



CURSO TALLER PARA CAPACITACIÓN DE OFICIALES
DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA

MÓDULO II: EFECTOS DE LAS RADIACIONES

TEMA

MAGNITUDES Y UNIDADES

POSTGRADOS:

1.- SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

2.- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

3.- SEGURIDAD NUCLEAR

4.- MAGISTER SISTEMAS INTEGRADOS

Introducción

- **Materia de este tema: magnitudes dosimétricas básicas**
- **En el campo del radiodiagnóstico y la correspondiente dosimetría se necesitan varias magnitudes y unidades**
- **Algunas pueden medirse directamente, en tanto que otras solo pueden estimarse**

Nota: Las magnitudes y unidades radiológicas se encuentran en proceso de consenso por el ICRU y el OIEA. Podrían producirse cambios que requirieran su incorporación en este CD.

Magnitudes y Unidades

- 1. Actividad**
- 2. Exposición y Dosis**
- 3. Tabla de radionucleídos**
- 4. Ley de desintegración radiactiva**
- 5. Cuestionario: Magnitudes y Unidades**

Magnitudes y Unidades

ACTIVIDAD (A).

Se define como “**el número de transformaciones nucleares espontáneas dN , que tienen lugar en un intervalo de tiempo dt , de una muestra radiactiva**”

$$A = dN/dt \text{ (Bq o Ci)}$$

- **Actividad:** la cantidad de material radiactivo presente en un momento dado.
- **Puede entenderse como una velocidad de desintegración:**

Unidad: becquerel (una transformación por segundo)

Símbolo: Bq

Unidad antigua: Curie

Magnitudes y Unidades

Actividad específica

La actividad específica de una muestra de sustancia radiactiva es la actividad de dicha muestra dividida por su masa y se expresa en Bq/g.

$$A_e = \frac{A}{m}$$

Magnitudes y Unidades

EQUIVALENCIAS.

a) **Curie (Ci) = Unidad tradicional.**

Se basa en la actividad de 1 gr. de Radio-226 (Ra^{226}) y corresponde a $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo (des/seg.).

b) **Becquerel (Bq) = Unidad en el Sistema Internacional de Medidas.**

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1} \text{ ó } 1 \text{ des/seg.}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq.}$$

$$1 \text{ Ci} = 10^3 \text{ mCi.}$$

$$1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq.}$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

La Comisión Internacional de Unidades y Medidas de Radiación (ICRU), en su Informe N° 33, recomienda el uso del Becquerel (Bq) como unidad de actividad. Se define el Becquerel como una desintegración por segundo:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

RADIATIVIDAD

Unidades de Radiactividad

La radiactividad se mide por el número de desintegraciones que ocurren en cierto lapso de tiempo

3.7×10^{10} desintegraciones por segundo (dps) = 1 gramo de Ra-226
= 1 Curie (Ci) = 37,000 MBq

Bequerel (Bq) = 1 dps

1 TBq = 27 Ci

37 GBq = 1 Ci

37,000 MBq = 1 Ci

Unidades Inglesas:

1 Ci = 1000 mCi

1 mCi = 1000 microCi

Temas

- Exposición y tasa de exposición
- Dosis absorbida y KERMA
- Dosis media absorbida en un tejido
- Dosis equivalente H
- Dosis efectiva
- Magnitudes dosimétricas relacionadas (dosis superficial y profunda, factor de retrodispersión)
- Magnitudes dosimétricas específicas (Mamografía, TC,...)

Terminología

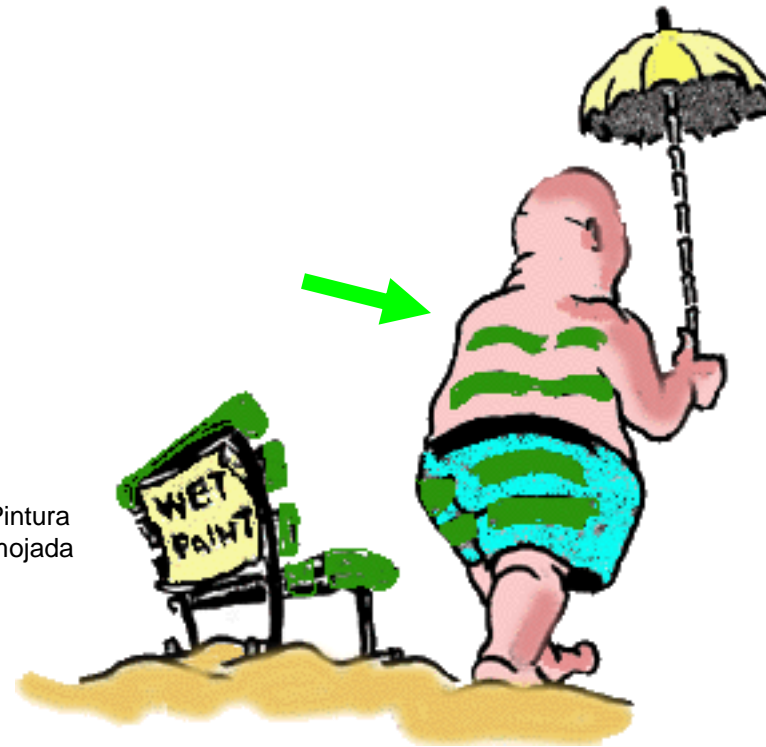
La exposición a campos de radiación no puede resultar en una contaminación radiactiva

exposición

contaminación



Pintura
mojada



Contaminación es material radiactivo ingresa al organismo

Parte 2: Unidades radiológicas y magnitudes dosimétricas

Tema 1: Exposición y tasa de exposición

Exposición: X

- La exposición es una magnitud dosimétrica para la radiación electromagnética ionizante, basada en su capacidad para producir ionización en aire.
- Esta magnitud SOLO se define para la radiación electromagnética en su interacción con el aire.

