

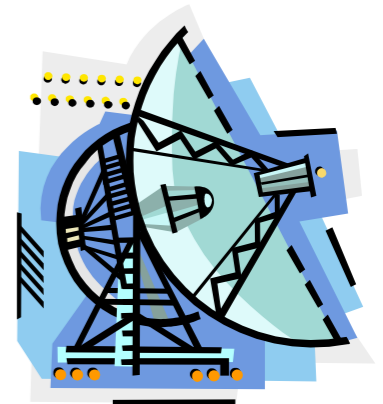
Radiaciones ionizantes en el medio sanitario

Ángel Martínez

¿Qué es la radiación?

Es la propagación de energía a través del espacio.

Puede ser en forma de radiación electromagnética



O en forma de un flujo de partículas



II

(Actos no legislativos)

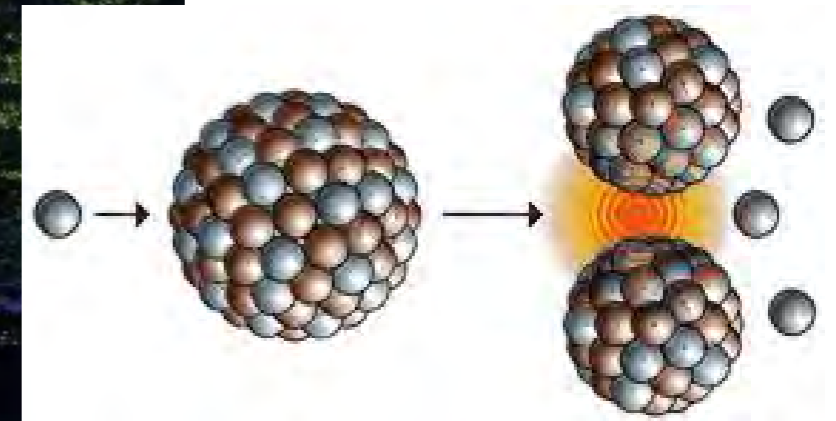
DIRECTIVAS

DIRECTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSEJO

de 5 de diciembre de 2013

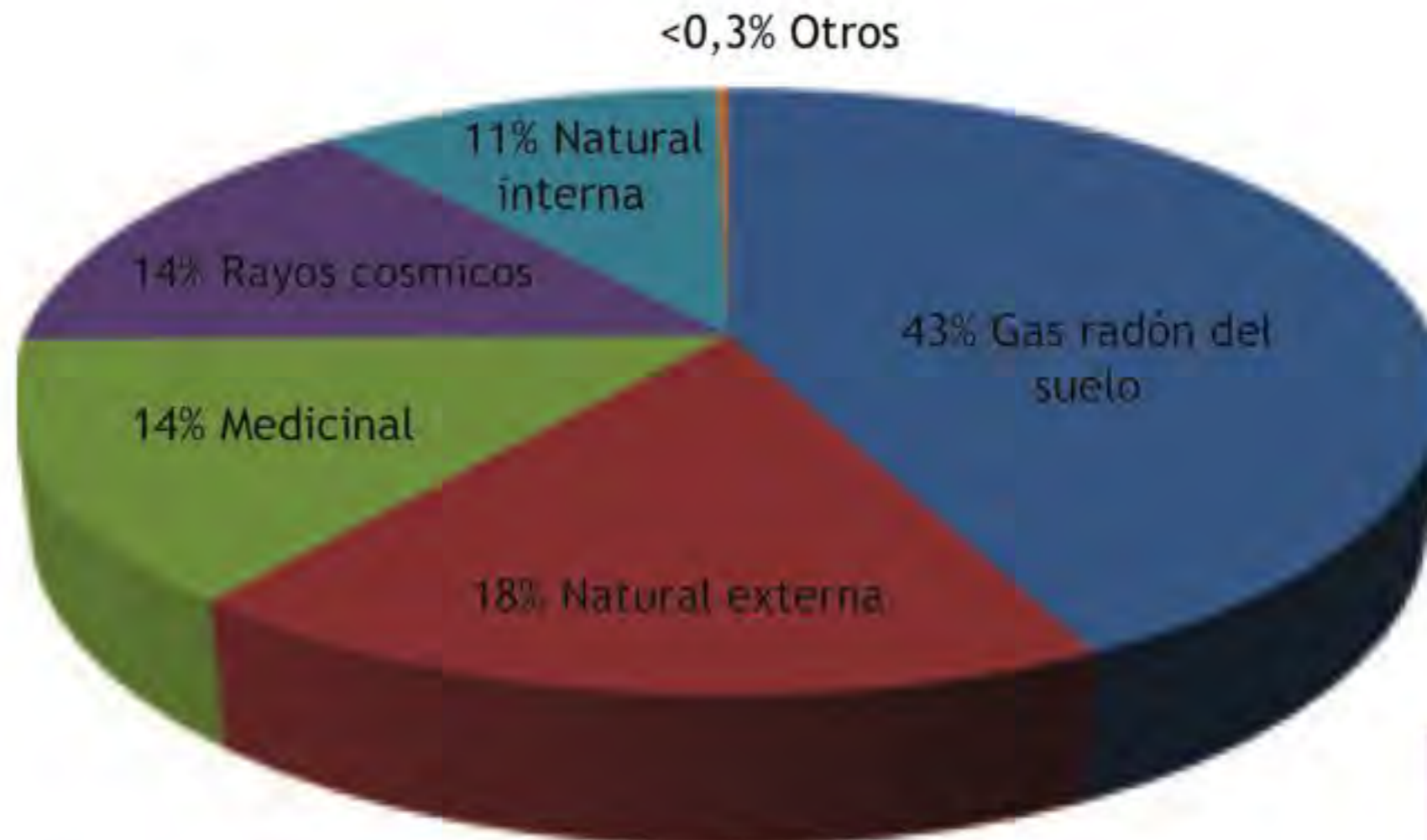
por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom

Radiación Natural : Proviene de la Naturaleza y se encuentra presente en el agua- animales – plantas- suelos – espacio - Hombre .



Fuentes artificiales	Porcentaje de la radiación anual
Médicas	14%
Ensayos nucleares	0,2%
Chernobyl	0,07%
Centrales nucleares	0,01%
Total	~14%

DOSIS ANUAL DE RADIACIÓN



Dosis media anual en España (3,5 mSv)



Radiación y Radioactividad



- Radiación: Energía en tránsito, ya sea como ondas electromagnéticas o como partículas.
- Radioactividad: Proceso natural y espontáneo. Característica de varios materiales que emiten radiación ionizante.

