

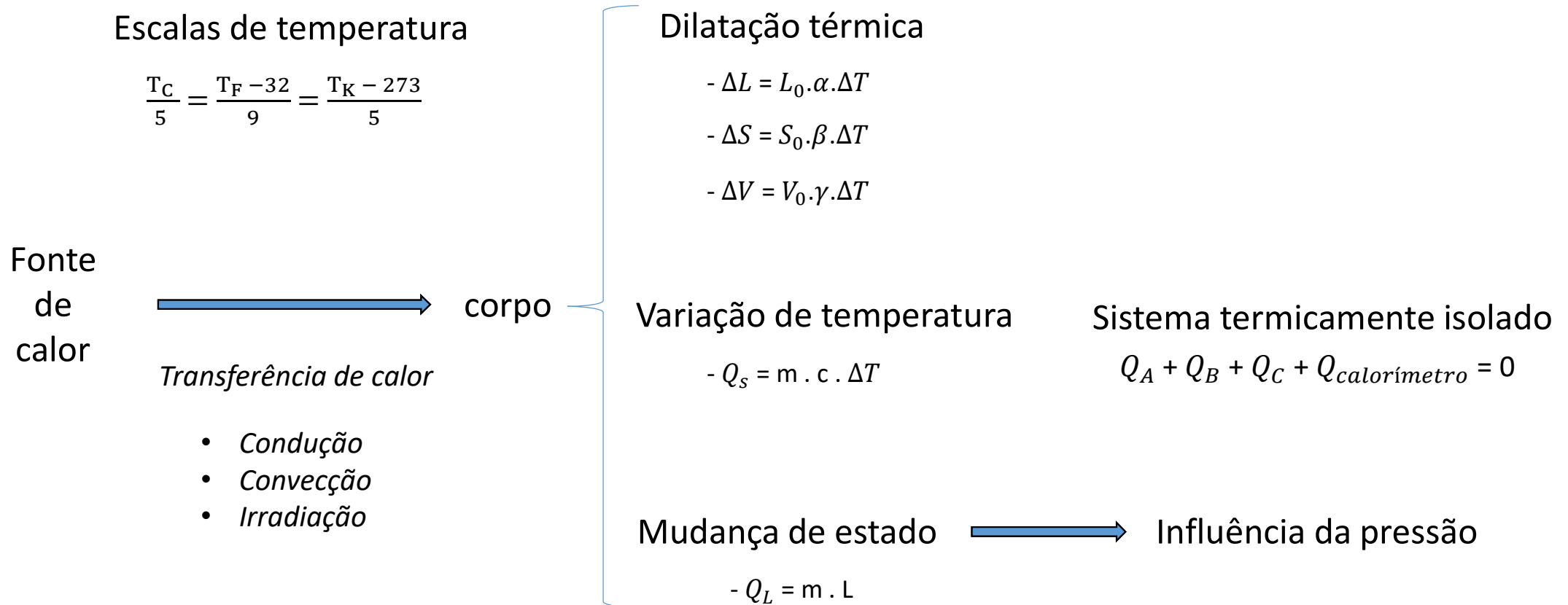
Processos de transferência de calor ou propagação de calor

Livro 4 A / Capítulo 2 / Página 112

- SL 02 - Mapa conceitual
- SL 03 - Teoria
- SL 19 - Exercícios

Apresentação e demais documentos: **fisicasp.com.br**

Mapa conceitual



Calor

- Trânsito de energia térmica que ocorre, espontaneamente, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.
- Calor é energia em trânsito. O corpo não possui calor ou armazena calor. Por isso o termo “estou com calor” não é correto.
- Podemos dizer que os corpos armazenam energia térmica. A energia térmica é a energia que tem origem na agitação das partículas.
- Os corpos não trocam temperatura.
- A quantidade de calor (Q) é medida de Joules (J) no S.I.
- $1 \text{ cal} \cong 4,2 \text{ J}$

Calor causando
alteração da
temperatura:
calor sensível

Calor causando
mudança de
estado físico:
calor latente

A



B



CALOR

Antes:

$$T_A > T_B$$

Depois:

equilíbrio térmico

$$T'_A = T'_B$$



Processos de transferência de calor

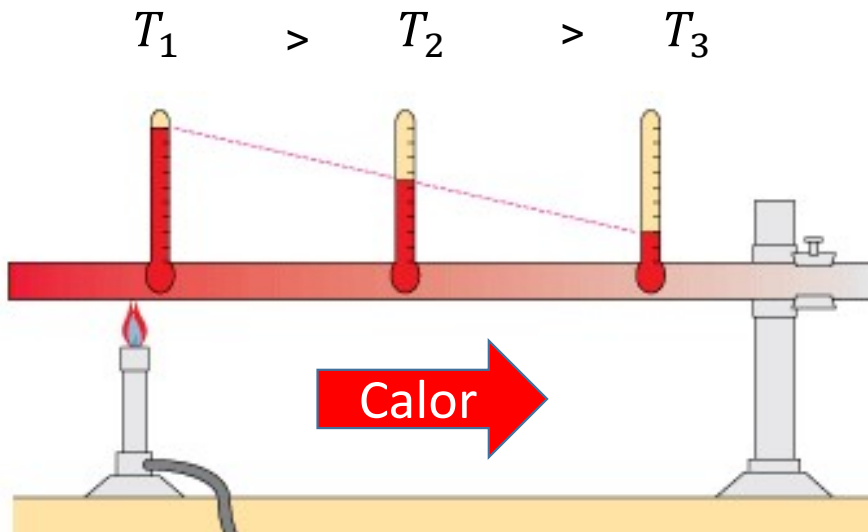
Transferência do
calor

Condução

Convecção

Irradiação

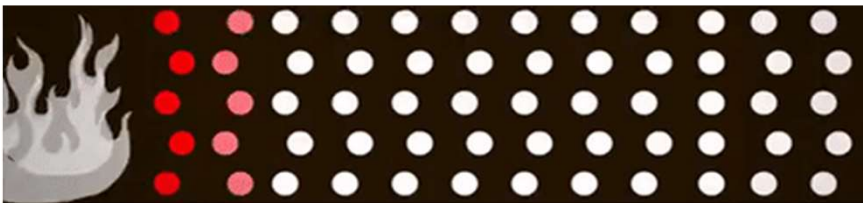
Condução



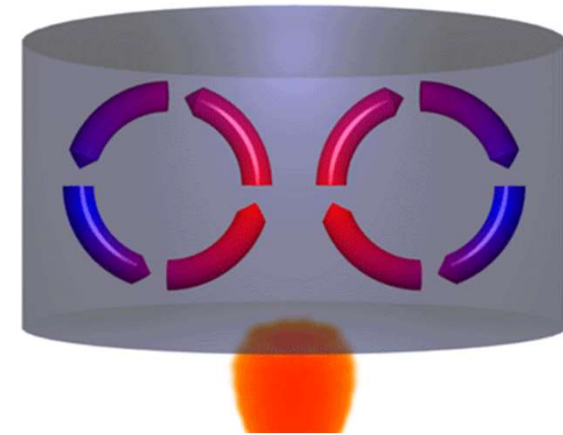
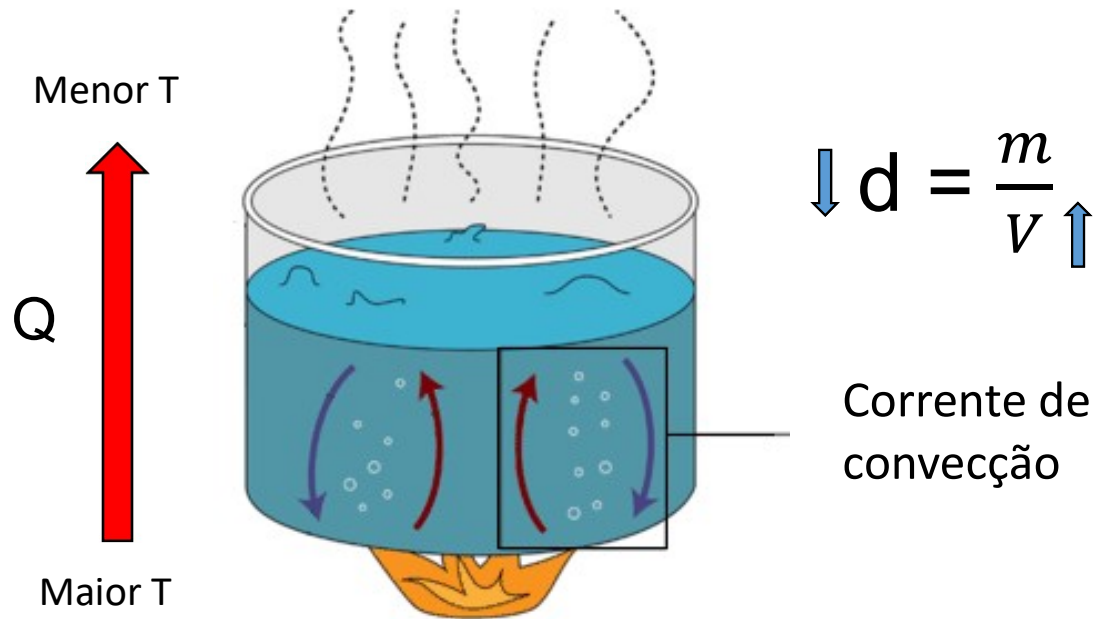
- Colisões entre as partículas (partícula por partícula).
- Predominante em meios sólidos.
- Necessidade de um meio material (não ocorre no vácuo).
- Sem transporte de matéria.

