2.1-TIPOS DE RADIACIONES:

El origen de la radiación puede ser natural (o artrópica) y artificial. La cantidad de dosis absorbida varía según el lugar donde vivamos.



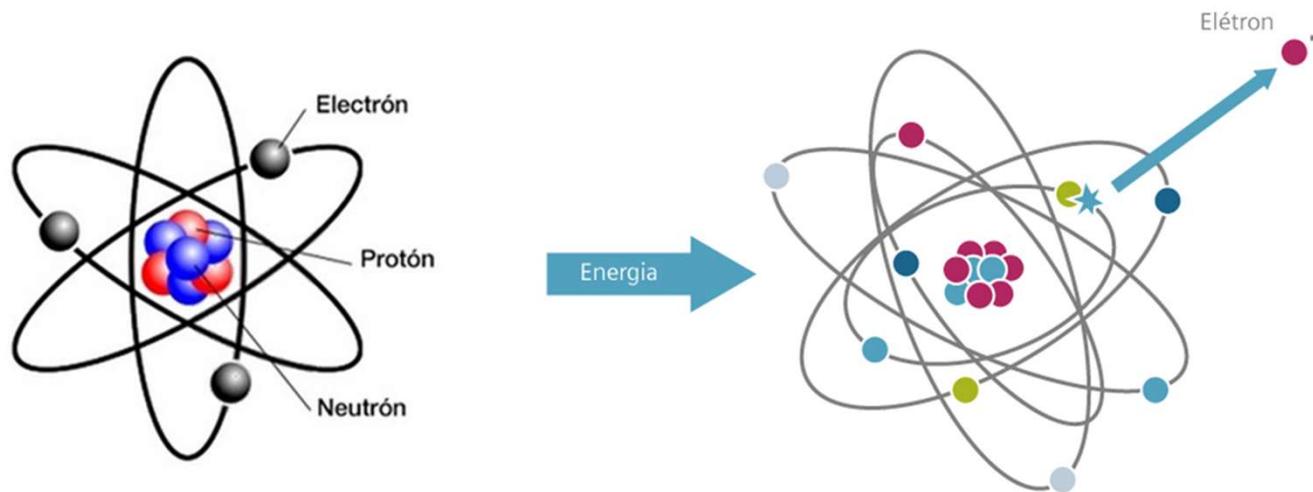
2.2- ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Átomo: elementos básicos constituyentes de la materia (parte indivisible de la materia).ç

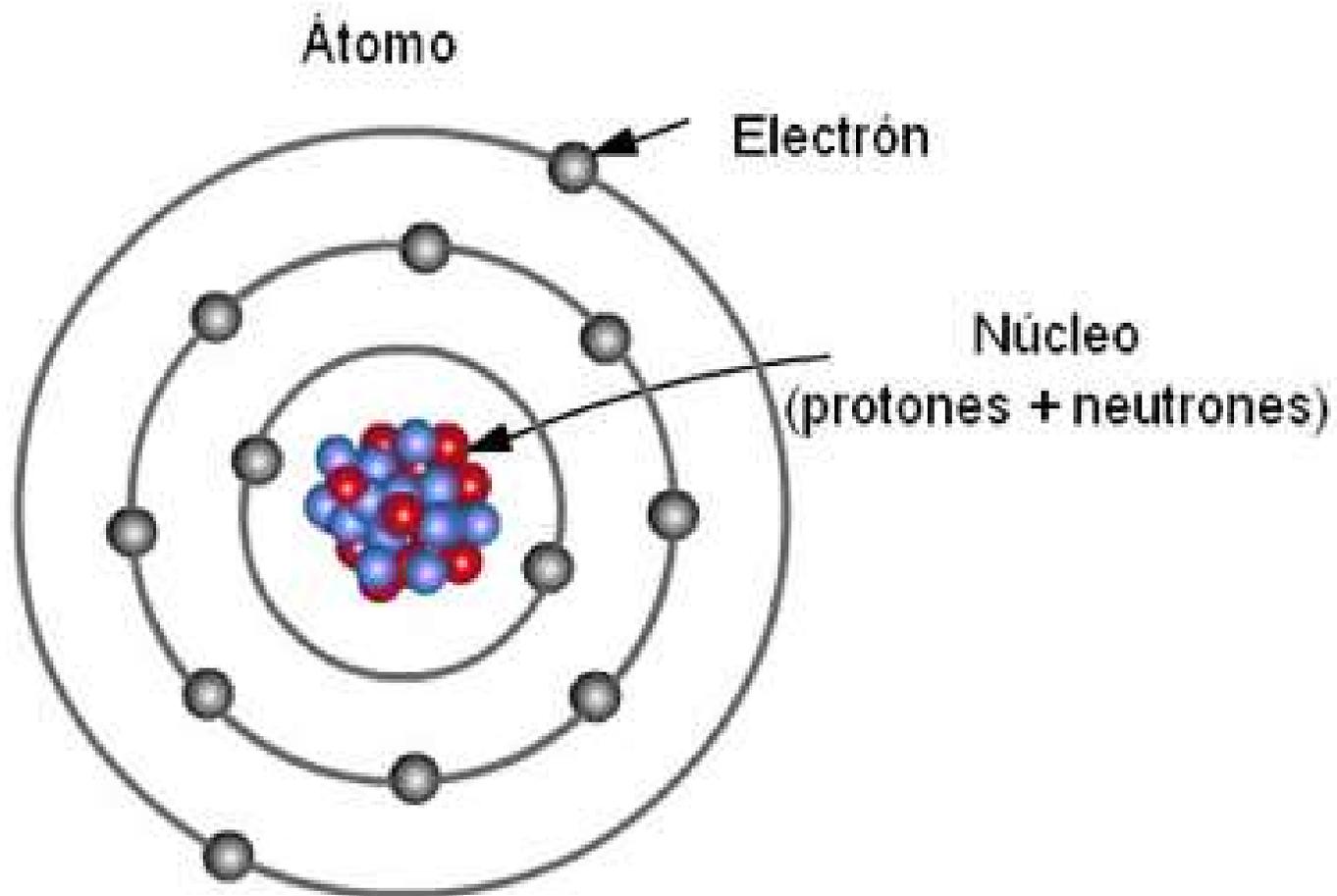
Moléculas: constituyentes más pequeños que mantienen sus propiedades químicas características. Unión de al menos dos átomos diferentes.

Elemento: sustancia formada por un solo tipo de átomos.

Compuesto: sustancia formada por varias moléculas.

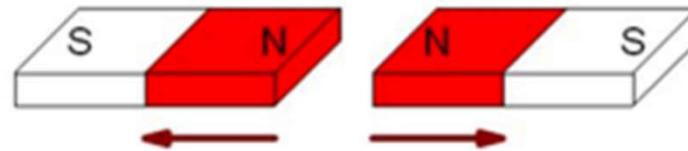
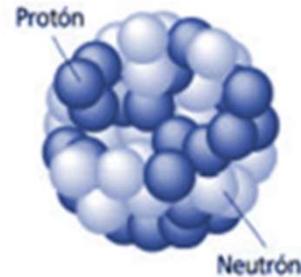


2.3 - ESTRUCTURA DEL ÁTOMO



2.4 - EL NUCLEO ATÓMICO:

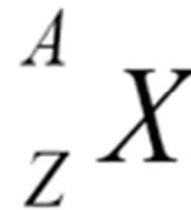
- ⦿ Diámetro 10^{-15} m
- ⦿ Casi toda la masa del átomo
- ⦿ Componentes (nucleones)
 - Protones (p^+): carga +
 - Neutrones (n): sin carga
- ⦿ ¿Estabilidad o repulsión entre los p^+ ?
 - Al aproximarse los nucleones a 10^{-15} m



Z= número atómico (nº protones)

- Lugar en la tabla periódica
- Propiedades químicas del átomo correspondiente

A = número másico (protones + neutrones)



ISÓT^OPOS

Mismo número de **p**rotones (Z) pero NO de neutrones
Tienen propiedades químicas idénticas

ISÓT^ONOS

Mismo número de neutrones (**N**), pero NO de protones
 ^{12}B y ^{13}C

ISÓB^AROS

Distinto Z (distintos elementos) pero misma masa (mismo **A**)

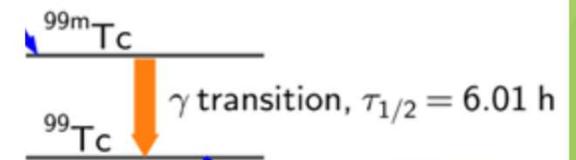
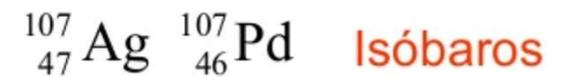
ISÓM^EROS

Mismo Z y A pero distinta energía

Excitado: es el núclido de mayor nivel energético

Vuelve a estado fundamental a los 10^{-15} ó 10^{-13} s

Si permanece mucho tiempo excitado: metaestable. $^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{137\text{m}}\text{Ba}$



Isómeros

2.5 - LA CORTEZA DEL ÁTOMO

- Diámetro 10^{-10}

- Componentes: electrones (e^-):

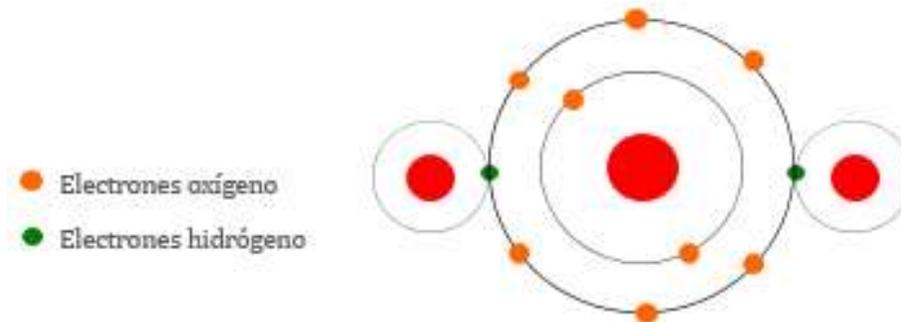
Masa despreciable y carga - (misma carga que el p^+ pero signo contrario)

Órbitas circulares concéntricas (capas): Máximo 8 electrones en la última capa

A medida que nos separamos del núcleo, los electrones de cada capa tienen más energía que los de la anterior, sin embargo se necesita menos energía para arrancarlos.

- Electrón en Estado fundamental: e^- están en los niveles energéticos + bajos

- Energía de excitación es idéntica a la de desexcitación.



- Papel corteza: Es donde se da la unión de los átomos para formar moléculas

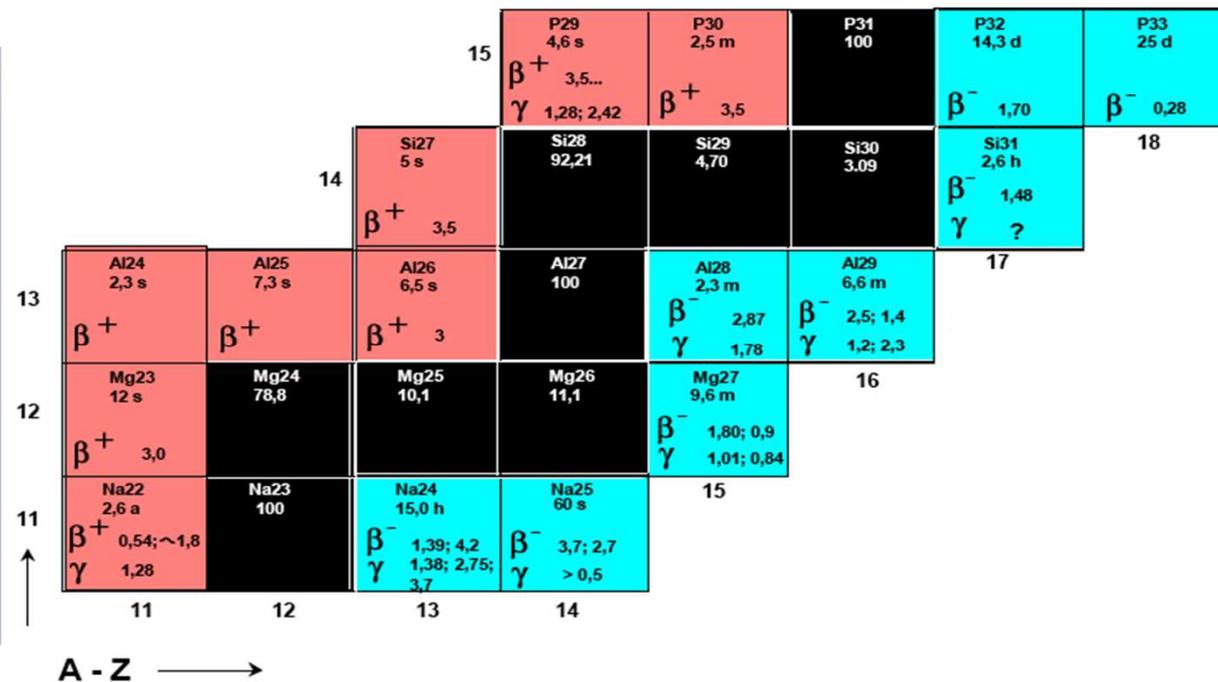
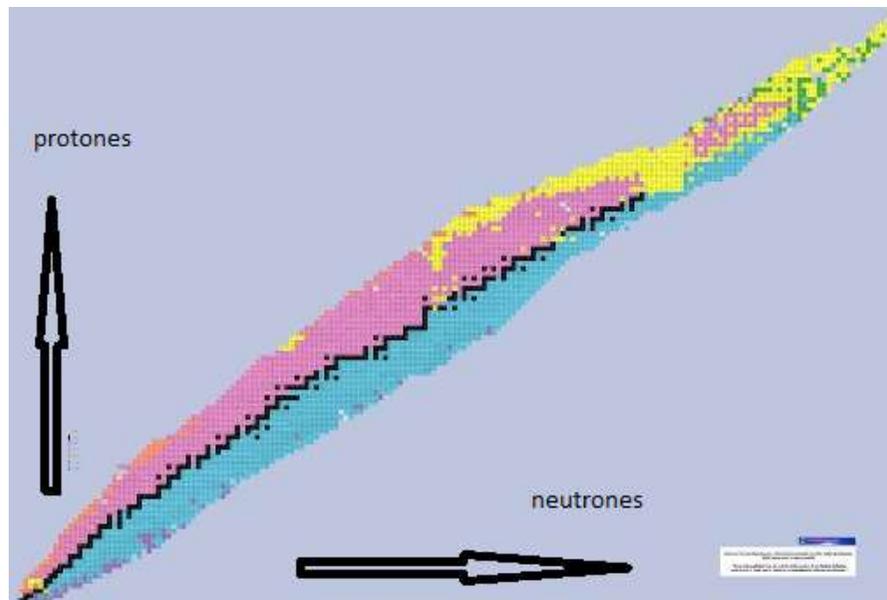
2.6 - CARTA DE NUCLEIDOS