Exposición: X

- Antes de interactuar con el paciente (el haz directo) o con el personal (radiación dispersa), los rayos X interactúan con el aire
- La magnitud “exposición” da una indicación de la capacidad de los rayos X para producir un cierto efecto en aire
- El efecto en tejido será, en general, proporcional a este efecto en aire



Exposición: X

- La exposición es el valor absoluto de la carga total de los iones de un solo signo producidos en aire cuando todos los electrones liberados por los fotones por unidad de masa de aire son completamente parados en aire.

$$X = dQ/dm$$

Exposición: X

- La unidad de exposición en el SI es el culombio por kilogramo [C kg^{-1}]
- La unidad especial anterior de exposición fue el Roentgenio (o Renguenio) [R]
- $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C kg}^{-1}$
- $1 \text{ C kg}^{-1} = 3876 \text{ R}$

Tasa de exposición: X/t

- La tasa de exposición (y más tarde, la tasa de dosis) es la exposición producida por unidad de tiempo
- La unidad del SI de tasa de exposición es el [C/kg] por segundo o (en unidades antiguas) el [R/s]
- En protección radiológica es usual indicar estos valores de tasa “por hora” (p. ej., R/h)



Magnitudes y Unidades

EXPOSICIÓN Y DOSIS

Al pasar la radiación a través de la materia, ésta interactúa entregándole una parte o el total de la energía.

Mientras la exposición se mide fácilmente en aire con un detector adecuado, la Dosis es una magnitud más difícil de medir, aunque es más general y mejor relacionada con los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes.

Para efectos prácticos resulta de mayor interés relacionar la Exposición con la Dosis en aire y por extensión, en cualquier otro medio.

La Exposición se define como “**el valor absoluto de la carga total dQ , cuando todo los electrones liberados por los fotones en dm , son frenados en el aire, dividido por dicha masa dm** ”. Se representa por la siguiente relación matemática:

$$X = \frac{dQ}{dm} \text{ (R o C/kg)}$$

Donde:

dQ = Valor absoluto de la carga de todos los iones producidos.

dm = Masa del volumen de interés.

Unidades de Radiación

Roentgen (R)

- Unidad para medir exposición en aire
- Sólo para gamma y rayos x
- Ninguna relación con Efectos Biológicos
- Medidores de inspección dan su lectura en Roentgen si están calibrados para eso
- **1 R (Roentgen) = 1000 miliroentgen (mR)**



Magnitudes y Unidades

UNIDADES UTILIZADAS PARA EVALUAR LA EXPOSICIÓN:

- a) ROENTGEN (R) : Unidad tradicional.
- b) Coulomb/kilogramo (C/kg) : S.I de medidas.

ROENTGEN (R).

Esta unidad está definida como “la cantidad de radiación X o Gamma que produce la liberación de 1 unidad electrostática de carga (ues) de uno u otro signo, en 1 cm³ de aire, en condiciones normales de presión y temperatura”.

Algunas equivalencias del ROENTGEN:

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ R} = 87,7 \text{ erg/gr de aire.}$$

TASA DE EXPOSICIÓN.

La Tasa de Exposición se define como la Exposición en función del tiempo, es decir:

$$\dot{X} = dx/dt \text{ (R/h)}$$

Parte 2: Unidades radiológicas y magnitudes dosimétricas

Tema 2: Dosis absorbida y KERMA

Dosis absorbida, D

- La dosis absorbida D, es la energía absorbida por unidad de masa. Esta magnitud se define para cualquier tipo de radiación ionizante (no solo para radiación electromagnética, como en el caso de la “exposición”), y para cualquier material.
- $D = dE/dm$.
- La unidad del SI de D es el gray [Gy].
- $1 \text{ Gy} = \text{J/kg}$.
- La unidad antigua era el “rad”. $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Dosis absorbida, D y KERMA

- El **KERMA** (kinetic energy released in a material)

$$K = dE_{\text{trans}}/dm$$

- donde dE_{trans} es la suma de las energías cinéticas iniciales de todas las partículas cargadas ionizantes liberadas por partículas ionizantes sin carga en un material de masa dm
- La unidad del SI de kerma es el julio por kilogramo (J/kg), llamado gray (Gy).
- En radiodiagnóstico, Kerma y D son iguales.

Relación entre dosis absorbida y exposición

- Es posible calcular la dosis absorbida en un material si se conoce la exposición
- $D [\text{Gy}] = f \cdot X [\text{C kg}^{-1}]$
 - f = coeficiente de conversión, dependiente del medio
- La energía absorbida en aire expuesto a $1 [\text{C kg}^{-1}]$ de rayos X es $33.68 [\text{Gy}]$
 - $f(\text{aire}) = 0.869$, para pasar de la exposición en R a la dosis en rad

Ejemplo de coeficiente de conversión: f

Energía de los fotones	Valores de f (rad/R]		
	Agua	Hueso	Músculo
10 keV	0.91	3.5	0.93
100 keV	0.95	1.5	0.95

Parte 2: Unidades radiológicas y magnitudes dosimétricas

Tema 3: Dosis media absorbida en un tejido

Dosis media absorbida en un tejido u órgano

La dosis media absorbida en un tejido u órgano D_T es la energía depositada en el órgano dividida por la masa de ese órgano.

Exposición y dosis absorbida o KERMA

- La exposición se correlaciona con la dosis en aire o kerma mediante coeficientes de conversión adecuados.
- Por ejemplo, los rayos X de 100 kV que producen una exposición de 1 R en un punto darán también un kerma en aire de unos 8.7 mGy (0.87 rad) y un kerma en tejido of unos 9.5 mGy (0.95 rad) en ese punto.

Relación entre las dosis absorbidas en tejido blando y en aire

- Los valores de dosis absorbida en tejido pueden variar en algunas unidades por ciento, dependiendo de la composición exacta del medio elegido para representar el tejido blando.
- Para 80 kV y 2.5 mA Al, usualmente se emplea el siguiente valor:

Dosis en tejido blando = 1.06 Dosis en aire

Magnitudes y Unidades

DOSIS ABSORBIDA (D).

