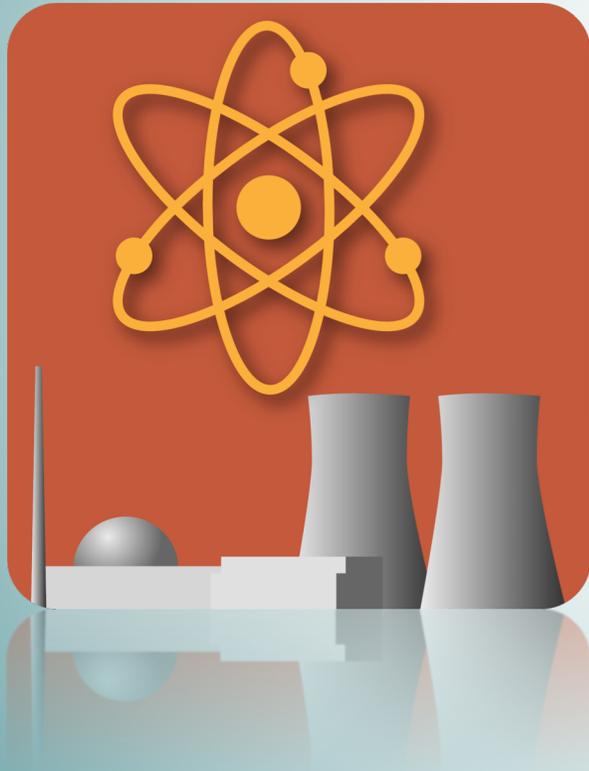


Ingeniería Nuclear

BLOQUE I. FÍSICA NUCLEAR Lección 2. Estructura de la Materia



Fernando Delgado San Román

Raquel Martínez Torre

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Este tema se publica bajo Licencia:

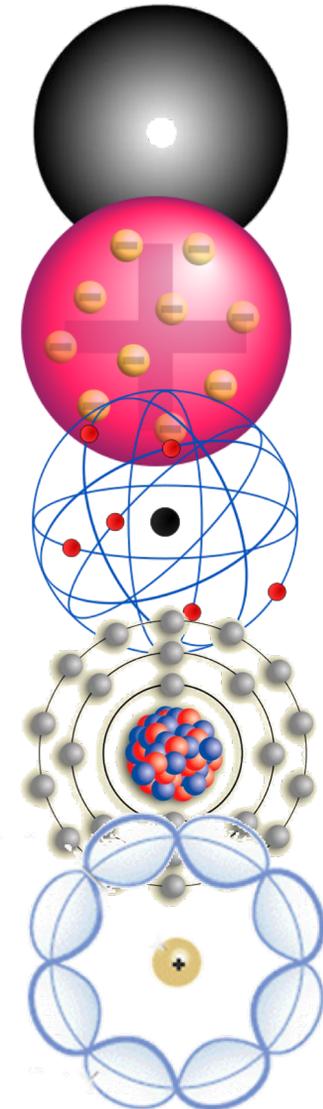
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ESTRUCTURA ATÓMICA

ÁTOMO

- Toda la material se compone de átomos.
- El átomo es la cantidad más pequeña de un elemento que conserva sus propiedades químicas.
- Partículas subatómicas:
 - ✓ **Núcleo:** se concentra prácticamente toda la masa del átomo. El electrón es 1836 veces más ligero que el protón o el neutrón.
 - **Neutrones (0):** $m=1,67495 \times 10^{-27}$ kg
 - **Protones (+):** $m=1,6742929 \times 10^{-27}$ kg
 - ✓ **Corteza electrónica:**
 - **Electrones (-):** se encuentran alrededor del átomo en niveles de energía estacionarios. $m= 9,10954 \times 10^{-31}$ kg
- En condiciones normales el átomo es neutro eléctricamente y los electrones se encuentran en los niveles energéticos de menos energía posible.
- Si un elemento no es eléctricamente neutro es un ión.
- Las especies atómicas cuyos núcleos tienen un número particular de protones y neutrones se denominan nucleídos.



