

Transformaciones químicas

Andrés Cedillo, AT-250

cedillo@xanum.uam.mx

www.fqt.izt.uam.mx/cedillo

2. Átomos, moléculas e iones

- 2.1. Átomos y la teoría atómica
- 2.2. Componentes del átomo
- 2.3. Tabla periódica
- 2.4. Moléculas e iones
- 2.5. Fórmulas de los compuestos iónicos
- 2.6. Nombres de los compuestos

2.1. Átomos y la teoría atómica

- Leyes de la química conocidas en el s. XVIII
 - Ley de la conservación de la masa
 - En una reacción química no hay cambio detectable en la masa
 - Ley de las composiciones constantes
 - Un mismo compuesto siempre contiene los mismos elementos en la misma proporción

2.1. Átomos y la teoría atómica ...2

Leyes ...

- Ley de las proporciones múltiples
 - Cuando dos elementos se combinan para formar más de un compuesto, el cociente de las masas de un elemento que se combinan **con una cantidad fija del segundo** es una fracción de números enteros pequeños.

Hay dos compuestos de cromo con oxígeno:

- Un sólido verde con 2.167 g de Cr por 1.000 g de O
 - Un sólido rojo con 1,083 g de Cr por 1.000 g de O
- 2.167/1.083=2.001 casi 2/1 ¿partículas?

2.1. Átomos y la teoría atómica ...3

En 1808 John Dalton propuso un **modelo** para explicar las leyes conocidas de la química

1. Cada elementos está formado de partículas muy pequeñas llamadas átomos. (Todos los átomos de un mismo elemento tienen las mismas propiedades. Átomos de distintos elementos tienen propiedades distintas.)

Átomo es la partícula más pequeña de un elemento que mantiene sus propiedades.

2.1. Átomos y la teoría atómica ...4

Teoría de Dalton ...

2. Los compuestos están formados por la combinación átomos de dos o más elementos. (En un compuesto dado, el número de átomos de cada elemento es siempre el mismo.)
3. En una reacción química, los átomos de las sustancias se recombinan, pero no desaparecen ni se transforman en átomos de otro elemento.

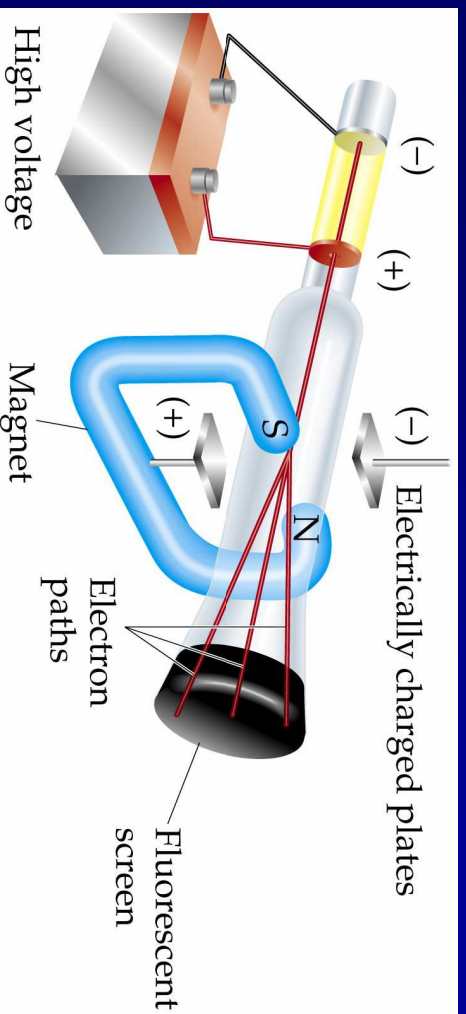
2.2. Componentes del átomo

Durante mucho tiempo, los átomos de Dalton se consideraron como un modelo de la química.

