

Comburentes

David Garcés Lasheras

garceslasherasdavid@gmail.com

Preámbulo

En este “viaje apasionante” que iniciamos, experimentaremos con el agua oxigenada, un fluido compuesto de agua y oxígeno. Estos elementos son imprescindibles para la vida, y a su vez son partes antagonistas para el fuego.

Aunque a primera vista nos parezca “inofensiva el agua oxigenada” es una materia peligrosa. Esta englobada como comburente (peligro clase 5.1¹).

Desarrollaremos demostraciones prácticas para conocer las características del agua oxigenada (peróxido de hidrógeno) en sus diferentes concentraciones para profundizar en su conocimiento.

Aplicaremos diferentes catalizadores para acelerar la separación del agua oxigenada (en oxígeno y agua). Podremos observar que dicha descomposición es muy exotérmica, e incluso la podremos utilizar como fuente de energía para una combustión o para realizar magia.

Descubrirás experiencias que podemos utilizar para divulgar la ciencia de forma interactiva y provocar la curiosidad. Por ejemplo, la reacción de combustión sin utilizar fuente de energía, cómo funcionan los catalizadores, el carácter ácido del peróxido de hidrógeno...

En fin, un viaje apasionante que no te puedes perder. *¡Avanti a toda vela!*

Introducción

Las materias comburentes² son sustancias que, sin ser necesariamente combustibles por sí mismas, pueden generalmente liberando oxígeno, causar la combustión de otras materias o contribuir a ella. Por esta razón, estas sustancias aumentan el riesgo y la intensidad de los incendios al entrar en contacto con materias combustibles.

Las mezclas de sustancias comburentes con materias combustibles, e incluso con materias como azúcar, harina, aceites comestibles o minerales, son peligrosas, ya que

¹ Según el Agreement on Dangerous Goods by Road, traducido al español como ADR (Acuerdo de transporte de mercancías peligrosas por carretera).

También se regula en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (CLP) de sustancias y mezclas que se basa en el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de productos químicos de las Naciones Unidas y su propósito es garantizar un elevado grado de protección de la salud y el medio ambiente, entre otros fines.

² El nitrato amónico es también un ejemplo de materia comburente. Se produce principalmente a partir de amoníaco y de ácido nítrico, pero sobre todo es un producto secundario de la fabricación de fertilizantes combinados de nitrógeno y fósforo.

pueden originar su combustión. En contacto con ácidos líquidos también producen una reacción violenta con desprendimiento de gases tóxicos.

Como sabemos, el comburente es un elemento necesario en el denominado triángulo de fuego³.



Los criterios para la clasificación de las sustancias sólidas o líquidas en la clase 5.1 del ADR se realizan mediante ensayos, para determinar si un sólido o líquido tiene la capacidad de aumentar la intensidad o velocidad de combustión de una sustancia combustible. Dichos procedimientos o ensayos se pueden consultar en el manual de pruebas y criterios desarrollado en el ADR.

Los comburentes más características son: peróxido de hidrógeno estabilizado o soluciones, ácido perclórico y sus sales, cloritos, hipocloritos, permanganatos, percarbonatos, nitrato amónico, etc. Estas materias reaccionan con las sustancias combustibles, con ciertos metales, por catalizadores, por el incremento de su temperatura, etc.



³ Un agente oxidante o comburente es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce. Básicamente, el oxidante se reduce, gana electrones y el reductor se oxida, pierde electrones. Todos los componentes de la reacción tienen un estado de oxidación. En estas reacciones se da un intercambio de electrones.

El palillo que se enciende y se apaga solo

Vamos a comprobar la capacidad del oxígeno como comburente cuando lo usamos concentrado (100%) o en ausencia del mismo. Plantearemos preguntas a los asistentes para que sean ellos quienes den su explicación a lo que ocurre y así el aprendizaje sea por descubrimiento.

Materiales

- Tres frascos con sus tapas (como los de zumo, por ejemplo).
- Oxígeno, que podemos obtenerlo de una botella de oxígeno medicinal.
- Dióxido de carbono, que podemos obtenerlo de un extintor del mismo nombre.
- Un mechero de cocina (*¡cuidado!!* vamos a producir una combustión, por lo que tendremos que usar protección para fuego).
- Un palillo largo (de los que se emplean en los pinchos morunos).



