KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Processos de transferência de calor ou propagação de calor

- Aula 5 / Pg.756 / Octa 1 / Frente 3

- SL 02 - Mapa conceitual
- SL 03 - Teoria
- SL 17 - Exercícios

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

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Mapa conceitual

Escalas de temperatura

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

Fonte de calor → corpo

Transferência de calor

- *Condução*
- *Convecção*
- *Irradiação*

Dilatação térmica

- $\Delta L = L_0 . \alpha . \Delta T$
- $\Delta S = S_0 . \beta . \Delta T$
- $\Delta V = V_0 . \gamma . \Delta T$

Variação de temperatura

- Q_s = m . c . ΔT

Sistema termicamente isolado

$Q_A + Q_B + Q_C + Q_{calorímetro} = 0$

Mudança de estado → Influência da pressão

- Q_L = m . L

Calor

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

- 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 cal ≅ 4,2 J

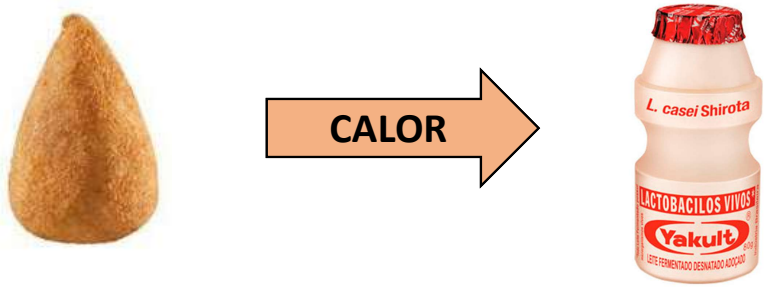
Calor causando alteração da temperatura:

calor sensível

Calor causando mudança de estado físico:

calor latente

A **B**



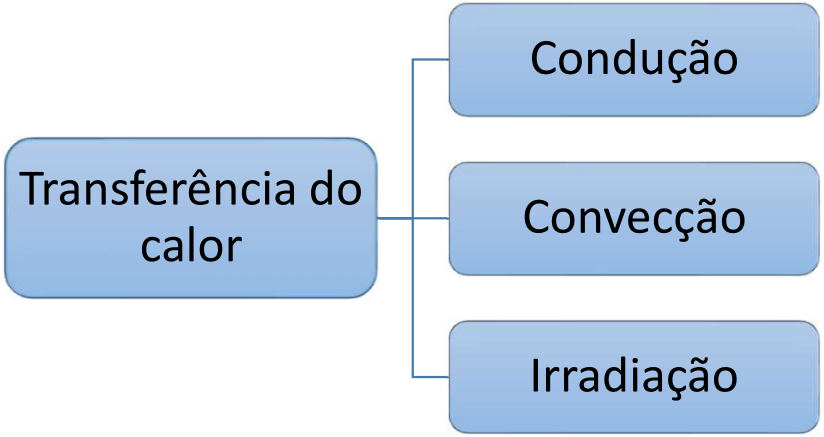
Antes: $T_A > T_B$

Depois: equilíbrio térmico

$T'_A = T'_B$

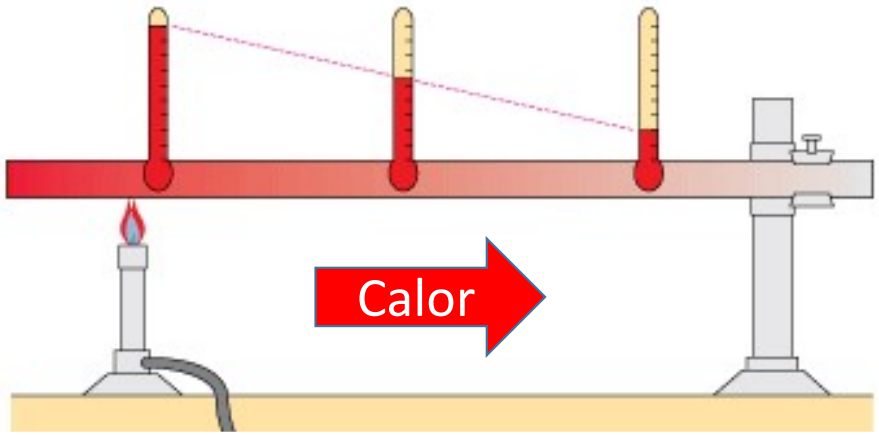
KEEP
CALM
AND
STUDY
PHYSICS

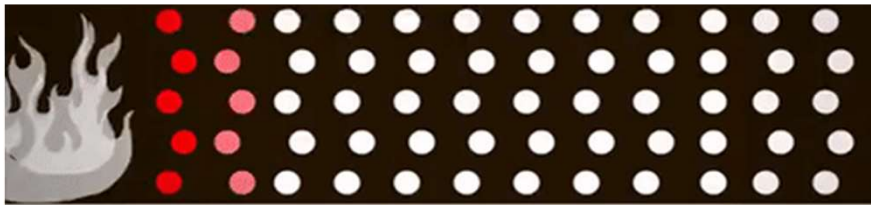
Processos de transferência de calor



Condução

$T_1 > T_2 > T_3$



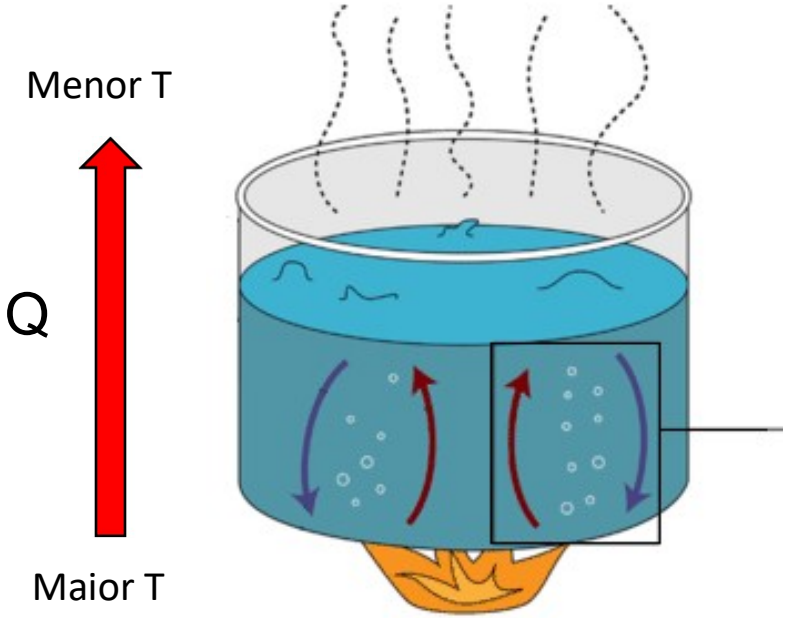


- Colisões entre as partículas (partícula por partícula).
- Predominante em meios sólidos.
- Necessidade de um meio material (não ocorre no vácuo).
- Sem transporte de matéria.