Dalton
(1808)

Thomson
(1904)

Rutherford
(1911)

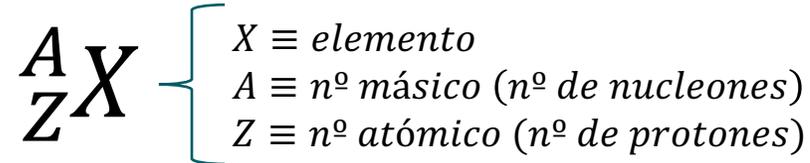
Bohr
(1913)

Schrödinger
(1924)

ESTRUCTURA ATÓMICA

ÁTOMO

□ Un elemento se designa como:



□ Ejemplo \rightarrow ${}^{12}_6 C$

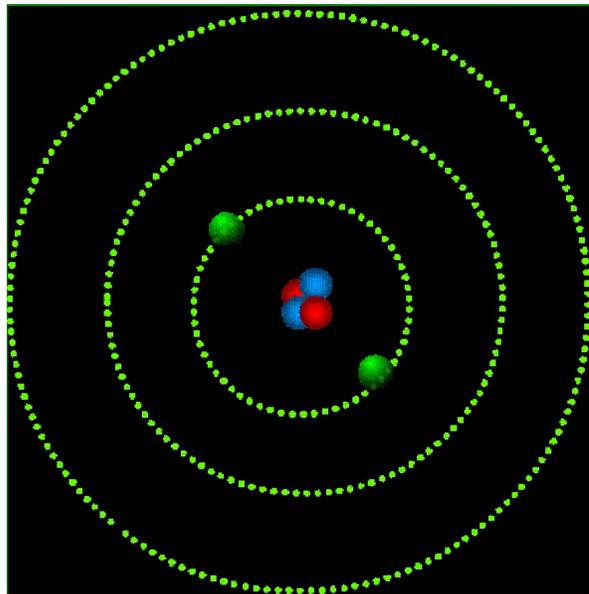
- ✓ Elemento: **Carbono**
- ✓ N^o atómico: **6** (6 protones en el núcleo).
- ✓ N^o másico: **12** (12 nucleones= 6 protones y 6 neutrones).
- ✓ Si el átomo está en condiciones normales (eléctricamente neutro): 6 electrones.

ESTRUCTURA ATÓMICA

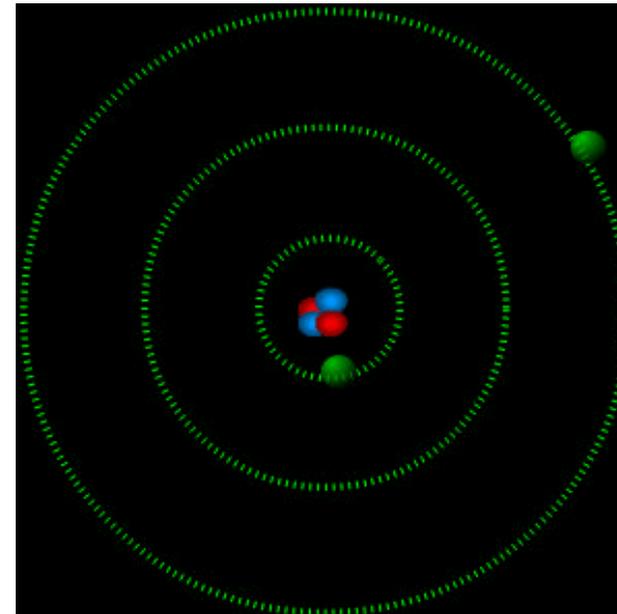
ESTRUCTURA ELECTRÓNICA

- La disposición de los electrones en los átomos (órbitas) se basa en la mecánica cuántica (solución ecuación de Schrödinger).
- En estado fundamental los electrones se encuentran en los niveles energéticos más bajos (más cercanos al núcleo).
- Si los electrones tienen suficiente energía saltan a órbitas más alejadas.
- Si pasan a un orbital menos energético emiten energía (fotones).