Materiales y botellines con gases

Procedimiento

1. El primero de los frascos contendrá oxígeno (100%), que introduciremos desde la botella de oxígeno y cerraremos a continuación.
2. El segundo contendrá dióxido de carbono, que habremos introducido desde un extintor y cerraremos a continuación.
3. El tercero contendrá simplemente aire.
4. Importante: El contenido de los frascos no lo deben conocer nuestra audiencia.
5. Presentaremos a los asistentes los tres envases “vacíos”, diciendo, por ejemplo, que contienen metafóricamente hablando “zumos de naranja, melocotón y piña”. *¿Con que zumo se quedan?* Así atraemos su atención, ya que no ven nada en su interior.
6. Abrimos los envases y encenderemos el palillo largo. Primeramente, lo introduciremos en el frasco que contiene solamente aire. El palillo continuara ardiendo. Aquí preguntaremos: *¿Observáis algo anormal en la combustión del palillo?* Evidentemente, dirán que no.
7. Seguidamente lo introducimos en el que contiene dióxido de carbono (CO₂) y se extinguirá. Volveremos a preguntar: *¿Por qué se ha extinguido?*
8. Sin esperar la respuesta, lo introducimos rápidamente (aún con la brasa encendida) en el que contiene oxígeno, y veremos que se reenciende. *¡Bueno, aquí hay magia!*
9. Comenzaremos a mover el palillo del frasco del dióxido de carbono al de oxígeno, acompasadamente, para ir apagando y encendiendo el palillo. Si somos hábiles lo podemos repetir varias veces antes de que se agoten los gases en los recipientes (el oxígeno se suele agotar primero).



Proceso de extinción y reencendido del palillo

Explicación

Después de lanzar la pregunta pertinente, “¿*Por qué en un frasco se extingue el palillo y en el otro se enciende?*”.

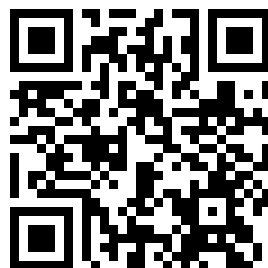
Casi siempre hay alguna persona que nos da una explicación correcta: “*que hay un gas que favorece el fuego y otro que extingue*”.

A partir de ahí, nosotros sólo tendremos que matizarla y ampliarla, subrayando cómo se comportan los comburentes -*oxígeno en este caso*- en un incendio (la combustión es mucho más violenta o vigorosa en su presencia) y cómo se extingue un incendio mediante el dióxido de carbono (desplazando al oxígeno).

El oxígeno tiene muchas propiedades físicas y químicas únicas, es un gas incoloro e inodoro, con una densidad mayor que la del aire y una muy baja solubilidad en agua. Entre las propiedades químicas únicas del oxígeno están su capacidad para realizar la respiración en plantas y animales, y su capacidad para efectuar la combustión.

Durante una reacción de combustión, el oxígeno reacciona químicamente con la sustancia que se quema. Tanto el oxígeno como la sustancia que se quema (los reactivos) se consumen durante la reacción de combustión, mientras que se generan nuevas sustancias (los productos) y energía térmica (calor).

Las reacciones de combustión se pueden describir de la siguiente manera:



Video: Apagado y encendido

<https://youtu.be/xslwuVDtVMo>

Apagado y encendido de palillo con reacciones químicas

Un ejemplo de reacciones químicas y de combustión más propia de laboratorio es la que vamos a desarrollar seguidamente.

Las sustancias que reaccionan son el ácido clorhídrico con carbonato de calcio y la otra reacción será el peróxido de hidrógeno con dióxido de manganeso. Con lo que obtendremos dióxido de carbono y oxígeno, respectivamente.

Materiales

- Dos probetas.
- Un mechero.
- Un palillo largo de madera.
- Sustancias: carbonato de calcio, ácido clorhídrico, dióxido de manganeso⁴ y agua oxigenada al 3%.



Materiales y sustancias utilizadas en las reacciones

Procedimiento

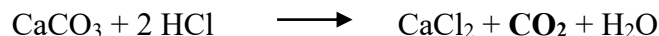
1. Primero vertemos ácido clorhídrico a la primera probeta, la mitad de su capacidad aproximadamente, y posteriormente añadimos 2 cucharillas de carbonato de calcio (que llamamos probeta A).
2. Después en la siguiente probeta vertemos agua oxigenada al 3%, la mitad de su capacidad aproximadamente, y a continuación añadimos 1 cucharilla de dióxido de manganeso (probeta B).
3. Al igual que la experiencia anterior, encendemos un palillo de madera para identificar dichos gases (dióxido de carbono y oxígeno) en cada una de las probetas:
 - Primeramente, lo introducimos en la probeta A donde se ha producido dióxido de carbono (CO_2), donde se extingue.
 - A continuación, lo introducimos en la probeta B, donde hemos obtenido oxígeno, y se enciende de nuevo.

El movimiento del palillo entre probetas debe ser alternativo, no rápido, pero tampoco lento.

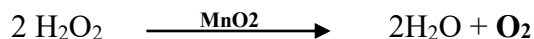
⁴ Podemos obtener dióxido de manganeso (MnO_2), conocido como óxido de manganeso, de una pila eléctrica que no sea ni alcalina ni recargable. Las normales de toda la vida. Al desguazarlas es la masa negra (mezcla de dióxido de manganeso y carbón) que envuelve al electrodo central.

