



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:  $R = 150\,000\,000\text{ km}$

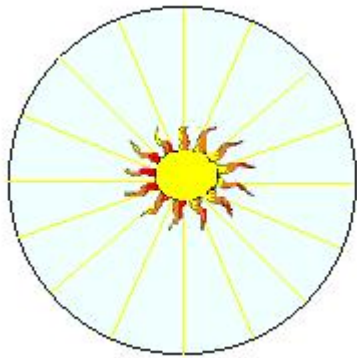


Figura 6.1 - Energia irradiada pelo Sol em forma esférica

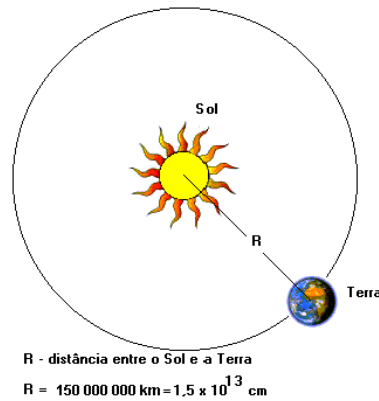


Figura 6.2- Esfera que a energia total irradiada pelo Sol atravessa ao atingir a superfície da Terra.

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.

$$E_{total} / \Delta t \Rightarrow A_{total}$$

$$E / \Delta t \Rightarrow A$$

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

Onde:

$E \Rightarrow$  energia transmitida para a água em joules

$A_{total} \Rightarrow$  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:

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

### Material

- Lata cilíndrica de metal (de bebida) de 350 mL com a superfície lateral pintada com tinta preta fosca.
- Termômetro ( $-10^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$ )
- 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).



### Exemplo: Cálculo da Energia irradiada pelo Sol por segundo

| $c_{\text{água}} (\text{cal} / \text{g } ^\circ\text{C})$ | $T_i (^\circ\text{C})$ | $T_f (^\circ\text{C})$ | $\Delta t (\text{s})$ | $d_{\text{lata}} (\text{cm})$ | $h_{\text{lata}} (\text{cm})$ | $R_{\text{Terra-Sol}} (\text{cm})$ |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 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:

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

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

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

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.

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

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

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

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