Para un Z existe un nº límite de neutrones que configuran nucleidos (isótopos) estables:

$^{119}\text{Sn} \rightarrow 10$ isótopos estables: ^{120}Sn , ^{118}Sn

$^{23}\text{Na} \rightarrow 1$ isótopo estable

A partir de un nº neutrones fuera de la banda de estabilidad, se forman isótopos inestables o radionucleidos. Éstos siempre buscarán la estabilidad.



2.7 - UNIDADES DE MEDIDA PARA EL ATOMO

-El Peso:

Muy pequeño para ser medida en Kg o g.

Se emplea la "uma". 1 uma = 12ª parte de la masa de un átomo de ^{12}C .

- La energía:

S.I. la medida de energía es el Julio (J): demasiado grande.

Empleamos el Electronvoltio (eV): Es Energía cinética 1 e- (en reposo) al ser acelerado por una ΔP de 1 V.

kilo-	K	10^3
mega-	M	10^6
giga-	G	10^9

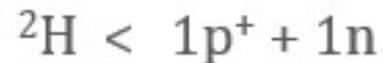
Ejemplo

511 KeV

0,511 Mev

Relación entre masa y energía

- ⊙ Masas Z y N son mayores por separado que en un núcleo



- ⊙ Unión nucleones → masa se ha transformado en energía:

$$E = mc^2$$

- Defecto de masa: diferencia
- E_b : E de enlace nuclear:
 - ⊙ energía equivalente al defecto de masa
 - ⊙ E que hay que aplicar a un nucleón para arrancarlo del núcleo

HASTA AQUÍ EL PRIMER BLOQUE DE FÍSICA.
A PARTIR DE AHORA VAMOS A PROFUNDIZAR UN POQUITO.....

PARA RELAJARNOS, OS PROPONGO VER ESTE VIDEO QUE NOS AYUDARÁ A CONSOLIDAR LO APRENDIDO Y NOS RELAJARÁ IN POCO. VERSA ACERCA DE LOS ORÍGENES DE TODO ESTO...

<https://www.youtube.com/watch?v=Y15JROM48yI> De Bequerel a Curie. 15 min.

2.8 LA RADIOACTIVIDAD

Tabla periódica de los elementos

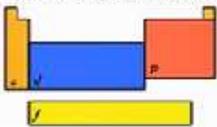
1													18																	
1																		2												
1	H																	He												
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne												
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar												
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
6	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo												

Fe (Hierro): masa atómica 55.845, número atómico 26, configuración electrónica [Ar] 3d⁶ 4s².

Legenda:

- metales alcalinos (naranja)
- alcalinotérreos (amarillo)
- otros metales (verde claro)
- metales de transición (verde oscuro)
- lantánidos (verde muy oscuro)
- actínidos (verde negro)
- metaloideos (verde claro)
- no metales (verde oscuro)
- halógenos (verde muy oscuro)
- metales de transición (verde oscuro)
- elementos desconocidos (gris)

bloques de configuración electrónica

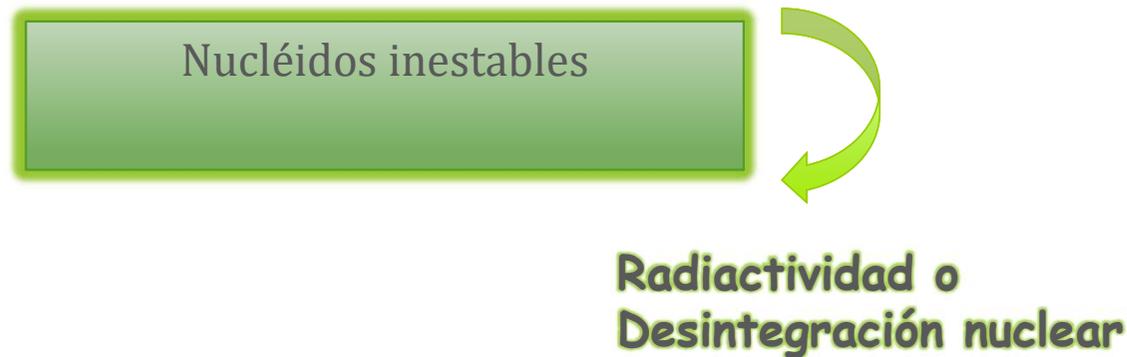


notas

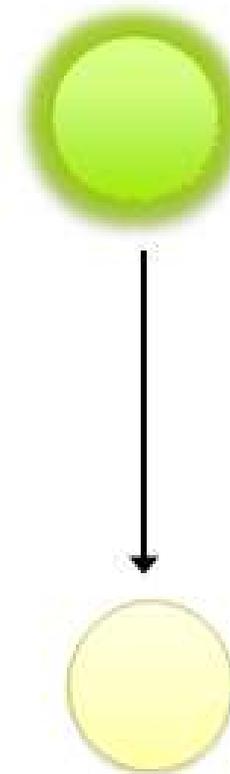
- por ahora, los elementos 113, 115, 117 y 118 no tienen nombre oficial designado por la IUPAC.
- s 2 3 (incl. a 96-105 s)
- todos los elementos tienen un estado de oxidación implícito cero.

138.904	140.116	140.9076	144.242	(145)	150.368	151.964	157.25	158.9253	160.530	164.9303	167.259	168.9342	173.054
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
(140)	(141)	(142)	(143)	(144)	(145)	(146)	(147)	(148)	(149)	(150)	(151)	(152)	(153)
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

- Estabilidad: relación equilibrada Z y N
- Estabilidad depende únicamente de la estructura del núcleo. Si la relación entre nucleones queda fuera de la banda de estabilidad.....entonces

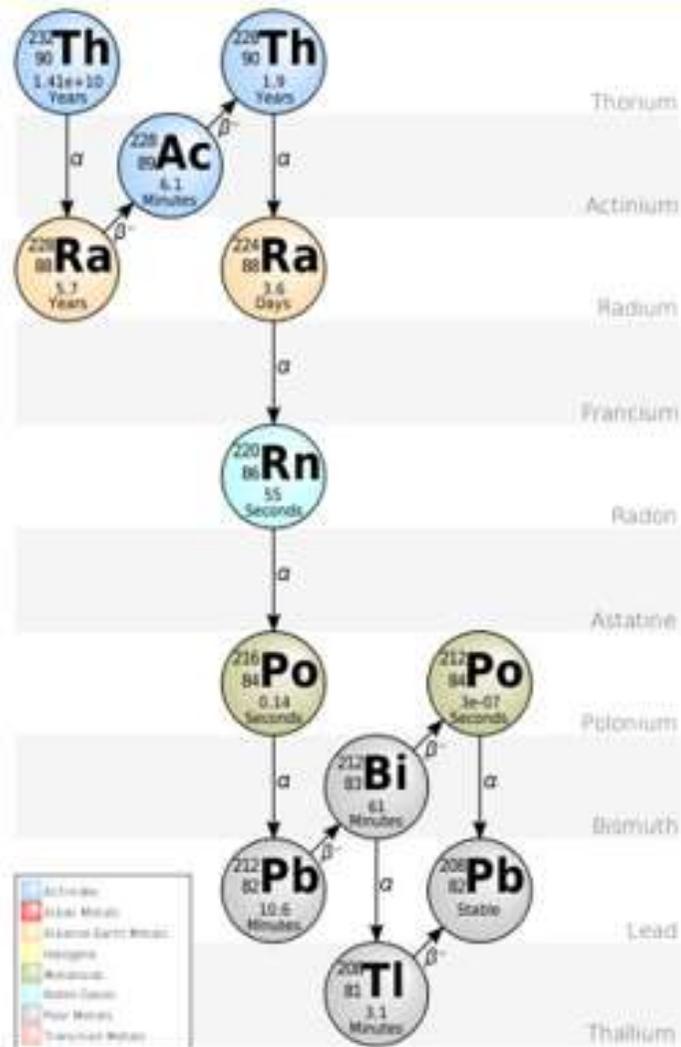


- Tienen a la estabilidad mediante emisión:
 - Partículas** que los constituyen
 - Fotones**: radiación electromagnética
- Radiactividad es independiente de factores externos:
 - Temperatura
 - Presión
 - Estado químico del radionúclido

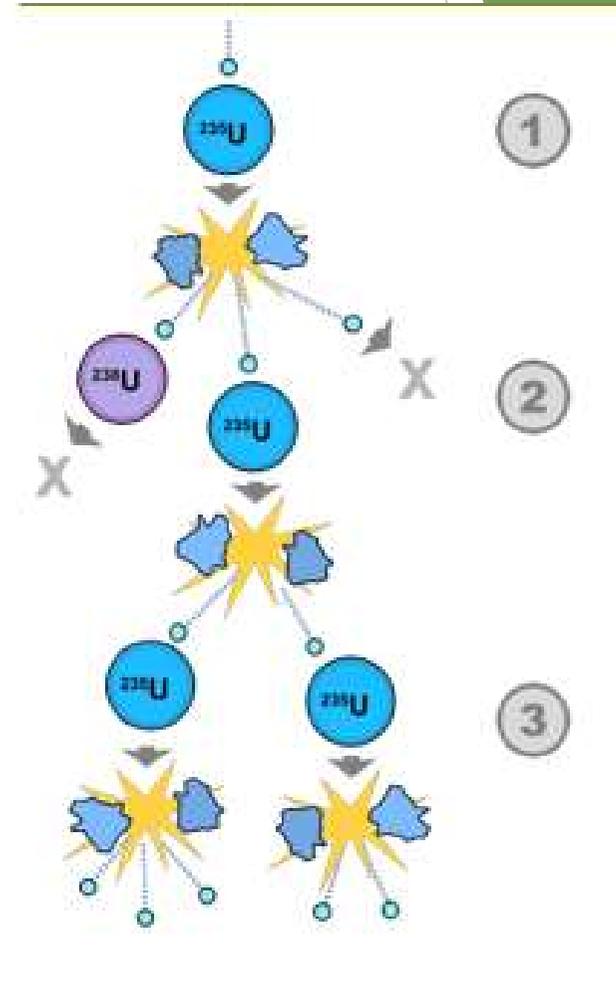


Una sucesión de desintegraciones Padre-Hijo va a dar lugar a una cadena de desintegración radiactiva. Éstas están presentes en la naturaleza, aunque también podemos crearlas de manera artificial. Pueden durar desde poco más de 10 años (Titrio) hasta millones de años (Torio).

