

Spain



INGENIERÍA DE ASTRONAVES
Naves espaciales en órbita

IA-SB-03



Mini botella a reacción

Uso de cohetes para entender
las reacciones de combustión



En esta investigación práctica el alumnado provocará una reacción de combustión utilizando una mezcla de alcohol y aire dentro de una botella de plástico de las que se usan para envasar agua. El alumnado presenciará una reacción rápida acompañada por un estruendoso «zumbido» que emulará lo que ocurre cuando prenden los combustibles durante el lanzamiento real de un cohete. La resolución de una serie de preguntas de debate conducirá al alumnado a concluir, en primer lugar, que las reacciones de combustión son exotérmicas, antes de que identifiquen los reactantes y productos de la reacción y antes de considerar qué ocurre con diferentes combustibles. El alumnado practicará además el ajuste de ecuaciones químicas.

SUMARIO

- 3** Datos básicos
- 4** Introducción
- 6** Actividad 1. Enciende la botella
- 9** Actividad 2. Estudio de la reacción de combustión
- 10** Fichas de trabajo para el alumnado
- 15** Enlaces de interés

IA-SB-03

Minibotella a reacción

Uso de cohetes para entender las reacciones de combustión

1ª Edición. Junio 2020

Guía para el profesorado

Ciclo
Secundaria y bachillerato

Edita
ESERO Spain, 2020 ©
Parque de las Ciencias. Granada

Traducción
Dulcinea Otero Piñeiro

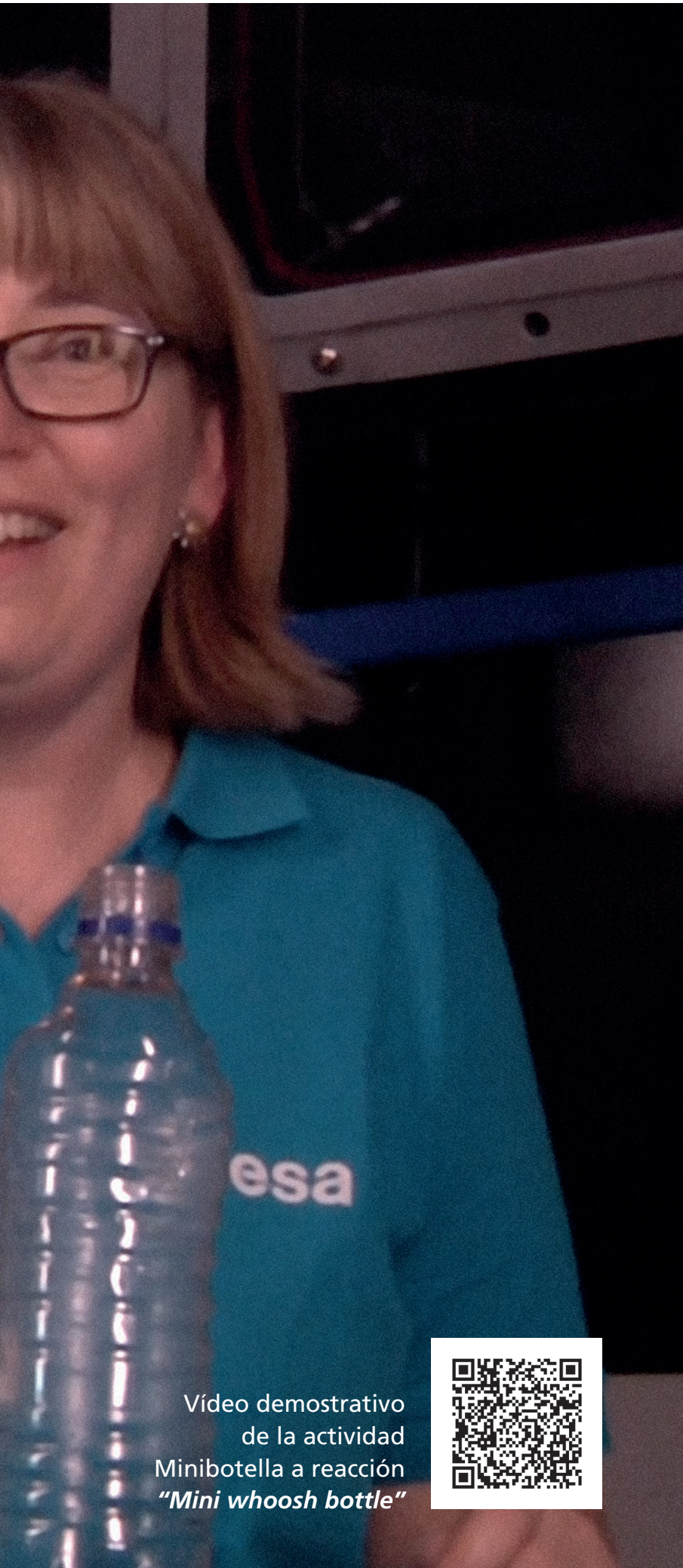
Dirección
Parque de las Ciencias, Granada.