Explicación

Con esta demostración evidenciamos el resultado de las reacciones químicas realizadas. El carbonato de calcio reacciona en el ácido clorhídrico produciendo dióxido de carbono, entre otros productos.



El dióxido de manganeso es un reactivo que actúa como catalizador⁵ en la descomposición del agua oxigenada o peróxido de hidrógeno (H_2O_2), de forma que acelera su descomposición, liberando oxígeno.

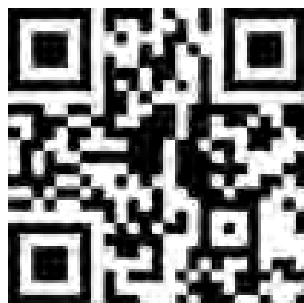


En definitiva, con las reacciones químicas obtenemos los gases que deseamos y a la vez podemos introducir conceptos químicos como los catalizadores, reacciones de descomposición exotérmicas, o ampliar el conocimiento del peróxido de hidrógeno.

Como **medidas de seguridad**, utilizaremos gafas de seguridad (para evitar proyecciones a los ojos) y guantes. Prestaremos atención a los pictogramas de peligro del etiquetado de los reactivos y a las precauciones a tomar. Trabajar a ser posible siempre en vitrina de seguridad o espacios abiertos.



Proceso de apagado y encendido del palillo



Video: Reacciones químicas

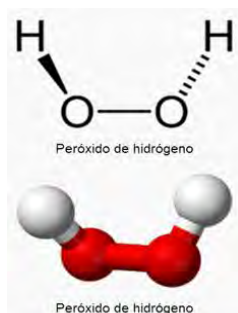
<https://youtu.be/42M2pb8Omfk>

⁵ Un catalizador, en esta experiencia, es la sustancia que permite desarrollar reacción. Origina los cambios químicos que se generan, debido a su presencia, pero dicho catalizador no sufre modificaciones durante el transcurso de la reacción.

Conociendo el peróxido de hidrógeno

La sustancia más representativa de los peróxidos inorgánicos⁶ es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) también conocido como agua oxigenada, dioxigen o dioxidano. Está formada por 2 átomos de hidrógeno y 2 de oxígeno.

Tiene propiedades diferentes a las del agua; de hecho, es un potente agente oxidante, más que el cloro, siendo un antiséptico general (reduce las infecciones). Además, de ser una sustancia reactiva, debido a que su descomposición es sumamente exotérmica, pasando a formar agua y oxígeno.



¿Qué peligros tiene el peróxido de hidrógeno al 70%?

Antes de abordar los peligros, debemos matizar que la concentración del peróxido de hidrógeno es el principal factor de riesgo. Ya que no es lo mismo el agua oxigenada del botiquín (3%) que tan apenas tiene riesgo, que una **concentración del 70%**.

Los cuales reseñamos a continuación⁷:

- Nocivo en caso de ingestión. En caso de ingestión enjuagarse la boca. NO provocar el vómito. La rápida descomposición interna origina gases que causan la distensión gástrica y daños internos.
- Provoca quemaduras graves en la piel. En caso de contacto con la piel (o el pelo) quitarse inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse. Causa enrojecimiento de la piel, vesículas o incluso necrosis. Conforme aumenta su porcentaje disminuye su valor del pH⁸.
- Nocivo en caso de inhalación. Evitar respirar nieblas y/o vapores. Puede irritar las vías respiratorias. En caso de inhalación trasladar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
- Provoca lesiones oculares graves. En caso de contacto con los ojos puede ocasionar hasta la ceguera. Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando constantemente.

⁶ Otros peróxidos inorgánicos químicos son: percarbonato sódico, peróxido de sodio, de estroncio y de potasio (este último es utilizado en la regeneración del aire en los equipos de respiración autónoma de circuito cerrado en minería).

⁷ Ficha de datos de seguridad. Agua Oxigenada 70% estándar

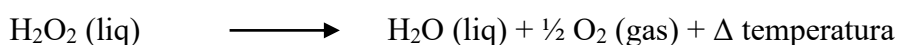
⁸ El pH es una escala (que oscila entre 0 a 14) que nos sirve para medir si una sustancia es más ácida que otra y viceversa. El pH es una escala de medida simplificada, que indica la acidez (de 0 a 6) o alcalinidad (8 a 14) de una solución. La acidez y la alcalinidad son dos extremos que describen propiedades químicas. Ver tabla pH posteriormente.

- Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
- Mantenerlo alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. En caso de incendio importante aplicar agua en grandes cantidades y a distancia, por el riesgo de explosión. Evacuar la zona.
- La descomposición genera calor y gases que pueden aumentar de presión del recipiente que lo contiene, pudiendo ocasionar el estallido de aquellos que no cuenten con una ventilación adecuada.
- El enriquecimiento con oxígeno (resultante de la descomposición del peróxido de hidrógeno) de los vapores de hidrocarburos puede ocasionar explosiones en la etapa de vaporización.