Radiactividad natural



Cadena de desintegración ARTIFICIAL



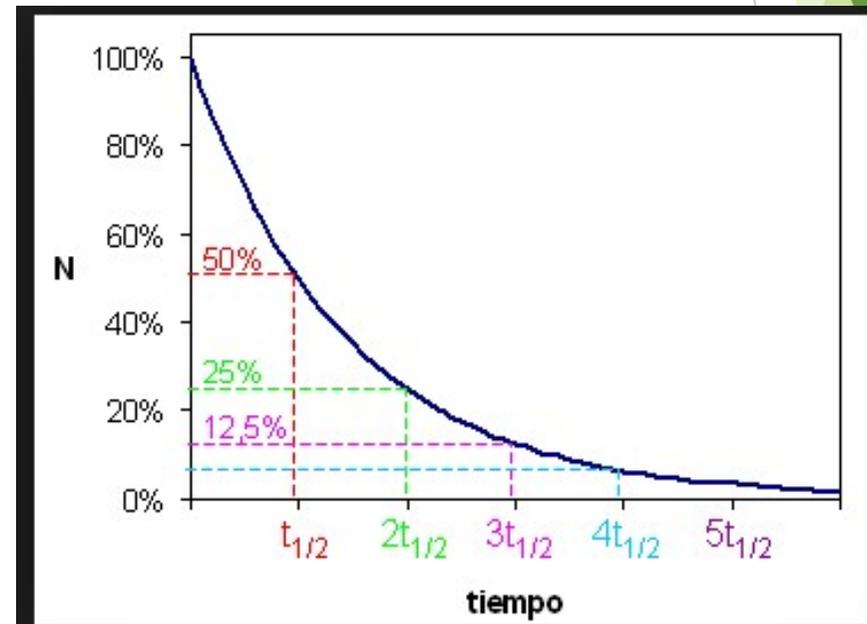
2.9 - CONCEPTOS RELATIVOS A LA RADIOACTIVIDAD

- Ley de desintegración radiactiva
- Constante de desintegración
- Periodo de semidesintegración
- Vida media
- Actividad

2.9.1 LEY DE DESINTEGRACIÓN RADIACTIVA

- Probabilidad de desintegración de un radionucleido.
- Es igual para todos los átomos de una misma especie.
- No depende del tiempo transcurrido sino del tiempo observación.
- El nº átomos disminuye de manera exponencial.

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



2.9.2 CONSTANTE DE DESINTEGRACIÓN

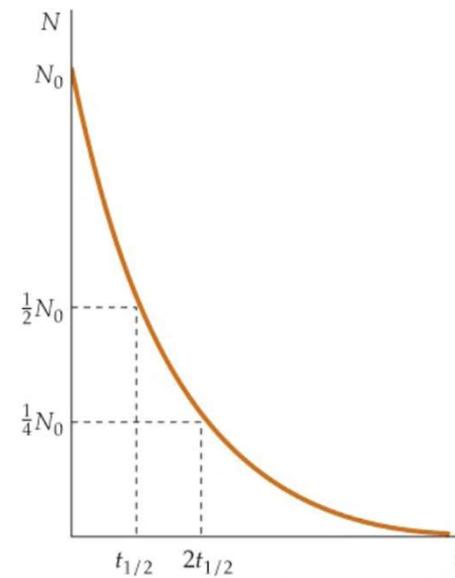
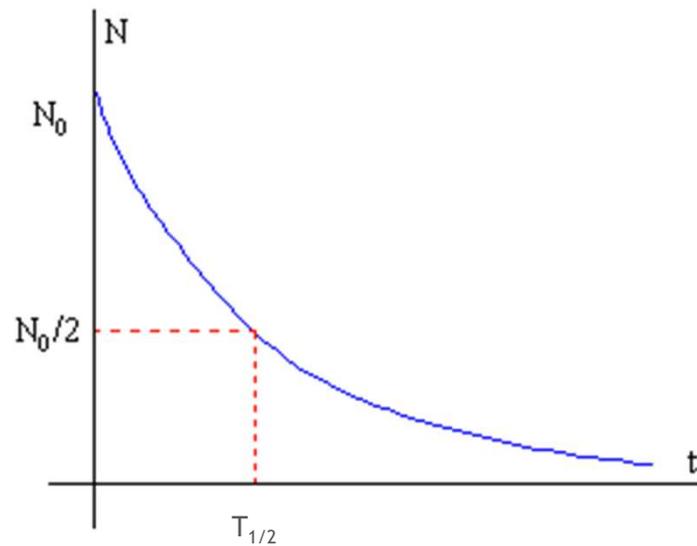
- Se simboliza con la letra “lambda” (λ)
- Probabilidad de que un determinado núcleo se desintegre en unidad de t.
- Característica de cada radionucleido.
- Independiente de variables externas: Tª, presión...
- Invariable a lo largo del tiempo → ¡NO ENVEJECEN!



....y él tampoco.

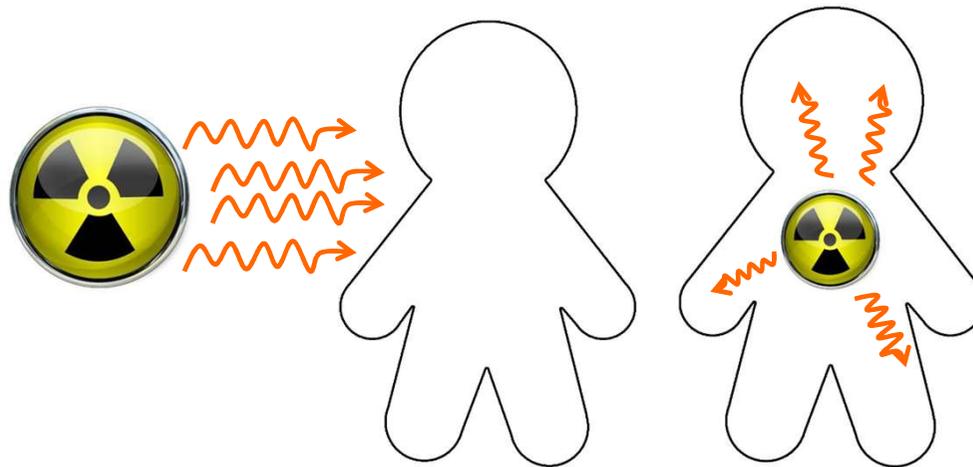
2.9.3 PERIODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN:

- Se le denomina también semiperiodo o semivida.
- Su nomenclatura es $(T_{1/2})$
- Tiempo necesario para que el nº inicial de radionucleidos de una muestra se reduzca a la mitad
- Puede ser físico, biológico y efectivo.



- Periodo de Semidesintegración físico: Tiempo que tarda un nº determinado de radionucleidos en reducirse a la mitad.
- Periodo de Semidesintegración biológico: Tiempo que tarda el paciente en eliminar la mitad de lo administrado.
- Periodo desintegrados efectivo: Combinación del T1/2 biológico y el físico. Independiente Para cada paciente.

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_b} + \frac{1}{T_f}$$



Saliva
Sudor
Respiración
Orina
Heces

2.9.4 VIDA MEDIA

- Se nominan por la letra Tau
- Promedio de vida de un núcleo antes de desintegrarse.
- Se aproxima a 10 T_{1/2} físicos, pero....

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

$$T_{1/2} = \ln 2 \cdot \tau$$

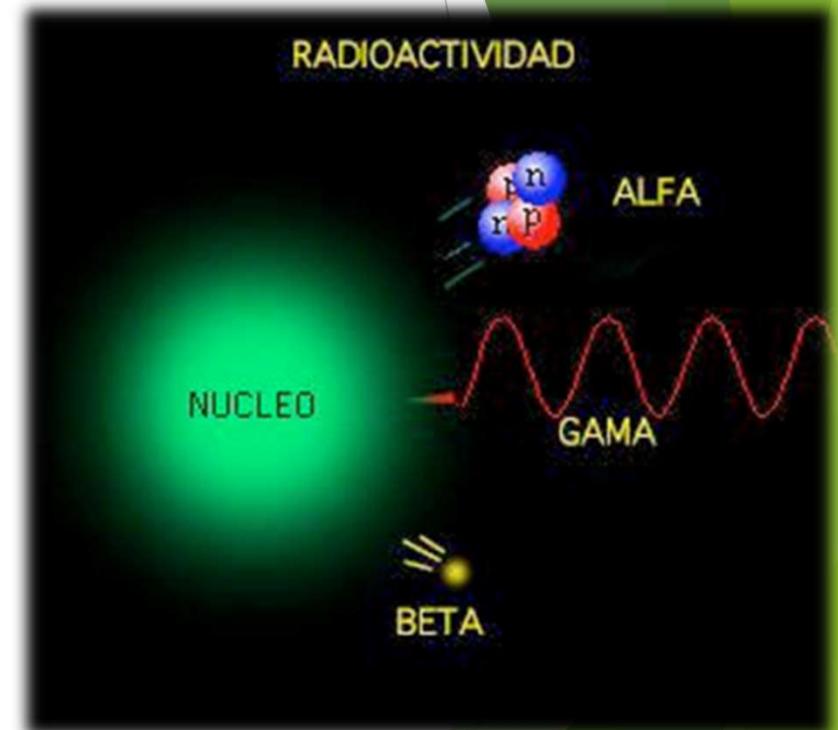
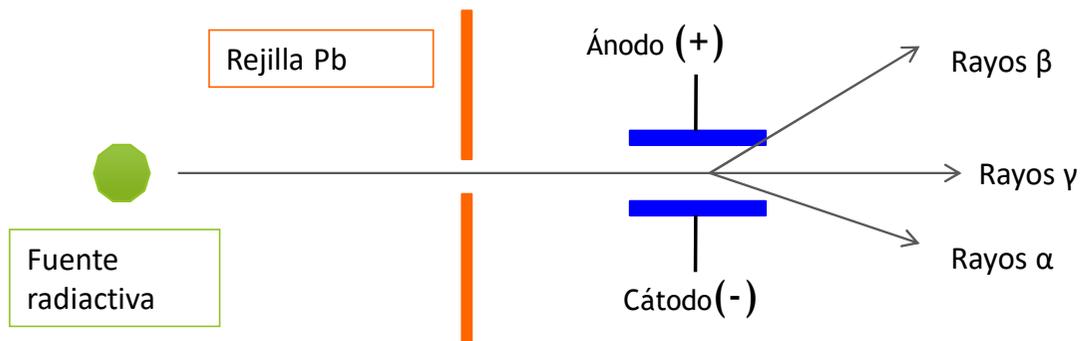
2.9.5 ACTIVIDAD

- Se nominan con la letra "A"
- Nº medio desintegraciones en la Ud. de tiempo (desintegraciones/s)
- Se miden en mCi o MBq (1mCi=37MBq)
- Se obtienen mediante la fórmula.....

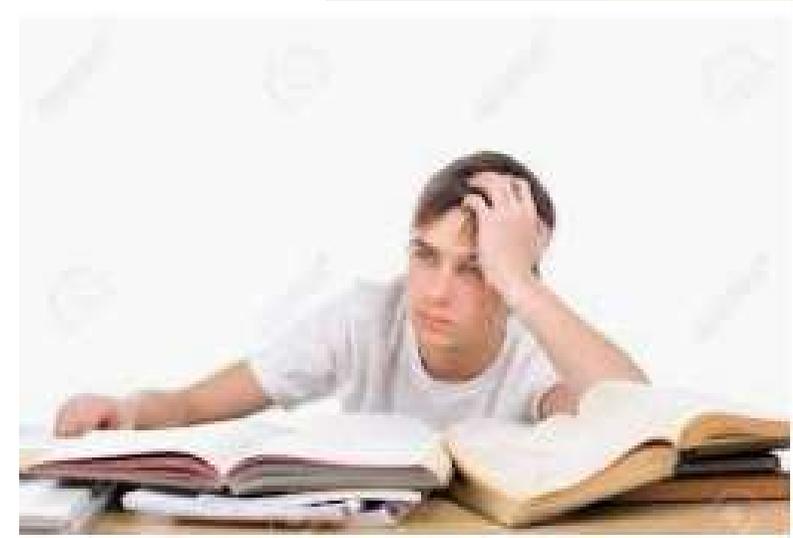
$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

2.10 TIPOS DE RADIACIONES

- Pueden ser ionizantes o no según sus efectos.
- Pueden ser Corpusculares y electromagnéticas según su origen.
- Descubiertas por Rutherford.

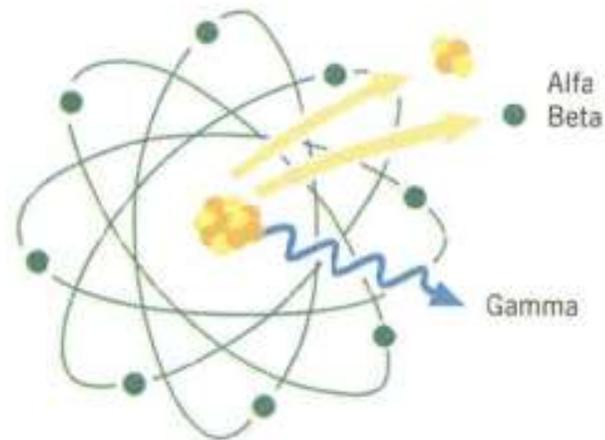


Para profundizar en este punto, vamos a conocer las radiaciones cospusculares y sus desintegraciones
Así como las radiaciones electromagnéticas y sus desintegraciones.
Recordad que SIEMPRE estamos hablando de cosas que tienen lugar en el núcleo del átomo



La radiación ionizante: Arranca electrones / rompe enlaces → ionización de la materia

CORPUSCULAR	ELECTROMAGNÉTICA
<ul style="list-style-type: none">• Partículas → masa<ul style="list-style-type: none">• α• β	<ul style="list-style-type: none">• Fotones<ul style="list-style-type: none">• No carga• No masa



2.10.1 Las Radiaciones Corpusculares

- Partículas

 - Masa y algunas también carga.

