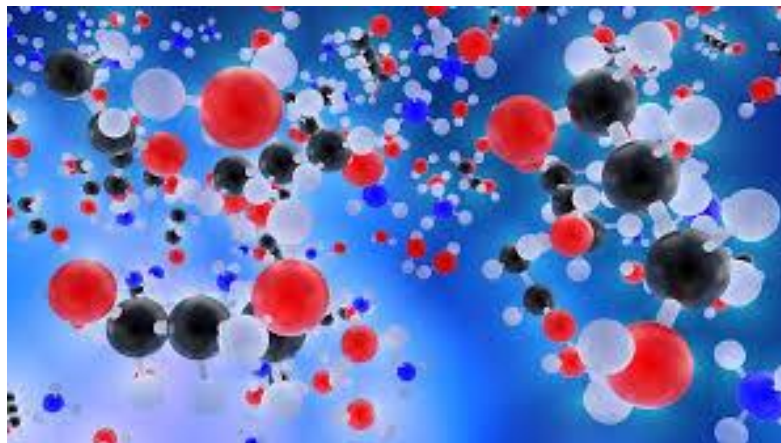


Tema 1 – Introducción

1. Conceptos de química, materia, elemento y compuesto químico.
 - 1.1. Propiedades de los elementos.
 - 1.2. Descubrimiento del electrón
 - 1.3. Descubrimiento del protón y el neutrón
2. Estructura atómica
 - 2.1. Número atómico y número másico
 - 2.2. Iones e isótopos
 - 2.3. Convenciones para masas atómicas y moleculares.



¿Qué es la Química?

qué
es
Química

Química

La química es una forma de estudiar la materia –lo que tiene masa y ocupa lugar–; es la ciencia que está relacionada con las sustancias de las que está compuesta la materia, con el conocimiento de sus propiedades y reacciones y con el uso de esas reacciones para hacer nuevas sustancias.

La tecnología química –transformación de una sustancia en otra con propiedades diferentes– es conocida desde muy antiguo como conocimiento empírico en alimentación, metalurgia, fabricación de cerámica, vidrio, curtidos, pólvora, etc. Las primeras teorías que tratan de explicar el cambio químico observable (así, la teoría clásica atómica griega y la teoría de los cuatro elementos y las cuatro cualidades) utilizan conceptos que se refieren a experiencias de los sentidos. La aplicación del método científico, mediante el cual se recogen y ordenan hechos experimentales, se elaboran conceptos y teorías que se confrontan con la experiencia, es lo que permite el desarrollo de la química y su rápido crecimiento.

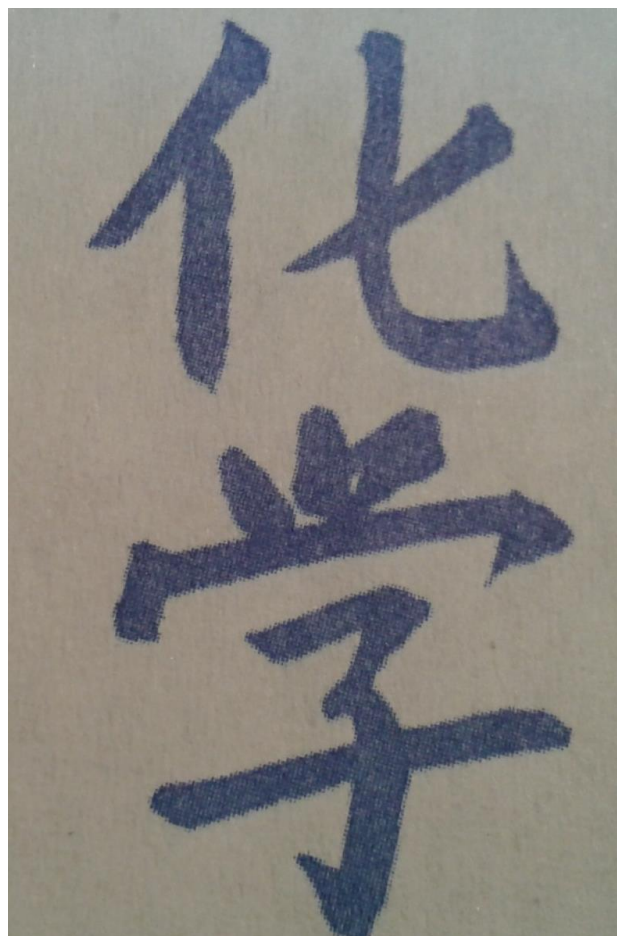
A lo largo de los siglos se va acumulando una ingente cantidad de conocimiento (construcción de aparatos e instrumentos, desarrollo de procedimientos experimentales, conocimiento del comportamiento químico de sustancias) proveniente principalmente de tres fuentes diferentes: tecnología, medicina y farmacia y alquimia. Conocimiento que crece hasta tal punto que se llegan a poner en duda las teorías previas y los criterios de autoridad que las sustentan, apareciendo, especialmente a partir del siglo XVIII, nuevas teorías que constituyen a la química como ciencia.

Hoy la química avanza a través de cuidadosos estudios realizados en el laboratorio preparando y analizando nuevos compuestos químicos y materiales. Los avances experimentales y conceptuales en química no se deben a unas pocas mentes geniales –que sirven de punto de referencia– sino que son el resultado de largos procesos de maduración y descubrimiento por parte de comunidades científicas y de posteriores procesos de refinamiento a través del esfuerzo cooperativo de químicos, a menudo junto a otros científicos.



La Química

- La Química es el estudio de la Materia y los cambios que ocurren en ella (Raymond Chang)
- La Química es la ciencia que trata de la composición y propiedades de la materia (R. Petrucci)



Huàxué



Propiedades Físicas

- Las **propiedades físicas** de una sustancia son las características que se pueden observar o medir sin cambiar la identidad de la sustancia. Por ejemplo, la expansión de un gas.

Propiedades Químicas

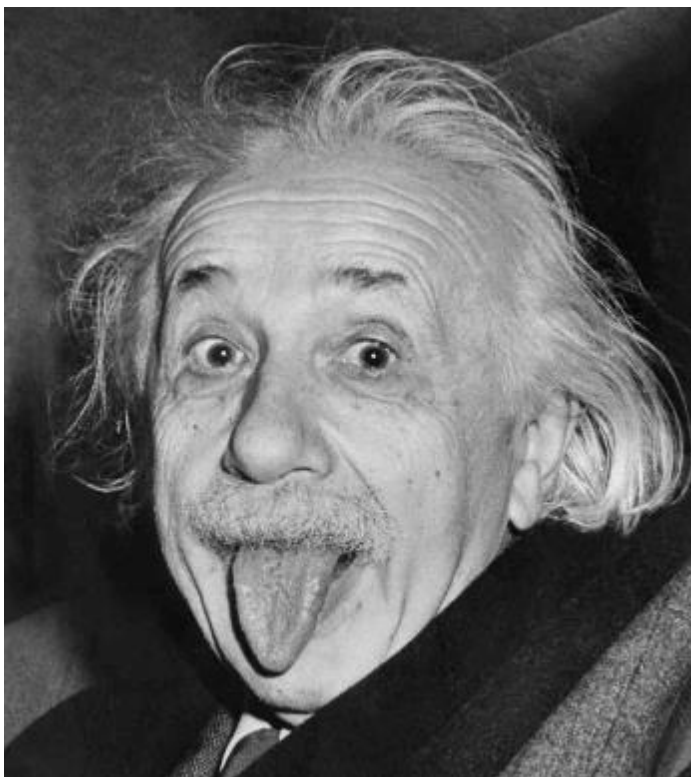
- Las **propiedades químicas** se refieren a la capacidad de una sustancia para transformarse en otra. Por ejemplo, una combustión.



Copyright © 2010 Pearson Prentice Hall, Inc.



La Química



...CHEMISTRY?

<http://blog.yaninapatricio.com/la-foto-famosa-de-albert-einstein-tiene-explicacion/>



La Química

QUÍMICA

QUÍMICA ORGÁNICA E INORGÁNICA (aspectos macroscópicos)

- Detergentes
- Productos de limpieza
- Combustión
- Bioquímica
- Fertilizantes
- Polímeros
- Tintes
- Revelado fotográfico
- Baterías
- Mantenimiento de piscinas
- Reactivos
- Medicamentos
- Radioquímica
- Etc

QUÍMICA FÍSICA (aspectos microscópicos)

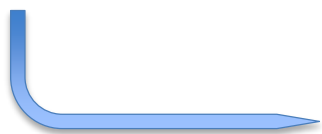
- Espectros
- Radiación
- Partículas subatómicas
- Orbitales
- Ecuaciones químicas
- Interacciones moleculares
- Cinética
- Química teórica
- Etc

QUÍMICA ANALÍTICA (detección y análisis)



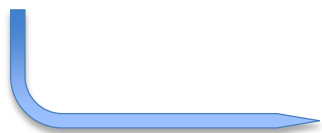
La Química: Una Ciencia a dos niveles

- **El Nivel Macroscópico:** Las propiedades observables de la materia



Lo que percibimos

- **El Nivel Microscópico:** La estructura atómica de la materia



**Organización atómica
y molecular**



La Química

QUÍMICA CONVENCIONAL

Se produce por transferencias electrónicas a nivel de las capas exteriores de la corteza

¡Para entender la química, es necesario conocer la estructura atómica!

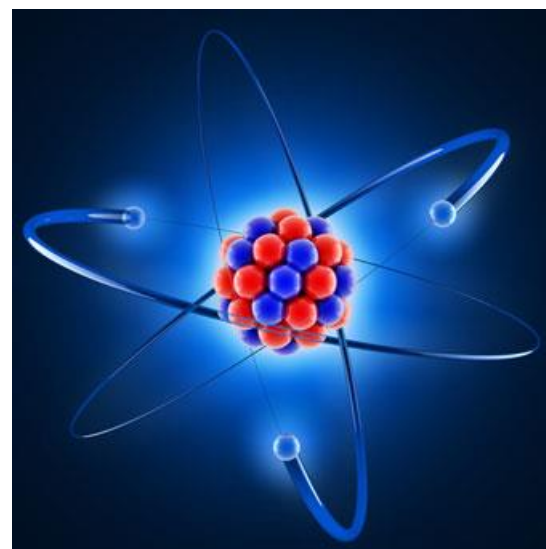


La Materia

- **RAE: *Del Lat. Materia*** 1. f. Realidad espacial, y perceptible por los sentidos, de la que están hechas las cosas que nos rodean y que, con la energía, constituye el mundo físico.

Básicamente cualquier cosa que tenga masa y ocupe espacio.