La Dosis Absorbida (D), se define como “**el cuociente entre la energía dE depositada por la radiación ionizante en un elemento de volumen de masa dm del material absorbente**”, es decir:

$$D = \frac{dE}{dm}, (\text{rad}) \text{ ó Gray (Gy)}$$

UNIDADES PARA EVALUAR LA DOSIS ABSORBIDA:

- a) J/kg : S.I de medidas.
- b) rad : Unidad tradicional.
- c) Gray : S.I de medidas.

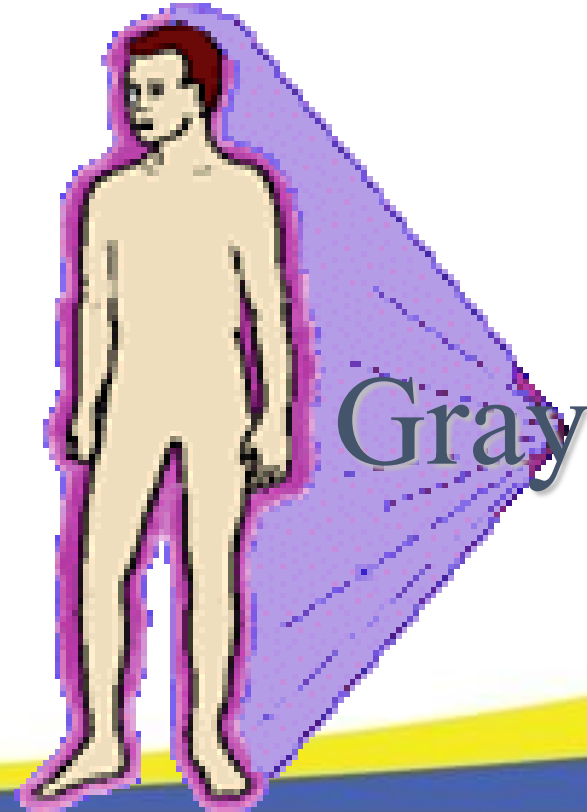
EQUIVALENCIAS:

- 1 rad = 100 erg/gr.
- 1 Gray = 1 J/kg.
- 1 Gray = 100 rad.

Unidades de Radiación

Gray (Gy)

- Unidad para medir dosis absorbida en cualquier material
- Se aplica a todo tipo de radiación
- Ninguna relación con efectos radiológicos
- 1 Gray = 1000 mGray
- Unidades inglesas:
1 Gray = 100 Rads
1 Rad = 1000 mRad



Unidades de Radiación

Convertir Gray a Sievert

$$\text{GRAY} \times \text{Factor Calidad} = \text{SIEVERT}$$

Factor Calidad de Tipo de Radiación

Rayo X, Gamma, Beta -/+	1
Neutrones \leq 10 keV	5
$>$ 10 keV	10
Partículas Alfa	20

Parte 2: Unidades radiológicas y magnitudes dosimétricas

Tema 4: Dosis equivalente H

Dosis equivalente: H

- La dosis equivalente H es la dosis absorbida multiplicada por un factor sin dimensiones de ponderación de la radiación, w_R , que expresa la eficacia biológica de un cierto tipo de radiación
- Para evitar confusión con la dosis absorbida, la unidad de dosis equivalente en el SI se llama sievert (Sv). La unidad antigua era el “rem”
- $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Factor de ponderación de la radiación, w_R

- Para la mayoría de las radiaciones usadas en medicina (rayos X, γ , e^-) $w_R = 1$, por lo que la dosis absorbida y la dosis equivalente son numéricamente iguales
- Las excepciones son:
 - Partículas alfa ($w_R = 20$)
 - Neutrones ($w_R = 5 - 20$).

Magnitudes y Unidades

DOSIS EQUIVALENTE (H_t).

La Dosis Absorbida (D), no nos entrega información acerca del daño que la radiación genera sobre un tejido vivo. Para tener en cuenta la microdistribución de la energía depositada, se define la magnitud de **Dosis Equivalente (H_t)**, la que se calcula multiplicando la **Dosis Absorbida (D_t)** causada por una determinada radiación, por un Factor de Ponderación de la Radiación (W_r), que expresa la eficacia de ese tipo de radiación para causar daño biológico en un órgano o tejido (t).

Los valores de W_r dependen del modo en que la energía depositada por la radiación ionizante se distribuye en los blancos de la célula, de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Magnitudes y Unidades

FACTOR DE PONDERACIÓN DE LA RADIACIÓN (W_r).

TIPO E INTERVALO DE ENERGIA	FACTOR DE PONDERACION (W_r).
Fotones de todas las energías	1
Electrones de todas las energías	1
Neutrones con energías:	
< 10keV	5
10 keV a 100 keV	10
> 100 keV a 2 MeV	20
> 2 MeV a 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protones > 2 MeV	5
Partículas Alfa, fragmentos de fisión y núcleos pesados	20

Luego, para un solo tipo de radiación se tiene:

$$H_t = D_t * W_r = \text{Sievert (Sv)} \text{ ó } \text{(J/kg)}$$

Magnitudes y Unidades

UNIDADES PARA EVALUAR LA DOSIS EQUIVALENTE:

Rem	:	Unidad tradicional.
J/kg	:	S.I de medidas.
Sievert (Sv)	:	Unidad especial.