**He en estado fundamental
(mínima energía)**



He en estado excitado

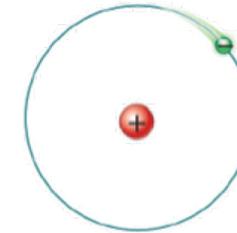


ESTRUCTURA ATÓMICA

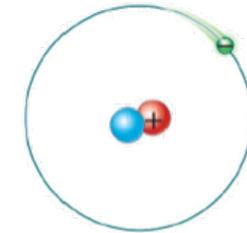
NÚCLEO

- ❑ Las propiedades de un elemento químico están fijadas por Z (nº de protones). Todos los átomos con el mismo Z serán el mismo elemento químico.
- ❑ **Isótopos:** núcleos con mismo Z pero diferente A → diferente número de neutrones.
 - ✓ Tienen las mismas propiedades químicas.
 - ✓ Ligeras diferencias entre sus propiedades físicas (peso).
 - ✓ Pueden existir isótopos estables e inestables dependiendo de la relación entre los protones y neutrones. Los isótopos inestables son **radiactivos**.
 - ✓ **Isótopos naturales:** se encuentran en la naturaleza. Pueden ser inestables.
 - ✓ **Isótopos artificiales:** se producen en laboratorios nucleares. Suelen ser inestables.
- ❑ **Isótonos:** núcleos con el mismo N (nº de neutrones) y diferente A. Son elementos químicos diferentes.
- ❑ **Isóbaros:** núcleos con el mismo A pero diferente N y diferente Z. Son elementos químicos diferentes.

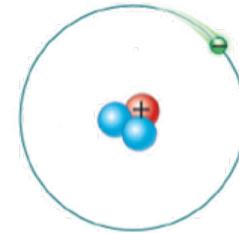
HIDRÓGENO



^1H , Hidrogeno ligero (protio)
ESTABLE



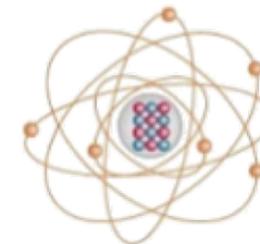
^2H , Hidrogeno pesado (deuterio)
ESTABLE



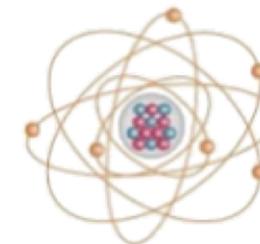
^3H , Hidrogeno de peso triple (tritio)
INESTABLE

Fuente: <http://quimicaorganicaexplicada.com/>

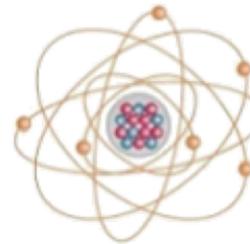
CARBONO



^{12}C , Carbono 12
ESTABLE



^{13}C , Carbono 13
ESTABLE



^{14}C , Carbono 14
INESTABLE

Fuente: <http://www.ehu.es/biomoleculas/isotopos/isotopos2.htm>

ESTRUCTURA ATÓMICA

PERIODO	GRUPO 1 IA												GRUPO 13 IIIA		GRUPO 14 IVA	GRUPO 15 VA	GRUPO 16 VIA	GRUPO 17 VIIA	GRUPO 18 VIIIA	
1	1	2											5	6	7	8	9	10	18	
2	3	4											13	14	15	16	17	18		
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9 VIIIIB		10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118		

- Ordenada por Z.
- 94 primeros existen en estado natural en la Tierra.
- Total 118.

LANTÁNIDOS	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	LANTANO	CERIO	PRASEODIMIO	NEODIMIO	PROMETIO	SAMARIO	EUROPIO	GADOLINIO	TERBIO	DISPROSIO	HOLMIO	ERBIO	TULIO	YTERBIO	LUTECIO
ACTÍNIDOS	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	ACTINIO	TORIO	PROTACTINIO	URANIO	NEPTUNIO	PLUTONIO	AMERICIO	CURIO	BERKELIO	CALIFORNIO	EINSTEINIO	FERMIO	MENDELEVIO	NOBELIO	LAWRENCIO

ESTRUCTURA ATÓMICA

PESO Y MASA

- ❑ **Peso atómico** (adimensional) : relación entre la masa del átomo de un elemento y la doceava parte de la masa de un átomo de ^{12}C (unidad de masa atómica unificada).

$$M(^AZ) = 12 \times \frac{m(^AZ)}{m(^{12}\text{C})}$$

- ✓ Teniendo en cuenta que los elementos en la naturaleza tienen varios isótopos el peso atómico del elemento se calcula como peso atómico medio de la mezcla.