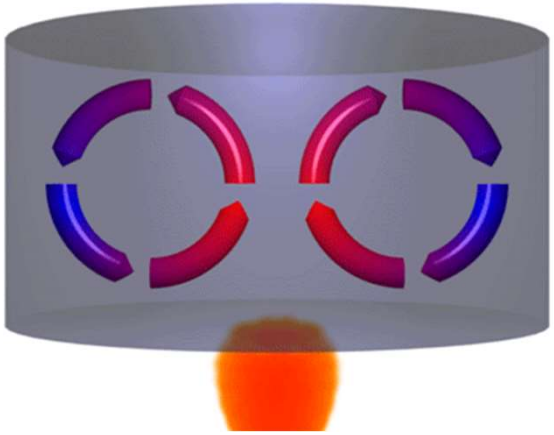
- Metais são os melhores condutores de calor
- Maus condutores de calor ou isolantes térmicos

  - Ar
  - Vidro
  - Isopor
  - Plástico
  - Madeira

Convecção



$$\downarrow d = \frac{m}{V} \uparrow$$



- 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)

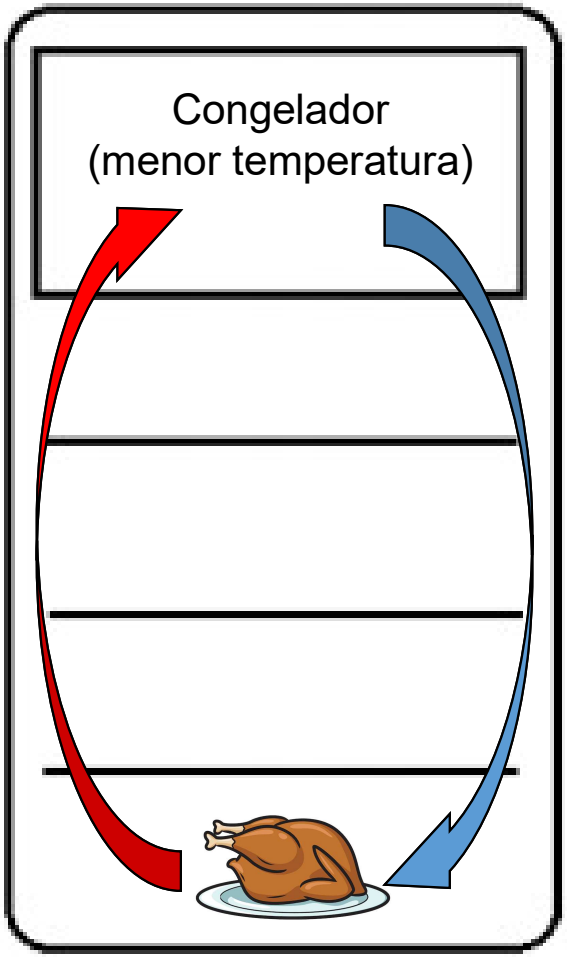
KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Menor T

Q

Maior T

Ar quente



Ar frio

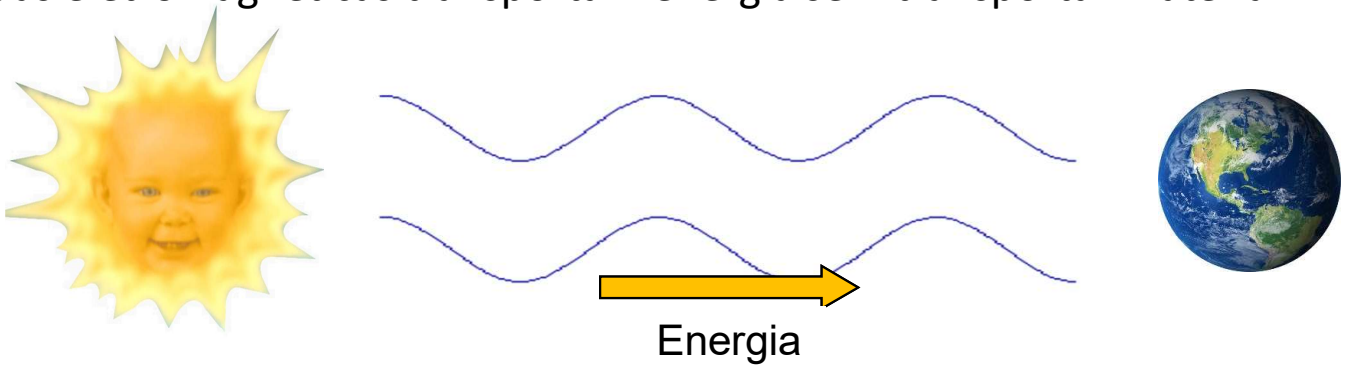
Revisão

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Pré-requisito: o conceito de onda eletromagnética.