- En 1897 JJ Thomson, al estudiar la conductividad de los gases a presiones bajas, descubre los rayos catódicos.

2.2. Componentes del átomo ...2

Tubo de descarga



2.2. Componentes del átomo ...3

- Rayos catódicos
 - Hace brillar al vidrio.
 - Partículas con carga y masa que salen del cátodo, con carga negativa y son afectadas por los campos electromagnéticos.
 - El cociente q/m es siempre el mismo, independientemente del material del electrodo y del gas.

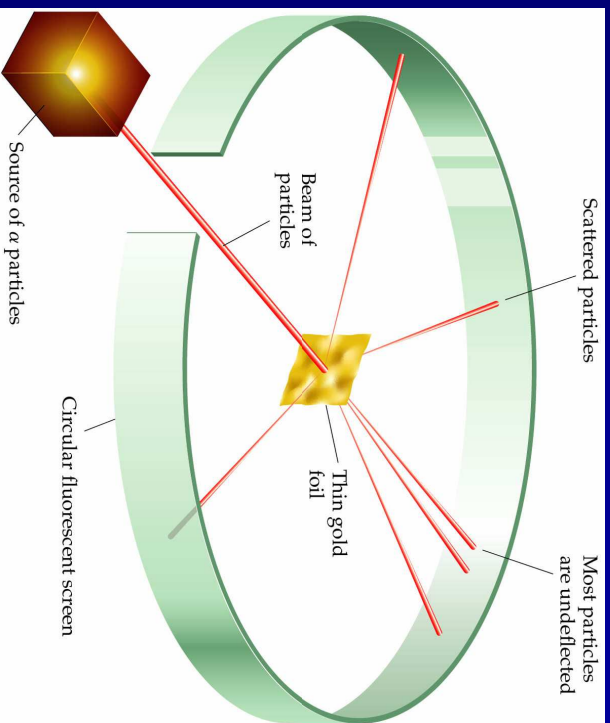
Las partículas, llamadas posteriormente electrones, forman parte de todos los átomos.

2.2. Componentes del átomo ...4

- En 1909, R Millikan determina la carga del electrón. A partir del cociente q/m se obtiene su masa ($m_H \approx 2000 m_e$).
- El átomo está formado por electrones y un parte positiva.
- Casi toda la masa está en la parte positiva.

2.2. Componentes del átomo ...5

- En 1911, E Rutherford bombardea hojas muy delgadas de oro con partículas α .



2.2. Componentes del átomo ...6

Mediante un modelo de colisiones concluye que la parte positiva del átomo debe estar concentrada en una región muy pequeña (núcleo) que contiene prácticamente toda la masa del átomo.

Posteriormente de descubrió que el núcleo está formado por protones y neutrones. ($q_p = -q_e$, $q_n = 0$, $m_n \approx m_p$)

2.2. Componentes del átomo ...7

Un átomo está formado por protones, neutrones y electrones.

- Dado que un átomo es neutro, $N_p = N_e$.
- Se denomina número atómico, Z , al número de protones de un átomo, $Z = N_p$.
- Todos los átomos de un elemento tienen el mismo número de protones.

2.2. Componentes del átomo ...8

$$H : Z = 1, N_e = 1$$

$$U : Z = 92, N_e = 92$$

1A	1	2A																	8A																
1	H	2																	2																
3	Li	4	3B	4B	5B	6B	7B	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																	
Li	Be	Mg	Na	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Al	Si	P	S	Cl	Ar														
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120		
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt																											

	Metals																							
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb										
	Metalloids																							
	Ac	Th	Pa											U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
	Nonmetals																							

2.2. Componentes del átomo ...8

- Los átomos de un elemento pueden tener masa distinta.
- Número de masa: $A = N_p + N_n$.
- Símbolo atómico o nuclear: ${}^A_Z X$
- Isótopos del hidrógeno: 1_1H 2_1H 3_1H
- ${}^{235}_{92}U$: $N_p = 92$, $N_n = 143$
- ${}^{238}_{92}U$: $N_p = 92$, $N_n = 146$