Créditos de la imagen de portada:
ESA

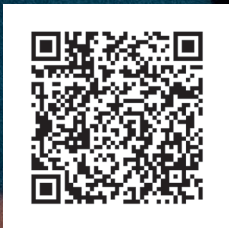
Créditos de la imagen de la colección:
NASA/ESA/ATG Medialab

Basado en la idea original:
MINI-WHOOSH BOTTLE
Using rockets to understand combustion reactions
Colección "Teach with space". ESA Education

Idea desarrollada para la ESA
por la National Space Academy (NSA, Reino Unido)



Vídeo demostrativo
de la actividad
Minibotella a reacción
"Mini whoosh bottle"



Objetivos didácticos



EL ALUMNADO APRENDERÁ:

- Cómo funcionan los motores cohete químicos.
- Que la combustión es una reacción exotérmica que precisa combustible y un oxidante.
- A escribir ecuaciones ajustadas para las reacciones de combustión.

EL ALUMNADO REFORZARÁ:

- La capacidad de aplicar conocimientos adquiridos a través de observaciones experimentales para resolver problemas teóricos.
- La destreza experimental general, incluido el empleo adecuado del instrumental y la realización y anotación de las observaciones.
- La capacidad para trabajar con seguridad en un laboratorio.



45 min.

Materia

Química

Intervalo de edades

De 14 a 17 años

Tipo de actividad

Práctica

Dificultad

Fácil

Coste por actividad

Bajo (de 0 a 5 € por cada minibotella)

Lugar para realizar la actividad

Laboratorio

Términos clave

Química: Reacciones de combustión
Física: lanzamiento de cohetes, fuerzas de acción y reacción

Incluye el empleo de

Combustibles muy inflamables
(etanol u otro alcohol)

Tiempo de preparación docente

20 minutos*

* Para leer la actividad.