- **Sustancia:** cantidad de materia homogénea cuya composición es fija y químicamente definida.

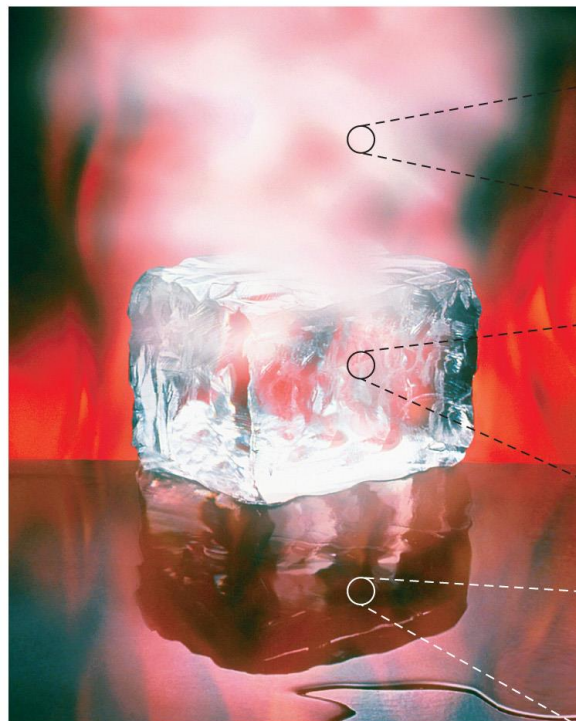


Estados de la Materia

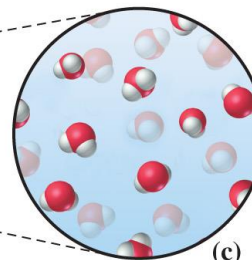
- Un **sólido** es una forma rígida de la materia.
- Un **líquido** es una forma fluida de la materia que tiene la capacidad de adoptar la forma de la parte del recipiente que ocupa.
- Un **gas** es una forma fluida de la materia que llena completamente cualquier recipiente que lo contenga.
- Un **plasma** es un estado fluido similar al estado gaseoso pero en el que determinada proporción de sus partículas están cargadas eléctricamente. Es el estado más frecuente en el Universo.



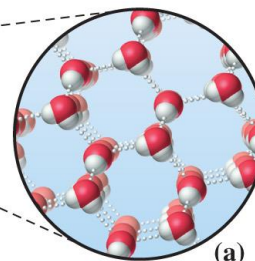
Estados de la Materia en la Tierra



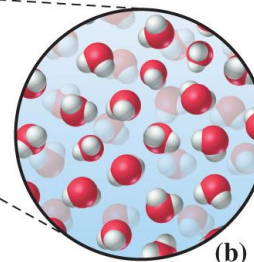
Interacciones electrostáticas débiles entre las partículas



Número más o menos constante de interacciones electrónicas fuertes



Ordenación de las Interacciones débiles o interacciones fuertes muy fluctuantes



Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

¡Fuerte dependencia con la presión y la temperatura!



Estados de la Materia en la Tierra

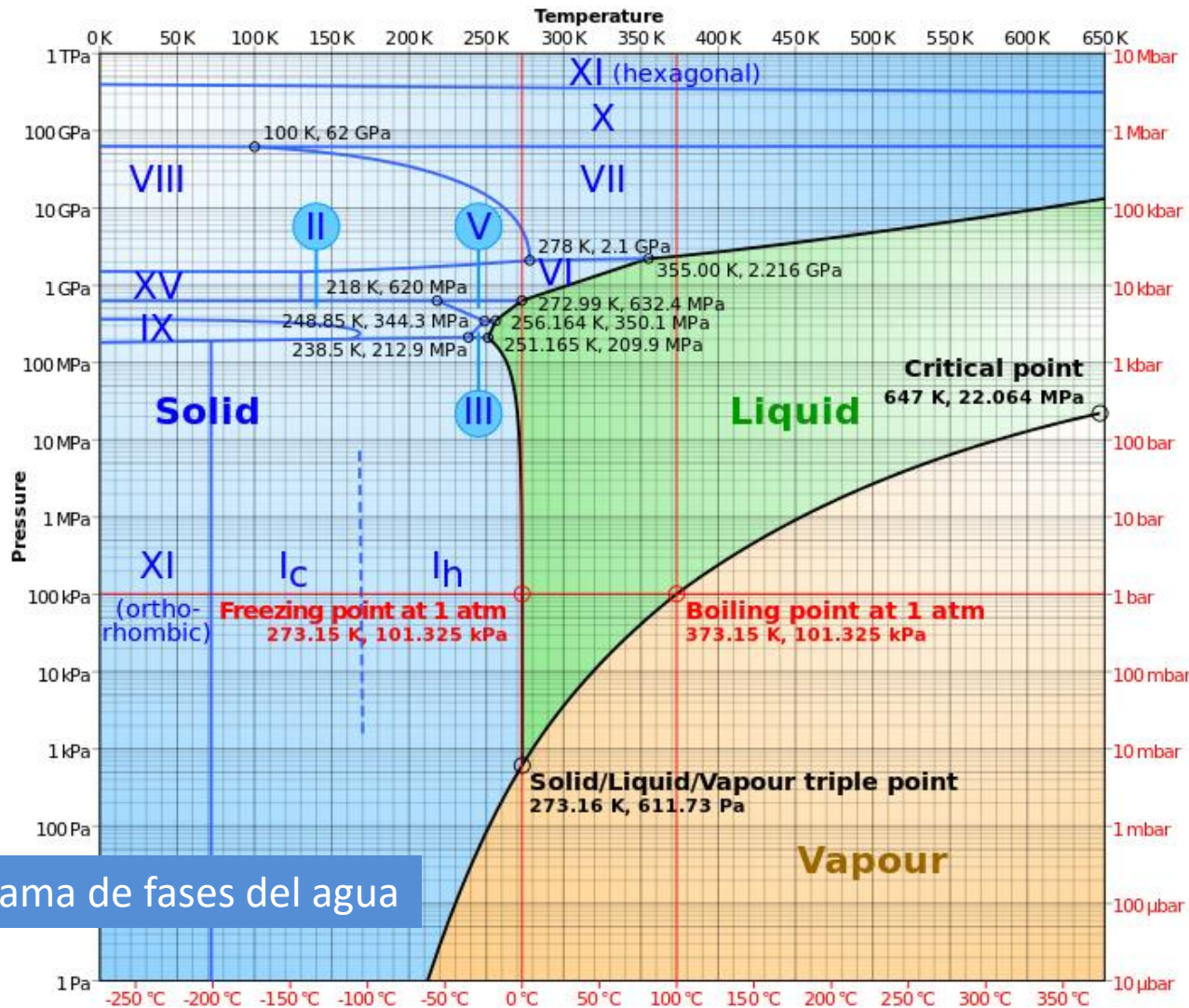
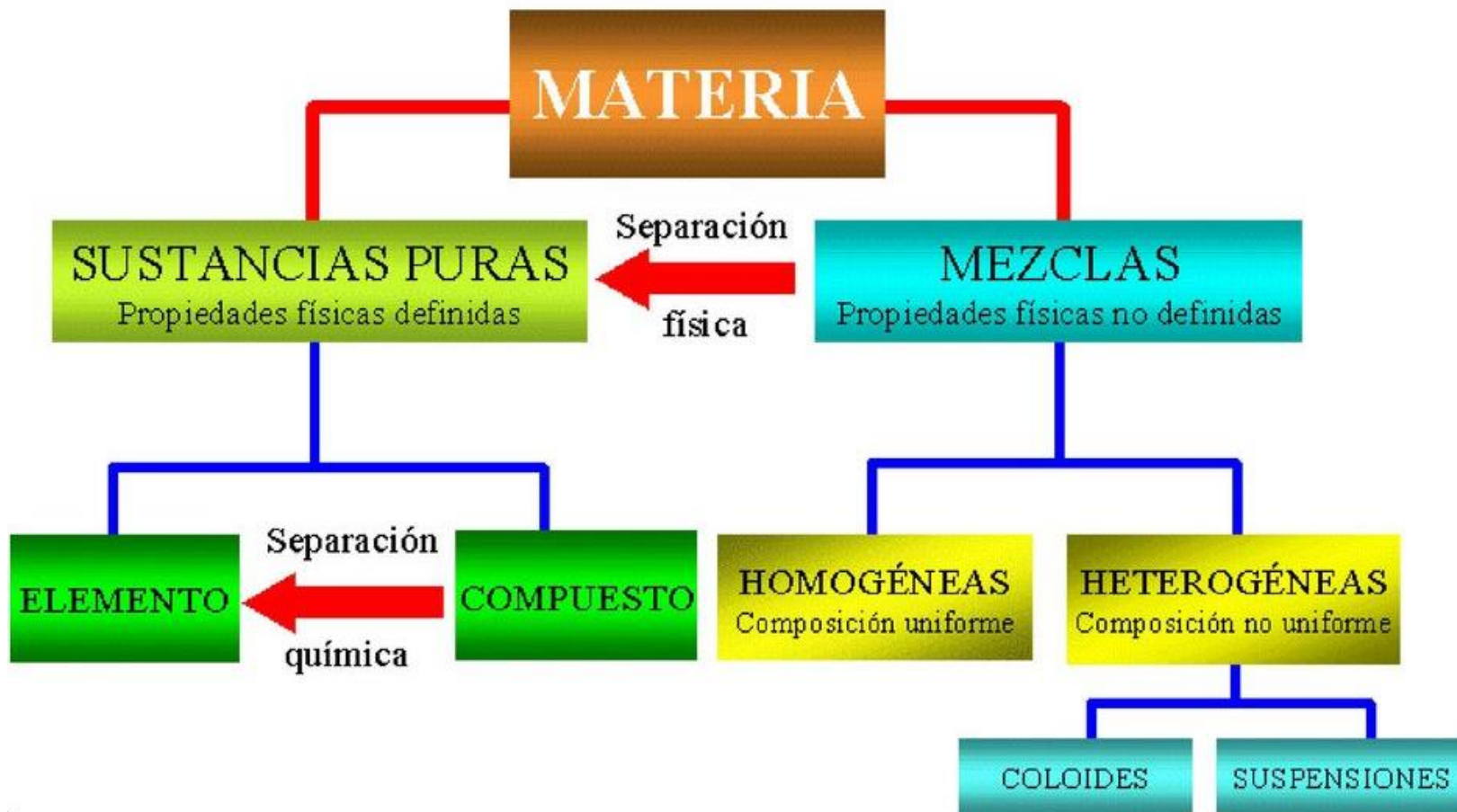