$$M = \sum_i \frac{\gamma_i \cdot M_i}{100}$$

- ❑ **Peso molecular** (adimensional) : relación entre la masa total de la molécula y la masa de un átomo de ^{12}C . Suma de los pesos atómicos de los átomos que lo forman.
- ❑ La masa de un átomo se mide en **u.m.a.** (Unidad de Masa Atómica)

$$1 \text{ u. m. a.} = \frac{m(^{12}\text{C})}{12} = 1,6606 \times 10^{-27} \text{ Kg} \rightarrow m(^AZ) = \frac{m(^{12}\text{C})}{12} \times M(^AZ) \rightarrow m(^AZ) = M(^AZ) \text{ u. m. a}$$

La masa de un átomo es numéricamente igual al peso atómico

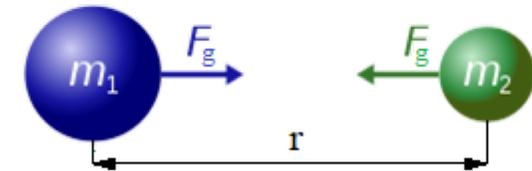
ESTRUCTURA ATÓMICA

FUERZAS NUCLEARES

☐ Fuerza gravitatoria:

- ✓ Es la fuerza de **atracción** que aparece entre dos objetos con masa.

$$F_g = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



Fuente: Wikipedia

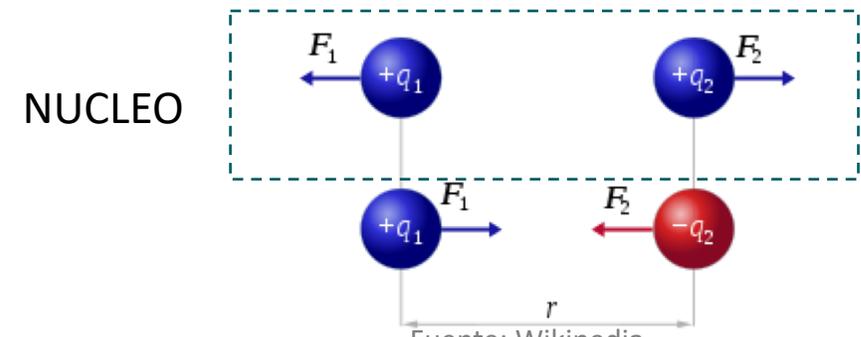
- ✓ Aunque la masa de los nucleones es muy pequeña, la distancia es extremadamente corta por lo que la fuerza puede ser significativa.
- ✓ Dos protones separados $10^{-20} \text{ m} \rightarrow F_g = 10^{-24} \text{ N}$

☐ Fuerza electrostática (Ley de Coulomb):

- ✓ Fuerza entre dos partículas cargadas. En el núcleo las cargas tienen carga + o nula, por lo que es una fuerza de **repulsión**.

$$F_e = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

- ✓ Dos protones separados $10^{-20} \text{ m} \rightarrow F_e = 10^{12} \text{ N}$