EQUIVALENCIAS:

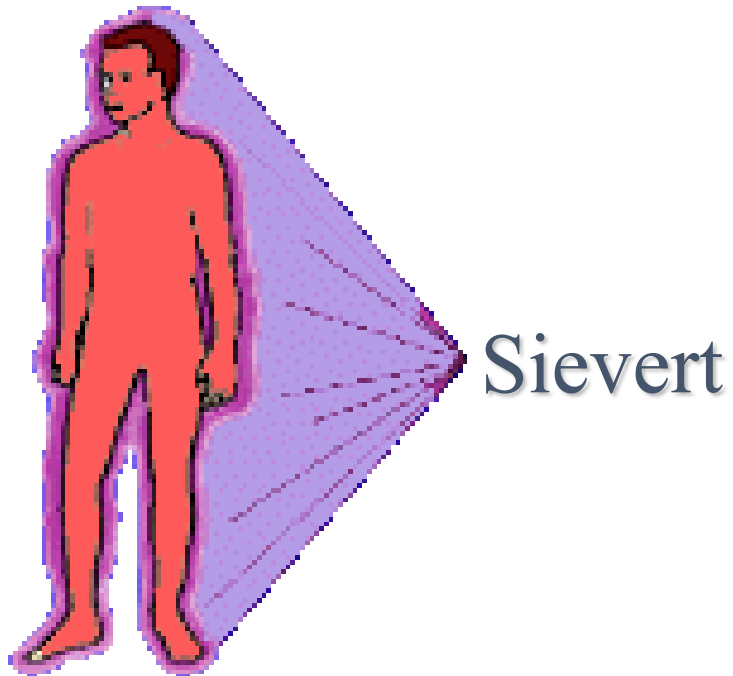
$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg.}$$
$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem.}$$

Se define también la Tasa de Dosis Equivalente (**H**), teniendo como unidades **Sv/h ó rem/h.**

Unidades de Radiación

Sievert (Sv)

- Unidad para medir dosis
- Relacionada al cuerpo humano
- Toma en cuenta los efectos biológicos de diferentes tipos de radiación



1 Sievert = 1000 mSv

1 Sievert (Sv) = 100 rem

1 rem = 1000 mrem

Parte 2: Unidades radiológicas y magnitudes dosimétricas

Tema 5: Dosis efectiva



Detrimento

- La exposición a la radiación de los diferentes órganos y tejidos corporales causa daños con distintas probabilidades y diferente gravedad.
- La combinación de probabilidad y gravedad recibe el nombre de “detrimento”.

Factores de ponderación de tejidos

Para reflejar el detrimento combinado de efectos estocásticos debidos a las dosis equivalentes en todos los órganos y tejidos del cuerpo, se multiplica la dosis equivalente en cada órgano y tejido por un factor de ponderación del tejido, w_T , sumándose los resultados para todo el cuerpo, para obtener la dosis efectiva E

Factores de ponderación de tejidos, w_T

Órgano/Tejido	w_T	Órgano/Tejido	w_T
Médula ósea	0.12	Pulmón	0.12
Vejiga	0.05	Esófago	0.05
Superficie ósea	0.01	Piel	0.01
Mama	0.05	Estómago	0.12
Colon	0.12	Tiroides	0.05
Gónadas	0.20	Resto	0.05
Hígado	0.05		

Dosis efectiva, E

$$E = \sum T w_T \cdot H_T$$

donde:

- E = dosis efectiva
- w_T = Factor de ponderación para el órgano o el tejido T
- H_T = dosis equivalente en el órgano o tejido T

Magnitudes y Unidades

DOSIS EFECTIVA (E).

Cuando una irradiación no es uniforme, sino que afecta parcialmente a diversos órganos o tejidos, se tiene en cuenta el daño al individuo expuesto utilizando el concepto de **Dosis Efectiva (E)**. Los distintos tejidos y órganos poseen diferentes radiosensibilidad para la inducción de efectos por radiación ionizante, es decir, a igualdad de dosis y microdistribución de energía, la probabilidad de inducción de un fenómeno perjudicial, es distinto según el tipo de tejido u órgano que se considere. Por esta razón, la Dosis Efectiva se define “**como la sumatoria de las dosis recibidas por ciertos órganos o tejidos (H_t), multiplicadas por sus correspondientes Factores de Ponderación (W_t)**”.

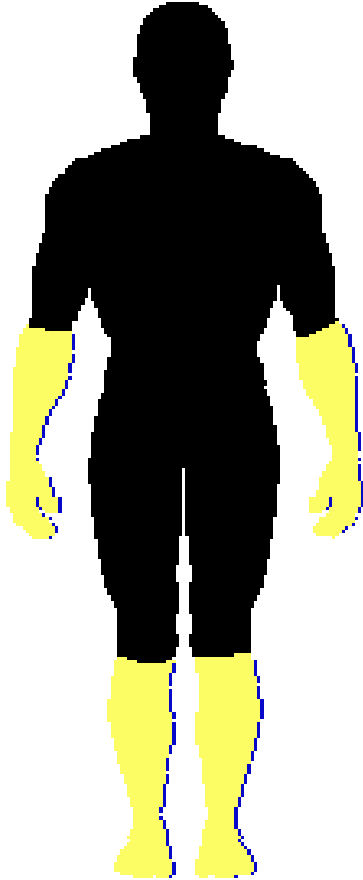
W_t , es un Factor de Ponderación que representa la proporción entre el riesgo estocástico resultante de la radiación del tejido u órgano t y el riesgo total, cuando todo el organismo ha sido irradiado de manera uniforme, ver tabla N° 5.

Luego:

$$E = H_t * W_t : Sv \text{ ó rem}$$

Límites de Dosis de Radiación

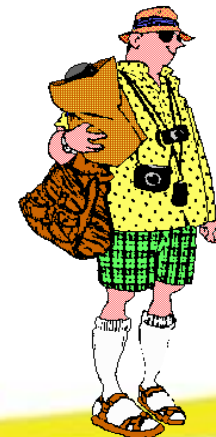
Trabajadores de Radiación



- Límite de dosis del cuerpo entero (sin contar extremidades) durante condiciones de rutina es **20 mSv/año**
- Cuando se promedia por 5 años, el máximo en 1 año tiene que ser **< 50 mSv**

Público

- Límite de dosis es **1 mSv/año**



Magnitudes y Unidades

FACTORES DE PONDERACIÓN DE TEJIDOS U ÓRGANOS (W_t).

