



FÍSICA

3 CALORIMETRIA

6. Energia irradiada pelo Sol

NOME _____
ESCOLA _____
EQUIPE _____ SÉRIE _____
PERÍODO _____ DATA _____

OBJETIVO

- Medir a energia irradiada pelo Sol por unidade de tempo, ou seja a potência irradiada.

INTRODUÇÃO

O Sol é a fonte original de toda a energia que move algo na Terra (com exceção da energia nuclear). Seu valor é altíssimo, assim como é muito alta a temperatura na superfície do Sol. Pode parecer temerário querer determinar o valor desta energia usando apenas uma lata de cerveja vazia, um termômetro e como único recurso matemático a regra de três. No entanto nós faremos exatamente isso.

Por maior que seja o valor da energia que o Sol emite, esta energia se espalha pelo espaço, e a energia que chega em uma determinada área muito distante do Sol será cada vez menor, e fácil de ser medida. Nossa “sonda espacial” será uma lata de cerveja cheia d’água aqui na Terra. Por menor que esta lata seja, a superfície que ela expõe ao Sol é uma parte minúscula de uma esfera imensa ao redor do Sol e pela qual toda a energia que o Sol emite deve forçosamente passar. É a esfera ao redor do Sol que contém a órbita terrestre. Em outras palavras, se soubermos a energia que passa pela face da lata exposta ao Sol e soubermos a fração da superfície da esfera que esta área representa, podemos determinar a energia que passa por toda a esfera e que é a energia que o Sol emite, usando uma simples regra de três.

O Sol tem forma esférica sendo a energia pelo Sol irradiada igualmente em todas as direções, tal que esta energia é propagada em forma esférica (fig 6.1). A área da esfera que é atravessada pela energia irradiada pelo Sol é:

$$A = 4 \pi R^2 \quad (6.1)$$

Considerando esta energia irradiada pelo Sol incidindo na superfície da Terra, temos que R é a distância do Sol a Terra (fig. 6.2), cujo valor aproximado é: $R = 150\,000\,000\text{ km}$

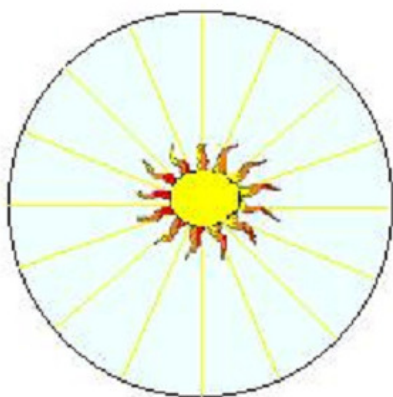


Figura 6.1 - Energia irradiada pelo Sol em forma esférica

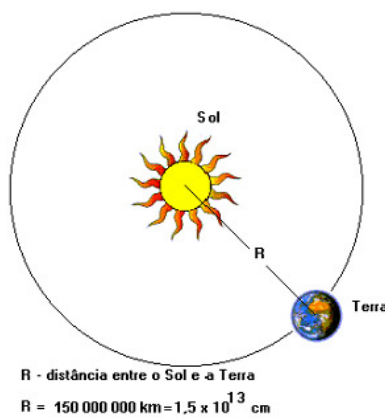


Figura 6.2- Esfera que a energia total irradiada pelo Sol atravessa ao atingir a superfície da Terra.

No nosso experimento esta energia total irradiada pelo Sol estará incidindo sobre um corpo negro, que no nosso caso é uma lata de alumínio contendo água, revestida com tinta preta fosca. Corpo negro é o corpo que absorve toda a energia radiante que incide nele. Mede-se a energia irradiada na lata por unidade de tempo. A seguir calcula-se a energia total do Sol E_{total} por unidade de tempo aplicando uma regra de três entre a área A da lata (fig. 6.4) e a área da esfera A_{total} da fig. 6.2.

$$E_{\text{total}} / \Delta t \rightarrow A_{\text{total}}$$

$$E / \Delta t \rightarrow A$$

Obtendo: $E_{\text{total}} / \Delta t = (E / \Delta t) (A_{\text{total}} / A)$ (6.2)

Onde: $E \rightarrow$ energia transmitida para a água em joules

$A_{\text{total}} \rightarrow$ área da esfera que contém a energia do Sol irradiada pelo Sol

$A \rightarrow$ área da secção longitudinal da lata

Como a razão entre a energia e o tempo é a potência, podemos reescrever a expressão 6.2 como:

$$P_{\text{total}} = P (A_{\text{total}} / A)$$
 (6.3)

MATERIAL

- Lata cilíndrica de metal (de bebida) de 350 mL com a superfície lateral pintada com tinta preta fosca.
- Termômetro (-10⁰ C - 110⁰ C)
- Proveta (100 mL)

PROCEDIMENTO

- Coloque 250 mL de água na lata e meça a temperatura inicial (T_i)
- Exponha a lata ao Sol em uma posição que achar conveniente, tal que a sombra da lata seja reduzida a um retângulo fazendo com que os raios solares atinjam a superfície lateral da lata (fig. 6.3). Este procedimento faz com que a energia solar irradiada, seja absorvida pela água, correspondente ao retângulo projetado (fig. 6.3).

