



NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 33

Septiembre de 2019

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Contenido

1 La Composición de los Átomos.

Alfredo Velásquez Márquez

4 Partículas Atmosféricas.

Rogelio Soto Ayala

Antonio Miralles Escobar

La Composición de los Átomos.

Introducción.

Desde principios del siglo XX, se sabe que los átomos están constituidos por electrones, que se encuentran alrededor del núcleo atómico, y por protones y neutrones, que se encuentran en el núcleo atómico; aunque actualmente, se considera que los protones y neutrones no son, estrictamente hablando, partículas elementales, sino más bien que, son estados ligados de quarks u y d, unidos por fuerzas nucleares fuertes, las cuales se manifiestan por intercambio de gluones; sin embargo, para un curso de Química General Universitaria, como los que se imparten en la División de Ciencias Básicas de la FI-UNAM, es más que suficiente entender que los átomos de los diferentes elementos están constituidos por electrones,

protones y neutrones en diferentes combinaciones. Cabe mencionar que a los protones y neutrones, por estar dentro del núcleo atómico, se les llama comúnmente nucleones. La carga y la masa de cada una de esas tres partículas se muestran en la tabla siguiente:

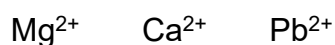
Partícula:	Carga:	Masa:
Electrón	-1.60217×10^{-19} [C]	9.10938×10^{-31} [kg]
Protón	$+1.60217 \times 10^{-19}$ [C]	1.67262×10^{-27} [kg]
Neutrón	Sin carga	1.67492×10^{-27} [kg]

Átomos neutros y átomos cargados.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los neutrones no presentan carga eléctrica, pero los electrones y protones sí, es más, tienen la misma magnitud de la carga eléctrica, pero de diferente signo, los electrones carga negativa y los

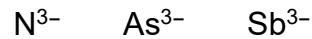
protones carga positiva; así que, podemos establecer que un electrón neutraliza la carga de un protón y viceversa. Por lo anterior, cuando un átomo no presenta una carga eléctrica neta, se dice que es un átomo neutro; es decir, es un átomo que tiene igual número de electrones y protones, no importando la cantidad de neutrones que tenga.

Por otra parte, cuando un átomo presenta carga eléctrica neta positiva, significa que dicho átomo tiene más protones que electrones, pero si la carga eléctrica neta es negativa, significa que tendrá más electrones que protones. Por ejemplo, un átomo con 3 electrones, 5 protones y 5 neutrones, presentará una carga eléctrica neta equivalente a la carga de un protón multiplicada por 2 ($(2)(+1.60217 \times 10^{-19} \text{ [C]})$), porque los tres electrones neutralizan la carga de tres protones, pero quedarían dos protones sin neutralizar, que son precisamente los que le darían la carga al átomo en conjunto. Una forma sencilla de denotar que un átomo presenta una carga equivalente a la de dos protones, es colocando el símbolo del elemento al que pertenece dicho átomo, con un superíndice $2+$, como en los ejemplos siguientes.



Por otro lado, un átomo con 13 electrones, 10 protones y 12 neutrones, presentará una carga eléctrica neta equivalente a la carga de un electrón multiplicada por tres ($3(-1.60217 \times 10^{-19}$

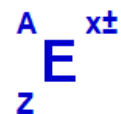
$[\text{C}])$), porque los 10 protones neutralizan la carga de 10 electrones, pero quedarían tres electrones sin neutralizar y se representarían colocando el símbolo del elemento con un superíndice $3-$, como se muestra en los ejemplos siguientes.



Si un átomo presenta carga eléctrica neta, se dice que es un ion y puede ser entonces un ion positivo o un ion negativo. A los iones positivos se les llama cationes y a los iones negativos se les llama aniones.

Composición de los átomos.

Dado que los átomos pueden tener electrones, protones y neutrones en diferentes combinaciones, resulta conveniente tener una forma de denotar la composición de una manera sencilla; por ello, comúnmente se emplea lo siguiente:



Donde, **E** es el símbolo del elemento; **Z** es el llamado número atómico, que corresponde al número de protones que tiene el átomo; **A** es el llamado número de masa, que corresponde al número de nucleones que tiene el átomo; es decir, es la suma de los protones y neutrones; finalmente, **x±**, como ya se mencionó anteriormente, es la carga que presenta el átomo, que puede ser positiva o negativa. De

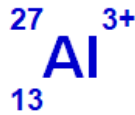
esta manera, si un átomo presenta la siguiente composición.

