

DEMO 82

Lanzador de Combustión y Transformaciones de Energía



Autor ficha	Ana Cros, Javier Garrido
Palabras clave	Tipos de energía, piezoelectricidad, combustión, energía química, eléctrica, cinética, potencial, acústica, luminosa, calor
Objetivo	Ilustrar la transformación de la energía de unas formas en otras. Reconocer la energía útil de aquella que se “pierde” para el proceso de interés. Razonar termodinámicamente sobre el proceso de combustión.
Material	Disparador piezoeléctrico montado. Pulverizador de alcohol. Papel de lija.
Montaje	No requiere, pero conviene probar su funcionamiento antes de llevarlo a clase (2 min.)

Descripción

Dispositivo

El disparador está fabricado con material casero. Consta de un pulsador piezoeléctrico, como el que puede encontrarse en los encendedores de cocina o en algunos mecheros. El montaje se ha realizado utilizando como soporte una botella de bebida isotónica cuya boca tiene el tamaño y diseño adecuados para insertar y sujetar el disparador piezoeléctrico. Los dos bornes del disparador se llevan hasta la parte inferior de la botella mediante sendos cables eléctricos, que se aseguran en el exterior mediante una regleta eléctrica. En el otro extremo de la regleta se conectan dos cables conductores rígidos (alambre de jardinero) situados de forma que sus extremos no se toquen pero separados una distancia pequeña (alrededor de un milímetro). Los alambres atraviesan la tapa de un bote de película de fotos, que se atornilla, junto con la regleta, a la base de la botella.

Los alambres de jardinero deben ser lo suficientemente cortos como para no tocar el fondo del bote de película de fotos cuando éste se encaja en la tapa. Para un óptimo funcionamiento conviene que tengan una longitud superior a la mitad de la longitud del bote. El dispositivo estará correctamente ensamblado cuando al pulsar el piezoeléctrico se observe saltar una chispa entre los alambres de jardinero.

Realización

1. El experimento comienza explicando el funcionamiento del dispositivo, las características del material piezoeléctrico y la formación de un voltaje eléctrico mediante presión, mostrando la chispa que salta entre los alambres de jardinero al apretar el pulsador piezoeléctrico.
2. A continuación, pulverizar el alcohol en el interior del bote de película de fotos. Basta con apretar una sola vez el pulverizador. En cualquier caso, no pulverizar nunca más de dos veces, puesto que podría dañarse el bote durante el experimento.
3. Calentar el bote con las manos o con el aliento para garantizar que las gotas de alcohol del interior pasen al estado gaseoso. Conviene esperar alrededor de uno o dos minutos para garantizar la evaporación. Se aconseja aprovechar este tiempo para explicar que el alcohol contiene energía química en sus enlaces, y que la chispa iniciará una reacción de combustión en la que se liberará parte de la energía de estos enlaces, que se transformará en otros tipos de energía. Desafiar a los estudiantes para que intenten adivinar el mayor número de formas de energía que aparecerán tras la explosión, de manera que participen activamente en el experimento y pueda captarse su atención. Una vez finalizada esta explicación habrán transcurrido los minutos necesarios para que el alcohol del interior del bote esté en estado gaseoso. En su forma gaseosa la temperatura necesaria para iniciar la combustión del alcohol es lo suficientemente pequeña como para que la chispa del piezoeléctrico de comienzo a la reacción.
4. Al apretar el pulsador se producirá una detonación y el bote de película saldrá disparado. Procurar inclinar el bote unos 45°, apuntando hacia el techo del aula de forma que nadie reciba el disparo de lleno y que el alcance del disparo sea mayor.

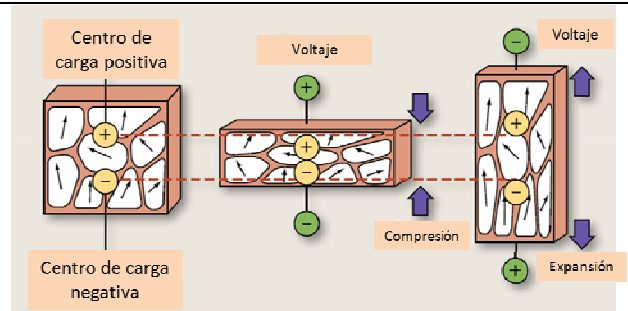
¿Qué se pretende ilustrar?

Además de discutir brevemente el concepto de piezoelectricidad, mediante este experimento se pretende ilustrar las distintas formas que puede adquirir la energía, incidiendo especialmente en la combustión que tiene lugar. A continuación mencionamos

brevemente los conceptos físicos más relevantes que intervienen en este experimento.