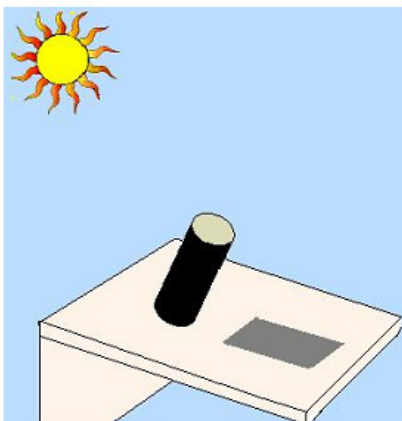


Figura 6.3 - Modo de exposição da lata

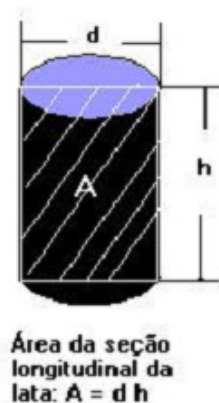


Figura 6.4- Medida da área longitudinal (A) da lata

- Permaneça com a lata no Sol durante 3 a 5 minutos. Durante a exposição agite a lata para tornar mais homogênea a temperatura da água.
- Meça a temperatura final (T_f) após este tempo de exposição e anote este tempo.
- Meça o diâmetro (D) e o comprimento da lata (h) para calcular a área longitudinal da lata (A) (figura 6.4).

DETERMINE

- A quantidade de calor, $Q = m c_{\text{água}} \Delta T$ recebida pela água durante o tempo de exposição no Sol, considerando $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$. Não será considerado o calor recebido pela lata porque a massa da lata é pequena em relação à massa de água e o calor específico da lata também pequeno em relação com o da água.

- A razão entre a quantidade de calor e o tempo de exposição ($Q/\Delta t$).
- Determine a energia da radiação solar (E_{total}) equivalente recebida por segundo, $E_{\text{total}}/\Delta t$, considerando que $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$.
- A área da seção longitudinal (A) da lata (fig. 6.4).
- A energia da radiação recebida pela água por segundo e por unidade de área, $(E/\Delta t / A)$.
- A área da esfera que a energia irradiada pelo Sol atravessa: $A_{\text{total}} = 4\pi R^2$, onde R é a distância Terra-Sol (figura 6.2).
- A energia total (E_{total}) irradiada pelo Sol por segundo, isto é, a potência do Sol e o tempo.
- Compare este valor com a potência elétrica total fornecida por todas as usinas do Brasil que é da ordem de $90\,322 \text{ MW}$.

Tabela 6.1 - Medidas e dados – Energia Irradiada pelo Sol

$m_{\text{água}}$ (g)	$c_{\text{água}}$ (cal / g °C)	T_i (°C)	T_f (°C)	t (s)	d_{lata} (cm)	h_{lata} (cm)	$R_{\text{Terra-Sol}}$ (cm)

Exemplo: Cálculo da Energia irradiada pelo Sol por segundo

$c_{\text{água}}$ (cal / g °C)	T_i (°C)	T_f (°C)	Δt (s)	d_{lata} (cm)	h_{lata} (cm)	$R_{\text{Terra-Sol}}$ (cm)
1,0	27,0	29,0	300,0	5,0	11,6	$1,5 \times 10^{13}$

Quantidade de calor recebida pela água:

$$Q = m c (T_f - T_i) = 500,0 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{lata}} = m_{\text{lata}} c_{\text{Al}} (T_f - T_i) = 8,4 \text{ cal}$$

Razão entre a quantidade de calor recebida e o tempo de exposição: $Q/\Delta t = 500,0 / 300 = 1,7 \text{ cal/s}$ Considerando que $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$, tem-se que:

$$E/\Delta t = 1,7 \times 4,186 \approx 7,1 \text{ J/s}$$

Energia solar irradiada recebida pela água por unidade de tempo, por unidade de área:

$$E / \Delta t / A = 7,1 / 58 \approx 0,13 \text{ J / (s cm}^2\text{)}$$

Área da esfera que a energia irradiada solar atravessa:

$$A_{\text{total}} = 4\pi r^2 = 4 \times 3,14 (1,5 \times 10^{13})^2$$

$$A_{\text{total}} = 28,6 \times 10^{26} \text{ cm}^2$$

Energia total irradiada pelo Sol por unidade de tempo ou potência total solar irradiada:

$$\begin{aligned} E_{\text{total}} / \Delta t &= (E/\Delta t / A) \times A_{\text{total}} = \\ &= 0,13 \cdot 28,6 \times 10^{26} = \\ &= 3,7 \times 10^{26} \text{ J/s} \end{aligned}$$

$$P_{\text{total}} = 3,7 \times 10^{26} \text{ W}$$

Este resultado foi obtido no início de março em condições atmosféricas favoráveis e não havia nuvem entre o Sol e a posição em que foi medida na Terra. Resultados diferentes podem ser obtidos dependendo do dia, hora e das condições atmosféricas em que for realizado o experimento. O valor encontrado não pode ser maior que o valor de referência.

$$E_{\text{total experimental}} / \Delta t = 3,7 \times 10^{26} \text{ (J/s) ou}$$

$$P_{\text{total experimental}} = 3,7 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$E_{\text{total referência}} / \Delta t = 3,92 \times 10^{26} \text{ (J/s) ou}$$

$$P_{\text{total referência}} = 3,92 \times 10^{26} \text{ W}$$