

Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Las propiedades características de los elementos químicos.
- Que, debido a estas propiedades, los elementos se pueden clasificar.
- Cómo se unen los átomos para formar estructuras más complejas (moléculas, cristales ...)
- El nombre y las propiedades de algunos compuestos.

1. Elementos

¿Qué es un elemento?

Metales y no metales

2. Clasificación de los elementos

Breve historia de la clasificación

La tabla de Mendeleiev

La tabla actual

Átomos y moléculas

3. Elementos químicos más representativos.

Los gases nobles. Regla del octeto

Hidrógeno

Alcalinos

Alcalinotérreos

Metales de transición

Térreos

Carbonoideos

Nitrogenoideos

Anfígenos o calcógenos

Halógenos

4. Compuestos

Introducción

Fórmulas empírica y molecular

Compuestos binarios

Compuestos ternarios

5. Enlace químico

Concepto

El enlace iónico

El enlace covalente

El enlace metálico

6. Masas moleculares

Concepto

Composición centesimal

Resumen

Ejercicios para practicar

Autoevaluación: comprueba lo que sabes

Actividades para enviar al tutor

Para saber más

Soluciones:

Actividades

Ejercicios para practicar

Autoevaluación

Antes de empezar



Recuerda

La quincena anterior

Número atómico (Z)

El número de protones que tiene el núcleo de un átomo se denomina número atómico. Este número coincide con el número de electrones de la corteza atómica (si el átomo es neutro, ya que las cargas del protón y del electrón son iguales y de signo contrario). Cada elemento tiene un número atómico diferente.

Número másico (A)

El número de protones y de neutrones del núcleo contienen la mayor parte de la masa del átomo, por eso a la suma de neutrones y de protones en un átomo se la llama número másico y se simboliza con la letra A.

Investiga

Dos compuestos.

Consigue sal común (cloruro sódico) y azúcar (sacarosa) y disuélvelos en agua. Con una pila de 4.5 V. intenta establecer cuál de las dos disoluciones conduce mejor la corriente eléctrica.

Elementos y compuestos

1.Elementos

¿Qué es un elemento?

Según sabemos ya, un elemento es una sustancia pura que ya no se puede separar más en otras más simples por métodos (reacciones) químicos.

Cada elemento químico está constituido por átomos con las mismas propiedades químicas como la reactividad, el potencial de ionización...

Los elementos químicos se identifican mediante nombres dados en la antigüedad, derivados de alguna propiedad de los mismos, del nombre de su descubridor, del lugar de descubrimiento...

En la naturaleza existen 92 elementos que se pueden presentar (a 1 atm de presión y 25 °C) como sólido: hierro, plomo; líquido: bromo, mercurio o gas: cloro, oxígeno...

En los laboratorios se ha conseguido sintetizar algunos elementos como el tecnecio.

Los átomos de un mismo elemento tienen las mismas propiedades químicas.

A1. Abajo tienes algunos de los símbolos de los elementos usados por Dalton. Revisa la teoría atómica de Dalton vista en las quincenas anteriores y haz un resumen de su biografía.

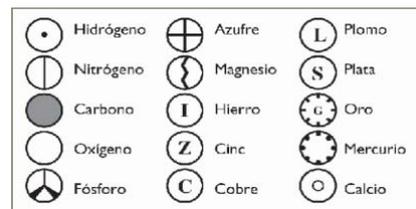


Imagen 1. Símbolos de Dalton.

Metales y no metales

Diferentes elementos químicos tienen distintas propiedades que los caracterizan, pero hay algunas que los hacen semejantes. Estas últimas propiedades permiten que los podamos clasificar en metales y no metales.

Los metales:

- Son sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio).
- Reflejan la luz de una forma característica (brillo metálico).
- Son dúctiles, ya que se pueden estirar en hilos.
- Son maleables, ya que con ellos se puede hacer planchas o láminas fácilmente.

Los no metales:

- No tienen brillo metálico.
- Pueden ser sólidos, líquidos o gases a temperatura ambiente.
- No conducen la electricidad.
- En general son frágiles.

Una primera clasificación de los elementos puede ser dividirlos en metales y no metales.



2. Clasificación de los elementos

Breve historia

Ley de las tríadas

En 1817 Johann Döbereiner observó que el peso atómico del estroncio era aproximadamente la media entre los pesos del calcio y del bario, elementos que poseen propiedades químicas similares.

En 1829, propuso que en la naturaleza existían tríadas de elementos de forma que el central tenía propiedades que eran una media de los otros dos miembros de la tríada.

Triadas de Döbereiner					
Litio	LiCl LiOH	Calcio	CaCl ₂ CaSO ₄	Azufre	H ₂ S SO ₂
Sodio	NaCl NaOH	Estroncio	SrCl ₂ SrSO ₄	Selenio	H ₂ Se SeO ₂
Potasio	KCl KOH	Bario	BaCl ₂ BaSO ₄	Telurio	H ₂ Te TeO ₂

Imagen 2. Ley de las tríadas



Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849), profesor de Química en la universidad de Jena, hizo uno de los primeros intentos de clasificación de los elementos, cuando en 1817 mostró que el estroncio tenía una masa atómica aproximadamente igual a la media aritmética de las masas atómicas del Ca y del Ba, elementos similares a él. Posteriormente mostró la existencia de más grupos como éste, a los que llamó **tríadas**, por ejemplo:

Cl	Br	I	Tríada 1
Ca	Sr	Ba	Tríada 2
S	Se	Te	Tríada 3
Li	Na	K	Tríada 4

Otros químicos de aquella época como: Pettenkofer, Dumas, Lenssen, Gladstone contribuyeron también a buscar relaciones entre diferentes elementos. Odling incluyó más de tres elementos en algún grupo y encontró cierta analogía entre los primeros elementos de cuatro grupos contiguos como C, N, O y F cuya diferencia de pesos atómicos era menor que la que había entre dos elementos del mismo grupo. Incluso Kremers sugirió que algunos elementos podían pertenecer a dos tríadas diferentes perpendiculares una a la otra. Esto fue el inicio de la cuadrícula que posteriormente Newlands, Odling, Meyer y el mismo Mendeleiev utilizaron hasta llegar a la clasificación periódica algunos años más tarde.

A2. Comprueba que la masa atómica del selenio es aproximadamente igual a la media aritmética de las masas del azufre y del telurio.

Elementos y compuestos

Ley de las Octavas

En 1864, John Newlands publicó su versión de la tabla periódica clasificando los 56 elementos y estableciendo 11 grupos basados en propiedades físicas similares. Vio que entre los elementos con propiedades similares existían diferencias en la masa atómica relacionadas con múltiplos de ocho. En definitiva su ley establecía que un elemento dado presentaría unas propiedades análogas al octavo elemento siguiendo la tabla.