Diagrama de fases del agua



Clasificación de la Materia



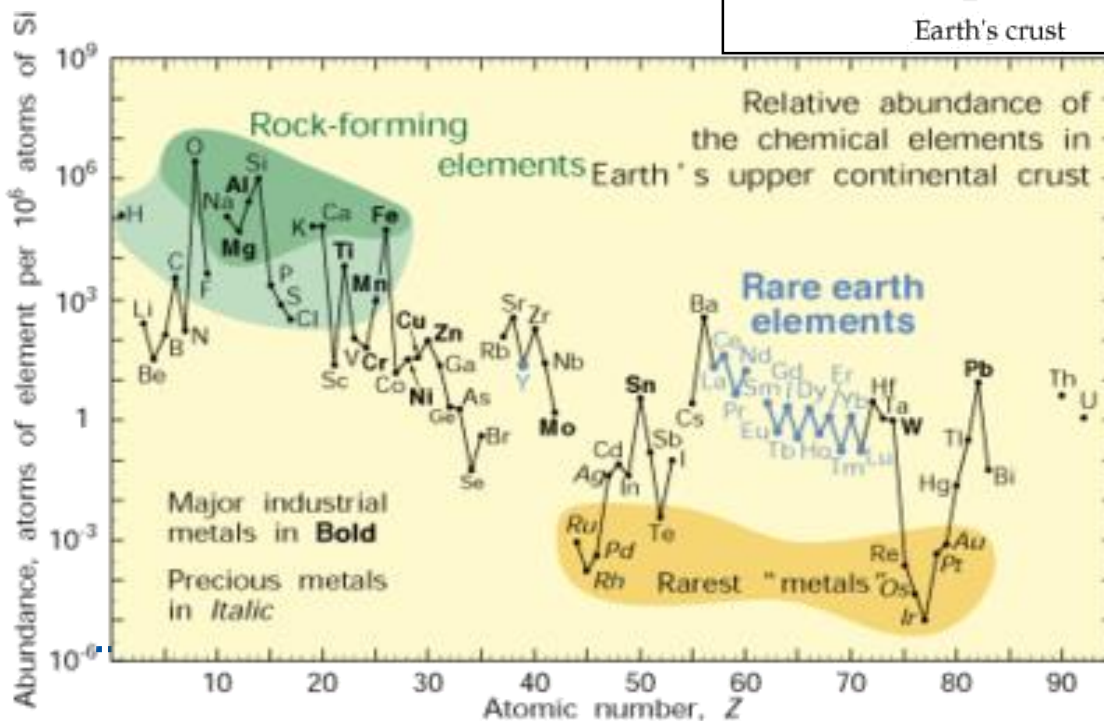
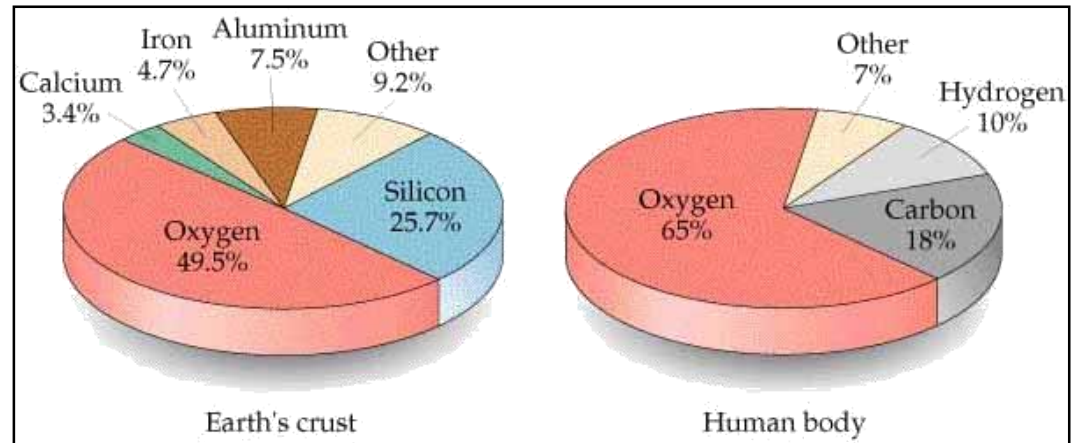
Entonces, ¿cómo está formada la Materia?

Por tanto,

- La **materia** está formada por **átomos**, iguales o diferentes en cualesquiera proporciones.
- Las **sustancias** están formadas por **átomos**, iguales o diferentes, en una proporción definida.
- Los **elementos** son sustancias que sólo tienen un tipo de átomos. Por ahora, conocemos **118 elementos**, muchos de ellos no naturales.
- Los **compuestos químicos** están formados por entidades iguales de agrupaciones de átomos diferentes (moléculas discretas o redes atómicas).



¿Por qué elementos principales está formada la materia en la Tierra?



Los 118 elementos

Periodic Table of the Elements

Cada elemento se representa por un símbolo, y se ordenan por orden creciente de su número atómico agrupados según su configuración electrónica (grupos).

1 H Hydrogen 1.008																	2 He Helium 4.003						
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012																	5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305																	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.798						
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.95	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.711	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.294						
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.328	57-71	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platinum 195.085	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 209.987	86 Rn Radon 222.018						
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Nh Nihonium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium unknown	116 Lv Livermorium [298]	117 Ts Tennessine unknown	118 Og Oganesson unknown						
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.116	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.242	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutetium 174.967									
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]									
Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide														



Y las Propiedades, ¿de qué dependen?

De la naturaleza de los átomos



Sodio (Na)



Cloro (Cl₂)



Y las Propiedades, ¿de qué dependen?

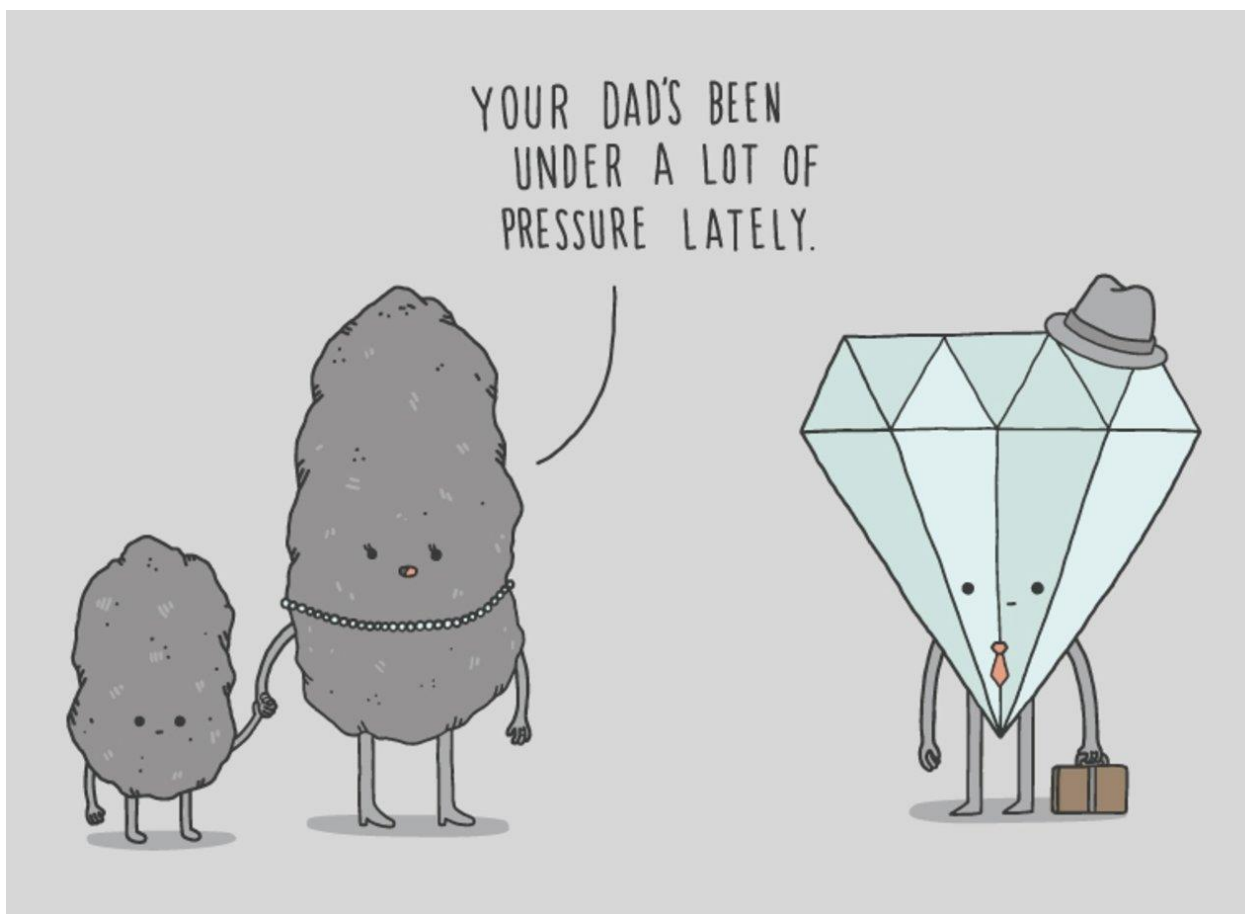
¿Sólo de la naturaleza de los átomos?