10 electrones
13 protones
14 neutrones

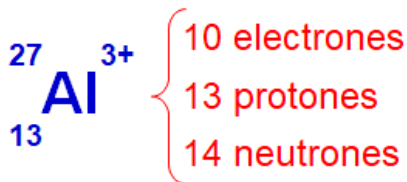
Podemos decir que:

- Debido a que tiene 13 protones, su número atómico es 13; por lo tanto, corresponde al elemento **aluminio**.
- La suma de sus protones y neutrones, da como resultado 27 nucleones; por lo tanto, tiene un número de masa 27
- En este caso, 10 electrones neutralizan a 10 protones, quedando 3 protones sin neutralizar; por lo tanto, su carga sería de 3+.

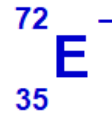
Por lo anterior, podemos decir que la notación simplificada del átomo en cuestión sería la siguiente:



A esto, podríamos colocarle a un costado su composición para mayor entendimiento, quedando lo siguiente:



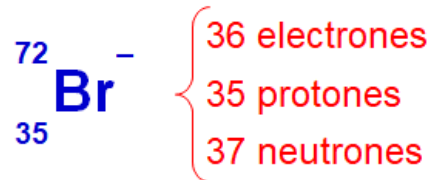
Por otra parte, si tenemos un átomo que presenta la siguiente notación.



Podemos establecer lo siguiente:

- Su número atómico es 35; por lo tanto, tiene 35 protones y corresponde al elemento **bromo**.
- Su número de masa es 72; por lo tanto, tiene 72 nucleones, de los cuales 35 son protones y 37 son neutrones.
- En este caso, el átomo presenta una carga negativa; por lo tanto, debe de tener 36 electrones, para neutralizar los 35 protones y quedar con un electrón no neutralizado, que es el que le proporciona la carga negativa.

Por lo anterior, podemos decir que la notación simplificada del átomo con su composición, sería la siguiente:



Con lo anterior, podemos concluir que determinar la composición de un átomo es sencillo si conocemos su número atómico, número de masa y carga.

Alfredo Velásquez Márquez
velasquez777@yahoo.com.mx

Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

Partículas Atmosféricas.

La atmósfera que nos rodea contiene, además de compuestos gaseosos, partículas microscópicas a las que habitualmente se les denomina aerosoles. Estas partículas se encuentran en fase sólida o líquida (o una combinación de ambas). Una de las características físicas más importantes de las partículas es su tamaño, ya que éste va ligado directamente a sus efectos contaminantes. También es un hecho conocido que el tiempo que las partículas permanecen en el aire es

función de la masa que poseen: las partículas más pequeñas permanecen más tiempo en la atmósfera, mientras que las de mayor masa, se sedimentan más fácilmente. Esto ocurre naturalmente cuando no hay efectos de turbulencia en el aire.

Bajo el microscopio se pueden observar diferentes morfologías de las partículas atmosféricas como se muestra en la ilustración 1.