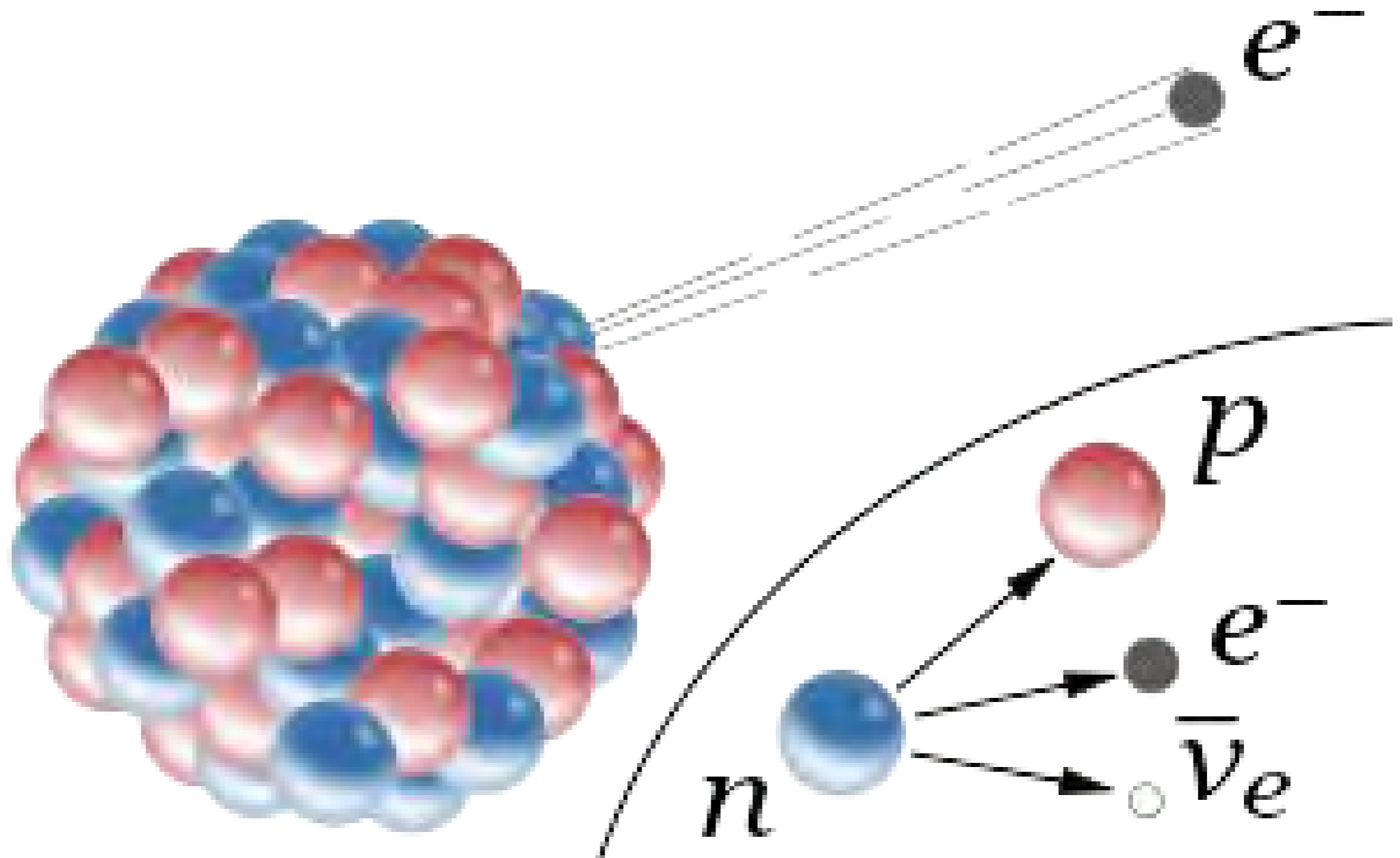


Propiedades de las radiaciones

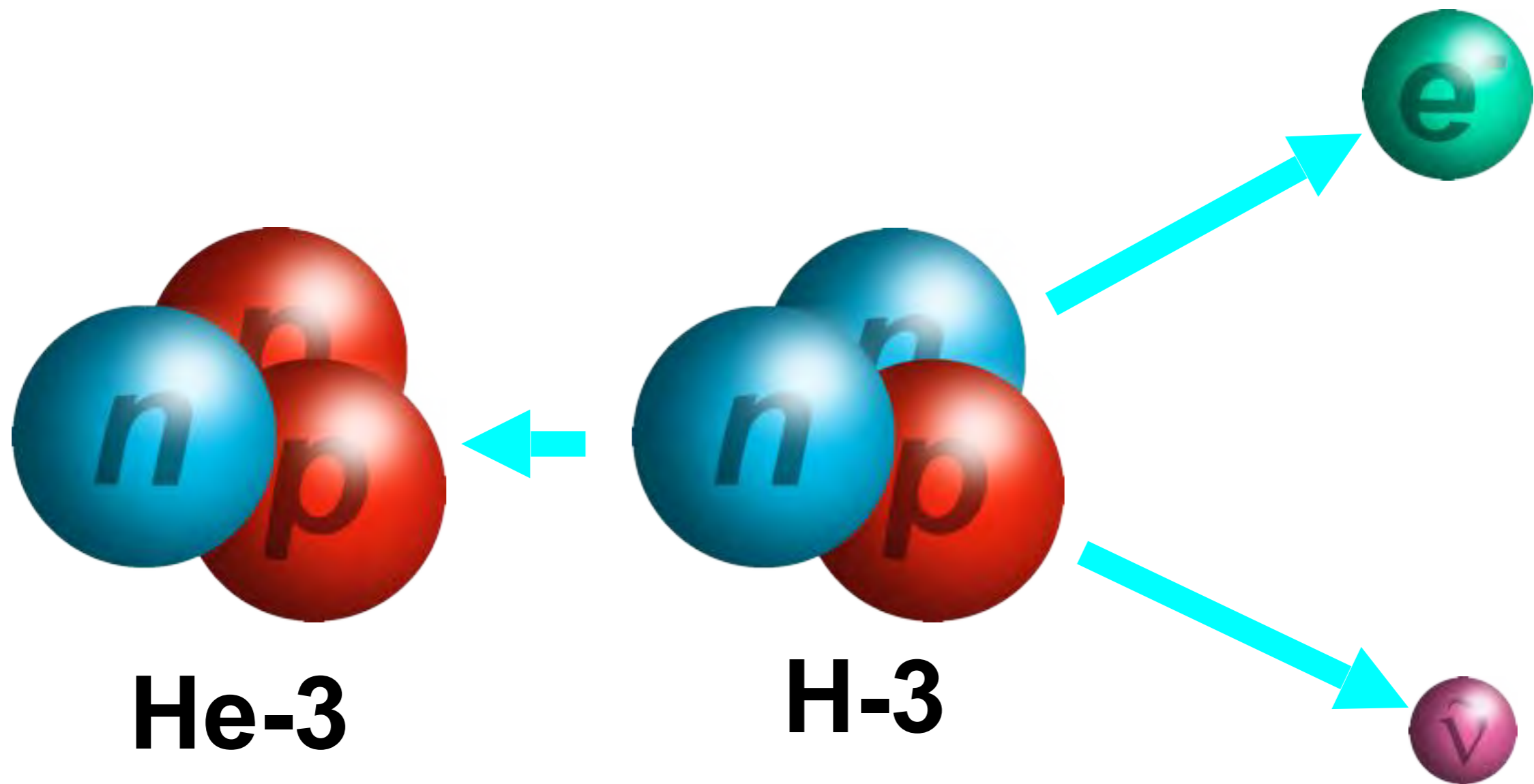
Radiación	Tipo de Radiación	Masa (uma)	Carga	Materiales para frenarla
Alfa	Partícula	4	+2	Papel, piel, ropa.
Beta	Partícula	1/1836	± 1	Plástico, vidrio, metales livianos. (bajo Z y baja densidad)
Gamma – rayos X	Ondas electromagnéticas	0	0	Metales densos, concreto, Tierra. (alto Z, alta densidad).
Neutrones	Partículas	1	0	Materiales con hidrógeno para moderar (Agua, plásticos, aceite), para absorber, materiales que capturan (boro, cadmio).

Desintegración Beta

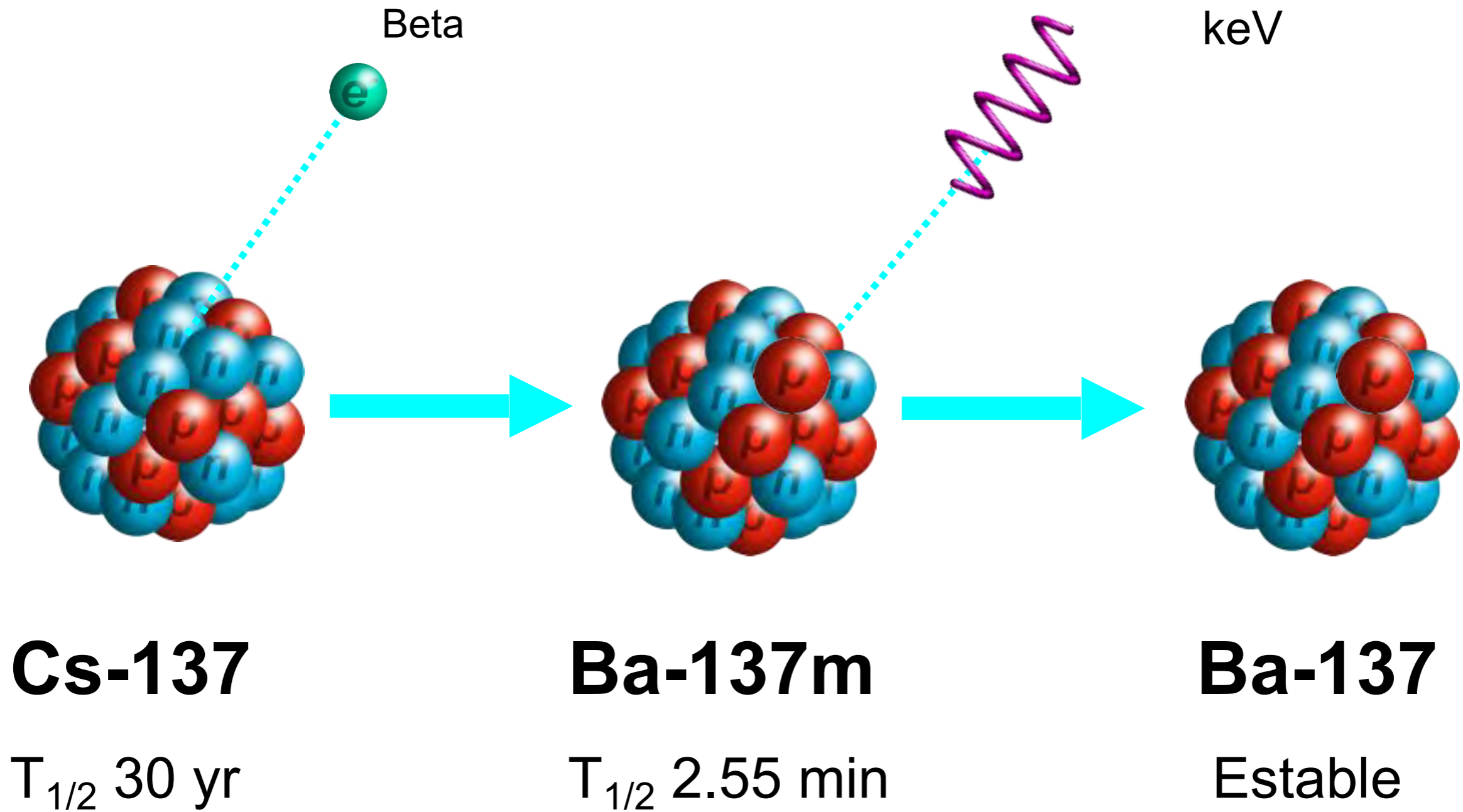
Un neutrón se transforma en un protón, un electrón, y un anti-neutrino



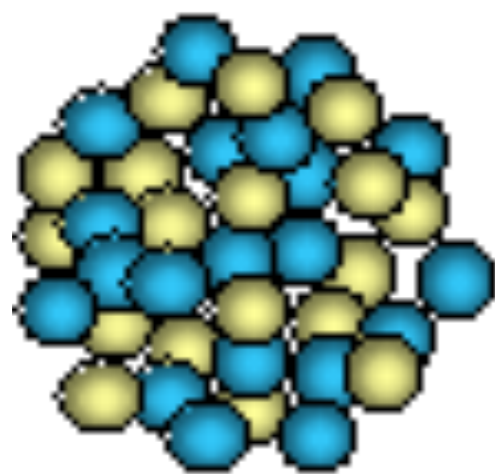
Desintegración Beta



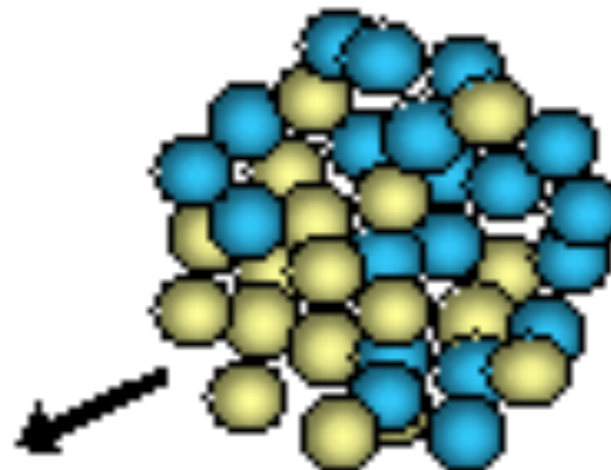
Desintegración Gamma (Cs-137)



Desintegración Alfa



A, Z



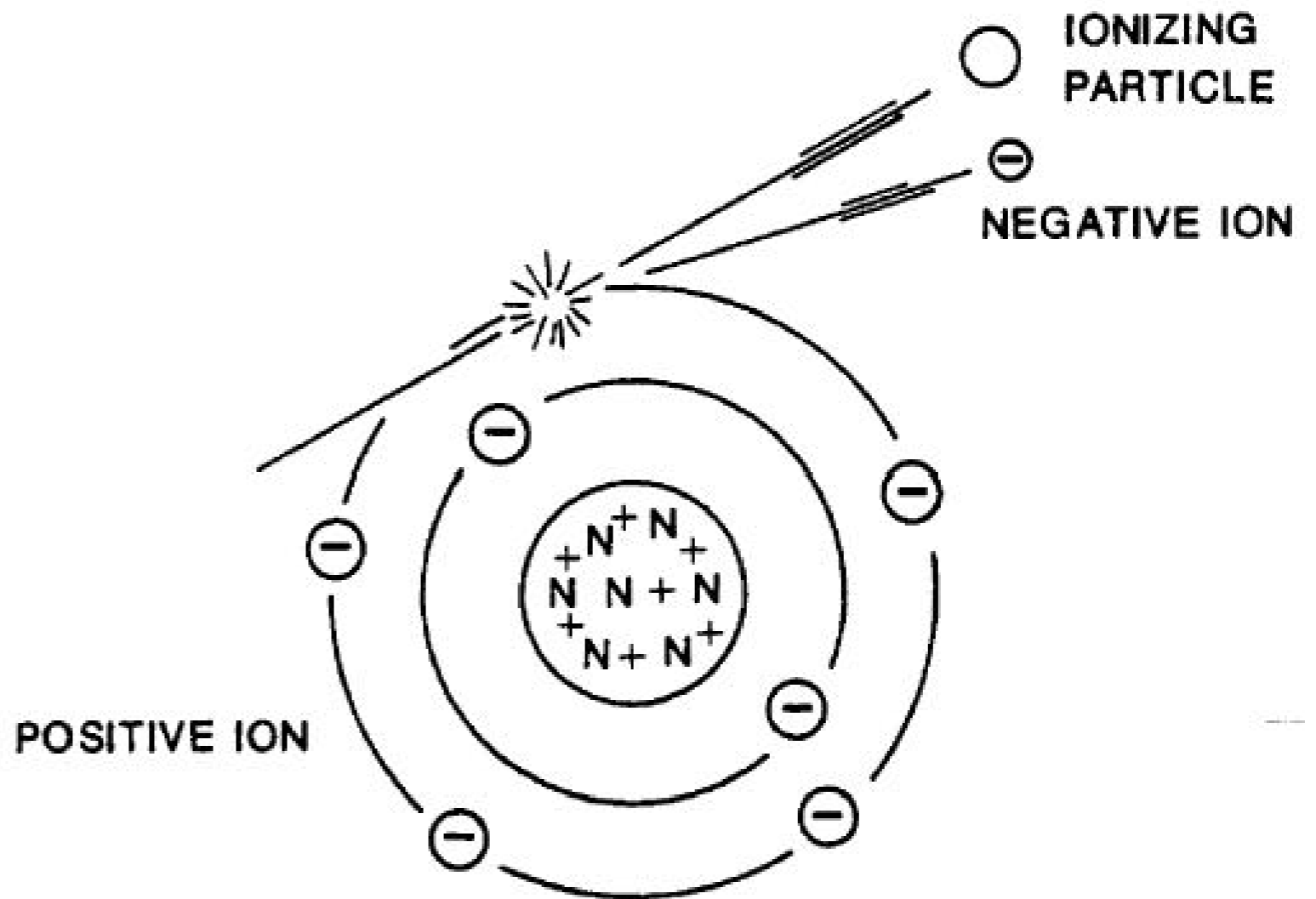
A-4, Z-2

Partícula Alfa



Ionización

proceso que resulta de remover un electrón de un átomo o molécula eléctricamente neutro. El resultado es la creación de un par de iones: un electrón (negativo) y un átomo o molécula positiva.