- Metais são os melhores condutores de calor
- Maus condutores de calor ou isolantes térmicos

- Ar
- Vidro
- Isopor

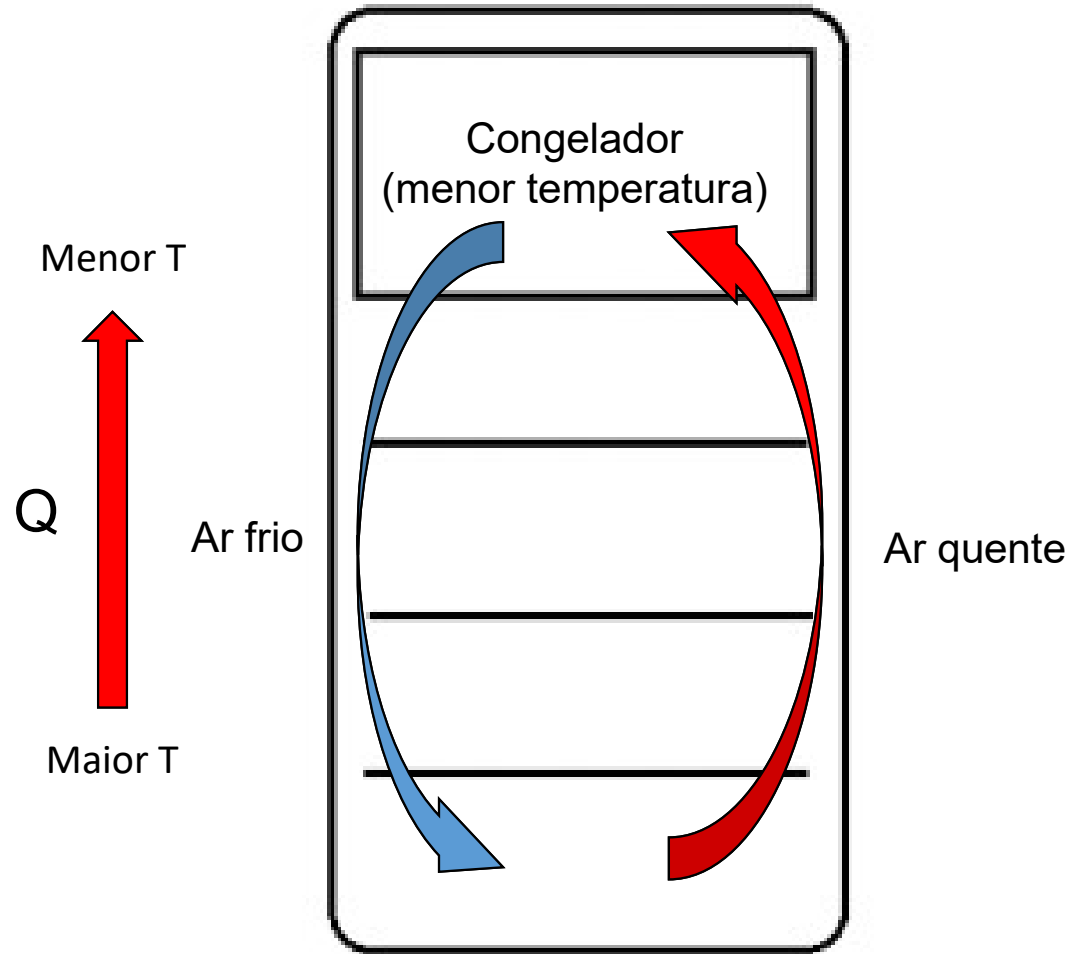


Convecção

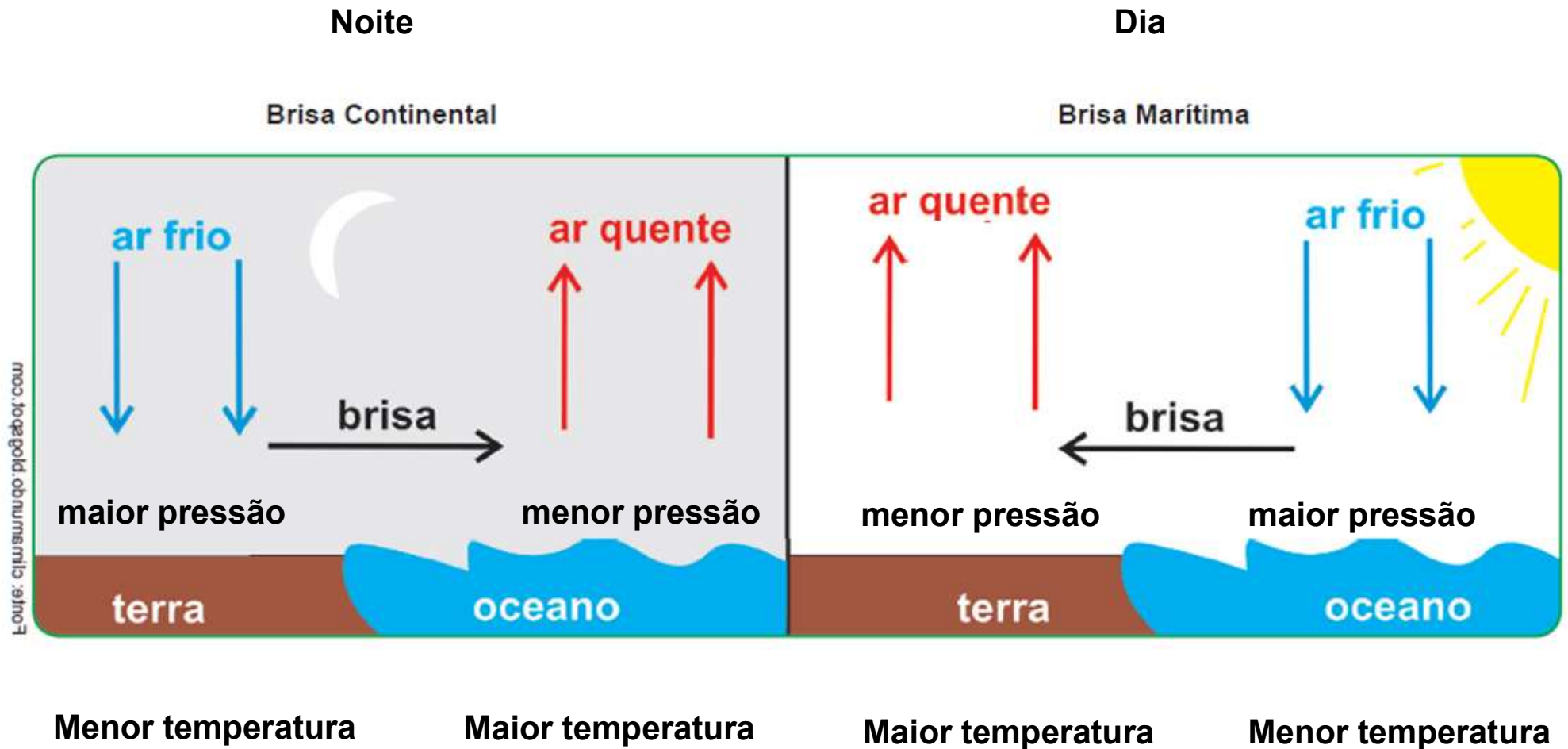


- Transferência de calor que ocorre devido à movimentação da matéria
- A movimentação da matéria se dá em virtude das diferenças de densidade e ação da gravidade.
- Ocorre somente nos gases e líquidos.
- Necessidade de um meio material (não ocorre no vácuo).
- Com transporte de matéria.