Comportamiento del peróxido de hidrógeno

Es un líquido incoloro, sin olor característico, que se mezcla con el agua en todas las proporciones. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica.

Los factores que deben ser controlados para impedir un aumento en la velocidad de descomposición son la temperatura, la contaminación y el pH.



(La descomposición del agua oxigenada produce agua, oxígeno y calor).



Descomposición del agua oxigenada por calentamiento

La temperatura de la solución de peróxido de hidrógeno es una variable importante ya que la velocidad de descomposición se duplica aproximadamente por cada 10 °C de aumento. Su punto de ebullición varía con el valor de su concentración⁹.

⁹ El H₂O₂ al 35% de concentración, su punto de ebullición es de 108 °C, al 50%, es de 114 °C y al 70% es de 128 °C. Como dato curioso es su punto de congelación también disminuye respecto al agua normal, aunque no linealmente respecto a su porcentaje: es de -33 °C; -52 °C y de -40 °C respectivamente a las concentraciones mencionadas anteriores. Ficha de datos de seguridad de Solvay Chemicals, Inc. (Consulta 20 de marzo de 2020)

<https://www.solvay.us/en/binaries/HH-2323-sp-236797.pdf>

La contaminación de las soluciones de peróxido de hidrógeno es otra causa de la descomposición¹⁰ acelerada, ya que muchos materiales comunes se comportan como catalizadores, incluso en concentraciones tan bajas como de 0,1 partes por millón.

Otra particularidad del peróxido de hidrogeno son los porcentajes de concentración según sean sus fines. La podemos encontrar en bajas concentraciones (3-9%) en muchos productos domésticos para usos medicinales y como blanqueador de la ropa y del cabello. En la industria se usa en concentraciones más altas para blanquear telas y papel, como componente de combustibles para cohetes (90%), para fabricar espuma de caucho y sustancias químicas orgánicas. En investigación se usa para medir la actividad de ciertas enzimas.

El uso más común que conocemos del agua oxigenada es para la destrucción de los organismos anaerobios (viven sin oxígeno) que son los responsables de infecciones y contaminaciones en ámbito alimentario. Por ejemplo: el H₂O₂ tiene fuerte acción destructiva sobre hongos, mohos, bacterias y algunos contaminantes.

En el momento actual que vivimos por la pandemia del coronavirus se está utilizando para inactivar dicho virus. El procedimiento de limpieza y desinfección de las superficies y de los espacios se utilizan: solución de hipoclorito sódico¹¹, el etanol al 62-71% y el peróxido de hidrógeno al 0,5%, durante un minuto. También es utilizado para la desinfección mediante el vapor de peróxido de hidrógeno. Aunque el antiséptico más utilizado para dicha esterilización es la solución de cloro.

La singularidad en la etiqueta del agua oxigenada

La relación de “volumen - concentración”, es un término que a veces se usa, para refiere al volumen de oxígeno gaseoso disponible de un volumen unitario de solución de peróxido de hidrógeno medido a 0° C y una atmósfera.

La relación “volumen - expansión” es la relación entre el volumen gaseoso, vapor y oxígeno resultante, con el volumen líquido del peróxido de hidrógeno que se descompone.

¿Qué significa 10 volúmenes?

Nos indica el volumen de oxígeno que es capaz de desprender una determinada cantidad de agua oxigenada. En este caso, nos expresa que esa disolución será capaz de producir un volumen de oxígeno 10 veces superior al volumen que tiene ahora.

¹⁰ La descomposición homogénea se incita por contaminantes disueltos tales como álcalis, ácidos fuertes y sales de metales de transición (níquel, cromo, cobre, hierro, etc.).

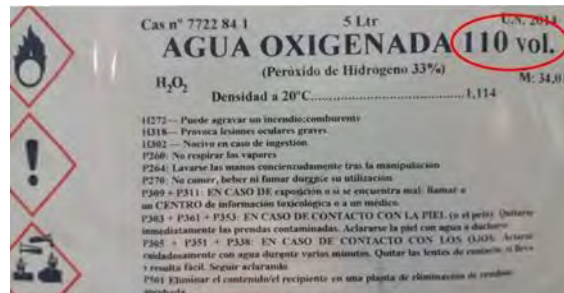
La descomposición heterogénea de peróxido de hidrógeno se localiza en la superficie de contaminantes catalíticos sólidos, por lo general metales, por ejemplo: cobre, latón, zinc, acero dulce, etc. La introducción accidental de objetos como herramientas, linternas y objetos similares dentro de los recipientes de almacenamiento frecuentemente es causa de la descomposición heterogénea.

La contaminación del peróxido de hidrógeno ocasionada por ácidos, y particularmente por álcalis, debe evitarse.

¹¹ Dilución 1:50 de lejía con concentración 40-50 gr/litro preparada recientemente.