- Tipos:

 - α : núcleo de helio

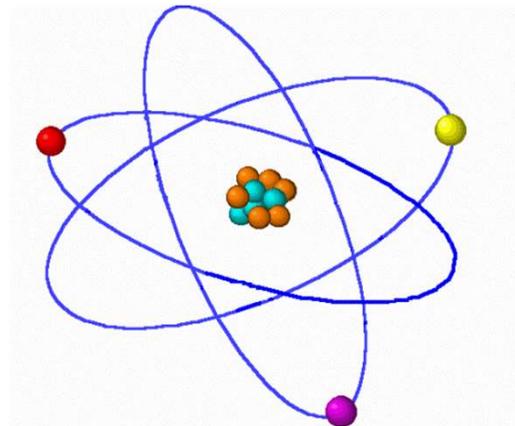
 - β : masa del electrón

 - (Protones, neutrones...)

- Energía partícula en reposo:

- $E = m \cdot c^2$

Radiación	Energía
Alfa	2-9 MeV
Beta	3-5 MeV
Protones	>20 MeV
Neutrones	1 MeV (rápidos) 3×10^{-7} eV (ultrafríos)



2.10.2 Las Desintegraciones Corpusculares

- Desintegración α :

- Desintegración β :

β^- o e^- (negatrones) = electrones

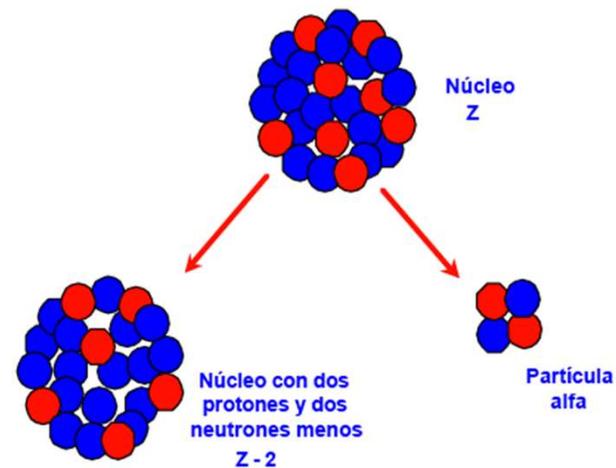
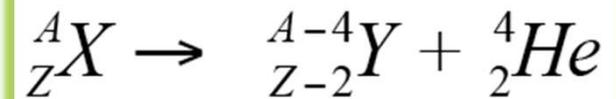
β^+ o e^+ (positrones) = electrones cargados positivamente

- Captura electrónica: englobada como 3^{er} tipo desintegración β



Desintegración alfa (α):

- Núcleos pesados ($A > 140$).
- Emisión partícula α : 2 p+ y 2 n (${}^4_2\text{He}$).

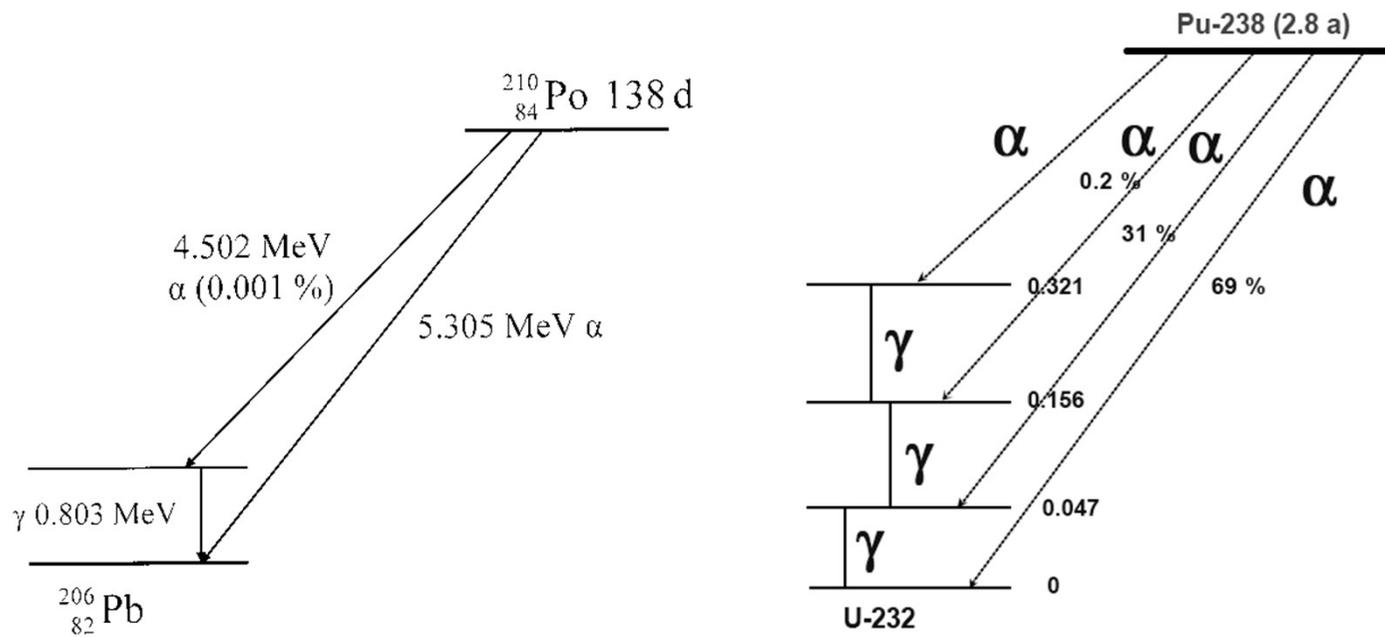


-No deseables en Dx:

Recorren escasos mm.

No contribuyen a la imagen pero someten a elevada radiación al paciente.

- Trayectoria rectilínea por su gran masa
- Espectro discreto
- Proceso seguido de nucleidos inestables → emisión γ
- Núcleo descendiente:
 - ión negativo → expulsión 2 e-(neutralidad)
- Partícula α
 - ión positivo (núcleo de He) → captación 2 e- → átomo de He



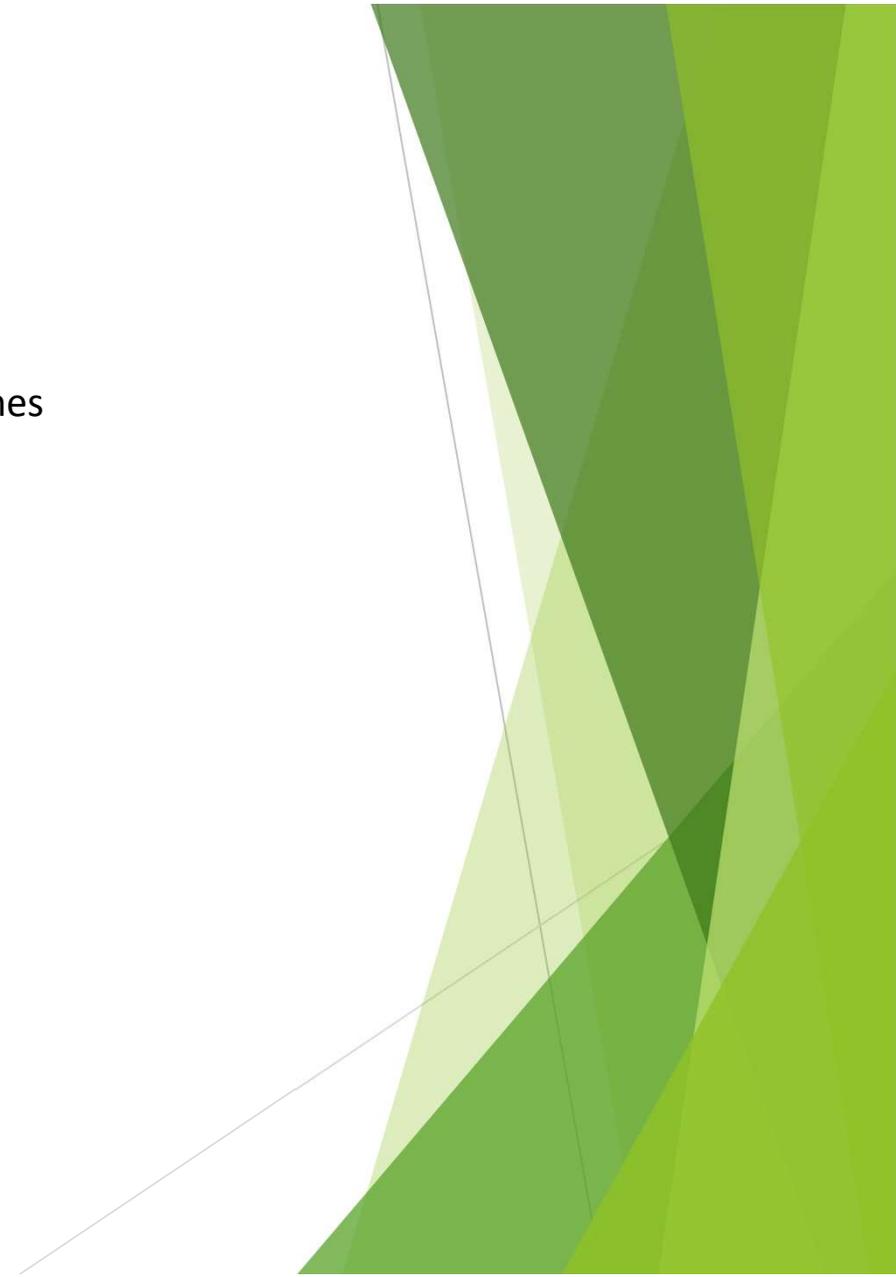
Desintegración β

- Ocurre en toda la carta de nucleidos.
- Elementos Isóbaros ($\neq Z$ y $= A$)
- Proceso seguido de nucleidos inestables \rightarrow nuevas desintegraciones

Tipos:

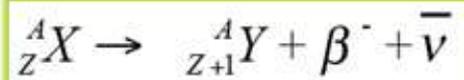
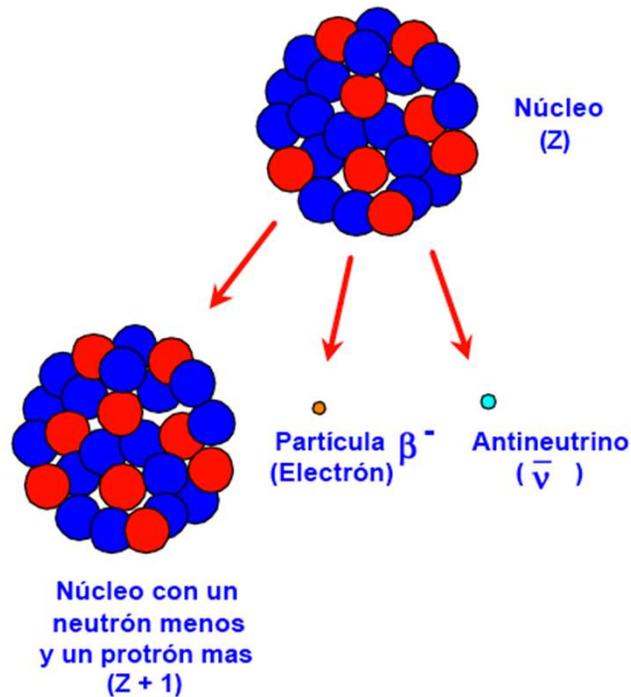
Desintegración β^+ (exceso de protones)

Desintegración β^- (exceso de neutrones)



Desintegración β^-

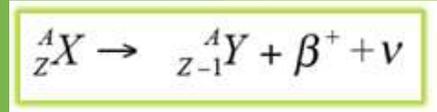
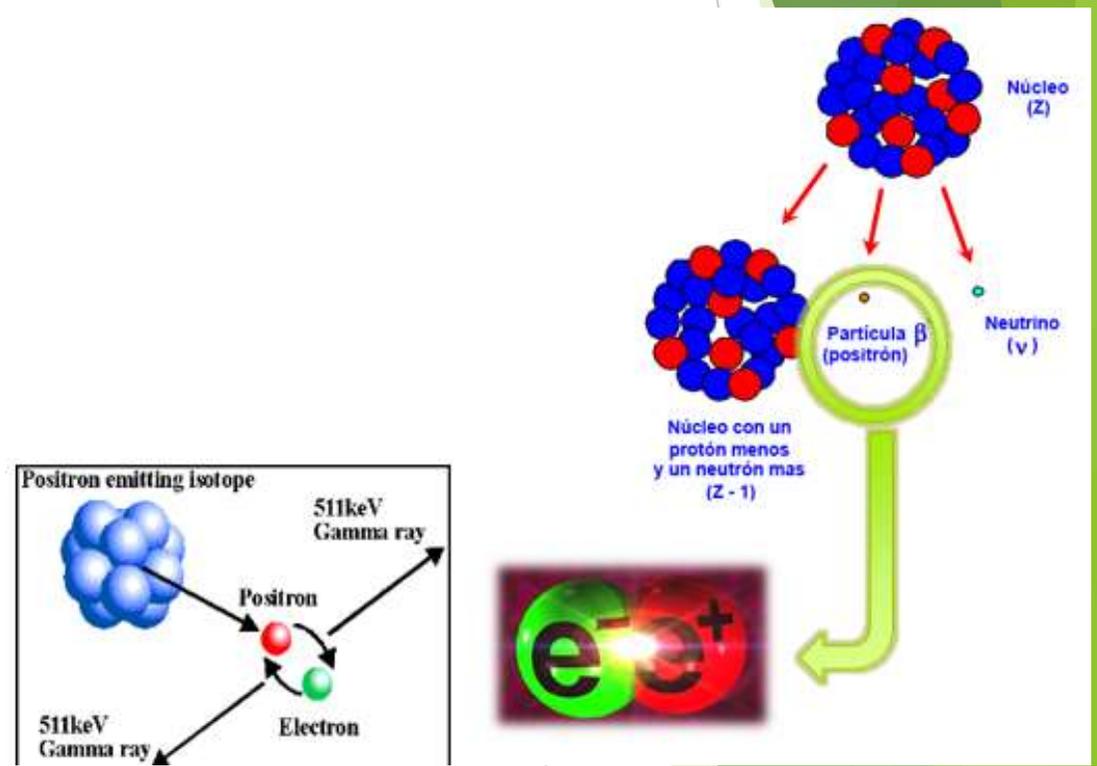
Exceso de neutrones $n \rightarrow p^+ + \beta^- + \bar{\nu}$