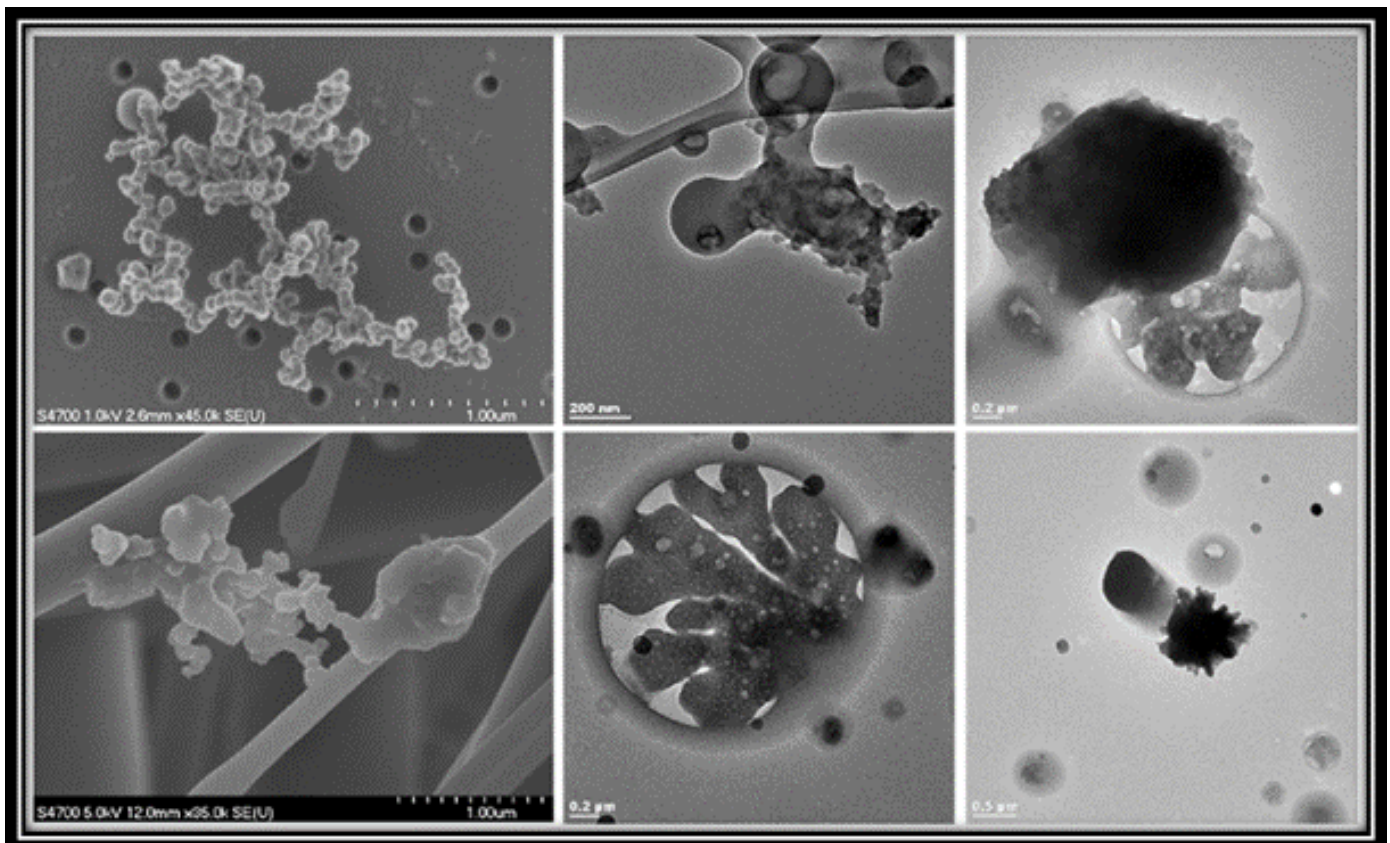


Ilustración 1

Desde el punto de vista teórico es posible determinar la velocidad de sedimentación que alcanzan las partículas en el aire (en reposo) en función de su masa.

En la ilustración 2 se muestran las fuerzas que actúan sobre un modelo esférico de una partícula a medida que va sedimentando, sujeta a las fuerzas idealmente concentradas.

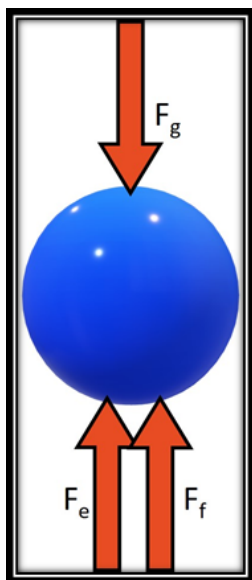


Ilustración 2

Las fuerzas que actúan sobre la partícula son:

- La fuerza gravitacional, F_g .
- La fuerza de empuje, F_e .
- La fuerza de fricción, F_f .

Un balance de fuerzas da lugar a la siguiente expresión:

$$F_R = F_g - F_e - F_f \quad (1)$$

En la que F_R es la fuerza resultante que actúa sobre la partícula.

A medida que la partícula va cayendo, su velocidad, v , se incrementa, así como la fuerza de fricción, como lo establece la ley de Stokes:

$$F_r = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

Donde η representa la viscosidad del aire y r el radio de la partícula.

Cuando la partícula adquiere una velocidad constante, llamada velocidad terminal, v_t , la fuerza resultante sobre ella vale cero, y la ecuación (1) se puede expresar como:

$$m \cdot g - \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_a \cdot g - 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v_t = 0 \quad (2)$$

Donde la fuerza de empuje se ha expresado en función de la densidad del aire, ρ_a , y del diámetro de la partícula, d .