- Cargas elétricas oscilando emitem ondas eletromagnéticas

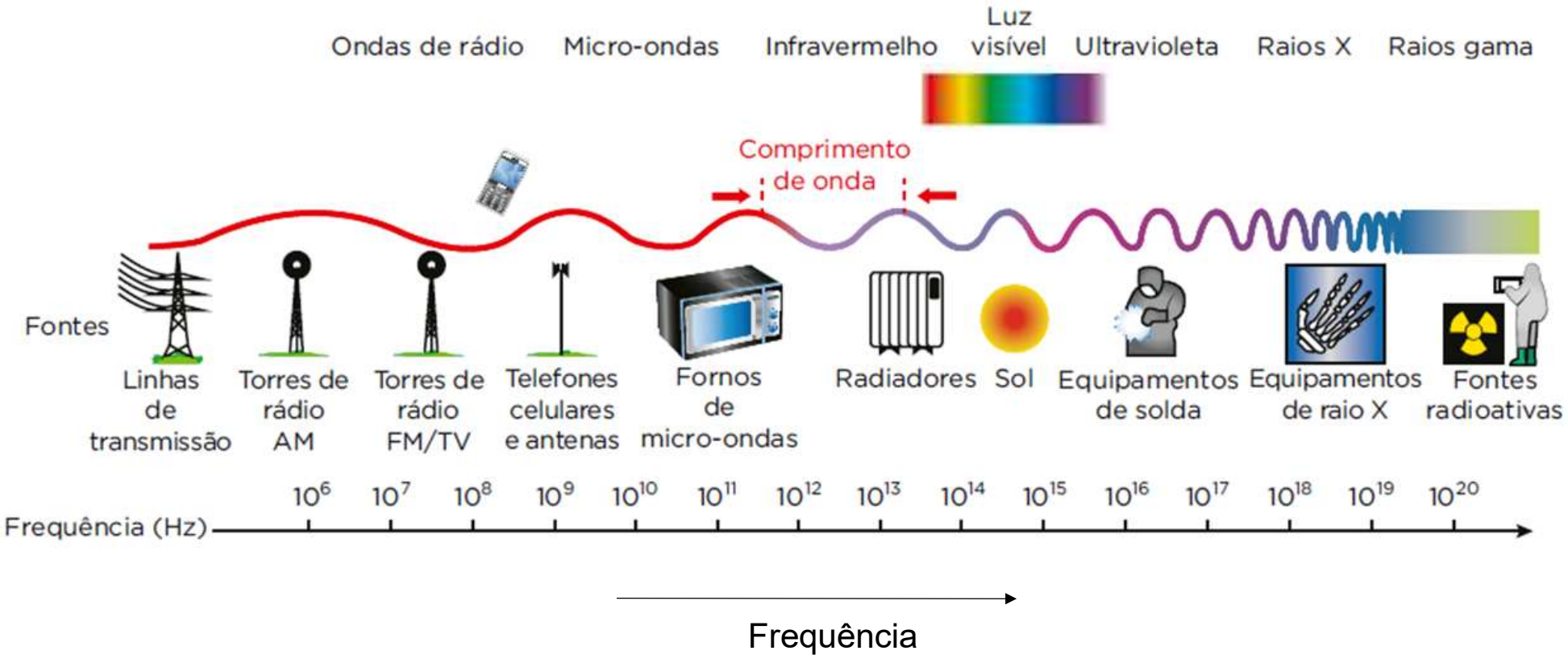
- Ondas de natureza eletromagnética podem viajar no vácuo e em meios materiais.
- Ondas eletromagnéticas transportam energia sem transportar matéria.



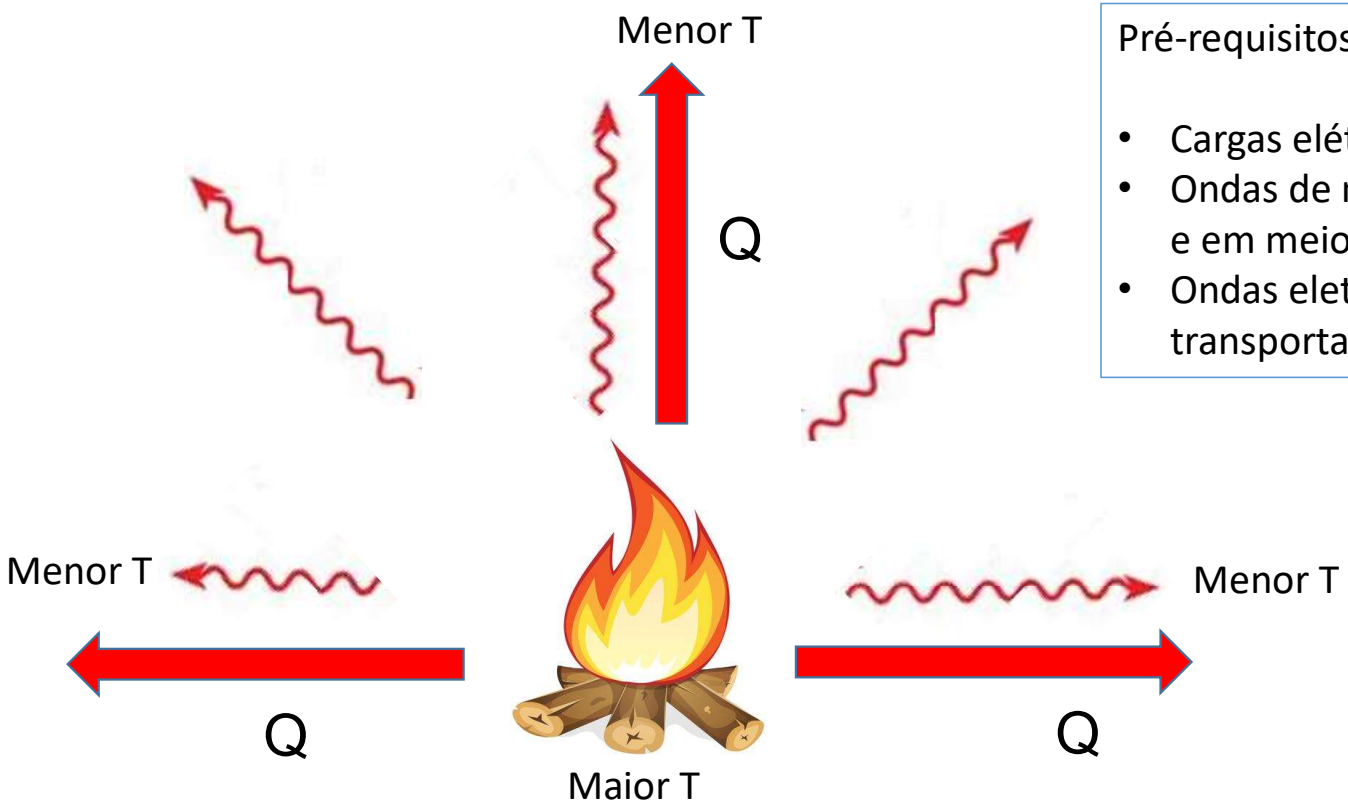
Revisão

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

O espectro eletromagnético: conjunto das ondas eletromagnéticas conhecidas



Irradiação



Pré-requisitos:

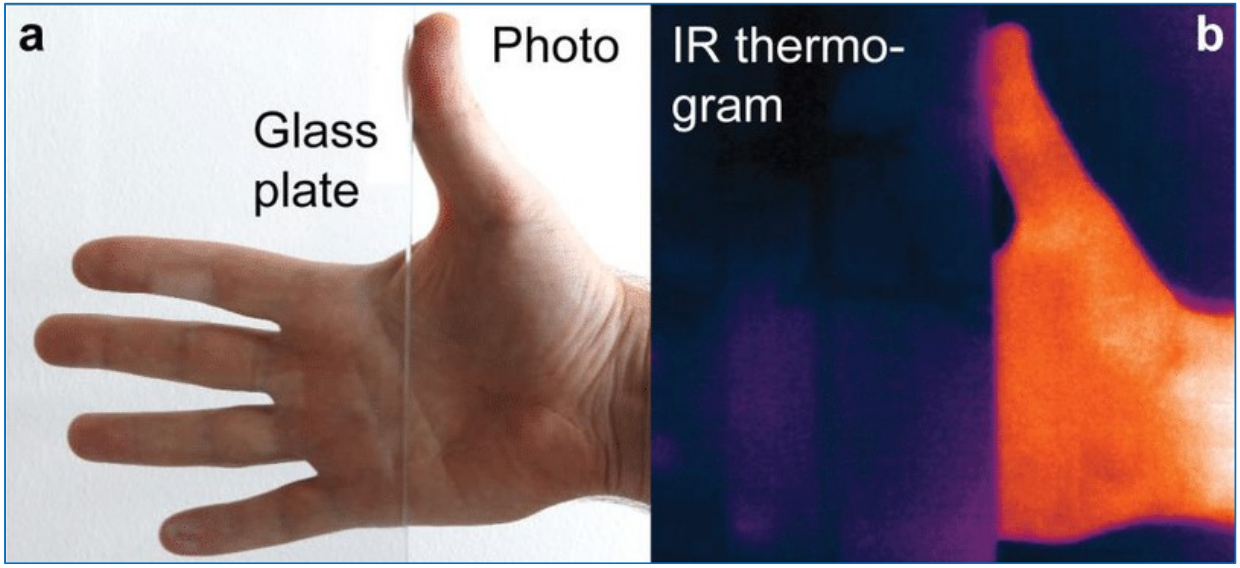
- Cargas elétricas oscilando emitem ondas eletromagnéticas
- Ondas de natureza eletromagnética podem viajar no vácuo e em meios materiais.
- Ondas eletromagnéticas transportam energia sem transportar matéria.

- 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.

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Emissão de radiação infravermelha

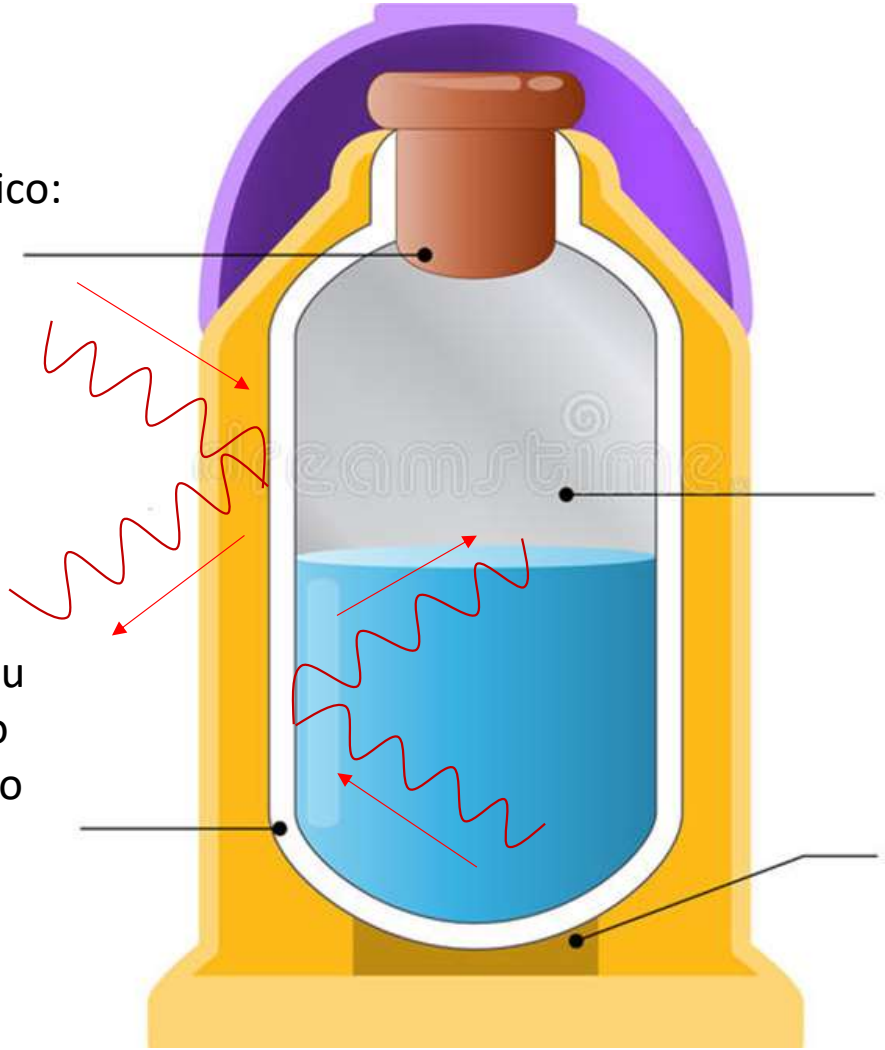
Radiação infravermelha e vidro



Vaso de Dewar (garrafa térmica)

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Tampa constituída de material isolante térmico: redução da condução.



Paredes espelhadas refletem parte das ondas eletromagnéticas: redução da transmissão por irradiação.

Paredes duplas de vidro (mau condutor de calor): redução da transmissão por condução

Vácuo entre as paredes: redução da condução e da convecção.

Material isolante térmico: redução da transmissão por condução.