Comparar con el modelo de Dalton

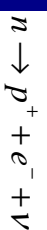
2.2. Componentes del átomo ...9

Ejercicios

- a) El isótopo de cobalto ($Z = 27$) que se usa para la radioterapia tiene 33 neutrones, escriba su símbolo atómico.
- b) El ${}^{90}_{38}Sr$ es uno de los componentes más peligrosos de los deshechos nucleares, se acumula en los huesos reemplazando al calcio. Indique el número de electrones, neutrones y protones que tiene un átomo de este isótopo.

2.2. Componentes del átomo ...10

- Decaimiento radiactivo
 - Partículas emitidas
 - α : núcleo de helio ${}^4_2\text{He}^{2+}$
 - β : electrón e^-
 - γ : radiación de alta energía
 - Tipos de decaimiento
 - α : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha$
 - β : ${}^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{210}_{83}\text{Bi} + \beta$
 - γ : otros procesos



2.3. Tabla periódica

- En 1869 Mendeleiev ordenó los elementos conocidos en orden creciente de masa atómica y agrupándolos por similitud química.
 - Encontró huecos y predijo exitosamente las propiedades de tres elementos que se descubrieron con posterioridad (Sc, Ga, Ge).

2.3. Tabla periódica ...2

Elementos representativos: grupos 1, 2, 13-18

1A 1 H	2A 2 Li Be	3B 3 Na Mg	4B 4 K Ca	5B 5 Sc Ti	6B 6 V Cr	7B 7 Mn Fe	8 8 Co Ni	9 9 Cu Zn	10 10 Pd Ag	11B 11 Au Hg	12B 12 Cd In	13 13 Al Si	14 14 Ge As	15 15 Sb Te	16 16 Se Br	17 17 Cl Kr	18 18 Ar Kr Xe Rn
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

Grupos comunes
 1: m. alcalinos
 2: m. alcalinotérreos
 17: halógenos
 18: gases nobles

período →

grupo ↓

Metals
 Metalloids
 Nonmetals

Metales de transición: grupos 3-12

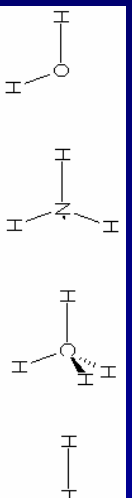
2.4. Moléculas e iones

Sólo los gases nobles existen como átomos en la naturaleza. Comúnmente se encuentran formando compuestos.

- Molécula: combinación de dos o más átomos para formar una especie neutra.
 - Normalmente tienen elementos no metálicos
 - Forman enlaces covalentes fuertes
 - Las fuerzas entre las moléculas son relativamente débiles
- Una sustancia molecular se representa por su fórmula molecular, que indica el número de átomos presentes de cada elemento (H₂O, NH₃, CH₄, H₂).

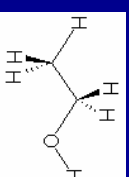
2.4. Moléculas e iones ...2

- La estructura de las moléculas se puede representar por fórmulas estructurales. (Los enlaces covalentes se simbolizan por líneas.)



- En la fórmula molecular o fórmula condensada no hay detalles de la estructura.

Etanol C₂H₆O CH₃CH₂OH



2.4. Moléculas e iones ...3

– Iones

- Cuando una especie neutra gana o pierde electrones se forma una especie cargada, llamada **ion**.
- Los átomos metálicos tienden a ceder sus electrones formando iones positivos o **cationes**.



$$Z=11 \quad Z=11$$

$$N_e=11 \quad N_e=10$$

2.4. Moléculas e iones ...4

- Los átomos no metálicos normalmente forman iones negativos o **aniones** al recibir electrones.