TEJIDO U ÓRGANO.	FACTOR DE PONDERACIÓN DEL TEJIDO U ÓRGANO (W_t).
GÓNADAS	0,20
MÉDULA ÓSEA	0,12
COLON	0,12
PULMÓN	0,12
ESTÓMAGO	0,12
VEJIGA	0,05
MAMAS	0,05
HÍGADO	0,05
ESÓFAGO	0,05
TIRÓIDE	0,05
PIEL	0,01
SUPERFICIE ÓSEA	0,01
RESTO DEL CUERPO	0,05

Magnitudes y Unidades

CONSTANTE ESPECÍFICA GAMMA (Γ),

Es propia para cada elemento radiactivo, y se define como “la Tasa de Exposición producida por una fuente radiactiva de 1 Ci de actividad, a 1 metro de distancia”.

Sus unidades son:

$$(R/h) * m^2 / Ci$$

Y relaciona la actividad de una fuente radiactiva con la Tasa de Exposición, a una distancia determinada, es decir:

$$X = \frac{A * \Gamma}{d^2} = (R/h)$$

Donde:

d = Distancia (m).

En la tabla del punto 3.3.- , se entrega un listado de los radionucleídos emisores gamma con sus correspondientes constantes.

Magnitudes y Unidades

3.3.- RADIONUCLEIDO, CONSTANTE ESPECIFICA GAMMA (Γ) Y PERIODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN

RADIONUCLEÍDO.		CONSTANTE GAMMA (Γ).		SEMIPERÍODO. T/2.
		R * m ² / h * Ci.	mSv * m ² /h * GBq.	
ACTINIO	Ac-227	0,22	0,059	21,80 a.
ANTIMONIO	Sb-122	0,24	0,064	2,70 d.
ANTIMONIO	Sb-124	0,98	0,264	20,0 min.
ANTIMONIO	Sb-125	0,20	0,072	2,77 a.
ARSENICO	As-72	1,01	0,272	26,0 h.
ARSENICO	As-74	0,44	0,118	17,77 d.
ARSENICO	As-76	0,24	0,064	26,4 h.
BARIO	Ba-131	0,30	0,081	11,5 d.
BARIO	Ba-133	0,24	0,064	10,50 d.
BARIO	Ba-140	1,24	0,335	12,79 d.
BERILIO	Be-7	0,03	0,0081	53,4 d.
BROMO	Br-82	1,46	0,394	35,34 h.
CADMIO	Cd ^m 115	0,02	0,0054	44,8 d.
CALCIO	Ca-47	0,57	0,154	4,54 d.
CARBON	C-11	0,59	0,159	20,3 min.
CERIO	Ce-141	0,035	0,0094	32,51 d.
CERIO	Ce-144	0,04	0,0108	248,8 d.
CESIO	Cs-134	0,87	0,235	2,06 a.
CESIO	Cs-137	0,33	0,089	30,1 a.

Magnitudes y Unidades

CLORO	Cl-38	0,88	0,237	37,18 min.
CROMO	Cr-51	0,016	0,0043	27,7 d.
COBALTO	Co-56	1,76	0,475	77,3 d.
COBALTO	Co-57	0,09	0,024	270,0 d.
COBALTO	Co-58	0,55	0,148	70,78 d.
COBALTO	Co-60	1,32	0,356	5,27 a.
COBRE	Cu-64	0,12	0,032	12,7 h.
ESCANDIO	Sc-46	1,09	0,292	84,0 d.
ESCANDIO	Sc-47	0,056	0,0151	3,42 d.
ESTAÑO	Sn-113	0,17	0,045	115,1 d.
ESTRONCIO	Sr-85	0,30	0,081	64,9 d.
EUROPIO	Eu-152	0,58	0,156	12,4 a.
EUROPIO	Eu-154	0,62	0,167	8,5 a.
EUROPIO	Eu-155	0,03	0,0081	4,96 a.
GALIO	Ga-67	0,11	0,029	78,3 a.
GALIO	Ga-72	0,116	0,031	14,1 h.
HAFNIO	Hf-175	0,21	0,0567	70,0 d.
HAFNIO	Hf-181	0,31	0,0837	42,4 d.

Magnitudes y Unidades

HIERRO	Fe-59	0,64	0,172	44,6 d.
INDIO	In- ^m 114	0,02	0,0054	49,5 d.
IODO	I-124	0,72	0,1945	4,15 d.
IODO	I-125	0,07	0,0189	60,14 d.
IODO	I-126	0,25	0,0675	13 d.
IODO	I-130	1,22	0,3297	12,36 h.
IODO	I-131	0,22	0,0594	8,04 d.
IODO	I-132	1,18	0,3189	20,8 h.
IRIDIO	Ir-192	0,48	0,1297	74,2 d.
IRIDIO	Ir-194	0,045	0,0125	19,2 h
KRIPTON	Kr-85	1,004	0,001	10,7 a.
LANTANO	La-140	1,13	0,3054	40,2 h.
MAGNESIO	Mg-28	0,57	0,4243	21,1 h.
MANGANESO	Mn-52	0,86	0,2324	5,7 h.
MANGANESO	Mn-54	0,47	0,1270	312,3 d.
MANGANESO	Mn-56	0,83	0,2243	2,6 h.
MERCURIO	Hg-197	0,04	0,0108	64,1 h.
MOLIBDENO	Mo-99	0,18	0,0486	66 h.
NIQUEL	Ni-65	0,31	0,0837	2,5 h.
NIOBIO	Nb-95	0,42	0,1135	35,1 d.