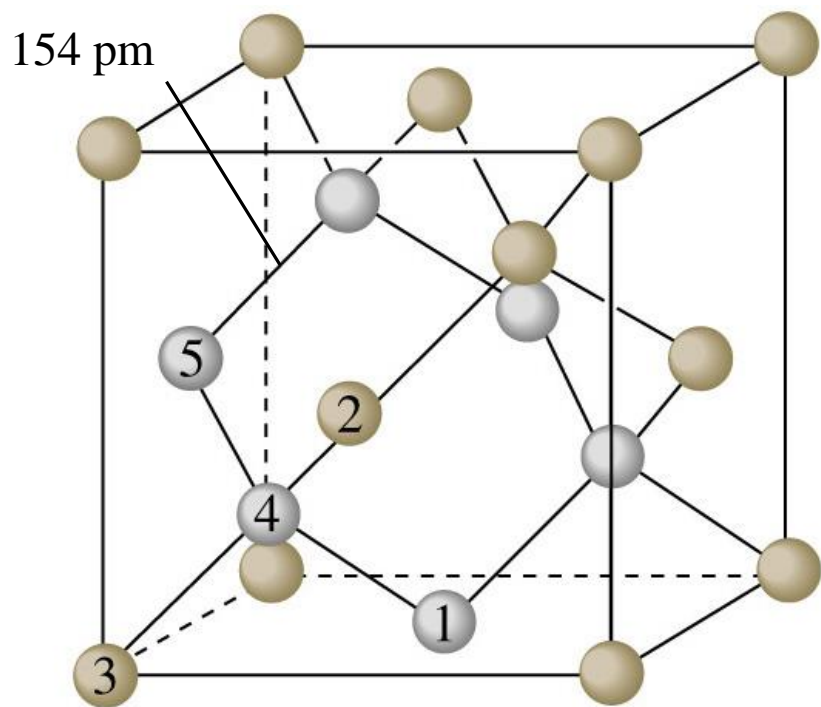
Carbono puro



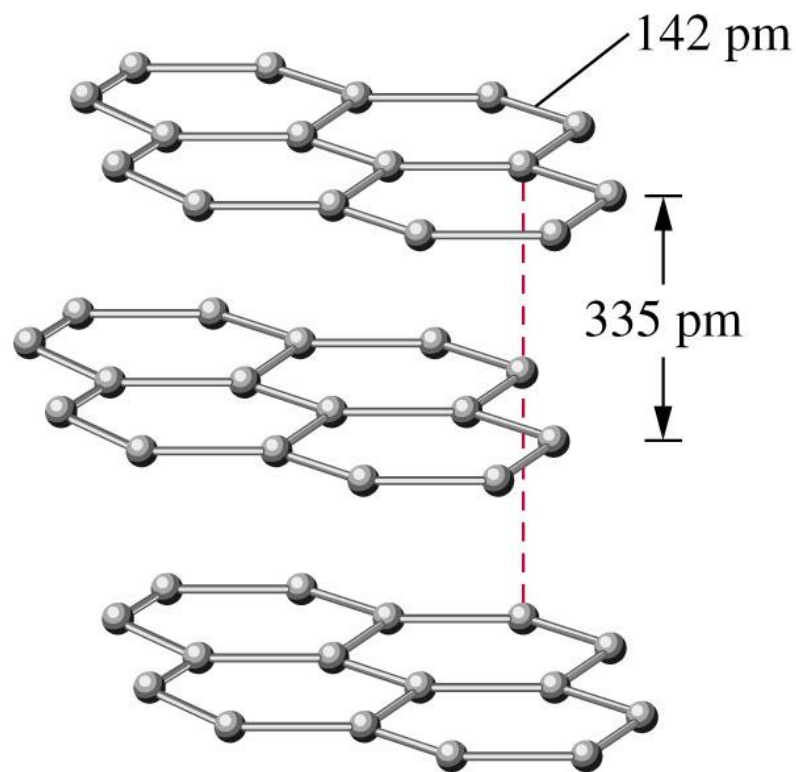
Y las Propiedades, ¿de qué dependen?



Y las Propiedades, ¿de qué dependen?



Diamante



Grafito



Y las Propiedades, ¿de qué dependen?

!!! También de cómo se unen y combinan!!!



ENLACE QUÍMICO



Conclusión:

¿Cómo está formada la Materia?

- Por átomos, que se unen para formar elementos, que se combinan para formar moléculas, que interaccionan formando sustancias, que se mezclan para formar mezclas complejas.....



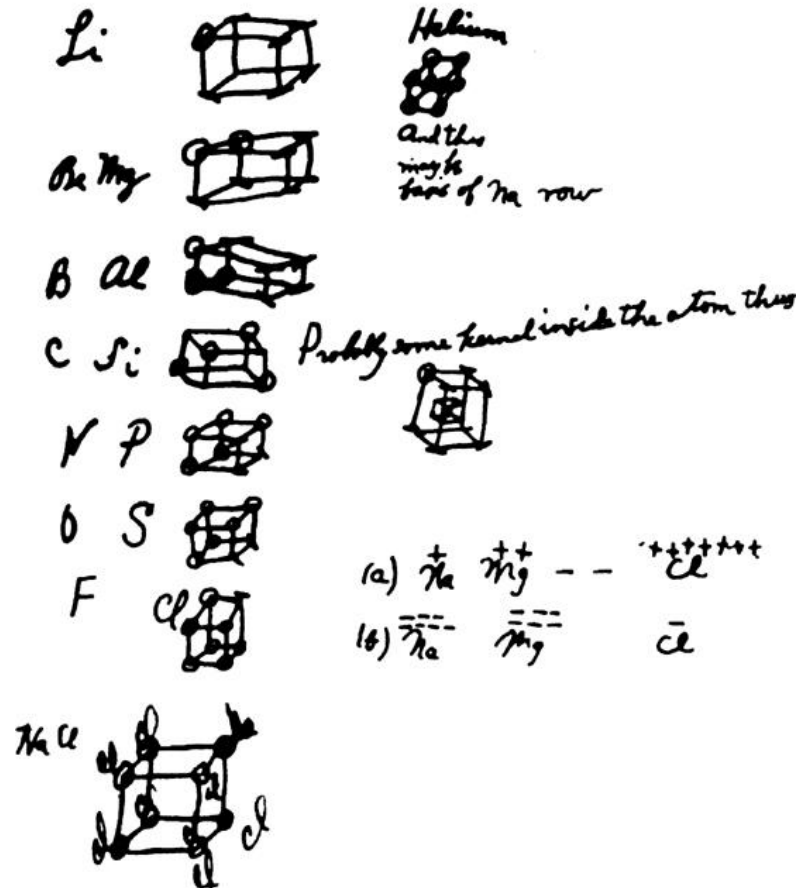
¿Por qué se unen los átomos unos a otros?

Gilbert N. Lewis (1916): Los átomos se combinan para alcanzar una configuración electrónica más estable.

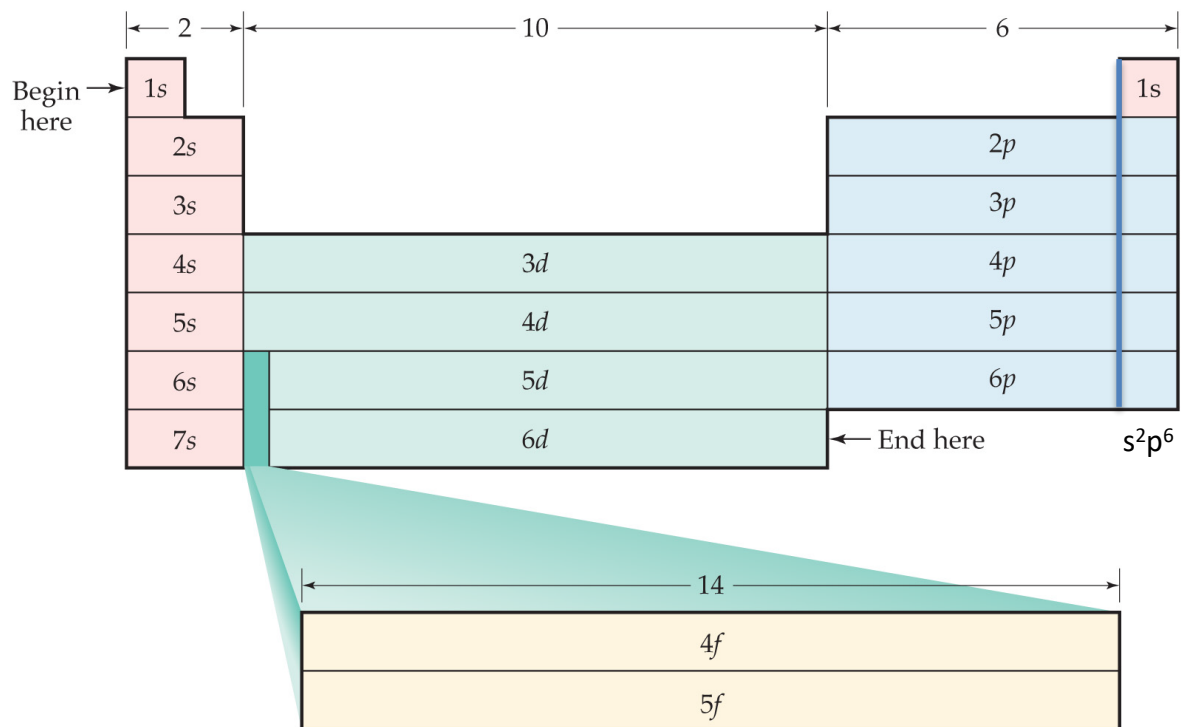
MÁXIMA ESTABILIDAD





Configuración electrónica de gas noble sin electrones desapareados





Configuración electrónica y reactividad



 s block

 p block

 d block

 f block

Copyright © 2010 Pearson Prentice Hall, Inc.

Química = electrones



Pero ... ¿qué es un átomo?

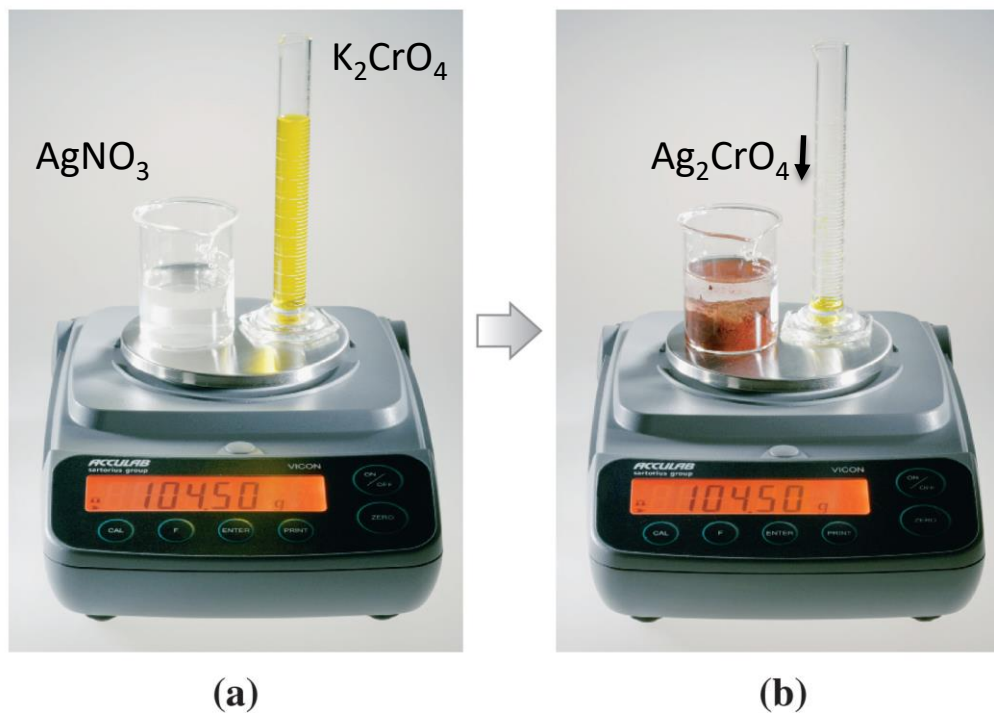
- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.

