

GASES DE LA ATMÓSFERA: Nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), argón (Ar) y dióxido de carbono (CO₂)

Santi Herrero
Profesor Titular
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid
www.ucm.es/info/inorg1/shd.html

Juan Miguel Fernández
Profesor y Jefe de Estudios
CCEE Estudio3 AFANIAS de Madrid
estudio3afanias@gmail.com

Objetivos generales

- Ampliar la cultura científica
- Despertar o acentuar el interés por la ciencia
- Acercar las ciencias experimentales a los niños
- Mejorar la autoestima, especialmente de los niños con discapacidad

Objetivos específicos

- Diferenciar los distintos estados de la materia: Gas, líquido, sólido
- Reconocer los diferentes cambios de fase: Ebullición, condensación, fusión, solidificación (congelación), sublimación directa e inversa
- Relacionar los conceptos composición y mezcla
- Establecer el concepto de base como opuesto de ácido
- Diferenciar transformación física (cambio de estado) de transformación química

Competencias generales

- Reconocer los cambios de fase en la vida cotidiana
- Identificar ácidos de nuestro día a día
- Demostrar conocimiento y comprensión de hechos esenciales y conceptos relacionados
- Aprender a tratar los compuestos químicos con seguridad
- Valorar los riesgos en el uso y manipulación de sustancias químicas

Competencias específicas

- Describir y relacionar los distintos estados de la materia y los cambios de fase
- Sensibilizar a los niños sobre la necesidad de recoger y tratar los residuos

Competencias transversales

- Desarrollar la sensibilidad por temas medioambientales

- Incentivar el trabajo autónomo

Estrategias pedagógicas

- Establecimiento de relaciones entre conceptos un poco abstractos con otros conceptos con los que estén familiarizados gracias a los conocimientos adquiridos en clase
- Participación directa de los alumnos
- Hacer las experiencias lo más divertidas y espectaculares posibles sin perder rigor

INTRODUCCIÓN

La atmósfera es la capa situada justo por encima de la tierra que pisamos. Aunque contiene partículas sólidas en suspensión (polvo, arena, cristalitas de hielo) y líquidos como las gotitas de las nubes o las nieblas, está compuesta fundamentalmente por gases. El componente mayoritario es el nitrógeno gas (78,08%) seguido del oxígeno (20,95%). Existen otros gases minoritarios, que forman parte de la atmósfera en mucha menor proporción, en mucha menor cantidad, como el argón (que es muy inerte y no reacciona con casi nada, 0,93%) y el dióxido de carbono (0,03%). Entre estos 4 gases suponen el 99,99% de la composición de la atmósfera. Con los siguientes ensayos vamos a aprender algo más sobre estas moléculas que componen el aire que respiramos. En concreto vamos a realizar una serie de experimentos con el nitrógeno, el oxígeno y el dióxido de carbono, ya que el argón es incoloro, inodoro y no reacciona excepto en condiciones muy extremas y especiales.

PRECAUCIONES

Es conveniente que los alumnos tengan una bata sobre la ropa para mejorar su protección. Los voluntarios que se acercan más al experimento deberían contar con la protección adicional de unas gafas. El contacto con nitrógeno líquido y con el dióxido de carbono sólido (hielo seco) produce quemaduras, por lo que deben usarse guantes y no alargar el contacto más allá de un segundo. La sosa es una base fuerte que quema la piel, por lo que debe manipularse con guantes y gafas, y debe mantenerse alejada de ácidos. El permanganato de potasio es un oxidante fuerte, por lo que debe mantenerse alejado de disolventes y reductores. Los productos de degradación son contaminantes, por lo que deben guardarse los residuos.

PARTE EXPERIMENTAL

Reactivos (compuestos químicos)

- Nitrógeno líquido (N_2)
- Dióxido de carbono sólido o hielo seco (CO_2)
- Agua (H_2O)
- Sosa cáustica ($NaOH$)
- Fenolftaleína
- Permanganato de potasio ($KMnO_4$)
- Agua oxigenada de 110 volúmenes, 34% (H_2O_2)

Material

- Dewar (especie de termo) para el nitrógeno líquido

- Cazo de vidrio
- Hojas de lechuga o de espinacas, flores
- Globos
- Caja de poliestireno para guardar el hielo seco
- Cerillas y vela
- Vaso alto de vidrio
- Jabón líquido
- Embudo y garrafa para los residuos

Experiencias con nitrógeno líquido

El nitrógeno es el componente mayoritario de la atmósfera y del aire que respiramos. En condiciones normales es un gas, pero si lo enfriamos mucho lo podemos licuar, lo podemos condensar, es decir, podemos conseguir que forme un líquido. El agua es líquida entre 0 y 100 °C, pero la temperatura a la que tenemos que enfriar el nitrógeno para que forme un líquido es muy baja, de menos de -196 °C.