Excitación

Proceso que le proporciona suficiente energía a un electrón de un átomo o molécula que le permite ocupar un estado de mayor energía. El electrón permanece ligado al átomo o molécula, no se producen iones y el átomo permanece neutro.

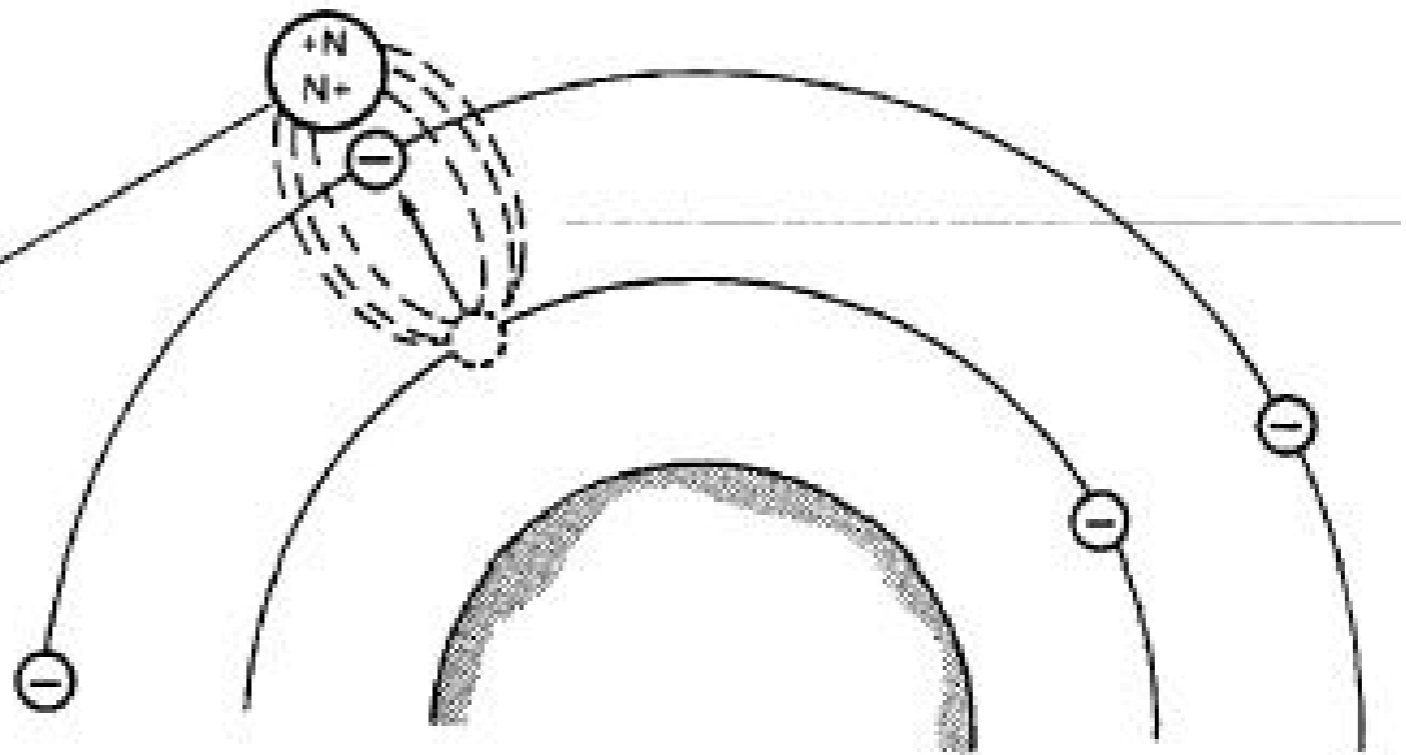


Figure 2 - Excitation

La luz y la radiación UV pueden excitar electrones periféricos y la radiación X y γ , electrones internos.

Para las ondas electromagnéticas:

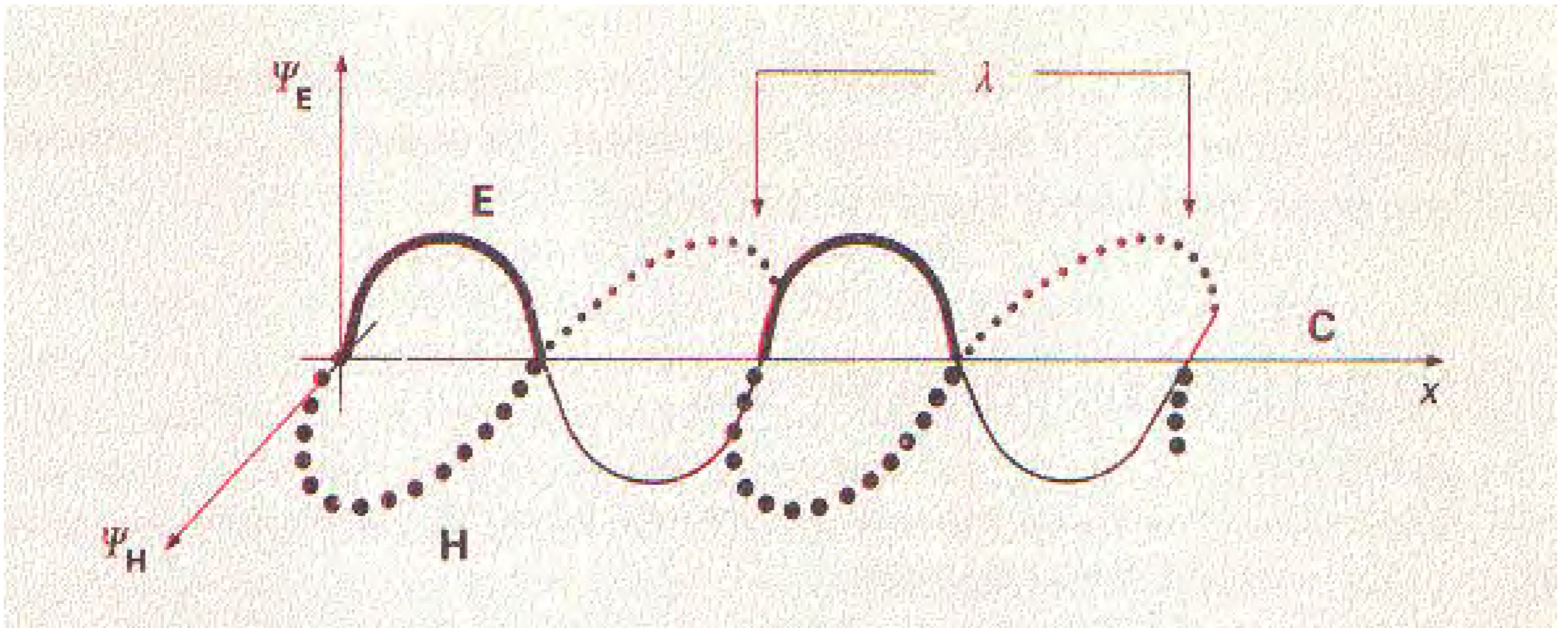
$$\lambda \nu = c$$

λ = longitud de onda

ν = frecuencia

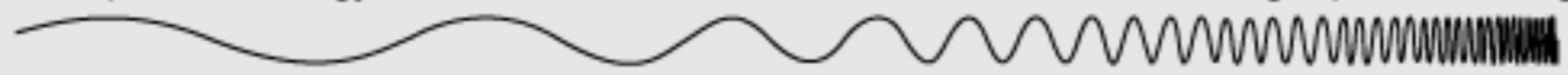
c = velocidad de la luz

Las **ONDAS ELECTROMAGNETICAS** consisten en la propagación de una doble vibración: de un campo eléctrico (E) y de un campo magnético (H). Estas 2 vibraciones están en fase, tienen direcciones perpendiculares, y se propagan en el vacío a una velocidad de 300.000 Km/s según una dirección perpendicular a los planos de vibración



Low frequency
Long wavelength
Low quantum energy

High frequency
Short wavelength
High quantum energy



Body is transparent. You are commonly penetrated by radiation in this range from local radio and TV stations and other forms of communication.

Almost transparent. Tiny amount of absorption rotates molecules and contributes heating, but no effects distinguishable from heating.

Strongly absorbed because it causes electron jumps to higher levels. Not enough energy to ionize.

Almost transparent since quantum energies so high that atoms can't absorb and remain intact. Ionizes.

To have a physiological effect, the energy of the radiation must be absorbed. To be absorbed, there must be quantum energy level pairs which match the photon energy of the radiation. If these energy level pairs are not available in a given frequency range, then the material will be transparent to that radiation.

Stronger absorption vibrates molecules. Physiological effect is heating since it is putting molecules into vibrational motion.

Very strongly absorbed by electron jumps. Doesn't penetrate skin. Upper end can ionize.

FOTON = PAQUETE DE ENERGIA

Un FOTON es un "paquete" de energía equivalente a una partícula de energía cinética $h \cdot \nu$

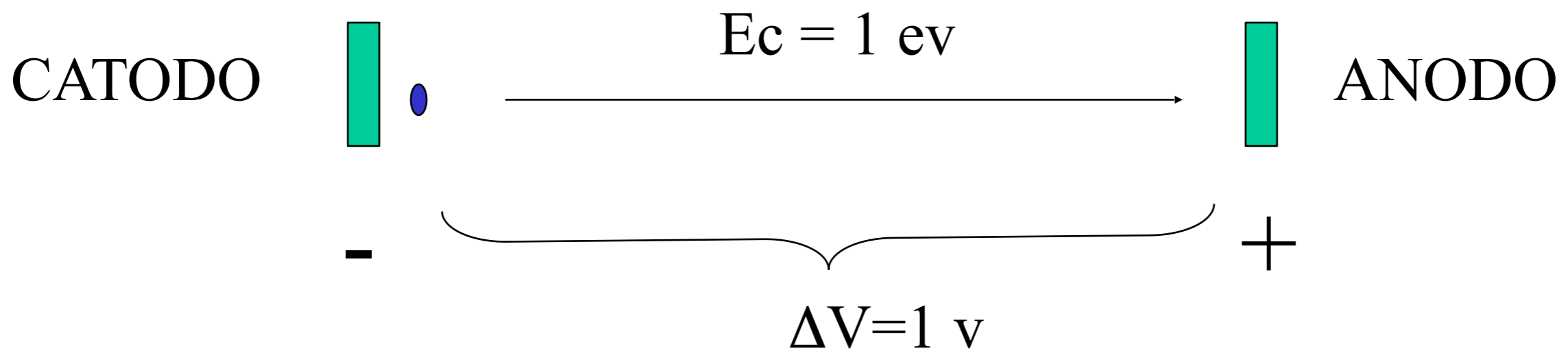
$$E = h \cdot \nu \quad (h = 4,1356 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s})$$

Al interactuar con la materia, una radiación electromagnética de frecuencia determinada (ν) no puede adquirir ni ceder la energía que transporta más que en cantidades discontinuas, que son múltiplos de una cantidad elemental E (cuanto o fotón).