Ley de la conservación de la masa



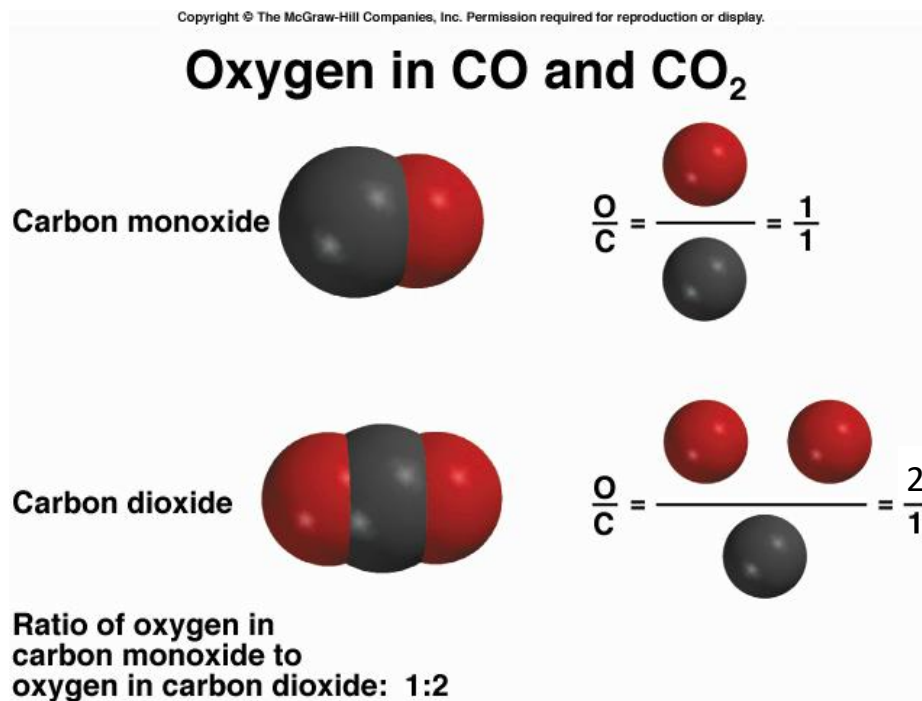
Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.

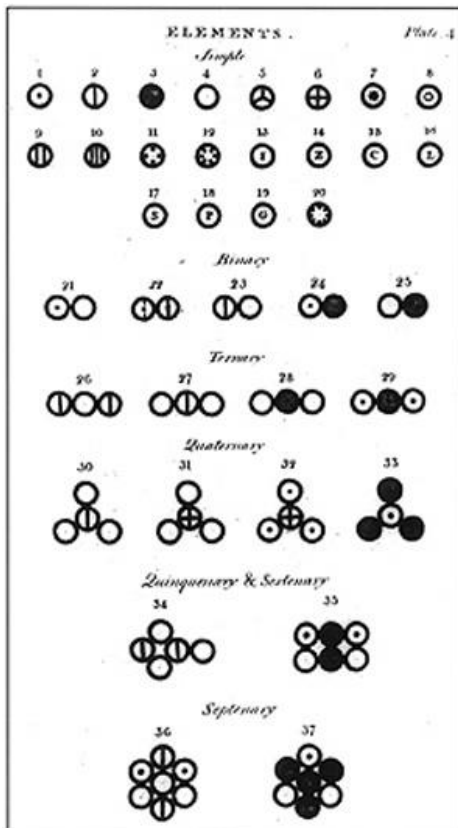
Ley de las proporciones múltiples (Dalton)



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.

Teoría atómica de Dalton



1. Cada elemento se compone de pequeñas partículas llamadas **átomos**. En las reacciones químicas, los átomos **ni se crean ni se destruyen**.
2. Todos los átomos de un elemento son **idénticos** y distintos de todos los demás elementos.
3. **Los compuestos** se forman cuando átomos de **más de un elemento** se combinan en proporciones numéricas sencillas, pudiendo formar más de un compuesto en proporciones diferentes.



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.
- **1869-1870:** Un gran avance fue el de Mendeléev y Meyer al descubrir la ordenación de los elementos en la Tabla Periódica según sus pesos atómicos y propiedades químicas, lo que permitió aventurar la existencia de elementos aún desconocidos.

The image shows a historical version of the periodic table of elements, titled "PERИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ" (Periodic System of Elements) in Russian. The table is organized into groups (I-V) and periods (1-7). Each element is represented by its symbol and atomic weight. The table includes elements from Hydrogen (H) to Radium (Ra) and Actinium (Ac). The atomic weights are listed below each element symbol.

PERИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ										
Группы	I II III IV V					VI VII VIII O				
	1	H ¹ 1,008								
2	Li ³ 6,940	Be ⁴ 9,02	B ⁵ 10,82	C ⁶ 12,010	N ⁷ 14,008	O ⁸ 16,000	F ⁹ 19,00			Ne ¹⁰ 20,183
3	Na ¹¹ 22,997	Mg ¹² 24,32	Al ¹³ 26,97	Si ¹⁴ 28,08	P ¹⁵ 30,98	S ¹⁶ 32,06	Cl ¹⁷ 35,457			Ar ¹⁸ 39,944
4	K ¹⁹ 39,098	Ca ²⁰ 40,06	Sc ²¹ 45,10	Ti ²² 47,90	V ²³ 50,95	Cr ²⁴ 52,01	Mn ²⁵ 54,92	Fe ²⁶ 55,85	Co ²⁷ 58,94	Ni ²⁸ 58,69
5	Rb ³⁷ 85,48	Sr ³⁸ 87,63	Y ³⁹ 88,92	Zr ⁴⁰ 91,22	Nb ⁴¹ 92,91	Mo ⁴² 95,95	Ru ⁴⁴ 101,7	Rh ⁴⁵ 102,91	Pd ⁴⁶ 106,7	Kr ³⁶ 83,7
6	Cs ⁵⁵ 132,91	Ba ⁵⁶ 137,56	La ⁵⁷ 138,92	Hf ⁷² 178,6	Ta ⁷³ 180,88	W ⁷⁴ 183,92	Re ⁷⁵ 186,31	Os ⁷⁶ 190,2	Ir ⁷⁷ 193,1	Pt ⁷⁸ 195,23
7	Ra ⁸⁸ 226,05	Ac ⁸⁹ 227	Th ⁹⁰ 232,04	Pa ⁹¹ 231	U ⁹² 238,07					Rn ⁸⁶ 222



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **Leyes ponderales y volumétricas:** Desde finales del siglo XVIII (Lavoisier y Richter) y principios del XIX (Proust, Dalton y Gay-Lussac) se establecieron los principios de la combinación entre diferentes elementos. Durante el resto del siglo XIX existe una evolución de la química frenética.
- **1869-1870:** Un gran avance fue el de Mendeléev y Meyer al descubrir la ordenación de los elementos en la Tabla Periódica según sus pesos atómicos y propiedades químicas, lo que permitió aventurar la existencia de elementos aún desconocidos.
- **Descubrimiento del electrón:** Pero seguía sin entenderse la naturaleza de los átomos, tenidos (como su propio nombre indica) por indivisibles. Es gracias a los físicos, ya en las inmediaciones del siglo XX, cuando empiezan a proliferar multitud de experimentos y teorías que terminan fijando la estructura esencial de los átomos. Los rayos X fueron descubiertos por Röntgen en 1895, como una radiación generada por los rayos catódicos al chocar contra ciertas superficies. En 1897, Thomson descubre el electrón (corpúsculo) como constituyentes esenciales de los rayos catódicos fijando su naturaleza eléctrica negativa.



Pero ... ¿qué es un átomo?

Descubrimiento de los rayos-X

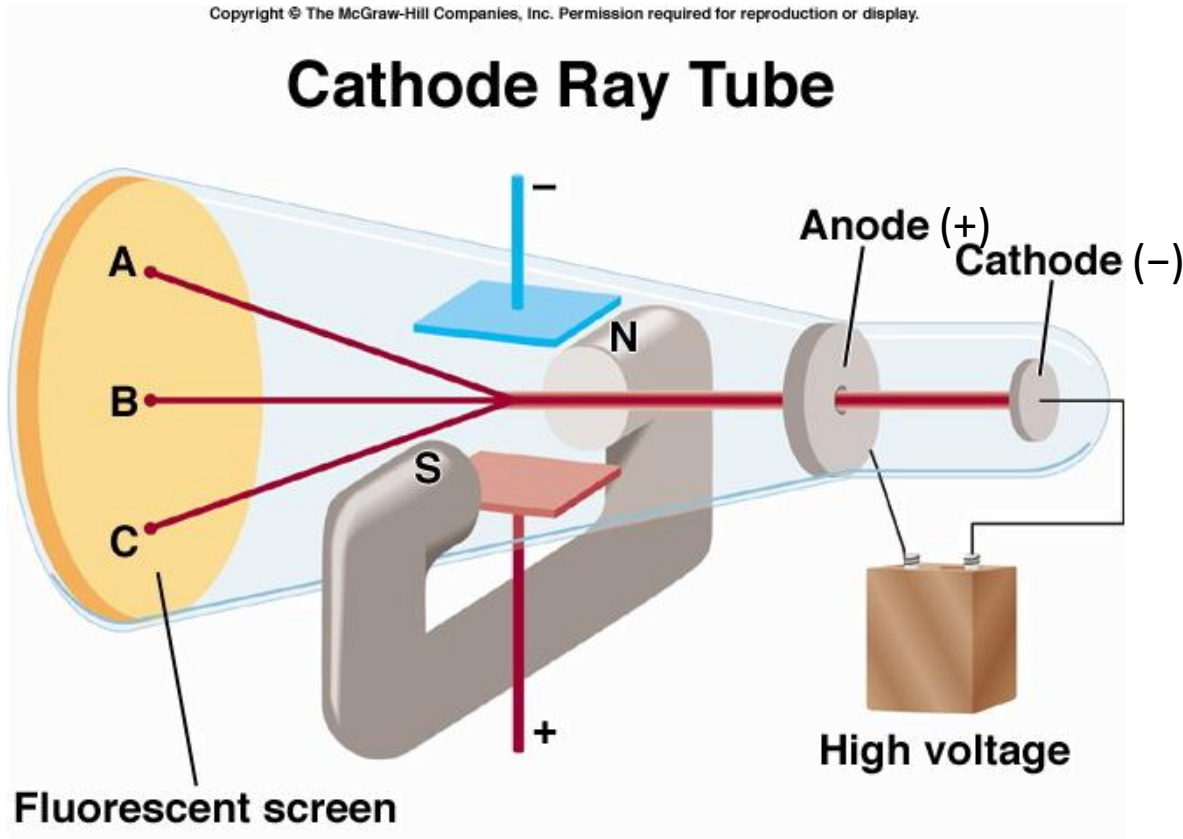


El descubrimiento de los **rayos-X**, por Roentgen le valió el premio Nobel de física en 1901. Se dio cuenta de que estos rayos atravesaban el papel, la madera y el aluminio, pero no el plomo. De hecho, vio los huesos de su mano al comprobar si atravesaban el plomo sujetando un aro de este metal con la mano. La primera 'radiografía' propiamente dicha la hizo con la mano de su mujer y la técnica tuvo aplicaciones médicas inmediatas.