Minibotella a reacción

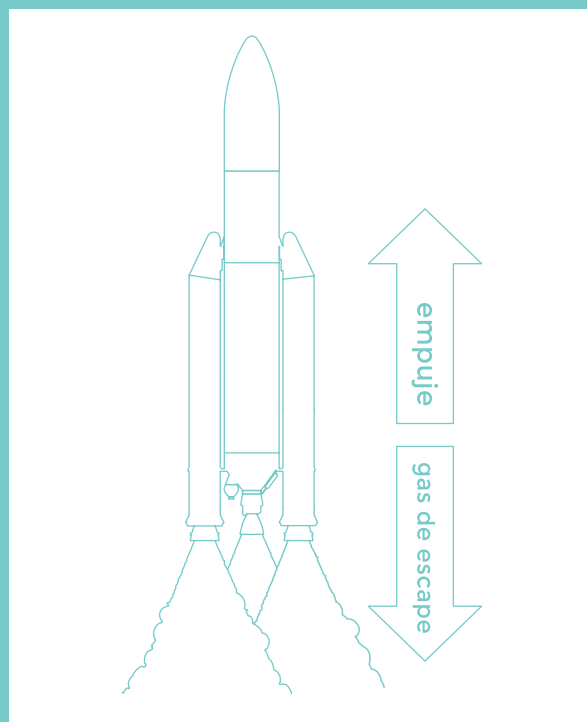
Conocimientos científicos

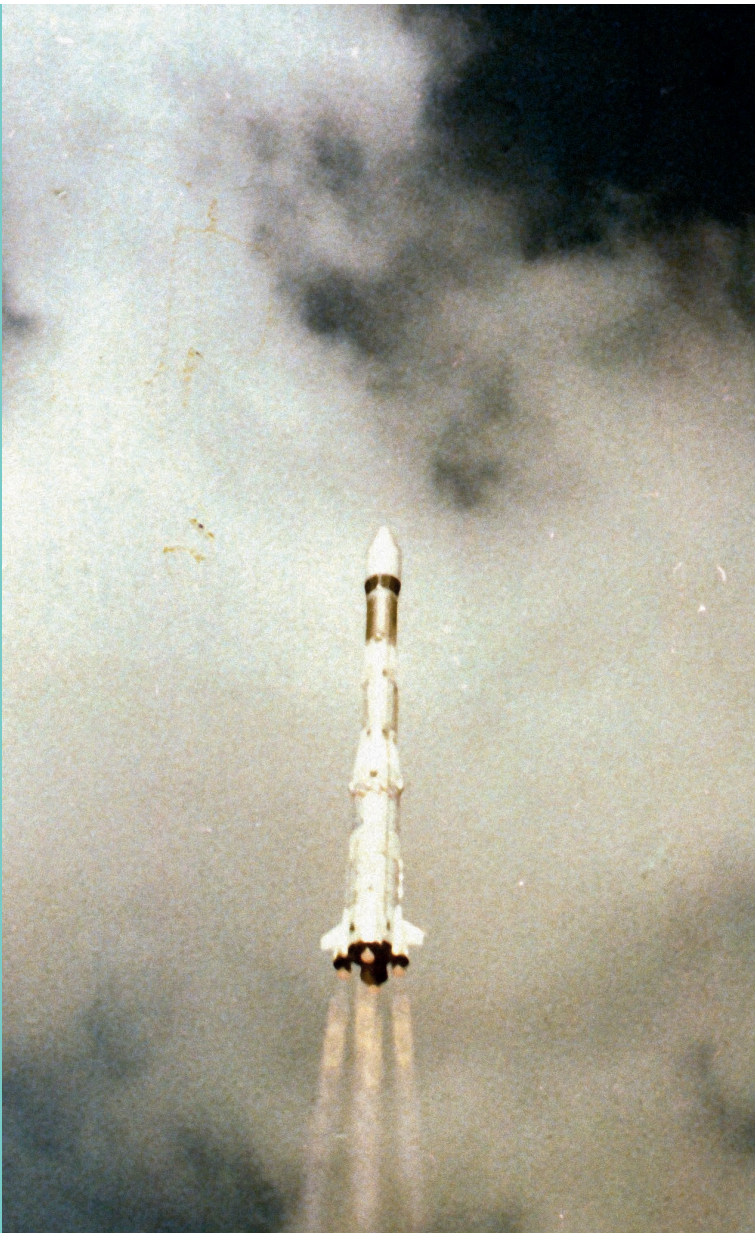


- La combustión es una reacción química en la que un material combustible y un oxidante se combinan para formar un producto oxidado. Esto suele implicar la quema de un combustible, con un suministro adecuado de oxígeno, para producir dióxido de carbono y agua. El combustible de los vehículos que se usan hoy en día en la Tierra, así como el de los cohetes, suele consistir en compuestos de hidrocarburos. La combustión es una reacción exotérmica que libera energía en forma de calor y/o luz, tal como se muestra en la imagen superior de la izquierda.

En un motor cohete químico los propelentes (tanto el combustible como el oxidante) se mezclan y arden en una cámara de combustión. La combustión produce gases calientes que se ven forzados a salir por la parte posterior del cohete a través de las toberas del motor. Esta es una fuerza de acción. Los gases ejercen una fuerza igual y opuesta sobre el cohete. Esto se denomina fuerza de reacción, o empuje. La reacción impulsa el cohete hacia arriba y lo separa del suelo (imagen inferior izquierda). Cuanto más pese el cohete, más empuje necesitará para despegar. La reacción de combustión debe ocurrir muy rápido para producir un empuje continuo suficiente para contrarrestar la gravedad de la Tierra.

El combustible y el oxidante suelen almacenarse en forma líquida o sólida. Una combinación habitual de combustible y oxidante para la propulsión de cohetes la conforman el hidrógeno líquido y el oxígeno líquido. Su combustión produce vapor de agua, que es un desecho limpio para el medioambiente. Estas dos sustancias suelen ser gases a temperatura ambiente, así que hay que enfriarlas hasta temperaturas muy bajas (criogénicas) para usarlas licuadas en motores cohete. En un cohete de combustible líquido, el combustible y el oxidante se almacenan en depósitos separados y se introducen en una cámara de combustión mediante un sistema de conductos, válvulas y turbobombas, donde se mezclan y arden para producir los gases calientes que proporcionan el





empuje. Los motores cohete de combustible líquido pueden controlarse para encenderlos y apagarlos en cualquier momento. En un cohete de combustible sólido el combustible y el oxidante están mezclados en forma de polvo fino que luego se comprime hasta formar una «masa» sólida. Una vez que prenden, continúan ardiendo hasta consumirse por completo. ●

Página anterior. De arriba a abajo: El cohete Ariane 5 despegando desde Kourou, en Guayana Francesa. ESA/CNES/Arianespace.

