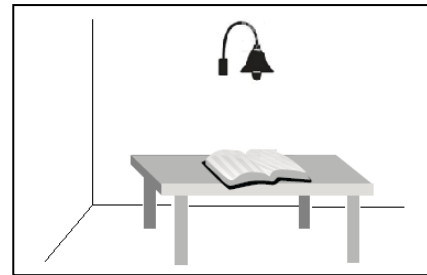


Calculad la presión que ejerce la luz emitida por una bombilla de 500W a una distancia de 1m. Comparadla con la presión que ejerce un libro de bolsillo de 200 g apoyado encima de una mesa con una superficie de 200cm²



Planteamiento:

Los fotones no tienen masa, pero sí tienen energía, E, e impulso, p, que se relacionan a través de la siguiente expresión:

$$p = E/c$$

Por ello, cuando la luz interactúa con la materia, la luz, además de poder ser absorbida o emitida por ella, también la empuja.

Este hecho ya era conocido con anterioridad al establecimiento de la relatividad especial y, curiosamente, también es una consecuencia de la teoría electromagnética de Maxwell, que se contrastó experimentalmente al estudiar un fenómeno conocido como “presión de la radiación”: cuando la luz incide, por ejemplo sobre una lámina metálica le ejerce presión; si esa lámina es muy fina y se dispone de modo que pueda girar, la luz que incide sobre ella le provoca un giro y se puede deducir, del ángulo de torsión, el valor del impulso lineal del haz lumínico. El primer experimento cuantitativo sobre este fenómeno lo realizó Lebedev en el año 1901, pero fue algo más tarde cuando Gerlach y Golsen en 1923 obtuvieron las primeras medidas correctas de la presión de la luz.

Como se puede imaginar, la magnitud de la presión que puede ejercer la luz es casi insignificante, tal y como vamos a comprobar en este ejercicio.

Resolución:

La presión del libro de bolsillo apoyado en la mesa es:

$$P_{libro} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{0'2 \cdot 9'8}{0'02} = 98 \frac{N}{m^2}$$

El impulso de la luz que emite la bombilla es:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{Pot \cdot \Delta t}{c} \text{ de donde: } \frac{p}{\Delta t} = \frac{Pot}{c} = \frac{500}{3 \cdot 10^8} = 1'67 \cdot 10^{-6} N$$

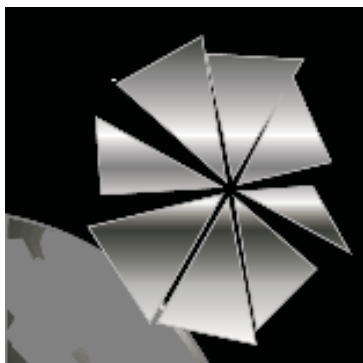
Esta luz se propaga en todas las direcciones y a 1m de distancia forma un haz esférico, es decir, se reparte en una superficie de:

$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = 4\pi m^2 \quad (R= 1m)$$

Por tanto, ejerce una presión:
$$P_{luz} = \frac{\frac{p}{\Delta t}}{S} = \frac{1'67 \cdot 10^{-6}}{4\pi} = 1'33 \cdot 10^{-7} N/m^2$$

Así pues, la presión ejercida por el libro es, redondeando, casi 800 millones de veces mayor que la presión de la radiación de la bombilla ($98/1'33 \cdot 10^{-7} = 7'4 \cdot 10^8 = 740 \cdot 10^6$).

Ampliación



Cabe concebir situaciones en las que la presión de la luz, aunque es muy pequeña, puede tener efectos macroscópicos observables. Un ejemplo de ello son las velas estelares que imaginó por primera vez el astrónomo ruso Friedrich Tsander en 1924 y también formaron parte de relatos de ciencia ficción, como uno de Arthur C. Clarke, llamado “El viento del Sol” (1962). Un velero estelar debería ser muy fino y ligero, tener una superficie muy brillante que refleje los fotones para impulsarla, aprovechando la energía de la luz emitida por el Sol o por otras estrellas. Aunque reciba un empuje muy pequeño, éste le podría permitir alcanzar grandes velocidades, dada la ausencia de rozamiento en el espacio.

La primera propuesta en firme para crear una nave propulsada por velas solares fue promovida a finales de los años 1970 por el científico Louis Friedman, de la NASA. Se pretendía enviar una sonda al encuentro del cometa Halley, pero después de un año de estudios se consideró que la tecnología no estaría disponible a tiempo y el programa fue finalmente cancelado. Hasta la fecha (2018), no se ha conseguido lanzar con éxito ninguna nave con velas solares como sistema de propulsión primario, salvo la sonda japonesa IKAROS, lanzada hacia Venus en mayo de 2010 y parcialmente impulsada por una vela de 20 m de lado, y el satélite NanoSail-D puesto en órbita por la NASA, que en enero de 2011 desplegó una vela de 10 m² y estuvo orbitando la Tierra durante más de 240 días (para mayor información se puede consultar: https://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/24jan_solarsail).