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

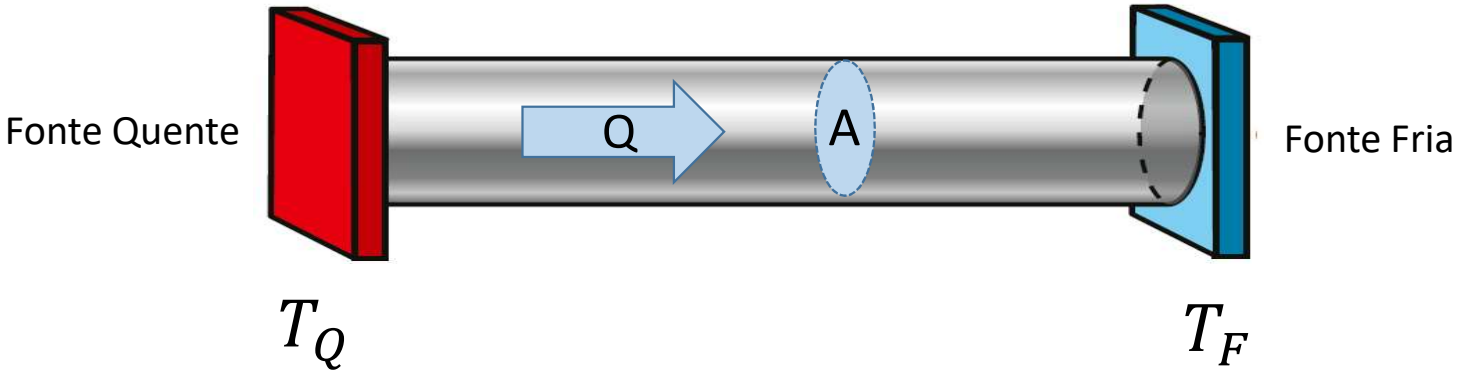
TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Condução, taxa de transferência de calor e lei de Fourier

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

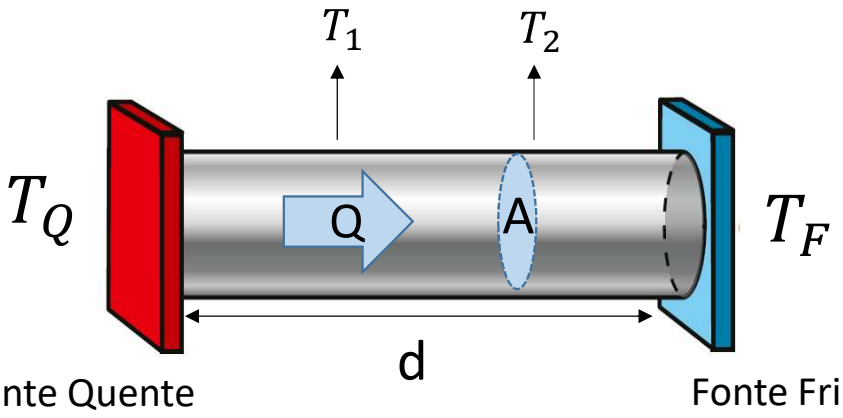
Taxa de transferência de calor ou fluxo de calor (ϕ)

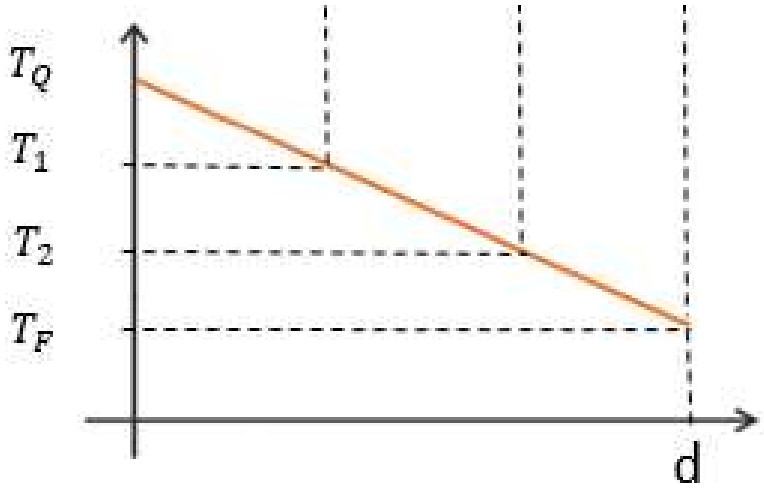
- Mede a quantidade de calor transferida por unidade de tempo
- Indica a rapidez com a qual o calor é transferido



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

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS





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})