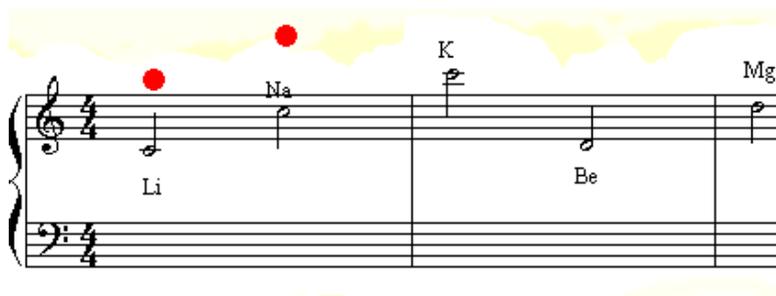


Imagen 4. Octavas de Newlands

Antes del descubrimiento de la tabla periódica actual se hizo muchos intentos de clasificación de los elementos.

La tabla de Mendeleiev

Esta tabla consiste, en síntesis, en disponer los elementos químicos en un cuadro en orden creciente de sus masas atómicas notándose una analogía en sus propiedades cada cierto número de elementos (por eso se denomina tabla periódica).

Mendeleiev demostró que los elementos con propiedades químicas semejantes aparecían periódicamente, dando lugar a ocho grupos. En algunos lugares faltaba un elemento, pero Mendeleiev no dudó en predecir su existencia y su comportamiento químico, lo que posteriormente se confirmó.

Mendeleiev ordenó su tabla en **orden creciente de las masas atómicas** de los elementos.

John A. R. Newlands publicó en 1864 una clasificación según un



orden creciente de la masa atómica y en grupos de siete elementos, de manera que cada uno tenía

propiedades similares al octavo elemento posterior. Las series eran:

Newlands llamó a estas series **ley de las octavas** porque simulaba la escala musical. No obstante la siguiente serie comenzaba con tres elementos (Cl, K y Ca) pero después había 12 más hasta llegar al más parecido que era el Br. Parecía una arbitrariedad la periodicidad de ocho elementos, incluso le sugirieron que tal vez encontraría una periodicidad similar colocando los elementos por orden alfabético. Su propuesta fue rechazada por la Sociedad Química de Londres.

Dimitri Mendeleiev (1834 - 1907). Químico ruso, padre de la



tabla periódica de los elementos. Era el menor de 17 hermanos. Desde joven se destacó en Ciencias en la escuela, no así en ortografía. Un

cuñado suyo exiliado por motivos políticos y un químico de la fábrica le inculcaron el amor por las ciencias.

Su padre murió y se quemó la fábrica de cristal que dirigía su madre. En esa época la mayoría de los hermanos, excepto una hermana, se habían independizado, y la madre se los llevó a Moscú para que Dmitri ingresase en la universidad, pero no fue admitido. Se graduó en 1855 como el primero de su clase. Presentó la tesis **Sobre la estructura de las combinaciones silíceas** para alcanzar la plaza de cátedra de química en la Universidad de San Petersburgo. A los 23 años era ya encargado

Handwritten manuscript of the periodic table by Dmitri Mendeleev. The table is arranged in rows and columns, with elements labeled by their symbols and atomic weights. The handwriting is in Russian. To the left of the table, there is a vertical note: "Менделѣевъ" (Mendeleev) and "въ 1869 г." (in 1869). Above the table, there are several lines of text, including "Периодическая система элементовъ" (Periodic system of elements) and "Д. Менделѣевъ" (D. Mendeleev).

Imagen 5. Tabla de Mendeleiev manuscrita

La tabla periódica actual

Aunque está basada en la propuesta por D. Mendeleiev en 1869, el criterio de ordenación (debido entre otros a los estudios de Henry Moseley) es otro. En ella, los elementos se encuentran ordenados, de izquierda a derecha, por valores crecientes de sus números atómicos (Z). Además de esto, los elementos aparecen distribuidos en filas y columnas.

Existen 7 filas horizontales que se denominan **períodos** y 18 columnas verticales que se denominan **grupos**.

Los elementos también se clasifican en: metales, no metales y semimetales de acuerdo con sus propiedades para ganar o perder electrones.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uur	Uuu	Uuq						
	Lantánidos		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	Actínidos		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Metales
No metales
Semimetales

Imagen 6. Tabla actual

de un curso de dicha universidad.

Más tarde se trasladó a Alemania, donde conoció a los químicos más destacados de la época. A su regreso a Rusia fue nombrado profesor del Instituto Tecnológico de San Petersburgo (1864) y profesor de la universidad (1867), cargo que se vería forzado a abandonar en 1890 por motivos políticos, si bien se le concedió la dirección de la Oficina de Pesos y Medidas (1893).

Su principal logro investigador fue el establecimiento del llamado sistema periódico de los elementos químicos, o tabla periódica, gracias al cual culminó una clasificación definitiva de los citados elementos (1869) y abrió el paso a los grandes avances experimentados por la Química en el siglo XX.

Henry Gwyn Jeffreys Moseley (23



de noviembre de 1887 – 10 de agosto de 1915) fue un químico y físico inglés. Su principal contribución a la ciencia, fue la justificación cuantitativa del concepto de número atómico en la Ley de Moseley, en química avanzada proporcionó un apoyo fundamental al modelo de Bohr mencionando que los núcleos atómicos contienen cargas positivas iguales a su número atómico. Estudió los espectros de rayos X o Roentgen de cincuenta elementos y en 1912 descubrió su ley de los números atómicos, según la cual la raíz cuadrada de la frecuencia de los rayos X producidos cuando un elemento se bombardea con rayos catódicos es proporcional al número atómico del elemento. Como los experimentos de Moseley demostraron que los elementos producían rayos X de longitud de onda tanto más corta cuanto mayor era su peso atómico, pudo construirse una nueva tabla periódica de los noventa y dos elementos, ordenados de acuerdo con la longitud de onda de los rayos X correspondiente a cada uno de

Elementos y compuestos

Átomos, moléculas, iones y cristales

Según las teorías atomistas a la partícula que ya no se puede seguir dividiendo la denominamos átomo.

Un átomo que adquiere o que pierde electrones queda cargado y recibe el nombre de ión.

Los átomos pueden unirse formando cristales o, también, moléculas.

Una molécula está constituida por la unión de dos o más átomos del mismo elemento o de elementos distintos.

Un cristal es una estructura ordenada de átomos, moléculas o iones. Recuerda que los verdaderos sólidos son todos cristales.