El empuje es la fuerza de propulsión de un motor cohete. Se trata de una fuerza de reacción relacionada con la tercera ley de Newton.

...

Arriba: Lanzamiento del primer cohete Ariane 1, vuelo L01 el 24 de diciembre de 1979. ESA



ACTIVIDADES

01

ENCIENDE LA BOTELLA

Descripción

En esta actividad práctica el alumnado preparará una minibotella a reacción para emular las reacciones de combustión que se producen en los cohetes de verdad. Usarán botellas pequeñas de plástico para garantizar la seguridad, pero el experimento se puede hacer también a modo de demostración en el aula por parte del docente usando una garrafa grande, como la que usan los dispensadores de agua de las oficinas. Para más información consultar el recurso “Botella a reacción” en los enlaces de interés.

Requisitos

Ninguno.

Tiempo

25 minutos

02

ESTUDIO DE LA REACCIÓN DE COMBUSTIÓN

Descripción

En esta actividad el alumnado responderá una serie de preguntas para analizar en términos matemáticos la reacción de combustión que observaron durante la actividad 1.

Requisitos

Ninguno.

Tiempo

20 minutos

ACTIVIDAD 1

Enciende la botella



25 min.

Ejercicios

1



En esta actividad práctica el alumnado preparará una minibotella a reacción para emular las reacciones de combustión que se producen en los cohetes de verdad. Usarán botellas pequeñas de plástico para garantizar la seguridad, pero el experimento se puede hacer también a modo de demostración en el aula por parte del docente usando una garrafa grande, como la que usan los dispensadores de agua de las oficinas. En los enlaces de interés y en este QR encontrarás el vídeo demostrativo de la minibotella a reacción (Mini-whoosh bottle – Classroom Demonstration Video -VC01) que puede servir de guía al alumnado durante la preparación de sus botellas a reacción. También, el video de una actividad de física relacionada con esta (The Whoosh Bottle Classroom Demonstration Video -VP01-). Una posibilidad consiste en probar con muchos combustibles diferentes y comparar su combustión. El etanol es el que mejor funciona como combustible porque es más volátil que otros tipos de alcoholes con mayor peso molecular (como el propanol o el butanol).

MATERIAL NECESARIO (para cada minibotella a reacción)

- 1 botella pequeña de plástico (de 250 a 330 ml). Es importante que todas las botellas tengan tapón. Las botellas de agua vacías son perfectas
- 1 ml de combustible como, por ejemplo, etanol (y, si se quiere, otras clases adicionales de alcoholes)
- 1 par de gafas de seguridad por cada estudiante
- 1 par de guantes de alta protección y cerillas largas (que solo usará el docente)
- Alfombrillas de aislamiento térmico

SEGURIDAD

- El alcohol es una sustancia muy inflamable. **No lo uses cerca de una llama.**
- Asegúrate de que las sustancias químicas inflamables, incluidos todos los alcoholes, **permanecen en recipientes cerrados** mientras no los uses.
- Lleva puestas en todo momento las **gafas de seguridad.**
- **Comprueba que las botellas no están deterioradas** y que no parecen especialmente frágiles. Si detectas alguna grieta, cámbialas por otras en buen estado.
- **Lleva guantes puestos** en todo momento al encender las botellas. Presta especial atención para separarte todo lo posible de la parte superior de la botella (también el tronco del cuerpo).
- Toma las **medidas generales de seguridad** dentro del laboratorio.

EJERCICIO

- 1 Proporciona al alumnado (o a cada grupo de alumnos) el material necesario.
- 2 El alumnado deberá seguir las instrucciones que encontrará en la ficha de actividades para el alumnado.
- 3 Recorre el aula prendiendo las botellas del alumnado. Deberán observar lo que pasa e intentar explicarlo.
- 4 El alumnado podrá repetir el experimento con otros combustibles para observar las diferencias durante la combustión. También podrían repetir el experimento usando una botella de plástico diferente.

RESPUESTAS

Respuestas para las preguntas que debe debatir el alumnado.

- 1 **Explica por qué crees que hay que evaporar el alcohol antes de nada.**

Las moléculas de alcohol en fase gaseosa entran antes en combustión que las moléculas en fase líquida. Esto se debe a que de ese modo están más dispersas por el interior del recipiente y cuentan con una superficie mucho mayor para la reacción.

