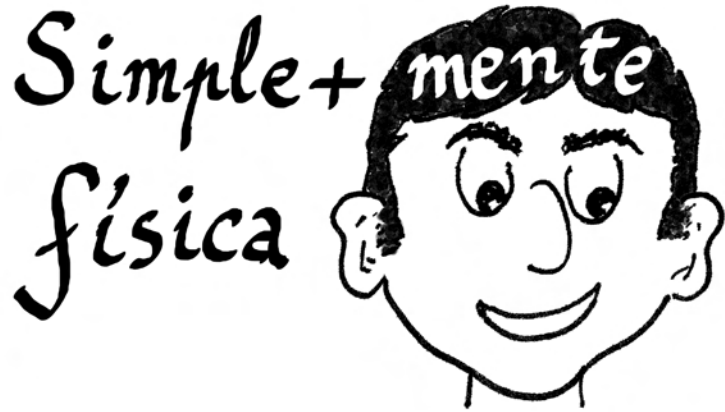


159

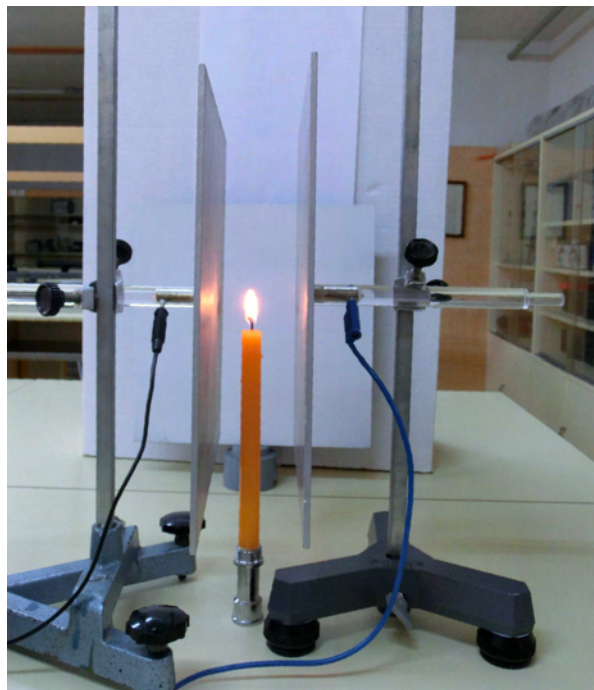


Llama en un campo eléctrico

(23 abril 2012)

Si colocamos una vela encendida en un campo eléctrico intenso (como el que hay entre las placas de un condensador a las cuales aplicamos una diferencia de potencial elevada), la llama:

- (a) se desvía en el sentido del campo eléctrico.
- (b) se desvía en el sentido contrario al campo eléctrico.
- (c) no se desvía.



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

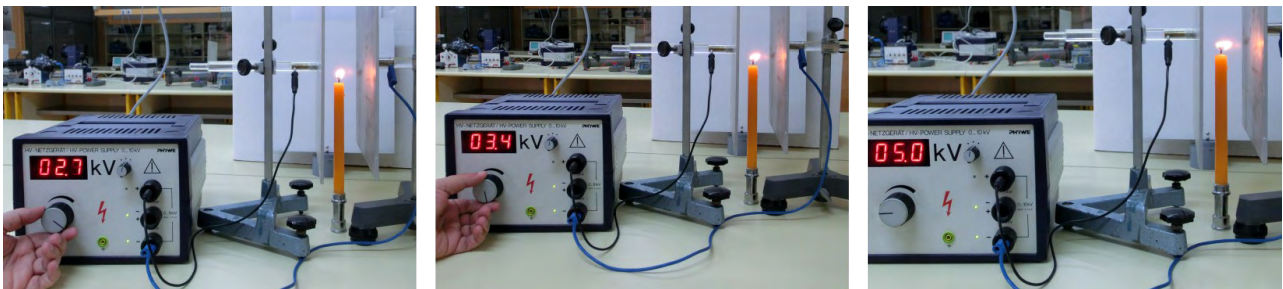
<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