ELECTRON-VOLTIO

Se define 1 eV (electrón voltio) como la cantidad de energía igual a la que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio

$$1\text{eV} = 1.602176462 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$



RAYOS X

Son radiaciones electromagnéticas de alta energía

Pueden penetrar y atravesar la materia de manera diferencial según la densidad del medio

Ennegrecen las emulsiones fotográficas

Generan radiación secundaria

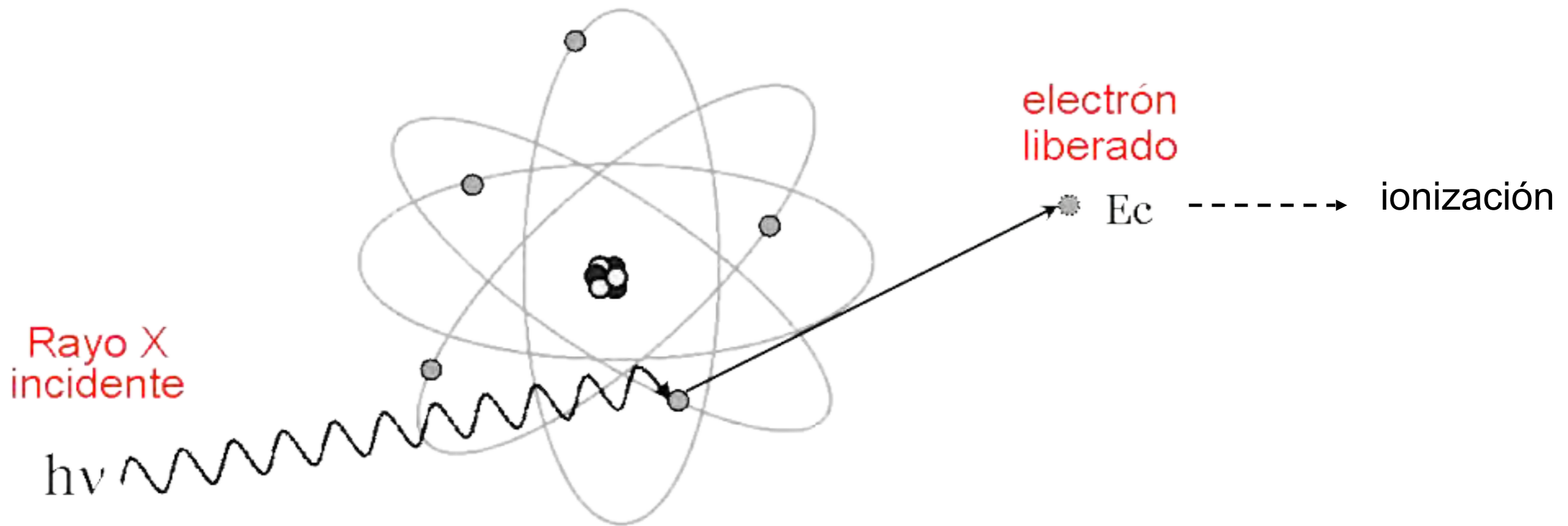
Ionizan la materia

RAYOS X. PROPIEDADES

- Poder de Penetracion.
- Efecto luminiscente.
- Efecto Fotográfico.
- Efecto ionizante.
- Efecto Biológico.
- No poseen masa, son invisibles y eléctricamente neutros.
- Viajan a la velocidad de la luz y en el vacio no disipan energía.
- No pueden ser enfocados mediante lentes, prismas o espejos, ni reflejados.
- Viajan en línea recta en un haz divergente cuando emanan de un punto focal.
- Producen radiación secundaria y dispersa en los materiales que atraviesan.
- Pueden transformarse en calor cuando atraviesan la materia.

EFEECTO FOTOELECTRICO

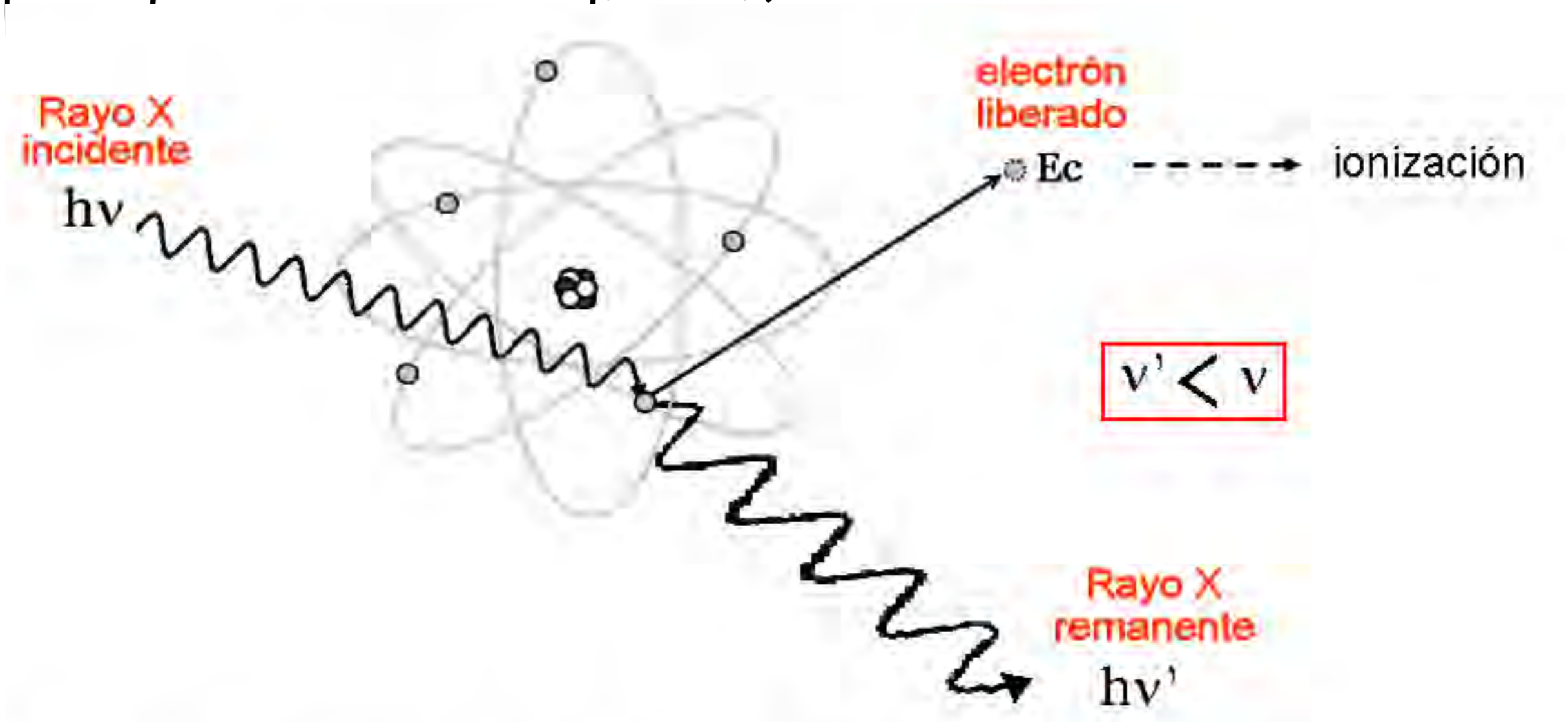
La energía del fotón X o gamma es completamente transferida a un electrón orbital que es expulsado del átomo. El fotón incidente desaparece después de la colisión.



El efecto fotoeléctrico ocurre cuando la energía del fotón es baja (menor a 500 Kev) y con mayor probabilidad en **medios de alto Z**.

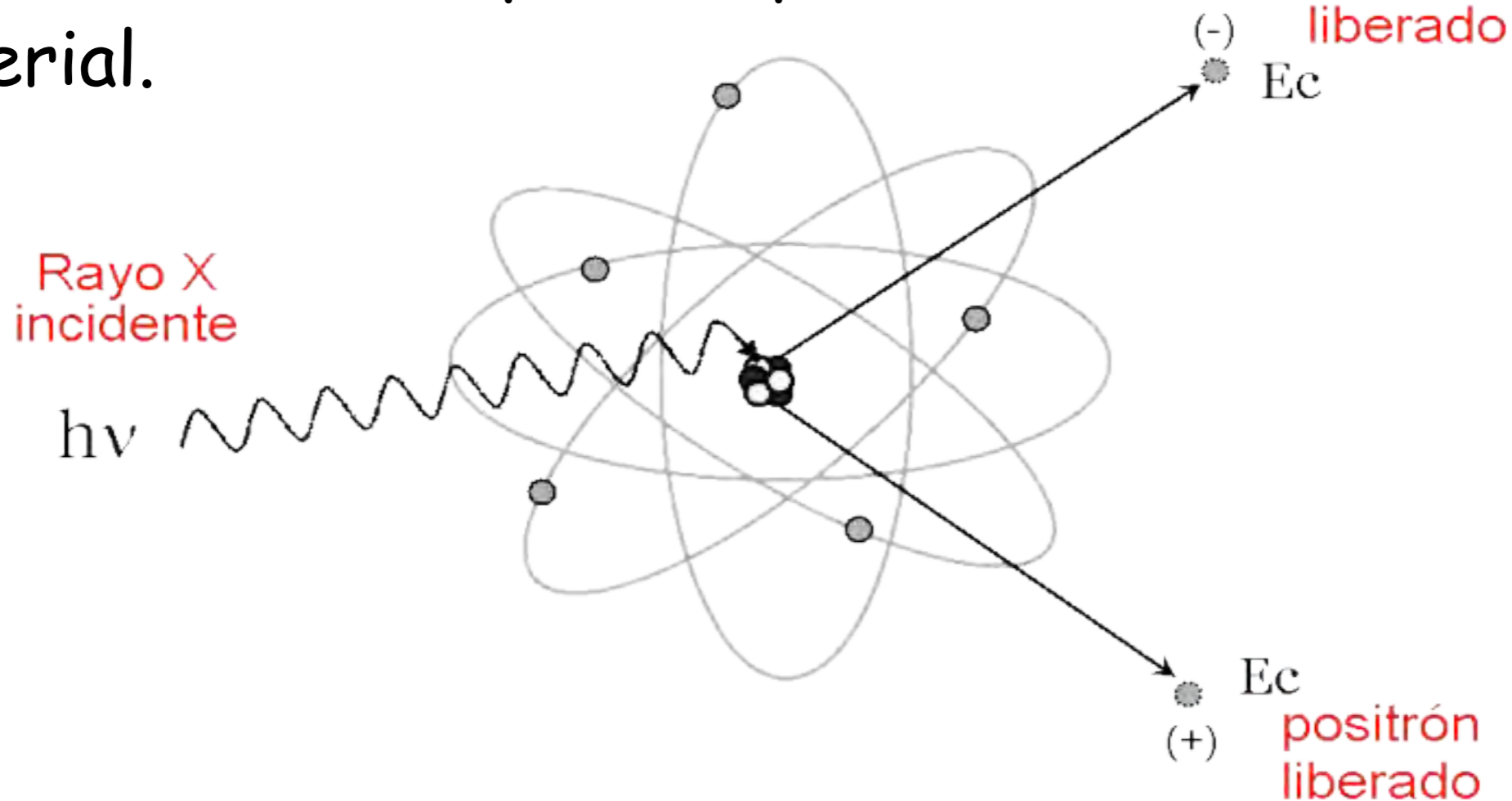
EFEECTO COMPTON

Los fotones X o gamma pueden ceder parte de la energía a un electrón orbital que será expulsado del átomo, generándose un fotón remanente de menor energía que es