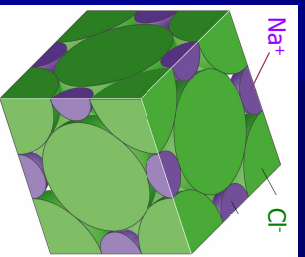
$$Z=17 \quad Z=17$$

$$N_e=17 \quad N_e=18$$

Ejercicio. Obtenga el número de electrones, neutrones y protones de las especies iónicas siguientes: a) ${}_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$ presente en los rubíes y zafiros, b) ${}_{16}^{32}\text{S}^{2-}$ que se encuentra en la pirita.

2.4. Moléculas e iones ...5

- También hay iones **poliatómicos**.
 - Ion hidroxilo OH^-
 - Ion amonio NH_4^+
 - Ion sulfato SO_4^{2-}
- Un **compuesto iónico** es un compuesto neutro formado por iones, como el NaCl que tiene una estructura cristalina.
 - No hay moléculas neutras NaCl en el cristal.
 - El cristal se mantiene unido por fuerzas eléctricas, enlace iónico.
 - Normalmente son sólidos a temperatura ambiente y funden a temperaturas altas, NaCl a 800 °C.



2.4. Moléculas e iones ...6

■ Compuestos en disolución

- Al disolver un compuesto iónico en agua, los iones se separan (solvatación). Los iones conducen la electricidad y se dice que el compuesto es un **electrolito fuerte**.



- Los sólidos moleculares que se disuelven en agua, como la sacarosa, normalmente no conducen la electricidad y se denominan **no electrolitos**.

2.5. Fórmulas de los compuestos iónicos

Para predecir la fórmula de un compuesto iónico es necesario **conocer la carga de los iones**, ya que el compuesto es neutro.

Ejemplo. El compuesto iónico formado por los iones calcio, Ca^{2+} , y los iones cloruro, Cl^- es CaCl_2 .

2.5. Fórmulas de los compuestos iónicos ...2

- Cationes y aniones con estructura de gas noble
 - Los átomos cercanos a un gas noble, en la tabla periódica, forman iones con el mismo número de electrones que dicho gas noble.

2.5. Fórmulas de los compuestos iónicos ...3

1A	1	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1	H		13	14	15	16	17	18
2	Li	Be	5	6	7	8	9	10
3	Na	Mg	11	12	13	14	15	16
4	K	Ca	19	20	21	22	23	24
5	Rb	Sr	27	28	29	30	31	32
6	Cs	Ba	35	36	37	38	39	40
7	Fr	Ra	43	44	45	46	47	48
8			51	52	53	54	55	56
9			59	60	61	62	63	64
10			67	68	69	70	71	72
11			75	76	77	78	79	80
12			83	84	85	86	87	88
13			91	92	93	94	95	96
14			99	100	101	102	103	104
15			107	108	109	110	111	112
16			113	114	115	116		
17								
18								

← pierden ganan →

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Li	Be	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
3	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
4	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
5	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po		
6	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									

Metals
Metalloids
Nonmetals

Grupo	q	
1	-e ⁻	+1 Li ⁺ , Na ⁺
2	-2e ⁻	+2 Mg ²⁺ , Ca ²⁺
16	+2e ⁻	-2 O ²⁻ , S ²⁻
17	+e ⁻	-1 F ⁻ , Cl ⁻
Al	-e ⁻	+3 Al ³⁺

2.5. Fórmulas de los compuestos iónicos ...4

- Cationes de metales de transición
 - Normalmente no forman una estructura de gas noble y tienen más de un catión.
Fe : Fe²⁺, Fe³⁺
- Iones poliatómicos
 - Tienen nombres convencionales y es necesario reconocer su carga.
 - Cationes más comunes: NH₄⁺, Hg₂²⁺, ...
 - Aniones más comunes: OH⁻, NO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, ...

2.6. Nombre de los compuestos

Un compuesto se identifica por su fórmula o por su nombre.