Convecção (exemplo da geladeira)



Convecção (brisa marítima e continental)



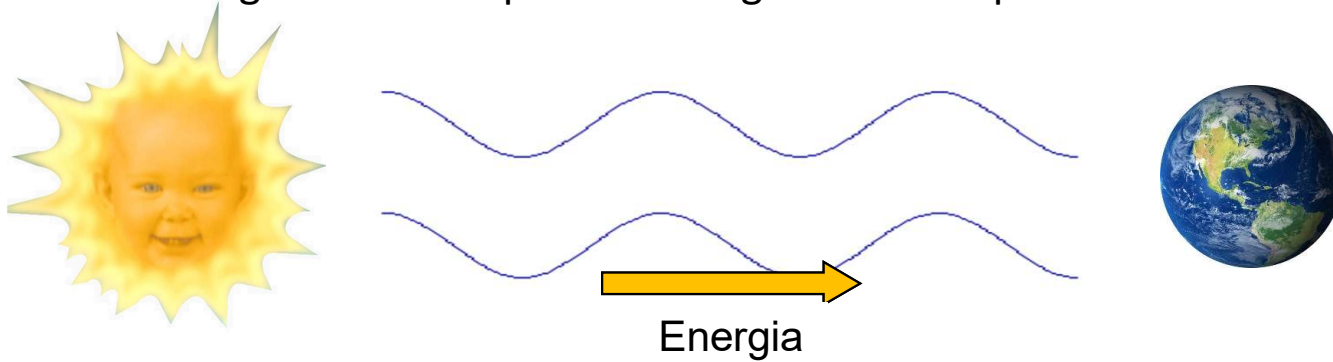
Revisão

Pré-requisito: o conceito de onda eletromagnética.

- Cargas elétricas oscilando emitem ondas eletromagnéticas

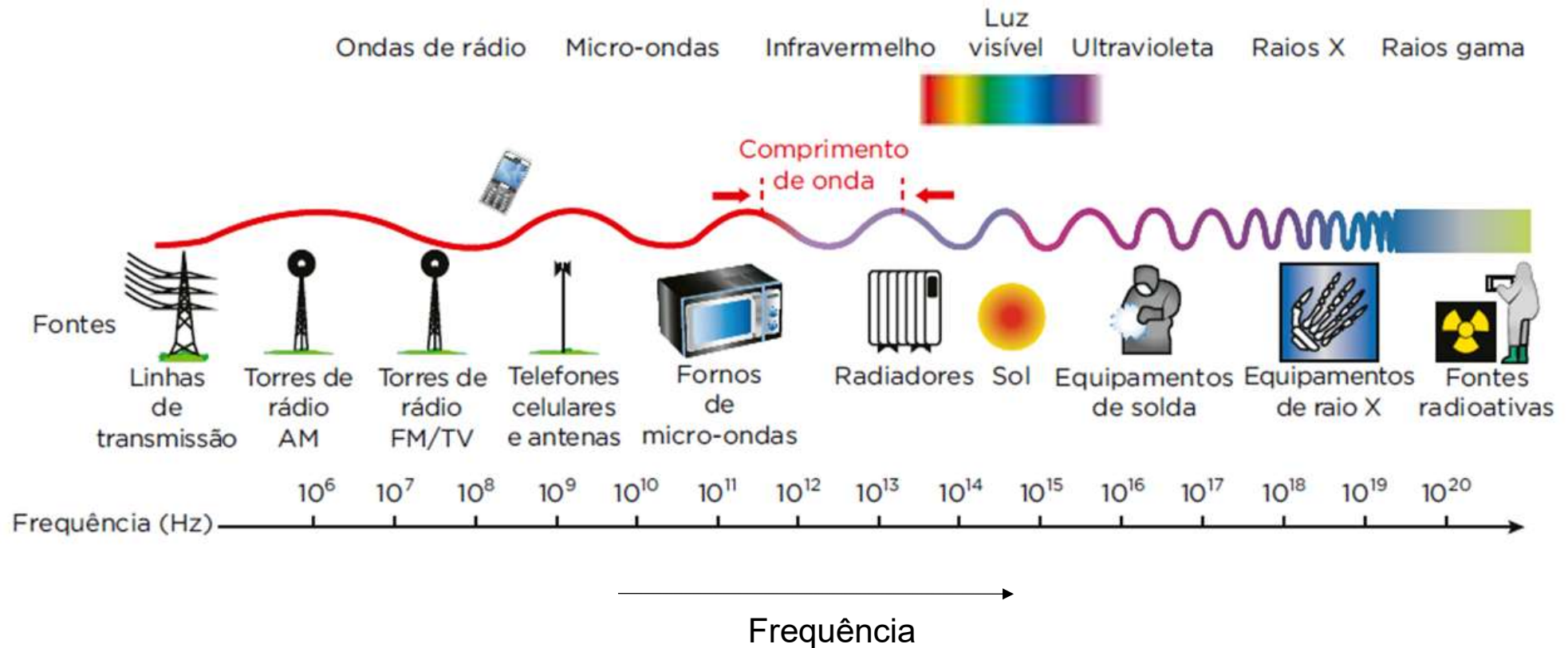


- Ondas de natureza eletromagnética podem viajar no vácuo e em meios materiais.
- Ondas eletromagnéticas transportam energia sem transportar matéria.

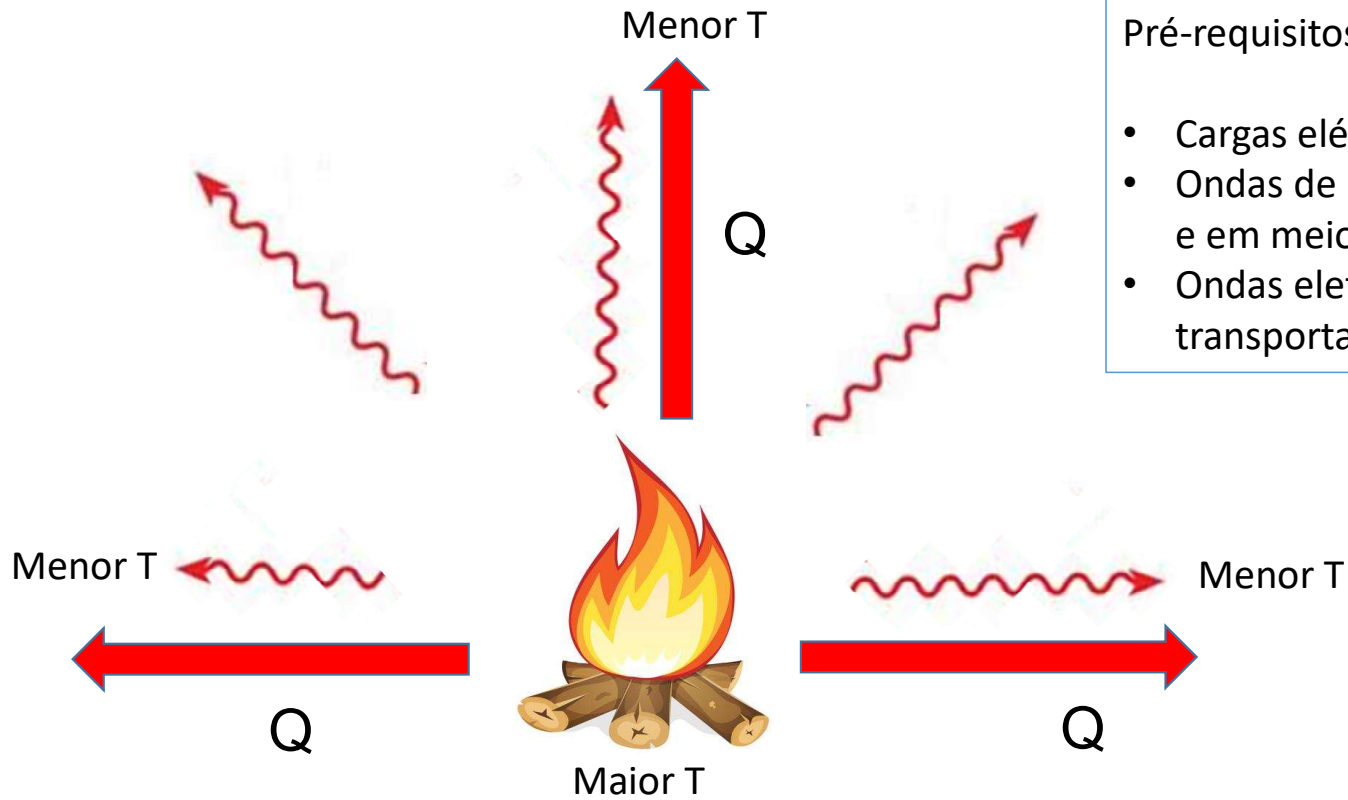


Revisão

O espectro eletromagnético: conjunto das ondas eletromagnéticas conhecidas



Irradiação



Pré-requisitos:

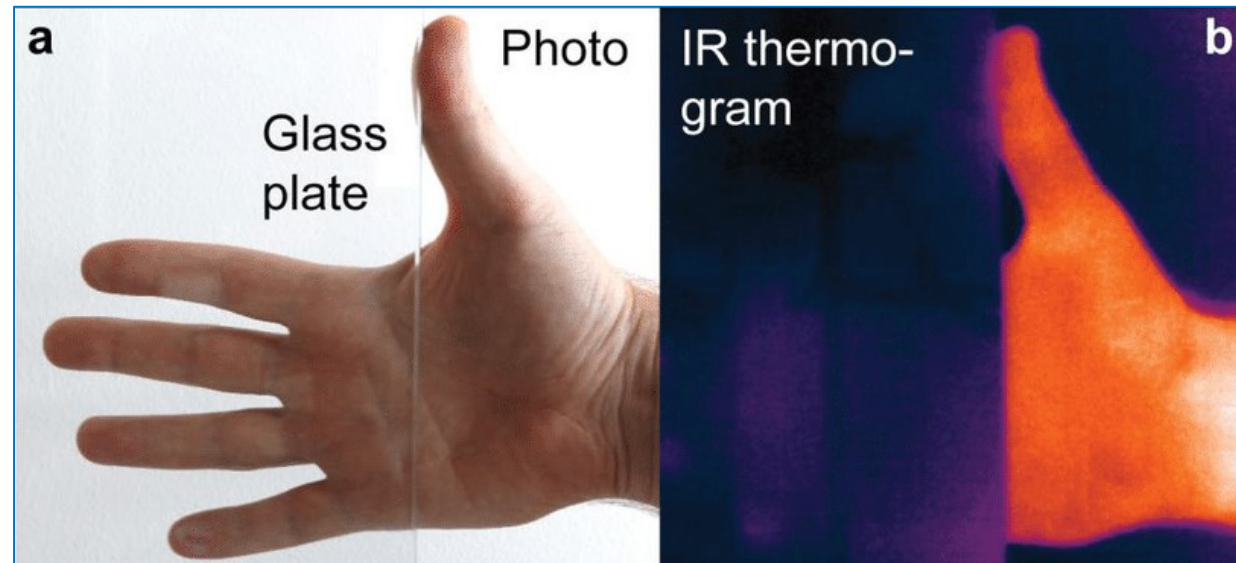
- Cargas elétricas oscilando emitem ondas eletromagnéticas
- Ondas de natureza eletromagnética podem viajar no vácuo e em meios materiais.
- Ondas eletromagnéticas transportam energia sem transportar matéria.

- Transferência de calor por ondas eletromagnéticas (radiação infravermelha).
- Não há necessidade de um meio material (ocorre no vácuo).
- Pode ocorrer nos sólidos, líquidos e gases.

