



## La potencia del Sol y cómo medirla

### Introducción: El fotómetro de Bunsen

Para medir la potencia de las estrellas, los astrónomos usan el fotómetro, un instrumento que mide la cantidad de luz que nos llega. Permite determinar la cantidad de energía por unidad de tiempo (la potencia) de una fuente desconocida en comparación con otra fuente bien caracterizada. Históricamente, hay varios fotómetros propuestos para comparar fuentes de luz. En este trabajo nos centraremos en el de Robert Bunsen (figura 1), un químico y físico alemán del siglo XIX. Construyó muchos de los dispositivos que necesitaba en sus experimentos. Quizás el más conocido es el mechero que lleva su nombre, pero también inventó el fotómetro de mancha de aceite.

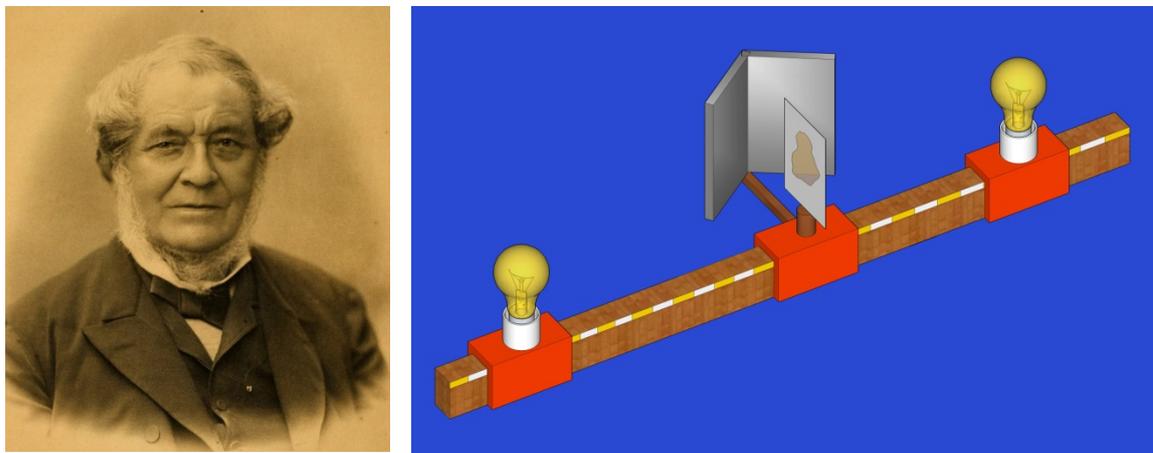


Fig. 1 Robert Wilhelm Bunsen y su fotómetro de mancha de aceite

El fotómetro inventado por Bunsen permitía comparar la intensidad de dos fuentes de luz, una conocida y otra no.

Para hacerlo, basta situar ambas fuentes en los extremos de una cinta métrica. Entre las fuentes se coloca un papel blanco liso con una pequeña mancha de aceite. En el área manchada, el papel se vuelve semitransparente. Al mover el papel entre las dos fuentes de luz, llega un momento en que la mancha apenas es visible. En esta posición, la iluminancia que llega a los dos lados del papel es la misma. La iluminancia es el flujo que llega por unidad de área. Como el flujo luminoso que sale de una bombilla se distribuye de forma radial entre la superficie de una esfera de radio  $d$  y área  $= 4 \pi d^2$ , cuanto más lejos, menos

iluminancia. Si ambas fuentes son bombillas del mismo tipo, el número de lúmenes que salen por cada vatio es similar, y en los cálculos podemos sustituir el flujo luminoso por la potencia eléctrica.