Por ejemplo, si tomamos un litro de H₂O₂ y la descomponemos de modo que nos dé todo el oxígeno posible, el oxígeno que obtendríamos ocuparía 10 litros medidos en condiciones normales (0°C de temperatura y 1 atm de presión).

Si nuestro envase tiene una capacidad de 200 ml de agua oxigenada de 10 volúmenes, el oxígeno que obtendremos será: 200 * 10 = 2000 ml, es decir 2 litros.



Etiqueta de peróxido de hidrógeno a 110 volúmenes
Agua oxigenada a 110 volúmenes

La etiqueta también nos puede indicar la concentración de oxígeno en porcentaje, por ejemplo, que el agua oxigenada sea 3% significa que en un litro de disolución hay 30 mililitros de H₂O₂ y 970 mililitros de agua destilada.

Por lo tanto, la equivalencia aproximada de los diferentes tipos de agua oxigenada es la siguiente:

- Concentración al 3% = 10 volúmenes (la de farmacia).
- Concentración al 8% = 30 volúmenes (uso en peluquerías).
- Concentración al 33% = 110 volúmenes (uso industrial).

El peróxido de hidrógeno según el ADR se clasifica y se identifica para su transporte con los siguientes números de identificación de peligro (NIP) y número ONU (ADR), dependiendo de su concentración en:

- Peróxido de hidrógeno en disolución acuosa (8% al 20%). NIP 50, ONU 2984
- Peróxido de hidrógeno en disolución acuosa (20% al 60%). NIP 58, ONU 2014
- Peróxido de hidrógeno en disolución acuosa (+60%). NIP 559, ONU 2015



Identificación del peróxido de hidrógeno (panel naranja y etiquetas de peligro) en cisternas según ADR

Combustión con agua oxigenada al 70%

Con esta experiencia vamos a producir un pequeño incendio en pocos minutos y sin ningún aporte de calor, solamente con agua oxigenada y un material orgánico.

Materiales

- Necesitamos $\frac{1}{4}$ de litro de peróxido de hidrógeno al 70%. La dificultad estriba en la obtención de esta sustancia a dicho porcentaje, ya que no se vende a particulares debido a sus riesgos.
- Trapos de algodón viejo o un guante de cuero usado.
- Un recipiente metálico (por ejemplo, una olla en desuso).



Materiales: H_2O_2 al 70% y guante



Vertemos el H_2O_2 sobre el guante

Procedimiento

1. Antes de comenzar, y aunque en apariencia “**parece**” que estemos manipulando “agua” recordar que es muy corrosiva. Por lo tanto, es necesario utilizar pantalla facial y guantes químicos, bata de laboratorio, etc. En cualquier caso, el experimento debe realizarse al aire libre o en una zona con extracción de humos, reiteramos.
2. Colocamos el guante de cuero dentro de la olla metálica.
3. Vertemos sobre el guante un cuarto de litro de peróxido de hidrógeno al 70%.
4. La reacción del peróxido de hidrógeno no es instantánea, esperamos un tiempo y comenzaremos a ver reaccionar al peróxido de hidrógeno, con la emisión de vapores (descomposición del agua oxigenada).
5. Al cabo de unos minutos se inicia la combustión del guante por sí solo. El contacto de esta sustancia (peróxido de hidrógeno al 70%) con materias combustibles (y más cuando están secas) puede provocar incendio como es el caso (o explosión si está confinado).



*Combustión del guante
Combustión de materia orgánica*

Explicación

Los valores comerciales del peróxido de hidrógeno contienen estabilizadores que “bloquean” cantidades pequeñas de impurezas, proporcionando protección contra los efectos de niveles menores de contaminación. Desafortunadamente, los estabilizadores son ineficaces tratándose de una contaminación de cierto nivel por algún catalizador.

En el caso que nos ocupa, el contacto del agua oxigenada (70%) con las impurezas del guante produce la descomposición del peróxido de hidrógeno, que es fuertemente exotérmica. La cual produce la disgregación de la materia orgánica (pirolisis del combustible). Cuando se unen los tres elementos del triángulo del fuego (oxígeno, combustible y calor) en proporciones adecuadas se produce la reacción química de la combustión.

A efectos experimentales se produce una reorganización de átomos de oxígeno que tiene el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), y se libera O_2 . Generando una atmosfera muy rica en oxígeno, lo que favorece la combustión y a la vez se amplía el rango de inflamabilidad¹² del combustible en cuestión.



Video: Combustión con agua oxigenada.

<https://www.youtube.com/watch?v=NyQftdMRPrI&feature=youtu.be>

¹² Definen las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables. Se expresan en % en el volumen de mezcla vapor de combustible-aire. Reciben también el nombre de límites de explosividad, ya que, según las condiciones de confinamiento, cantidad, intensidad de la fuente de ignición, etc. varía la velocidad de la combustión y es común que se origine una explosión. Aunque ambos términos son intercambiables para vapores y gases inflamables, es más usual el de límites de inflamabilidad para estos dos y el de límites de explosividad para polvos combustibles.