1. **¿Qué pasará si lo vierto en el suelo?** El nitrógeno líquido si se calienta un poquito se transforma en un gas transparente e incoloro, que es la forma que tiene cuando se encuentra en el aire normal y corriente. Por eso si vertemos un chorrito pequeño al suelo, se calienta y desaparece, porque se hace invisible. **¿Cómo se llama el proceso físico?** Una **ebullición**.



Aunque hierva, la temperatura es tan baja, está tan frío que puede quemar, porque el frío extremo también quema.¹

2. Se añade un poco de nitrógeno líquido al cazo de vidrio, que empieza a hervir de manera bastante brusca (se preguntade nuevo **qué cambio de fase estamos viendo**). También se observa cómo en el exterior del recipiente se forman gotitas de agua, **¿qué fenómeno es?**, se trata de una **condensación**, como la que produce el rocío. Al cabo del rato se forma hielo en el exterior del recipiente, **¿qué ha pasado?** Primero se **congelan o solidifican** las gotas de agua y después sigue habiendo más hielo debido a una **sublimación inversa**, de la misma manera que se produce la escarcha. Si se toma un poco de este hielo, se derrite (**fusión**) inmediatamente en nuestras manos.



3. Se elige un voluntario para que rompa un huevo y lo añada sobre el nitrógeno líquido (pero antes de añadir el huevo se pregunta **qué creen que va a pasar**); se esperan unos instantes y, a continuación se hace pasar a todos los niños con sus guantes para que vean el huevo, que parece frito y toquen fugazmente el cazo (con un adulto al lado que impida contactos largos) para comprobar que está realmente muy frío. Es una forma de ilustrar que el frío extremo puede quemar (y, en concreto, el nitrógeno líquido puede desnaturalizar las proteínas como el calor, aunque en este caso fundamentalmente se congela):

¹ Las fotografías y los vídeos han sido realizados por Juan Miguel Fernández (Profesor de Educación Especial en Estudio 3)



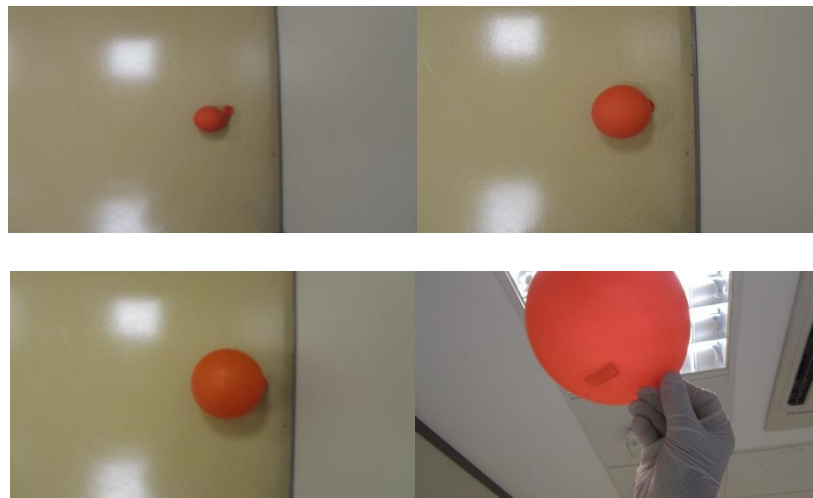
4. Como la temperatura es de casi menos doscientos grados, cualquier cosa que contenga agua se congelará inmediatamente. Eso nos incluye a nosotros, que entre el 60 y el 70% del peso de nuestro cuerpo es agua, por tanto, nos podemos congelar inmediatamente si nos metieran en nitrógeno líquido. El contenido en agua en muchas plantas es todavía mayor, puede llegar al 90%. Para mostrar la **congelación** rápida se coge una hoja de lechuga, una flor o algún vegetal que tengan en la huerta del colegio y se hace pasar por los alumnos para que comprueben que se trata de un sólido blando (se pregunta **qué creen que pasaría si los introdujésemos en el nitrógeno líquido**). A continuación se pide otro voluntario para que lo eche en el cazo. Se deja un minuto en el nitrógeno líquido y luego se saca y se vuelve a pasar por todos. Esto se puede repetir varias veces hasta que todos hayan comprobado que se ha transformado en un sólido frío, duro y frágil. Finalmente, una flor o una hoja congelada se deja caer al suelo para que estalle en mil pedazos.
5. **¿Qué creéis que pasará si introducimos el globo en el nitrógeno líquido?**. Se introduce el globo y se observa cómo se deshinch, porque a esa temperatura el aire que contiene dentro se contrae, se encoge de frío. Es otro fenómeno físico interesante, mostrar cómo la materia se contrae al bajar la temperatura, pero, sobre todo los gases. Cuanto más frío está un gas, menos espacio necesita. Eso pasa con el aire, pero no lo apreciamos porque está en un sitio abierto.