Pero ... ¿qué es un átomo?

Descubrimiento del electrón



1856-1940

J.J. Thomson, **measured mass/charge of e^-** (1906 Nobel Prize in Physics)



Pero ... ¿qué es un átomo?

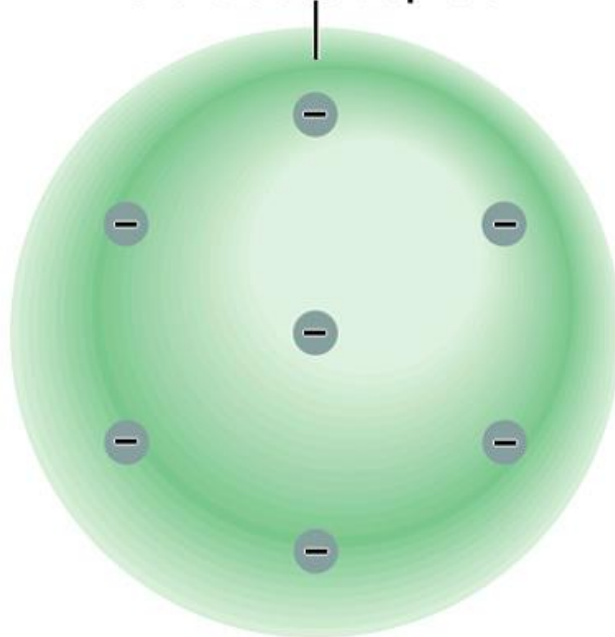
El modelo de Thomson: el pudin de pasas

En 1904, Thomson postuló que los electrones se distribuían uniformemente incrustados en el interior del átomo, considerado como una nube esférica con carga positiva.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Thomson's Model of the Atom

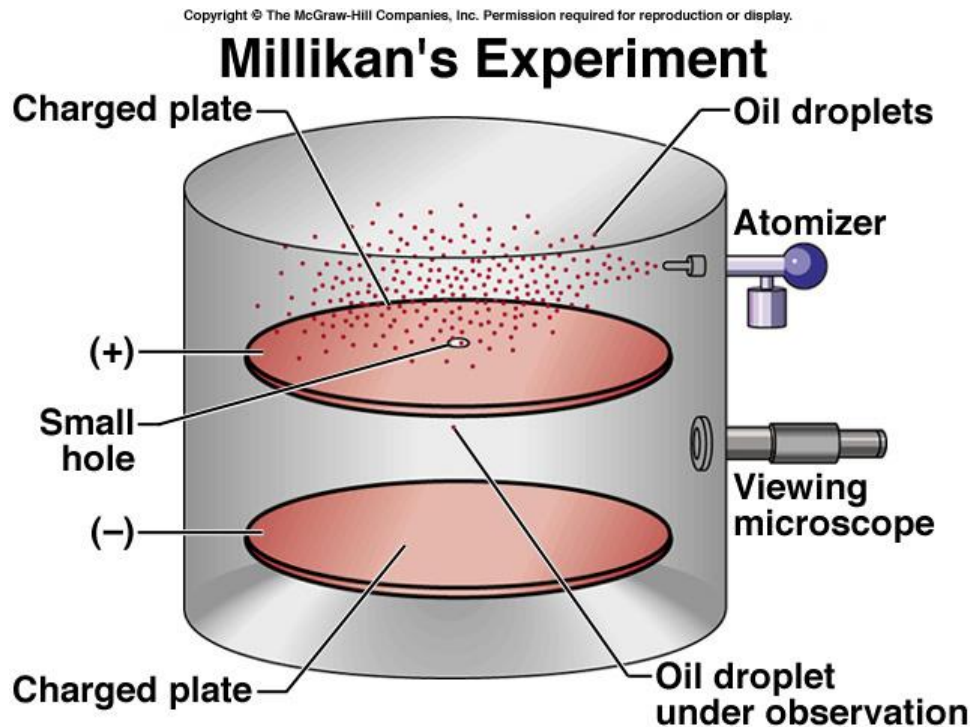
Positive charge spread
over the entire sphere



Pero ... ¿qué es un átomo?

Determinando la masa del electrón

En 1913, Mullikan publicó sus experiencias mejoradas sobre el cálculo de la carga (y, por tanto, la masa) del electrón al determinar que la carga de una gota de aceite suspendida en un campo eléctrico era siempre múltiplo de un mismo valor.



Measured mass of e^-
(1923 Nobel Prize in Physics)



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **1913:** Mosely establece una ley empírica entre los Rayos X emitidos por los elementos y su número atómico (Z).
- **1919:** Rutherford demuestra inequívocamente la presencia de partículas positivas en el núcleo al bombardear elementos con partículas alfa y transmutarlos en otros, y en 1920 predice la existencia de partículas neutras para estabilizar el núcleo.



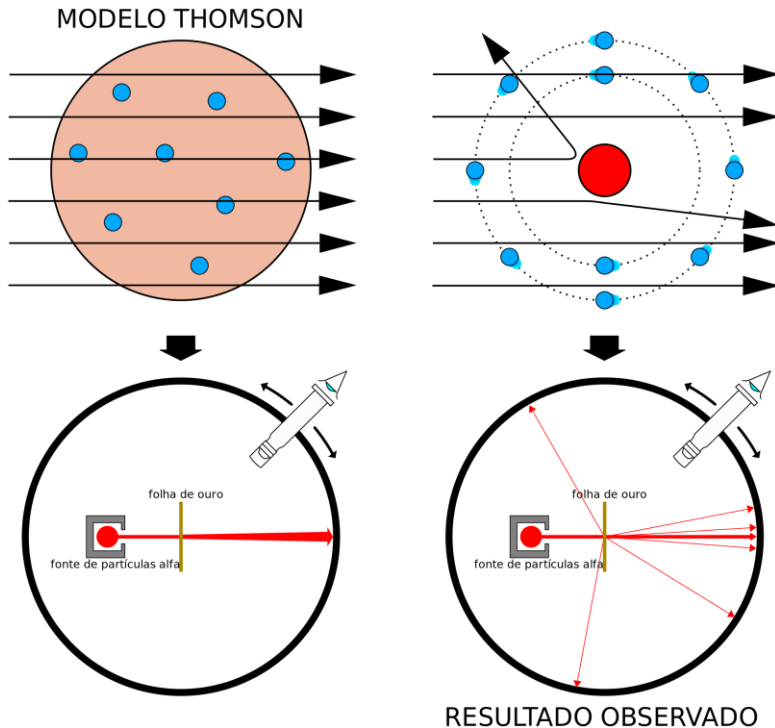
Pero ... ¿qué es un átomo?

El modelo atómico de Rutherford

Basado en el modelo de Thompson, Rutherford en 1911 bombardeó una fina lámina de oro con partículas alfa, esperando que estas atravesasen la lámina sin mayor problema.



Premio Nobel de Química 1908



De ahí propuso su modelo atómico, que sería perfeccionado dos años más tarde (1913) por Böhr:

1. La masa y la carga positiva están concentradas en un núcleo central.
2. Los electrones, en igual número y con carga opuesta, giran alrededor del núcleo a grandes distancias.

Los problemas principales del modelo son cómo mantener un núcleo de cargas positivas y cómo mantener electrones girando sin pérdida de energía.



Pero ... ¿qué es un átomo?

- **1913:** Mosely establece una ley empírica entre los Rayos X emitidos por los elementos y su número atómico (Z).
- **1919:** Rutherford demuestra inequívocamente la presencia de partículas positivas en el núcleo al bombardear elementos con partículas alfa y transmutarlos en otros, y en 1920 predice la existencia de partículas neutras para estabilizar el núcleo.
- **1932:** Chadwick descubre finalmente los neutrones, pensando al principio que eran una especie de dipolo protón-electrón. Experimentos posteriores descartaron esta hipótesis, terminando así el descubrimiento de las llamadas **partículas subatómicas**, creídas entonces como **elementales**.

Átomo

Es la partícula más pequeña y representativa de un elemento que puede tener actividad química.

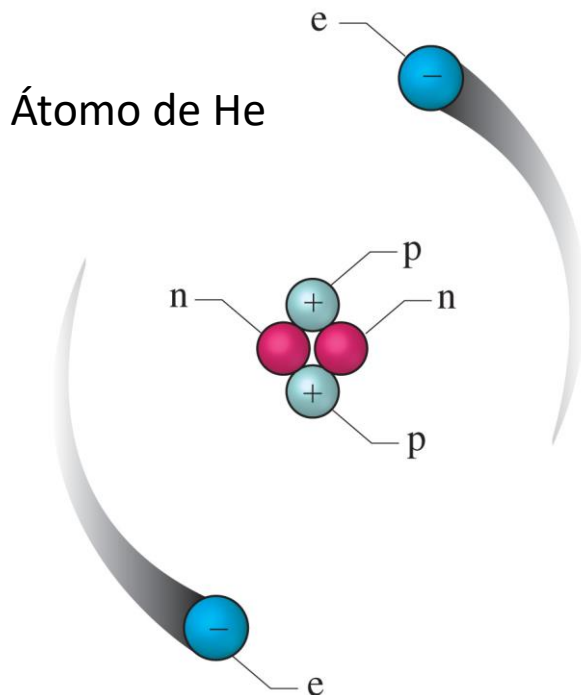


Pero ... ¿qué es un átomo?

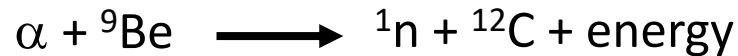
Descubrimiento del neutrón: James Chadwick (1932)



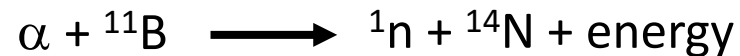
Premio Nobel de física 1935



Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.