Desintegración β^+ : positrones

Exceso de protones

$$p^+ \rightarrow n + \beta^+ + \nu$$



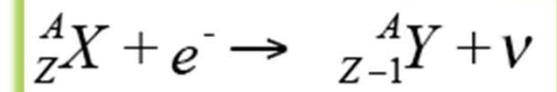
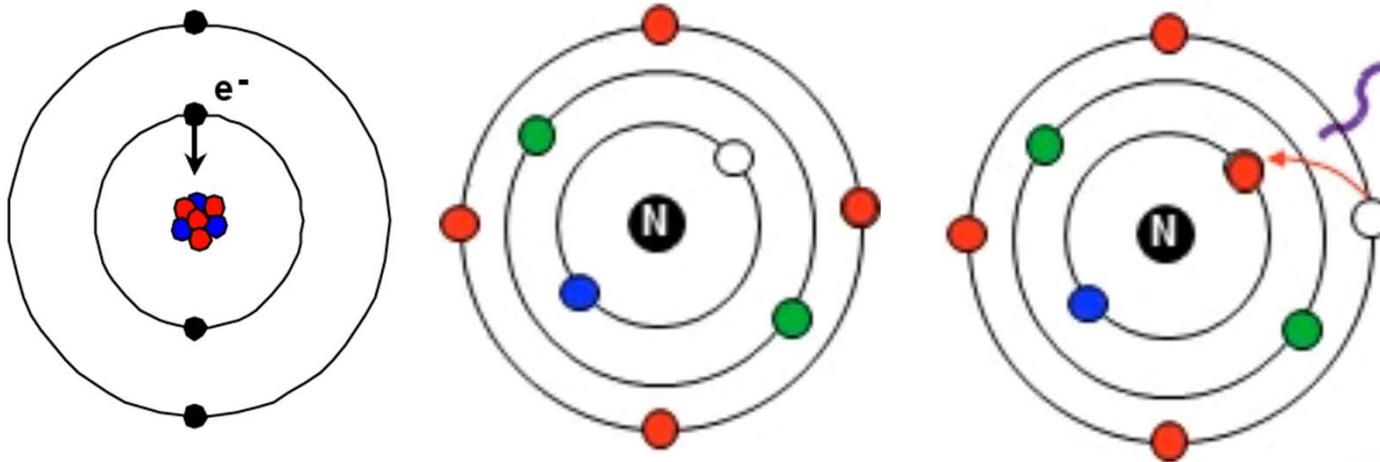
Captura Electrónica:

- Un protón del núcleo “captura” a un electrón de la corteza (K)
 - Ocorre en núcleos ricos en p^+ (como β^+).
 - Compite con la desintegración β^+ .
- Se produce la misma transición nuclear (Z-1).

ISÓBAROS

Energéticamente más favorable.

- Descendiente:
Emisión Rx característicos (reajuste electrónico).



photon

2.10.3 Las Radiaciones Electromagnéticas

- Energía en forma de campos eléctricos y magnéticos oscilantes
- No tienen carga ni masa
- Fotón: elemento individual de radiación electromagnética
- Origen:
 - Radiación de frenado o Bremsstrahlung:
 - “Rayos X de frenado”
 - Colisiones coulombianas de partículas beta con núcleos

Radiación X característica:
Transiciones electrónicas internas

Radiación de aniquilación:
Recombinación e-/e+

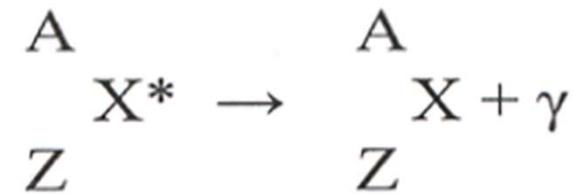
Radiación γ :
Transiciones nucleares

Denominación por mecanismo de producción

Monoenergéticas

2.10.4 Las Desintegraciones Electromagnéticas

- Desintegración gamma (γ)
- OEM
- No tienen carga ni masa
- Fotón: elemento individual de radiación electromagnética
- Conceptos:
 - Isomería nuclear
 - Conversión interna
- Núcleos excitados
 - Pasan a un nivel energético más bajo: *estado fundamental*
 - Tardan fs (10^{-15} s)
 - Emiten radiación gamma (γ)



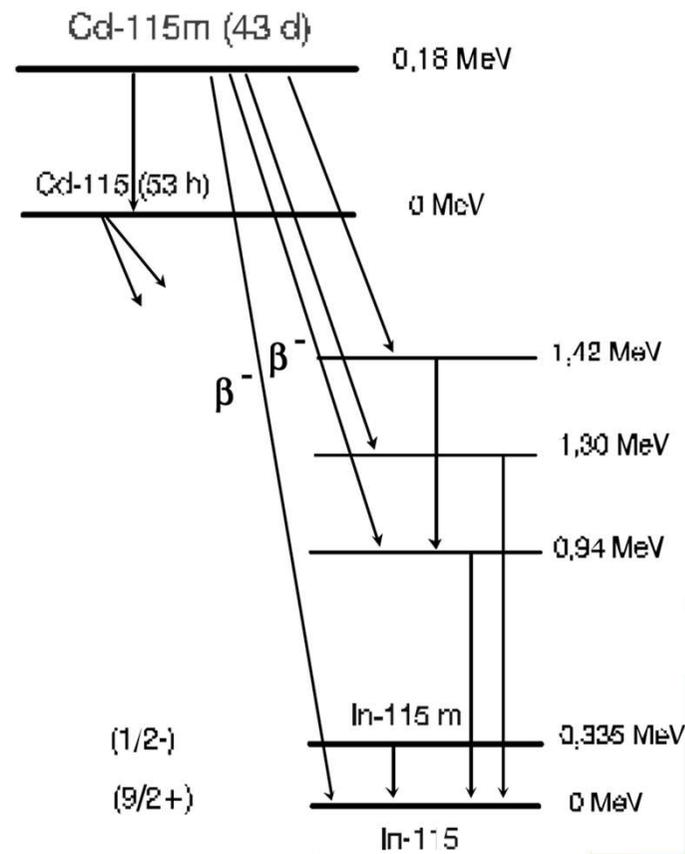
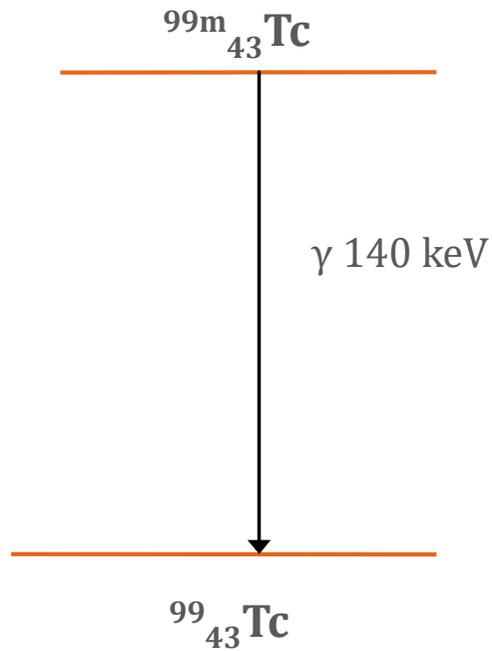
Isomería nuclear

Nivel energético permanece + t (10^{-9} s hasta años)

METAESTABLE

ISÓMEROS

“m” tras A: ^{99m}Tc



Conversión interna:

Transiciones “prohibidas”

E transición isomérica se emplea para arrancar un electrón

Reordenamiento: RX

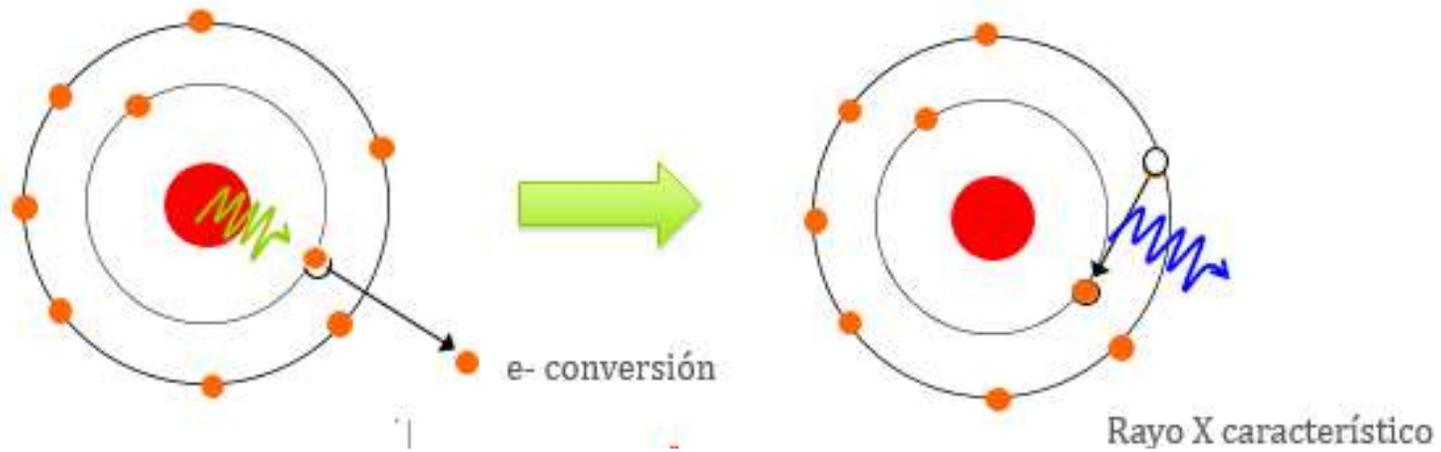
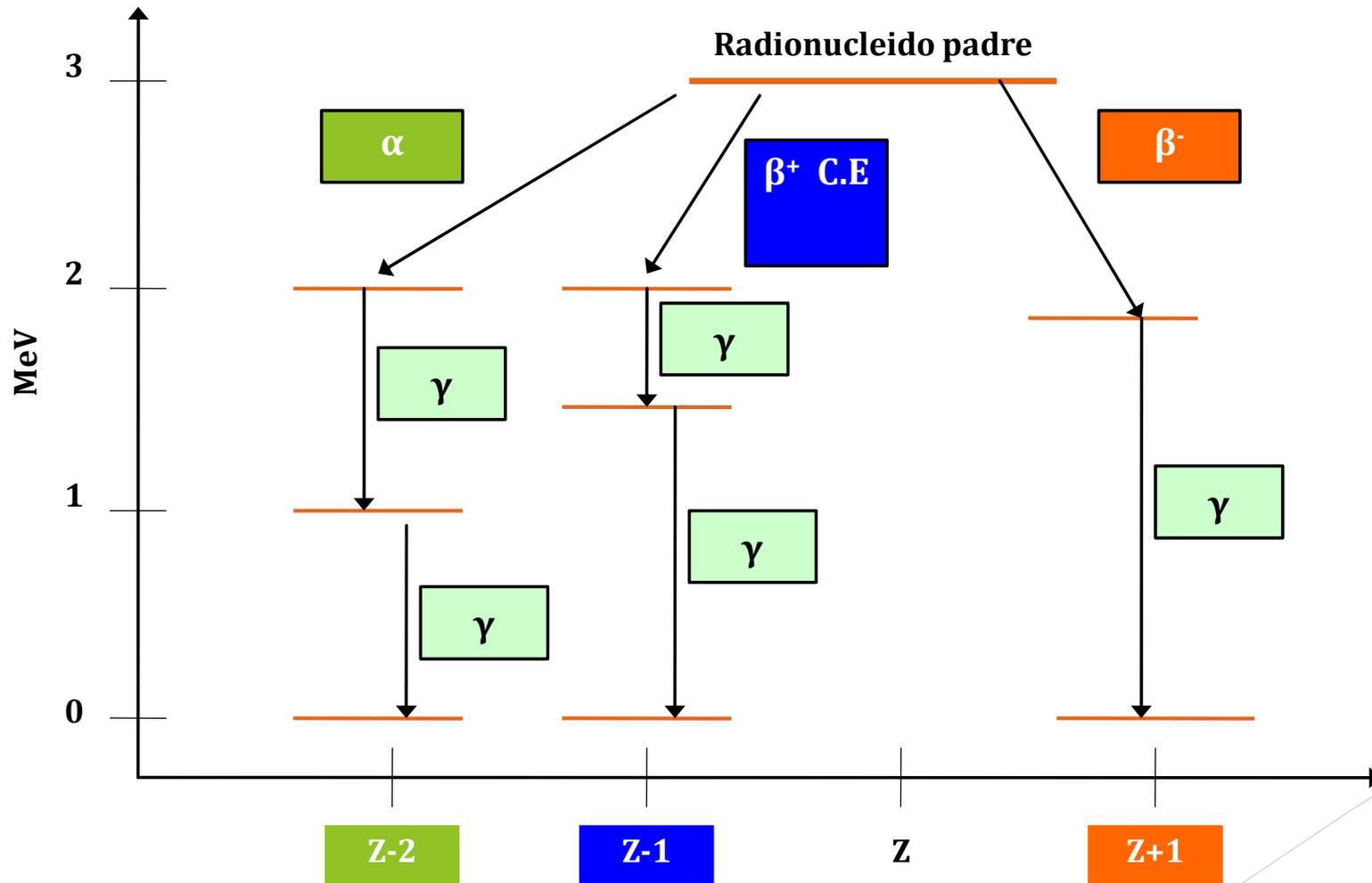