Magnitudes y Unidades

ORO	Au-198	0,23	0,0621	2,7 d.
ORO	Au-199	0,009	0,0024	3,1 d.
OSMIO	Os-191	0,06	0,0162	15,4 d.
POTASIO	K-42	0,14	0,0378	12,4 h.
RADIO	Ra-226	0,825	0,2229	1600 a.
RADIO	Ra-228	0,51	0,1378	5,8 a.
RUBIDIO	Rb-86	0,05	0,0135	18,7 d.
RUTENIO	Ru-106	0,17	0,0459	368 d.
SODIO	Na-22	1,20	0,3243	2,6 a.
SODIO	Na-24	1,84	0,4972	15,3 h.
TANTALIO	Ta-182	0,68	0,1837	115 d.
TECNECIO	Tc- ^m 99	0,08	0,0220	6 h.
URANIO	U-234	0,074	2,7027	240.000 a.
URANIO	U-235	0,01	0,0200	700.000.000 a.
VANADIO	V-48	1,56	0,4216	15,9 d.
XENON	Xe-133	0,01	2,7027	2,3 d.
ZINC	Zn-65	0,27	0,0729	244 d.
ZIRCONIO	Zr-95	0,41	0,1108	64 d.

Magnitudes y Unidades

pag.-23-

LEY DE DESINTEGRACIÓN RADIATIVA.

En 1903 **Rutherford** y **Soddy** dieron su hipótesis sobre el fenómeno de la radiactividad, afirmando que ésta es una transformación atómica mediante la cual un elemento radiactivo se convierte en otro diferente del mismo sistema, con emisión de radiaciones ionizantes (**Alfa, Beta, Gamma, Protones, Neutrones, etc.**).

La Ley de Desintegración Radiactiva expresa que, “**el número de núcleos que se desintegran en un tiempo dt , es decir, la velocidad con que se desintegra un cuerpo radiactivo, es proporcional al número de átomos presentes**”. Este enunciado se puede expresar de la siguiente forma:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda * N \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde el signo (-) indica, que el número de átomos radiactivos disminuye con el tiempo. λ recibe el nombre de “**constante de desintegración**”, y se define como “**la fracción de átomos que se desintegran por segundo por cada átomo radiactivo presente en una muestra**”.

Desarrollando matemáticamente la ecuación 1, se obtiene:

$$N = N_0 * e^{-\lambda * t} \quad (\text{Ecuación 2})$$

El número de átomos **N** de un cuerpo radiactivo, disminuye exponencialmente con el tiempo. **N_0** , es el número de átomos presentes en el tiempo **$t = 0$** .

Magnitudes y Unidades

PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN (T).

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva, “**es el tiempo necesario para que el número de átomos radiactivos de una muestra se reduzca a su mitad**”. Por lo tanto:

Si $N = N_0/2$ y $t = T$, al sustituir estos valores en la ecuación 2, se obtiene:

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t} \text{ o bien, } T = 0,693/\lambda \quad (\text{Ecuación 3})$$

VIDA MEDIA (T).

Se llama Vida Media de un cuerpo radiactivo, “**a la media de la vida de todos los átomos radiactivos presentes en una muestra**”. Se obtiene sumando la vida de todo los átomos y dividiendo por el número de ellos existentes en un momento inicial. Se obtiene mediante la siguiente relación:

$$T = 1/\lambda \quad (\text{Ecuación 4})$$

Magnitudes y Unidades

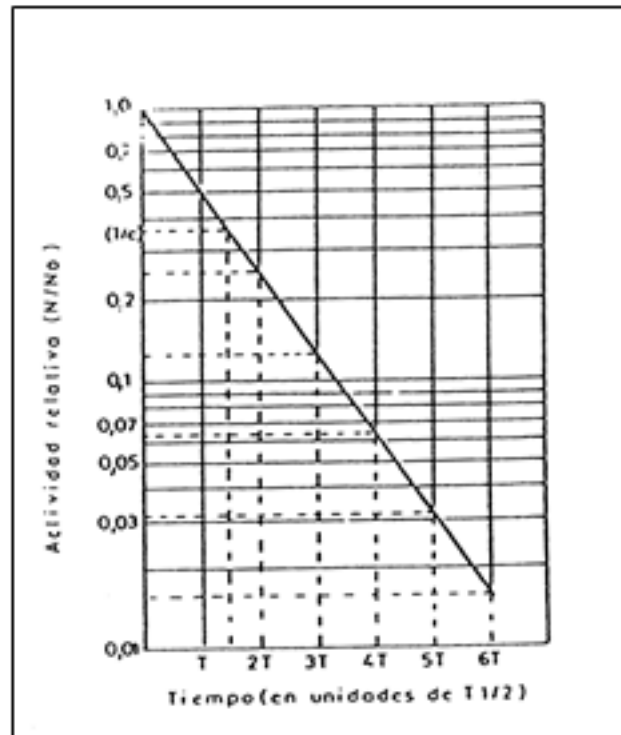
Reemplazando N (Número de átomos) por A (Actividad), se obtiene finalmente:

$$A = A_0 * e^{-(0.693 * t)/T}$$

y aplicando logaritmo natural

$$\ln(A) = \ln(A_0) - \lambda t$$

, lo que corresponde a una ecuación de una recta con pendiente negativa, que se muestra a continuación:



Decaimiento radiactivo. Representación en papel logarítmico

Período de semidesintegración

- Tiempo que debe transcurrir para que el número de núcleos de una sustancia radiactiva se reduzca a la mitad de su valor inicial.