Pero por entonces no se conocía la masa del Be, por lo que usó B para confirmar la masa del neutrón:



neutron (n) is neutral (charge = 0)

n mass \sim p mass = 1.67×10^{-24} g



Pero ... ¿qué es un átomo?

Propiedades de las tres partículas subatómicas fundamentales

	Carga eléctrica		Masa	
	SI (C)	Atómica	SI (g)	Atómica (u) ^a
Protón	$+1,6022 \times 10^{-19}$	+1	$1,6726 \times 10^{-24}$	1,0073
Neutrón	0	0	$1,6749 \times 10^{-24}$	1,0087
Electrón	$-1,6022 \times 10^{-19}$	-1	$9,1094 \times 10^{-28}$	0,00054858

^au es el símbolo SI para la unidad de masa atómica (abreviatura uma)



Estructura atómica

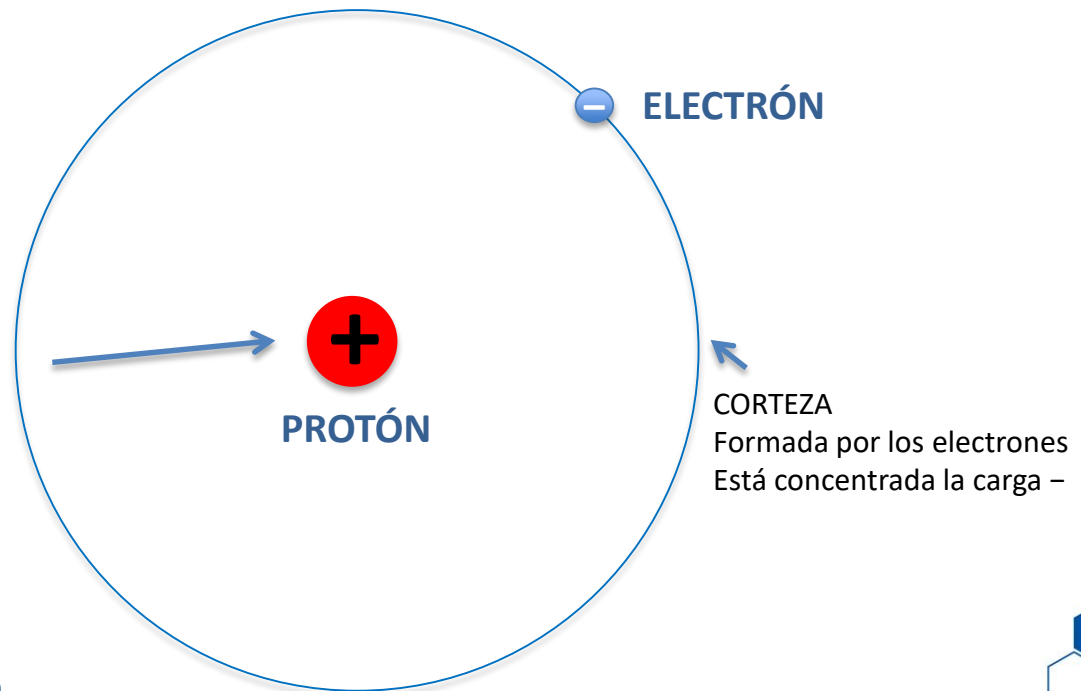
Las diferentes teorías (con el permiso de Demócrito) que durante el siglo XIX y XX se sucedieron para dar explicación a las observaciones experimentales (Dalton, Thomson, Rutherford, Böhr o Sommerfeld), han llevado a la aceptación de un modelo basado en la concepción atómica de un **núcleo**, donde reside prácticamente la totalidad de la masa atómica, formado por protones (de carga positiva) y neutrones (carga neutra) [excepto el protio que solo tiene un protón], y una corteza, formada por electrones (de carga negativa) que 'giran' a cierta distancia del núcleo posicionados en diferentes niveles de energía denominados orbitales.

Átomo de hidrógeno (protio)

NÚCLEO
Formado por los nucleones (protones y neutrones)
Está concentrada la carga + y casi toda la masa

$$m_p = 1837 \times m_e$$

¡OJO! La masa del electrón no es tan pequeña. En este caso sería como comparar una aspirina con un cartón de leche. Y el sol es 330000 veces más pesado que la Tierra: sería como el núcleo del Ta (Z=76).



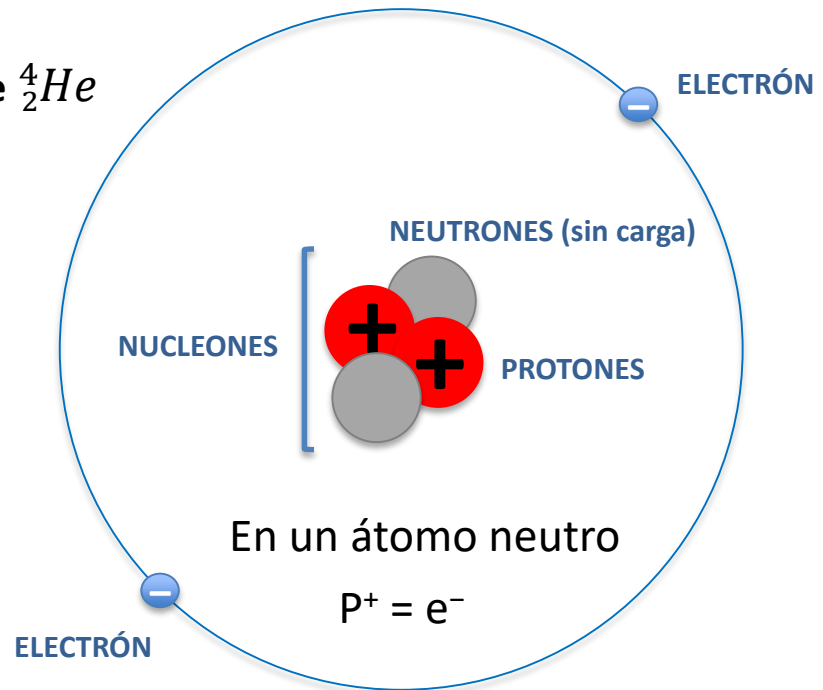
Estructura atómica

La naturaleza de un elemento en particular viene caracterizada por el número de protones del núcleo, denominado **número atómico** (Z) que, en un elemento neutro coincide con el número de electrones de la corteza. Por otro lado, el número de nucleones viene representado por el **número másico** (A). Los isótopos surgen de tener más o menos neutrones (N) en el núcleo y estas variaciones en el número másico no pueden conseguirse por vía química, sino a través de reacciones nucleares.

Los iones surgen de tener más (aniones) o menos (cationes) electrones que protones y pueden conseguirse por vía química. Si el átomo de helio perdiese un electrón seguiría siendo He, pero cargado positivamente: He^+ , lo que le haría tener la misma configuración electrónica que el átomo de hidrógeno (son isoelectrónicos).

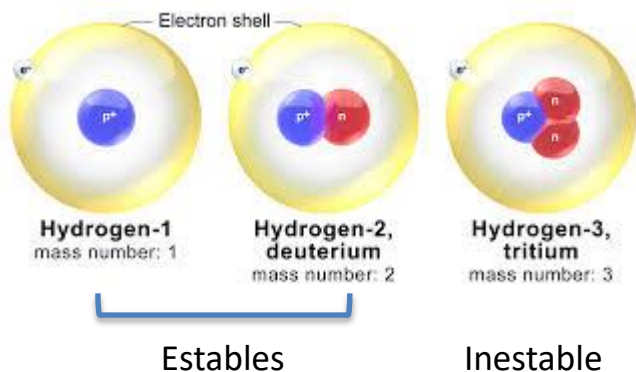
$$A = Z + N$$

Átomo de ${}^4_2\text{He}$



Estructura atómica

Isótopos



Se conocen hasta 21 elementos con un único isótopo representativo, del estaño hasta 10 isótopos, todos ellos estables. A partir del $^{209}_{83}\text{Bi}$, todos los elementos presentan todos sus isótopos radiactivos.

Peso atómico hidrógeno:

$$1.00783 \times 0.9999 + 2.01410 \times 0.0001 = 1.00793 \text{ (IUPAC 2016: 1.00784-1.00811)}$$

	Símbolo	Masa Nominal	Masa Exacta	Abundancia
Hidrógeno	H	1	1.00783	99.99
	D ó ^2H	2	2.01410	0.01
Carbono	^{12}C	12	12.0000	98.91
	^{13}C	13	13.0034	1.09
Nitrógeno	^{14}N	14	14.0031	99.6
	^{15}N	15	15.0001	0.37
Oxígeno	^{16}O	16	15.9949	99.76
	^{17}O	17	16.9991	0.037
	^{18}O	18	17.9992	0.20
Flúor	F	19	18.9984	100
Silicio	^{28}Si	28	27.9769	92.28
	^{29}Si	29	28.9765	4.70
	^{30}Si	30	29.9738	3.02
Fósforo	P	31	30.9738	100
Azufre	^{32}S	32	31.9721	95.02
	^{33}S	33	32.9715	0.74
	^{34}S	34	33.9679	4.22
Cloro	^{35}Cl	35	34.9689	75.77
	^{37}Cl	37	36.9659	24.23
Bromo	^{79}Br	79	78.9183	50.5
	^{81}Br	81	80.9163	49.5
Yodo	I	127	126.9045	100



