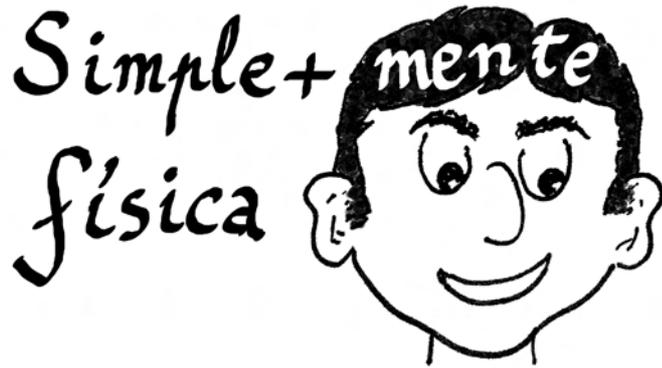


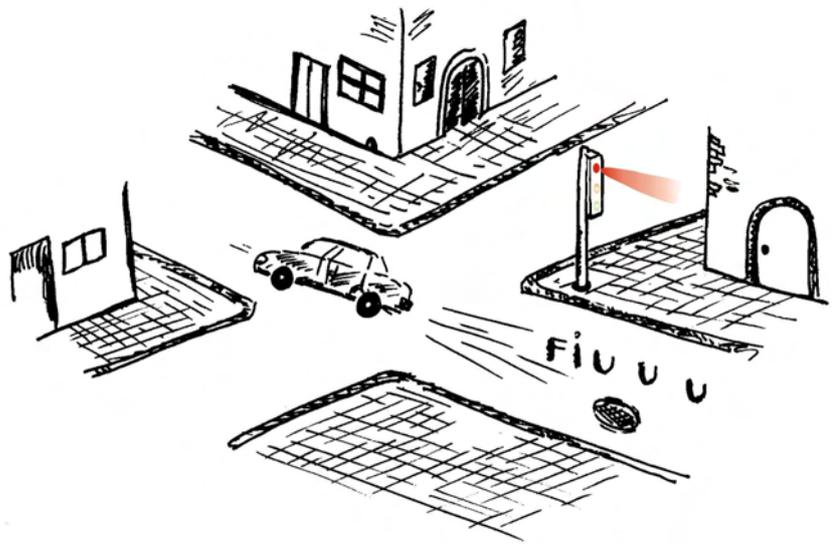
137



Semáforo, efecto Doppler... y profesor listillo

(2 - 6 noviembre 2009)

Entre las anécdotas que se han popularizado en física figura la siguiente.¹ Cuando arrestaron al profesor R. W. Wood por saltarse un semáforo en rojo en Baltimore, éste intentó tomar el pelo al juez alegando que, debido al efecto Doppler, le pareció que la luz del semáforo era de color verde, puesto que se aproximaba hacia el semáforo con el coche. Si el juez hubiera sabido más física, le hubiera pedido al profesor Wood que calculase la velocidad a la cual debía conducir para que percibiera como verde la luz del semáforo rojo, y entonces le hubiera multado por exceso de velocidad.



¿A qué velocidad tendría que aproximarse el profesor Wood al semáforo para percibir como verde lo que era luz roja?

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 García Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)
<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

¹ G. Gamow, *One, Two, Three... Infinity. Facts and Speculations of Science* (Dover, 1988), p.330.

Resp.: Se conoce como efecto Doppler la variación entre la frecuencia que emite una fuente y la que percibe el receptor cuando ambos están en movimiento relativo. Las expresiones que se emplean en el caso de ondas que necesitan un soporte material para propagarse (como el sonido) y las que no necesitan de ningún soporte material para propagarse (como las ondas electromagnéticas) son diferentes. El caso que nos ocupa trata de la propagación de la luz (que es una onda electromagnética), por lo tanto, hemos de emplear la expresión del denominado efecto Doppler relativista, pues se deduce inmediatamente tras aplicar la cinemática relativista al movimiento de una fuente de ondas electromagnéticas respecto de un observador. La relación entre la frecuencia f_0 con que emite la fuente, y la frecuencia f que percibe un observador que se acerca con velocidad v hacia la fuente es²

$$f = f_0 \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$$

donde $c = 3 \times 10^8$ m/s es la velocidad de la luz en el vacío.

En la tabla adjunta aparece el rango de longitudes de onda que corresponde al espectro visible. Para realizar los cálculos tomaremos unos valores intermedios para las frecuencias de la luz roja (f_0 , emitida por el semáforo) y la luz verde (f , percibida por el conductor):

$$f_0 = 535 \times 10^9 \text{ m} \text{ y } f = 665 \times 10^9 \text{ m}.$$

Tras despejar v de la ecuación del efecto Doppler y sustituir valores, obtenemos

$$v = c \frac{f^2 - f_0^2}{f^2 + f_0^2} = 6.4 \times 10^7 \text{ m/s}.$$

Color	λ (nm)
Violeta	400 - 450
Azul	450 - 500
Verde	500 - 570
Amarillo	570 - 590
Naranja	590 - 630
Rojo	630 - 700

Esta velocidad es aproximadamente la quinta parte de la velocidad de la luz. A pesar de la multa por exceso de velocidad, quizá habría que plantearse premiar al profesor Wood³ por haber alcanzado una velocidad tan extraordinaria!

Miscelánea (frases, anécdotas, curiosidades...): George Gamow (1904-1968), físico nacido en Ucrania y nacionalizado norteamericano. Realizó notables contribuciones en física atómica y nuclear, así como en cosmología; también hizo incursiones en la naciente biología molecular. Además, fue un excelente divulgador científico, cuyos libros narraban momentos históricos y anécdotas relacionadas con la física, recogidos de primera mano.

² Si el movimiento relativo fuese de alejamiento, habría que sustituir v por $-v$ en la expresión del efecto Doppler.

³ El protagonista de la anécdota a la que se refiere Gamow es Robert Williams Wood (1868-1955), profesor de física norteamericano que realizó importantes contribuciones en óptica y espectroscopía; sus datos espectroscópicos sirvieron a Niels Bohr para fundamentar su modelo atómico en 1913.