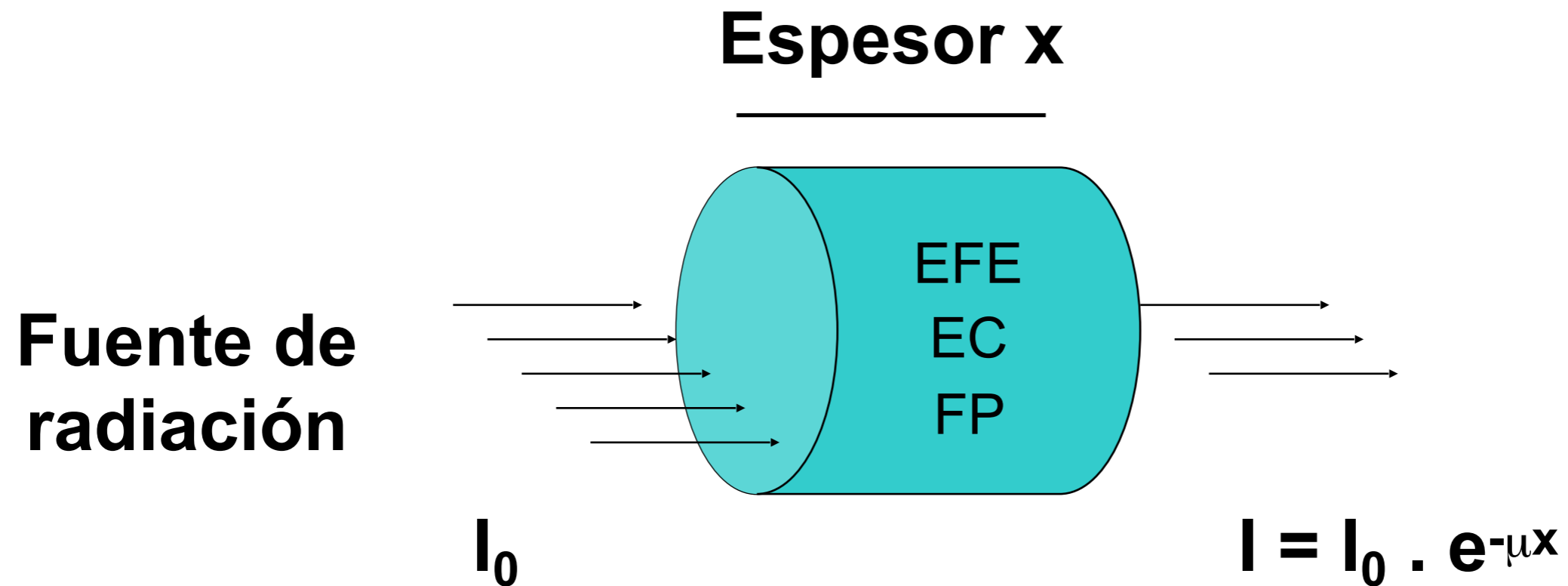
FORMACION DE PARES

Fotones con energía mayor a 1.02 MeV pueden interactuar con el núcleo formando un par electrón-positrón. Un exceso de energía se transfiere en forma equivalente a ambas partículas las cuales pueden producir ionización adicional en el material.



El positrón puede ser capturado por otro electrón ocurriendo el fenómeno de aniquilación y generando como consecuencia dos fotones de 0.51 MeV (radiación de aniquilación). Esos fotones podrán perder su energía por Efecto Compton o fotoeléctrico.

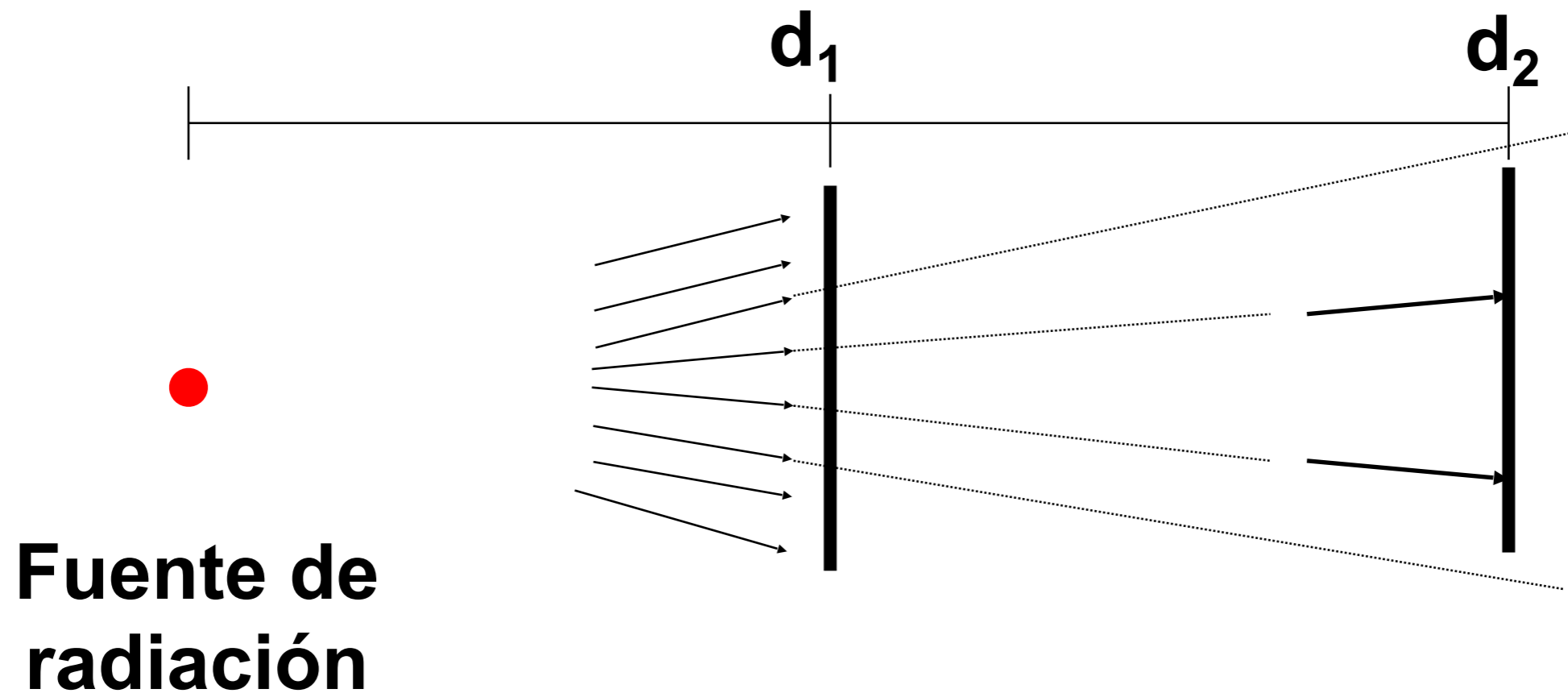
ATENUACIÓN LINEAL



Intensidad (I) = número de fotones / tiempo. área

μ = coeficiente de atenuación lineal (depende de la energía de la radiación y del Z del medio que atraviesa)

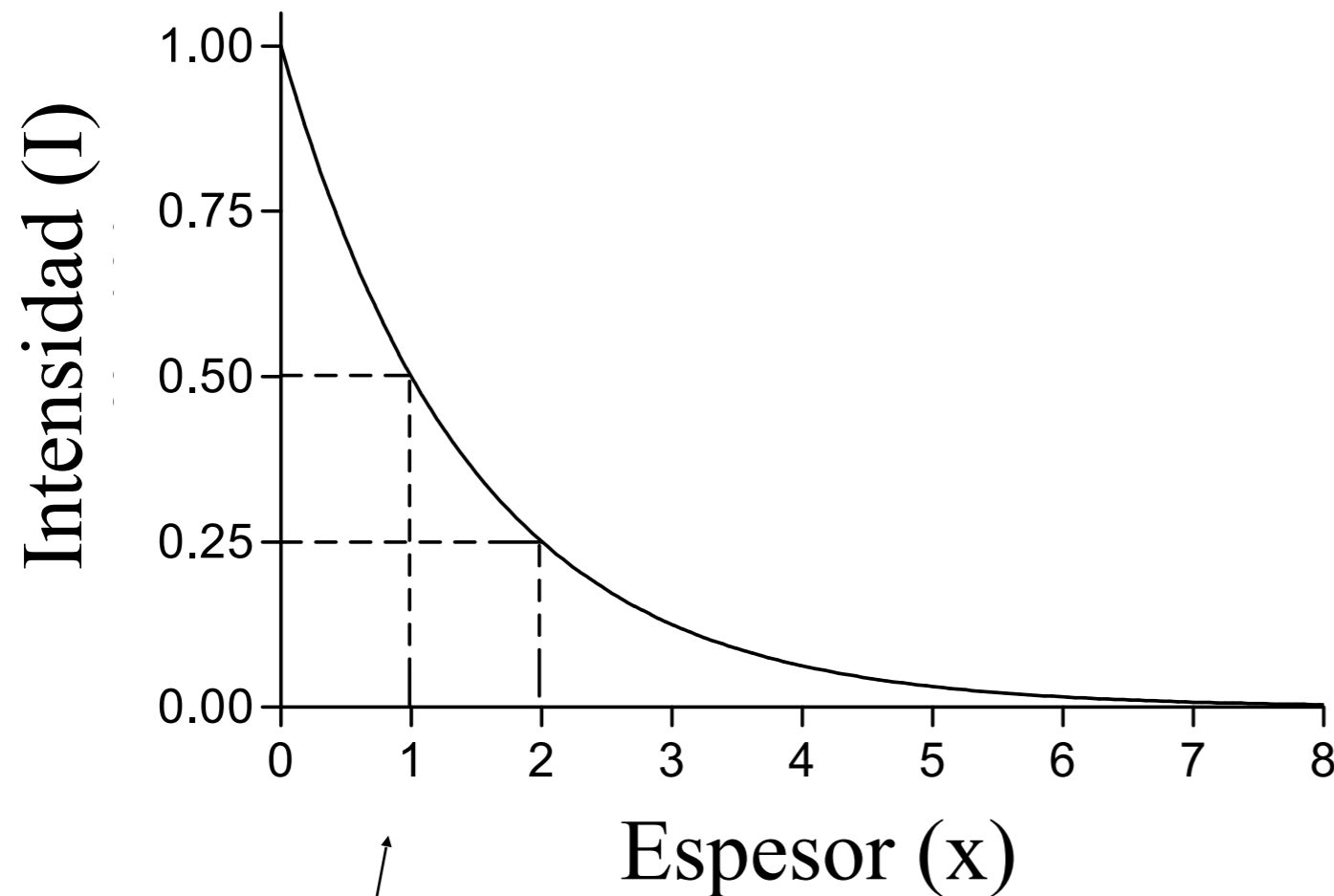
Disminución de la intensidad con la distancia



$$I_1 / I_2 = (d_2 / d_1)^2$$

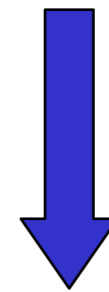
SEMIESPESOR

Es el espesor de material absorbente que reduce la intensidad de la radiación incidente a la mitad.