Diagrama de desintegraciones



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hidrógeno 1,00794	Atómico Sím Nombre Peso																2 He Helio 4,002602
3 Li Litio 6,941	4 Be Berilio 9,012182											Metaloides		No metales			
												Otros no metales	Halógenos	Gases nobles			
										Metales							
				Alcalinos		Alcalinotérreos		Lantánidos	Metales de transición		Metales del bloque p						
11 Na Sodio 22,98976...	12 Mg Magnesio 24,305											Actínidos					
19 K Potasio 39,0983	20 Ca Calcio 40,078	21 Sc Escandio 44,955912	22 Ti Titanio 47,867	23 V Vanadio 50,9415	24 Cr Cromo 51,9961	25 Mn Manganeso 54,938045	26 Fe Hierro 55,845	27 Co Cobalto 58,933195	28 Ni Níquel 58,6934	29 Cu Cobre 63,546	30 Zn Zinc 65,38	31 Ga Galio 69,723	32 Ge Germanio 72,63	33 As Arsénico 74,9216	34 Se Selenio 78,96	35 Br Bromo 79,904	36 Kr Kriptón 83,798
37 Rb Rubidio 85,4678	38 Sr Estroncio 87,62	39 Y Itrio 88,90585	40 Zr Zirconio 91,224	41 Nb Niobio 92,90638	42 Mo Molibdeno 95,96	43 Tc Tecnecio (98)	44 Ru Rutenio 101,07	45 Rh Rodio 102,9055	46 Pd Paladio 106,42	47 Ag Plata 107,8682	48 Cd Cadmio 112,411	49 In Indio 114,818	50 Sn Estaño 118,71	51 Sb Antimonio 121,76	52 Te Telurio 127,6	53 I Yodo 126,90447	54 Xe Xenón 131,293
55 Cs Cesio 132,9054...	56 Ba Bario 137,327	57-71	72 Hf Hafnio 178,49	73 Ta Tantalio 180,94788	74 W Wolframio 183,84	75 Re Renio 186,207	76 Os Osmio 190,23	77 Ir Iridio 192,217	78 Pt Platino 195,084	79 Au Oro 196,966569	80 Hg Mercurio 200,59	81 Tl Talio 204,3833	82 Pb Plomo 207,2	83 Bi Bismuto 208,9804	84 Po Polonio (209)	85 At Astatina (210)	86 Rn Radón (222)
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89-103	104 Rf Rutherfordio (267)	105 Db Dubnio (268)	106 Sg Seaborgio (271)	107 Bh Bohrio (272)	108 Hs Hassio (270)	109 Mt Meitnerio (276)	110 Ds Darmstadtio (281)	111 Rg Roentgenio (280)	112 Cn Copernicio (285)	113 Uut Ununtrio (284)	114 Fl Ununquadio (289)	115 Uup Ununpentio (288)	116 Lv Ununhexio (293)	117 Uus Ununseptio (294)	118 Uuo Ununoctio (294)

En el caso de los elementos con isótopos no estables, entre parentesis se encuentran las masas de aquellos isótopos que son más estables o más abundantes.

Tabla Periódica Diseño e Interface de Copyright © 1997 Michael Dayah. Ptable.com Última actualización 07/09/2012

57 La Lantano 138,90547	58 Ce Cerio 140,116	59 Pr Praseodimio 140,90765	60 Nd Neodimio 144,242	61 Pm Prometio (145)	62 Sm Samario 150,36	63 Eu Europio 151,964	64 Gd Gadolinio 157,25	65 Tb Terbio 158,92535	66 Dy Disprobio 162,5	67 Ho Holmio 164,93032	68 Er Erbio 167,259	69 Tm Tulio 168,93421	70 Yb Iterbio 173,054	71 Lu Lutecio 174,9668
89 Ac Actinio (227)	90 Th Torio 232,03806	91 Pa Protactinio 231,03588	92 U Uranio 238,02891	93 Np Neptunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einstenio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Laurencio (262)

α

Z-2

β^+ C.E

Z-1

β^-

Z+1

γ

Vamos a coger un poco de aire con estos vídeos.

<https://www.youtube.com/watch?v=JQCcPnO> iMA tipos de rad. 4 min

<https://www.youtube.com/watch?v=Cvil0KhxXNc> los positrones. 4 min

Y vamos a pasar ahora a conocer qué reacciones se producen en el interior de los núcleos atómicos, sus tipos y sus mecanismos.

Las Reacciones Nucleares.....apasionante.

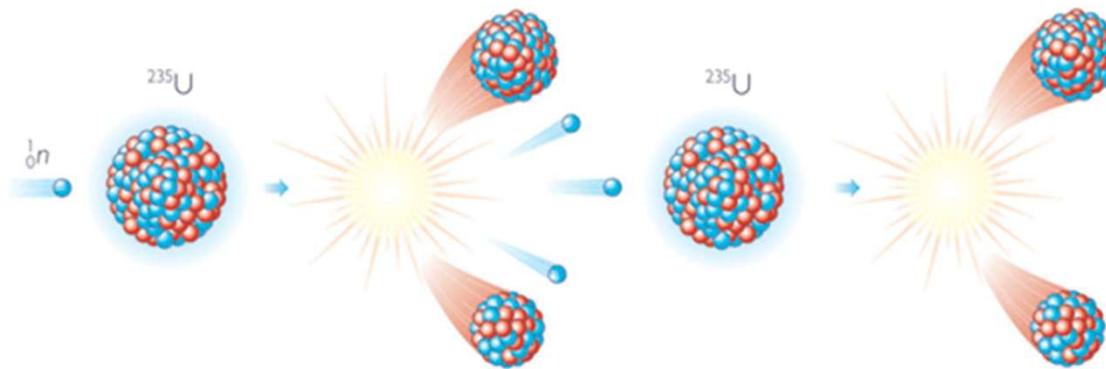
2.11 REACCIONES NUCLEARES

- Bombardeo con partículas o fotones alta energía
- Núcleo inestable

¡ RADIATIVIDAD ARTIFICIAL !

¡ RADIATIVIDAD ARTIFICIAL !

- Transmutación materia
- Obtención gran cantidad de energía



El mecanismo por el cual tiene lugar la reacción nuclear precisa de:

1. Proyectil (partícula) sobre un núcleo (blanco) → núcleo compuesto
2. Desintegración núcleo compuesto: emisión partículas/ γ

Se pueden producir en:

Acelerador:
partículas cargadas

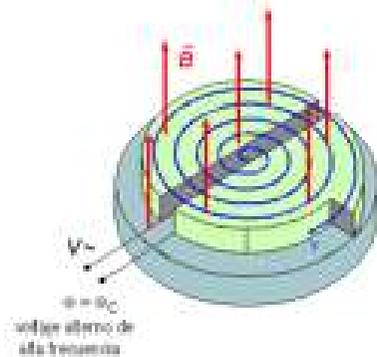


Emisión positrones: ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O
C.E.: ^{123}I , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{201}Tl

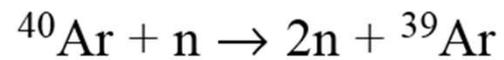
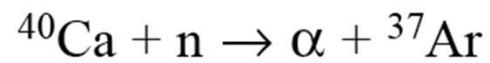
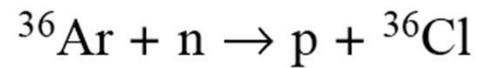
Reactor nuclear:
neutrones



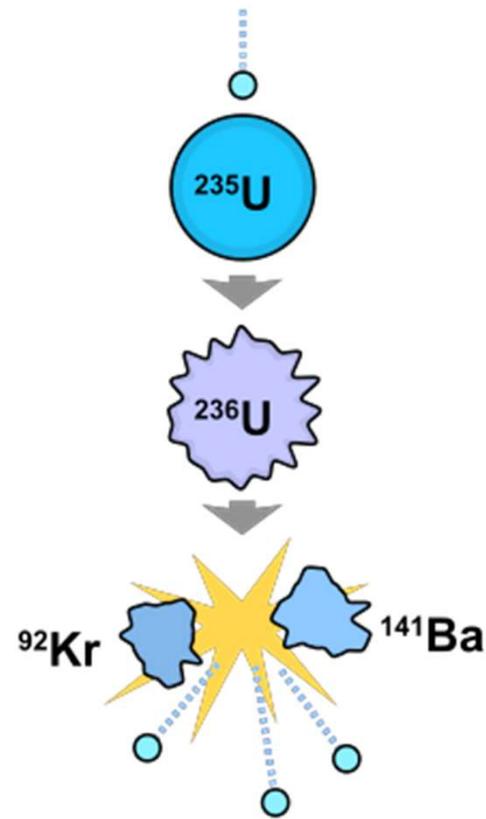
^{99}Mo , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{51}Cr , ^{89}Sr



- El proyectil aporta 2 energías:
 - Cinética: movimiento
 - De enlace: de la partícula al núcleo
- Núcleo compuesto:
 - “Olvida” su formación
 - Desintegra



Éstos son algunos ejemplos



Tipos de reacciones nucleares:

1. Reacciones de dispersión
2. Captura radiativa
3. Emisión partículas
4. Fotodesintegración
5. Fisión
6. Fusión

Todas ellas serán producidas de manera artificial

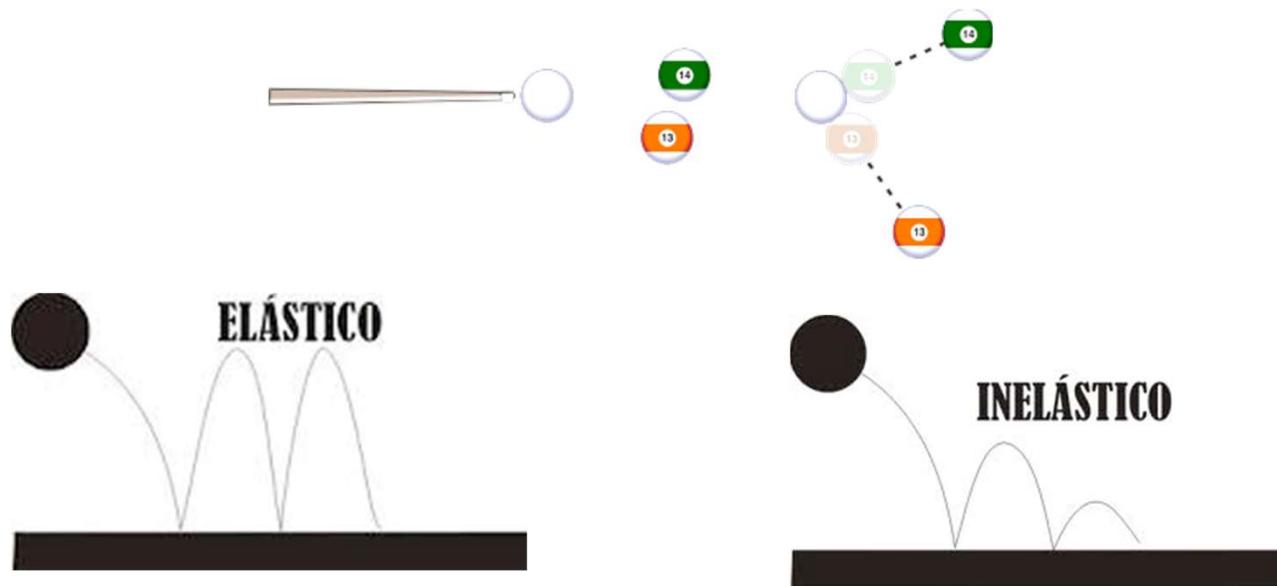
Somos nosotros los que alteramos un núcleo.