- 2 **Describe qué ves dentro de la botella al final del experimento.**

Un líquido incoloro.

- 3 **Di qué sustancia crees que es. Sin probar ni oler nada, explica cómo podrías comprobar qué es esa sustancia.**

Los productos de una reacción de combustión completa son agua y dióxido de carbono. Como el dióxido de carbono es un gas y todo el combustible líquido sobrante se extrajo de la botella antes de iniciar la combustión, el líquido que queda en la botella tiene que ser agua.

Para comprobar si este líquido es agua bastará con añadir sulfato de cobre (II) anhidro a ese líquido y comprobar que lo vuelve azul.

- 4 **Escribe una ecuación con palabras para esta reacción.**

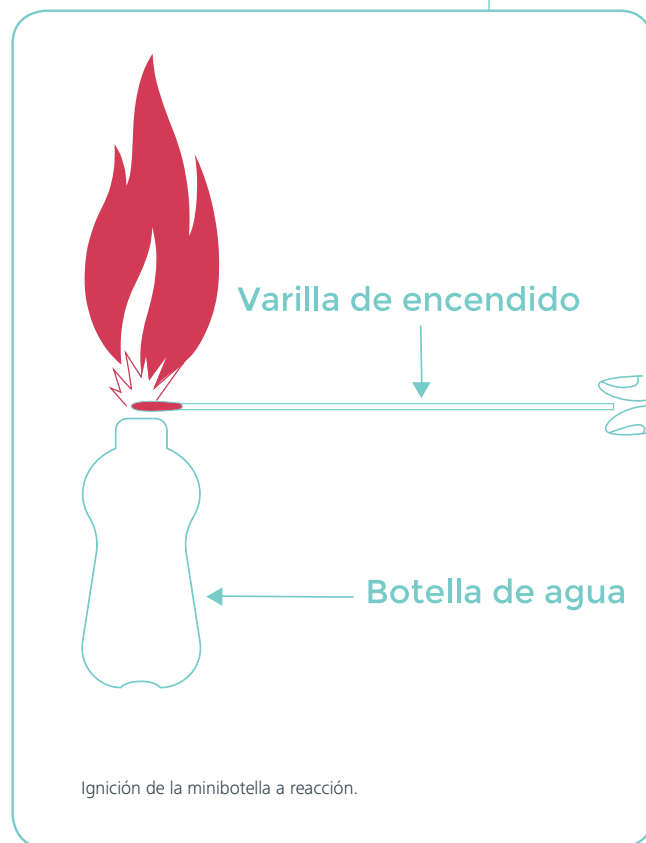
Etanol + oxígeno → dióxido de carbono + agua

- 5 **Comprueba si esta reacción es exotérmica o endotérmica. Justifica tu respuesta.**

Es exotérmica porque se observa luz (llama) y calor (un zumbido), lo que indica que se está liberando energía. El alumnado podrá tocar con cuidado la botella después del experimento para comprobar que se liberó calor durante la reacción. La llama de la cerilla aporta la energía de activación necesaria para la reacción.

- 6 **Identifica el factor limitante en esta reacción.**

El combustible.



pc

A1

pc

- 7 Explica por qué no se puede repetir este experimento inmediatamente después de que haya terminado.**
Porque casi todo el oxígeno que hay dentro de la botella se habrá consumido durante la reacción, así que la botella contiene ahora el nitrógeno que haya quedado del aire y el dióxido de carbono que se ha producido durante la reacción. Ninguna de estas sustancias es capaz de sostener la combustión, de modo que la reacción no puede volver a producirse de inmediato. Hay que esperar a que el aire que hay dentro de la botella se regenere.
- 8 Explica cómo podrías controlar o detener la combustión.**
El proceso de combustión se puede controlar o detener ajustando la cantidad de combustible o la cantidad de oxígeno disponibles, o la fuente de calor.
- 9 Comenta las similitudes y diferencias de la reacción que se produce dentro de la botella con la reacción que tiene lugar en los motores cohete. Recurre para ello a esta ficha de actividades, a Internet o a tus propios conocimientos.**
Tanto un motor cohete como la botella a reacción necesitan un combustible y una sustancia química que haga las veces de oxidante. El oxidante es la sustancia química que reacciona con el combustible de manera exotérmica (se libera energía durante la reacción). En el caso de la botella a reacción, el combustible (etanol) se oxida con el oxígeno del aire. El motor cohete funciona aislado de la atmósfera, así que necesita llevar su propio oxidante. Los motores cohete pueden usar diferentes propelentes sólidos o líquidos. Una combinación habitual de combustible/oxidante es el hidrógeno líquido y el oxígeno líquido, que es la que utiliza el motor Vulcain 2 del Ariane 5. Ambas sustancias se suelen encontrar en estado gaseoso a temperatura ambiente, así que hay que enfriarlas hasta temperaturas muy bajas (criogénicas) para que pasen a estado líquido.