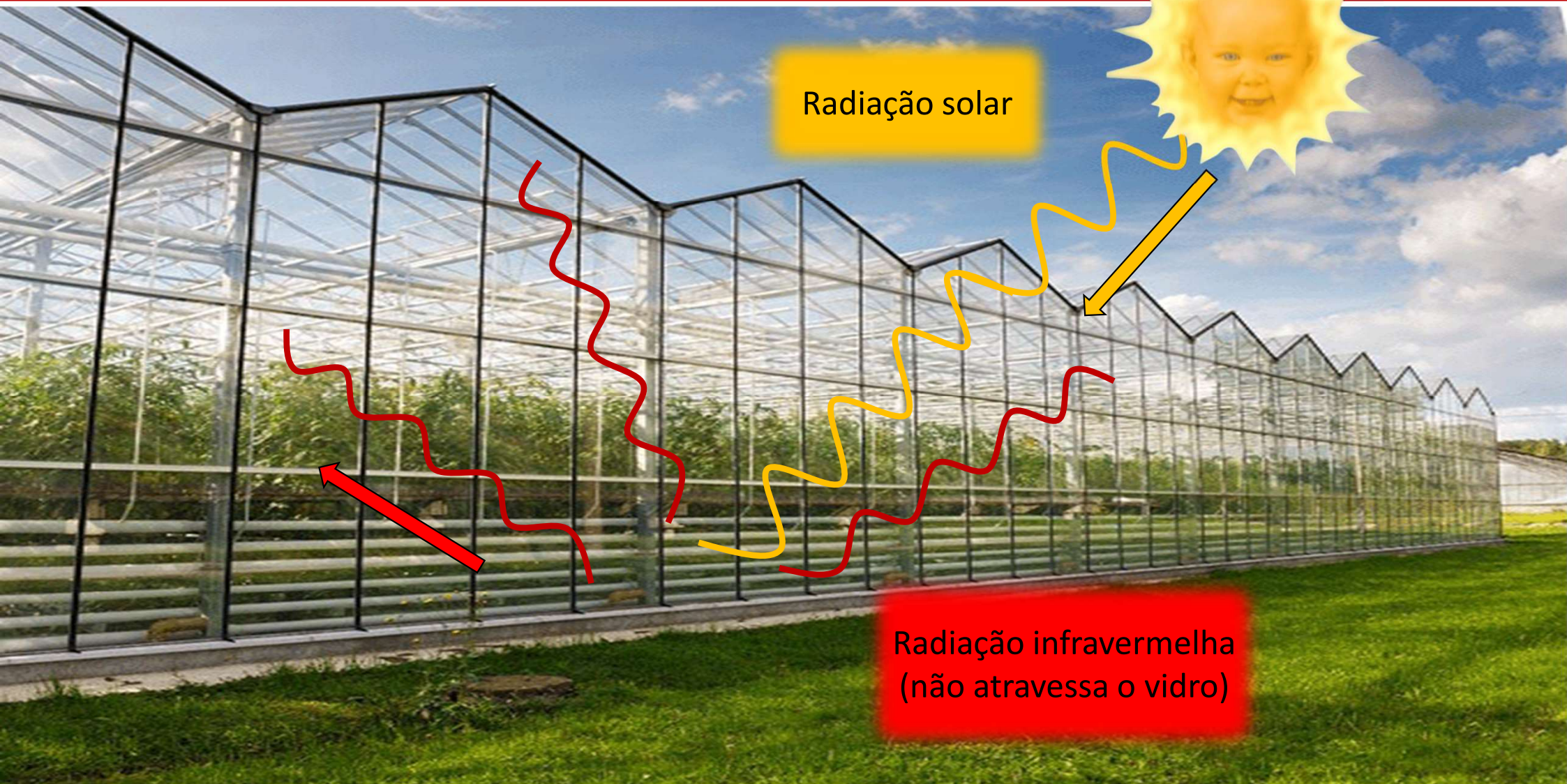
Emissão de radiação infravermelha



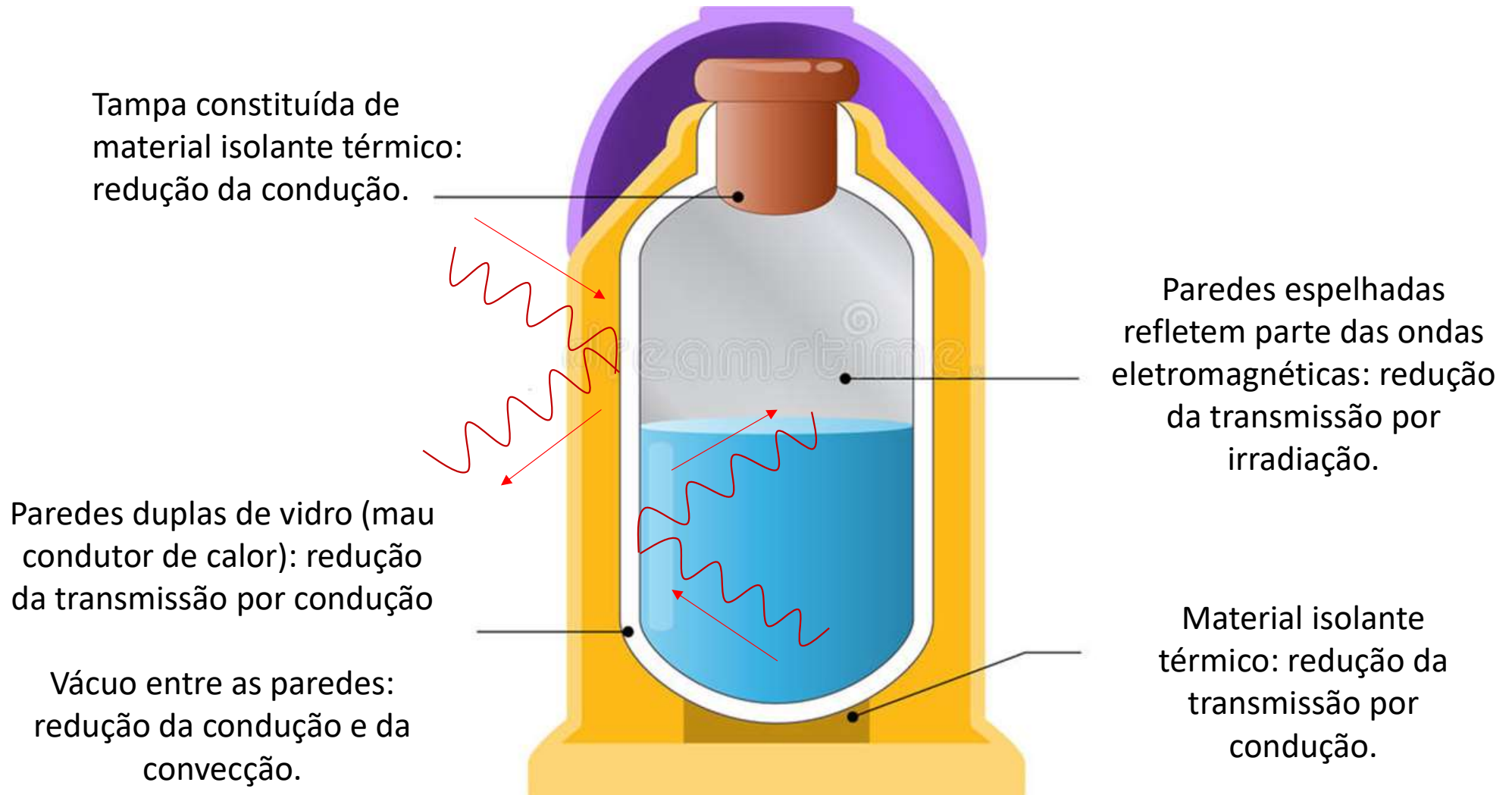
Radiação infravermelha e vidro



Irradiação (estufa)



Vaso de Dewar (garrafa térmica)

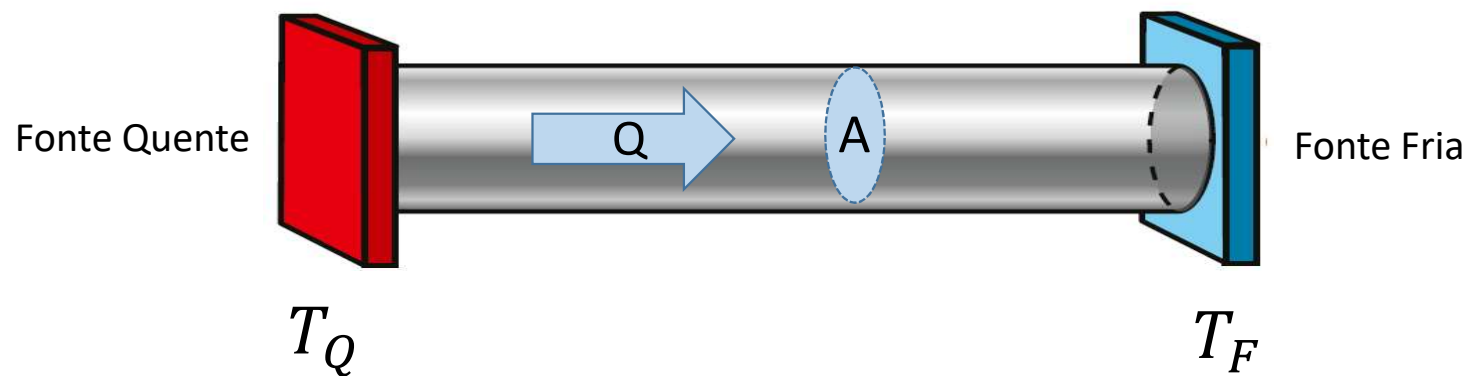


TRANSFERÊNCIA DE CALOR

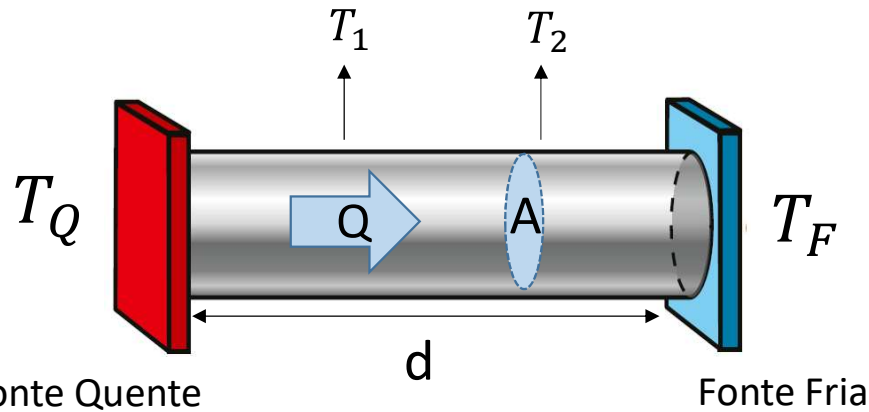
Condução, taxa de transferência de calor e lei de Fourier

Taxa de transferência de calor ou fluxo de calor (ϕ)

- Mede a quantidade de calor transferida por unidade de tempo
- Indica a rapidez com a qual o calor é transferido



$$\Phi_m = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow \left(\frac{\text{J}}{\text{s}} \right)^{\text{SI}} \text{ ou } (\text{W})^{\text{SI}} \text{ ou } \left(\frac{\text{cal}}{\text{s}} \right)^{\text{SU}} \quad 1\text{W} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}}$$