Es decir, si  $P_1$  y  $P_2$  son las potencias eléctricas de las dos lámparas, y  $d_1$  y  $d_2$  son las distancias desde el papel a cada una de las fuentes de luz, se deberá cumplir:

$$\frac{P_1}{4\pi d_1^2} = \frac{P_2}{4\pi d_2^2} \Rightarrow \frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

Si por ejemplo las lámparas son halógenas de 100 W y 60 W (figura 2), en la posición donde la mancha de aceite no es visible ocurrirá:

$$\frac{100}{d_1^2} = \frac{60}{d_2^2}$$

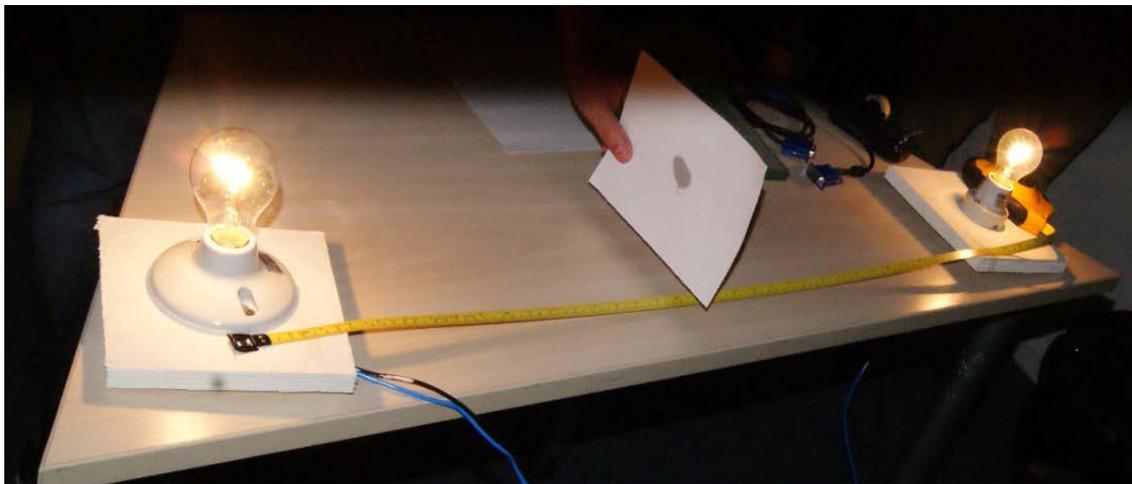


Fig. 2. Como la mancha se ve oscura, hay poca luz detrás de ella y debería acercarse a la bombilla de la derecha hasta que la mancha desapareciera.

Podemos hacer una experiencia preliminar en el aula, para verificar la funcionalidad del fotómetro de mancha de aceite. Vamos a comparar una bombilla patrón de 60W, con otras dos bombillas de muestra, similares pero de 40W y 100W. En la Tabla 1 el alumno puede registrar los datos con precisión.

**Como siempre en ciencia, debemos registrar los resultados.**

**Tabla 1.** Experiencia preliminar para aprender a usar el fotómetro

Lámpara usada como patrón			Lámpara usada como muestra			
Tipo de bombilla	Potencia indicada (W)	Distancia bombilla-papel (m)	Tipo de bombilla	Potencia indicada (W)	Distancia bombilla-papel (m)	Potencia Calculada (W)

## Experiencia 1: Determinación de la potencia del Sol con el fotómetro de mancha de aceite

Sin embargo, el uso más interesante del fotómetro Bunsen es la determinación de la potencia o luminosidad del Sol. Usando el fotómetro de mancha de aceite, calcularemos la potencia del Sol comparándola con, por ejemplo, una bombilla de 100 W (figura 3)