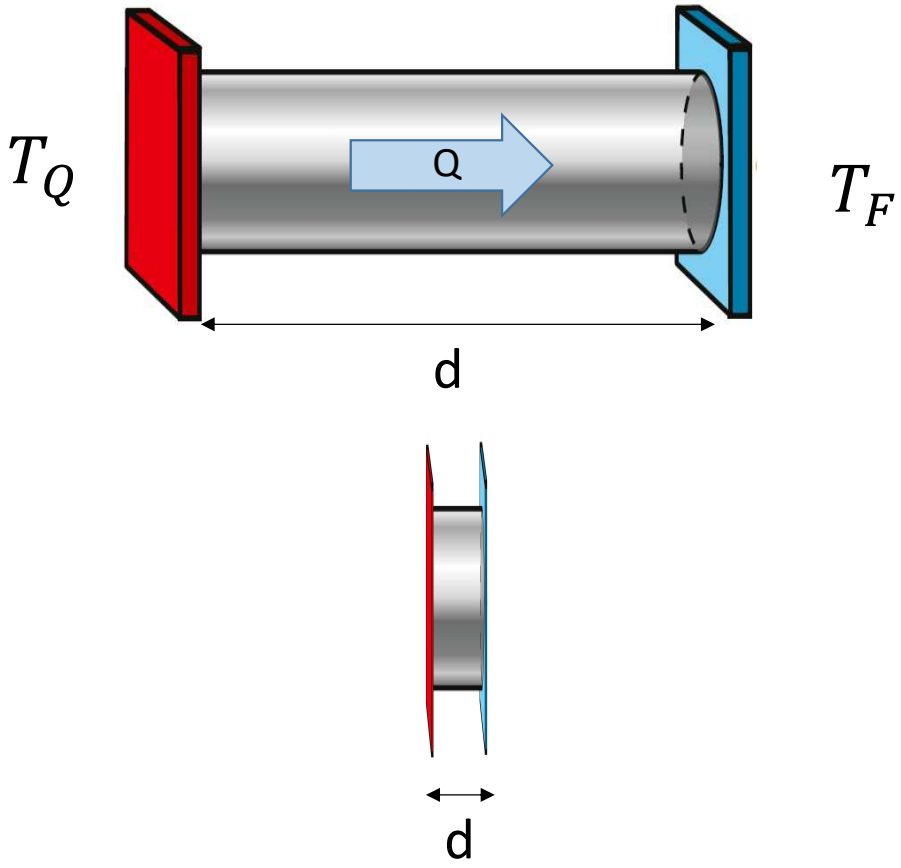
Unidades no SI

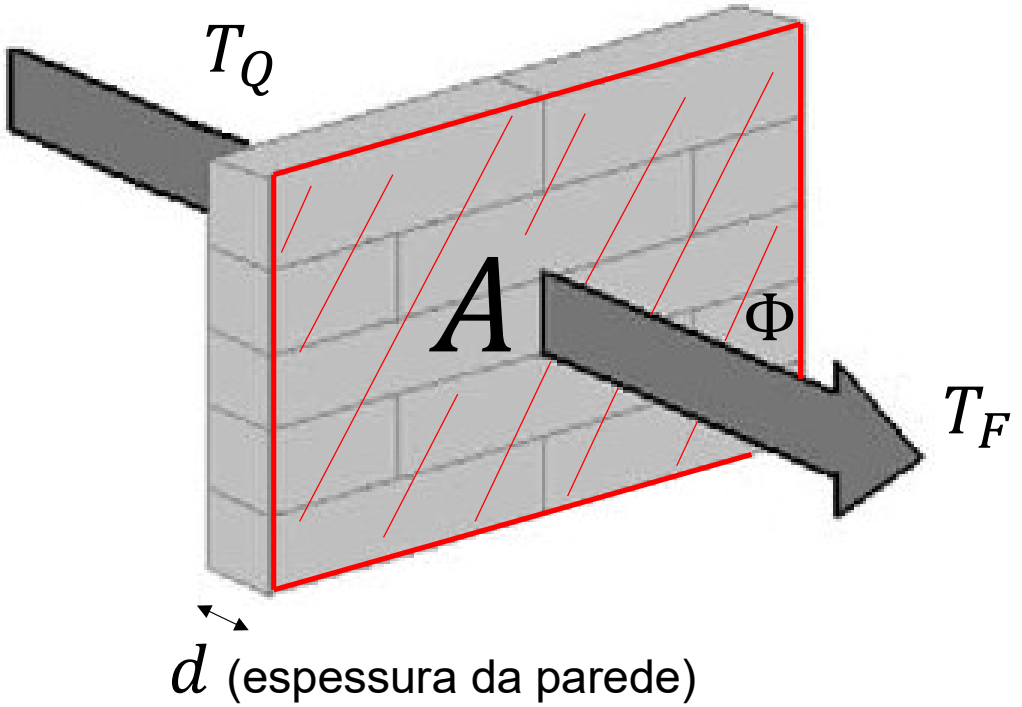
- Φ: fluxo de calor (J/s ou W).
- k: condutividade térmica (J/s.m.K).
- A: área da seção transversal (m²).
- d: distância (m)
- $T_Q - T_F$: diferença entre temperaturas (K).
- $T_Q > T_1 > T_2 > T_F$ é a temperatura de cada ponto / região permanece constante.

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Lei de Fourier aplicada a uma parede

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





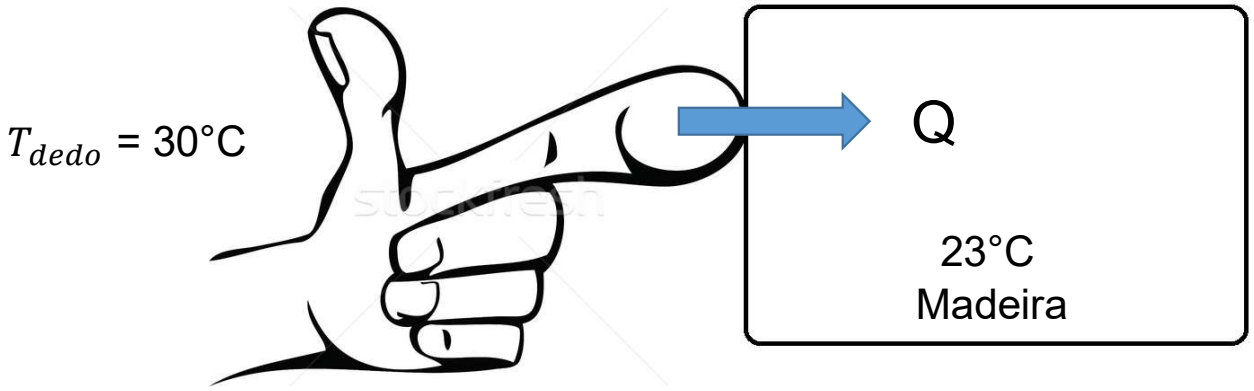
Exercícios

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:

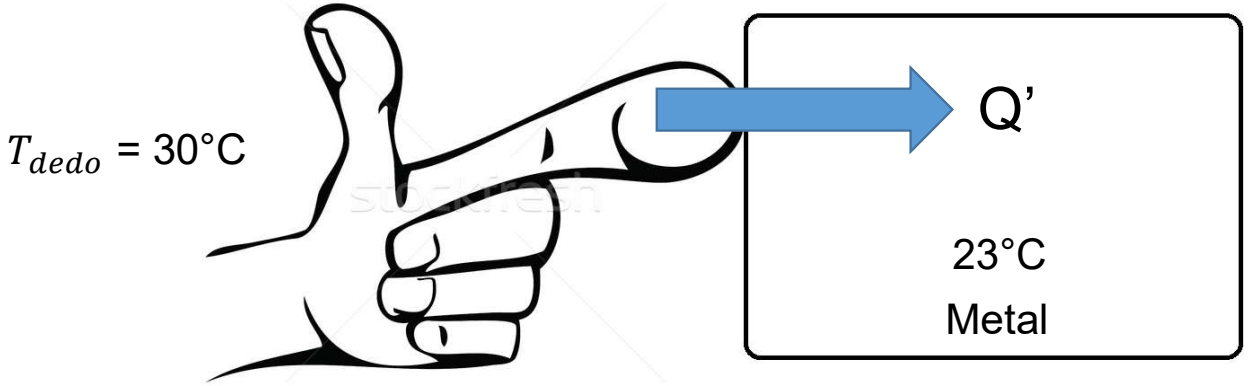
a) A madeira é um bom fornecedor de calor e o metal, um bom absorvedor.
b) O metal absorve mais temperatura que a madeira.
c) O fluxo de calor é maior no metal que na madeira.
d) A madeira retém mais calor que o metal.
e) O metal retém mais frio que a madeira.