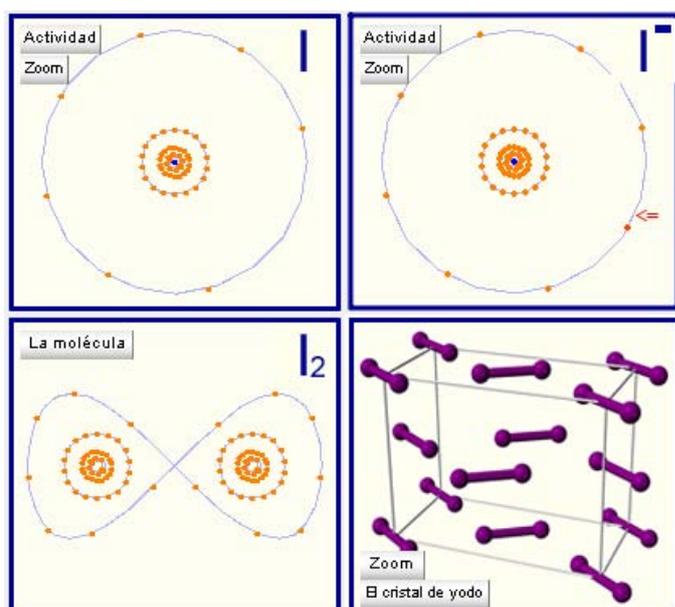


Imagen 7. Átomos, iones, moléculas y cristales

ellos. Esta tabla demuestra, a diferencia de la propuesta cuarenta años antes por Mendeléiev, que las propiedades químicas de los elementos son una función periódica de sus números atómicos. Moseley murió mientras prestaba sus servicios como oficial de transmisiones en el ejército inglés, durante la campaña de los Dardanelos de la I Guerra Mundial.

A3. Consulta en una enciclopedia los principales datos: nombre, número atómico, masa atómica, año de descubrimiento y descubridor de los primeros 10 elementos.

A4. Aquí tienes el modelo de Bohr (imagen 7a) para el átomo de yodo. Las órbitas están a escala. ¿Cuántos electrones ves en la última órbita?

A5. Aquí tienes el modelo de Bohr (imagen 7b) para el ión del yodo (ión yoduro). Las órbitas están a escala. ¿Cuántos electrones ves en la última órbita?

En la imagen 7c hay representada una molécula que es el resultado de la unión entre dos o más átomos. En la figura tenéis una representación de una molécula de yodo. Más adelante, en el apartado del enlace, estudiarás cómo se unen los átomos.

En la imagen 7d tenéis el yodo en estado sólido, sus moléculas se ordenan en un cristal.

3. Elementos químicos más representativos.

Los gases nobles y la regla del octeto.

El helio, el neón, el argón y kriptón son los primeros elementos de esta familia. Sus moléculas son monoatómicas, es decir, están constituidas por un único átomo.

No reaccionan con los otros elementos, por eso se les denomina también gases inertes.

El helio, después del hidrógeno, es el elemento más abundante de las estrellas producido por la fusión del hidrógeno.

Todos los gases nobles tienen ocho electrones en su último nivel (excepto el Helio que tiene dos).

Los gases nobles no reaccionan con los otros elementos, por eso se les denomina también gases inertes.

Regla del octeto. La elevada estabilidad de los gases nobles se atribuye a la configuración electrónica del último nivel. En un átomo de gas noble hay 8 electrones en su último nivel. Cualquier átomo que adquiera 8 electrones en su último nivel, aumentará su estabilidad.

El helio. Tiene el menor punto de ebullición de todos los elementos. En la atmósfera se encuentra en pequeñas cantidades. Se emplea en el llenado de globos y dirigibles.

El neón. Es usado en carteles luminosos debido a su luz rosa

El argón. Es incoloro inodoro e insípido. En condiciones normales es un gas, pero puede licuarse y solidificarse. Se usa en lámparas eléctricas y tubos fluorescentes.

El kriptón. Se usa en solitario o mezclado con neón y argón en lámparas fluorescentes; en sistemas de iluminación de aeropuertos, ya que el alcance de su luz roja es mayor que la ordinaria.

El hidrógeno

Es el elemento más abundante del Universo. Constituye la parte principal de las estrellas y del Sol (que es otra estrella), donde se produce la llamada fusión nuclear que es la responsable de la energía emitida por las estrellas. En la Tierra es el tercer elemento en importancia y se encuentra combinado con otros elementos como el oxígeno (formando el agua) y al carbono (como hidrocarburos). En estado libre se encuentra en baja proporción en la atmósfera y en forma de molécula diatómica.

El hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo.

A6. El neón tiene en su núcleo 10 neutrones y 10 protones. ¿Cuál será su número másico? ¿Qué número atómico tendrá? El átomo neutro, ¿cuántos electrones tiene en su último nivel?

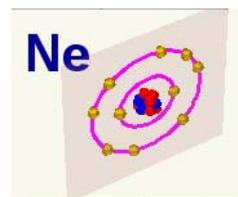


Imagen 8. Configuración de gas noble



Imagen 9. Luz de Neón



Imagen 10. Globos de helio

A7. El hidrógeno sólo tiene en su núcleo un protón. ¿Cuál será su número másico? ¿Qué número atómico tendrá? El átomo neutro, ¿cuántos electrones tendrá?

Elementos y compuestos

Los alcalinos

Esta familia incluye los elementos litio (Li), sodio (Na), potasio (K), rubidio (Rb), cesio (Cs) y francio (Fr). Son todos metales sólidos a temperatura ambiente, blandos y forman iones con una carga positiva.

Reaccionan fácilmente con los otros elementos, por eso no se encuentran libres en la naturaleza.

Se oxidan cuando son expuestos al aire y reaccionan violentamente con el agua para formar el correspondiente hidróxido e hidrógeno gaseoso.



Imagen 11. Reacción del sodio con el agua

Los metales alcalinos son los metales más reactivos de la tabla periódica .

Los alcalinotérreos

A este grupo pertenecen los elementos berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca) y bario (Ba). Son todos metales (como los alcalinos) y forman iones con dos cargas positivas.

Se oxidan fácilmente en contacto con el aire y reaccionan con el agua para formar el correspondiente hidróxido e hidrógeno gaseoso.

Los metales alcalinotérreos adquieren configuración de gas noble al perder dos electrones.

A8. En la violenta reacción del sodio con el agua (imagen11). ¿Qué sustancias nuevas se producen?

A9. Recuerda algunas propiedades de los elementos estudiados anteriormente. ¿Por qué crees que hay una explosión en esta reacción?

A10. En el agua de la reacción antes citada hay fenolftaleína, que es capaz de modificar su color cuando en la disolución hay alguna sustancia de carácter básico como los óxidos metálicos o los hidróxidos. ¿Por qué crees que se modifica el color del agua a rosa en el transcurso de la reacción?



Imagen 12. Reacción del magnesio con el oxígeno

A11. Observa la reacción del magnesio con el oxígeno del aire (Imagen 12). ¿Qué sustancia nueva se produce? ¿Entiendes ahora por qué se usó esta reacción para producir luz de flash en fotografía?

Los metales de transición

A estos periodos pertenecen los elementos cromo (Cr), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), plata (Ag), cadmio (Cd), platino (Pt), oro (Au), mercurio (Hg), wolframio (o tungsteno) (W), titanio (Ti)...

Excepto el mercurio, todos son sólidos a temperatura ambiente. En la naturaleza se encuentran combinados con otros elementos, aunque el oro, el cobre y la plata (los metales acuñables) se pueden encontrar libres. Conducen la corriente eléctrica y el calor fácilmente. Forman iones positivos.

Los metales de transición forman iones positivos de diferentes cargas.

Los térreos

A este grupo pertenecen los elementos boro (B), el aluminio (Al), el indio (In) y el talio (Tl).