ACTIVIDAD 2

Estudio de la reacción de combustión

En esta actividad el alumnado responderá una serie de preguntas para analizar en términos matemáticos la reacción de combustión que observaron durante la actividad 1.



20 min.

Ejercicios

1

RESPUESTAS

Las siguientes preguntas hacen referencia a una reacción de combustión completa del etanol a partir de una cantidad inicial de 1 ml de este combustible. Supón que se consume todo el combustible durante la reacción y que $\rho(\text{etanol}) = 0.789 \text{ g/ml}$.

[Masas atómicas relativas: C = 12; H = 1.01; O = 16]

- Escribe los nombres de los reactantes y de los productos de la reacción.**
 Reactantes: etanol y oxígeno Productos: dióxido de carbono y agua
- Escribe con símbolos una ecuación ajustada para esta reacción.**
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- ¿Qué masa tiene el etanol utilizado en esta reacción?**
 $m(\text{etanol}) = 0.789 \text{ g}$
- Calcula cuántos moles de cada uno de los reactantes y productos intervienen en este proceso.**
 $n(\text{etanol}) = 0.01713 \text{ mol}$, $n(\text{oxígeno}) = 0.05139 \text{ mol}$
 $n(\text{dióxido de carbono}) = 0.03426 \text{ mol}$, $n(\text{agua}) = 0.05139 \text{ mol}$
- Calcula la masa de cada uno de los reactantes y productos.**
 $m(\text{etanol}) = 0.789 \text{ g}$, $m(\text{oxígeno}) = 1.644 \text{ g}$
 $m(\text{dióxido de carbono}) = 1.507 \text{ g}$, $m(\text{agua}) = 0.926 \text{ g}$
- ¿Son iguales la masa total de los reactantes y la de los productos? Explica tu respuesta.**
 $m(\text{reactantes}) = 2.433 \text{ g}$, $m(\text{productos}) = 2.433 \text{ g}$
 La ley de conservación de la masa dice que la masa no se crea ni se destruye, así que la masa total en reactantes y productos deber ser idéntica. (Puede que el valor difiera mínimamente debido a errores de redondeo).
- En la versión de este experimento en la vida real explica si la masa total de los productos sería la misma que el valor que obtuviste en la pregunta 6.**
 La ley de conservación de la masa es válida en sistemas cerrados. Si se tiene en cuenta que la minibotella a reacción no es un sistema cerrado (el vapor expulsado transfiere energía y materia al entorno) no obtendremos el mismo valor para la masa de los productos que para la masa inicial de los reactantes.

r

ACTIVIDAD 1

Enciende la botella

En este experimento inducirás una explosión «controlada» al provocar la combustión de una mezcla de alcohol y aire. Esto te permitirá observar una llama que debería producir un «zumbido» al salir por la boca de la botella, emulando lo que ocurre durante el lanzamiento de un cohete. Cuando arde una mezcla de aire y alcohol se produce una combustión: una reacción química en la que una sustancia reacciona con rapidez con el oxígeno y libera energía. La sustancia inicial se denomina combustible, y la fuente de oxígeno se denomina oxidante. Los motores cohete también usan explosiones controladas. En los cohetes químicos, la explosión es el resultado de la combustión de los propelentes: el nombre que reciben las sustancias químicas que reaccionan para producir los gases calientes que impulsan el cohete.