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



$$fluxo_1 = \frac{Q}{\Delta t} \quad (\frac{cal}{s})$$

$$fluxo_2 > fluxo_1$$



$$fluxo_2 = \frac{Q'}{\Delta t} \quad (\frac{cal}{s})$$

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.

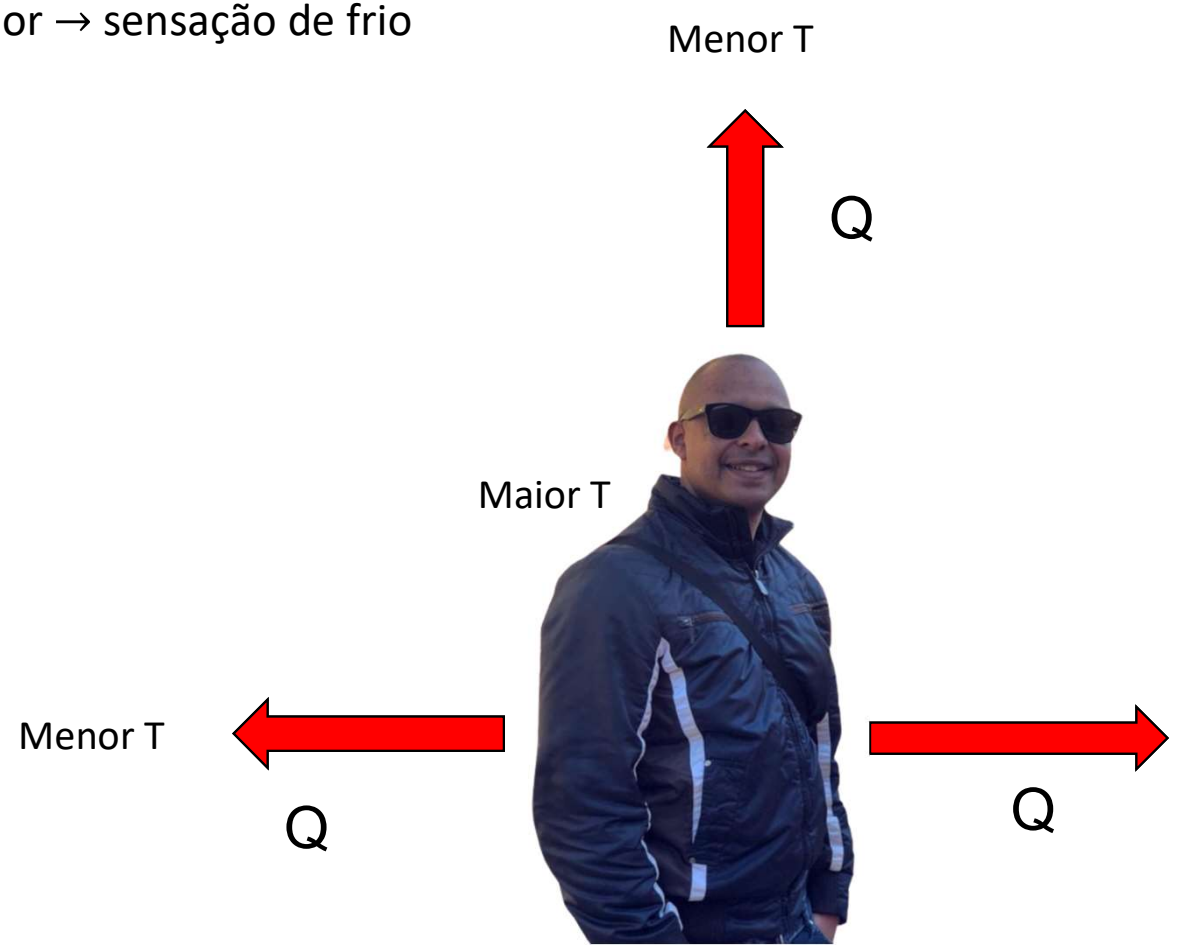
c) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.

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 → sensação de frio



- Blusa / cobertor: redução da condução e da convecção

KEEP
CALM
AND
STUDY
PHYSICS

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 cal/s cm °C, calcule:

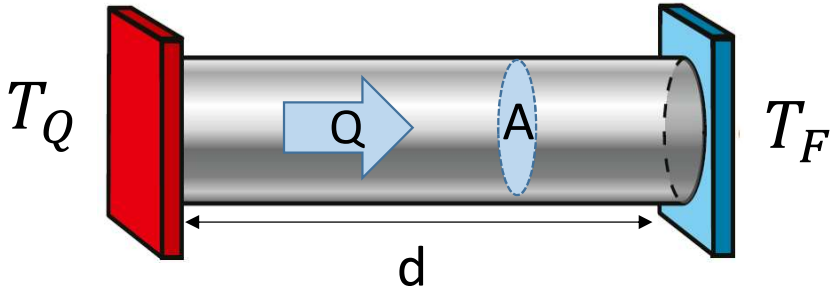
a) a intensidade da corrente térmica através da barra, depois de estabelecido o regime permanente;

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

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

$T_F = 0°C$ d = 50 cm

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



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

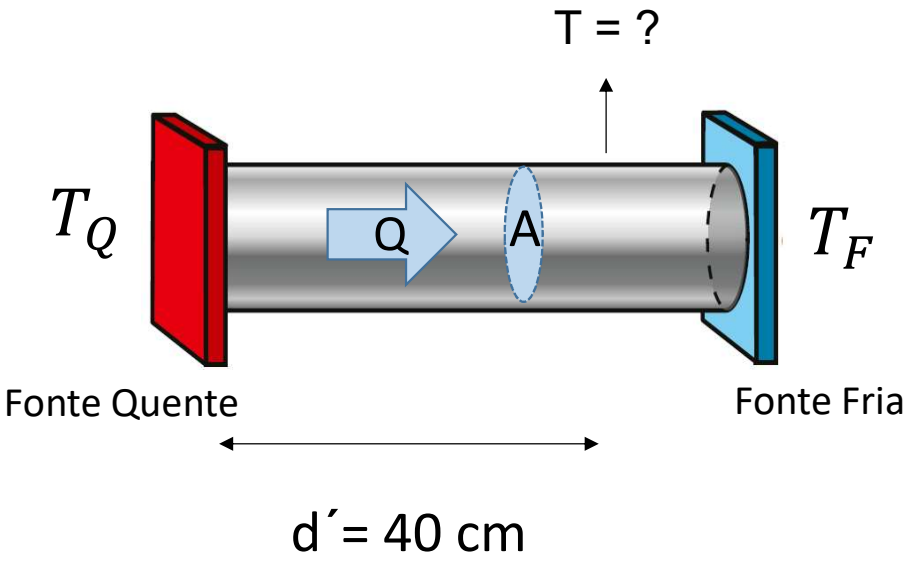
$$\Phi = \frac{0{,}5.\text{cal}}{\text{s . cm .°C}} . \frac{5\ \text{cm}^2 .(100°\text{C})}{50\ \text{cm}}$$