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

$$N(T) = \frac{N_0}{2}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

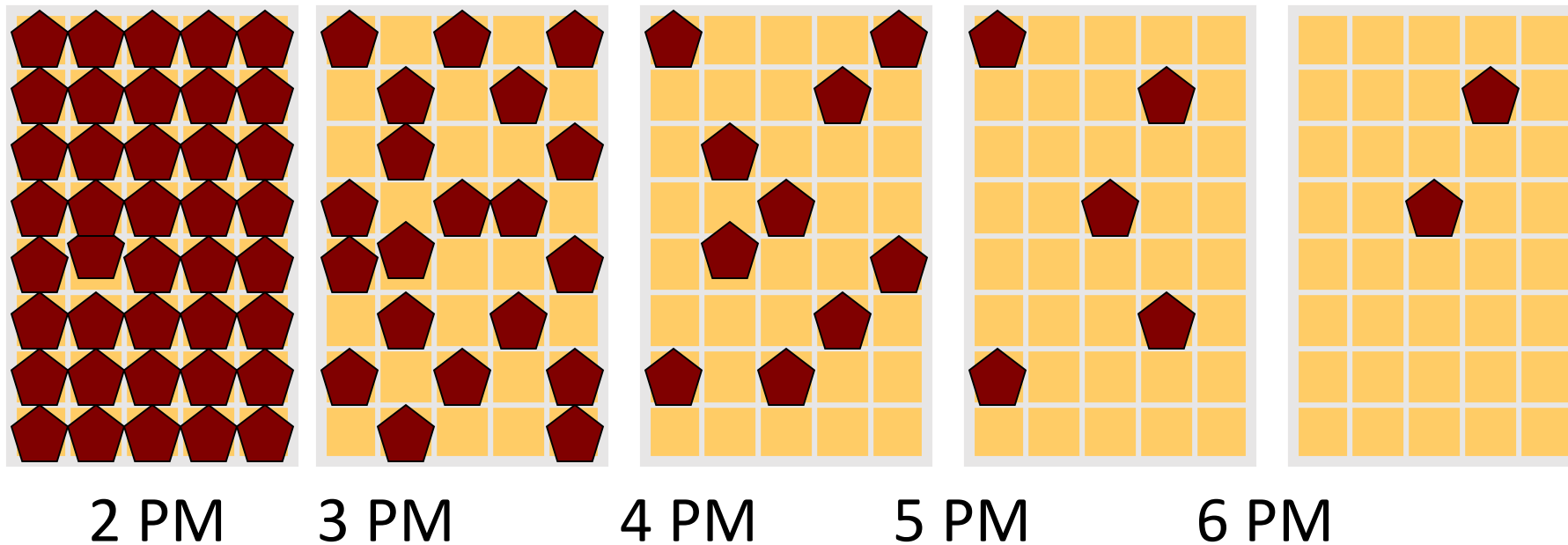
$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$-\ln 2 = -\lambda T$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

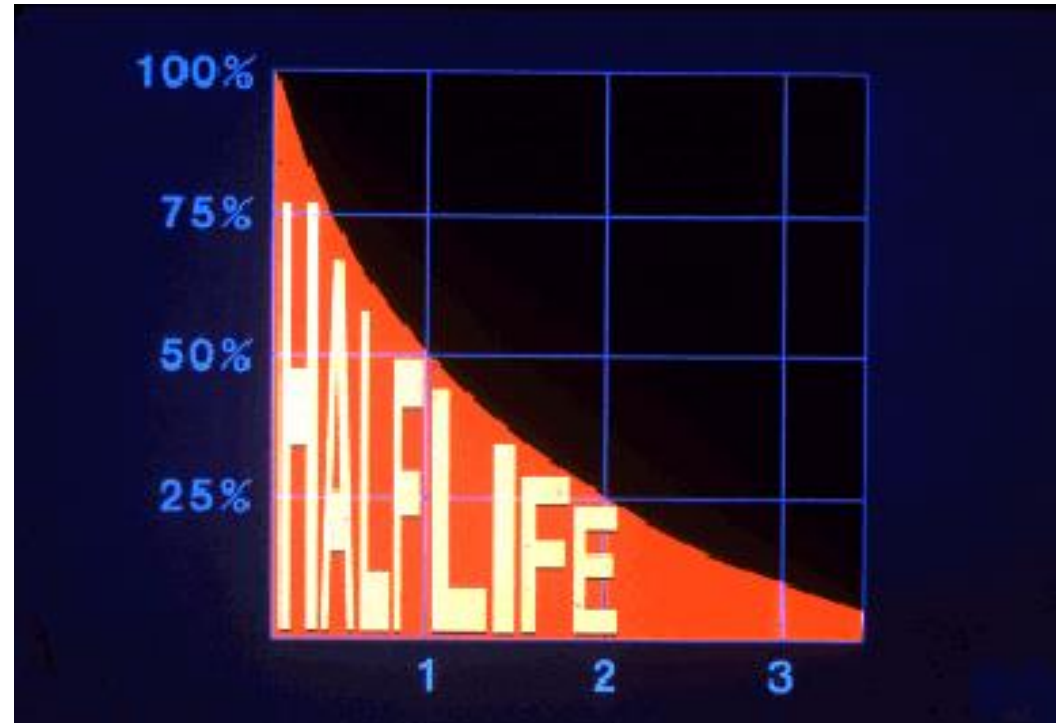
RADIATIVIDAD

Media Vida Radiactiva – el tiempo para descomponerse la 1/2 de los átomos radiactivos