$$\text{Si } I = I_0 / 2,$$

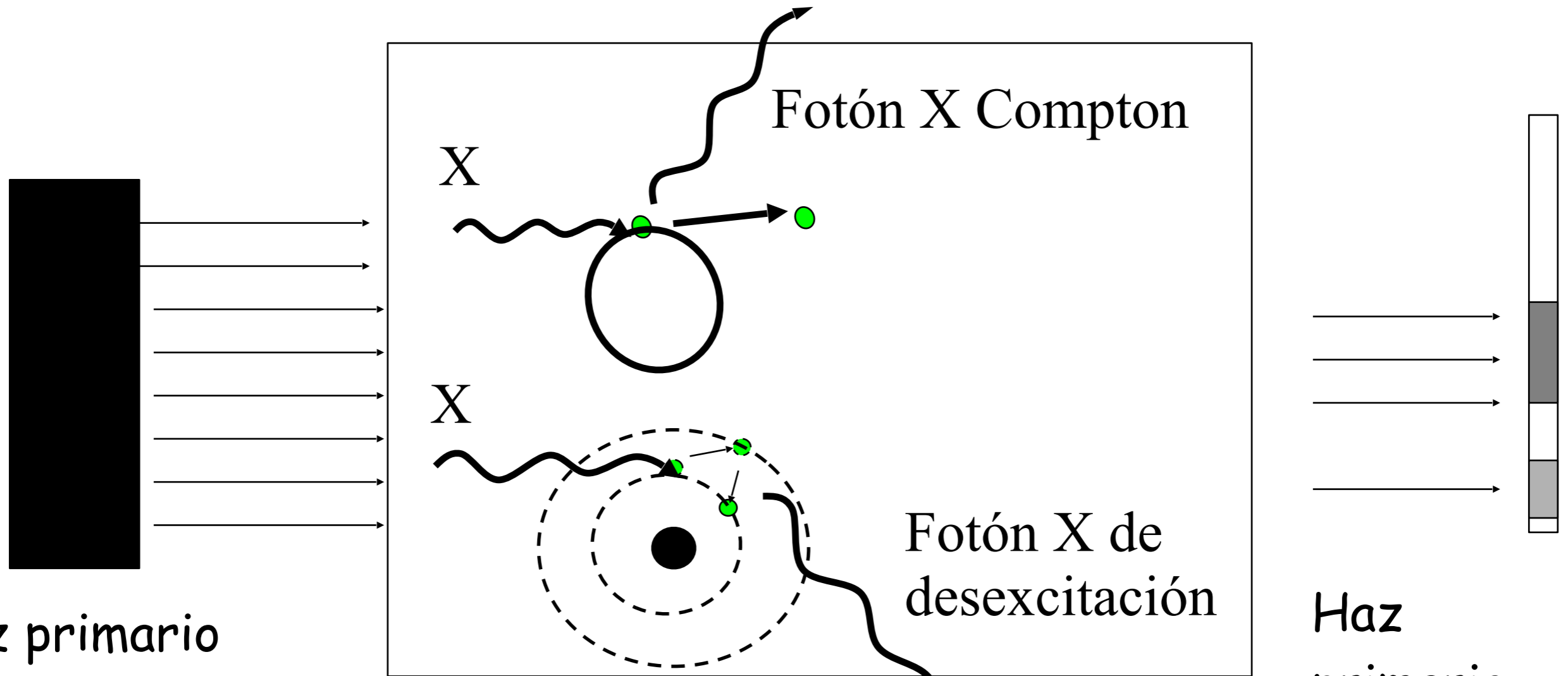
$$x = \ln 2 / \mu$$



$$x_{1/2} = \ln 2 / \mu$$

Semiespesor ($x_{1/2}$)

RAYOS X PRIMARIOS Y SECUNDARIOS



Haz primario
(con una cierta
Intensidad y
distribución de
Energías)

Haz
primario
atenuado
(forma la
imagen)

Un becquerel (1Bq) =
1 desintegración
atómica por
segundo.

Energía absorbida (E) es la que se ha invertido en producir ionizaciones

Dosis absorbida

$$D = E/m$$

$$1 \text{ Rad} = 100 \text{ erg/g}$$

$$\text{Gray (Gy)} = 1 \text{ J/Kg} = 100 \text{ Rad}$$

Dosis equivalente en cuerpo entero

$$H = D \cdot \text{EBR}$$

$$1 \text{ Rem} = 1 \text{ Rad} \quad \text{si EBR}=1$$

EBR = eficiencia biológica relativa (depende de la ionización específica de la radiación)

(X hasta 300 Kev)

$$1 \text{ Sievert (Sv)} = 100 \text{ Rem}$$

Type of Radiation	W_R
X-Rays	1
Gamma-Rays	1
Beta Particles	1
Alphas	20
Neutrons	2-20

Equivalent Dose = Absorbed Dose \times W_R

Exposición

Expresa la capacidad de una radiación de ionizar el aire.

$$X = \Delta q / \Delta m$$

$$1 \text{ Roentgen} = 86,7 \text{ erg/g (aire)}$$

Para radiaciones de 0,1-2,5 Mev, la ionización en agua es 1,11 veces mayor que la producida en aire, por lo que

$$1 \text{ Roentgen} \cong 96 \text{ erg/g tejido} \cong 1 \text{ Rad}$$

Efecto fotoeléctrico vs Compton

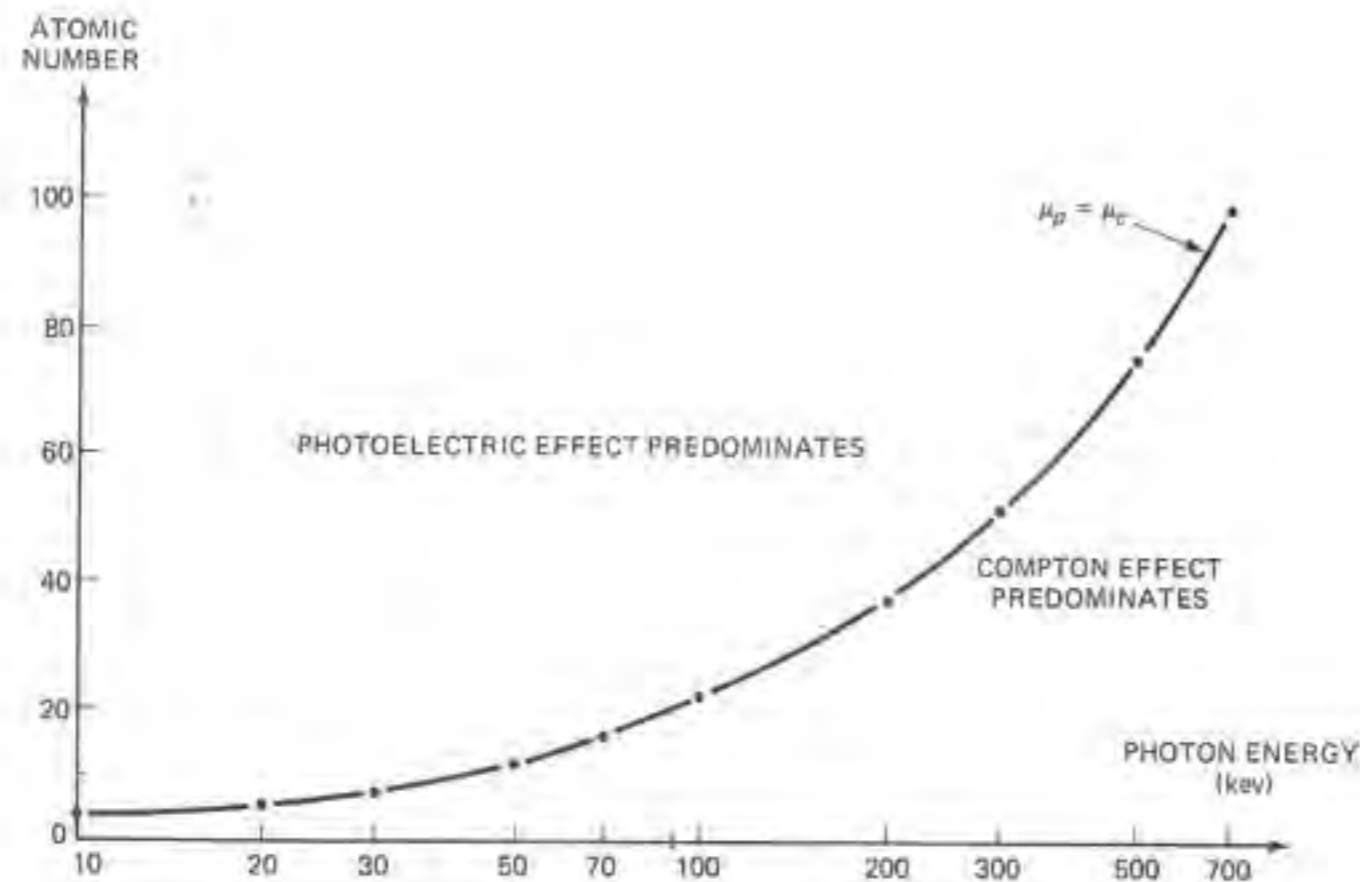


FIG. 3.6 Relative importance of the two major types of x-ray interaction. The line shows the values of Z and photon energy $h\nu$ for which the photoelectric and Compton effects are equal.

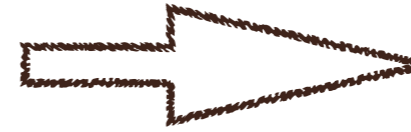
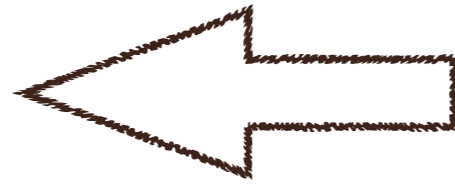
Macovski, Medical Imaging Systems

The curve above shows that the Compton effect dominates at higher energy values as a function of atomic number.

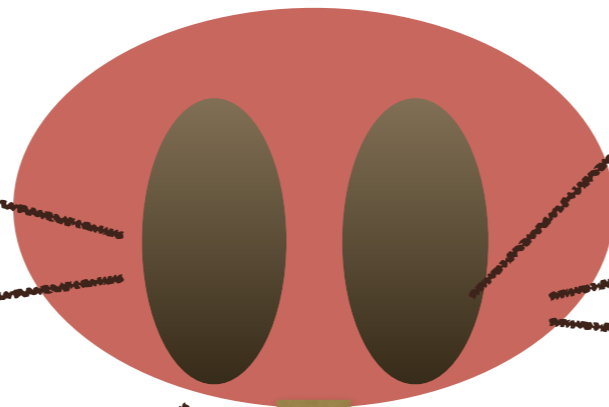
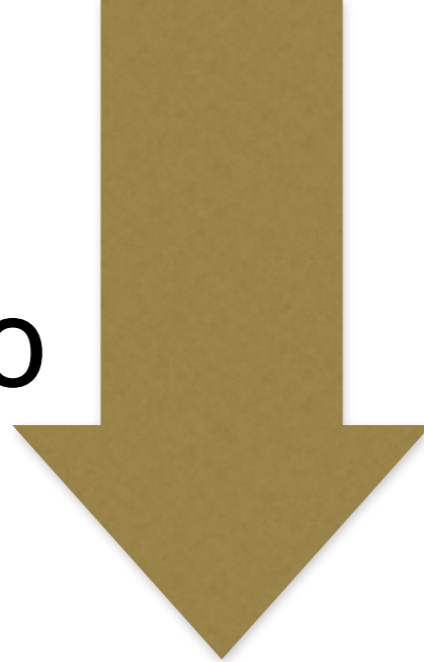
Ideally, we would like to use lower energies to use the higher contrast available with the photoelectric effect. Higher energies are needed however as the body gets thicker.