Constituyen más del 7% en peso de la corteza terrestre, sobre todo el aluminio (metal más abundante y tercer elemento más abundante de la corteza después del oxígeno y del silicio). El indio y el talio son muy raros. A temperatura ambiente son sólidos.

Son bastante reactivos, por eso en la naturaleza no se encuentran en estado libre y forman iones con tres cargas positivas. La mayoría de sus minerales son óxidos e hidróxidos y, en el caso del galio, del indio y del talio, se encuentran asociados con minerales de plomo y de cinc.

Los iones de los térreos tienen comúnmente tres cargas positivas.

Carbonoideos

A este grupo pertenecen los elementos carbono (C), silicio (Si), estaño (Sn) y plomo (Pb).

Todos son sólidos cuando no están combinados.

El carbono se encuentra libre en la naturaleza en dos formas alotrópicas: el diamante y el grafito. Combinado con otros elementos, forma los llamados hidrocarburos y los compuestos característicos de la vida: azúcares, proteínas, grasas...

El silicio se encuentra normalmente en forma de óxido: el cuarzo y la sílice.

El estaño y el plomo son dos metales y están combinados en la naturaleza.

El carbono puede formar muchísimos compuestos y es la base de las moléculas relacionadas con la vida.

A12. Busca en una enciclopedia el significado de la palabra alotropía.



Imagen 13. Lámina de aluminio

A13. Observa el modelo atómico de Rutherford del carbono, que tiene en su núcleo seis neutrones y seis protones. ¿Cuál será su número másico? ¿Qué número atómico tendrá? El átomo neutro, ¿cuántos electrones tendrá? ¿Cuántos electrones necesita para adquirir configuración de gas noble?

Elementos y compuestos

Nitrogenoideos

Entre estos elementos se encuentran el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el arsénico (As).

El nitrógeno se encuentra en estado natural en estado libre (N_2) constituyendo el 78% de las moléculas de la atmósfera y combinado con otros elementos formando muchos compuestos (como nitratos y nitritos). Cuando se encuentra en estado libre es muy poco reactivo.

El fósforo es un sólido que se presenta principalmente en dos formas alotrópicas: fósforo rojo y fósforo blanco, normalmente se encuentra combinado formando las sales denominadas fosfatos.

Tanto el nitrógeno como el fósforo o el arsénico forman iones con tres cargas negativas.

El arsénico fue usado durante mucho tiempo como veneno para controlar plagas. Hoy en día se utiliza en la fabricación de semiconductores en combinación con el silicio y el galio.

El antimonio se usa en la industria de semiconductores y para aumentar la dureza en algunas aleaciones.

El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmósfera.

Anfígenos o calcógenos

El oxígeno (O) y el azufre (S) son los elementos más importantes de este grupo.

El oxígeno se encuentra en la naturaleza en estado libre (O_2) constituyendo el 20% de las moléculas de la atmósfera y combinado como óxidos, ácidos o sales.

El azufre es un sólido amarillo que se puede encontrar libre o combinado formando sulfatos, sulfitos y sulfuros.

El selenio es un sólido gris. Puede convertir la luz en electricidad (efecto fotoeléctrico). Se usa en xerografía y fotografía para potenciar los tonos.

El telurio se obtiene del mineral calaverita combinado con el oro.

El oxígeno es el elemento más abundante de la corteza Terrestre.

A14. El nitrógeno, que tiene en su núcleo siete neutrones y siete protones.

¿Cuál será su número másico? ¿Qué número atómico tendrá? El átomo neutro, ¿cuántos electrones tendrá? ¿Cuántos electrones necesita para adquirir configuración de gas noble?



Imagen 14. Arriba izquierda, moléculas de nitrógeno y, en orden: fósforos, arsénico y antimonio.

A15. ¿Cuántos átomos hay en cada una de las moléculas de oxígeno?

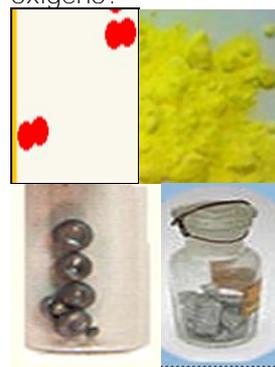


Imagen 15. Arriba izquierda, moléculas de oxígeno y, en orden: azufre, selenio y telurio.

Halógenos

El flúor, el cloro, bromo y yodo forman parte de este grupo. En la naturaleza están siempre combinados. En estado libre sus moléculas tienen dos átomos: F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 .

El elemento flúor es un gas de color amarillo, mientras que el cloro es de color verde, el bromo pardo rojizo y el yodo marrón con brillo.

Todos ellos forman iones con una carga negativa. Con el hidrógeno forman los correspondientes haluros con propiedades ácidas.



A temperatura ambiente, el flúor y el cloro son gases, el bromo es un líquido y el yodo un sólido volátil.

A16. ¿Conoces alguna aplicación más del cloro?

A17. En gas flúor (y también en el cloro). ¿Cuántos átomos hay en cada una de las moléculas?

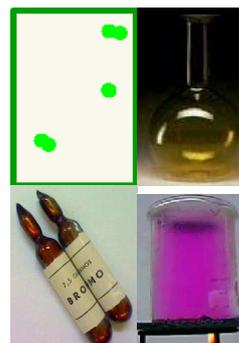


Imagen 16. Arriba izquierda, moléculas de flúor y, en orden: cloro, bromo y yodo.

4. Compuestos

¿Qué es un compuesto?

Según sabemos, un compuesto es una sustancia pura que aún se puede separar en otras más simples por métodos (reacciones) químicos.

Por ejemplo, el agua es una sustancia pura, pero si la sometemos a electrolisis (proceso químico) la podemos separar en sus elementos constituyentes: el oxígeno y el hidrógeno.

Tanto en los elementos como en los compuestos los átomos se unen entre sí mediante enlaces químicos.



En un compuesto hay átomos de diferentes elementos unidos mediante fuerzas que denominamos enlaces químicos.

A18. En la imagen 17 podéis ver el resultado de la electrolisis del agua (recuerda que las moléculas están muy ampliadas). ¿Podemos afirmar que el agua es un elemento?

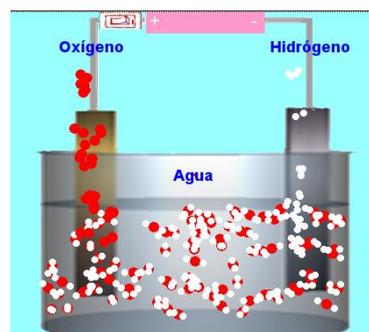


Imagen 17. Electrolisis del agua.

Fórmulas empírica y molecular

La **fórmula molecular** es la fórmula química que indica el número y tipo de átomos distintos presentes en la molécula. La fórmula molecular es la cantidad real de átomos que conforman una molécula. Sólo tiene sentido hablar de fórmula molecular si el elemento o el compuesto están formados por moléculas; en el caso de que se trate de

Elementos y compuestos

crisales, se habla de su fórmula empírica.