Resp.: El material con el se suele fabricar una vela suele ser parafina (o estearina; pocas veces es de cera de abejas), que contiene principalmente hidrocarburos. Estos no son combustibles en estado sólido, tal como se comprueba al acercar una llama al cuerpo de una vela. Al encender la mecha de una vela, el calor de la llama funde la parafina próxima, la cual asciende por capilaridad entre los hilos que forman la mecha, en cuyo extremo se evapora (debido a la alta temperatura) y asciende por convección. La llama de la vela se mantiene gracias a la reacción de combustión entre el oxígeno de la atmósfera y los hidrocarburos que contiene la parafina vaporizada en la mecha.

Debido a las altas temperaturas que se alcanzan en la llama, parte de los hidrocarburos se ionizan, de manera que en una llama coexisten partículas cargadas y neutras. Las negativas son principalmente electrones, mientras que los iones positivos mayoritarios son H_3O^+ .¹ Estos últimos son más abundantes en el cono luminoso exterior de la llama, donde se alcanza las temperaturas más altas porque es la región en la que los hidrocarburos reaccionan con el oxígeno; las cargas negativas son más abundantes en la parte inferior de la llama (cerca a la mecha), donde la temperatura no es tan alta porque no hay suficiente disponibilidad de oxígeno.

Debido a la elevada temperatura y alta concentración de iones positivos en la zona de combustión, las partículas de hollín (cuya incandescencia genera la luz amarillenta que caracteriza una vela) también adquieren carga positiva.

Por lo tanto, la respuesta correcta a la pregunta planteada es la (a), ya que, en presencia de un campo eléctrico, la parte luminosa de la llama (que es donde hay mayor concentración de iones positivos) se desvía siguiendo las líneas del campo eléctrico. En las siguientes figuras se muestra una vela entre las placas de un condensador. Puede apreciarse que la llama se desvía hacia la placa de la derecha (que está conectada a la salida negativa de la fuente de tensión) y que el efecto es más notable cuanto más intenso es el campo eléctrico.²



En la figura adjunta se observa con más detalle la llama desviada desde la placa positiva hacia la placa negativa del condensador (es decir, siguiendo las líneas del campo eléctrico). La abundancia de restos de hollín depositados en dicha placa pone de manifiesto que la carga mayoritaria de éstos es positiva.



Las cargas negativas de la llama se desvían hacia la placa positiva del condensador, pero no se perciben en la imagen porque hay menos partículas de hollín cargadas negativamente; en la imagen de la derecha puede verse que se deposita menos hollín en la placa positiva.

La existencia de cargas positivas y negativas en diferentes regiones de una llama puede comprobarse colocando los terminales de un voltímetro en las partes superior e inferior de la llama (mejor si es de un mechero Bunsen); procediendo de este modo se detectará una (pequeña) diferencia de potencial, cuyo signo cambiará cuando se permutan las posiciones de los terminales en la llama.

Como vemos, el estudio de una llama no deja de ser un tema fascinante, tanto para la divulgación (Faraday publicó en 1861 *La historia química de una vela*), como para la investigación fundamental (identificación de elementos a partir de análisis espectral) o aplicada (el hollín que sale con los humos de las chimeneas se elimina mediante precipitadores electrostáticos; se controla que la llama piloto de las calderas está encendida comprobando que pasa corriente entre dos electrodos inmersos en la llama).

¹La reacción primaria en el proceso de quimioionización en una llama es $\text{CH}^* + \text{O} \rightarrow \text{HCO}^+ + \text{e}^-$, pero el ion HCO^+ cede rápidamente un protón a una molécula de agua mediante la reacción $\text{HCO}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}$, y de esta manera se genera el ion H_3O^+ , que es el más abundante en una llama.

²Agradezco a Vicent Esteve (Departament de Física Aplicada, Universitat d'Alacant) la ayuda durante la realización de la fotografías que ilustran esta cuestión.