Experiencias con dióxido de carbono sólido (hielo seco)

El dióxido de carbono se forma cuando quemamos un trozo de papel o de madera, y también cuando respiramos estamos generando este gas (la combustión y la respiración son procesos químicos). Si aislamos este gas y lo enfriamos mucho, podemos hacer que se transforme en un sólido. **¿Qué proceso físico es?** Es una **sublimación inversa**, ya que en este caso a la presión atmosférica al enfriar el gas no condensa sino que se forma directamente el sólido.



6. ¿Qué pasará si introduzco un trozo de hielo seco en un globo deshinchado y lo ato? ¿Cómo se llama el fenómeno físico? Al igual que pasaba con el nitrógeno, como en condiciones normales es un gas, poco a poco sublima (**sublimación directa**) y se transforma en un gas. Si introducimos trozos sólidos de dióxido de carbono en un globo, se van transformando en un gas que va inflando el globo.



7. ¿Sabíais que el dióxido de carbono es ácido y hace que los refrescos que lo contienen, las bebidas gaseosas sean ácidas?. Sí, el gas de los refrescos, de la sidra o del cava es dióxido de carbono. ¿Sabíais que hay sustancias que dependiendo de la acidez presentan un color diferente? Sí, un ejemplo es la fenolftaleína.² Si el medio es ácido es incolora, pero si el medio es muy básico (lo contrario que ácido) es de color rosa. ¿Qué pasará si disolvemos un poco de sosa cáustica, que es una base muy fuerte, en agua y le añadimos unas gotas de fenolftaleína? Que la fenolftaleína teñirá de rosa nuestra disolución.



8. ¿Qué pasará si añadimos unos trozos de hielo seco? Si añadimos un trozo de dióxido de carbono, como el agua está mucho más caliente, el dióxido de carbono comienza a formar gas y parece hervir en el agua, pero está sublimando. Parte se disuelve en el agua y aumenta su acidez hasta que la acidez es suficiente para volver incolora la fenolftaleína. En este caso asistimos a una reacción ácido-base.

²La col lombarda también cambia de color según la temperatura o la acidez



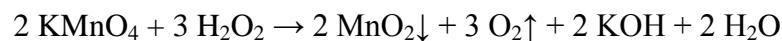
9. Ahora vamos a hacer otra experiencia, que si uno no conoce la explicación científica, parece magia. Dejamos que sublime un poco de hielo seco y luego volcamos el gas sobre una vela, que se apaga. **¿Por qué se ha apagado?** (Véase el vídeo *Vela y CO₂*)



Para que arda un cerilla, una vela, un trozo de madera, necesitamos que haya oxígeno en el aire (es una reacción química), igual que nosotros necesitamos oxígeno para poder respirar. Si desplazamos el aire con dióxido de carbono, al no haber oxígeno, la vela se apaga porque falta uno de los reactivos de la reacción química. El dióxido de carbono que sublima, al ser más pesado que el aire, se va acumulando en el recipiente y desplaza el aire. Al volcar el recipiente, precisamente por ser más pesado que el aire (más aún estando frío), cae sobre la llama, desplaza el oxígeno y extingue la combustión. Este mismo principio se emplea en los extintores de incendios de CO₂, pero hay que tener cuidado al usarlos, porque desplaza también el oxígeno que necesitamos para respirar, por lo que tenemos que apuntar lejos de nosotros.

Formación de oxígeno gas

10. Para finalizar vamos a hacer un experimento que produce oxígeno. Para ello vamos a hacer reaccionar permanganato de potasio con agua oxigenada. (Véase el vídeo *Formación de O₂*) Al añadir los cristallitos de permanganato en el agua oxigenada se produce la reacción:



El humo blanco que vemos es, lo que solemos llamar vapor de agua de forma no del todo correcta ya que el vapor de agua es incoloro, si lo vemos es porque contiene gotitas de agua y, por tanto, no es solo vapor. Se produce porque la reacción genera tanto calor que hace que el agua se evapore. También se genera dióxido de manganeso (marrón), que aunque es menos contaminante que el permanganato, no debe echarse por la fregadera sino etiquetarlo en un recipiente para residuos.

11. Si añadimos un poquito de jabón, el oxígeno que se desprende, que es un gas, forma una gran cantidad de espuma.