La **fórmula empírica** nos muestra la proporción entre los átomos de un compuesto químico. A veces puede coincidir con la **fórmula molecular** del compuesto. La fórmula empírica se puede usar tanto en compuestos formados por moléculas como en los que forman cristales y macromoléculas.



**La fórmula empírica nos informa únicamente de la proporción de átomos en un compuesto.
La fórmula molecular nos informa de los átomos que hay en una molécula.**

Nombre	Unidad básica	Fórmula molecular	Fórmula empírica
Cloruro sódico (Cristal iónico)		No hay	NaCl
Óxido de silicio (Cristal covalente)		No hay	SiO ₂
Butano (Compuesto molecular)		C ₄ H ₁₀	C ₂ H ₅

Compuestos binarios

Son los formados por dos elementos diferentes
Los más importantes son:

Óxidos. Son combinaciones del oxígeno con otro elemento, metálico o no metálico.

Imagen 18. De izquierda a derecha, tres óxidos: agua, cuarzo y herrumbre



Imagen 19. De izquierda a derecha, dos hidruros: hidruro metálico y cloruro de hidrógeno.

Hidruros. Son combinaciones entre el hidrógeno y otro

elemento, metálico o no metálico.

Sales binarias. Son combinaciones entre un metal y un no metal.



Imagen 20. De izquierda a derecha, dos sales binarias: cloruro de sodio y fluoruro de calcio.

Los compuestos binarios están constituidos por la combinación de dos elementos.

Compuestos ternarios

Son los formados por tres elementos diferentes
Los más importantes son:

Hidróxidos. Son combinaciones de un metal con grupos hidroxilo (OH⁻). Tienen propiedades antagónicas a los ácidos. Los hidróxidos son compuestos iónicos y tienen propiedades antagónicas a las de los ácidos (propiedades básicas).

Ácidos oxoácidos. Son combinaciones entre un no metal con oxígeno e hidrógeno. Los oxoácidos son compuestos covalentes que se disuelven muy bien en agua. Sus propiedades son ácidas.

Sales oxisales. Son combinaciones entre un metal, un no metal y oxígeno. Las oxisales son compuestos que tienen combinados oxígeno, hidrógeno y un metal. Son compuestos iónicos, donde hay un grupo formado por el oxígeno y el no metal cargado negativamente (anión) y el metal desprovisto de uno o más electrones del último nivel (catión).



Hidróxido de sodio



Ácido sulfúrico



Sulfato de calcio

Imagen 21. De arriba abajo: un hidróxido, un oxoácido y una oxosal.

5. Enlace químico

Concepto

Los átomos pueden unirse entre sí formando lo que se llama un enlace químico. Un enlace químico no es más que la fuerza (de naturaleza electromagnética) que mantiene unidos los átomos.

La razón de que los átomos se unan tenemos que buscarla en la mayor estabilidad energética que adquiere el sistema de átomos al unirse: cuanto menor es el contenido en energía de un sistema, mayor estabilidad tiene.

No todos los átomos tienden a unirse, los gases nobles están constituidos por átomos individuales.

A19. En la imagen 22 tienes representados dos átomos de flúor (según el modelo de Bohr). Con el ratón coge el segundo átomo y acércalo hacia el de la izquierda. ¿Qué ocurre con la energía potencial del sistema (de los dos átomos)?

Elementos y compuestos

La estabilidad energética de los átomos de los gases nobles se atribuye a su estructura electrónica (todos tienen 8 electrones en su último nivel), por ello se usa la regla del octeto para predecir si dos o más átomos formarán un enlace o no.

A20. ¿Qué ocurre si seguimos intentando acercar los átomos más allá de su mínimo de energía potencial?

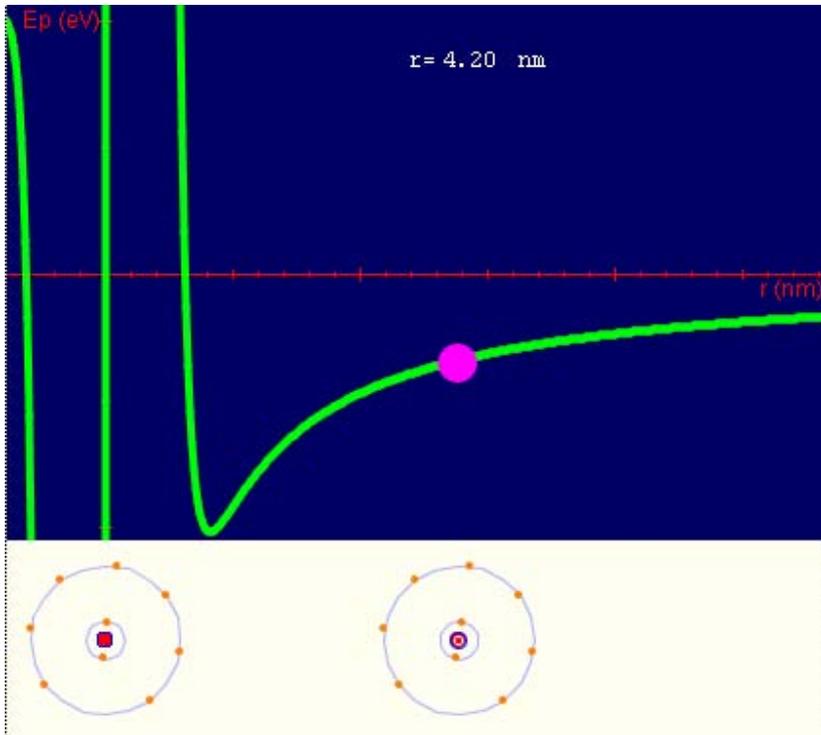


Imagen 22. Variación de la energía potencial entre dos átomos de flúor en función de su separación.

Los enlaces químicos **son fuerzas electromagnéticas** entre los átomos que constituyen un elemento o un compuesto.

Enlace iónico

Este enlace se produce cuando los átomos de los elementos metálicos (los situados más a la izquierda en la tabla periódica, períodos 1, 2 y 3), se encuentran con átomos no metálicos (los situados a la derecha en la tabla periódica, períodos 16 y 17).

En este caso los átomos del metal ceden electrones a los átomos del no metal, transformándose en iones positivos (cationes) y negativos (aniones), respectivamente. Al formarse iones de carga opuesta éstos se atraen por fuerzas eléctricas intensas, quedando fuertemente unidos y dando lugar a un compuesto iónico. A estas fuerzas eléctricas las llamamos enlaces iónicos.

En el enlace iónico, los cationes y aniones de atraen debido a su carga eléctrica.

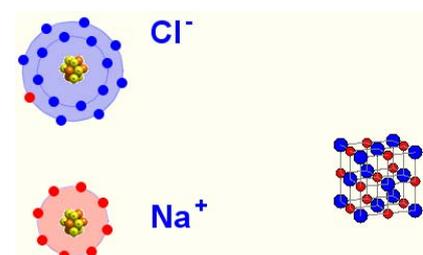


Imagen 23. Formación del enlace iónico y cristal iónico.