Cloruro de sodio = NaCl

- Nombre de los iones
 - Los **cationes monoatómicos** toman su nombre del elemento.
 - Na⁺ : ion sodio

2.6. Nombre de los compuestos ...2

- Si se forma más de un catión, se adiciona la carga entre paréntesis, en numeral romano.
 - Fe^{2+} : ion hierro (II)
- Los **aniones monoatómicos** usan el nombre del elemento con la terminación –uro, excepto por el ion óxido O^{2-} .
 - H⁻ : ion hidruro
 - S^{2-} : ion sulfuro
 - F⁻ : ion fluoruro
 - Cl⁻ : ion cloruro

2.6. Nombre de los compuestos ...3

- Los **iones poliatómicos** tienen nombres convencionales, excepto por los oxianiones.
 - NH_4^+ : ion amonio
 - Hg_2^{2+} : ion mercurio (I)
 - CO_3^{2-} : ion carbonato
 - CrO_4^{2-} : ion cromato
 - CN^- : ion cianuro
 - OH⁻ : ion hidróxido

2.6. Nombre de los compuestos ...4

- Los **oxianiones** son aniones formados por un átomo de un elemento y uno o más átomos de oxígeno.
 - Cuando hay un solo oxianión, se usa terminación -áto.
 - CO_3^{2-} : ion carbonato
 - Cuando hay dos oxianiones del mismo elemento, se usa la terminación -ato para el que tiene más átomos de oxígeno e -ito para el que tiene menos.
 - NO_3^- : ion nitrato
 - NO_2^- : ion nitrito

2.6. Nombre de los compuestos ...5

- Nombre de los oxianiones ...
 - Cuando se forman más de dos oxianiones, al que tiene el mayor número de átomos de oxígeno se le añaden el prefijo per- y la terminación -ato. En caso de que haya cuatro oxianiones, al de menor número de átomos de oxígeno se le adiciona el prefijo hipo- y la terminación -ito.
 - ClO_4^- : ion perclorato
 - ClO_3^- : ion clorato
 - ClO_2^- : ion clorito
 - ClO^- : ion hipoclorito

2.6. Nombre de los compuestos ...6

- Los **compuestos iónicos** se nombran a partir de los nombres de sus iones, iniciando con el anión seguido del catión
 - $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$: nitrato de cromo (III)

Ejercicio. Nombre los compuestos iónicos siguientes:



2.6. Nombre de los compuestos ...7

- Los **compuestos moleculares binarios** se nombran usando prefijos de número para indicar del número de átomos de cada elemento (di-, tri- tetra-). El átomo que aparece al final en la fórmula de utiliza para iniciar el nombre, con el sufijo -uro (excepto para el oxígeno que lleva la terminación -ido, óxido).



Ejercicio. Nombre los siguientes compuestos moleculares: CO , CO_2 , PCl_5 .

2.6. Nombre de los compuestos ...8

- Muchos compuestos binarios tienen nombres convencionales.

– H ₂ O	agua
– H ₂ O ₂	peróxido de hidrógeno
– NH ₃	amoníaco
– N ₂ H ₄	hidrazina
– CH ₄	metano
– C ₂ H ₂	acetileno
– PH ₃	fosfina
– ...	

2.6. Nombre de los compuestos ...9

- Nombres de algunos **ácidos inorgánicos**
 - Para las moléculas binarias se usa la terminación –hídrico para el elemento que no es hidrógeno.
 - HCl : ácido clorhídrico
 - H₂S : ácido sulfhídrico
 - Los oxiácidos se nombran siguiendo las reglas de los oxianiones, usando los mismos prefijos, pero las terminaciones son –ico, para el mayor número de átomos de oxígeno, y –oso para el menor.
 - HClO₄ : ácido perclórico
 - HClO₃ : ácido clórico
 - HClO₂ : ácido cloroso
 - HClO : ácido hipocloroso