1. Reacción de dispersión: El proyectil se dispersa: no hay núcleo compuesto

Colisión elástica: no hay alteración nuclear

Colisión inelástica: núcleo excitado



2. **Captura radiativa:**

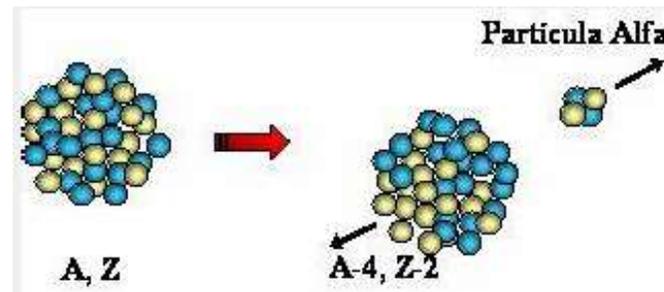
Núcleo compuesto emite radiación γ (fotón único o cascada)

Exoérgicas

3. Emisión de partículas:

neutrones, deuterones, alfa, p+

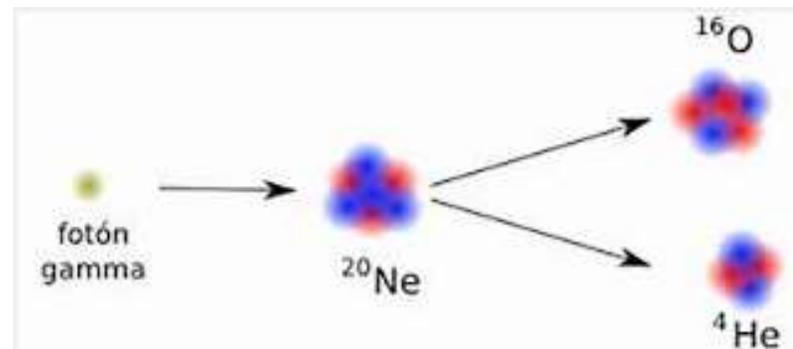
Típica de núcleos pesados



4. Fotodesintegración:

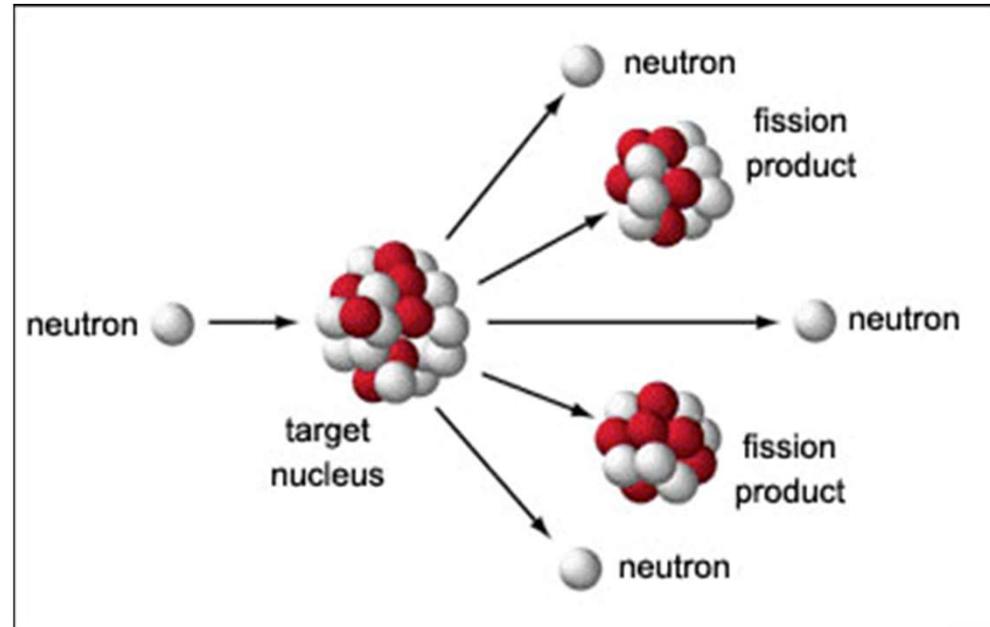
Proyectil = fotón \rightarrow sólo aporta energía cinética (no masa)

Endoérgicas



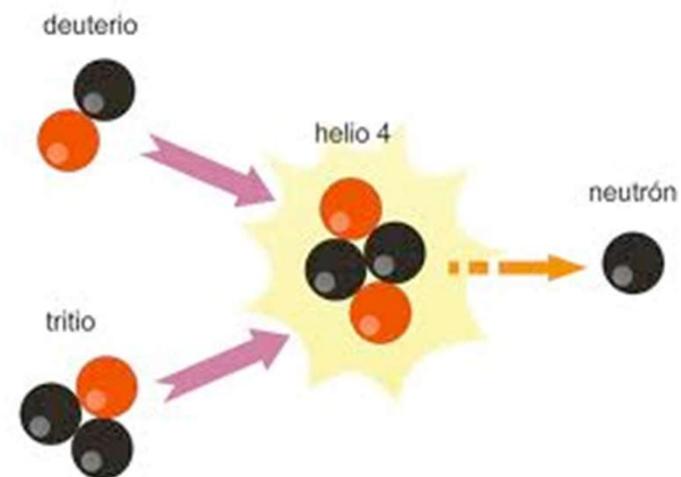
5. Fisión:

Núcleo compuesto muy inestable.
Desintegración: escisión en 2 partes
asimétricas + neutrones.



6. Fusión:

Varios núcleos ligeros se unen → núcleo pesado
Fusión exoérgica pero no espontánea
(repulsión culombiana)
Calentar el gas



Ahora que ya sabemos los tipos de radiaciones que hay.....
Ahora que ya sabemos cómo el ser humano es capaz de alterar
Los núcleos de los átomos
Ahora que sabemos qué tipo de desintegraciones existen
.....
.....
.....ahora queremos saber qué ocurre cuando la radiación
choca con la materia.
No será igual que choque un fotón que una partícula
cargada o un neutrón. Son ellos los que alteran a un átomo



2.12 INTERACCION DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

▶ INTERACCIÓN PARTÍCULAS CARGADAS

- ▶ Culombiana/colisiones:
 - Elástica
 - Ineslástica
 - Radiactiva

▶ INTERACCIÓN OEM (FOTONES)

- ▶ Fotoeléctrico
- ▶ Compton
- ▶ Creación de pares

INTERACCIÓN NEUTRONES

- ⊙ Colisiones
- ⊙ Captura neutrónica
- ⊙ Reacciones fisión

2.12.1. Interacción de las partículas cargadas:

También denominadas interacciones coulombianas o coulombianas: lo más frecuente

Interacción eléctrica partícula/núcleos y e- material

Pérdida continua de la energía hasta detención

Generan pares iónicos → radiaciones directamente ionizantes

- Dependen de:

Carga

Masa

Medio con el que interactúan

- Vamos a ver:

Interacción partículas Pesadas: partículas α

Ligeras: partículas β y electrones

- Tipos de colisión de partículas cargadas con la materia:

1. Elástica
2. Inelástica:

Ionización

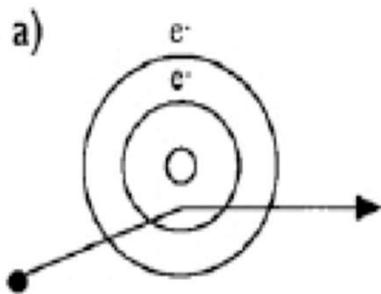
Excitación

Disociación

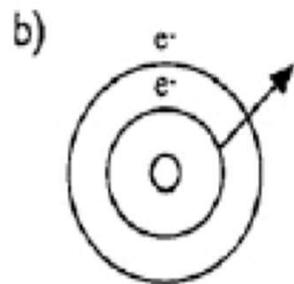
Radiación directamente ionizante

Radiación directamente ionizante

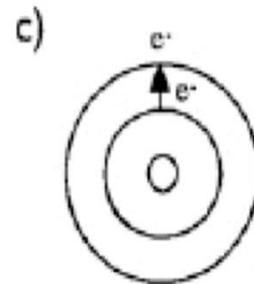
3. Radiativa



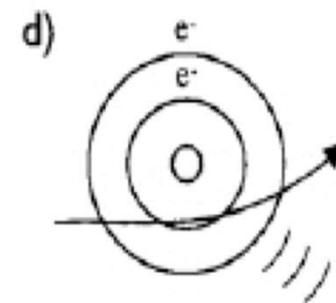
elástica



inelástica: ionización



inelástica: excitación

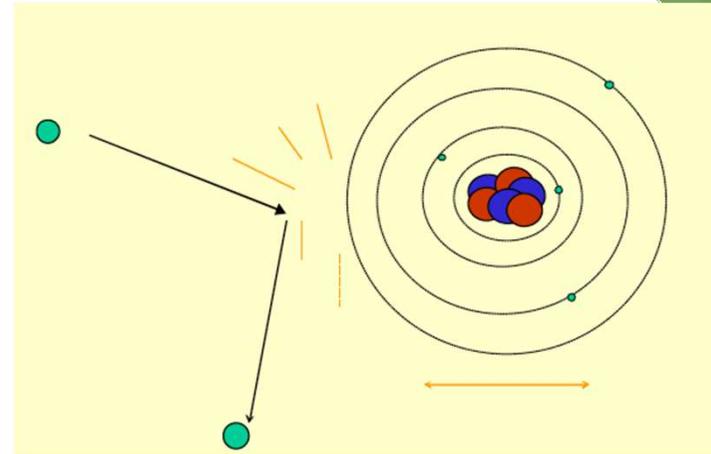


Radiativa

1. **Colisión elástica:**

No se produce alteración atómica ni nuclear

Partícula se desvía cediendo parte de su E como $E_{cinética}$



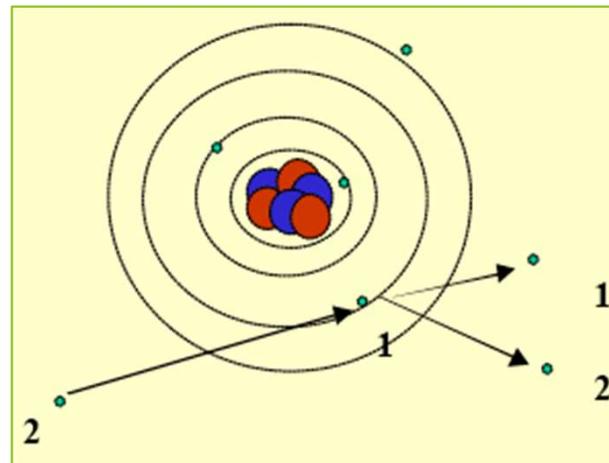
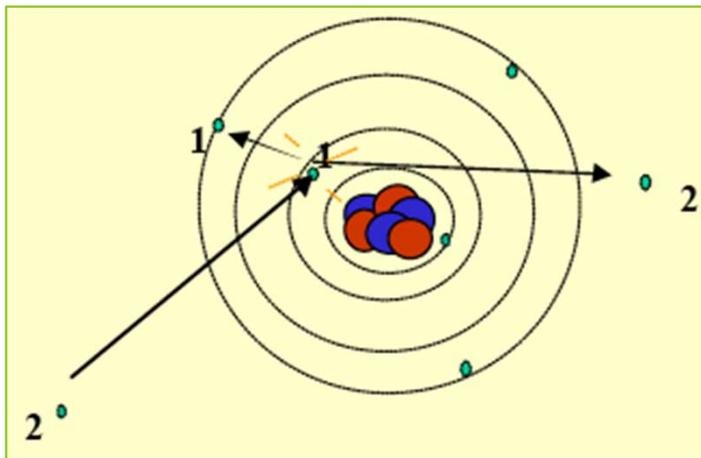
2. **Colisión inelástica:**

Partícula choca con el átomo \rightarrow modifica su estructura electrónica

Excitación: e- impactado es promovido a órbita $>$ energía

Ionización: e- impactado es arrancado \rightarrow ionizaciones secundarias

Disociación: transformación química sustancia irradiada



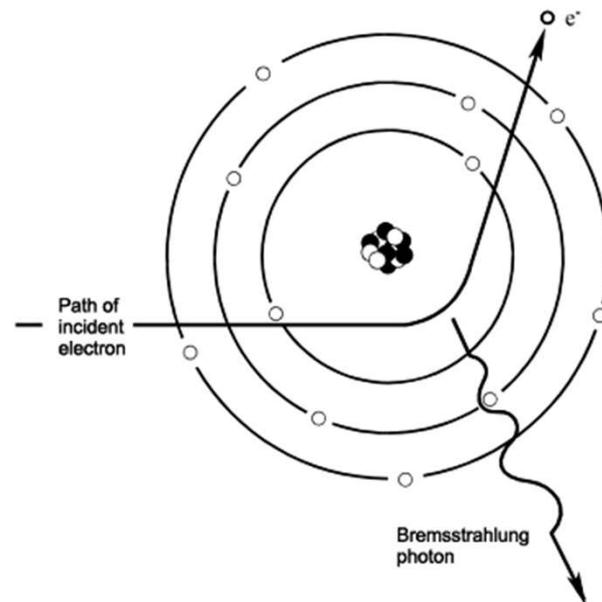
3. Colisión radiativa:

Desviación partícula en la proximidad de un núcleo atómico

Emisión OEM

Más intenso para e-:

Radiación de frenado o Bremsstrahlung (base RX)



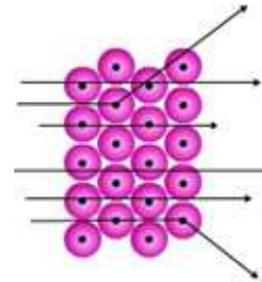
Concepto de alcance:

-Máxima distancia de penetración en el medio absorbente

-Partículas pesadas (α)