Enlace covalente

Este enlace se produce entre los átomos de los elementos no metálicos (los situados más a la derecha en la tabla periódica, períodos 14, 15, 16 y 17).

En este caso la tendencia a captar electrones es semejante entre los átomos. Los electrones se compartirán entre los átomos para quedar rodeados por 8 electrones (regla del octeto).

Hay dos tipos de sustancias a que da lugar este enlace: sustancias moleculares (formadas por moléculas) como el oxígeno y cristales covalentes como el diamante (donde todos los átomos se encuentran unidos en una red tridimensional).

En el enlace covalente se comparten los electrones entre los átomos unidos.

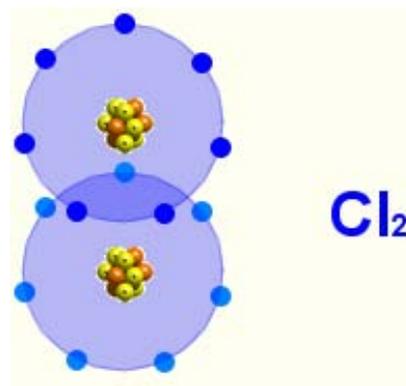


Imagen 24. Formación del enlace covalente.

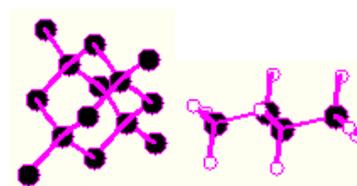


Imagen 25. Dos tipos de sustancias con enlaces covalentes: cristal covalente y cristal molecular, respectivamente

Enlace metálico

Este enlace se produce entre los átomos de los elementos metálicos (los situados en la parte izquierda de la tabla periódica).

En este caso la tendencia a ceder electrones es semejante entre los átomos. Los electrones del último nivel (llamados electrones de valencia) se compartirán entre todos los átomos constituyendo lo que se llama nube o mar de electrones. Debido a esto, los metales son buenos conductores de la electricidad.

Los restos iónicos (con carga positiva) se ordenan en una red tridimensional formando un cristal metálico.

En el enlace metálico, todos los átomos comparten sus últimos electrones y los restos atómicos se disponen en una red cristalina.

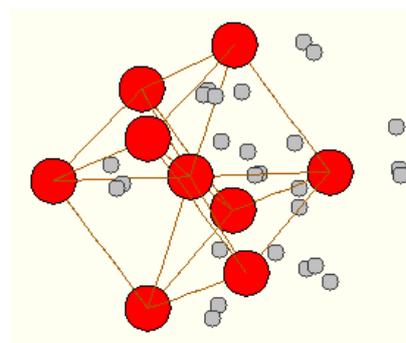


Imagen 26. En el enlace metálico, los electrones del último nivel están deslocalizados por todo el cristal.

Elementos y compuestos

5. Masas moleculares

Concepto

De la misma forma que estudiaste en quincenas anteriores el concepto de masa atómica (que representábamos por A_r), podemos decir que la masa molecular es la que corresponde a la masa de una molécula.

Lógicamente, la masa de una molécula es pequeñísima, por eso se prefiere usar unidades de masa atómica en lugar del gramo o del kilogramo. Cuando medimos la masa de una molécula en unidades de masa atómica, la simbolizamos como M_r (masa molecular relativa).

Para determinar la masa molecular sumaremos las masas de todos los átomos que constituyen la molécula.

La masa molecular es la masa que tiene una molécula.

Composición centesimal

La composición centesimal de un compuesto es el tanto por ciento en masa de cada uno de los elementos que lo componen.

En el caso de que el compuesto esté constituido por moléculas, para calcular el tanto por ciento en masa de cada elemento dividiremos la masa de cada tipo de átomos que componen la molécula por la masa molecular y multiplicaremos por cien.

Si el compuesto no está formado por moléculas (si es un cristal...), el porcentaje lo obtendremos a partir de su fórmula empírica de la misma forma que lo indicado en el párrafo anterior.

A21. La molécula de ácido sulfúrico tienen 4 átomos de oxígeno, 2 átomos de hidrógeno y 1 átomo de azufre. La masa molecular de este ácido, ¿a qué equivale? Toma los datos de una tabla periódica.

Composición centesimal

$$\%S = \frac{1 \cdot 32}{98} \cdot 100 = 32.65 \%$$

$$\%O = \frac{4 \cdot 16}{98} \cdot 100 = 65.31 \%$$

$$\%H = \frac{2 \cdot 1}{98} \cdot 100 = 2.04 \%$$

Imagen 27. Cálculo de la composición centesimal para el ácido sulfúrico.



Resumen

Clasificación de los elementos

- * En una primera clasificación los podemos dividir en metales y no metales.
- * Mendeleiev los clasificó en una tabla en orden creciente de sus masas atómicas, observando regularidades en sus propiedades cada cierto número de elementos.
- * Hoy en día se clasifican en una tabla en orden creciente de sus números atómicos.
- * A la filas horizontales de la Tabla Periódica se las denomina períodos y a las verticales grupos o familias.

Compuestos

- * Son sustancias puras que aún pueden separarse en otras (elementos) por procesos químicos.
- **Binarios**, son compuestos constituidos por la combinación de dos elementos. Los más importantes son los óxidos de los metales y de los no metales; los hidruros de los metales y de los no metales y las sales binarias (combinación entre un metal y un no metal).
- **Terciarios**, son compuestos formados por la unión de tres elementos. Los más importantes son: los hidróxidos (hidrógeno, oxígeno y metal), los oxoácidos (hidrógeno, oxígeno y no metal) y las oxosales neutras (metal, no metal y oxígeno).

Composición centesimal

- * Es el porcentaje en masa con que cada elemento entra a formar parte de un compuesto.

Masa molecular

- * Es la masa de una molécula. Se obtiene sumando todas las masas de los átomos que la constituyen.

Fórmulas químicas:

- * **La fórmula empírica** únicamente nos informa de la proporción de átomos que los diferentes elementos aportan al compuesto.
- * **La fórmula molecular** sólo tiene sentido si el compuesto está formado por moléculas y nos da más información que la molecular ya que nos indica cuantos átomos de cada elemento hay en la molécula.

Enlace químico

- * Es la unión de dos o más átomos. El enlace se produce para que los átomos adquieran una situación energética más estable (regla del octeto).
- **Enlace metálico.** En él los electrones del último nivel se comparten entre todo el cristal.
- **Enlace covalente.** En él los átomos comparten electrones para adquirir la configuración de gas noble (regla del octeto)
- **Enlace iónico.** En él el átomo metálico cede electrones al no metálico y ambos adquieren configuración de gas noble (regla del octeto).

Elementos y compuestos



Para practicar

Rellena con las palabras adecuadas

La tabla de Mendeleiev

A lo largo del siglo XIX con objeto de presentar de modo racional los conocimientos de la Química, se creyó que podría ser muy útil los elementos de algún modo que reflejase las relaciones existentes entre ellos. Tras varios intentos, en 1869, el químico ruso D. presentó una tabla en la que aparecían los distribuidos en y columnas, agrupados ordenadamente en diversas familias, siguiendo un orden creciente de .