Fuente: Wikipedia

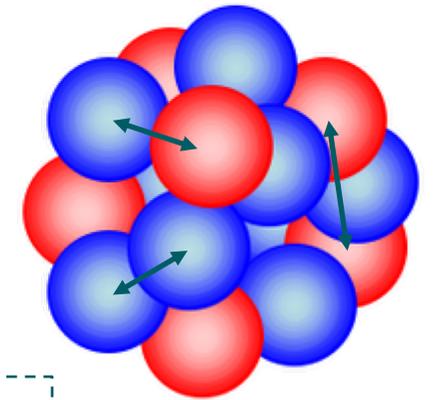
ESTRUCTURA ATÓMICA

FUERZAS NUCLEARES

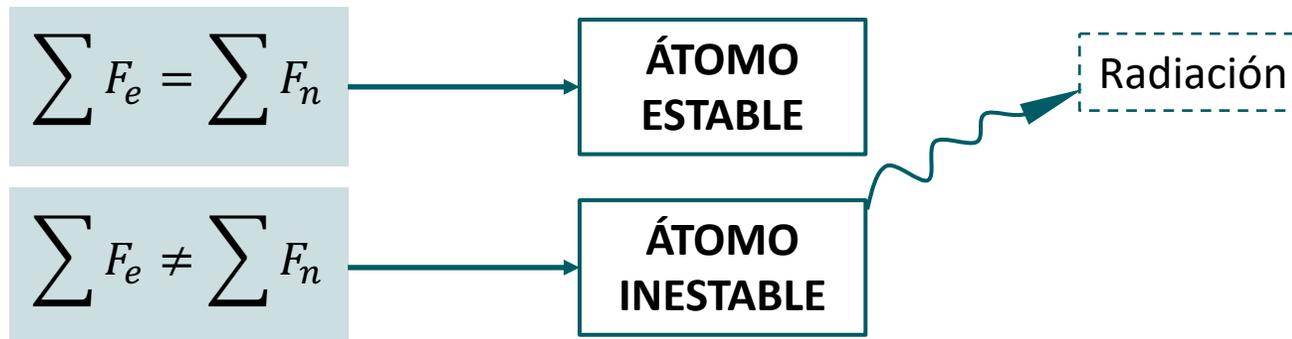
❑ La atracción es mucho menor que la repulsión (se puede despreciar F_g) → núcleos no estables. **Deben existir otras fuerzas para equilibrar.**

❑ Fuerza nuclear fuerte

- ✓ Es una fuerza de **atracción** fuerte independiente de la carga.
- ✓ Actúa por igual entre pares de neutrones, pares de protones o un neutrón y un protón.
- ✓ Actúa en un rango muy pequeño (diámetro del núcleo $\sim 10^{-13}$ cm).
- ✓ Decrece muy rápido con la distancia, mucho más que la electrostática.



Fuente: Wikipedia



❑ Fuerza nuclear débil

- ✓ Es un mecanismo de interacción entre partículas subatómicas y es la responsable de la desintegración radioactiva (radiación).
- ✓ Trata de lograr el equilibrio, intentando conseguir una configuración más estable.

ESTRUCTURA ATÓMICA

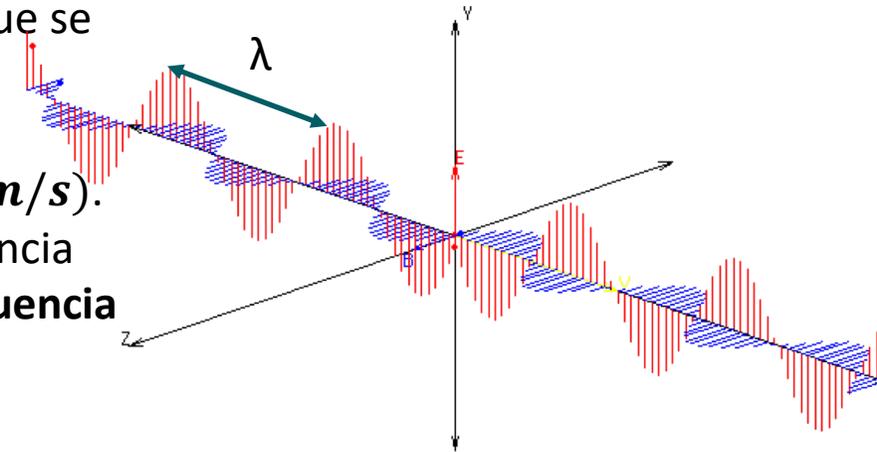
RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- ❑ Está formada por la combinación de **campos eléctricos (E)** y **magnéticos (B)**, que se propagan a través del espacio en forma de **ondas portadoras de energía**.
- ❑ No necesita un medio material para su propagación.
- ❑ En el vacío, la velocidad de propagación es la velocidad de la luz ($c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$).
- ❑ Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su **longitud de onda (λ)**, distancia entre dos máximos consecutivos de una perturbación. Es equivalente a la **frecuencia (ν)**.

$$c = \lambda \times \nu$$

❑ Dualidad onda-corpúsculo:

- ✓ **Onda:** combinación de campo eléctrico y magnético.
- ✓ **Corpúsculo o partícula:** pequeños paquetes de energía llamados **fotones**. No tiene soporte material y es equivalente a una energía cinética.
- ✓ Dependiendo de del proceso que se estudie se interpreta como onda o como partícula.