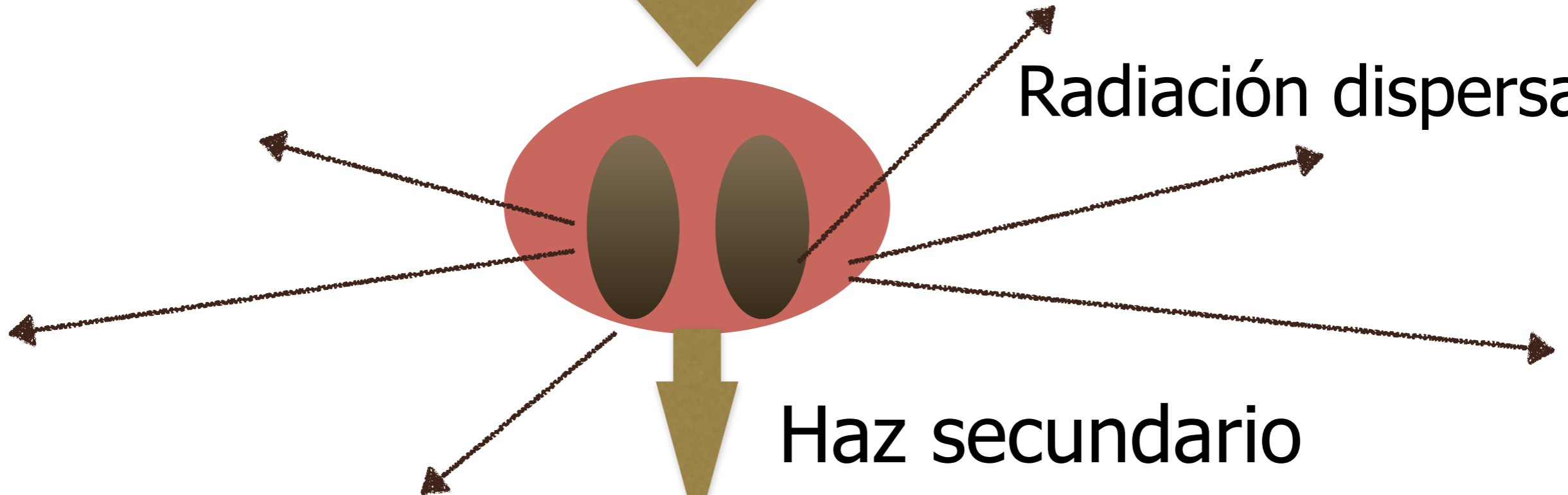
Radiación de fuga



Haz primario



Radiación dispersa

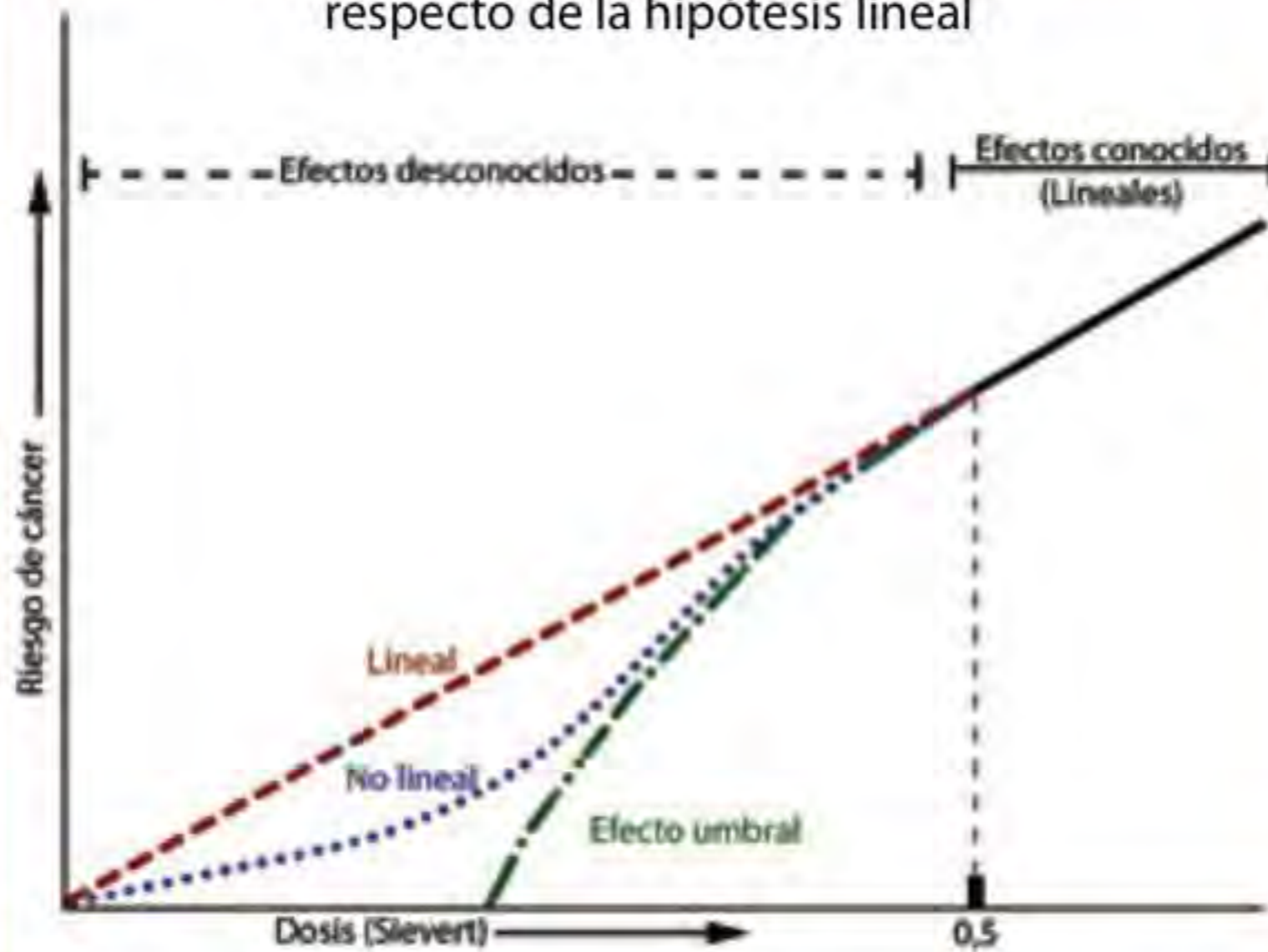


Haz secundario

Detector



Diferentes posibilidades a bajas dosis respecto de la hipótesis lineal



Riesgo de cáncer por radiación

Fuente de radiación	Probabilidad de contraer cáncer
Rayos X de tórax o dental	
Habitantes cercanos a central nuclear	1 en 60.000
Rayos X de abdomen o columna	
Mamografía	1 en 6.000
Tomografía de cráneo	
Dosis anual	1 en 1.200
Diagnóstico en medicina nuclear	
Tomografía de tórax o abdomen	1 en 600
Cateterismo cardíaco	1 en 120

Dosis máximas de diferentes estudios y comparación con la dosis anual de radiación

Estudio	Dosis en Sv	Porcentaje de la dosis anual
Placa dental	0,0001	4%
Placa de tórax	0,0001	4%
Mamografía	0,001	36%
Tomografía de cabeza	0,005	180%
Tomografía de tórax	0,01	360%
Cateterismo cardíaco	0,05	1800%

Trabajadores profesionalmente expuestos

Aquellos que por su trabajo están sometidos a un riesgo de exposición a radiaciones ionizantes que podieran resultar en dosis superiores a alguno de los límites fijados para el público.

Trabajadores expuestos: categorías A y B



Medicina Nuclear.

**Radiología y
cardiología intervencionista.**

Cirugía vascular.

Radioterapia

Radiología general.

Quirófanos.

Laboratorio R.I.A.

Es muy improbable que reciban dosis superiores a 3/10 de alguno de los límites anuales de dosis.

Miembros del público

Cualquier individuo de la población, con exclusión de:
Trabajadores P. expuestos, durante su jornada de trabajo.

Pacientes.

Voluntarios

(El feto se considera público)

EXPOSICIÓN ANUAL TOTAL: MENOR DE 1 mSv

Trabajadores profesionalmente expuestos

Limite de dosis:

- Total anual :50msv

- Parcial anual:

. Cristalino: 150msv

. Piel: 500msv

.Manos, antebrazos, pies y tobillos: 50msv

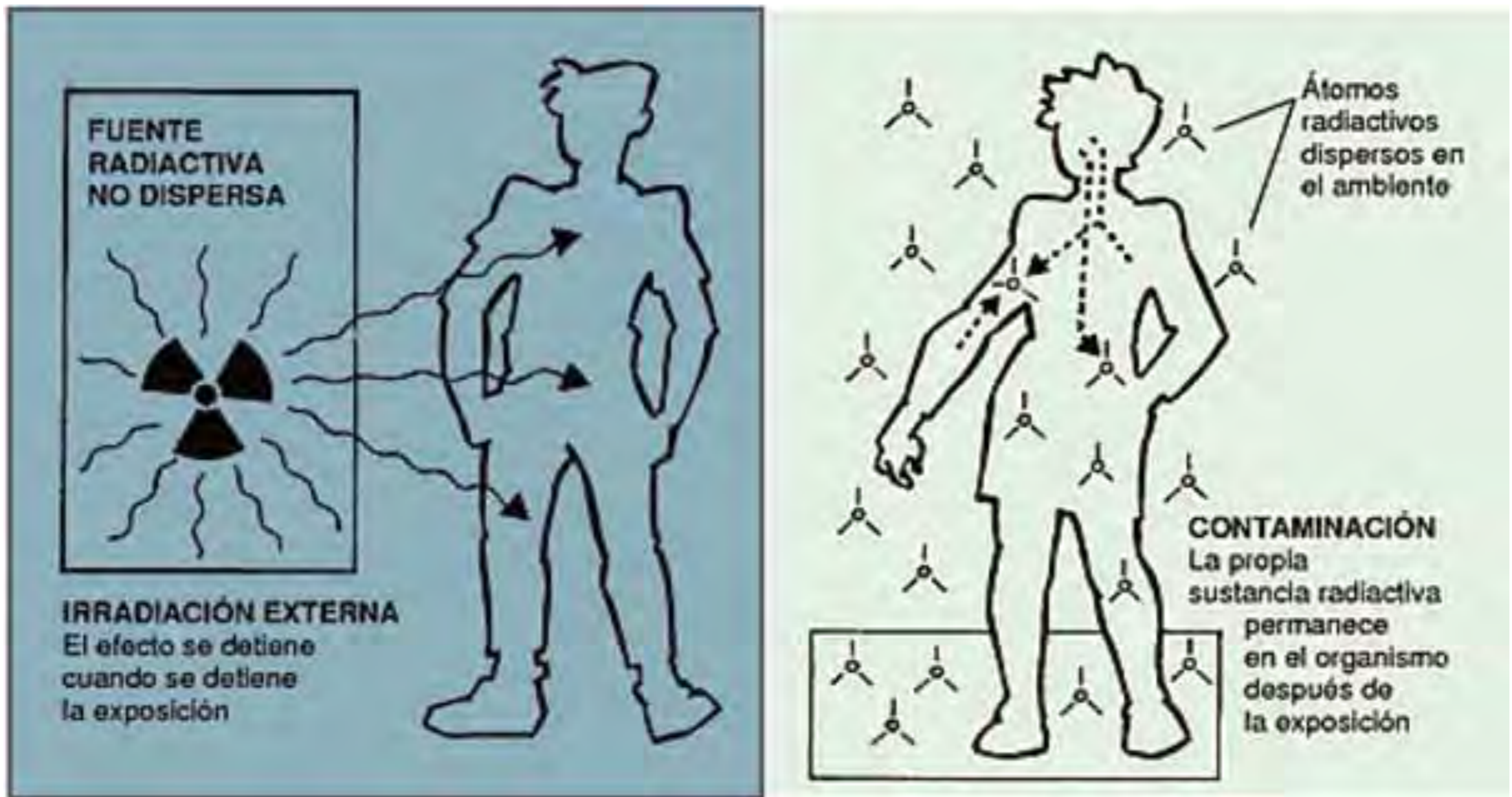
.Cualquier órgano o tejido considerado individualmente: 500msv

.Las personas profesionalmente expuestas son las que tienen riesgo de recibir más de 5msv en 1 año (12 meses consecutivos) que supone más de un decimo del límite de dosis.

. Nunca pertenecen a este grupo los menores de 18 años.