En la actualidad se ordenan los elementos por orden creciente de atómico. Dicha tabla es una expresión de las relaciones que existen entre los químicos. Por eso, favorece su estudio y nos permite deducir muchas de sus con sólo saber su situación en ella.

Las 7 filas horizontales reciben el nombre de y las 18 filas verticales o columnas se llaman . Algunos de estos tienen nombres especiales; así ocurre con el 16, los (O,S,Se,Te); el 17, los (F,Cl,Br,I), o el 18, los gases (He,Ne, Ar,...).

Responde:

La tabla periódica

1. Los elementos en la tabla periódica se ordenan en familias o grupos debido a

- Su estado de agregación
- Su orden alfabético
- Su color
- Su reactividad semejante

2. ¿Qué científicos contribuyeron a la clasificación de los elementos?

- Döbereiner
- Kelvin

Elementos y compuestos

- Faraday
 Moseley
3. Indica cuales de estos elementos son metales:
- Titanio
 Oxígeno
 Cobalto
 Paladio
 Cinc
 Nitrógeno
 Azufre
4. Indica qué elementos son líquidos a presión y temperatura ambiente:
- Hidrógeno
 Mercurio
 Cloro
 Bromo
 Oxígeno
5. ¿Cuál es la configuración que confiere más estabilidad energética al átomo?
- Tener 6 electrones en el último nivel
 Tener 8 electrones en el último nivel
 Tener 7 electrones en el último nivel
6. ¿Cuáles de estos elementos formarán un enlace iónico con el sodio?
- Calcio
 Bromo
 Cloro
 Azufre
 Cobre
 Selenio
7. ¿Qué elementos no metálicos son sólidos a temperatura y presión habituales?
- Yodo
 Azufre
 Bromo
 Fósforo

Elementos y compuestos

8. ¿Cuáles de estos elementos son metales de transición?

- Cobre
- Azufre
- Níquel
- Hierro
- Magnesio
- Cobalto

9. ¿Cuáles son los tres elementos que pertenecen al grupo 1?

- Rubidio
- Cobalto
- Hierro
- Sodio
- Calcio
- Cesio

10. Señala los elementos que son gaseosos a temperatura y presión habituales.

- Bromo
- Cloro
- Fósforo
- Oxígeno
- Selenio
- Azufre
- Hidrógeno

Responde:

Compuestos

1. Es una sustancia formada por la unión de dos o más elementos en una razón fija y tiene una fórmula química.

2. Cuando dos elementos forman un enlace iónico, a temperatura y presión habituales:

Forman cristales

Forman sólidos amorfos

Forman moléculas

3. En el sulfuro de cinc (ZnS). El catión es:

1. ? Zn^{2+}
2. ? S^{2-}

4. Los compuestos tienen propiedades físicas y químicas diferentes a las de sus elementos constituyentes. Éste es uno de los criterios principales para distinguir un compuesto de una

5. Un catión es:

- Un átomo con carga negativa
- Un átomo con carga positiva
- Un átomo con menos electrones que en su estado neutro.
- Una molécula sin carga

6. La fórmula que indica el tipo y número de átomos que constituyen una molécula se llama fórmula...

7. El agua es un compuesto formado por hidrógeno y _____ en la razón de 2 a 1 (en número de átomos).

8. Indica qué afirmaciones son verdaderas

- Los compuestos tienen propiedades físicas constantes.
- Un compuesto tiene una composición fija.
- Una mezcla tiene una composición variable.
- Las mezclas tienen propiedades físicas constantes

9. Los químicos describen los compuestos usando los símbolos químicos de los elementos que los constituyen. Cuando en esta descripción únicamente se indica la proporción de átomos de los diferentes elementos que lo constituyen, la fórmula se llama fórmula...

10. Los elementos de un compuesto no se pueden separar por procesos físicos (decantación, filtración, destilación, etc.), sino sólo mediante procesos que llamamos:

Elementos y compuestos

Resuelve:

1. **Un compuesto orgánico tiene la siguiente fórmula molecular: $C_{18}H_{18}O_{18}$. Calcula la masa de las moléculas de esta sustancia.**
2. **Un compuesto orgánico tiene la siguiente fórmula molecular: $C_{18}H_{18}O_{18}$. Calcula su composición centesimal.**



Para saber más

Descubriendo elementos y compuestos: Scheele

Carl Wilhelm Scheele, (1742-1786).

Nació en Stralsund (Suecia) el día 9 de diciembre de 1742. A los catorce años Scheele era aprendiz de farmacia en Gotenburgo y más tarde en Malmö donde comenzó a dirigir experimentos químicos. Cuando trabajaba en una farmacia en Uppsala en 1770 fue presentado al principal farmacéutico sueco de aquel tiempo T.O. Bergman. Scheele, siguió los consejos de Bergman pero nunca estudió química de una manera formal, pero fue el mayor descubridor de compuestos y de elementos hasta aquella fecha. Descubrió elementos como el cloro y el molibdeno y compuestos sencillos: de cloro, flúor, manganeso, bario y oxígeno.

Se dice que el descubrimiento del oxígeno por Schele tuvo lugar en 1771, antes que el de Priestley o el de Lavoisier. Scheele publicó sus estudios mayoritariamente en el "proceedings" de la Academia Real de Ciencias en Estocolmo que llamó al autodidacta para hacerlo miembro de pleno derecho en la institución.

Debido a los descubrimientos significativos en química inorgánica, se olvidan los descubrimientos en química orgánica de Scheele. Fue el primero en separar y caracterizar ácidos orgánicos como el tartárico, el cítrico, el benzoico, el málico y el oxálico. A partir de 1775 Scheele trabajó como farmacéutico en la pequeña ciudad de Köping donde murió a la temprana edad de 43 años. Se piensa que su muerte pudo haber sido causada por la exposición prolongada a sustancias altamente tóxicas como el ácido arsénico y el cianuro de hidrógeno que también pertenecen al grupo de compuestos preparados por primera vez por Scheele. Murió el 21 mayo de 1786.



Carl Wilhelm Scheele

¿Cuántas moléculas orgánicas hay?

El carbono forma multitud de compuestos diferentes combinado con el hidrógeno y otros elementos, estos compuestos son llamados habitualmente orgánicos. Es difícil concretar cuántas moléculas orgánicas existen, pero sabemos que la base de datos de Beilstein contiene una amplia colección de compuestos orgánicos. Un estudio informático que implicó a 5.9 millones de sustancias y 6,5 millones de reacciones, demostró que el universo de compuestos orgánicos consiste en unas 200000 moléculas muy relacionadas entre sí con 3.6 millones de moléculas derivadas de éstas. Además habría un grupo de 1.2 millones de moléculas menos relacionadas con las anteriores. En total, más de 9 millones de compuestos orgánicos diferentes.