Los valores del límite inferior y superior de inflamabilidad nos delimitan el llamado Rango o Campo de Inflamabilidad o Explosividad.

Descomposición del agua oxigenada con diferentes catalizadores

Anteriormente hemos comentado que el uso más conocido del agua oxigenada es como desinfectante. Esta utilidad se debe a que, al contacto con sangre y suciedad en las heridas, se descompone y desprende oxígeno, que es el que realmente desinfecta. En este caso, el peróxido de hidrógeno actúa como oxidante.

Vamos a realizar diferentes variantes de descomposición mediante catalizadores, con la correspondiente reacción química exotérmica (liberación de oxígeno del peróxido de hidrógeno).

Reacción del agua oxigenada con el permanganato de potasio

El permanganato de potasio (KMnO_4) está formado por cristales de color oscuro, solubles en agua, en la que forman disoluciones de intenso color púrpura. Es una de las sustancias más oxidantes de las que se dispone habitualmente en los laboratorios de química.

En esta experiencia vamos a reproducir la reorganización de átomos que tiene el agua oxigenada y a sentir el calor de la descomposición por catalizador¹³.

Materiales

- Vaso de precipitados o recipiente de cristal que resista más de 100°C .
- Agua oxigenada sobre el 33%.
- Permanganato de potasio (KMnO_4)
- Espátula o cucharilla.



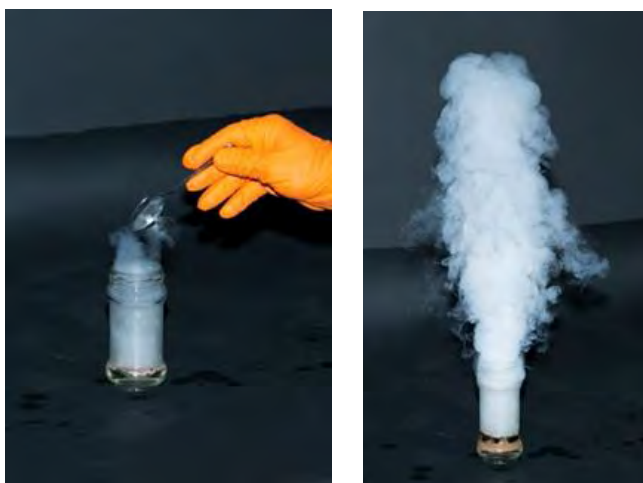
Sustancias: Permanganato potásico y H_2O_2

¹³ En química, se denomina catalizador a toda sustancia que afecta a la velocidad de una reacción alterando la energía de activación necesaria para que la reacción comience. Generalmente se reserva el término catalizador para los que aumentan la velocidad de reacción (catálisis positiva) y se llaman inhibidores a los catalizadores que la disminuyen (catálisis negativa). El catalizador realiza su función permaneciendo intacto al final de la reacción, aunque haya podido participar en pasos intermedios, el catalizador no es consumido. La diferencia entre una reacción sin catalizar y una catalizada es el cambio en la energía de activación sin que haya cambios de energía en los reactantes ni en los productos.

El peróxido de hidrogeno (H_2O_2) a una concentración de un 33% es una sustancia muy inestable. *¡Mucho cuidado al manipularla, es corrosiva!* Utilizaremos: gafas, guantes químicos y bata de laboratorio.

Procedimiento

1. Despejamos todo el espacio de la práctica de objetos y sustancias.
2. Tomamos el vaso de precipitados y vertemos unos 40 ml de agua oxigenada al 33%
3. Con una cucharilla tomamos una pequeñísima cantidad, por ejemplo, unos 6 granos (no decimos gramos) o cristales de permanganato de potasio. Antes de verterlo al vaso de precipitados, nos alejamos un paso hacia atrás de la zona.
4. Lo añadimos con mucho cuidado el permanganato de potasio dentro del vaso de precipitados.
5. La reacción es inmediata, y producirá una descomposición que saldrá del vaso y salpicará toda la zona de alrededor. Para verla detalladamente se recomienda grabarla en video para visionarla a cámara lenta.



Descomposición del agua oxigenada

Explicación

El resultado es que el agua oxigenada (H_2O_2) se quiere “deshacer” del oxígeno que le “sobra”, así que continuamente está perdiendo oxígeno. Pero en este experimento hemos “acelerado” la reacción redox (o de oxidación-reducción) para que sea más rápida añadiendo permanganato de potasio.

Los compuestos que se liberan en la reacción son oxígeno (O_2), dióxido de manganeso (mineral llamado pirolusita que dará al líquido resultante un color marrón quemado), agua (H_2O), e hidróxido de potasio (KOH). El “humo” que se libera es vapor de agua y no es tóxico.