Fluxo de calor

$$\Phi_m = \frac{Q}{\Delta t}$$

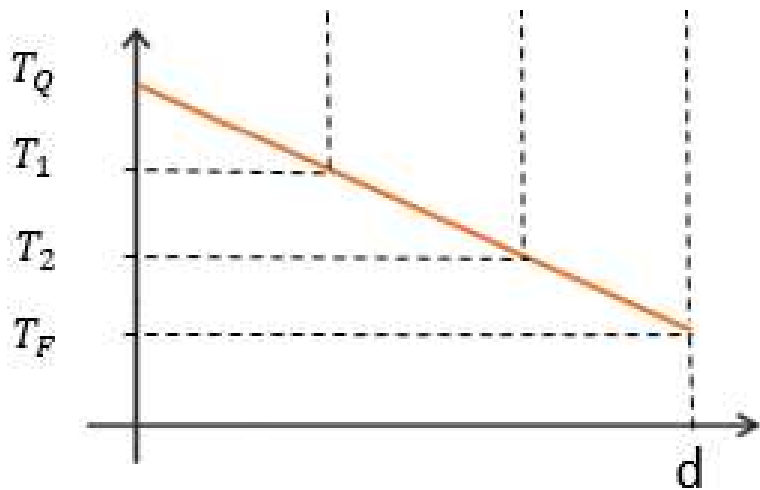
Lei de Fourier

$$\Phi_{cte} = \frac{k.A.(T_Q - T_F)}{d}$$

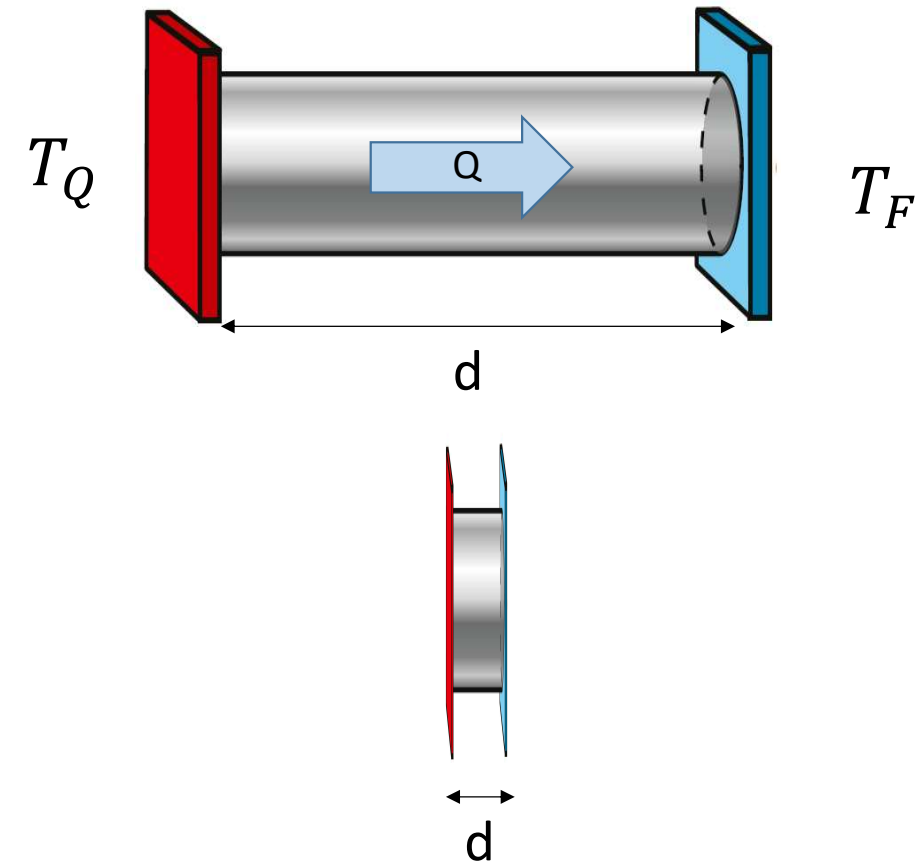
- Regime estacionário ou regime permanente (Φ_{cte})

Unidades no SI

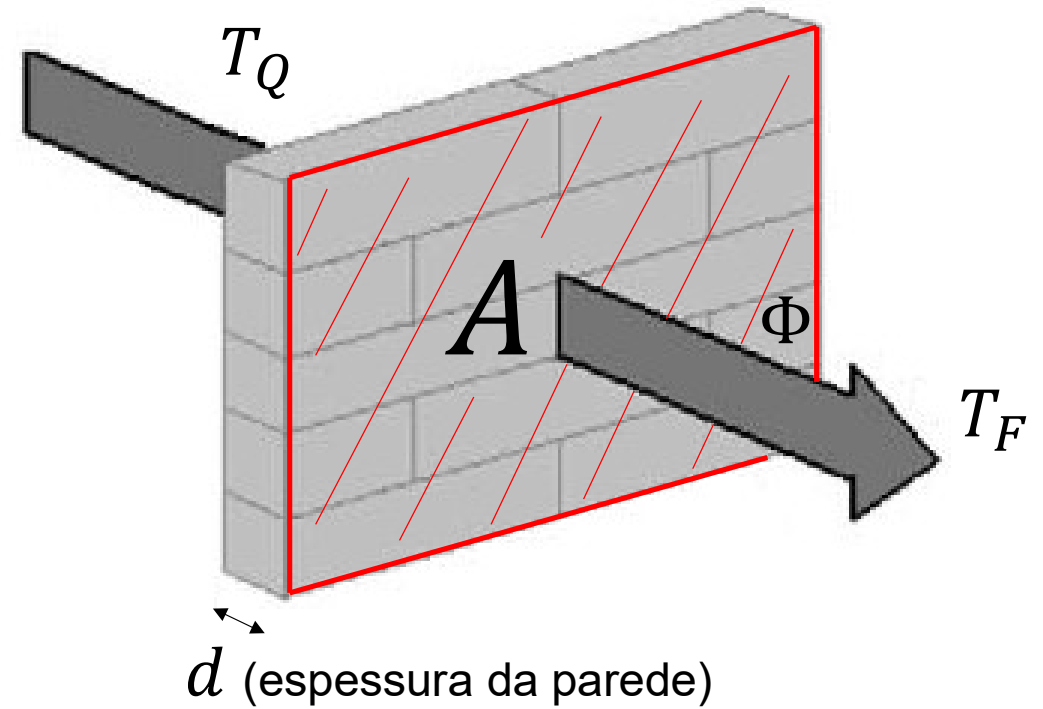
- Φ : fluxo de calor (J/s ou W).
- k : condutividade térmica (J/s.m.K).
- A : área da seção transversal (m²).
- d : distância (m)
- $T_Q - T_F$: diferença entre temperaturas (K).
- $T_Q > T_1 > T_2 > T_F$ é a temperatura de cada ponto / região permanece constante.



Lei de Fourier aplicada a uma parede



$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{k \cdot A \cdot (T_Q - T_F)}{d}$$



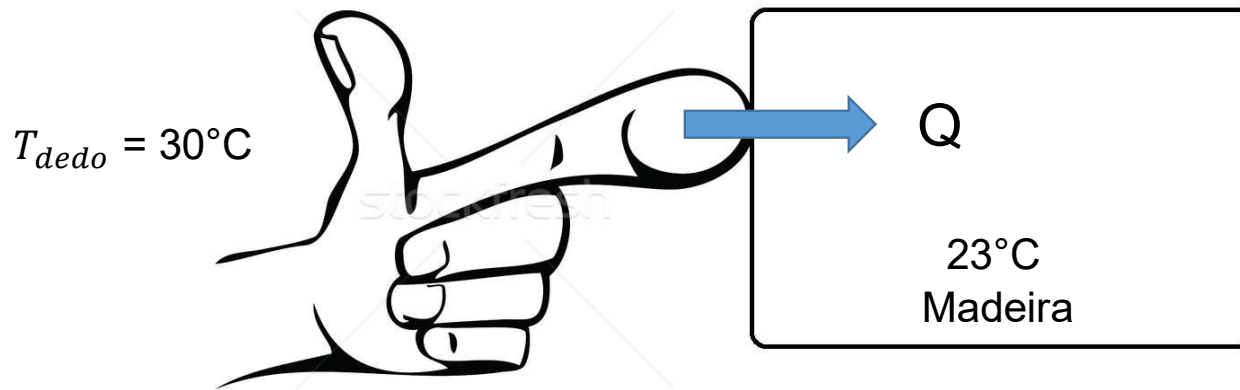
Exercícios

1. (Enem) É muito comum encostarmos a mão na maçaneta de uma porta e temos a sensação de que ela está mais fria que o ambiente. Um fato semelhante pode ser observado se colocarmos uma faca metálica com cabo de madeira dentro de um refrigerador. Após longo tempo, ao encostarmos uma das mãos na parte metálica e a outra na parte de madeira, sentimos a parte metálica mais fria.

Fisicamente, a sensação térmica mencionada é explicada da seguinte forma:

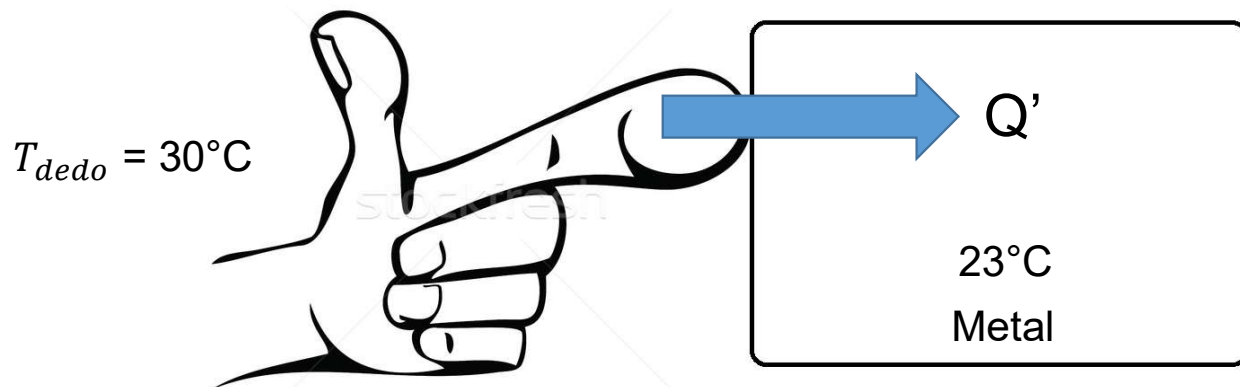
- a) A madeira é um bom fornecedor de calor e o metal, um bom absorvedor.
- b) O metal absorve mais temperatura que a madeira.
- c) O fluxo de calor é maior no metal que na madeira.
- d) A madeira retém mais calor que o metal.
- e) O metal retém mais frio que a madeira.