Trayectoria rectilínea

Alcance = longitud de la trayectoria

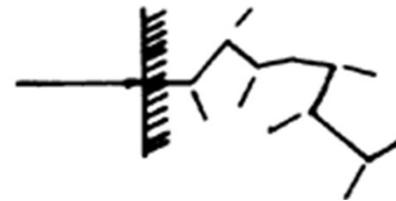


α 3MeV alcance
3 cm aire

- Partículas ligeras (e^- , β):

Trayectoria sinuosa

Alcance \ll longitud de la trayectoria



2.12.2 Interacción de los fotones con la materia:

- Fotones \rightarrow OEM

γ : núcleo

X: corteza

De aniquilación

- Absorción de la radiación

Superposición de varios procesos:

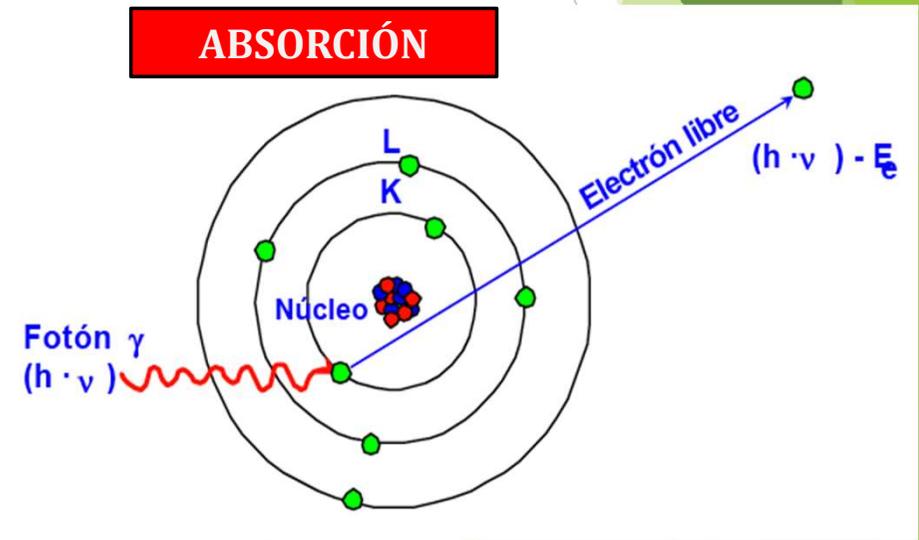
1. Efecto fotoeléctrico (EF)
2. Efecto Compton (EC)
3. Creación de pares (CP)

Radiación indirectamente ionizante

RADIACION INDIRECTAMENTE IONIZANTE

El efecto fotoeléctrico.

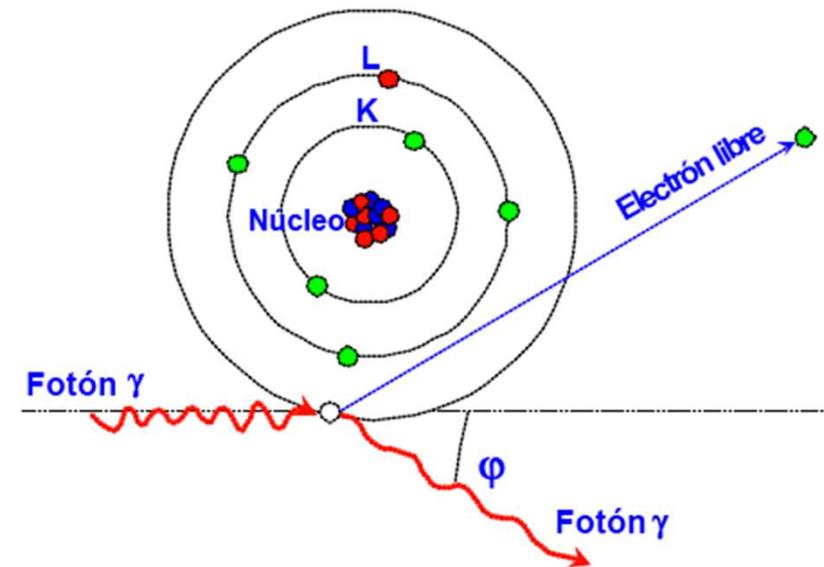
- Absorción del fotón incidente
- Arranca e- capas **profundas** (capa K)
- Átomo ionizado → Reorganización corteza: OEM alta E (RX)
Fotoelectrón → partícula ionizante
- Predomina a bajas energías (< 100 keV)
- Probabilidad de que ocurra:
Disminuye según aumenta la energía del fotón
Aumenta con el Z del material
- 1921: Einstein gana el Nobel por explicar EF
- Fundamental en los sistemas detección



El Efecto Compton:

- Fotón interacciona con un e- poco ligado (**superficial**)
 - Cede parte de su energía en arrancarlo (E_C)
 - Resto: fotón disperso
 - Angulo dispersión (ϕ) 0-180°
 - < E
- Átomo ionizado → Si se reorganizara la corteza: OEM baja E
- Predomina a E intermedias (100-1000 keV)
- Observado por Compton en 1923 (Nobel física 1926)
- En formación imagen deben discriminarse:
 - Contribuyen pérdida de resolución espacial
 - Discriminación: ventana de energía

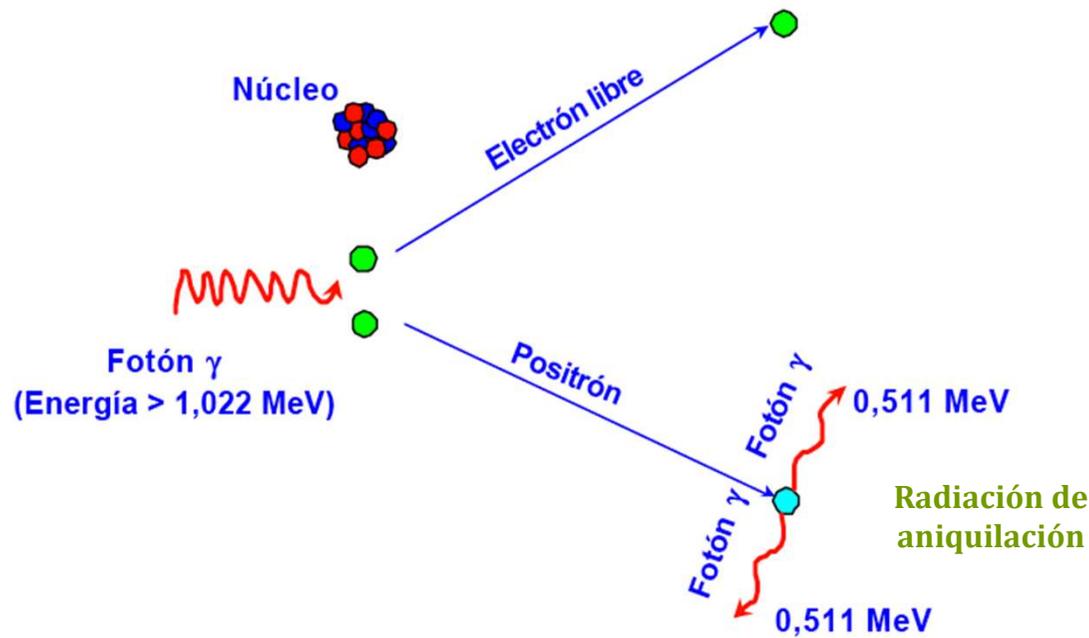
DISPERSIÓN



Creación de Pares

- Fotón muy energético (≥ 1.022 keV)
- Proximidades del núcleo se materializa:
Par e^-/e^+
Posteriormente $e^+ \rightarrow$ aniquilación

MATERIALIZACIÓN



⦿ Efecto Fotoeléctrico

- $< 100 \text{ keV}$
- Absorción

⦿ Efecto Compton

- $100\text{-}1.000 \text{ keV}$
- Dispersión

⦿ Creación pares

- $\geq 1.022 \text{ keV (1,02 MeV)}$
- Materialización

Para afianzar esto un poco más, hay unos cuantos vídeos interesantes.

http://www.youtube.com/watch?v=4p47RBPiOCo&feature=player_detailpage 1 min. Todos

Ya estamos terminando solo nos faltan los que van de buenos....y son casi los más peligrosos

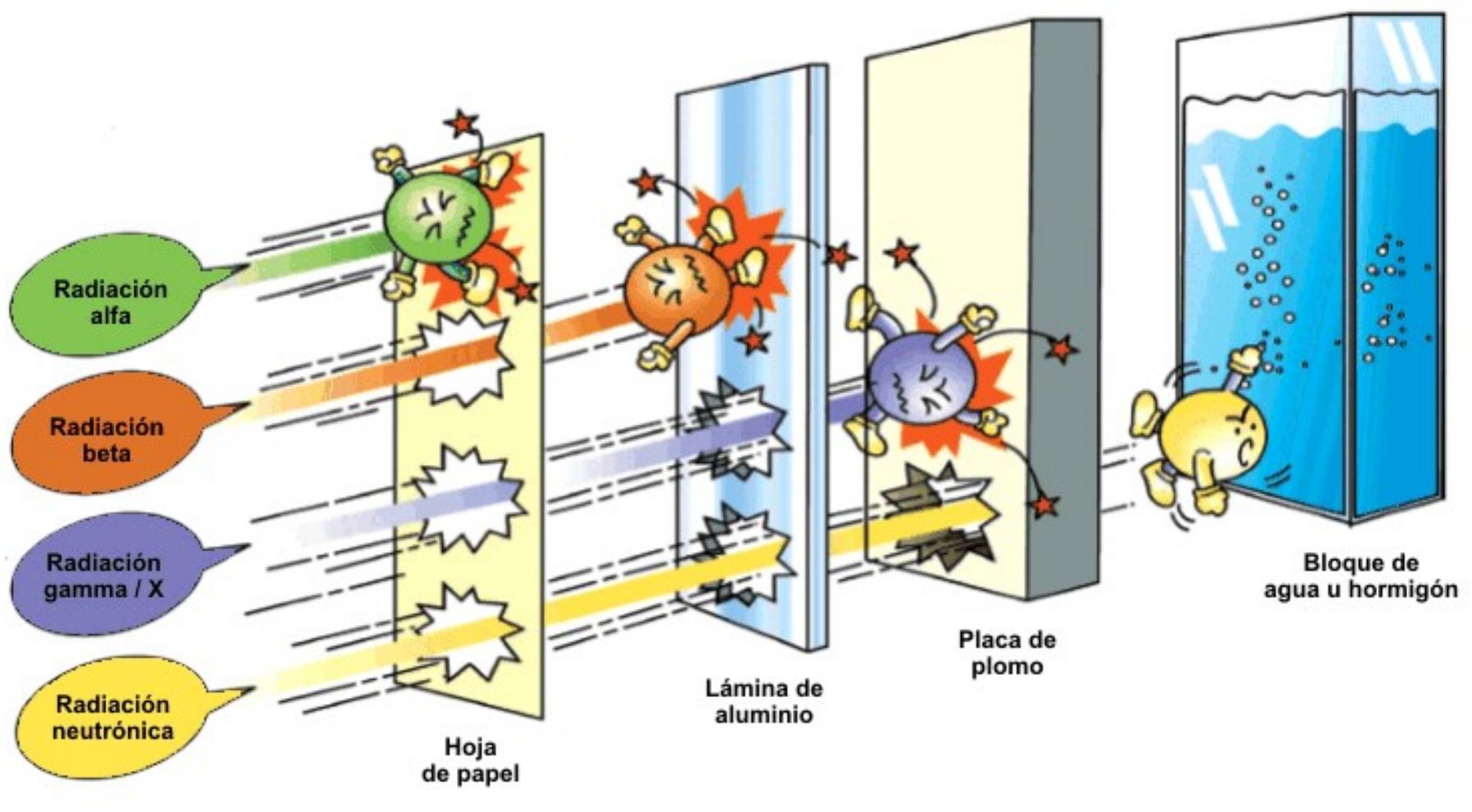
2.12.3 Interacción de los Neutrones con la materia

- Partículas sin carga: gran penetración
- No carga → no producen directamente ionización
- Interacción predominante → reacciones nucleares:
 - Dispersión → neutrón rápido se “modera” a neutrón térmico
 - Excitación → desexcitación: emisión γ
 - ionización 2ª: n choca con H (H_2O) → explota su p^+ (p^+ retroceso) → ionizantes
- Absorción neutrónica → transformación radionucleido
 - Emisión partículas
 - Emisión fotones

Radiación indirectamente ionizante

Radiación indirectamente ionizante

Son las partículas con mayor poder de penetración



Videos de repaso:

<https://www.youtube.com/watch?v=AhdRBpTI1wU> 1 min. Tipos de partículas

https://www.youtube.com/watch?v=4OkR-B4BpvA&feature=player_detailpage 2 min.

Experimento de Rutherford.

<https://www.youtube.com/watch?v=J73hnFRxtH4> 3 min. Ef. Fotoeléctrico.

<https://www.youtube.com/watch?v=wddMxrFPcxg> 2 min. Ef. Comptom

<https://www.youtube.com/watch?v=Cvil0KhxXNc> 4 min. Decaimiento radiactivo beta+

<https://www.youtube.com/watch?v=mmOiD6u3kRE> 5 min. Decaimiento radiactivo beta- y alfa

https://www.youtube.com/watch?v=JXiGB_Ov7w 7 min. Fisión y Fusión nuclear