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

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

$T = ?$ d' = 40 cm

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



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

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

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

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

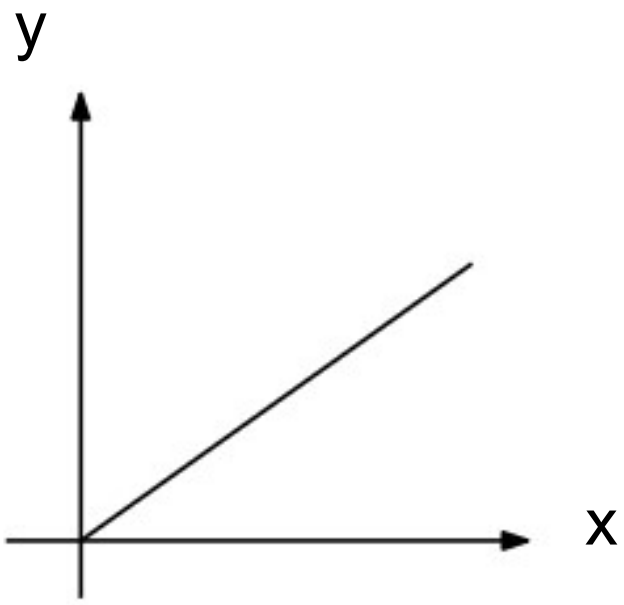
$$80 = (100\ - \text{T})$$

T = 100 - 80

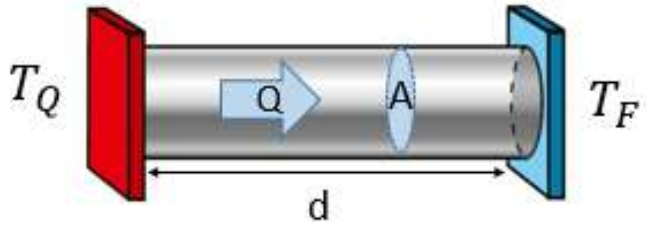
T = $20°C$

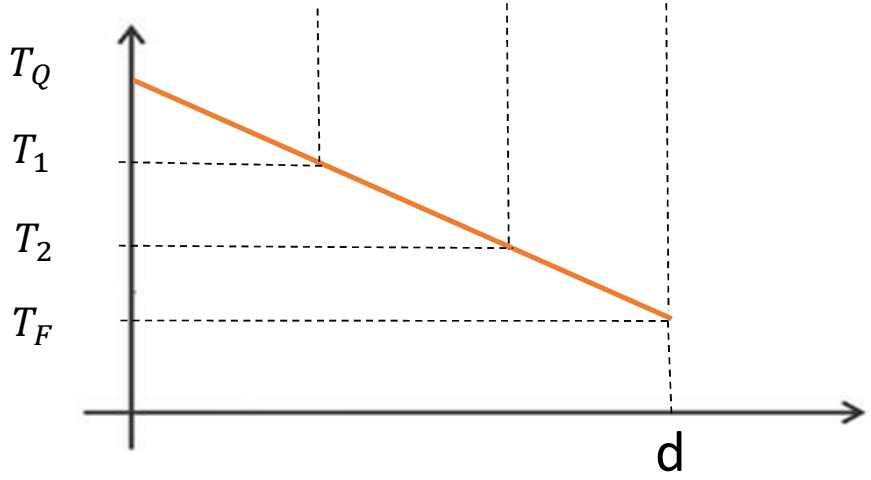
Revisão: grandezas diretamente proporcionais

- 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, Ti = 20 °C, quando a temperatura externa é Te = –40 °C. As paredes, o piso e o teto do contêiner têm a mesma espessura, Ɛ = 26 cm, e são de um mesmo material, de condutividade térmica k = 0,05 J/(s·m·°C). A área total da superfícies das paredes é de 52 m².

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 Ɛ e condutividade térmica k, com diferença de temperatura ΔT entre as faces do material, é dada por:

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

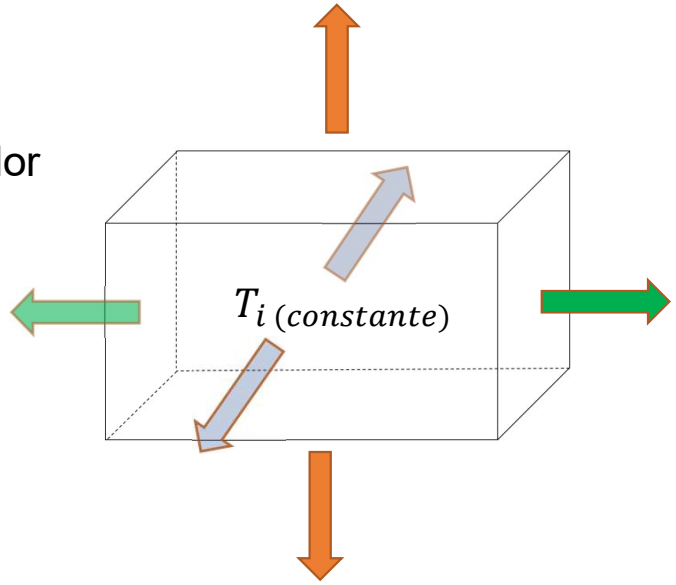
- Considere que o contêiner é um paralelepípedo reto

A = 52 m² T_i - T_e = 20 – (-40) = 60°C ε = 26 cm = 0,26 m k = 0,05 $\frac{J}{s.m.°C}$

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

Entrada de calor Saída de calor

Saída de calor



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

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

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

$$P_{aquec} = \Phi_{saída} = 600\ W$$