- Metais são os melhores condutores de calor
- Perda de calor → sensação de frio



$$fluxo_1 = \frac{Q}{\Delta t} \left(\frac{\text{cal}}{\text{s}} \right)$$

$$fluxo_2 > fluxo_1$$



$$fluxo_2 = \frac{Q'}{\Delta t} \left(\frac{\text{cal}}{\text{s}} \right)$$

1. (Enem) É muito comum encostarmos a mão na maçaneta de uma porta e temos a sensação de que ela está mais fria que o ambiente. Um fato semelhante pode ser observado se colocarmos uma faca metálica com cabo de madeira dentro de um refrigerador. Após longo tempo, ao encostarmos uma das mãos na parte metálica e a outra na parte de madeira, sentimos a parte metálica mais fria.

Fisicamente, a sensação térmica mencionada é explicada da seguinte forma:

- a) A madeira é um bom fornecedor de calor e o metal, um bom absorvedor.
- b) O metal absorve mais temperatura que a madeira.
- c) O fluxo de calor é maior no metal que na madeira. 
- d) A madeira retém mais calor que o metal.
- e) O metal retém mais frio que a madeira.

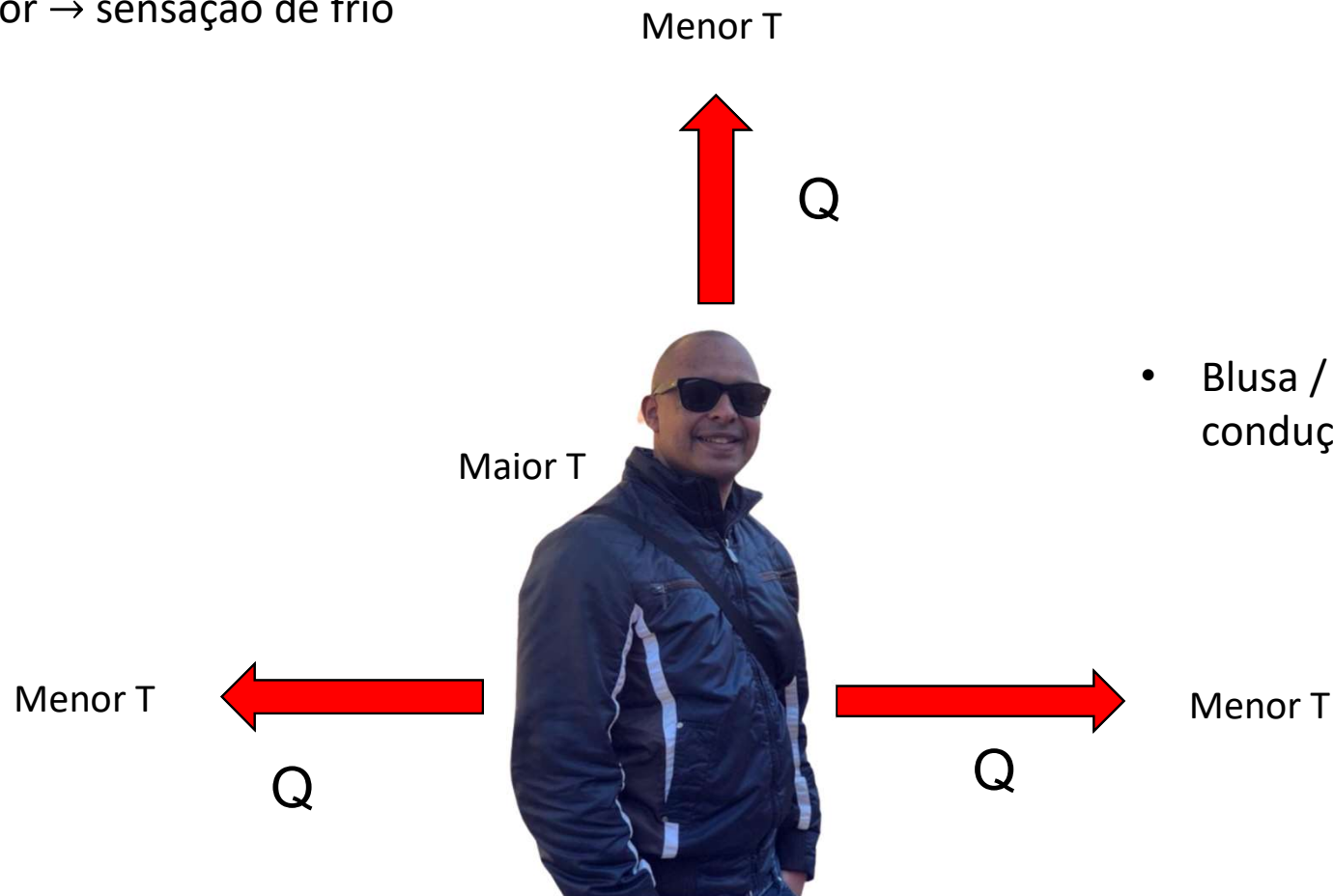
2. (Enem) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque

- a) possui a propriedade de gerar calor.
- b) é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.
- c) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.
- d) tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.
- e) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

A utilização de blusa / vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque ?

- Perda de calor $\rightarrow$ sensação de frio



- Blusa / cobertor: redução da condução e da convecção

Cobertor aluminizado – redução das perdas de calor por irradiação



2. (Enem) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque

- a) possui a propriedade de gerar calor.
- b) é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.
- c) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo. 
- d) tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.
- e) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

Menor T (exterior)



Maior T (interior)



3. (FUVEST) Uma barra de alumínio de 50 cm de comprimento e área de seção transversal de 5 cm^2 tem uma de suas extremidades em contato térmico com uma câmara de vapor de água em ebulição (100°C). A outra extremidade está imersa em uma cuba que contém uma mistura bifásica de gelo fundente (0°C).

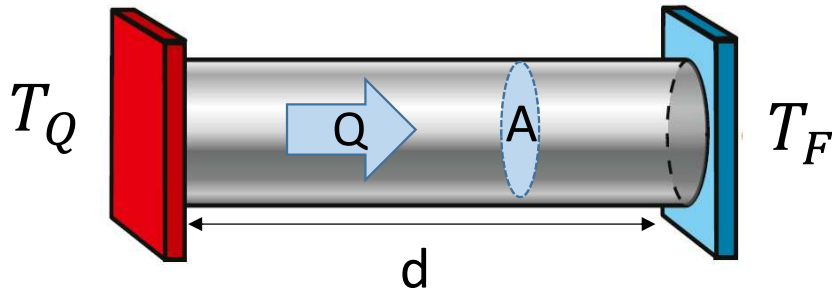
A pressão atmosférica local é normal. Sabendo que o coeficiente de condutibilidade térmica do alumínio vale $0,5 \text{ cal/s cm }^\circ\text{C}$, calcule:

- a) a intensidade da corrente térmica através da barra, depois de estabelecido o regime permanente;
- b) a temperatura numa seção transversal da barra, situada a 40 cm da extremidade mais quente.