PERSONAS	DOSIS EFECTIVA	DOSIS EQUIVALENTE	
		Cristalino	Piel/ extremidades
Trabajador externo	50mSv/año 100mSv en 5 años	150mSv/año	500mSv/año
Personal en formación	6mSv/año	50mSv/año	150mSv/año
Embarazadas	1mSv durante el embarazo		
Publico y trabajador no expuesto	1mSv/año	15mSv/año	50MSv/año

Irradiación externa



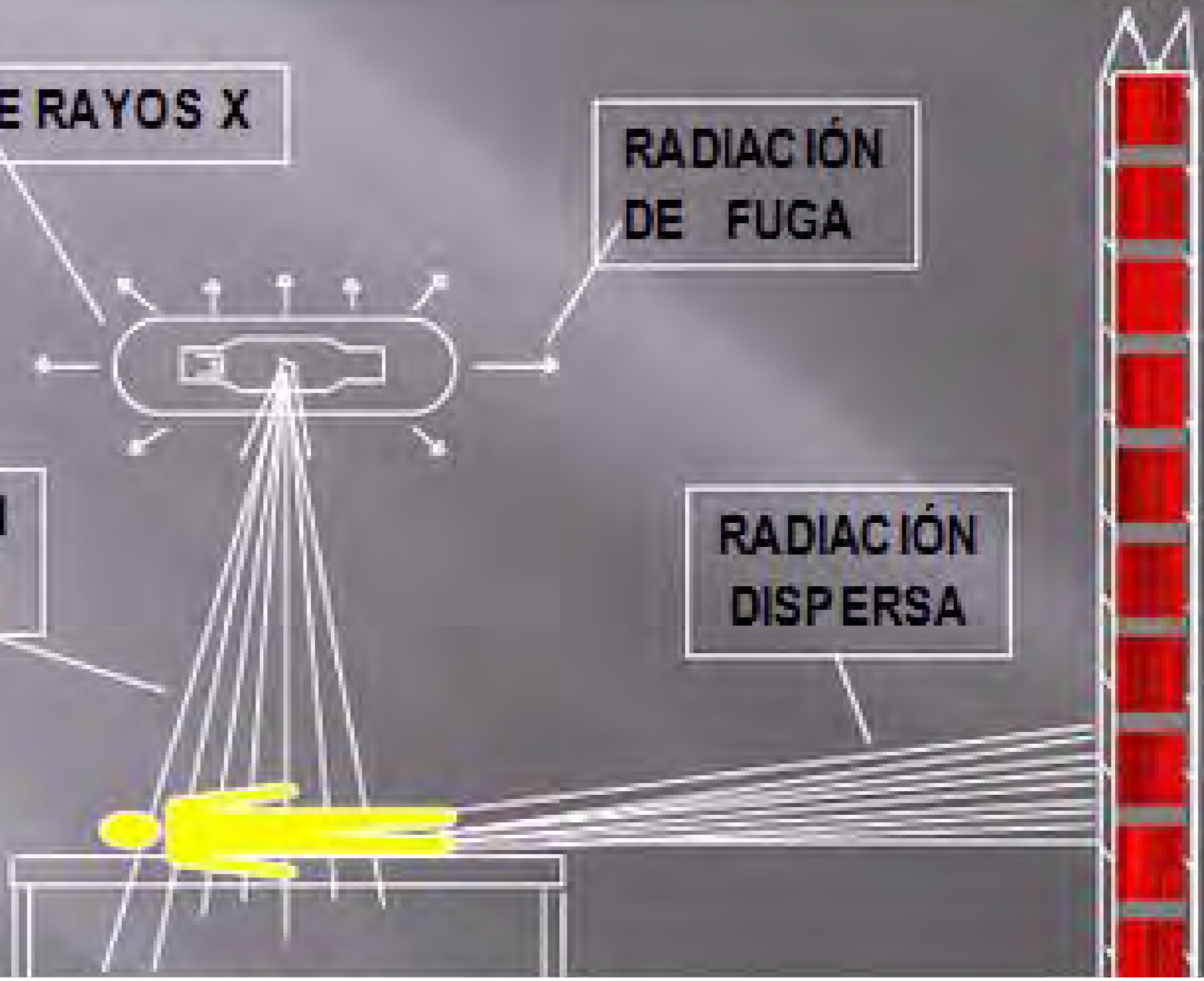
Contaminación

TUBO DE RAYOS X

RADIACIÓN DE FUGA

RADIACIÓN DIRECTA

RADIACIÓN DISPERSA

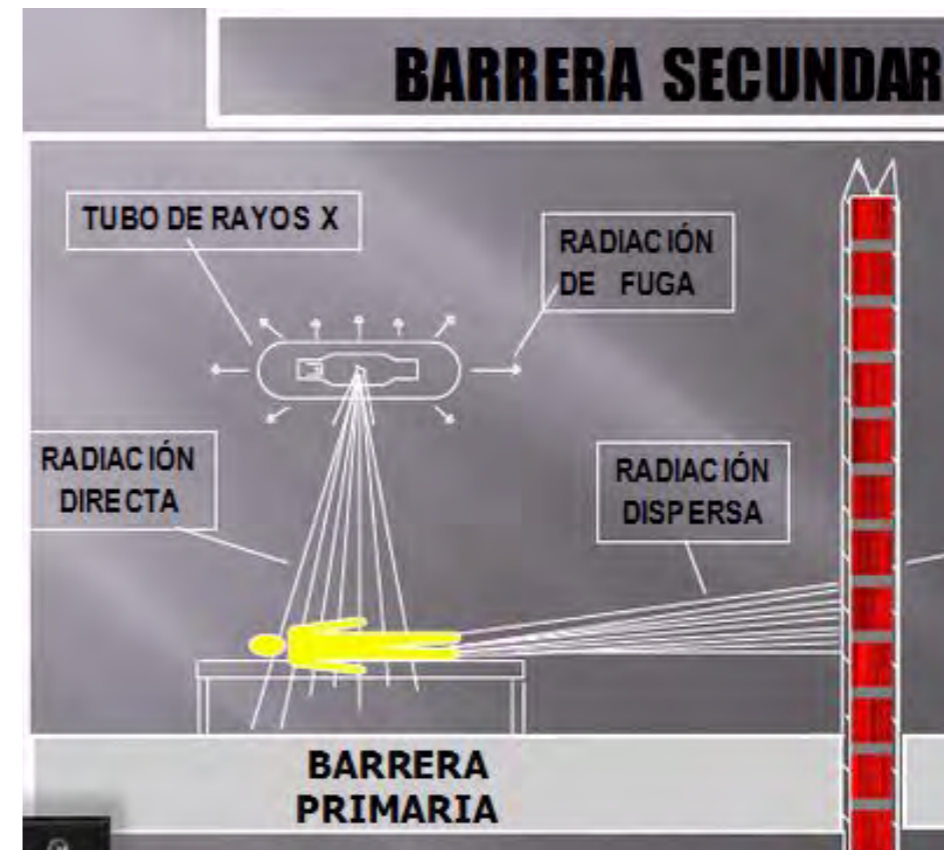
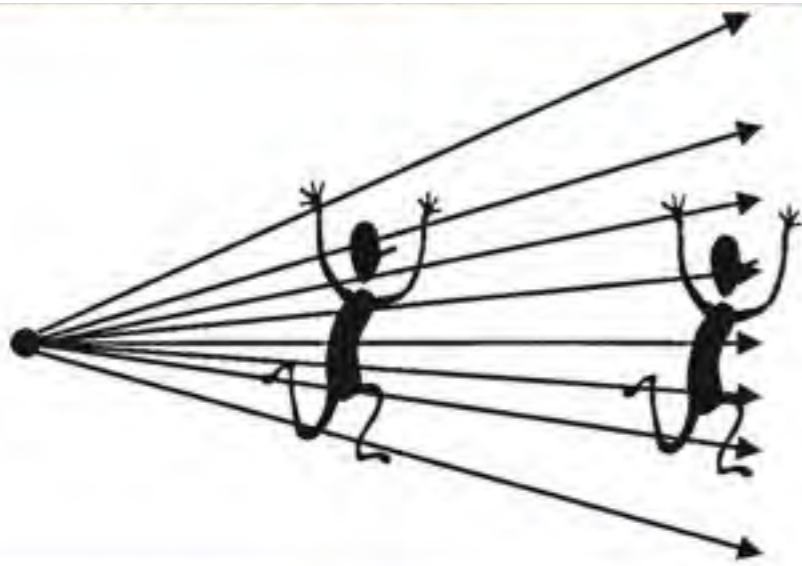


Radioprotección (Irradiación externa)

Distancia: $1/d^2$

Tiempo: t

Blindaje: $e^{-\mu x}$



Zona vigilada



Zona controlada



Zona de permanencia limitada



Zona de permanencia reglamentada



Zona de acceso prohibido



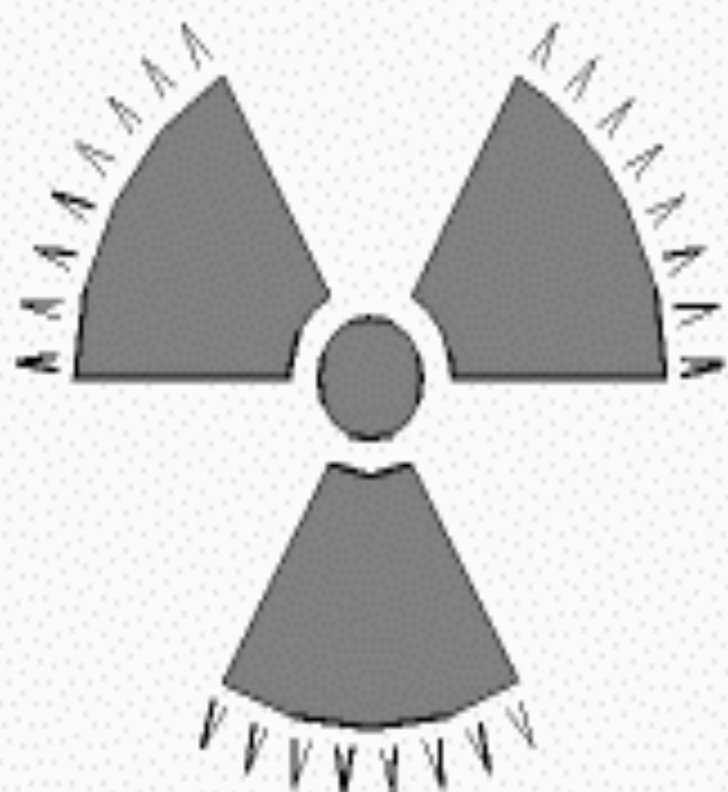
Señalización de las zonas con riesgo radiológico

TIPO DE ZONA



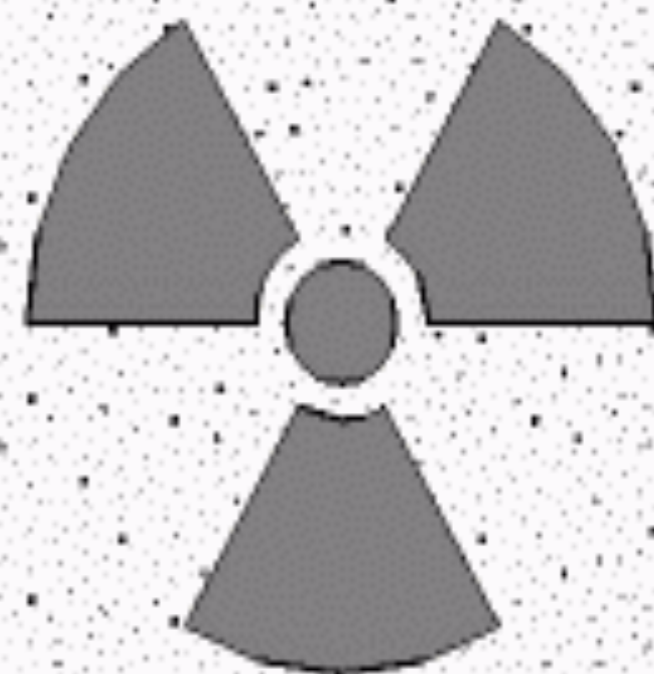
RIESGO DE
CONTAMINACIÓN
Y DE IRRADIACIÓN

TIPO DE ZONA



RIESGO
DE IRRADIACIÓN

TIPO DE ZONA



RIESGO
DE CONTAMINACIÓN

II

(Actos no legislativos)

DIRECTIVAS

DIRECTIVA 2013/59/EURATOM DEL CONSEJO

de 5 de diciembre de 2013

por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom

Directiva 2013/59 Euratom

- 1.-Informar al paciente de los riesgos de las radiaciones ionizantes en relación con las pruebas Dx
- 2.-Los equipos deben registrar automáticamente la dosis de radiación administrada y la cantidad acumulada, y transferir esa información de forma automática a la Historia clínica. Debe ser parte del informe radiológico.
- 3.-Reducción drástica de los niveles de Radón