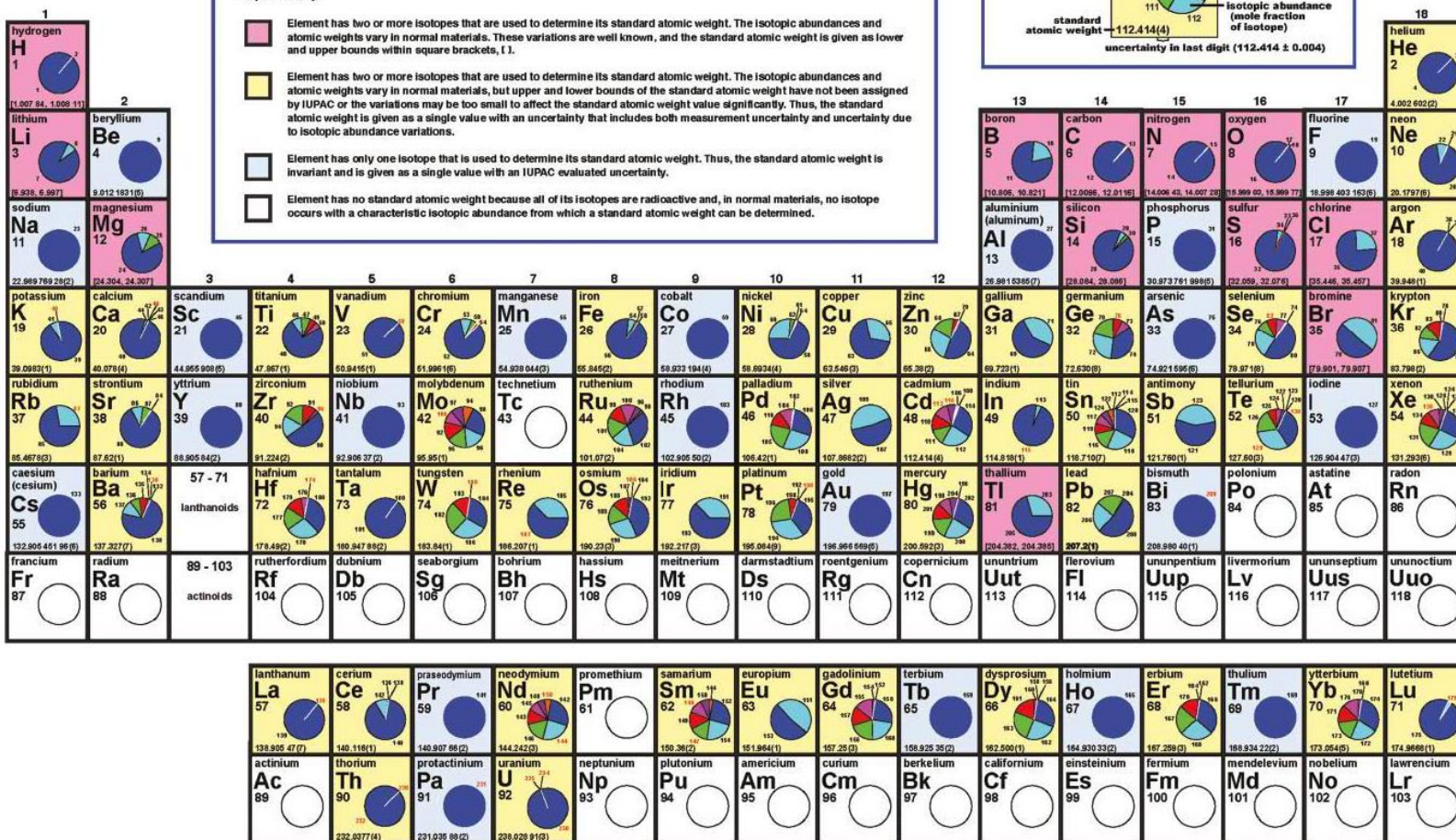
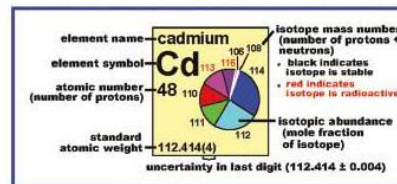
Estructura atómica

Isótopos <https://www.degruyter.com/view/j/pac.2016.88.issue-3/pac-2015-0305/pac-2015-0305.xml>

Element Background Color Key

Standard atomic weights are the best estimates by IUPAC of atomic weights that are found in normal materials, which are terrestrial materials that are reasonably possible sources for elements and their compounds in commerce, industry, or science. They are determined using all stable isotopes and selected radioactive isotopes (having relatively long half-lives and characteristic terrestrial isotopic compositions). Isotopes are considered stable (non-radioactive) if evidence for radioactive decay has not been detected experimentally.

- Element has two or more isotopes that are used to determine its standard atomic weight. The isotopic abundances and atomic weights vary in normal materials. These variations are well known, and the standard atomic weight is given as lower and upper bounds within square brackets, I, I.
- Element has two or more isotopes that are used to determine its standard atomic weight. The isotopic abundances and atomic weights vary in normal materials, but upper and lower bounds of the standard atomic weight have not been assigned by IUPAC or the variations may be too small to affect the standard atomic weight value significantly. Thus, the standard atomic weight is given as a single value with an uncertainty that includes both measurement uncertainty and uncertainty due to isotopic abundance variations.
- Element has only one isotope that is used to determine its standard atomic weight. Thus, the standard atomic weight is invariant and is given as a single value with an IUPAC evaluated uncertainty.
- Element has no standard atomic weight because all of its isotopes are radioactive and, in normal materials, no isotope occurs with a characteristic isotopic abundance from which a standard atomic weight can be determined.



Estructura atómica

La **masa atómica** de un elemento es la masa de un átomo y, por tanto, correspondiente a un solo isótopo. Se expresa en unidades de masa atómica unificada (u), o Daltons (Da), definida como la doceava parte (1/12) de la masa de un átomo neutro y no enlazado de carbono-12 (cuyo núcleo contiene 6 protones y 6 neutrones), en su estado fundamental eléctrico y nuclear, y su valor recomendado es el de $1,660539 \times 10^{-27}$ Kg. La **masa isotópica relativa** no tiene unidades, y coincide con el valor numérico de la masa atómica.

Peso atómico o masa atómica relativa, sin embargo, es la media ponderada de las masas atómicas (también sin dimensiones) de un elemento de una muestra en particular según su composición isotópica. Eso tiene varias implicaciones:

- 1) No coincide con la masa atómica
- 2) Tiene en cuenta la abundancia isotópica del elemento en cuestión
- 3) El peso atómico entre muestras tomadas en diferentes lugares puede variar

De ahí que la IUPAC publique los llamados **pesos atómicos estándar**, que corresponden a una media de diferentes muestras de la corteza terrestre e incluso de la atmósfera si el elemento en cuestión se encuentra en ella.



Estructura atómica

Masa molecular relativa o **peso molecular** de una sustancia se refiere a la masa de una molécula en particular, considerando unos isótopos, y tampoco tiene unidades. Se calcula, por tanto, a partir de las masas atómicas de los átomos constituyentes. Con unidades (u o Da) tenemos la **masa molecular** (m). La **masa molar** (M) de una sustancia (elemento o compuesto químico), en cambio, tiene unidades g/mol por razones históricas (en el SI debería tener unidades de Kg/mol) y se calcula sumando los pesos atómicos estándar, por lo que tiene en cuenta la abundancia isotópica ponderada. Normalmente, la masa molar y el peso molecular se suelen calcular de igual forma, a partir de los pesos atómicos estándar, por lo que coinciden numéricamente.

CUESTIONES

¿Por qué el peso atómico del hidrógeno es 1,008 (y no 1, al contener solo un protón) y el del carbono es 12,011 (y no 12)?

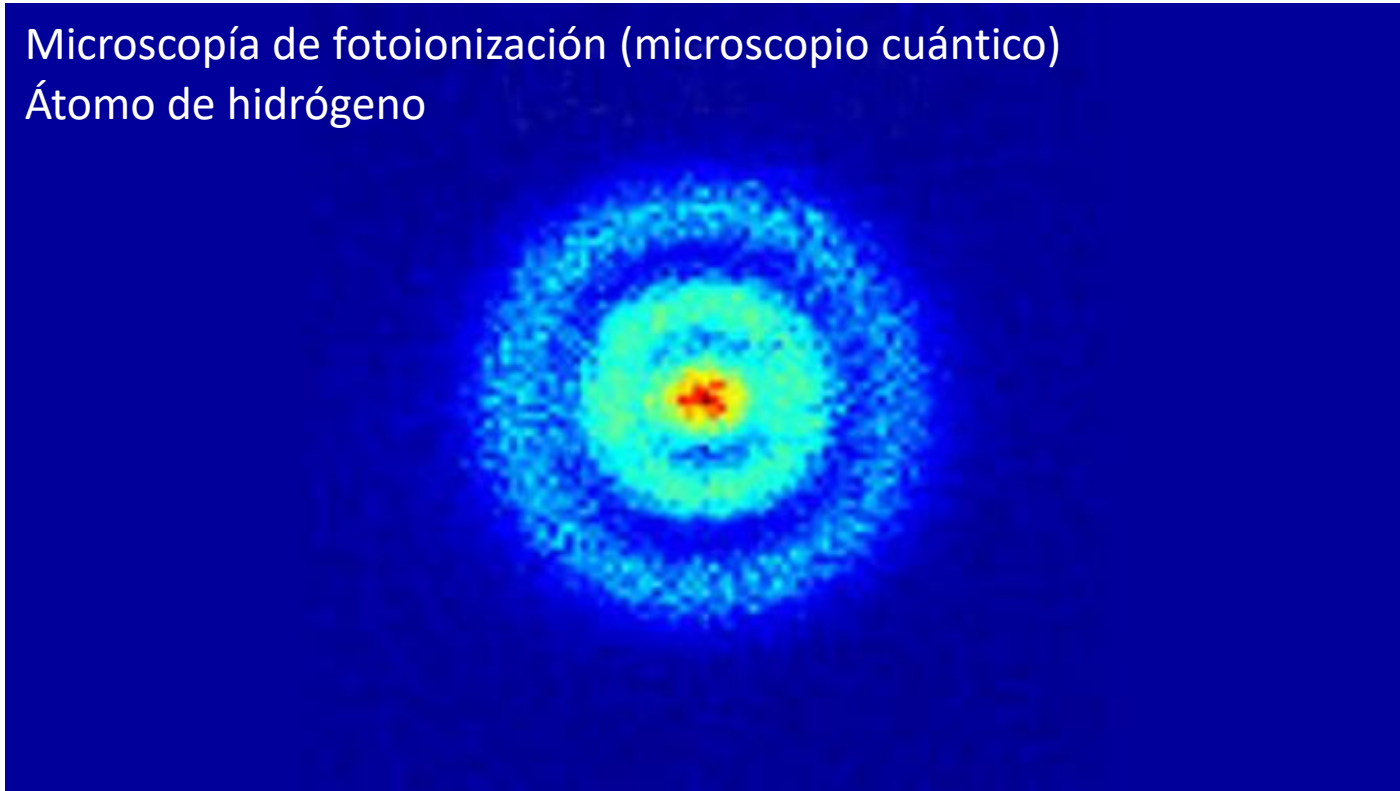
¿Cuál es la masa molecular del metano? ¿Y su masa molar?

1 mol de sustancia, la cantidad correspondiente a su masa molar contiene siempre la misma cantidad de partículas = $6,023 \times 10^{23}$ partículas (átomos o moléculas) = número de Avogadro



Estructura atómica

Microscopía de fotoionización (microscopio cuántico)
Átomo de hidrógeno



[Physical Review Letters 2013, 110, 213001](#)

Función de onda electrónica teórica: $\hat{H} \cdot \Psi = E \cdot \Psi$

Ecuación de ondas de Schrödinger

(solución analítica solo para el átomo de hidrógeno y otras especies monoeléctricas)