Al despejar la velocidad terminal de la ecuación (2), se obtiene la ecuación (3), después de expresar la masa de la partícula en función de su densidad, ρ_p ,

$$v_t = \frac{g \cdot d^2}{18 \cdot \eta} (\rho_p - \rho_a) \quad (3)$$

No obstante que las partículas que existen en la atmósfera poseen formas que distan de ser esféricas, la expresión anterior da una idea aproximada del tiempo de sedimentación de dichas partículas.

A modo de ejemplo se calculará el tiempo que tarda en sedimentar una partícula esférica cuyo diámetro es de 10 $[\mu\text{m}]$ (denominada como

PM₁₀), que posee una densidad de 2 200 [kg·m⁻³] (que corresponde a una partícula carbonácea), y que se localiza a 5 [m] sobre el nivel del suelo. Se considera que la densidad del aire es 0.9 [kg·m⁻³].

La velocidad terminal es:

$$v_t = \frac{(9.81 \frac{m}{s^2})(1 \times 10^{-10} [m^2])}{18 (1.8 \times 10^{-5} [N \cdot s \cdot m^{-2}])} (2200 - 0.9) [kg \cdot m^3]$$

$$v_t = 6.658 \times 10^{-3} [m \cdot s^{-1}]$$

Así, el tiempo que tardaría la partícula en sedimentar es,

$$t = \frac{h}{v_t} = \frac{5 [m]}{6.658 \times 10^{-3} [m \cdot s^{-1}]} = 750.93 [s]$$

$$t = 12.51 [min]$$

Además de su tamaño y de sus propiedades ópticas, las partículas poseen otras características que juegan un papel relevante en los procesos atmosféricos, como son: su concentración, su masa, su composición química y sus propiedades térmicas y aerodinámicas. Tal es el caso, por ejemplo, del calentamiento de las capas bajas de la atmósfera por las partículas que contienen elementos que absorben radiación electromagnética, tales como el carbono elemental, que absorbe en la región visible, o polvos minerales, que absorben en la región infrarroja. Es por ello, que el conocimiento de las características físicas y químicas de las partículas es fundamental para la comprensión

de los fenómenos que ocurren en nuestra atmósfera.

En cuanto a la clasificación de las partículas en función de su diámetro, si éste es menor que 0.1 [µm], las partículas se denominan núcleos de Aitken; entre 0.1 [µm] y 10 [µm], corresponden a partículas de tamaño intermedio; si son mayores a 10 [µm], se consideran partículas sedimentables, tales como el polvo transportado por el viento, partículas emitidas por erupciones volcánicas y partículas producidas por la ruptura de burbujas en el mar, entre otras. Una clasificación menos descriptiva clasifica a aquellas partículas con diámetros menores de 2 [µm] como finas, y mayores de este valor, como gruesas.

Las partículas constituyen uno de los cinco contaminantes primarios (los otros cuatro son: el dióxido de azufre, SO₂, el monóxido de carbono, CO, los óxidos de nitrógeno, NO_x y los hidrocarburos) definidos así porque son emitidos directamente desde la fuentes. Por otra parte, las partículas suspendidas en el aire ocasionan, entre otras cosas, uno de los efectos más obvios de la contaminación: la pérdida de visibilidad. Este efecto se debe a la dispersión de la luz que producen las partículas, dando a la atmósfera una apariencia brumosa.

Como se mencionó anteriormente, cuando los aerosoles son emitidos directamente a la

atmósfera se habla de una emisión primaria, mientras que, si son producidos a partir de una serie de reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, se trata de emisiones secundarias. Los aerosoles secundarios se forman a partir de gases que contienen azufre, nitrógeno e hidrocarburos. Por ejemplo, uno de los compuestos de origen marino que da lugar a una gran cantidad de aerosoles que contiene sulfato es el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3), el cual es formado por la actividad biológica del fitoplancton.