- Esta analogía es la vida media de una caja de dulces

Radioactividad y Vida Media

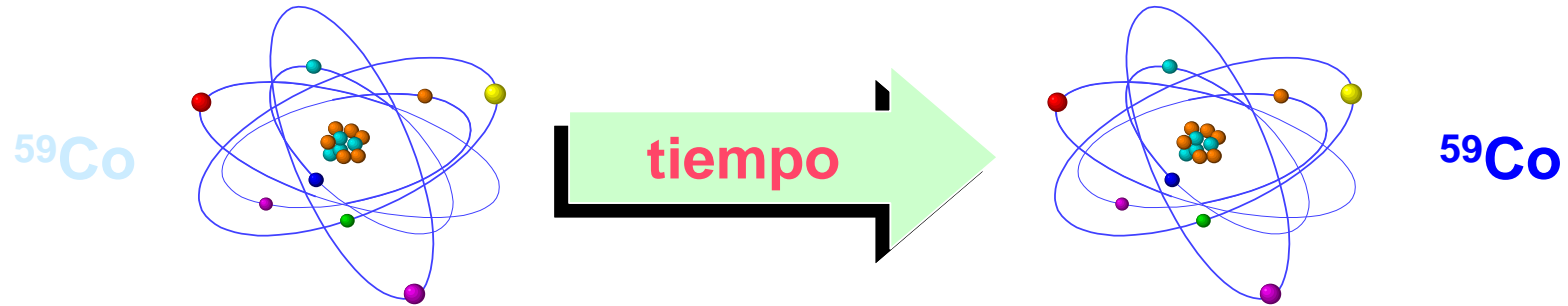


Vida Media es el tiempo necesario para una actividad dada disminuir a la mitad

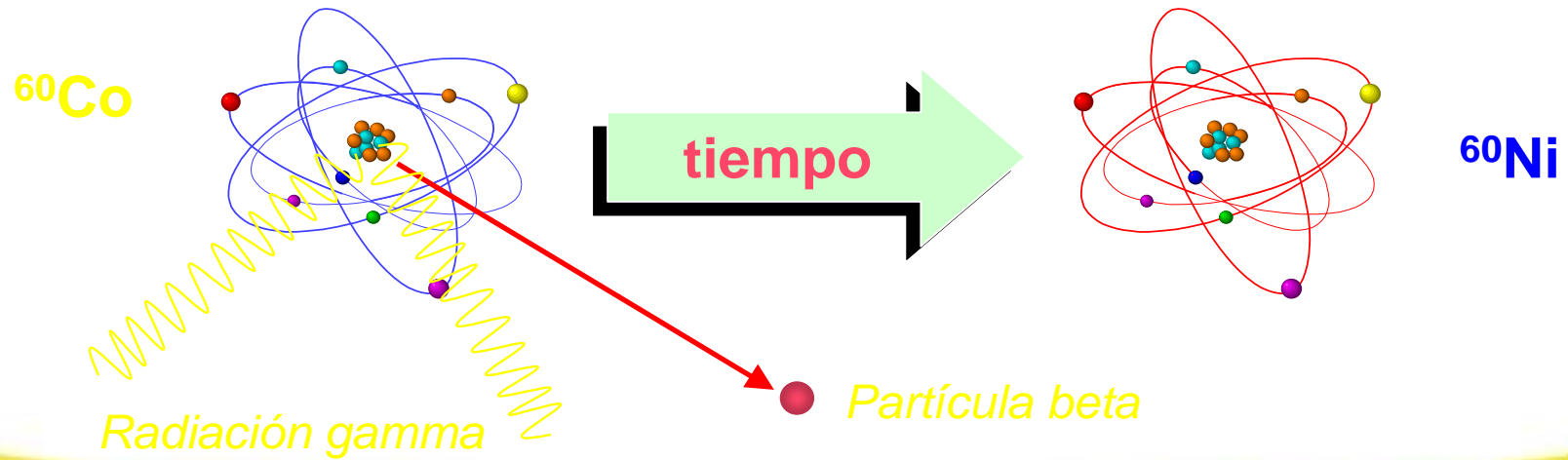
<u>ucleido:</u>	<u>Vida medi</u>
^3H	12.3 yr
^{14}C	5,730 yr
^{32}P	14.4 d.
^{125}I	60.1d.

ISOTOPOS

Isótopo estable



Radioisótopo



RADIOACTIVIDAD

Radionucleido	Vida Media
• Uranio-238	4.5 mil millones de años
• Plutonio-239	24,000 años
• Radio-226	1600 años
• Americio-241	432 años
• Cesio-137	30.2 años
• Estroncio-90	28.8 años
• Cobalto-60	5.3 años
• Iridio-192	75 días

**En general, mientras menos estable el radionucleido,
más corta es la vida media**

Magnitudes y Unidades

Defina los siguientes Conceptos, nombre sus unidades y sus equivalencias:

1. Actividad

2. Que se entiende por desintegración radiactiva y vida media.

3. Tasa de Exposición

4. Dosis Absorbida

5. Dosis Equivalente

6. Dosis Efectiva

Referencias Bibliográficas.

- Apuntes de Curso de Protección Radiológica, Cursos SESMA, años 1998 al 2002.
- Apuntes de Curso de Protección Radiológica, Cursos CCHEN.
- Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Colección Seguridad N° 115, Viena 1997.
- ICRP N° 26 y 60, Normas Básicas Internacionales de Seguridad.
- Curso Regional sobre control de descargas y monitoreo ambiental de Material Radiactivo asociado a Prácticas Médicas e Industriales. RLA/9/030, Santiago Chile, 2000
- Naciones Unidas. La Radiación Ionizante: Fuentes y Efectos Biológicos. Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas. Informe a la Asamblea General y Anexos, UNSCEAR, 1982. Publicación de las Naciones Unidas N° S.82.IX.8 Nueva York, 1985.
- Partículas Subatómicas. Steven Weinberg. Editorial Losada, 1985.
- El Cuaderno de la Energía. García Alonso. Forum Atómico Español, 1989.
- Procedimiento de Protección Radiológica, Colección Seguridad N°. 38, 1974.
- Normas de Protección Radiológica y sus Aplicaciones. Autor Dr. Dan J. Beninson, Bs. As. Argentina, 1992.
- Respirators and Protective Clothing. Safety Series N°. 22, 1967.
- Manual Básico de Protección Radiológica. Vol. N° 1. Organización Panamericana de la Salud, 1981.
- Requisitos Fundamentales para la Vigilancia Radiológica Individual. Colección Seguridad N°. 14, 1981.
- Radiological Health Handbook.
- ICRP N° 38. OIEA.
- Manuales de equipos de Rayos-X.
- Cálculo de Blindaje, Rockwell.
- Radiological Health Handbook.
- Informes de Seguridad. Colección Seguridad OIEA, Viena 1997.

Dónde conseguir más información

- Radiological protection of the worker in medicine and dentistry. ICRP Publication 57. Pergamon Press 1989.
- Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann ICRP 2000;30 (2). Pergamon.
- Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry. ICRU report 51. Bethesda, USA, 1993.

¿Preguntas?