El efecto piezoeléctrico

La piezoelectricidad es la propiedad que presentan algunos materiales de crear una diferencia de potencial entre distintos puntos de su superficie cuando son sometidos a una deformación. El proceso se ilustra de forma esquemática en la figura. En el cristal sin deformar los centros de carga positiva y negativa están separados, formando un dipolo. Al deformar el cristal se modifica la distancia entre los centros de carga y se produce un potencial



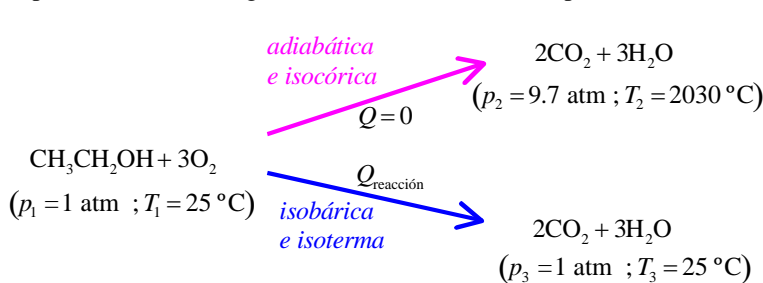
cuyo signo y magnitud dependen del tipo de deformación. Alternativamente, al aplicar un voltaje se producirá una deformación. En este experimento la diferencia de potencial originada en los extremos del material piezoeléctrico al presionar el disparador es llevada a través de los cables conductores hasta el alambre de jardinero. El campo eléctrico entre las dos puntas de alambre es lo suficientemente intenso como para producir la ruptura dieléctrica del aire (del orden de 1 MV/m). Suponiendo que el tamaño de la chispa es de 1 mm, la diferencia de potencial producida será del orden de 1000 V, que en este caso no son peligrosos para la salud porque la corriente eléctrica involucrada es muy pequeña. Aún así, si tocamos los cables con la mano percibiremos la chispa como un pinchazo doloroso.

Energía de enlace y combustión del alcohol

En el experimento se utiliza etanol, o alcohol etílico (CH₃-CH₂-OH). La reacción de combustión es la reacción exotérmica de un combustible (etanol) en presencia de un agente oxidante (el oxígeno del aire o comburente), dando lugar a otros compuestos químicos. En el caso que nos ocupa tenemos: CH₃-CH₂-OH+3O₂→2CO₂+3H₂O

Para iniciar la combustión es necesario alcanzar una temperatura mínima denominada temperatura de ignición. En nuestro experimento esto se consigue mediante la chispa del piezoeléctrico. Antes de producir la chispa conviene esperar dos o tres minutos para que el alcohol se evapore.

Parte de la energía de los enlaces del combustible se liberan en forma de calor. A su vez, parte de este calor se transforma en otras formas de energía: luz (durante la explosión se ve un flogonazo), sonido (se escucha una explosión). El calor intenso expande la mezcla de gases del interior del bote, impulsándolo con una cierta velocidad. Se observa la trayectoria parabólica del bote. Durante la trayectoria parte de la energía cinética inicial se transforma en energía potencial y viceversa: el bote se eleva primero para luego caer al suelo.



Se puede ampliar el contenido de la demostración informando sobre el balance energético en la combustión. Al ser instantánea, el proceso es adiabático. Si además mantenemos fijo el bote de modo que no pueda escapar, el proceso es a volumen constante. En este caso la presión y la temperatura crecen hasta los valores $p_2 = 9.7 \text{ atm}$ y $T_2 = 2030 \text{ }^\circ\text{C}$.

En este proceso la energía del sistema permanece constante $U_1 = U_2$. A partir de los valores $(p_2 ; T_2)$ se puede calcular el calor de reacción, que vale $Q_{\text{reacción}} = -327 \text{ kcal mol}^{-1}$. Para ello, se han de tener presente las relaciones $Q_{\text{reacción}} = (H_3 - H_2) + (H_2 - H_1)$; $H_3 - H_2 = \int_{T_2}^{T_3} C_{\text{productos}} dT$; $H_2 - H_1 = V_1(p_2 - p_1)$ siendo $C_{\text{productos}}$ la capacidad calorífica de los productos.

En nuestra experiencia no se alcanza la presión $p_2 = 9.7 \text{ atm}$. Mucho antes de ese valor el bote sale disparado con fuerza. Por lo tanto tampoco se llegará a los 2030 °C.

Advertencias

- Debido a su carácter explosivo, la detonación debe realizarse lejos de cualquier material fácilmente inflamable, incluyendo cortinajes ligeros, pelo o instalaciones de gas.
- Las puntas de alambre se oxidan con el tiempo. Si al probar el experimento no tiene lugar la detonación, lijar suavemente las puntas del alambre para eliminar el óxido.

Sugerencias

Esta demostración no pretende demostrar el principio de conservación de la energía, aunque este principio se puede mencionar y considerar conocido. Si pudiéramos medir las contribuciones de los diferentes tipos de energía, veríamos que se cumple.