$$T_Q = 100^\circ\text{C} \quad A = 5 \text{ cm}^2 \quad k = \frac{0,5.\text{cal}}{\text{s.cm} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \Phi = 5 \frac{\text{cal}}{\text{s}}$$

$$T_F = 0^\circ\text{C} \quad d = 50 \text{ cm}$$

a) a intensidade da corrente térmica através da barra, depois de estabelecido o regime permanente;



$$\Phi = \frac{k.A.(T_Q - T_F)}{d}$$

$$\Phi = \frac{0,5.\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \frac{5 \text{ cm}^2 \cdot (100^\circ\text{C})}{50 \text{ cm}}$$

$$\Phi = 5 \frac{\text{cal}}{\text{s}}$$

$$T_Q = 100^\circ\text{C}$$

$$A = 5 \text{ cm}^2$$

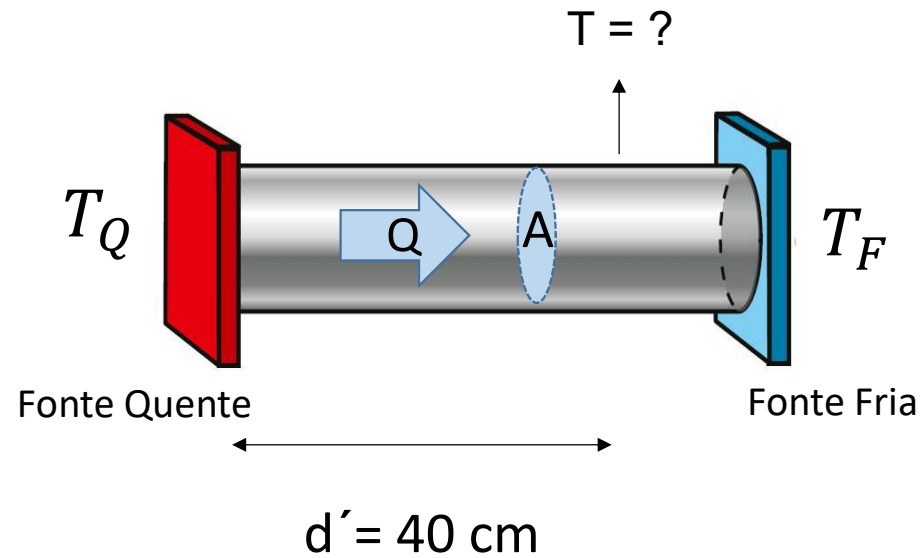
$$k = \frac{0,5 \cdot \text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\Phi = 5 \frac{\text{cal}}{\text{s}}$$

$$T = ?$$

$$d' = 40 \text{ cm}$$

b) a temperatura numa seção transversal da barra, situada a 40 cm da extremidade mais quente.



$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot (T_Q - T_F)}{d}$$

$$5 = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot (100 - T)}{40}$$

$$1 = \frac{0,5 \cdot 1 \cdot (100 - T)}{40}$$

$$\frac{40}{0,5} = (100 - T)$$

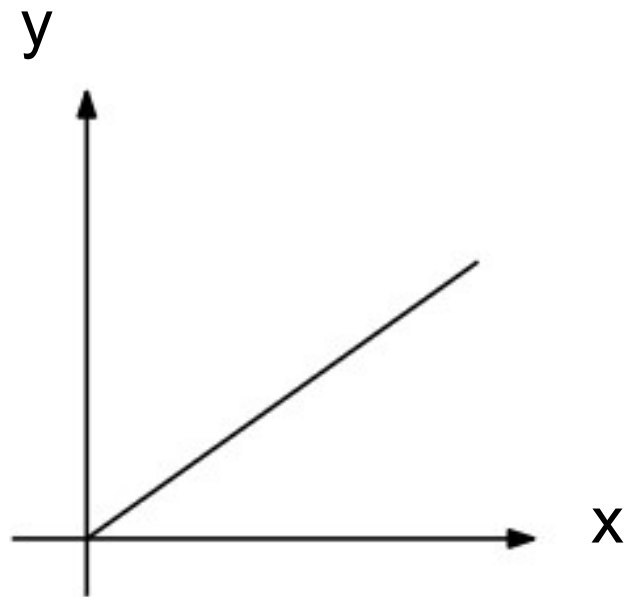
$$80 = (100 - T)$$

$$T = 100 - 80$$

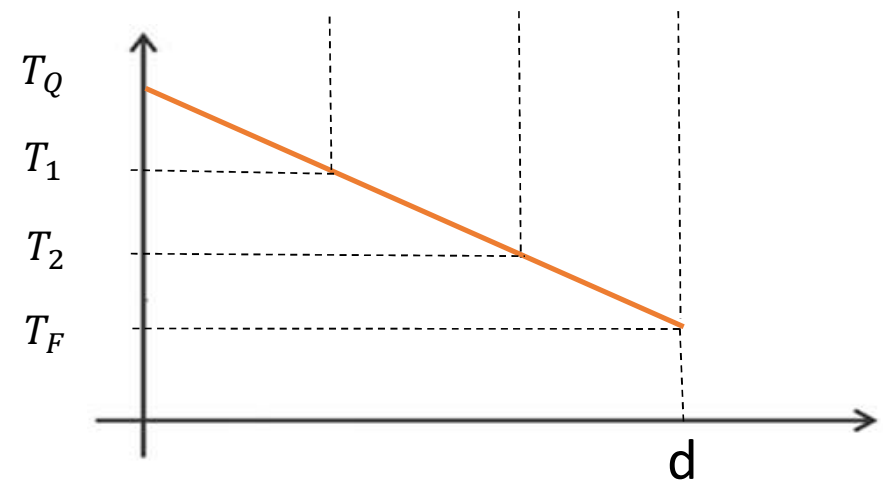
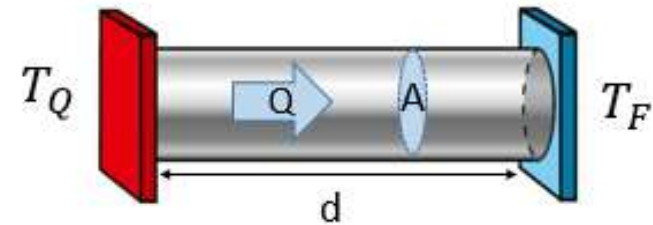
$$T = 20^\circ\text{C}$$

Revisão: grandezas diretamente proporcionais

- Neste caso, y e x são diretamente proporcionais
- Pode fazer regra de três



- d e T não são diretamente proporcionais
- **Não pode fazer** regra de três



4. (Fuvest 2014 adaptada) - Um contêiner com equipamentos científicos é mantido em uma estação de pesquisa na Antártida. Ele é feito com material de boa isolação térmica e é possível, com um pequeno aquecedor elétrico, manter sua temperatura interna constante, $T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, quando a temperatura externa é $T_e = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$. As paredes, o piso e o teto do contêiner têm a mesma espessura, $\varepsilon = 26\text{ cm}$, e são de um mesmo material, de condutividade térmica $k = 0,05\text{ J/(s}\cdot\text{m}\cdot^{\circ}\text{C)}$. A área total da superfícies das paredes é de 52 m^2 . Para essas condições, determine a potência P do aquecedor, considerando ser ele a única fonte de calor;

Note e adote:

A quantidade de calor por unidade de tempo (ϕ) que flui através de um material de área A , espessura ε e condutividade térmica k , com diferença de temperatura ΔT entre as faces do material, é dada por:

$$\Phi = \frac{k A \Delta T}{\varepsilon}$$

$$A = 52 \text{ m}^2$$

$$T_i - T_e = 20 - (-40) = 60^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m} \quad k = 0,05 \frac{\text{J}}{\text{s.m.}^\circ\text{C}}$$

$$P_{aquec} = \frac{Q}{\Delta t} \left(\frac{\text{J}}{\text{S}} \right)$$

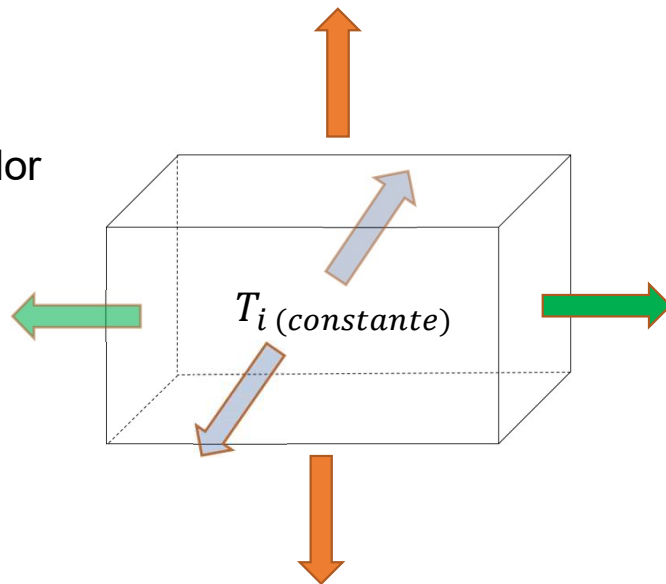
Entrada de calor

=

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} \left(\frac{\text{J}}{\text{S}} \right)$$

Saída de calor

Saída de calor



$$\Phi_{saída} = \frac{k.A.(T_i - T_e)}{\varepsilon}$$

$$\Phi_{saída} = 0,05 \frac{\text{J}}{\text{s.m.}^\circ\text{C}} \cdot \frac{52 \text{ m}^2 \cdot (60^\circ\text{C})}{0,26 \text{ m}}$$

$$\Phi_{saída} = 600 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 600 \text{ W}$$

$$P_{aquec} = \Phi_{saída} = 600 \text{ W}$$