Como se trata de una reacción exotérmica, podemos sentir caliente el fondo del recipiente donde hemos realizado la reacción. Esta experiencia puede permitir diseñar un proyecto experimental sobre calorimetría, esto es, saber cuánto calor está presente en la reacción de descomposición, cuestión que escapa de nuestros objetivos.



Video: Descomposición rápida del agua oxigenada

<https://youtu.be/TVSru0QdSLk>

Descomposición del agua oxigenada con el dióxido de manganeso

Repetimos la reacción que hemos realizado anteriormente, aunque variamos el porcentaje del peróxido de hidrógeno y aplicamos un “freno” en dicha reacción.

Materiales

- Una probeta.
- Peróxido de hidrógeno sobre el 33%
- Dióxido de manganeso.
- Jabón de lavavajillas.
- Una cuchara y una cucharilla.



Sustancias: H₂O₂, lavavajillas y dióxido manganeso



Proceso de preparación

Procedimiento

1. No olvidar las medidas de protección personal.
2. Se vierten unos 30 ml de agua oxigenada concentrada del 33% en una probeta.
3. Se añade una cucharada sopera de lavavajillas al agua oxigenada y se mueve suavemente.
4. Se añade media cucharilla de dióxido el manganeso (reactivo).
5. El agua oxigenada se descompone dando oxígeno (pero de una forma más calmada), con lo que se obtiene espuma (gracias al detergente).
6. Al ser una reacción exotérmica, todo aquello que está en contacto con la misma, incrementa su temperatura. Lo podemos sentir acercando la mano sobre la probeta.



Verificación de incremento de temperatura y la composición de las burbujas

El gas de oxígeno producido forma las pompas de jabón y para comprobar su presencia, basta introducir un palillo alargado encendido. Podemos observar cómo se incrementa la reacción de combustión de dicho palillo debido a la presencia del oxígeno.

En las reacciones de descomposición estamos utilizando catalizadores (sin ser consumidos por la reacción) para acelerar la velocidad de ruptura del peróxido de hidrogeno, que de no utilizarse sería demasiado lenta para obtener oxígeno.



Vídeo: Descomposición del agua oxigenada

<https://youtu.be/SlhFm7IdSvs>

El genio de la lámpara

Es otra opción a las experiencias anteriores, en la que usamos una tetera, introduciendo un ambiente mágico a la experiencia.

1. Verteremos dentro de la tetera la misma cantidad de agua oxigenada que la variante anterior.
2. Sobre ella se introduce una pequeña cantidad de dióxido de manganeso envuelto en un trozo de papel de filtro (como si fuera una infusión).
3. En seguida se produce una reacción fuertemente exotérmica (el agua oxigenada se descompone en agua y oxígeno).
4. El oxígeno y el vapor del agua salen en forma de vapor y niebla por la boca de la tetera, anunciando que el “*genio de la lámpara*” está a punto de salir.
5. En realidad es un cambio de enfoque o de explicar la reacción de descomposición del agua oxigenada (cambiamos el recipiente, con las mismas sustancias).

Con este experimento o con cualquiera de ellos, podemos introducir una historia con los conceptos que queremos transmitir. La historia no solo sirve para entretener, ya que un relato potente puede cambiar los conocimientos, actitudes y decisiones de los oyentes y transformarse en una potente herramienta de comunicación.

Transformar los contenidos químicos teóricos en algo menos “tostón” y más fluido e interesante es mucho más fácil de lo que creemos, y puede cambiar nuestra manera de compartir conocimientos, y es mediante la introducción historias propias. Las cuales, atrapan y captan la atención de quien tenemos delante y a su vez les será más fácil recordar dichos conceptos y experiencias.

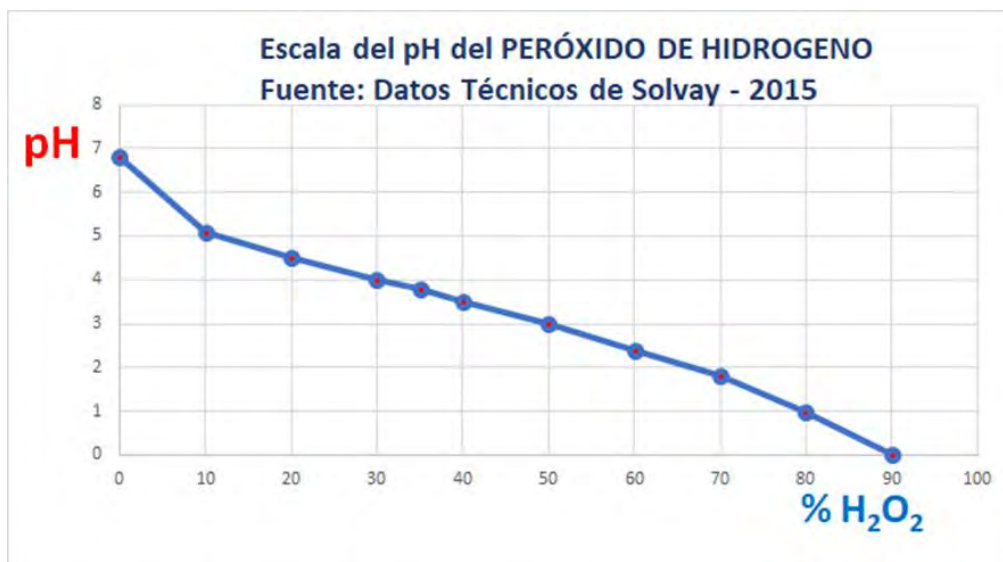
Para finalizar este experimento, mencionar que también podemos realizar cualquiera de las variantes anteriores cambiando los reactivos (permanganato de potasio o dióxido de manganeso) por otro reactivo, como el yoduro de potasio. En este caso la diferencia estriba en que obtendremos un cambio en los colores de los productos de la reacción hacia el amarillo, que también puede ser interesante.