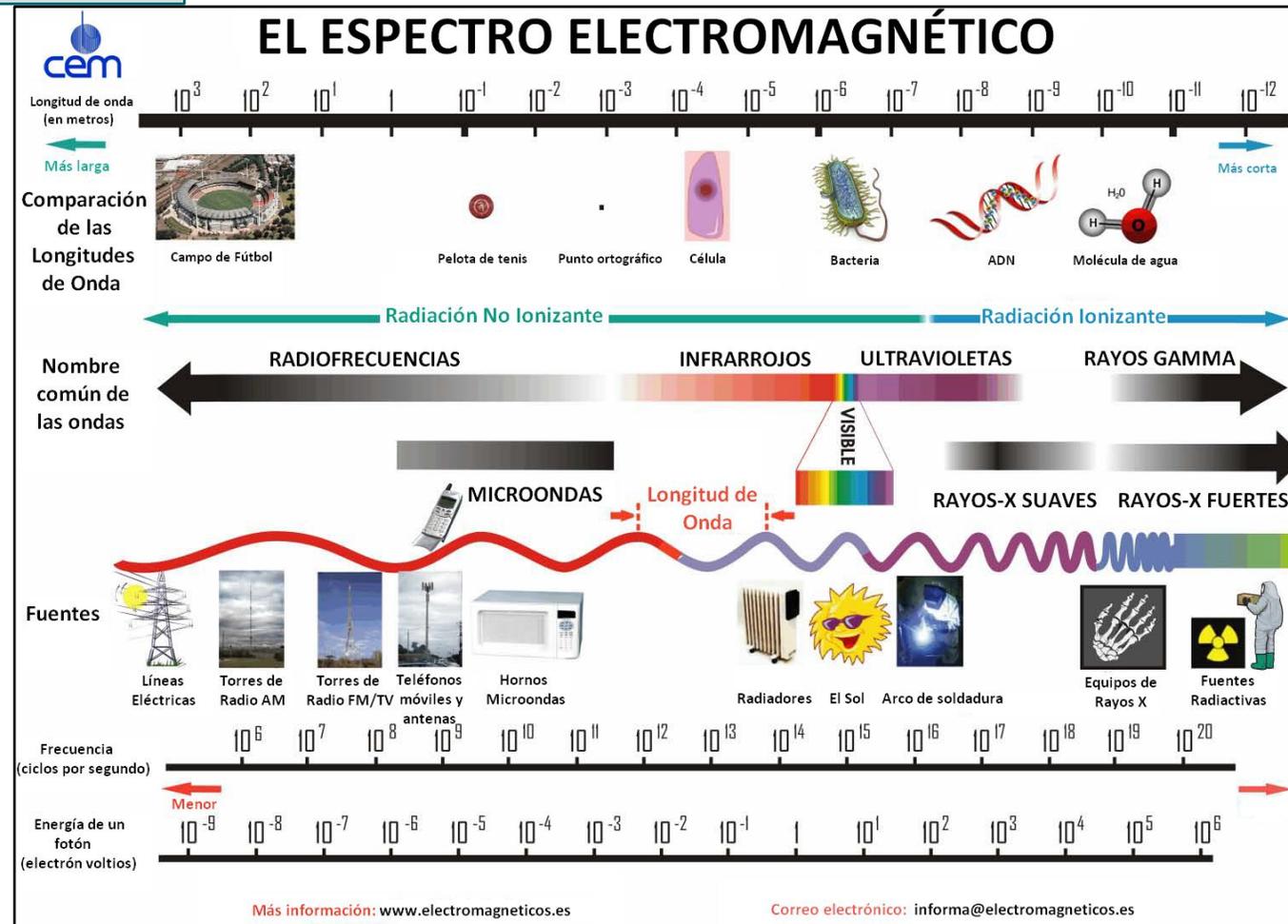
Fuente: <https://astrojem.com/radiacionelectromagnetica.html>

$$E = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda}$$

$h \equiv 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ (cte. de Planck)

ESTRUCTURA ATÓMICA

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA



ESTRUCTURA DE LA MATERIA

RECURSOS

- Introduction to Nuclear Engineering (John R. Lamarsh and Anthony J. Baratta)