MATERIAL NECESARIO (para cada minibotella a reacción)

- 1 botella pequeña de plástico (de 250 a 330 ml) con tapón
- 1 ml de un alcohol combustible
- 1 par de gafas de seguridad para cada estudiante
- 1 par de guantes de alta protección y cerillas largas (que solo usará tu profesor)
- Alfombrillas de aislamiento térmico

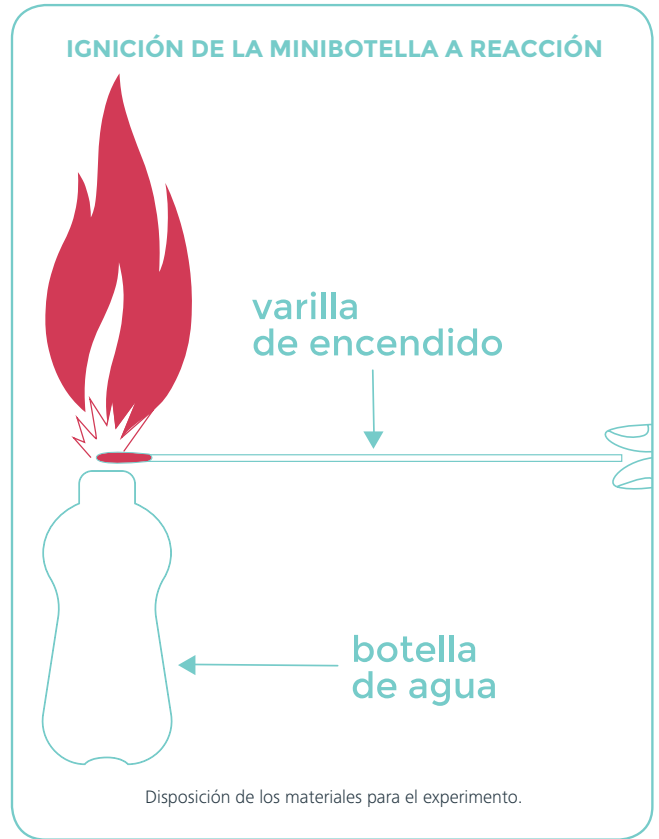
SEGURIDAD

- El alcohol es una sustancia muy inflamable. **No lo uses en cerca de una llama.**
- Asegúrate de que las sustancias químicas inflamables, incluidos todos los alcoholes, **permanecen en recipientes cerrados** mientras no los uses.
- Lleva puestas en todo momento las gafas de seguridad.
- **Comprueba que las botellas no están deterioradas** y que no parecen frágiles. Si detectas alguna grieta, cámbialas por otras en buen estado.
- **Lleva guantes puestos** en todo momento al encender las botellas. Presta especial atención para separarte todo lo posible de la parte superior de la botella (también el tronco del cuerpo).
- Toma las **medidas generales de seguridad** dentro del laboratorio.



EJERCICIO

- 1 Ponte las gafas de seguridad.
- 2 Retira el tapón de la botella de plástico y asegúrate de que el recipiente está completamente seco por dentro.
- 3 Introduce en ella 1 ml de combustible
- 4 Vuelve a colocar el tapón a la botella y agítala bien. El movimiento ayudará a que se evapore el alcohol.
- 5 Si aún queda algo de combustible en el fondo de la botella, deséchalo en un lugar seguro y vuelve a ponerle el tapón a la botella.
- 6 Coloca la botella de pie sobre una mesa protegida con una alfombrilla de aislamiento térmico y espera a que llegue tu profesor. Mantén siempre la mesa despejada de otros objetos.
- 7 Cuando el docente esté delante, retira el tapón de la botella, apártate de ella y observa lo que ocurre cuanto el docente acerque la cerilla a la boca de la botella.
- 8 Observa lo que ocurre. Observa también lo que sucede cuando encienda las botellas del resto de estudiantes.



ANÁLISIS

- 1 Explica por qué crees que hay que evaporar el alcohol antes de nada.

.....

.....

.....

- 2 Describe qué ves dentro de la botella al final del experimento.

.....

- 3 Di qué sustancia crees que es. Sin probar ni oler nada, explica cómo podrías comprobar qué es esa sustancia.

.....

.....

.....

a

A1

a

- 4 Escribe una ecuación con palabras para esta reacción.

.....

- 5 Comprueba si esta reacción es exotérmica o endotérmica. Justifica tu respuesta.

.....

.....

- 6 Identifica el factor limitante en esta reacción.

.....

- 7 Explica por qué no se puede repetir este experimento inmediatamente después de que haya terminado.

.....

.....

.....

- 8 Explica cómo podrías controlar o detener la combustión.

.....

.....

.....

- 9 Comenta las similitudes y diferencias de la reacción que se produce dentro de la botella con la reacción que tiene lugar en los motores cohete. Recurre para ello a esta ficha de actividades, a Internet o a tus propios conocimientos.

.....

.....

SABÍAS QUE...