El pH del peróxido de hidrogeno.

La estabilidad del peróxido de hidrógeno también es afectada por el pH.

El pH que se mide del peróxido de hidrógeno está afectado por su concentración. El índice del pH disminuye conforme aumenta el porcentaje del peróxido de hidrógeno, así para un H₂O₂ del 70%, le corresponde un pH de 2 (carácter ácido).

Para cualquier derrame o contacto fortuito con él, la dilución con agua normal es el método más apropiado para enfriar la posible descomposición exotérmica. Ya que es miscible en ella en todas sus proporciones.



Resumen final

Una de las mejores maneras de divulgar la ciencia es realizando demostraciones experimentales, junto con una buena narrativa de “historia”.

Por una parte, a menudo los experimentos son espectaculares por lo que resultan interesantes y estimulantes para los asistentes y ello también permite abordar los diferentes conceptos científicos y didácticos desde diferentes perspectivas. Las prácticas descritas se pueden reproducir tomando las medidas de seguridad indicadas.

Por último, la experiencia nos dice que “las historias” consiguen despertar la curiosidad, la motivación y el interés por la ciencia y por todo aquello que nos rodea. Con esa aspiración comenzamos el “viaje” y con ese deseo final las compartimos.

Bibliografía y Referencias

Dinámicas Químicas para Bomberos. David Garcés Lasheras. Supervisión técnica: Cristina Nerín, Berta Seco, María Calvo y Araceli Tena. *Inst. Inv. en Ingeniería de Aragón (Universidad de Zaragoza)*. Depósito legal: Z 897-2018. ISBN: 978-84-09-02585-5

Conceptos de química. Quílez Pardo, J.; Muñoz Bello, R.; Bleda Guerrero, J.M^a. *Revista Eureka (Enseñanza y Divulgación de las Ciencias)* (2004).

NFPA 491. Guía de Reacciones Químicas Peligrosas. Edición 1997. Cepreven, 2000.

Aguilar Muñoz, M^a Luisa, Durán Torres, Carlos *Química recreativa con agua oxigenada. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.* 2011. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92022427011> (Consulta 17 de marzo de 2020)

Sobre el dióxido de manganeso:

<https://cienciabit.com/wp51/blog/2019/05/31/dioxido-de-manganeso-mno2-de-una-pila-descomposicion-agua-oxigenada/> (Consulta 15-02-2020)

Apagar y encender un incendio

<https://www.youtube.com/watch?v=TFBn3DqpQY8> (Consulta: 20-02-2020)

Experiencia del genio de la lámpara:

<https://www.youtube.com/channel/UC4fLVw2AFwkwWAlYrN5RaRA> (Consulta: 13-03-2020)

<https://www.experimentoscientificos.es/oxidacion-peroxido-hidrogeno-permanganato-potasio-genio-la-lampara/> (Consulta 16-02-2020)

Experimento 220: El Genio de la Botella produce mucho vapor.

Jose M^a Gavira / Denis Paredes. *Química Insólita*. UNED, Dpto. Físicoquímica, 2019

<https://quimins.wordpress.com/2018/10/21/genio-botella-humareda-producida-por-ladescomposicion-del-agua-oxigenada/> (Consulta 16-02-2020)

Descubrimiento del oxígeno

<http://www.monografias.com/trabajos94/oxigeno-y-su-descubrimiento/oxigeno-y-su-descubrimiento.shtml> (Consulta: 20-02-2020)

Producción de dióxido de carbono y oxígeno con reacciones químicas:

<https://www.youtube.com/watch?v=TFBn3DqpQY8> (Consulta: 10-02-2020)

Agradecimiento a Rafael Ferruz y al personal del laboratorio de la empresa PeroxyChem Spain S.L., (La Zaida, Zaragoza) por sus aportaciones y excelente disposición para la realización de experimentos con peróxido de hidrógeno.