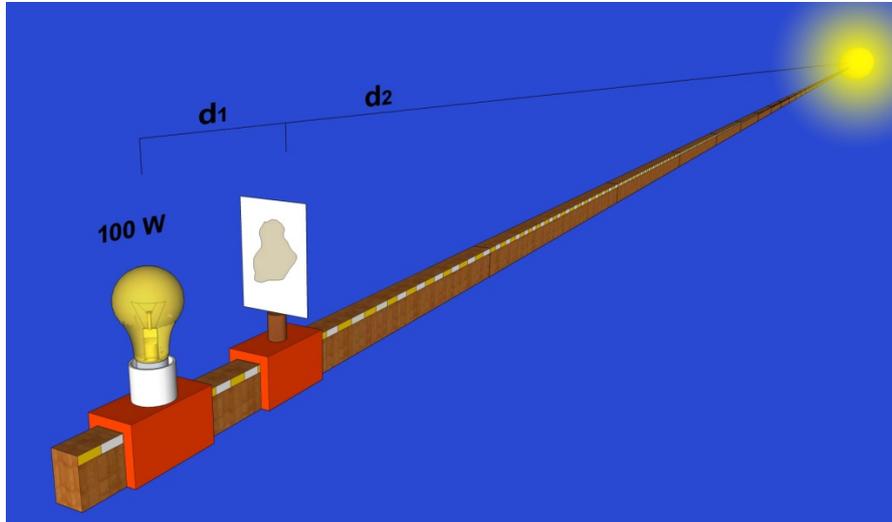


Fig. 3: Comparando la potencia del Sol con una lámpara de 100W

En un día soleado, se instalan al aire libre el fotómetro y una bombilla halógena de al menos 100 W (cuanto más, mejor). El fotómetro se coloca entre el Sol y la bombilla, a una distancia tal que la mancha casi desaparezca. Se mide la distancia  $d_1$  en metros, desde el fotómetro hasta el filamento de la lámpara (figura 4).

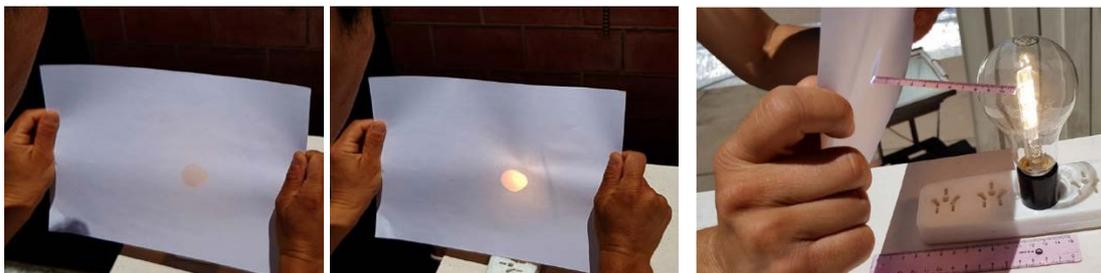


Fig. 4. Cuando la mancha no es visible, se mide la distancia del papel al filamento.

Sabiendo que la distancia del Sol a la Tierra es aproximadamente  $d_2 = 150.000.000.000$  m (1 unidad astronómica), se puede calcular la potencia del Sol  $P_{Sol}$  con la fórmula usada en la actividad previa (ley de la inversa del cuadrados):

$$\frac{100W}{d_1^2} = \frac{P_{Sol}}{d_2^2}$$

Aunque la eficiencia luminosa del Sol y de la lámpara halógena no son las mismas, pero el resultado que se obtiene no debería diferir demasiado de la luminosidad real del Sol, que es  $3,83 \cdot 10^{26}$  W.

## Experiencia 2: Determinación de la potencia del Sol para la inclusión

Podemos realizar otro experimento (figura 5) para estimar la luminosidad solar, reemplazando el papel con la mancha de aceite por nuestro rostro. En un soleado día de verano, es posible comparar el calor que proviene del Sol en una de las mejillas de la cara y el calor que proviene de una bombilla de 100 W en la otra. La distancia de la bombilla a la cara debe cambiarse hasta que el alumno (con los ojos cerrados o ciego) tenga exactamente la misma sensación de calor en la piel de ambas mejillas. Midiendo la distancia  $d$  de la bombilla a la cara y la distancia conocida  $R$  a nuestro Sol ( $150 \times 10^9$  m), podemos estimar la luminosidad del Sol con la misma fórmula.