Soluciones a las actividades propuestas

A1. Solución: Nació en 1766 en el seno de una familia pobre de tejedores devotos. Con 12 años, en 1778, comenzó a impartir enseñanza elemental en Cumberland, 7 años más tarde se hizo director de la misma y a partir de 1780 lo hizo en Kendal durante 12 años más.

En 1792, a la edad de 26 años se trasladó a Mánchester, donde impartió matemática y filosofía natural en el New College.

Estudió la enfermedad que padecía, conocida como acromatopsia y posteriormente llamada daltonismo en su honor, y publicó hechos extraordinarios relativos a la Visión de Colores (1794).

En 1801 enunció la ley de las presiones parciales y la de las proporciones múltiples.

En 1808 expuso la teoría atómica en la que se basa la ciencia física moderna. Demuestra que la materia se compone de partículas indivisibles llamadas átomos. También ideó una escala de símbolos químicos, que serán luego reemplazadas por la escala de Berzelius.

En 1826 se le concedió la Medalla de Oro de la Royal Society de Londres, así como de la Academia Francesa de las Ciencias.

Falleció en Manchester en 1844, a la edad de 78 años.

A2. Solución: efectivamente, si tenemos en cuenta que la masa atómica del azufre es 32 y la del telurio 128, vemos que su media aritmética es de 80. Como la masa atómica del selenio es de 79, queda demostrado lo que se pretendía.

A3. Solución: Se trata de una actividad abierta, algunas de las cuestiones que se preguntan se pueden consultar en la tabla periódica que incorpora esta quincena.

A4. Solución: hay siete electrones.

A5. Solución: hay ocho electrones (configuración de gas noble).

A6. Solución. El número másico será $A = 10 + 10 = 20$, el número atómico $Z = 10$ y el átomo neutro tendrá 8 electrones en su último nivel.

A7. Solución: para el hidrógeno, $A = 1$, $Z = 1$ y el átomo neutro tendrá 1 electrón.

A8. Solución: hidróxido de sodio e hidrógeno.

A9. Solución: porque se desprende mucho calor e hidrógeno y el hidrógeno es un gas inflamable.

A10. Solución: porque se forma hidróxido de sodio.

A11. Solución: se produce óxido de magnesio. Se usaba en fotografía debido a la intensa luz que se emite en esta reacción.

A12. Solución: la alotropía es la relación que existe entre las diferentes formas en que se presenta un mismo elemento. Por ejemplo el oxígeno se presenta en dos formas alotrópicas fundamentalmente: como ozono (O_3) y como oxígeno diatómico (O_2).

A13. Solución: El número másico será $A = 6 + 6 = 12$, el número atómico $Z = 6$ y el átomo neutro tendrá 6 electrones en su último nivel, necesita perder los cuatro electrones o adquirir otros cuatro electrones.

A14. Solución: El número másico será $A = 7 + 7 = 14$, el número atómico $Z = 7$ y el átomo neutro tendrá 5 electrones en su último nivel, necesita adquirir tres electrones para tener configuración de gas noble.

A15. Solución: todas las moléculas de los elementos gaseosos (excepto las de los gases nobles) tienen dos átomos.

A16. Solución: Las principales aplicaciones de cloro son: la elaboración de plásticos, solventes para lavado en seco y degreado de metales, producción de agroquímicos y fármacos, insecticidas, colorantes y tintes, etc.

A17. Solución: todas las moléculas de los elementos gaseosos (excepto las de los gases nobles) tienen dos átomos.

A18. Solución: todo lo contrario, el hecho de que aparezcan dos sustancias nuevas indica que el agua es un compuesto.

A19. Solución: vemos que hay una distancia en la que la energía potencial se hace mínima, ésta sería la distancia entre los átomos en el enlace.

A20. Que comienza a haber mucha repulsión entre las nubes electrónicas (negativas) y entre los núcleos (positivos) de los dos átomos.

A21. Equivale a la suma de las masas atómicas de los elementos que constituyen la molécula. En este caso $M_r = 98$.



Soluciones de "Para practicar"

La tabla de Mendeleiev

A lo largo del siglo XIX con objeto de presentar de modo racional los conocimientos de la Química, se creyó que podría ser muy útil **clasificar** los elementos de algún modo que reflejase las relaciones existentes entre ellos. Tras varios intentos, en 1869, el químico ruso D. **Mendeleiev** presentó una tabla en la que aparecían los **elementos** distribuidos en **filas** y **columnas**, agrupados ordenadamente en diversas familias, siguiendo un orden creciente de **masas atómicas**.

En la actualidad se ordenan los elementos por orden creciente de **número** atómico. Dicha tabla es una expresión de las relaciones que existen entre los **elementos** químicos. Por eso, favorece su estudio y nos permite deducir muchas de sus **propiedades** con sólo saber su situación en ella.

Las 7 filas horizontales reciben el nombre de **periodos** y las 18 filas verticales o columnas se llaman **grupos**. Algunos de estos **grupos** tienen nombres especiales; así ocurre con el 16, los anfígenos (O,S,Se,Te); el 17, los **halógenos** (F,Cl,Br,I), o el 18, los gases **nobles** (He,Ne,Ar,...).

Responde:

La tabla periódica

1. Su reactividad semejante
2. Döbereiner y Moseley
3. Titanio, Cobalto, Cinc y Paladio
4. Mercurio y Bromo
5. Tener 8 electrones en el último nivel
6. Bromo, Cloro, Azufre y Selenio
7. Yodo, Azufre, Fósforo
8. Cobre, Níquel, Hierro, Cobalto
9. Rubidio, Sodio, Cesio
10. Cloro, Oxígeno, Hidrógeno

Compuestos

1. Compuesto
2. Cristales
3. Zn^{2+}
4. Mezcla
5. Un átomo con carga positiva
6. Molecular
7. Oxígeno
8. Los compuestos tienen propiedades físicas constantes. Un compuesto tiene una composición fija. Una mezcla tiene una composición variable.
9. Empírica
10. Químicos o reacciones químicas.

Resuelve:

1. $Mr = 18 \cdot 12 + 18 \cdot 1 + 18 \cdot 16 = 522$

2. $\%C = \frac{18 \cdot 12}{522} \cdot 100 = 41.3\%$

$\%H = \frac{18 \cdot 1}{522} \cdot 100 = 3.45\%$

$\%O = \frac{16 \cdot 12}{522} \cdot 100 = 55.17$



Comprueba lo que sabes (autoevaluación)

Coge lápiz, papel y la calculadora, y resuelve estos ejercicios que te proponemos, para que puedas comprobar lo que has aprendido. Cuando el resultado sea numérico, debes introducirlo redondeado a centésimas. Si tu puntuación es inferior a 6, conviene que repases los apartados en que has fallado.

1. Orden creciente de su número atómico.
2. Falso
3. Iónico
4. Las masas atómicas de los átomos que hay en la molécula.
5. Columnas verticales
6. Potasio
7. Aluminio
8. 37.05 g
9. %Na 43,40%
%C 11,32%
%O 45,28%
10. 83.33%

No olvides enviar las actividades al tutor ►