En un motor cohete químico se procede a mezclar el combustible y el oxidante, los cuales arden en una cámara de combustión. Una combinación habitual de combustible y oxidante la conforman el hidrógeno líquido y el oxígeno líquido. Su combustión produce vapor de agua, que es un desecho limpio para el medioambiente. Estas dos sustancias suelen ser gases a temperatura ambiente, así que hay que enfriarlas hasta temperaturas muy bajas (criogénicas) para usarlas licuadas en motores cohete. Estos son los propelentes que se utilizan en la etapa principal de núcleo criogénico del cohete lanzador Ariane 5. El Ariane 5 también cuenta con dos aceleradores de combustible sólido. En esos motores el combustible y el oxidante se mezclan entre sí en forma de polvo fino y después se comprimen hasta formar una «masa» sólida. El polvo de aluminio es el combustible, y el perclorato de amonio hace las veces de oxidante.

ACTIVIDAD 2

Estudio de la reacción de combustión

Para llevar satélites o astronautas al espacio los cohetes necesitan quemar combustible para recibir empuje; esto se puede conseguir mediante una reacción de combustión. En la actividad 1 se produjo la combustión de un alcohol dentro de un cohete representado por una botella de agua. Las siguientes preguntas hacen referencia a una reacción de combustión completa del etanol a partir de una cantidad inicial de 1 ml de este combustible. Supón que se consume todo el combustible durante la reacción y que $\rho(\text{etanol}) = 0.789 \text{ g/ml}$.

[Masas atómicas relativas: C = 12; H = 1.01; O = 16]

1 Escribe los nombres de los reactantes y de los productos de la reacción.

Reactantes:

Productos:

2 Escribe con símbolos una ecuación ajustada para esta reacción.

.....

.....

3 ¿Qué masa tiene el etanol utilizado en esta reacción?

.....

4 Calcula cuántos moles de cada uno de los reactantes y productos intervienen en este proceso.

Cálculo:

.....

5 Calcula la masa de cada uno de los reactantes y productos.

Cálculo:

.....

6 ¿Son iguales la masa total de los reactantes y la de los productos? Explica tu respuesta.

.....

7 En la versión de este experimento en la vida real explica si la masa total de los productos sería la misma que el valor que obtuviste en la pregunta 6.

e1

A1

e1





Enlaces de interés

RECURSOS DE LA ESA

Minibotella a reacción – Vídeo de demostración en clase (VC01):

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Mini_whoosh_bottle_-_classroom_demonstration_video_VC01

Recurso relacionado: Botella a reacción

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Whoosh_bottle_applying_newton_s_laws_to_rockets_Teach_with_space_P01

Cohetes de combustible sólido y líquido

www.esa.int/Education/Solid_and_liquid_fuel_rockets

Introducción a cohetes de ESA Kids:

www.esa.int/kids/es/Aprende/Tecnologia/Lanzadores/Cohetes_europeos

Introducción al cohete Ariane 5

www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_5

Recursos de la ESA para utilizar en el aula

esa.int/Education/Classroom_resources

RECURSOS SOBRE EL ARIANE 5

Información sobre el cohete Ariane 5

www.arianespace.com/vehicle/ariane-5/

Entrada en Wikipedia sobre Ariane 5

https://es.wikipedia.org/wiki/Ariane_5



Spain



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners



La **Oficina Europea de Recursos para la Educación Espacial en España (ESERO Spain)**, con el lema «Del espacio al aula» y aprovechando la fascinación que el alumnado siente por el espacio, tiene como objetivo principal proporcionar recursos a docentes de primaria y secundaria para mejorar su alfabetización y competencias en materias CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Este proyecto educativo de la **Agencia Espacial Europea** está liderado en España por el **Parque de las Ciencias de Granada** y cuenta con la colaboración de instituciones educativas tanto nacionales como de ámbito regional en las distintas Comunidades Autónomas.



Ingeniería de Astronaves

COLECCIÓN
NAVES ESPACIALES EN ÓRBITA

Incluye, entre otros:

Kit de materiales para naves espaciales
Lanzamiento de cohetes
La aleación perfecta
3, 2, 1, ¡despegamos!
Minibotella a reacción
Botella a reacción

1ª edición, Junio 2020

ESERO SPAIN

Parque de las Ciencias
Avda. de la Ciencia s/n.
18006 Granada (España)
T: 958 131 900

info@esero.es
www.esero.es



IA-SB-03

MINIBOTELLA A REACCIÓN

CUADERNO DEL PROFESORADO
SECUNDARIA Y BACHILLERATO