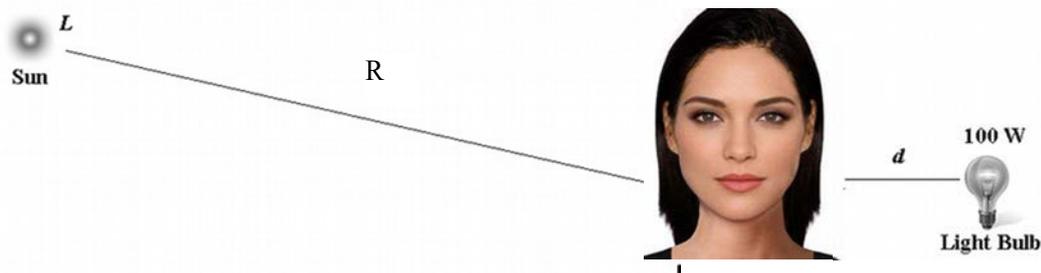


Fig. 5. Aplicación de la relación  $P_{Sol} / R^2 = P / d^2$

La 'misma sensación' significa la misma intensidad de calor desde el Sol y desde la lámpara. Suponiendo que la eficiencia en esas longitudes de onda fuesen similares en el Sol y en la bombilla, se puede aplicar la mencionada ley de la inversa de los cuadrados

El valor de la distancia  $d$  será de unos 10 cm. Con este valor, el resultado de la Luminosidad del Sol sale alrededor de  $2.2 \times 10^{26}$  W, un poco menor que la real. El motivo es que la atmósfera no es transparente a la radiación en el infrarrojo, y el Sol aparece en estas longitudes de onda más débil de lo que realmente es. Pero la sencillez del método compensa la menor precisión en el resultado.

### Autores:

Alexandre de Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno, Rosa M. Ros, miembros de NASE.

### Bibliografía:

- J. A. Belmonte, F. Berthomieu, A. Costa, H. Deeg, S. Deustua, J. Fierro, B. García, M.K. Hemenway, R. Moreno, J.M. Pasachoff, J. Percy, R.M. Ros, M. Stavinschi, **14 pasos hacia el Universo**, Rosa M. Ros y Beatriz García edi., Barcelona, 2018.
- A. Costa & A. L. Gonçalves, Solar Physics. Theory and applications, **Astronomy at our Schools**, EAAE-IAU Course on Astronomy Education, EAAE Summer School, Alexandre Costa and Rosa M. Ros Ed., Portugal, Loulé, 2016.
- B. García, R. Moreno, Potencia del Sol y distancia a las estrellas: el poder de la fotometría, Barcelona 2018.

Finalmente, envíe esta hoja con los resultados y dos o tres fotos de cada Experiencia a [newsletter.nase@gmail.com](mailto:newsletter.nase@gmail.com)



## La potencia del Sol y cómo medirla

### ACTIVIDADES PARA REALIZAR Y ENVIAR

Realice la Experiencia 1 (con mancha de aceite), la Experiencia 2 (con la mejilla de la cara) o ambas, obtenga el valor para la Potencia del Sol y registre los resultados de cada Experiencia en la siguiente Tabla de Resultados:

**Tabla de Resultados de la Potencia Solar**

<b>Nombre del profesor/a</b>				
<b>Escuela, País</b>				
<b>Día y hora</b>				
<b>Tipo de Medición</b>	<b>Patrón</b>		<b>Resultados</b>	
<b>Experiencia 1:</b>	<b>Tipo de bombilla</b>	<b>Potencia Indicada (W)</b>	<b>Distancia bombilla-papel (m)</b>	<b>Potencia Solar calculada (W)</b>
Mancha de aceite				
<b>Experiencia 2:</b>	<b>Tipo de bombilla</b>	<b>Potencia Indicada (W)</b>	<b>Distancia bombilla – cara (m)</b>	<b>Potencia Solar calculada (W)</b>
Mejilla de la cara				

Apertura del proyecto: 21 de marzo de 2019 (equinoccio)

La actividad estará abierta hasta: 21 de junio de 2019 (solsticio)

Los resultados se difundirán a nivel mundial en virtud de la iniciativa IAU100