Por otra parte, los aerosoles pueden ser emitidos por actividades humanas (de origen antropogénico) y por emisiones naturales, algunas de las cuales se citaron anteriormente. Vale la pena indicar que, dentro de las emisiones naturales, la ruptura de burbujas marinas y el polvo mineral, son fuentes muy importantes en la producción de aerosoles atmosféricos. Las partículas procedentes de la ruptura o pulverización de partículas marinas tienen la misma composición que el agua de mar, a saber: cloruro de sodio, sales de magnesio, de calcio, de potasio, y sulfatos, aunado también a compuestos orgánicos.

Uno de los efectos más notables que poseen los aerosoles en la atmósfera es en la producción de nubes. Cuando una partícula alcanza un cierto tamaño, se convierte en lo que se denomina un “núcleo de condensación”, alrededor del cual se

forman las gotas de lluvia. Evidentemente, las propiedades de los núcleos de condensación afectan directamente las propiedades de la nube.

Otro de los aspectos muy interesante relacionado con las partículas atmosféricas es su capacidad de absorber agua de la atmósfera. Este fenómeno es conocido como higroscopicidad. Si una partícula absorbe agua (higroscópica), su tamaño se incrementa y esto puede modificar sus propiedades de dispersión luminosa. Asimismo, existen partículas que absorben poca cantidad de agua o no absorben (hidrofóbicas), como las emitidas en los gases de escape de un automóvil. Desde este punto de vista hay que tener cuidado cuando se reporta el diámetro de una partícula estableciendo si se trata de una partícula “seca” o una que ha absorbido agua. Cuando una partícula sólida se expone a un ambiente donde la humedad relativa empieza a crecer, se observa que la partícula no absorbe inmediatamente agua, sino hasta que la atmósfera llega a un valor mínimo en cuanto al contenido de agua, es en este momento cuando la partícula empieza a crecer por efecto de la absorción de agua. Este punto se conoce como punto de deliquesencia. Por ejemplo, el punto de deliquesencia para el cloruro de sodio (NaCl) ocurre cuando la humedad relativa del ambiente alcanza un valor del 75 %, en cambio, para el sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), ocurre al 80 %, considerando que ambas partículas poseen el mismo tamaño. Una vez que se rebasa el punto

de deliquesencia y se sigue aumentando la humedad relativa, la partícula seguirá absorbiendo más agua. Un hecho que resulta bastante curioso es que, si uno invierte el proceso, disminuyendo la humedad relativa, la partícula no regresa a la fase sólida al llegar al punto de deliquesencia, sino que la humedad relativa tiene que disminuir aún más para conseguir dicho objetivo. Este punto se conoce como punto de eflorescencia. Esta situación recuerda el ciclo de histéresis que sufren algunos materiales.

Otro de los aspectos que es poco conocido es el hecho de que algunos gases de la atmósfera se pueden condensar sobre partículas ya existentes en la misma, incrementando su masa pero no el número de partículas, o bien, los gases se pueden condensar por sí mismos para formar nuevas partículas. Esto es lo que se conoce como conversión gas-partícula. Se considera que los aerosoles producidos por la conversión gas-partícula exceden a aquellos producidos antropogénicamente.

En conclusión y con base en lo expuesto anteriormente, las partículas constituyen un componente más de la atmósfera, cuya

presencia influye de manera significativa en muchos de los procesos que se llevan a cabo en ella. Es incuestionable el hecho de que el estudio de la atmósfera se complica aún más por la gran diversidad de reacciones químicas que ocurren, los factores climáticos que intervienen, el transporte de contaminantes a gran escala de una región a otra, etc.; sin embargo, a pesar de esta complejidad, es necesario seguir esclareciendo los mecanismos que la gobiernan. Sólo de esta manera lograremos adoptar medidas razonables que incidan en un beneficio hacia los seres vivos que habitamos en el planeta Tierra

Referencias

1. Hewitt, C. N. and Jackson, A. V. *Atmospheric Science for Environmental Scientist*. Wiley-Blackwell. 2009.
2. Wallace, J. M. and Hobbs, P. V. *Atmospheric Science. An Introduction Survey*. Academic Press (AP). 2006.
3. China S.A. (2018). *Preface: Morphology and Internal Mixing of Atmospheric Particles*. *Atmosphere* 9(7).doi:10.3390/atmos9070249

Rogelio Soto Ayala
rsoto54@hotmail.com

Antonio Miralles Escobar
antoniomiralles@yahoo.com.mx

Profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

El contenido de los artículos publicados en este boletín, es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dudas o comentarios: velasquez777@yahoo.com.mx

Editor: M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez