

Márcio Azulay

# FÍSICA

ILUSTRADA



5 TERMOLOGIA

# SUMÁRIO

**Física Ilustrada**  
Volume 5 • Termologia  
3ª Edição • 2022

- 03** Sistema Internacional
- 04** Prefixos
  
- 09** Termometria
- 18** Calorimetria
  
- 28** Estudo dos Gases
- 31** Transformações Gasosas
- 36** Energia Interna e Trabalho
- 45** Primeira Lei da Termodinâmica
- 46** Segunda Lei da Termodinâmica
- 53** Máquinas Térmicas
- 54** Refrigeradores
  
- 60** Dilatação Térmica

**1.** Este quinto volume se dedica a estudar os **fenômenos relacionados ao calor, temperatura, mudanças de estado físico, gases e a dilatação térmica**

**2.** Siga os números e depois as suas respectivas setas.

**3.** Os **exercícios respondidos** estão em verde, os **desafios** estão em laranja. **Boa leitura!**



# Unidades de Medida

1. PARA FAZER CIÊNCIA, É NECESSÁRIO SEGUIR ALGUMAS REGRAS BÁSICAS. NA FÍSICA EM GERAL, É COMUM SE UTILIZAR UM PADRÃO PARA AS UNIDADES DE MEDIDA; PARA ISSO FOI CRIADO O SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS (S.I.)

2. SÃO 3 GRANDEZAS PRINCIPAIS NO SI: COMPRIMENTO, MASSA E TEMPO.

3. PARA DISTÂNCIA OU COMPRIMENTO É UTILIZADO O METRO (M).

[m]

[kg]

4. PARA MEDIR A MASSA DE UM CORPO, O PADRÃO UTILIZADO É O QUILOGRAMA (KG).

5. E USAREMOS O SEGUNDO (S) PARA MEDIR O TEMPO.

[s]

Márci Azulay exatas

www.marcioazulayexatas.com

Existem outras unidades do S.I. que veremos mais adiante, são elas:

QUANTIDADE DE MATÉRIA

$6 \times 10^{23}$

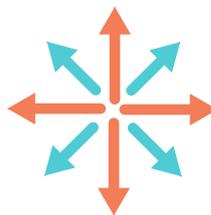
Mol (mol)

TEMPERATURA



Kelvin (K)

PRESSÃO DO GÁS



Pascal (Pa)

CORRENTE ELÉTRICA



Ampere (A)

Todas as outras medidas são derivadas dessas medidas fundamentais.

Por exemplo, para medir a **Pressão** de um gás, usaremos o Pascal, que é uma combinação entre **massa**, **distância** e **tempo**:  $[\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2]$

# Prefixos

É comum também encontrar alguns prefixos nas unidades, eles serão utilizados para substituir números muito **grandes** (como massas de planetas) e até números muito **pequenos** (como distâncias entre átomos). Veja a seguir os principais prefixos usados na física:



## O grande

quilo

**k<sub>-</sub>**

**10<sup>3</sup>**

mega

**M<sub>-</sub>**

**10<sup>6</sup>**

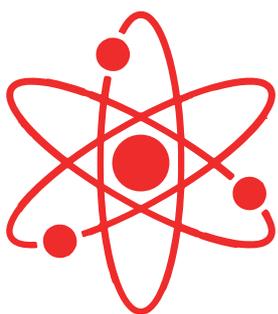
giga

**G<sub>-</sub>**

**10<sup>9</sup>**

**Ex:** 2 km = 2 quilômetros =  $2 \times 10^3$  m  
2 MHz = 2 megahertz =  $2 \times 10^6$  Hz  
2 GW = 2 gigawatts =  $2 \times 10^9$  W

www.marcioazulayexatas.com



## O pequeno

mili

**m<sub>-</sub>**

**10<sup>-3</sup>**

micro

**μ<sub>-</sub>**

**10<sup>-6</sup>**

nano

**n<sub>-</sub>**

**10<sup>-9</sup>**

**Ex:** 2 ms = 2 milissegundos =  $2 \times 10^{-3}$  s  
2 μC = 2 microcoulombs =  $2 \times 10^{-6}$  C  
2 nm = 2 nanômetros =  $2 \times 10^{-9}$  m

**01 (Respondido)** "Em apenas 2 minutos, um carro de 1,2 toneladas consegue percorrer 3,6 quilômetros por uma rodovia."

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

### RESOLUÇÃO

Minutos deve ser transformado para segundos, multiplique por 60:

$$2 \text{ min} \times (60) = 120 \text{ s}$$

Toneladas deve ser transformado para quilogramas (kg), multiplique por 1000:

$$1,2 \text{ to} \times (1000) = 1200 \text{ kg}$$

Quilômetros deve ser transformado para metros , multiplique por 1000:

$$3,6 \text{ km} \times (1000) = 3600 \text{ m}$$

**02.** "Todas as manhãs, João sai de sua casa e caminha por 4 minutos até a padaria; compra 500 g de pão e retorna a sua casa que fica a 0,2 km de distância"

Transforme todas as medidas do texto anterior para suas respectivas unidades do S.I. (Sistema Internacional de Medidas).

**03 (Respondido)** Substitua os prefixos pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a) 1,2 mm
- b) 500 kW

### RESOLUÇÃO

a) O prefixo "m" (mili) deve ser substituído por  $10^{-3}$ :

$$1,2 \text{ mm} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \text{metro(s)}$$

b) O prefixo “k” (quilo) deve ser substituído por  $10^3$ :

$$500 \text{ kW} = 500 \times 10^3 \text{ W} \quad \text{Watt(s)}$$

**04.** Substitua os prefixos a seguir pelas suas potências de 10 equivalentes:

- a)  $10 \mu\text{m}$
- b)  $0,2 \text{ kJ}$
- c)  $15 \text{ nC}$
- d)  $0,1 \text{ mA}$
- e)  $5 \text{ kJ}$
- f)  $72 \text{ GHz}$

**05. (Respondido)** Faça as operações a seguir:

- a)  $10^5 \times 10^{-3}$
- b)  $10^5 : 10^{-3}$

### RESOLUÇÃO

a) Multiplicação com potências de 10: Mantenha a base e some os expoentes:

$$10^5 \times 10^{-3} = 10^{(5) + (-3)} = 10^2$$

b) Divisão com potências de 10: Mantenha a base e subtraia os expoentes:

$$10^5 : 10^{-3} = 10^{(5) - (-3)} = 10^{(5 + 3)} = 10^8$$

**06.** Faça as operações a seguir:

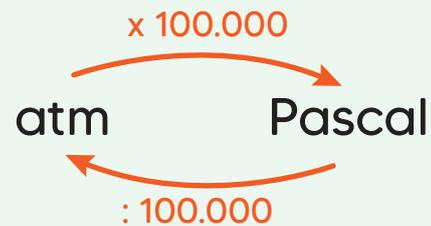
- |                             |                           |                              |  |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|
| a) $10^5 \times 10^3$       | e) $\frac{10^9}{10^4}$    | g) $\frac{10^{-3}}{10^3}$    | i) $\frac{10^9 \times 10^{-2}}{10^7 \times 10}$      |
| b) $10^{-1} \times 10^8$    | f) $\frac{10^5}{10^{-9}}$ | h) $\frac{10^{-1}}{10^{-2}}$ | j) $\frac{10^{-4} \times 10^6}{10^{-1} \times 10^7}$ |
| c) $10^{12} \times 10^{-9}$ |                           |                              |  |
| d) $10^{-4} \times 10^{-7}$ |                           |                              |  |

**07. (Respondido)** Transforme as medidas de pressão a seguir:

- a) 2 atm = \_\_\_\_\_ Pascal  
 b) 40.000 Pa = \_\_\_\_\_ atm

### RESOLUÇÃO

Para transformar entre Pascal (Pa) e Atmosferas (atm) use a relação:



a) De atm para Pascal, multiplique por 100.000 (ou  $10^5$ ):

$$2 \text{ (x100.000)} = 200.000 \text{ Pa}$$

b) De Pascal para atm, divida por 100.000 (ou  $10^5$ ):

$$40.000 \text{ (:100.000)} = 0,4 \text{ atm}$$

**08.** Transforme para Pascal:

- a) 3 atm  
 b) 10 atm  
 c) 0,2 atm  
 d) 0,05 atm

**09.** Transforme para Atmosferas:

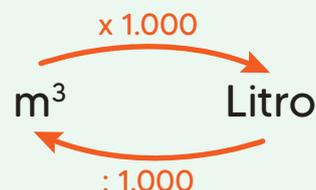
- a) 100.000 Pa  
 b) 3.100.000 Pa  
 c) 80.000 Pa  
 d) 550.000 Pa

**10. (Respondido)** Transforme as medidas de volume a seguir:

- a) 5 m<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ Litros  
 b) 400 L = \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

### RESOLUÇÃO

Para transformar entre metros cúbicos (m<sup>3</sup>) e Litros (L) use a relação:



a) De metros cúbicos ( $m^3$ ) para litros (L), multiplique por 1.000:

$$5 \text{ m}^3 (\times 1.000) = 5.000 \text{ L}$$

b) De litros (L) para metros cúbicos ( $m^3$ ), divida por 1.000:

$$400 \text{ L } (:1.000) = 0,4 \text{ m}^3$$

**11.** Transforme para Litros:

- a)  $5 \text{ m}^3$
- b)  $350 \text{ m}^3$
- c)  $0,2 \text{ m}^3$
- d)  $0,004 \text{ m}^3$

**12.** Transforme para metros cúbicos:

- a) 9000 L
- b) 20 L
- c) 677 L
- d) 3 L

## RESPOSTAS

**02.** 4 minutos = 240 s ; 500 gramas = 0,5 kg ; 0,2 km = 200 m

- 04.** a)  $10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{ m}$  (metros)  
 b)  $0,2 \text{ kJ} = 0,2 \times 10^6 \text{ J}$  (Joules)  
 c)  $15 \text{ nC} = 15 \times 10^{-9} \text{ C}$  (Coulombs)  
 d)  $0,1 \text{ mA} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ A}$  (Amperes)  
 e)  $5 \text{ kJ} = 5 \times 10^3 \text{ J}$  (Joules)  
 f)  $72 \text{ GHz} = 72 \times 10^9 \text{ Hz}$  (Hertz)

- 06.** a)  $10^8$                       f)  $10^{14}$   
 b)  $10^7$                         g)  $10^{-6}$   
 c)  $10^3$                         h)  $10^1$   
 d)  $10^{-11}$                     i)  $10^{-1}$   
 e)  $10^5$                         j)  $10^{-4}$

- 08.** a) 300.000  
 b) 1.000.000  
 c) 20.000  
 d) 5.000

- 09.** a) 1  
 b) 31  
 c) 0,8  
 d) 5,5

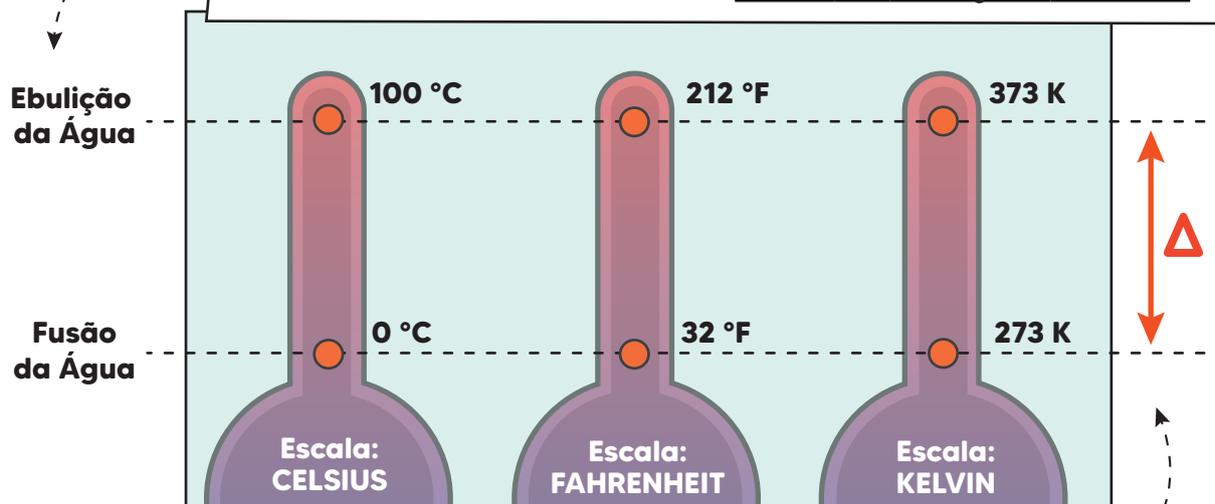
- 11.** a) 5.000  
 b) 350.000  
 c) 200  
 d) 4

- 12.** a) 9  
 b) 0,02  
 c) 0,677  
 d) 0,003

# Termometria

EXISTEM 3 ESCALAS PARA MEDIR TEMPERATURA: CELSIUS ( $^{\circ}\text{C}$ ), FAHRENHEIT ( $^{\circ}\text{F}$ ) E KELVIN (K). O OBJETIVO DESSE CAPÍTULO SERÁ A TRANSFORMAÇÃO ENTRE ELAS. PARA ISSO, VAMOS UTILIZAR UM MÉTODO QUE RELACIONA AS VARIACÕES ( $\Delta$ ).

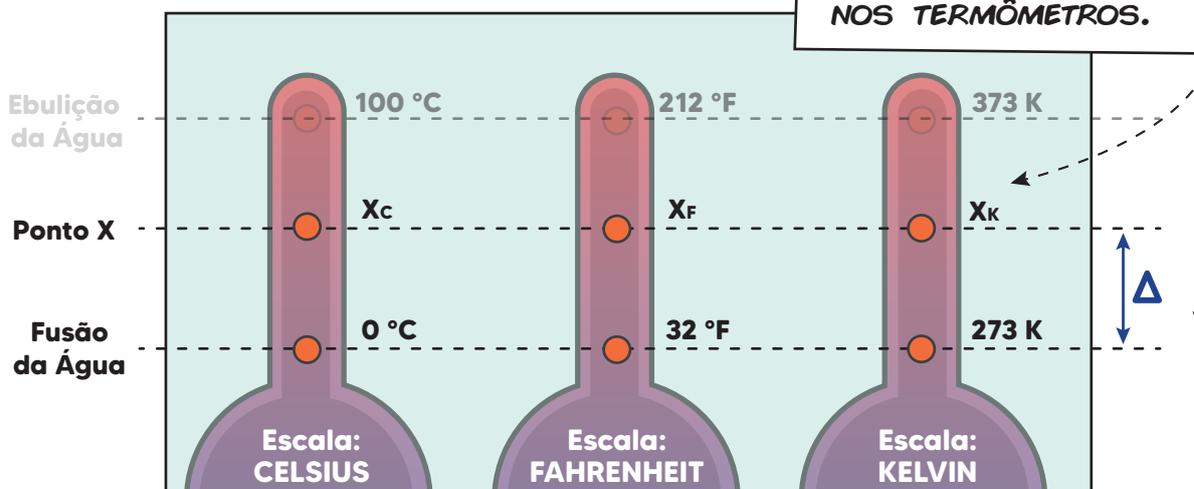
1. PARA FAZER ESSAS TRANSFORMAÇÕES USAREMOS 2 REFERENCIAIS: OS PONTOS DE FUSÃO E EBULIÇÃO DA ÁGUA.



2. AS VARIACÕES (OU DIFERENÇA) ENTRE ESSAS DUAS MEDIDAS SÃO PROPORCIONAIS PARA AS TRÊS ESCALAS.

$$\Delta \quad \underbrace{100-0}_{\text{Celsius}} \sim \underbrace{212-32}_{\text{Fahrenheit}} \sim \underbrace{373-273}_{\text{Kelvin}}$$

3. DEPOIS DISSO, MARQUE UM PONTO "X" QUALQUER NOS TERMÔMETROS.



4. AS VARIACÕES ENTRE ESSA MEDIDA "X" E O PONTO DE FUSÃO TAMBÉM SÃO PROPORCIONAIS.

$$\Delta \quad \underbrace{Xc-0}_{\text{Celsius}} \sim \underbrace{Xf-32}_{\text{Fahrenheit}} \sim \underbrace{Xk-273}_{\text{Kelvin}}$$

5. DIVIDA ESSAS DUAS RELAÇÕES ENCONTRADAS PARA ACHAR UMA IGUALDADE:

$$\frac{X_C - 0}{100 - 0} = \frac{X_F - 32}{212 - 32} = \frac{X_K - 273}{373 - 273}$$

Celsius                  Fahrenheit                  Kelvin

FAÇA AS OPERAÇÕES DE SUBTRAÇÃO:

$$\frac{X_C}{100} = \frac{X_F - 32}{180} = \frac{X_K - 273}{100}$$

SIMPLIFIQUE OS DENOMINADORES POR 20:

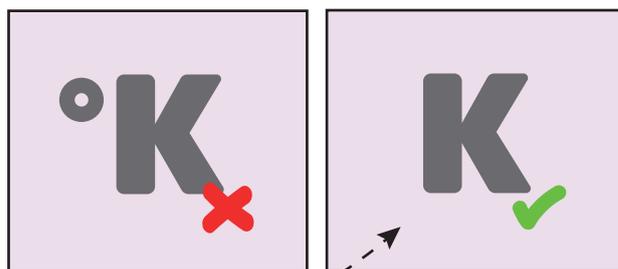
$$\frac{X_C}{5} = \frac{X_F - 32}{9} = \frac{X_K - 273}{5}$$

Fórmula Final!

## Escala Kelvin

É A ESCALA UTILIZADA PELO SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS (SI).

CUIDADO! A UNIDADE KELVIN É A ÚNICA QUE NÃO RECEBE O SÍMBOLO "GRAUS" (°) NA SUA REPRESENTAÇÃO.



OUTRA COISA SOBRE O KELVIN É QUE ELE NÃO ACEITA VALORES NEGATIVOS. O MENOR VALOR POSSÍVEL É: 0K (ZERO KELVIN), CHAMADA DE ZERO ABSOLUTO, QUE É A MENOR TEMPERATURA QUE UM CORPO PODE TER.

$$0 \text{ K} = -273 \text{ °C} = -459 \text{ °F}$$

**01. (Respondido)** Um corpo possui temperatura de 40° C, expresse essa temperatura nas escalas: a) Fahrenheit , b) Kelvin.

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula da transformação usando somente as frações das escalas Celsius e Fahrenheit:

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{\cancel{K-273}}{5}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$\frac{40}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$9 \cdot (40) = 5 \cdot (F-32)$$

$$360 = 5F - 160$$

$$5F = 520$$

$$F = 104 \text{ } ^\circ\text{F}$$

b) Use a fórmula da transformação usando somente as frações das escalas Celsius e Kelvin:

$$\frac{C}{5} = \frac{\cancel{F-32}}{9} = \frac{K-273}{5}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{K-273}{5}$$

Corte os dois denominadores

$$C = K - 273$$

$$40 = K - 273$$

$$K = 313 \text{ K}$$

**02.** Transforme as medidas de temperatura a seguir:

a) 20 °C = \_\_\_\_\_ °F = \_\_\_\_\_ K

b) 150 °C = \_\_\_\_\_ °F = \_\_\_\_\_ K

c) 85 °C = \_\_\_\_\_ °F = \_\_\_\_\_ K

d) 77 °F = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ K

e) 113 °F = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ K

f) 23 °F = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ K

g) 2 K = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ °F

h) 100 K = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ °F

i) 50 K = \_\_\_\_\_ °C = \_\_\_\_\_ °F

**03. (Respondido)** Uma escala termométrica fictícia "Y" foi criada. Os pontos de fusão e ebulição da água nessa nova escala são 20° Y e 80° Y respectivamente.

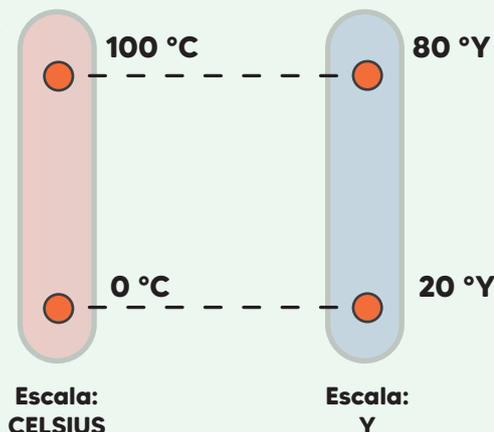
Determine: a) A lei geral para transformação entre as escalas Celsius e Y.  
b) A temperatura 30° C na escala Y.

**RESOLUÇÃO**

a) Vamos criar os dois termômetros utilizando os pontos de fusão e ebulição da água como referência

(Esses valores na escala Celsius são valores fixos: 0° e 100° C (pág 8))

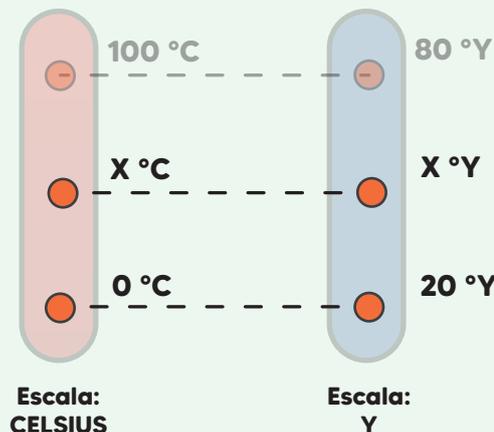
Faça a variação entre essas duas medidas, elas serão proporcionais:



$$\triangle \frac{100-0}{\text{Celsius}} \sim \frac{80-20}{Y}$$

Crie um ponto "x" nos dois termômetros que sejam equivalentes

Faça a variação entre essa medida "x" e o ponto de fusão, elas também serão proporcionais:



$$\triangle \frac{X_C-0}{\text{Celsius}} \sim \frac{X_Y-20}{Y}$$

Divida essas duas relações encontradas para achar a lei de transformação:

$$\frac{X_C - 0}{100 - 0} = \frac{X_Y - 20}{80 - 20}$$

$$\frac{X_C}{100} = \frac{X_Y - 20}{60}$$

Você pode (se quiser) dividir os dois denominadores por 20 para simplificar a equação

$$\frac{X_C}{\cancel{100}} = \frac{X_Y - 20}{\cancel{60}} \rightarrow \frac{X_C}{5} = \frac{X_Y - 20}{3}$$

b) Use a equação encontrada para transformar,  $X_C = 30^\circ \text{C}$ :

$$\frac{X_C}{5} = \frac{X_Y - 20}{3}$$

$$\frac{30}{5} = \frac{X_Y - 20}{3}$$

$$90 = 5 \cdot (X_Y - 20)$$

$$18 = X_Y - 20$$

$$X_Y = 38^\circ \text{Y}$$

Passe o 5 para o outro lado em forma de divisão

**04.** Uma escala termométrica fictícia "Z" foi criada. Os pontos de fusão e ebulição da água nessa nova escala são  $30^\circ \text{Z}$  e  $150^\circ \text{Z}$  respectivamente.

Determine: a) A lei geral para transformação entre as escalas Celsius e Z.  
b) A temperatura  $50^\circ \text{C}$  na escala Z.

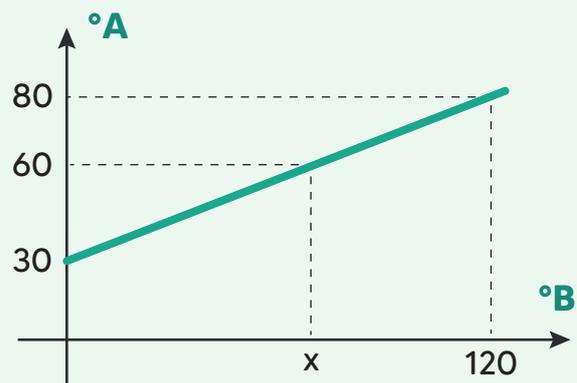
**05.** Uma escala termométrica fictícia "W" foi criada. Os pontos de fusão e ebulição da água nessa nova escala são  $-60^\circ \text{W}$  e  $-10^\circ \text{W}$  respectivamente.

Determine: a) A lei geral para transformação entre as escalas Celsius e W.  
b) A temperatura  $8^\circ \text{C}$  na escala W.

### 06. (Respondido)

Duas escalas termométricas A e B estão relacionadas pelo gráfico ao lado:

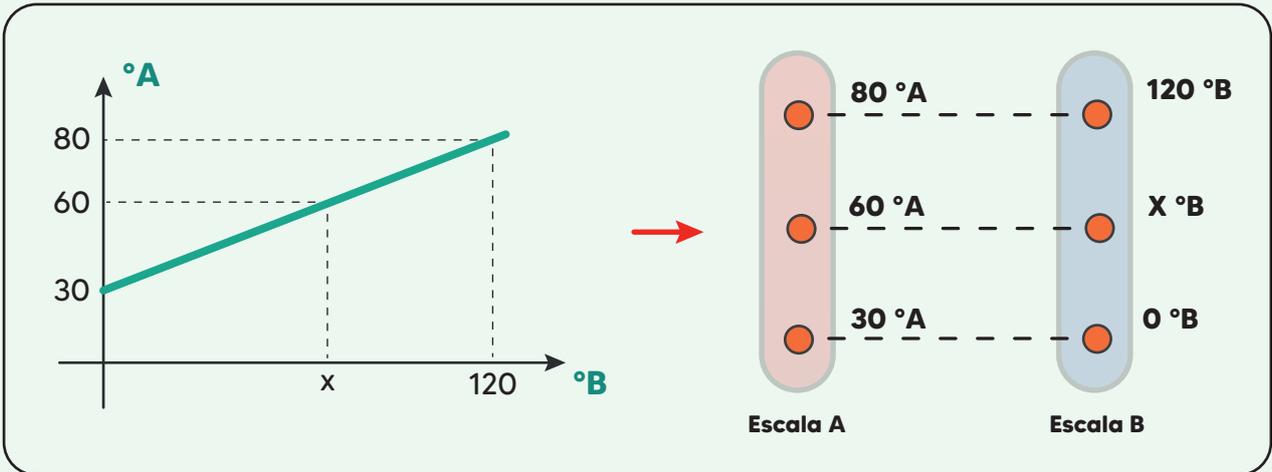
Determine o valor de "x"



Já estudou sobre “Funções do Primeiro Grau” (Função Afim)? Esse tipo de questão pode ser resolvida facilmente por esse método devido ao caráter linear do gráfico apresentado.

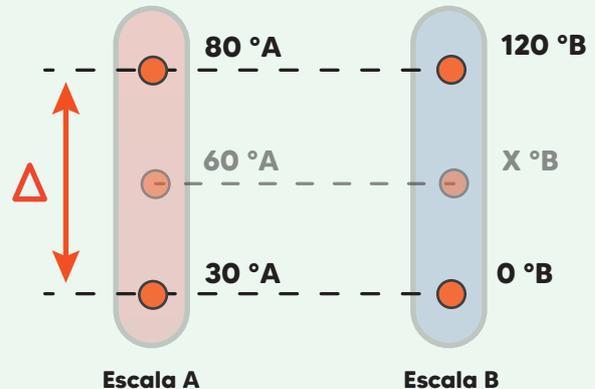
Mas vamos nos focar em usar o método apresentado na página 8.

Reproduza o gráfico da questão usando o desenho dos termômetros:



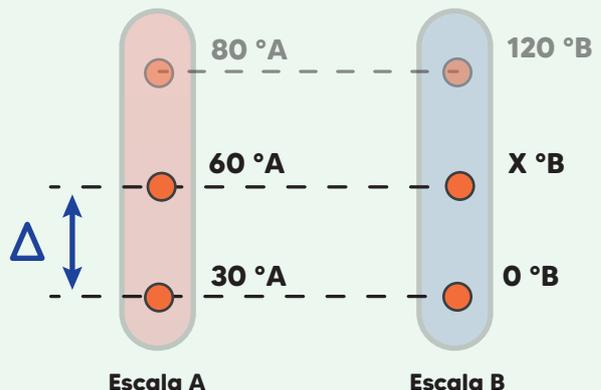
Faça as variações entre as temperaturas máxima e a mínima, elas serão proporcionais.

$$\triangle \frac{80-30}{\text{Escala A}} \sim \frac{120-0}{\text{Escala B}}$$



Faça as variações entre as temperaturas média e a mínima, elas também serão proporcionais.

$$\triangle \frac{60-30}{\text{Escala A}} \sim \frac{X-0}{\text{Escala B}}$$

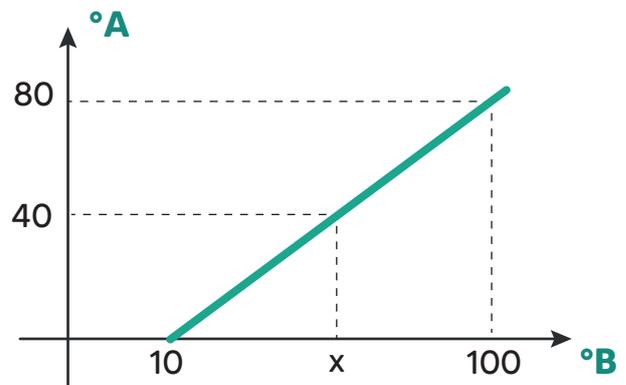


Divida essas duas relações encontradas para achar a lei de transformação:

$$\begin{aligned} \Delta & \rightarrow \frac{60 - 30}{80 - 30} = \frac{X - 0}{120 - 0} \\ \Delta & \rightarrow \frac{30}{50} = \frac{X}{120} \\ 50 \cdot X & = 3600 \\ X & = 72 \text{ }^\circ\text{B} \end{aligned}$$

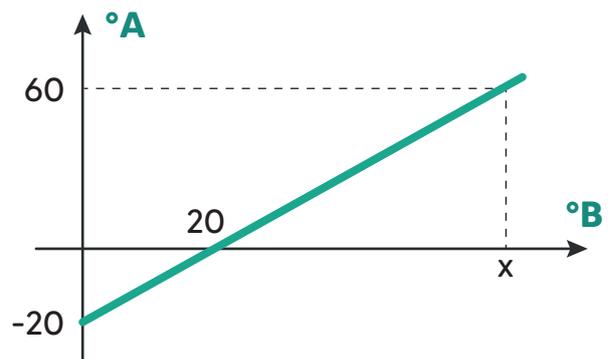
**07.** Duas escalas termométricas A e B estão relacionadas pelo gráfico ao lado:

Determine o valor de "x"



**08.** Duas escalas termométricas A e B estão relacionadas pelo gráfico ao lado:

Determine o valor de "x"



**09. (Respondido)** (Extra) A temperatura média de uma cidade às 6 horas da manhã é de  $-10^\circ\text{C}$  e sobe para  $15^\circ\text{C}$  ao meio dia. Determine:

- a) A variação da temperatura na escala Celsius
- b) A variação da temperatura na escala Fahrenheit
- c) A variação da temperatura na escala Kelvin

a) A variação na escala Celsius é achada pela diferença entre as duas temperaturas:

$$\Delta C = (15) - (-10) = 15 + 10 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

b) Use a fórmula da variação para transformar entre as escalas "C" e "F":

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} = \frac{\cancel{\Delta K}}{\cancel{5}}$$

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9}$$

$$\frac{25}{5} = \frac{\Delta F}{9}$$

$$5 = \frac{\Delta F}{9}$$

$$\Delta F = 45 \text{ }^\circ\text{F}$$

c) Use a fórmula da variação para transformar entre as escalas "C" e "K":

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\cancel{\Delta F}}{\cancel{9}} = \frac{\Delta K}{5}$$

$$\frac{\Delta C}{\cancel{5}} = \frac{\Delta K}{\cancel{5}}$$

$$\Delta C = \Delta K$$

$$\Delta K = 25 \text{ K}$$

Corte os dois denominadores

A variação em  $^\circ\text{C}$  é sempre igual a variação em K

**10.** A temperatura média de uma cidade às 6 horas da manhã é de  $15^\circ\text{C}$  e sobe para  $23^\circ\text{C}$  ao meio dia. Determine:

- A variação da temperatura na escala Celsius
- A variação da temperatura na escala Fahrenheit
- A variação da temperatura na escala Kelvin

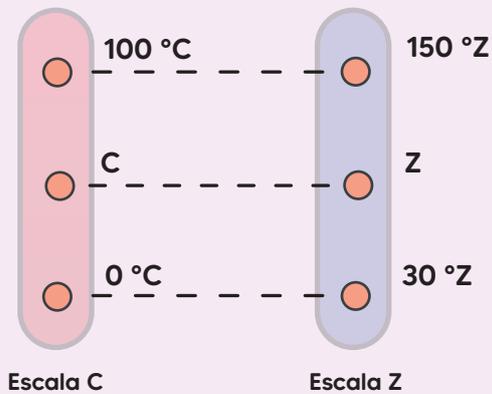
$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$$

**RESPOSTAS**

02. a)  $68^{\circ}\text{F} = 293\text{K}$       b)  $302^{\circ}\text{F} = 423\text{K}$       c)  $185^{\circ}\text{F} = 358\text{K}$   
 d)  $25^{\circ}\text{C} = 298\text{K}$       e)  $45^{\circ}\text{C} = 318\text{K}$       f)  $-5^{\circ}\text{C} = 268\text{K}$   
 g)  $-271^{\circ}\text{C} = 455,8^{\circ}\text{F}$       h)  $-173^{\circ}\text{C} = 279,4^{\circ}\text{F}$       i)  $-223^{\circ}\text{C} = 369,4^{\circ}\text{F}$

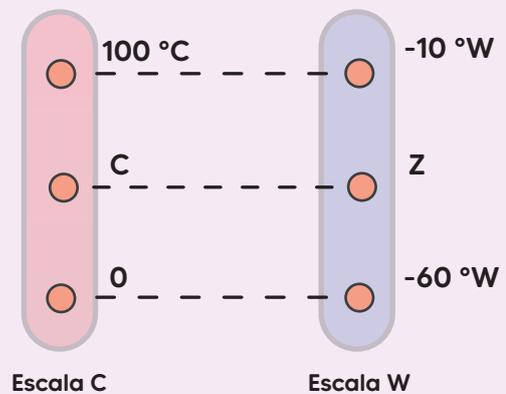
04. a)  $\frac{C}{100} = \frac{Z-30}{120}$

b)  $Z = 90^{\circ}\text{Z}$

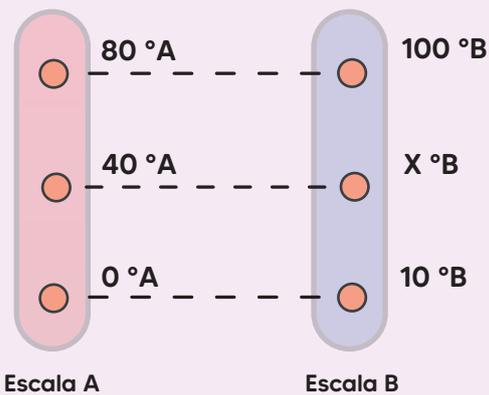


05. a)  $\frac{C}{100} = \frac{W+60}{50}$

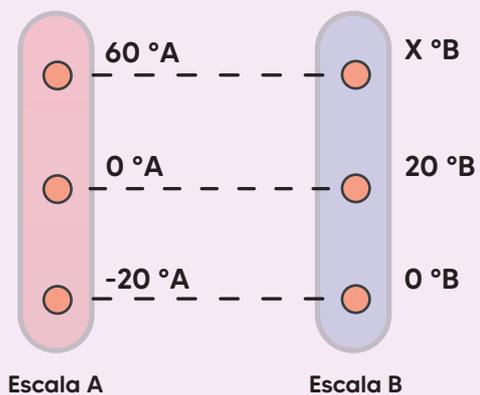
b)  $W = -56^{\circ}\text{W}$



07.  $x = 55^{\circ}\text{B}$



08.  $x = 80^{\circ}\text{B}$



10. a)  $8^{\circ}\text{C}$  ; b)  $14,4^{\circ}\text{F}$  ; c)  $8^{\circ}\text{K}$

## C Calor Sensível

1. É a QUANTIDADE DE ENERGIA NECESSÁRIA PARA QUE 1 GRAMA DE CERTO MATERIAL VARIE 1°C NA SUA TEMPERATURA.

2. O FERRO, POR EXEMPLO, TEM O SEU CALOR ESPECÍFICO IGUAL A 0,11:

$$c_{\text{FERRO}} = 0,11 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

ISSO SIGNIFICA QUE SÃO NECESSÁRIOS 0,11 CALORIAS PARA QUE 1G DE FERRO ELEVE A SUA TEMPERATURA EM 1°C.

1,0 <b>H<sub>2</sub>O</b> água	0,12 <b>Au</b> ouro	0,11 <b>Fe</b> ferro	0,056 <b>Ag</b> prata
0,55 <b>H<sub>2</sub>O</b> gelo	0,22 <b>Al</b> alumínio	0,09 <b>Cu</b> cobre	0,031 <b>Pb</b> chumbo

3. E CADA SUBSTÂNCIA OU ELEMENTO POSSUI O SEU PRÓPRIO CALOR ESPECÍFICO.

EXEMPLO: É MAIS FÁCIL AQUECER O FERRO DO QUE AQUECER A ÁGUA

4. A FÓRMULA PARA A QUANTIDADE DE CALOR:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

[calorias - cal]

m: Massa [g]  
c: Calor específico [cal/g.°C]  
 $\Delta T$ : Variação de temperatura [°C]

### Calorias x Joules

PERCEBA QUE NORMALMENTE A UNIDADE DE MEDIDA UTILIZADA PARA ENERGIA É JOULES (J), MAS NESSE CAPÍTULO DE CALORIMETRIA, USAREMOS A MEDIDA: CALORIAS (CAL).

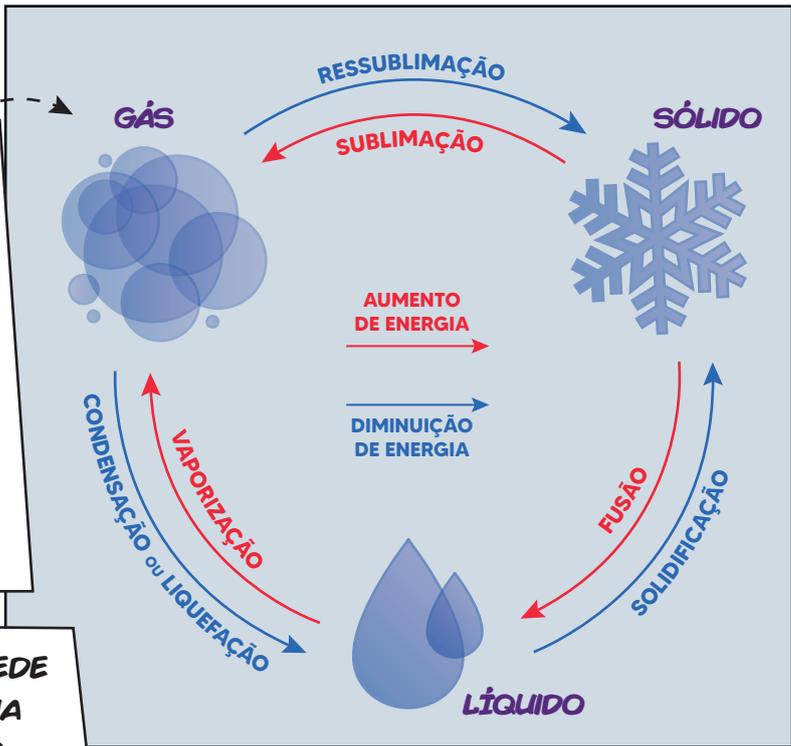
### TRANSFORMAÇÃO

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

# L Calor Latente

1. UM MATERIAL NÃO APENAS MUDA A SUA TEMPERATURA QUANDO PERDE OU RECEBE ENERGIA, ELE TAMBÉM PODE USAR ESSA ENERGIA PARA MUDAR DE ESTADO. USAREMOS O CALOR LATENTE PARA PROBLEMAS COMO ESSE.

2. O CALOR LATENTE MEDE A QUANTIDADE DE ENERGIA NECESSÁRIA PARA MUDAR A FASE DE 1G DE UMA SUBSTÂNCIA. NOVAMENTE, CADA MATERIAL POSSUIRÁ O SEU PRÓPRIO COEFICIENTE.



3. VEJA A FÓRMULA PARA A QUANTIDADE DE CALOR LATENTE:

$$Q_L = m \cdot L$$

m: Massa [g]  
L: Coeficiente de Calor Latente [cal/g]

[cal]

## Equilíbrio Térmico

1. DUAS OU MAIS SUBSTÂNCIAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS SÃO MISTURADAS ATÉ QUE ELAS CHEGUEM AO EQUILÍBRIO TÉRMICO. NESSE CASO, SOME TODAS AS QUANTIDADES DE CALOR (ESPECÍFICAS E LATENTES) DE TODOS OS CORPOS ENVOLVIDOS.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \dots = 0$$

2. EQUILÍBRIO TÉRMICO SIGNIFICA QUE ESSE SOMATÓRIO É IGUAL A ZERO E A TEMPERATURA FINAL DE TODOS SERÁ A MESMA:

### Fluxo de Calor

USAMOS O FLUXO DE CALOR QUANDO UM CORPO RECEBE UMA QUANTIDADE CONSTANTE DE CALOR EM UM INTERVALO DE TEMPO DEFINIDO.



$$F = \frac{Q}{\Delta t} \quad [\text{cal/seg}]$$

Q: Quantidade de Energia [cal]  
Δt: Variação de tempo [seg]

**01. (Respondido)** Determine a quantidade de calor em Joules para aumentar a temperatura de um bloco de ferro de 0,5 kg de 20°C até 200°C  
Dado:  $c_{\text{FERRO}} = 0,11 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

### RESOLUÇÃO

a) Encontre a variação da temperatura:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$
$$\Delta T = 200 - 20 = 180^\circ$$

Use a fórmula do calor sensível, nesse assunto, é necessário usar a massa em gramas (0,5 kg = 500 g):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$Q = (500) \cdot (0,11) \cdot (180)$$
$$Q = 9900 \text{ calorias}$$

Transforme para Joules (1 cal = 4,18 J):

$$Q = 9900 \cdot (4,18) = 41.382 \text{ J}$$

**02.** Determine a quantidade de calor em Joules para aumentar a temperatura de um bloco de ferro de 0,7 kg de 0°C até 150°C. Dado:  $C_{\text{FERRO}} = 0,11 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

**03.** Determine a quantidade de calor em Joules para aumentar a temperatura de um bloco de cobre de 200 g de 50°C até 80°C. Dado:  $C_{\text{COBRE}} = 0,09 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

**04.** Foram fornecidos 300 calorias para 120 g de água que está inicialmente a 20°C, determine a temperatura final. Dado:  $C_{\text{ÁGUA}} = 1,0 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

**05.** Foram fornecidas 500 calorias para aumentar a temperatura de 200 g de uma substância desconhecida de 10°C até 50°C, determine o calor sensível dessa substância.

**06.** Foram fornecidas 330 calorias para aumentar a temperatura de um bloco de ferro em 40°C. Qual é a massa desse bloco? Dado:  $C_{\text{FERRO}} = 0,11 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

**07. (Respondido)** Determine a quantidade de calor necessária para derreter completamente um bloco de 800 g de gelo a 0°C. Dado:  $L_{\text{FUSÃO}} = 80 \text{ cal/g}$

### RESOLUÇÃO

O gelo já está na temperatura de fusão. Para mudança de estado, use a fórmula do calor latente:

$$Q_L = m \cdot L$$

$$Q_L = (800) \cdot (80)$$

$$Q_L = 64.000 \text{ calorias}$$

**08.** Determine a quantidade de calor necessário para derreter completamente um bloco de 200 g de gelo a 0°C. Dado:  $L_{\text{FUSÃO}} = 80 \text{ cal/g}$

**09.** Determine a quantidade de calor que deve ser retirada de 200g de água a 0°C para congela-lo completamente. Dado:  $L_{\text{FUSÃO}} = 80 \text{ cal/g}$

**10.** Determine a quantidade de calor necessário para transformar completamente 50 g de água a 100°C em vapor. Dado:  $L_{\text{VAPORIZAÇÃO}} = 500 \text{ cal/g}$

**11. (Respondido)** Um homem deseja esquentar 300 g de água a 20° até a temperatura de ebulição para fazer um café. Determine:

- A quantidade de calor necessária para alcançar a fervura.
- O fluxo da chama, sabendo que a água levou 5 minutos para ferver.

### RESOLUÇÃO

a) A água mudou sua temperatura de 20° a 100°C, use o calor sensível:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = (300) \cdot (1,0) \cdot (100 - 20)$$

$$Q = 24.000 \text{ cal}$$

b) Use a fórmula do fluxo, o tempo foi de 5 min = 300 segundos:

$$F = \frac{Q}{t} = \frac{24000}{300} = 80 \text{ cal/s}$$

**12.** Um homem deseja esquentar 200 g de água a 25° até a temperatura de ebulição para fazer um café. Determine:

- A quantidade de calor necessária para alcançar a fervura.
- O fluxo da chama, sabendo que a água levou 2,5 minutos para ferver.

**13.** Um bloco de gelo de 5 kg a 0°C é posto em um calorímetro e recebe um fluxo constante de energia igual a 2000 cal/s. Determine em quanto tempo o bloco de gelo irá derreter totalmente.

(Coef. de Calor Latente para Fusão da Água:  $L_{FUSÃO} = 80 \text{ cal/g}$ )

**14.** Um bloco de gelo recebeu um fluxo de energia constante igual a 120 cal/s. Determine a massa total de gelo sabendo que ele levou um total de 10 minutos para derreter completamente

(Coef. de Calor Latente para Fusão da Água:  $L_{FUSÃO} = 80 \text{ cal/g}$ )

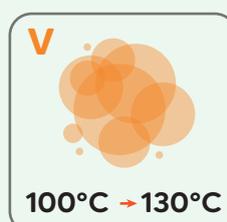
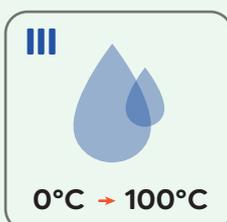
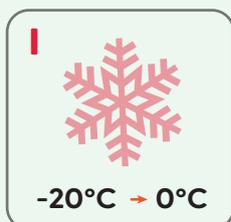
**15. (Respondido)** Um homem possui 20 g de gelo a -20°C e deseja obter vapor de água a 130°C. Determine a quantidade de energia (calor) que deve ser fornecida a essa amostra de água.

$C_{GELO} = 0,5 \text{ cal/g}$   
 $C_{ÁGUA} = 1,0 \text{ cal/g}$   
 $C_{VAPOR} = 0,5 \text{ cal/g}$   
 $L_{FUSÃO} = 80 \text{ cal/g}$   
 $L_{VAPORIZAÇÃO} = 500 \text{ cal/g}$

## RESOLUÇÃO

A massa de água passará por 5 processos diferentes:

- Aquecimento do bloco de gelo que está a -20°C até 0°C.
- Derretimento do gelo em água
- Aquecimento da água que está a 0°C até 100°C
- Vaporização da água
- Aquecimento do vapor de 100°C até 130°C



Para achar a energia total, some a quantidade de calor de todos os processos individuais:

$$Q_{TOTAL} = Q_S (\text{gelo}) + Q_L (\text{fusão}) + Q_S (\text{água}) + Q_L (\text{vaporização}) + Q_S (\text{vapor})$$

Perceba que são calores sensíveis e latentes alternados:

$$Q_T = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L + m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L + m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$(20) \cdot (0,5) \cdot (0 - (-20)) + (20) \cdot (80) + (20) \cdot (1,0) \cdot (100 - 0) + (20) \cdot (500) + (20) \cdot (0,5) \cdot (130 - 100)$$

$$Q_T = 200 \text{ cal} + 1.600 \text{ cal} + 2.000 \text{ cal} + 10.000 \text{ cal} + 300 \text{ cal}$$

$$Q_T = 14.100 \text{ cal}$$

**16.** Um homem possui 15 g de gelo a  $-10^\circ\text{C}$  e deseja obter vapor de água a  $150^\circ\text{C}$ . Determine a quantidade de energia (calor) que deve ser fornecida a essa amostra de água.

$C_{\text{GELO}} = 0,5 \text{ cal/g}$   
 $C_{\text{ÁGUA}} = 1,0 \text{ cal/g}$   
 $C_{\text{VAPOR}} = 0,5 \text{ cal/g}$   
 $L_{\text{FUSÃO}} = 80 \text{ cal/g}$   
 $L_{\text{VAPORIZAÇÃO}} = 500 \text{ cal/g}$

## RESPOSTAS

**02.**  $Q = 11.550 \text{ cal} = 48.279 \text{ J}$  Dica:  $m = 700 \text{ g}$ ;  $\Delta T = 150^\circ\text{C}$

**03.**  $Q = 540 \text{ cal} = 2257,2 \text{ J}$  Dica:  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

**04.**  $T = 22,5^\circ\text{C}$  Dica:  $300 = (120) \cdot (1,0) \cdot (T - 20)$

**05.**  $c = 0,0625 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$  Dica:  $500 = (200) \cdot c \cdot (40)$

**06.**  $m = 75 \text{ g}$  Dica:  $330 = m \cdot (0,11) \cdot (40)$

**08.**  $Q_L = 16.000 \text{ cal}$

**09.**  $Q_L = 16.000 \text{ cal}$

**10.**  $Q_L = 25.000 \text{ cal}$  Dica:  $Q = (50) \cdot (500)$

**12. a)**  $Q = 15.000 \text{ cal}$ ; **b)**  $F = 100 \text{ cal/s}$  Dica:  $2,5 \text{ min} = 150 \text{ s}$

**13.**  $t = 200 \text{ segundos}$  Dica:  $Q = 400.000 \text{ cal}$

**14.**  $m = 900 \text{ g}$  Dica:  $Q = 72.000 \text{ cal}$

**16.**  $Q = 10.650 \text{ cal}$  Dica:  $Q = 75 + 1.200 + 1.500 + 7.500 + 375$

$$\begin{aligned}C_{\text{FERRO}} &= 0,11 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \\C_{\text{GELO}} &= 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \\C_{\text{ÁGUA}} &= 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \\C_{\text{VAPOR}} &= 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_{\text{FUSÃO}} &= 80 \text{ cal/g} \\L_{\text{VAPORIZAÇÃO}} &= 500 \text{ cal/g}\end{aligned}$$

**01. (Respondido)** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 600 g de água a  $10^\circ\text{C}$
- 200 g de ferro  $300^\circ\text{C}$

Determine a temperatura final do sistema

### RESOLUÇÃO

Para questões de equilíbrio térmico, some todas as quantidades de calor (perdas e absorvidas) de todas as substâncias e iguale a zero:

$$Q_{\text{ÁGUA}} + Q_{\text{FERRO}} = 0$$

O calor fornecido pelo ferro será absorvido pela água e ambos atingirão a mesma temperatura final (T):

$$\begin{aligned}Q_{\text{ÁGUA}} + Q_{\text{FERRO}} &= 0 \\m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot c \cdot \Delta T &= 0 \\(600) \cdot (1,0) \cdot (T-10) + (200) \cdot (0,11) \cdot (T-300) &= 0 \\600 \cdot (T-10) + 22 \cdot (T-300) &= 0\end{aligned}$$

Propriedade distributiva:

$$\begin{aligned}600 \cdot (T-10) + 22 \cdot (T-300) &= 0 \\600 \cdot T - 6000 + 22 \cdot T - 6600 &= 0 \\622 \cdot T - 12600 &= 0 \\622 \cdot T &= 12600 \\T &= 20,257 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

**Importante:** A variação da temperatura deve ser sempre encontrada pela diferença entre a temperatura final e inicial, Nunca ao contrário!

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

**02.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 250 g de água a  $30^{\circ}\text{C}$
- 150 g de ferro  $200^{\circ}\text{C}$

Determine a temperatura final do sistema.

**03.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 200 g de água  $0^{\circ}\text{C}$
- 500 g de água a  $40^{\circ}\text{C}$

Determine a temperatura final do sistema.

**04.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 100 g de água  $0^{\circ}\text{C}$
- 600 g de água a  $70^{\circ}\text{C}$
- 300 g de ferro  $200^{\circ}\text{C}$

Determine a temperatura final do sistema.

**05.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 100 g de gelo  $0^{\circ}\text{C}$
- 400 g de ferro a  $300^{\circ}\text{C}$

Sabendo que todo gelo derreteu completamente, determine a temperatura final do sistema.

**06.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 50 g de gelo  $-20^{\circ}\text{C}$
- 300 g de ferro a  $200^{\circ}\text{C}$

Sabendo que todo gelo derreteu completamente, determine a temperatura final do sistema.

**07. (Respondido)** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 500 g de gelo  $0^{\circ}\text{C}$
- 200 g de ferro a  $800^{\circ}\text{C}$

O calor fornecido pelo ferro não foi suficiente para derreter completamente o bloco de gelo, determine a massa de gelo restante no calorímetro.

**RESOLUÇÃO**

Se vai sobrar gelo no sistema, a temperatura final do sistema deve ser  $0^{\circ}\text{C}$ :

$$T = 0^{\circ}\text{C}$$

Vamos somar todas as quantidades de calor, a nossa incógnita será a massa ( $m$ ) de gelo que passará pela fusão (derretimento):

$$\begin{aligned}Q_L (\text{GELO}) + Q_S (\text{FERRO}) &= 0 \\m \cdot L + m \cdot c \cdot \Delta T &= 0 \\m \cdot (80) + (200) \cdot (0,11) \cdot (0 - 800) &= 0 \\80 \cdot m - 17600 &= 0 \\80 \cdot m &= 17600 \\m &= 220 \text{ g}\end{aligned}$$

220 g derreteram completamente, sobraram 280 g de gelo no calorímetro.

**08.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 300 g de gelo  $0^{\circ}\text{C}$
- 250 g de ferro a  $700^{\circ}\text{C}$

O calor fornecido pelo ferro não foi suficiente para derreter completamente o bloco de gelo, determine a massa de gelo restante no calorímetro.

**09.** Foram misturados em um calorímetro de capacidade térmica desprezível:

- 170 g de gelo  $0^{\circ}\text{C}$
- 200 g de ferro a  $600^{\circ}\text{C}$

O calor fornecido pelo ferro não foi suficiente para derreter completamente o bloco de gelo, determine a massa de gelo restante no calorímetro.

**RESPOSTAS****02. T = 40,525 °C**

$$Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

$$(250).(1,0).(T-30) + (150).(0,11).(T-200) = 0$$

**03. T = 28,571 °C**

$$Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{ÁGUA}) = 0$$

$$(200).(1,0).(T-0) + (500).(1,0).(T-40) = 0$$

**04. T = 66,303 °C**

$$Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

$$(100).(1,0).(T-0) + (600).(1,0).(T-70) + (300).(0,11).(T-200) = 0$$

**05. T = 36,111 °C**

Dica: Além de passar pela fusão, a água derretida também irá ser aquecida

$$Q_L (\text{FUSÃO}) + Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

$$(100).(80) + (100).(1,0).(T-0) + (400).(0,11).(T-300) = 0$$

**06. T = 25,301 °C**

Dica: O gelo passou por 3 estágios:  
1 - Aquecimento do gelo  
2 - Fusão/Derretimento  
3 - Aquecimento da água derretida

$$Q_S (\text{GELO}) + Q_L (\text{FUSÃO}) + Q_S (\text{ÁGUA}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

$$(50).(0,5).(0-(-20)) + (50).(80) + (50).(1,0).(T-0) + (300).(0,11).(T-200) = 0$$

**08. Foram derretidos 240,625 g, sobraram 59,375 g**

$$Q_L (\text{FUSÃO}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

$$m.(80) + (250).(0,11).(0-700) = 0$$

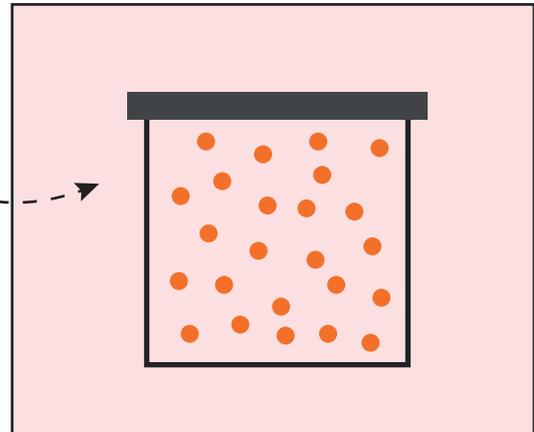
**09. Foram derretidos 165 g, sobraram 5 g**

$$Q_L (\text{FUSÃO}) + Q_S (\text{FERRO}) = 0$$

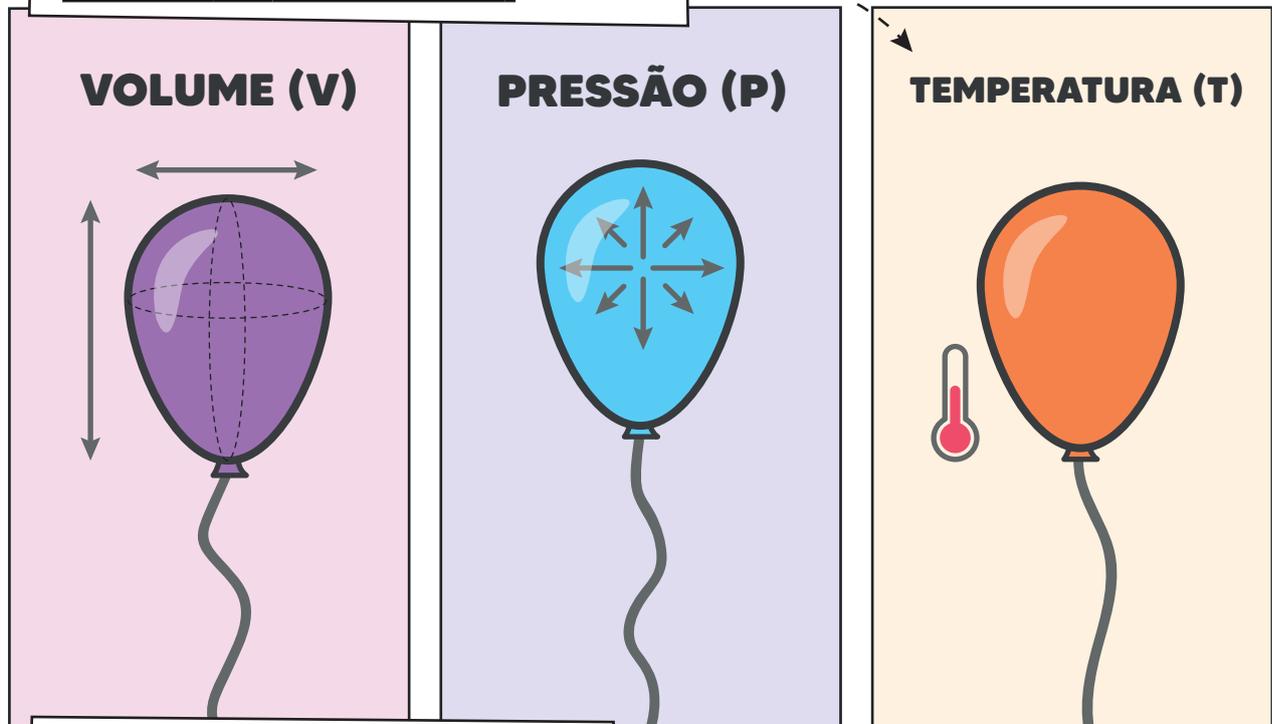
$$m.(80) + (200).(0,11).(0-600) = 0$$

# Estudo dos Gases

1. COLOCAMOS CERTA QUANTIDADE DE UM GÁS IDEAL NO INTERIOR DE UM RECIPIENTE FECHADO E ISOLADO.



2. ESSE GÁS IRÁ SE DISPERSAR E OCUPAR TODO O RECIPIENTE. NESSE MOMENTO ELE POSSUI TRÊS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES A SEREM CONSIDERADAS: VOLUME, PRESSÃO E TEMPERATURA.



3. TODAS ESSAS GRANDEZAS PODEM SER RELACIONADAS EM UMA ÚNICA FÓRMULA CHAMADA: EQUAÇÃO DE CLAPEYRON:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

P: Pressão [atmosferas - atm]  
V: Volume [Litros - L]  
n: Quantidade de gás [mol]  
R: Constante Universal do Gases  
T: Temperatura [Kelvin - K]

4. A CONSTANTE UNIVERSAL DOS GASES (R) POSSUI O VALOR:

$$R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$$

(Ela pode receber outros valores dependendo das unidades utilizadas)

$$R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$$

**01. (Respondido)** 5 mols de um gás ideal são postos dentro de um recipiente cúbico de 20 cm de aresta e temperatura a 27°C, determine a pressão exercida por esse gás nas paredes do cubo.

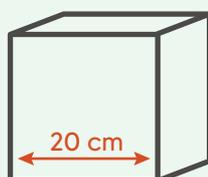
### RESOLUÇÃO

Vamos primeiro achar o volume desse recipiente cúbico (20 cm = 0,2 m):

$$V = (\text{aresta})^3$$

$$V = (0,2)^3$$

$$V = 0,008 \text{ m}^3$$



Perceba que a nossa constante "R" precisa da medida em litros, faça a transformação (multiplique por 1000):

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$0,008 \text{ m}^3 = 8 \text{ L}$$

Transforme a temperatura para Kelvin:

$$T_C = T_K - 273$$

$$27 = T_K - 273$$

$$T_K = 300 \text{ K}$$

Use a equação de Clapeyron:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot (8) = (5) \cdot (0,082) \cdot (300)$$

$$8P = 123$$

$$P = 15,375 \text{ atm}$$

**02.** 0,8 mols de um gás ideal são postos dentro de um recipiente cúbico de 16 cm de aresta e temperatura a 57°C, determine a pressão exercida por esse gás nas paredes do cubo.

- 03.** 2 mols de um gás ideal são postos dentro de um recipiente com 30 litros a 17°C, determine a pressão exercida por esse gás nas paredes do recipiente.
- 04.** 10 mols de um gás ideal são postos dentro de um recipiente com 45 litros a pressão de 4 atm, determine a temperatura desse gás.
- 05.** 5 mols de um gás ideal são postos dentro de um recipiente a pressão de 2 atm a temperatura de 7°C. Determine o volume ocupado por esse gás
- 06.** Certa quantidade de um gás ideal é posta dentro de um recipiente de 123 litros a pressão de 1 atm e temperatura de 27°C. Determine a quantidade de gás que foi inserida nesse espaço.

**RESPOSTAS**

**02. P = 5,285 atm** Dica:  $V = 0,004096 \text{ m}^3 = 4,096 \text{ L}$

**03. P = 1,585 atm**

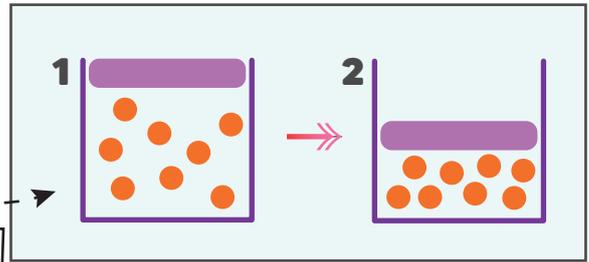
**04. T = 219,5 K = -53,5 °C**

**05. V = 57,4 L**

**06. n = 5 mols** Dica: 5 mols =  $30,1 \times 10^{23}$  moléculas

# Transformações Gasosas

1. IMAGINE UM RECIPIENTE COM TAMPA REGULÁVEL QUE PERMITE A EXPANSÃO E COMPRESSÃO DO GÁS CONTIDO NELE



2. QUANDO O VOLUME (V) É ALTERADO, É ESPERADO QUE A PRESSÃO (P) E TEMPERATURA (T) DESSE GÁS TAMBÉM SEJAM ALTERADAS.

PARA TRANSFORMAÇÕES, USE A FÓRMULA:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

(ANTES)

(DEPOIS)

[www.marcioazulayexatas.com](http://www.marcioazulayexatas.com)

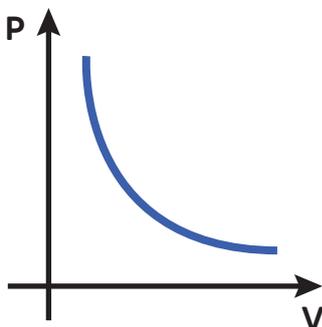
3. EM ALGUNS CASOS DE TRANSFORMAÇÕES, UM DOS TRÊS ELEMENTOS PODEM FICAR CONSTANTES; USAREMOS UMA DAS TRÊS VARIÁÇÕES PARA A EQUAÇÃO:

$$T_1 = T_2$$

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

A TEMPERATURA É CONSTANTE

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$



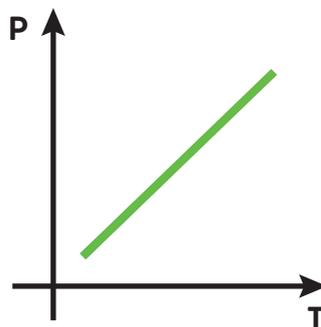
QUANTO MAIOR O VOLUME FORNECIDO PARA UM GÁS, MAIS ELE SE ESPALHA E MENOR SERÁ A PRESSÃO EXERCIDA POR ELE NAS PAREDES DO RECIPIENTE.

$$V_1 = V_2$$

TRANSFORMAÇÃO ISOMÉTRICA/ISOVOLUMÉTRICA/ISOCÓRICA

O VOLUME É CONSTANTE

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



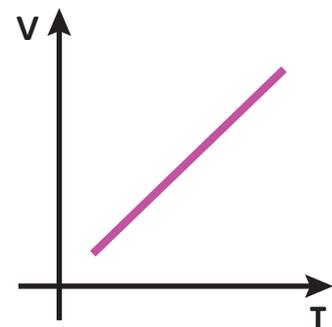
QUANDO AUMENTAMOS A TEMPERATURA DE UM GÁS SEM FORNECÊ-LO MAIS ESPAÇO, A SUA PRESSÃO TAMBÉM IRÁ AUMENTAR. (MAIOR AGITAÇÃO, MAIS COLISÕES)

$$P_1 = P_2$$

TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

A PRESSÃO É CONSTANTE

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



AUMENTANDO A TEMPERATURA DE UM GÁS, AS MOLÉCULAS IRÃO VIBRAR COM MAIOR INTENSIDADE E PRECISARÃO DE MAIS ESPAÇO PARA SE MOVIMENTAR.

**01. (Respondido)** Um gás ideal a  $27^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 30L a pressão de 1 atm. Determine a nova pressão exercida por esse gás quando a sua temperatura é alterada para  $17^{\circ}\text{C}$  o volume é diminuído para metade do volume inicial.

### RESOLUÇÃO

Dica: Podemos usar qualquer unidade para pressão: atm ou Pascal.  
Podemos usar qualquer unidade para o volume: Litros ou  $\text{m}^3$ .  
Mas a temperatura deve ser sempre em Kelvin!

$$T_1 = 27^{\circ}\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 17^{\circ}\text{C} = 290 \text{ K}$$

Use a fórmula para a transformação:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1) \cdot (30)}{300} = \frac{P_2 \cdot (15)}{290}$$

$$P_2 = 1,9333 \text{ atm}$$

Metade do volume inicial de 30 L

**02.** Um gás ideal a  $57^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 20 L a pressão de 3 atm. Determine a nova pressão exercida por esse gás quando a sua temperatura é alterada para  $27^{\circ}\text{C}$  o volume é diminuído para 5 L.

**03.** Um gás ideal a  $7^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 100 L a pressão de 0,4 atm. Determine o novo volume quando a pressão é aumentada para 2,4 atm e sua temperatura sofre um aumento de  $80^{\circ}\text{C}$ .

**04.** Um gás ideal a  $-23^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 10 L a pressão de 0,8 atm. Determine a nova temperatura quando o seu volume é diminuído para 5 L e a pressão é triplicada.

**05. (Respondido)** Um gás ideal a  $27^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 20L. Determine a nova temperatura desse gás após sofrer uma expansão isobárica até alcançar 50 L.

**RESOLUÇÃO**

Houve uma transformação isobárica, ou seja, a pressão ficou constante:

$$\frac{\cancel{P_1} \cdot V_1}{T_1} = \frac{\cancel{P_2} \cdot V_2}{T_2}$$

Isobárico: corte as pressões

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$

$$\frac{20}{300} = \frac{50}{T_2}$$

$$T_2 = 750\text{ K} \quad (477^\circ\text{C})$$

**06.** Um gás ideal a  $-33^\circ\text{C}$  é posto em um recipiente com 50L. Determine a nova temperatura desse gás após sofrer uma compressão isobárica até alcançar 10 L.

**07.** Um gás ideal a  $-3^\circ\text{C}$  é posto em um recipiente com 35 L. Determine o novo volume desse gás quando é aquecido até  $37^\circ\text{C}$  a pressão constante.

**08. (Respondido)** Um gás ideal a  $27^\circ\text{C}$  é posto em um recipiente com 20L e pressão de 2 atm sofre um aquecimento isocórico até alcançar  $77^\circ\text{C}$ . Encontre a pressão final desse gás.

**RESOLUÇÃO**

Houve uma transformação isocórica, ou seja, o volume ficou constante:

$$\frac{P_1 \cdot \cancel{V_1}}{T_1} = \frac{P_2 \cdot \cancel{V_2}}{T_2}$$

Isocórico: corte os volumes

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$   
 $T_2 = 77^\circ\text{C} = 350\text{ K}$

$$\frac{2}{300} = \frac{P_2}{350}$$

$$P_2 = 2,333\text{ atm}$$

- 09.** Um gás ideal a  $7^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 10L e pressão de 4 atm sofre um aquecimento isocórico até alcançar  $47^{\circ}\text{C}$ . Encontre a pressão final desse gás.
- 10.** Um gás ideal a  $27^{\circ}\text{C}$  é posto em um recipiente com 1,2L e pressão de 6 atm sofre resfriamento até a sua pressão atingir 1 terço da sua pressão inicial, determine a temperatura que esse gás atingiu sabendo que ele foi posto em um recipiente com paredes fixas.

**11. (Respondido)** Um gás ideal ocupa e 10L sofre uma compressão isotérmica até a sua pressão aumentar de 2 atm para 5 atm, determine o volume final ocupado por esse gás.

### RESOLUÇÃO

A transformação foi isotérmica, ou seja, a temperatura ficou constante:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

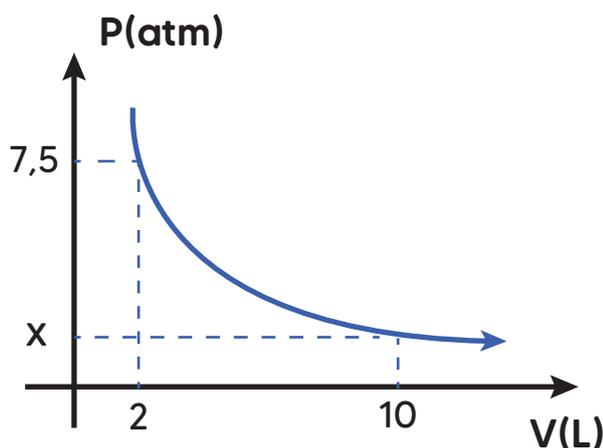
$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$(2) \cdot (10) = (5) \cdot V_2$$

$$V_2 = 4 \text{ L}$$

Isotérmico: corte as temperaturas

- 12.** Um gás ideal ocupa e 60L sofre uma compressão isotérmica até a sua pressão aumentar de 3 atm para 5 atm, determine o volume final ocupado por esse gás.



- 13.** Um gás ideal sofre uma expansão isotérmica e o gráfico da sua transformação está descrito pelo gráfico ao lado.

Determine o valor de  $x$ .

## RESPOSTAS

02.  $P = 10,91 \text{ atm}$     Dica:  $\frac{3 \cdot 20}{330} = \frac{P \cdot 5}{300}$

03.  $V = 21,43 \text{ L}$     Dica:  $\frac{0,4 \cdot 100}{280} = \frac{2,4 \cdot V}{360}$

04.  $T = 375 \text{ K}$     Dica:  $\frac{0,8 \cdot 10}{250} = \frac{2,4 \cdot 5}{T}$

06.  $T = 48 \text{ K}$     Dica:  $\frac{50}{240} = \frac{10}{T}$

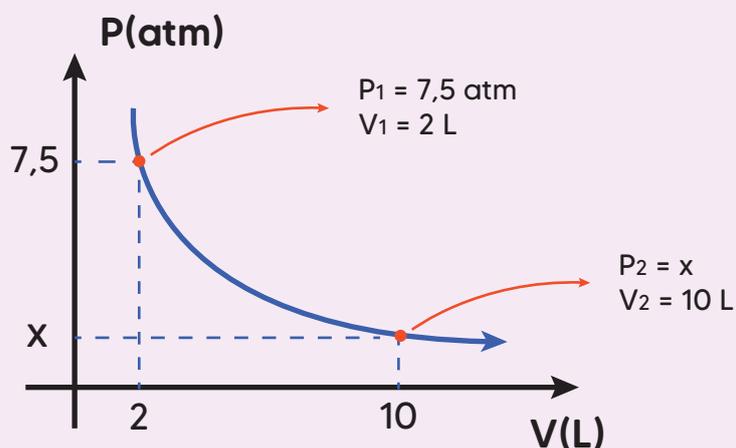
07.  $V = 40,19 \text{ L}$     Dica:  $\frac{35}{270} = \frac{V}{310}$

09.  $P = 4,57 \text{ atm}$     Dica:  $\frac{4}{280} = \frac{P}{320}$

10.  $T = 100 \text{ K}$     Dica: Paredes fixas = volume constante     $\frac{6}{300} = \frac{2}{T}$

12.  $V = 36 \text{ L}$     Dica:  $3 \cdot 60 = 5 \cdot V$

13.  $x = 1,5 \text{ atm}$     Dica:  $7,5 \cdot 2 = x \cdot 10$



# Energias do Gás

## Energia Interna e Trabalho

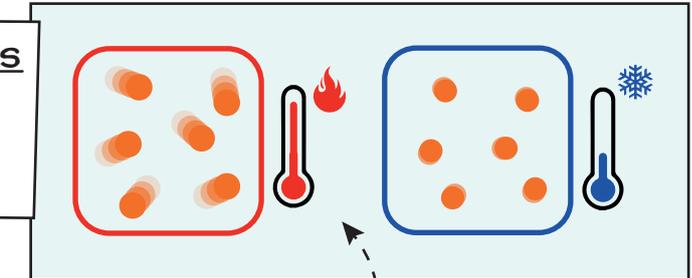
### ENERGIA INTERNA (U)

1. É A SOMA DE TODOS OS TIPOS DE ENERGIAS ASSOCIADOS AS PARTÍCULAS QUE CONSTITUEM UM GÁS (CINÉTICA E POTENCIAL)

2. A ENERGIA INTERNA DE UM GÁS MONOATÔMICO IDEAL PODE SER CALCULADA POR:

$$U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$
 [Joules - J]

n: número de mols [mol]  
R: Constante Universal do Gases  
T: Temperatura [Kelvin - K]



3. ISSO MOSTRA QUE A ENERGIA INTERNA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL A SUA TEMPERATURA. SE AUMENTARMOS A TEMPERATURA DE UM GÁS, MAIOR SERÁ A VIBRAÇÃO DOS ÁTOMOS, LOGO, MAIOR SERÁ A SUA ENERGIA INTERNA.

4. PARA A VARIACÃO DE ENERGIA INTERNA, USE A VARIACÃO DA TEMPERATURA:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$
 [Joules - J]

$\Delta T$ : Variação de Temperatura [Kelvin - K]

$\Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow$  Aquecimento  
 $\Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow$  Resfriamento  
 $\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow$  Isotérmico

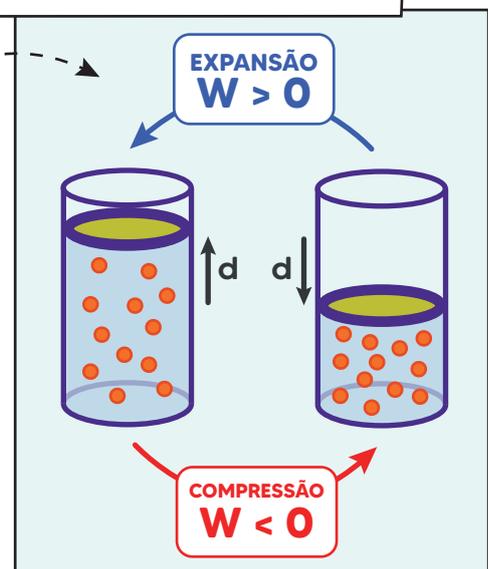
### TRABALHO DE UM GÁS (W)

1. JÁ VIMOS QUE EM TRANSFORMAÇÕES GASOSAS, UM GÁS PODE TER SEU VOLUME ALTERADO (EXPANSÃO OU COMPRESSÃO).

2. O TRABALHO ACONTECE COM O DESLOCAMENTO DO EMBOLO. QUANDO O SEU VOLUME AUMENTA, O GÁS REALIZA TRABALHO; QUANDO DIMINUI, O GÁS SOFRE TRABALHO DO MEIO.

3. CALCULAMOS O TRABALHO REALIZADO POR UM GÁS ATRAVÉS DA FÓRMULA:

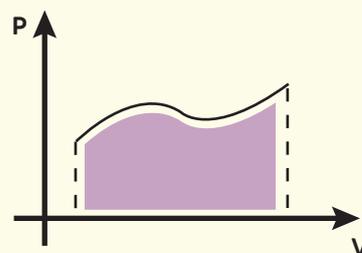
$$W = P \cdot \Delta V$$
 [Joules - J]  
P: Pressão [Pa]  
 $\Delta V$ : Variação do Volume [ $m^3$ ]



## Gráficos do Trabalho

TAMBÉM PODEMOS ACHAR O TRABALHO (W) REALIZADO POR UM GÁS ATRAVÉS DA ÁREA DO GRÁFICO: PRESSÃO X VOLUME.

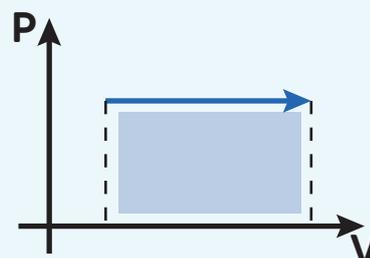
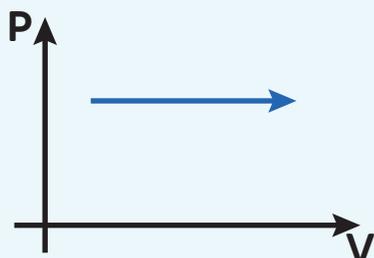
VEJA A SEGUIR COMO INTERPRETAR OS SINAIS:



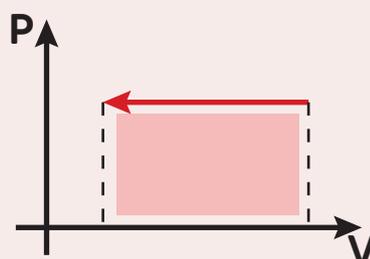
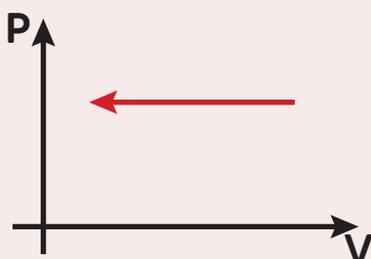
ÁREA = TRABALHO



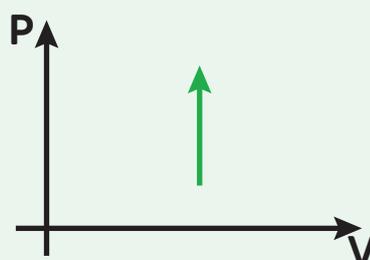
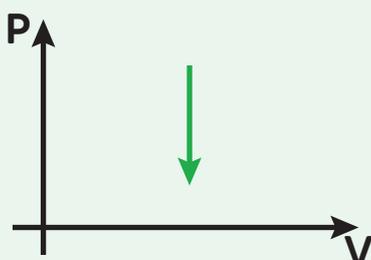
NESSE PRIMEIRO CASO, HOUVE UM AUMENTO DO VOLUME (EXPANSÃO). O TRABALHO É POSITIVO.



NESSE SEGUNDO CASO, HOUVE UMA DIMINUIÇÃO DO VOLUME (COMPRESSÃO). O TRABALHO É NEGATIVO.



NESSES ÚLTIMOS DOIS CASOS, O VOLUME NÃO MUDOU (PERMANECEU CONSTANTE). O TRABALHO É NULO.



VALE A PENA REVISAR AS FÓRMULAS DE FIGURAS PLANAS

$$R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

**01. (Respondido)** Há 5 mols de um gás ideal dentro de um recipiente a  $47^\circ\text{C}$ , determine:

- A sua Energia Interna
- A variação da Energia Interna se ele foi aquecido até  $87^\circ\text{C}$

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula da energia interna:

$$U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$

$$U = \frac{3}{2} (5) \cdot (8,31) \cdot (320) \quad \rightarrow \quad 47^\circ\text{C} = 320 \text{ K}$$

$$U = 19.944 \text{ J} \quad (19,9 \text{ kJ})$$

b) Use a fórmula da variação:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (5) \cdot (8,31) \cdot (360 - 320) \quad \rightarrow \quad 87^\circ\text{C} = 360 \text{ K}$$

$$\Delta U = 2493 \text{ J} \quad (2,5 \text{ kJ})$$

**02.** Há 3,5 mols de um gás ideal dentro de um recipiente a  $7^\circ\text{C}$ , determine:

- A sua Energia Interna
- A variação da Energia Interna se ele foi aquecido até  $107^\circ\text{C}$

**03. (Respondido)** 5 mols de um gás ideal a  $20 \text{ K}$  recebem  $2493 \text{ J}$  de energia que são totalmente convertidos em energia interna ( $U$ ), determine a temperatura final.

### RESOLUÇÃO

Use a fórmula da variação de energia interna:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$2493 = \frac{3}{2} (5) \cdot (8,31) \cdot (T - 20) \quad \rightarrow \quad T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

$$2493 = 62,325 \cdot (T - 20)$$

$$T - 20 = 40$$

$$T = 60 \text{ K} \quad (-213^\circ\text{C})$$

**04.** 5,5 mols de um gás ideal a 300 K recebem 2742,3 J de energia que são totalmente convertidos em energia interna (U), determine a temperatura final desse gás.

**05.** 1,2 mols de um gás ideal recebem 897,48 J de energia que são totalmente convertidos em energia interna (U). Determine a temperatura inicial desse gás sabendo que ele alcançou 110K.

**06. (Respondido)** Um gás ideal a 2 atm de pressão recebe 3000 J de energia que são convertidos totalmente em trabalho (W). Determine a sua expansão em litros sabendo que essa foi uma transformação isobárica.

### RESOLUÇÃO

A transformação foi isobárica, isso significa que a pressão se manteve constante a 2 atm. Use a fórmula para o trabalho:

$$W = P \cdot \Delta V$$

$$3000 = (200000) \cdot \Delta V$$

$$\Delta V = 0,015 \text{ m}^3$$

$$2 \text{ atm} = 200.000 \text{ Pa}$$

Transforme para litros:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$0,015 \text{ m}^3 = 15 \text{ L}$$

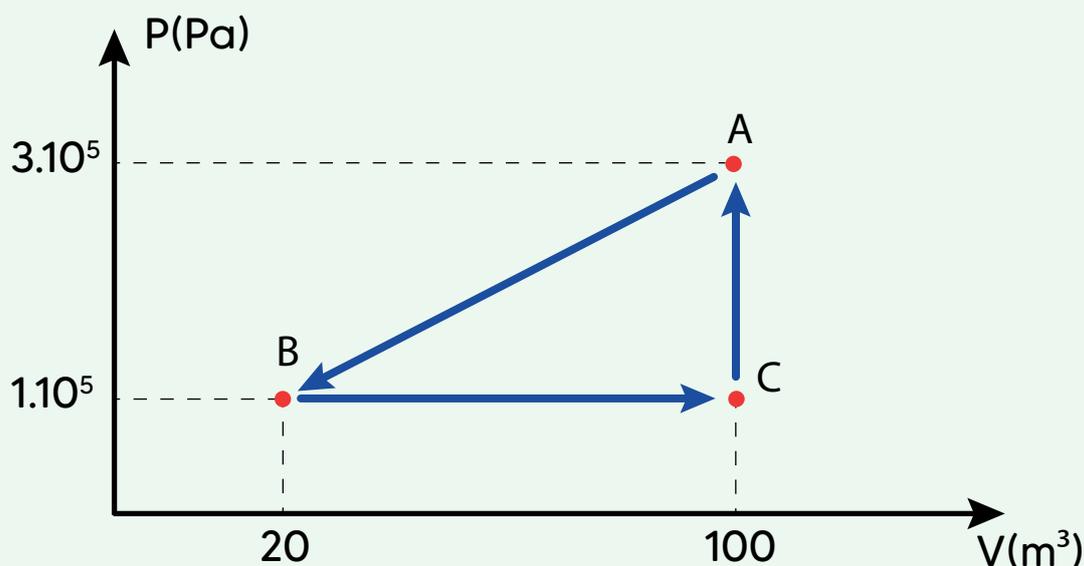
**07.** Um gás ideal a 0,8 atm de pressão recebe 6400 J de energia que são convertidos totalmente em trabalho (W). Determine a sua expansão em litros sabendo que essa foi uma transformação isobárica.

08. Um gás ideal a 3 atm de pressão deve ser expandido de 10 para 40 litros em uma expansão isotérmica e isobárica. Qual deve ser a energia fornecida a esse gás?

09. As duas afirmações a seguir são verdadeiras, justifique cada uma delas usando os seus conhecimentos sobre energia e transformações gasosas:

- 1 - Em uma transformação isotérmica, a variação de energia interna será nula.
- 2 - Em uma transformação isovolumétrica, o trabalho realizado pelo gás será nulo

10. (Respondido) Veja o ciclo realizado por um gás ideal em um plano  $P \times V$ :



A partir dos dados do gráfico, determine:

- a) O trabalho realizado pelo gás no trajeto AB
- b) O trabalho realizado pelo gás no trajeto BC
- c) O trabalho realizado pelo gás no trajeto CA
- d) O trabalho realizado pelo gás no ciclo ABCA

## RESOLUÇÃO

- a) No trajeto AB está acontecendo uma compressão de 100 a 20  $m^3$ .  
Veja que a forma geométrica abaixo da reta é um trapézio:

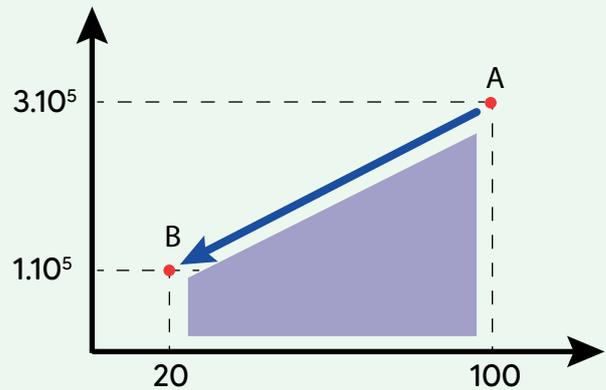
$W_{AB} = \text{Área do Trapézio}$

$$W_{AB} = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

$$W_{AB} = \frac{(1 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^5) \cdot (100 - 20)}{2}$$

$$W_{AB} = \frac{(4 \cdot 10^5) \cdot (80)}{2}$$

$$W_{AB} = - 160 \cdot 10^5 \text{ J}$$



Houve compressão (diminuição do volume), logo, o trabalho é negativo nesse trajeto.

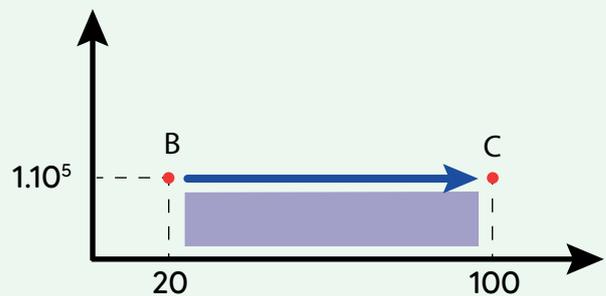
b) No trajeto BC está acontecendo uma expansão de de 20 a 100 m<sup>3</sup>.  
Veja que a forma geométrica abaixo da reta é um retângulo:

$W_{BC} = \text{Área do Retângulo}$

$$W_{BC} = B \cdot h$$

$$W_{BC} = (100 - 20) \cdot (1 \cdot 10^5)$$

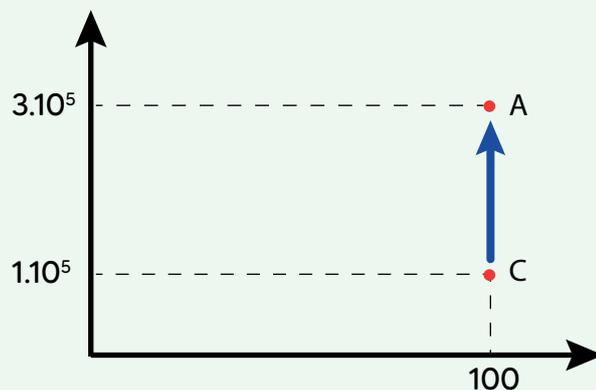
$$W_{BC} = + 80 \cdot 10^5 \text{ J}$$



Houve expansão (aumento do volume), logo, o trabalho é positivo nesse trajeto.

c) No trajeto CA o gás permanece no mesmo volume de 100 m<sup>3</sup>, logo, o trabalho deve ser nulo, mesmo com variação de pressão.

$$W_{CA} = 0 \text{ J}$$



d) Para achar o trabalho total do ciclo, some todos os trabalhos de todos os trajetos individuais:

$$W_{\text{TOTAL}} = W_{\text{AB}} + W_{\text{BC}} + W_{\text{CA}}$$

$$W_{\text{TOTAL}} = (-160 \cdot 10^5) + (80 \cdot 10^5) + (0)$$

$$W_{\text{TOTAL}} = -80 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Você também pode calcular o trabalho do ciclo pela área formada entre as setas. Perceba que a figura formada foi um triângulo:

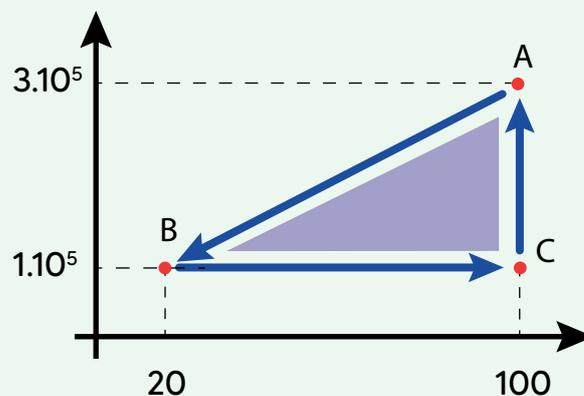
$W_{\text{TOTAL}} = \text{Área do Triângulo}$

$$W_{\text{TOTAL}} = \frac{B \cdot h}{2}$$

$$W_{\text{TOTAL}} = \frac{(100 - 20) \cdot (3 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^5)}{2}$$

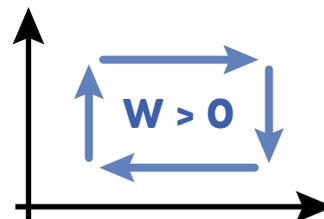
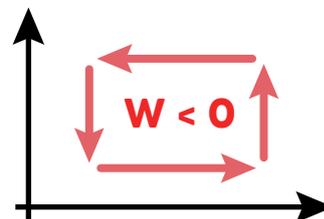
$$W_{\text{TOTAL}} = \frac{(80) \cdot (2 \cdot 10^5)}{2}$$

$$W_{\text{TOTAL}} = -80 \cdot 10^5 \text{ J}$$

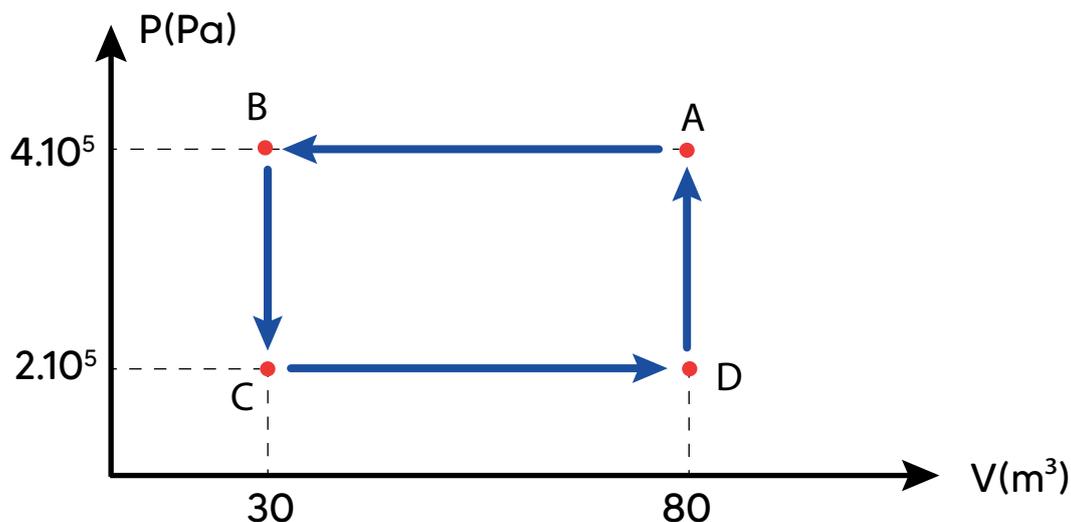


Dica: Quando o ciclo estiver no sentido anti-horário (como o exemplo acima), o trabalho total sempre será negativo.

Se o ciclo for horário, o trabalho total será positivo



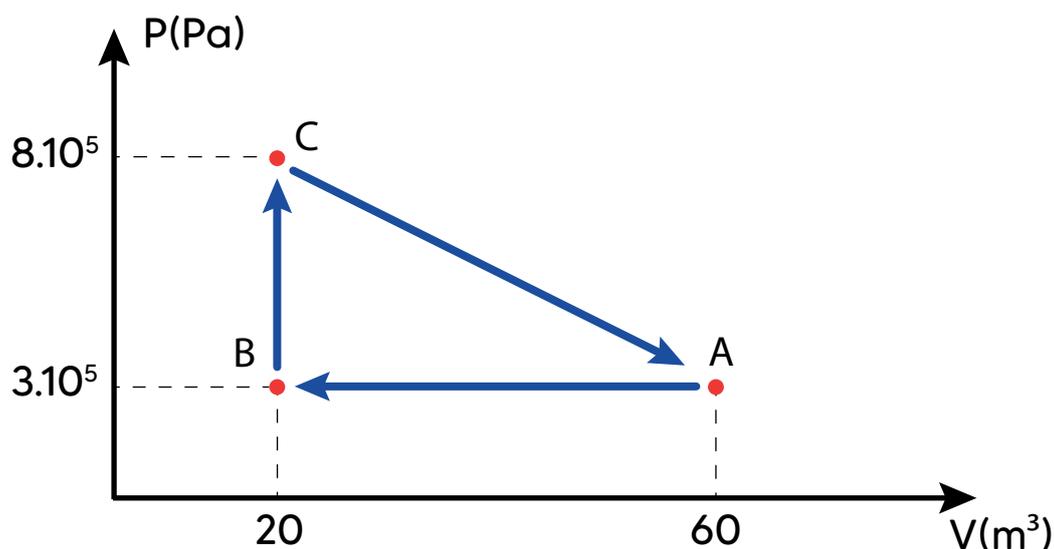
11. Veja o ciclo realizado por um gás ideal em um plano P x V:



A partir dos dados do gráfico, determine:

- O trabalho realizado pelo gás no trajeto AB
- O trabalho realizado pelo gás no trajeto BC
- O trabalho realizado pelo gás no trajeto CD
- O trabalho realizado pelo gás no trajeto DA
- O trabalho realizado pelo gás no ciclo ABCDA

12. Veja o ciclo realizado por um gás ideal em um plano P x V:



A partir dos dados do gráfico, determine:

- O trabalho realizado pelo gás no trajeto AB
- O trabalho realizado pelo gás no trajeto BC
- O trabalho realizado pelo gás no trajeto CA
- O trabalho realizado pelo gás no ciclo ABCA

**RESPOSTAS**

**02. a)  $U = 12.215,7 \text{ J}$  ; b)  $\Delta U = 4.362,75 \text{ J}$**

Dica:  $T = 280 \text{ K}$  ;  $\Delta T = 100 \text{ K}$

**04.  $T_f = 340 \text{ K}$**

Dica:  $2742,3 = \frac{3}{2} (5,5)(8,31)(T_f - 300)$

**05.  $T_i = 50 \text{ K}$**

Dica:  $897,48 = \frac{3}{2} (1,2)(8,31)(11 - T_i)$

**07.  $\Delta V = 0,08 \text{ m}^3 = 80 \text{ L}$**

**08.  $W = 9000 \text{ J}$**  Dica:  $W = (300000)(0,03)$

**09. 1 -** A variação de energia interna ( $\Delta U$ ) depende de uma variação de temperatura. Se a transformação do gás é isotérmica, não há variação de temperatura, logo, também não haverá variação de energia interna

$$\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0$$

**2 -** O trabalho ( $W$ ) depende de uma variação de volume. Se a transformação do gás é isovolumétrica, não há variação de volume, logo, também não haverá trabalho.

$$\Delta V = 0 \rightarrow W = 0$$

- 11. a)  $- 200 \times 10^5 \text{ J}$**   
**b)  $0 \text{ J}$**   
**c)  $+ 100 \times 10^5 \text{ J}$**   
**d)  $0 \text{ J}$**   
**e)  $- 100 \times 10^5 \text{ J}$**

- 12. a)  $- 120 \times 10^5 \text{ J}$**   
**b)  $0 \text{ J}$**   
**c)  $+ 220 \times 10^5 \text{ J}$**   
**d)  $+ 100 \times 10^5 \text{ J}$**

# Primeira Lei da Termodinâmica

ELA FALA SOBRE A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

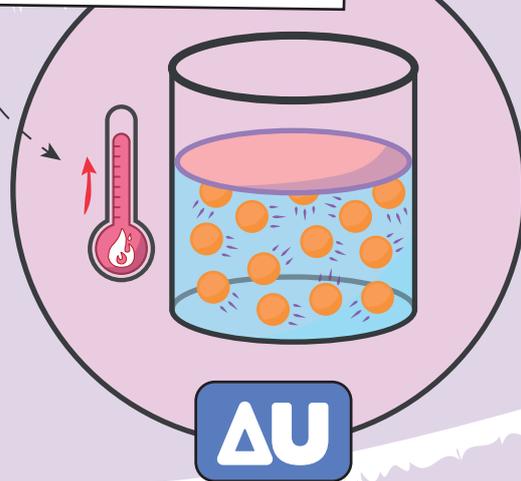
1. IMAGINE UM GÁS DENTRO DE UM RECIPIENTE FECHADO. NESSE EXATO MOMENTO ELE POSSUI UMA CERTA PRESSÃO, VOLUME E TEMPERATURA.

2. SE ELE RECEBER CALOR (ENERGIA) DO MEIO EXTERNO (Q)...

3. ...ESSE GÁS PODE UTILIZÁ-LA DE 2 MANEIRAS:

4. A PRIMEIRA É UTILIZAR ESSA ENERGIA NO AUMENTO DA SUA ENERGIA INTERNA (U), OU SEJA, AQUECIMENTO

5. OU ELE PODE REALIZAR TRABALHO (W) EM EXPANSÕES.



6. A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA PODE SER ENTÃO RESUMIDA NESSA EQUAÇÃO:

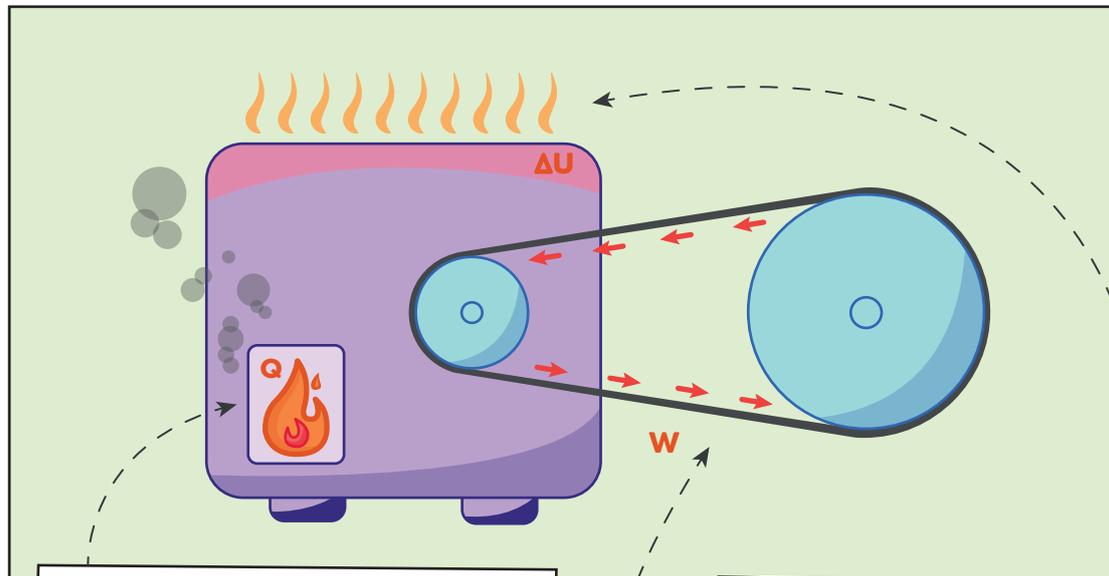
VALE A PENA REVISAR O CAPÍTULO ANTERIOR

$$Q = \Delta U + W$$

Q: Calor recebido do meio externo [J]  
 $\Delta U$ : Variação de Energia Interna [J]  
W: Trabalho [J]

# Segunda Lei da Termodinâmica

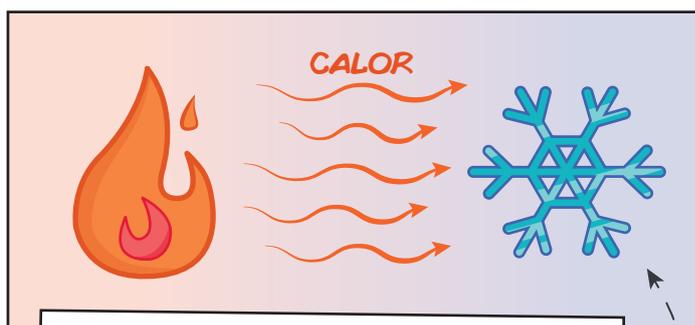
ELA FALA SOBRE A TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA TÉRMICA



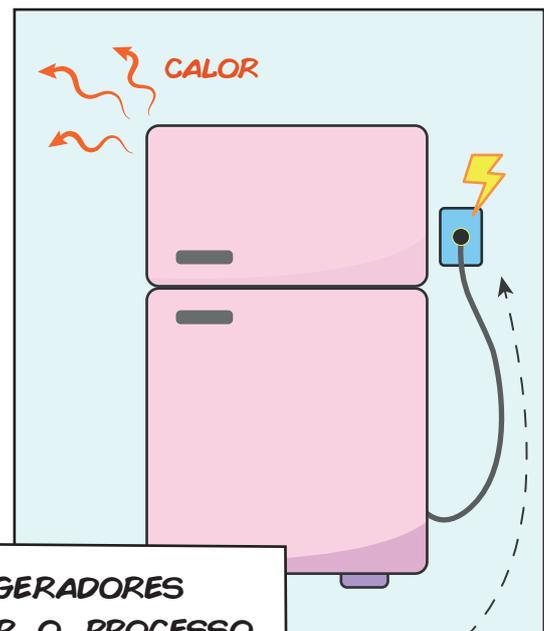
1. PENSE EM UM MOTOR GERANDO ENERGIA COM A QUEIMA DE COMBUSTÍVEL.

2. SOMENTE PARTE DESSE CALOR SE TRANSFORMARÁ EM TRABALHO (MOVIMENTO)

3. PARTE DESSA ENERGIA SEMPRE SERÁ DISSIPADA PARA O MEIO EXTERIOR. OU SEJA, NÃO EXISTE MÁQUINA COM 100% DE RENDIMENTO!



4. ISSO ACONTECE PORQUE O CALOR SEMPRE FLUI DE FORMA ESPONTÂNEA DO CORPO MAIS QUENTE PARA O CORPO MAIS FRIO.



5. EXISTEM OS REFRIGERADORES QUE CONSEGUEM FAZER O PROCESSO INVERSO, MAS ELES DEVEM ESTAR LIGADOS A TOMADA PARA FUNCIONAR.

(VOCÊ APRENDERÁ MAIS SOBRE AS MÁQUINAS TÉRMICAS E REFRIGERADORES NO PRÓXIMO CAPÍTULO)

**01.** O que podemos afirmar em relação a 1º Lei da Termodinâmica para um gás que sofre uma transformação do tipo:

- a) Isotérmica
- b) Isovolumétrica
- c) Adiabática

**02. (Respondido)** Uma certa quantidade de gás recebe 500 J do meio externo e somente 200 J são convertidos energia interna, determine o trabalho realizado pelo gás.

### RESOLUÇÃO

a) Use a 1ª lei da termodinâmica

$$Q = \Delta U + W$$

$$500 = 200 + W$$

$$W = 300 \text{ J}$$

**03.** Uma certa quantidade de gás recebe 750 J do meio externo e somente 230 J são convertidos energia interna, determine o trabalho realizado pelo gás.

**04.** Uma certa quantidade de gás recebe 1350 J do meio externo e 700 J são convertidos em trabalho durante uma expansão, determine a variação de energia interna.

**05.** Um gás sofre uma expansão adiabática e perde 450 J em forma de energia interna, determine o trabalho realizado por esse gás

**06.** Um gás recebe uma quantidade Q de energia do meio externo. 500 J são convertidos em trabalho pelo gás e e 120 J são perdidos em forma de energia interna. Determine o valor de Q.

**07.** Um gás recebe 380 J de energia do meio externo e a sua energia interna aumenta em 500 J. Qual é o trabalho realizado pelo gás? Ele sofreu expansão ou compressão?

**08. (Respondido)** 4 mols de um gás ideal recebem 500 Joules de calor do meio externo e a sua temperatura aumenta em 20K, determine:

- A variação da energia interna do gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )
- O trabalho realizado pelo gás.
- Houve expansão ou compressão do gás?
- Determine a variação do volume em litros quando a pressão do gás se manteve constante em 2 atm.

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula da variação da energia interna:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (4) \cdot (8,3) \cdot (20)$$

$$\Delta U = 996 \text{ J}$$

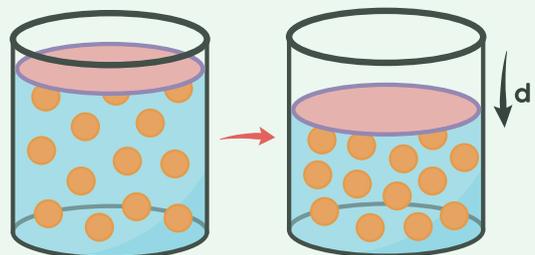
b) Use a 1ª lei da termodinâmica

$$Q = \Delta U + W$$

$$500 = 996 + W$$

$$W = -496 \text{ J}$$

c) O trabalho encontrado foi negativo, isso significa que houve compressão (o gás sofreu trabalho pelo meio)



d) Use a fórmula do trabalho:

$$W = P \cdot \Delta V$$

$$-996 = (200000) \cdot \Delta V$$

$$\Delta V = -0,00498 \text{ m}^3$$

Negativo: Compressão  
 $0,00498 \text{ m}^3 = 4,98 \text{ L}$

**09.** 10 mols de um gás ideal recebem 7000 Joules de calor do meio externo e a sua temperatura aumenta em 50K, determine:

- A variação da energia interna do gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )
- O trabalho realizado pelo gás.
- Houve expansão ou compressão do gás?
- Determine a variação do volume em litros quando a pressão do gás se manteve constante em 5 atm.

**10.** 2 mols de um gás ideal recebem 1792 Joules de calor do meio externo e a sua temperatura aumenta em 80 K, determine:

- A variação da energia interna do gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )
- O trabalho realizado pelo gás.
- Houve expansão ou compressão do gás?
- Determine a variação do volume em litros quando a pressão do gás se manteve constante em 2 atm.

**11. (Respondido)** 5 mols de um gás ideal recebem 800 Joules de calor do meio externo e o seu volume aumenta em 6 litros, determine:

- O trabalho realizado pelo gás quando a pressão do gás se manteve constante em 3 atm.
- A variação da energia interna do gás
- A variação de temperatura sofrida por esse gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula para o trabalho

$$W = P \cdot \Delta V$$

$$W = (300.000) \cdot (0,006)$$

$$W = 1.800 \text{ J}$$

$$3 \text{ atm} = 300.000 \text{ Pa}$$

$$6 \text{ L} = 0,006 \text{ m}^3$$

b) Use a 1ª lei da termodinâmica

$$Q = \Delta U + W$$

$$800 = \Delta U + 1800$$

$$\Delta U = -1000 \text{ J}$$

Ficou negativo, isso significa que ele esfriou

c) Use a fórmula da variação da energia interna:

$$\Delta U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot \Delta T$$

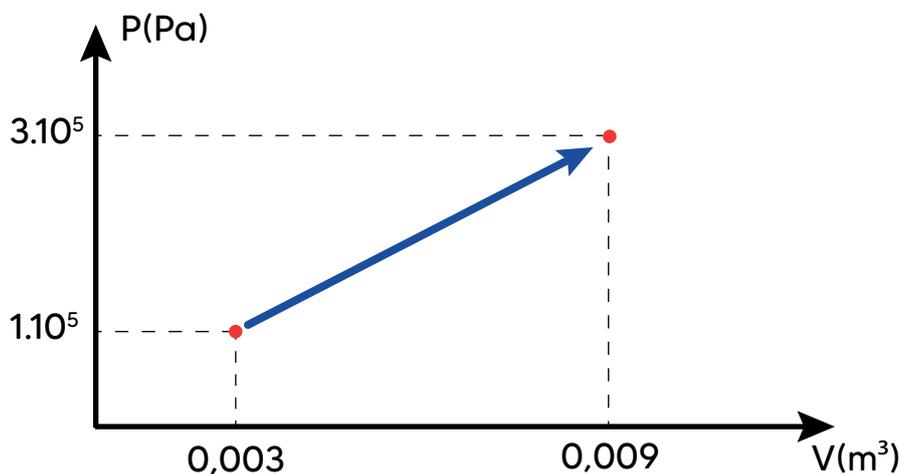
$$-1000 = \frac{3}{2} (5) \cdot (8,3) \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = -16,06 \text{ } ^\circ\text{K}$$

**12.** 2 mols de um gás ideal recebem 1300 Joules de calor do meio externo e o seu volume aumenta em 5 litros, determine:

- O trabalho realizado pelo gás quando a pressão do gás se manteve constante em 2 atm.
- A variação da energia interna do gás
- A variação de temperatura sofrida por esse gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )

**13.** 3 mols de um gás ideal recebem 4.000 Joules de calor do meio externo. O gráfico a seguir mostra essa transformação:



- Qual foi o trabalho realizado pelo gás?
- Qual foi a variação da energia interna do gás
- Qual foi a variação de temperatura sofrida por esse gás ( $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ )

**14.** Um gás sofre uma expansão isotérmica após receber 300 J de calor do meio externo, determine a variação de volume sabendo que a sua pressão se manteve constante em 1 atm.

**RESPOSTAS**

**01. a)** Se for isotérmica, a variação de energia interna será zero, logo:

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = 0 + W$$

$$Q = W$$

Toda energia recebida pelo meio será convertida em trabalho.

**b)** Se for isovolumétrica, o trabalho será zero, logo:

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = \Delta U + 0$$

$$Q = \Delta U$$

Toda energia recebida pelo meio será convertida em energia interna

**c)** Em uma transformação adiabática o sistema não recebe e nem perde calor para a vizinhança, ou seja, o valor de  $Q$  é igual a zero:

$$Q = \Delta U + W$$

$$0 = \Delta U + W$$

$$-\Delta U = W$$

O gás está totalmente isolado e a sua energia flui entre trabalho e energia interna. Para que ele realize trabalho (expansão) a sua energia interna deve diminuir (diminuição da temperatura) e vice versa.

**03.  $W = 520 \text{ J}$**

**04.  $\Delta U = 650 \text{ J}$**

**05.  $W = 450 \text{ J}$**  Dica: Adiabático:  $Q = 0$   
Perdeu energia interna:  $\Delta U = -450 \text{ J}$

**06.  $Q = 620 \text{ J}$**

**07.  $W = -120 \text{ J}$  (compressão)**

**09. a)  $\Delta U = 6.225 \text{ J}$**

**b)  $W = 755 \text{ J}$**

**c) Expansão ( $W > 0$ )**

**d)  $\Delta V = 0,00155 \text{ m}^3 = 1,55 \text{ L}$**

**10. a)  $\Delta U = 1.992 \text{ J}$**

**b)  $W = -200 \text{ J}$**

**c) Compressão ( $W < 0$ )**

**d)  $\Delta V = 0,001 \text{ m}^3 = 1 \text{ L}$**

**12. a)  $W = 1.000 \text{ J}$**

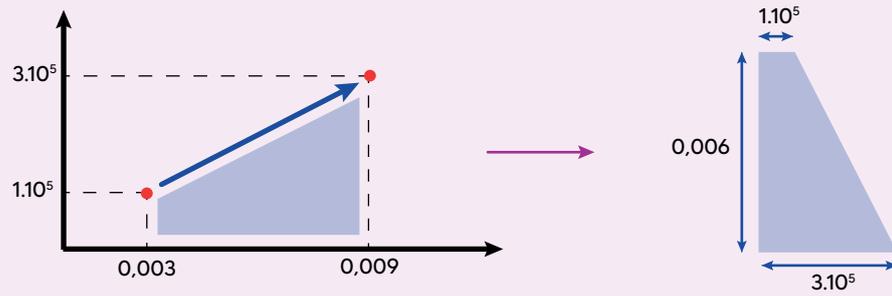
**b)  $\Delta U = 300 \text{ J}$**

**c)  $\Delta T = 12,05 \text{ K}$**

Dica:  $W = (200000)(0,005) = 1000$

Dica:  $1300 - 1000 = 300$

13. a) 3600 J



b)  $\Delta U = 400 \text{ J}$     Dica:  $4.000 - 3.600 = 400$

c)  $\Delta T = 10,71 \text{ K}$

14.  $V = 0,003 \text{ m}^3 = 3 \text{ L}$

Dica: Transformação isotérmica, não houve variação de energia interna:

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = 0 + W$$

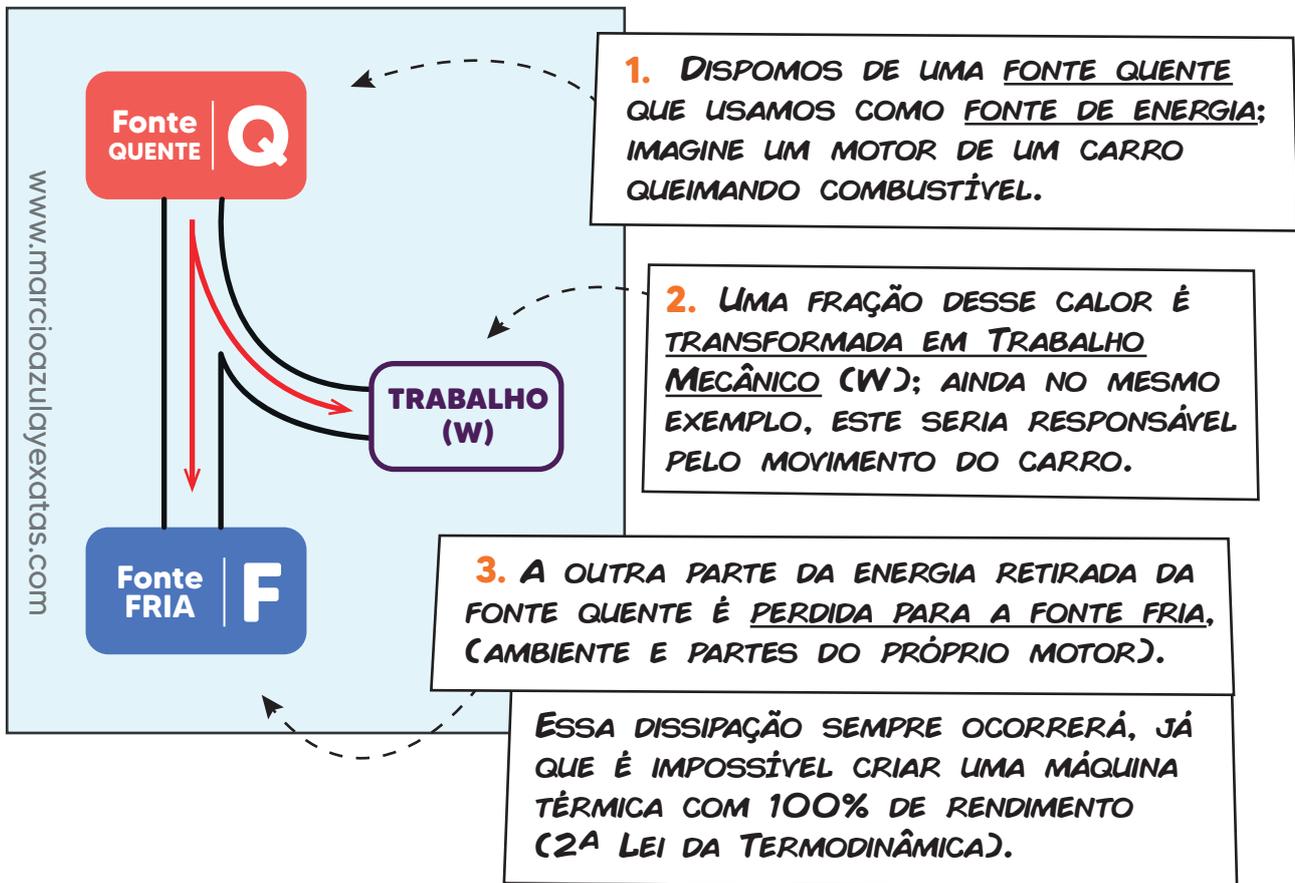
$$Q = W$$

$$W = 300 \text{ J}$$

Toda energia recebida pelo meio será convertida em trabalho.

# Máquinas Térmicas

O OBJETIVO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA É DE TRANSFORMAR ENERGIA TÉRMICA EM TRABALHO MECÂNICO.



4. A FÓRMULA PARA ESSA TRANSFORMAÇÃO É DADA POR:

$$Q_Q = W + Q_F$$

$Q_Q$ : Calor fornecido pela fonte quente [J]

$W$ : Trabalho [J]

$Q_F$ : Calor perdido para a fonte fria [J]

5. A RAZÃO ENTRE AS ENERGIAS DA FONTE QUENTE E FRIA É IGUAL A RAZÃO ENTRE AS TEMPERATURAS DOS MESMOS. (MÁQUINAS NO CICLO DE CARNOT).

$$\frac{Q_Q}{Q_F} = \frac{T_Q}{T_F}$$

$T_Q$ : Temperatura da fonte quente [Kelvin]

$T_F$ : Temperatura da fonte fria [Kelvin]

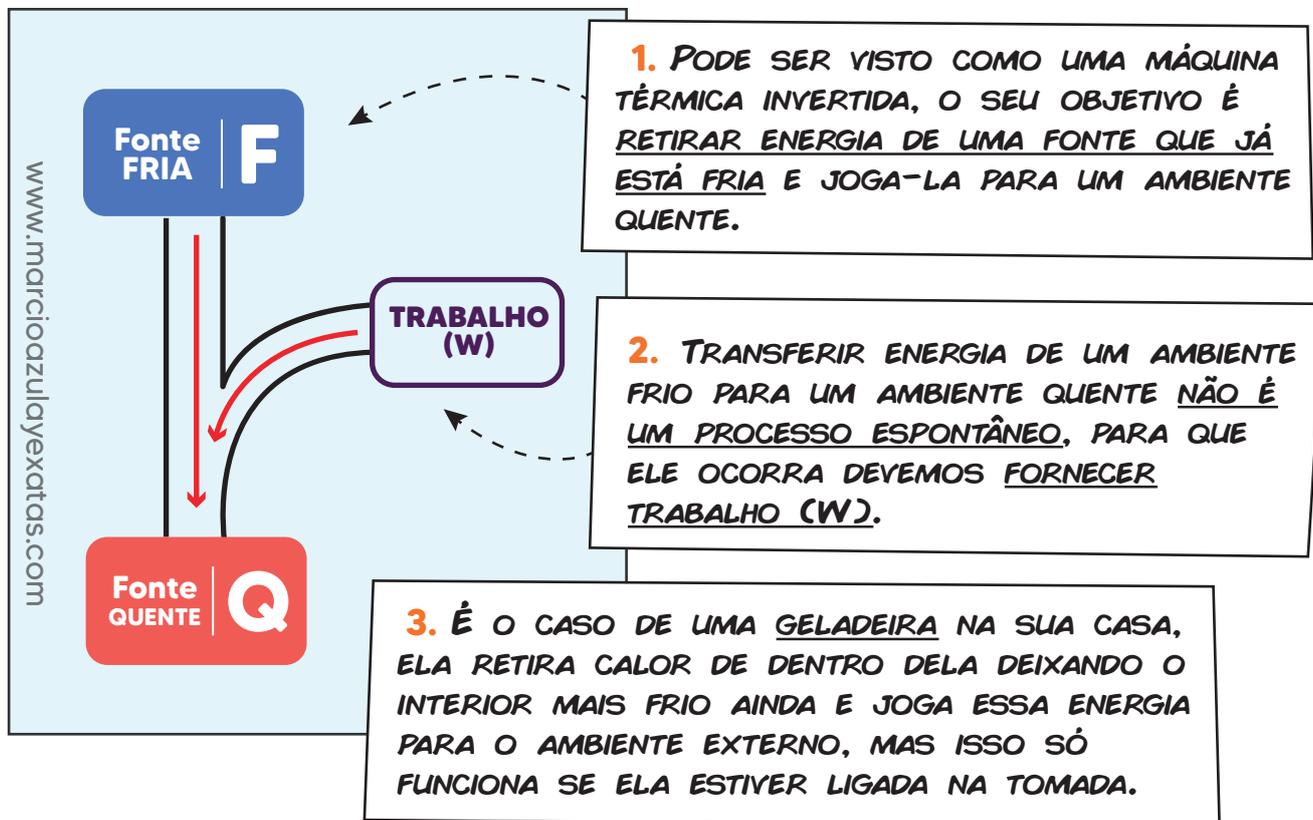
6. É PARA CALCULAR O RENDIMENTO DESSA MÁQUINA:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} \quad [\%]$$

(ELE DETERMINA A PORCENTAGEM DE ENERGIA TÉRMICA PROVENIENTE DA FONTE QUENTE QUE FOI CONVERTIDA PARA TRABALHO MECÂNICO.)

# Refrigeradores

O OBJETIVO DE UM REFRIGERADOR É DE RETIRAR ENERGIA TÉRMICA DE UM AMBIENTE CONTROLADO FAZENDO COM QUE A TEMPERATURA DESSE MEIO DIMINUA.



4. A FÓRMULA PARA ESSA TRANSFORMAÇÃO É DADA POR:

$$Q_Q = W + Q_F$$

! Perceba que são a mesmas fórmulas de máquinas térmicas!

5. A RAZÃO ENTRE AS ENERGIAS DA FONTE QUENTE E FRIA É IGUAL A RAZÃO ENTRE AS TEMPERATURAS DOS MESMOS.

$$\frac{Q_Q}{Q_F} = \frac{T_Q}{T_F}$$

$T_Q$ : Temperatura da fonte quente [Kelvin]  
 $T_F$ : Temperatura da fonte fria [Kelvin]

6. E PARA CALCULAR A EFICIÊNCIA DESSE REFRIGERADOR:

$$e = \frac{Q_F}{W}$$

(ELA MEDE A QUANTIDADE DE CALOR RETIRADO DA FONTE FRIA PARA CADA UNIDADE DE TRABALHO FORNECIDO A ELA.)

**01. (Respondido)** Uma máquina térmica com 20% de rendimento executa 300 J de trabalho em cada ciclo, determine:

- a) O calor absorvido da fonte quente.
- b) O calor dissipado para a fonte fria.

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula para o rendimento ( $20\% = 0,2$ ):

$$\eta = \frac{W}{Q_Q}$$

$$0,2 = \frac{300}{Q_Q}$$

$$Q_Q = \frac{300}{0,2} = 1.500 \text{ J}$$

Use a fórmula principal para máquinas térmicas:

$$Q_Q = W + Q_F$$

$$1500 = 300 + Q_F$$

$$Q_F = 1.200 \text{ J}$$

Dos 1500 J que essa máquina retira da fonte quente, somente 300 J são convertidos em trabalho, o resto (1200 J) são dissipados para a fonte fria.

**02.** Uma máquina térmica com 15% de rendimento executa 240 J de trabalho em cada ciclo, determine:

- a) O calor absorvido da fonte quente.
- b) O calor dissipado para a fonte fria.

**03.** Uma máquina térmica com 10% de rendimento recebe 800 J de uma fonte quente, determine:

- a) O trabalho realizado a cada ciclo
- b) O calor dissipado para a fonte fria.

**04. (Respondido)** Uma máquina térmica de Carnot opera entre  $227^\circ\text{C}$  e  $1727^\circ\text{C}$ . Qual é o rendimento máximo da máquina?

**RESOLUÇÃO**

Não temos os calores ( $Q_Q$  e  $Q_F$ ) das fontes, somente as temperaturas, logo, vamos precisar fazer algumas transformações. Comece pela fórmula principal para máquinas térmicas e isole o trabalho ( $W$ ):

$$Q_Q = W + Q_F$$

$$W = Q_Q - Q_F$$

Substitua o trabalho na fórmula do rendimento:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} = \frac{(Q_Q - Q_F)}{Q_Q}$$

Separe as frações:

$$\eta = \frac{Q_Q - Q_F}{Q_Q} = \frac{Q_Q}{Q_Q} - \frac{Q_F}{Q_Q} = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

A razão entre os calores das duas fontes é igual a razão entre as temperaturas, logo:

$$\eta = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad \frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \quad \eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

fórmula final que relaciona as temperaturas

E finalmente, substitua os valores

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$\eta = 1 - \frac{500}{2000}$$

$$\eta = 1 - 0,25$$

$$\eta = 0,75 = 75 \%$$

$$227 \text{ } ^\circ\text{C} = 500 \text{ K}$$

$$1727 \text{ } ^\circ\text{C} = 2000 \text{ K}$$

**05.** Uma máquina térmica de Carnot opera entre  $157^{\circ}\text{C}$  e  $727^{\circ}\text{C}$ . Qual é o rendimento dessa máquina?

**06.** O rendimento de uma certa máquina térmica de Carnot é de 20% e a fonte fria está na temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ . Calcule a temperatura da fonte quente.

**07. (Respondido)** Uma máquina térmica operando com rendimento de 25% funciona segundo o ciclo de Carnot. Em cada ciclo ela retira 6000 J de energia da fonte quente que está a uma temperatura de 500K, determine:

- O trabalho realizado por essa máquina.
- A quantidade de calor dissipada.
- A temperatura da fonte fria.

### RESOLUÇÃO

a) Use a fórmula do rendimento:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q}$$

$$0,25 = \frac{W}{6000}$$

$$W = 1500 \text{ J}$$

b) Use a fórmula principal para máquinas térmicas:

$$Q_Q = W + Q_F$$

$$6000 = 1500 + Q_F$$

$$Q_F = 4.500 \text{ J}$$

c) A razão entre os calores das duas fontes é igual a razão entre as temperaturas:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \quad \rightarrow \quad \frac{4500}{6000} = \frac{T_F}{500} \quad \rightarrow \quad T_F = 375 \text{ K}$$

**08.** Uma máquina térmica operando com rendimento de 12% funciona segundo o ciclo de Carnot. Em cada ciclo ela retira 2000 J de energia da fonte quente que está a uma temperatura de 300K, determine:

- O trabalho realizado por essa máquina.
- A quantidade de calor dissipada.
- A temperatura da fonte fria.

**09.** Uma máquina térmica operando com rendimento de 30% funciona segundo o ciclo de Carnot. Em cada ciclo ela retira 40 kJ de energia da fonte quente que está a uma temperatura de 400K, determine:

- O trabalho realizado por essa máquina.
- A quantidade de calor dissipada.
- A temperatura da fonte fria.

**10. (Respondido)** Um refrigerador opera entre uma fonte quente a 300 K e uma fria a 240 K. Se esse refrigerador devolve 5000 J de energia para o meio externo a cada ciclo, ache:

- O calor extraído do refrigerador.
- O trabalho necessário para realizar cada ciclo.
- A eficiência do refrigerador

### RESOLUÇÃO

a) A razão entre os calores das duas fontes é igual a razão entre as temperaturas:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \rightarrow \frac{Q_F}{5000} = \frac{240}{300} \rightarrow Q_F = 4000 \text{ K}$$

b) Use a fórmula principal para máquinas térmicas:

$$\begin{aligned} Q_Q &= W + Q_F \\ 5000 &= W + 4000 \\ W &= 1000 \text{ J} \end{aligned}$$

c) Use a fórmula da eficiência:

$$e = \frac{Q_F}{W} = \frac{4000}{1000} = 4$$

Isso significa que para cada 1 J de energia fornecido ao refrigerador, ele consegue retirar 4 J do seu interior

**11.** Um refrigerador opera entre uma fonte quente a 300 K e uma fria a 270 K. Se esse refrigerador devolve 100 J de energia para o meio externo a cada ciclo, ache:

- a) O calor extraído do refrigerador.
- b) O trabalho necessário para realizar cada ciclo.
- c) A eficiência do refrigerador

**12.** Um refrigerador opera entre uma fonte quente a 310 K e uma fria a 260 K. Se esse refrigerador devolve 900 J de energia para o meio externo a cada ciclo, ache:

- a) O calor extraído do refrigerador.
- b) O trabalho necessário para realizar cada ciclo.
- c) A eficiência do refrigerador

## RESPOSTAS

**02.** a)  $Q_Q = 1600\text{ J}$  ; b)  $Q_F = 1360\text{ J}$

**03.** a)  $W = 80\text{ J}$  ; b)  $Q_F = 720\text{ J}$

**05.**  $n = 57\%$  Dica:  $T_F = 157\text{ }^\circ\text{C} = 430\text{ K}$  ;  $T_Q = 727\text{ }^\circ\text{C} = 1000\text{ K}$

**06.**  $T_Q = 375\text{ K}$  Dica:  $T_F = 27\text{ }^\circ\text{C} = 300\text{ K}$

**08.** a)  $W = 240\text{ J}$  ; b)  $Q_F = 1760\text{ J}$  ; c)  $T_F = 264\text{ K}$

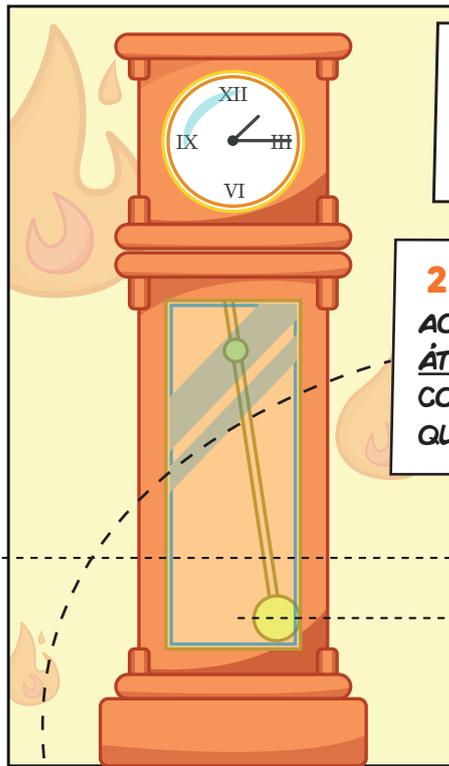
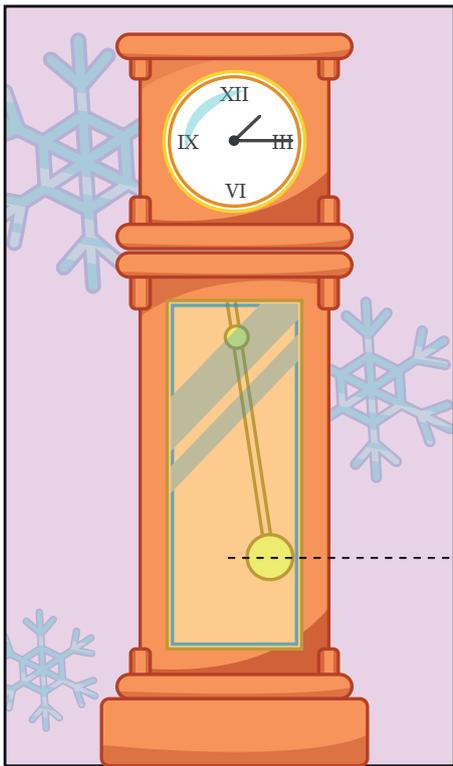
**09.** a)  $W = 12\text{ kJ (12.000)}$  ; b)  $Q_F = 28\text{ kJ}$  ; c)  $T_F = 280\text{ K}$

Dica:  $40\text{ kJ} = 40.000\text{ J}$

**11.** a)  $Q_F = 90\text{ J}$  ; b)  $W = 10\text{ J}$  ; c)  $e = 9$

**12.** a)  $Q_F = 754,84\text{ J}$  ; b)  $W = 145,16\text{ J}$  ; c)  $e = 5,2$

# Dilatação Linear



1. COM A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA, TEMOS UM FENÔMENO CHAMADO: DILATAÇÃO TÉRMICA

2. ISSO ACONTECE DEVIDO AO AFASTAMENTO ENTRE OS ÁTOMOS E MOLÉCULAS QUE COMPÕEM UM CORPO QUANDO ELE GANHA ENERGIA.

3. PARA TRABALHAR COM BARRAS E FIOS, A DILATAÇÃO LINEAR É A MAIS RECOMENDADA.

VEJA A FÓRMULA

$$\Delta L$$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$\Delta L$ : Variação do Comprimento [m]

$L_0$ : Comprimento Inicial [m]

$\alpha$ : Coeficiente de Dilatação Linear [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]

$\Delta T$ : Variação da Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$  ou K]

# Dilatação Superficial

1. É MAIS INDICADO EM EXEMPLOS QUE ENVOLVEM PLACAS PLANAS

2. NESSE CASO, PRECISAREMOS CONSIDERAR 2 DIMENSÕES: COMPRIMENTO E LARGURA

USE A FÓRMULA:

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$\Delta S$ : Variação da Superfície [ $\text{m}^2$ ]

$S_0$ : Superfície Inicial [ $\text{m}^2$ ]

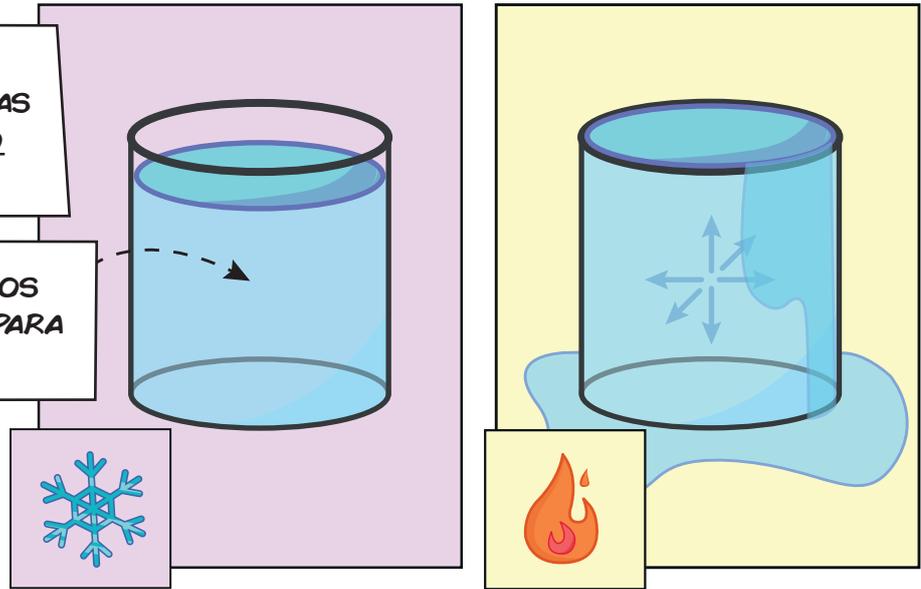
$\beta$ : Coef. de Dilatação Superficial [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]

# Dilatação Volumétrica

1. E VAMOS TER EXEMPLOS EM QUE AS 3 DIMENSÕES SERÃO CONSIDERADAS.

2. IDEAL PARA SÓLIDOS GEOMÉTRICOS E ATÉ PARA LÍQUIDOS

3. NESSES CASOS, USE A FÓRMULA



$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$\Delta V$ : Variação do Volume [m<sup>3</sup>]

$V_0$ : Volume Inicial [m<sup>3</sup>]

$\gamma$ : Coef. de Dilatação Volumétrica [°C<sup>-1</sup>]

$\Delta T$ : Variação da Temperatura [°C ou K]

## Coeficientes de Dilatação

1. A REGRA É SIMPLES, A DILATAÇÃO SUPERFICIAL LEVA EM CONSIDERAÇÃO SOMENTE 2 DIMENSÕES, LOGO, O SEU COEFICIENTE É O DOBRO DO LINEAR.

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

2. CONSEQUENTEMENTE, O VOLUMÉTRICO SÃO TRÊS DIMENSÕES, LOGO, POSSUI O TRIPLO DO VALOR DO LINEAR.

$$\gamma = 3 \cdot \alpha$$

MATERIAL	$\alpha$
Vidro	$8 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
Ferro	$12 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
Cobre	$17 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
Alumínio	$22 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
Chumbo	$27 \times 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$

3. CADA MATERIAL TEM O SEU PRÓPRIO COEFICIENTE, VEJA UMA TABELA COM ALGUNS EXEMPLOS:

POR EXEMPLO: O ALUMÍNIO DILATA MAIS RAPIDAMENTE QUE O FERRO PARA A MESMA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Coeficiente de dilatação linear	Vidro	$8 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
	Ferro	$12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
	Cobre	$17 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
	Alumínio	$22 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
	Chumbo	$27 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

**01. (Respondido)** Uma barra de ferro com 2 metros de comprimento a  $20^\circ\text{C}$  é aquecida até  $80^\circ\text{C}$ . Determine o comprimento final dessa barra.

### RESOLUÇÃO

Use a fórmula da dilatação linear:

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \\ \Delta L &= (2) \cdot (12 \times 10^{-6}) \cdot (80 - 20) \\ \Delta L &= (2) \cdot (12 \times 10^{-6}) \cdot (60) \\ \Delta L &= 1440 \times 10^{-6} \text{ m}\end{aligned}$$

Sem a potência, essa dilatação será escrita como:

$$\Delta L = 0,00144 \text{ m}$$

Para achar o comprimento final, some o comprimento inicial com a variação:

$$\begin{aligned}L &= L_0 + \Delta L \\ L &= 2 + 0,00144 \\ L &= 2,00144 \text{ m}\end{aligned}$$

Perceba que as variações são bem pequenas comparadas ao valor inicial

**02.** Uma barra de ferro com 5 metros de comprimento a  $10^\circ\text{C}$  é aquecida até  $110^\circ\text{C}$ . Determine o comprimento final dessa barra.

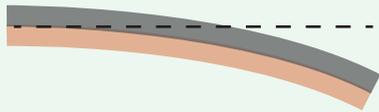
**03.** Uma barra de alumínio com 4 metros de comprimento a  $0^\circ\text{C}$  é aquecida até  $200^\circ\text{C}$ . Determine o comprimento final dessa barra.

**04.** Uma barra de cobre sofreu uma contração em 17 mm após ser resfriada em  $200^\circ\text{C}$ . Determine o comprimento inicial dessa barra.

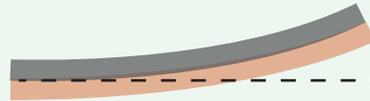
**05. (Respondido)** Duas barras de ferro e cobre foram coladas como mostra a figura ao lado. O que acontecerá com essas barras se elas forem aquecidas?



a) Deformação para baixo



b) Deformação para cima

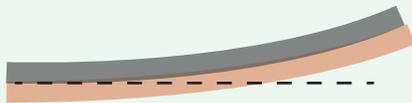


**RESOLUÇÃO**

Com a análise da tabela, o cobre possui um coeficiente de dilatação térmica maior que o coeficiente do ferro, logo, o cobre irá sofrer a maior dilatação:



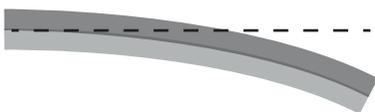
Como as duas barras estão coladas, a deformação será para cima:



**06.** Duas barras de chumbo e alumínio foram coladas como mostra a figura ao lado. O que acontecerá com essas barras se elas forem aquecidas?



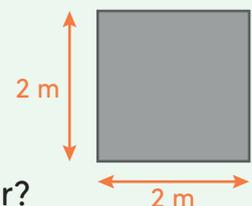
a) Deformação para baixo



b) Deformação para cima



**07. (Respondido)** Uma placa de ferro quadrada com 2 metros de lado foi aquecida em 100°C, determine:



- a) A variação na área da placa
- b) Se ela possuísse um furo no centro, ele iria expandir ou contrair?

**RESOLUÇÃO**

Primeiro vamos encontrar a área inicial da placa quadrada:

$$S_0 = (\text{lado})^2 = (2)^2 = 4 \text{ m}^2$$

Dobre o coeficiente linear do ferro para achar o coeficiente superficial:

$$\beta = 2\alpha$$

$$\beta = 2(12 \times 10^{-6})$$

$$\beta = 24 \times 10^{-6}$$

a) Use a fórmula para a dilatação superficial:

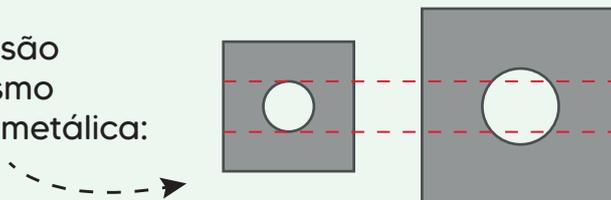
$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\Delta S = (4) \cdot (24 \times 10^{-6}) \cdot (100)$$

$$\Delta S = 9600 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Delta S = 0,0096 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad 0,0096 \text{ m}^2 = 96 \text{ cm}^2$$

b) Esse furo sofrerá uma expansão como se ele fosse feito do mesmo material do restante da placa metálica:



**08.** Uma placa de alumínio quadrada com 3 metros de lado foi aquecida em  $500^\circ\text{C}$ , determine:

- A variação na área da placa.
- A área final da placa
- Se ela possui um furo com  $4 \text{ m}^2$  de área, qual será a área final do furo?

**09. (Respondido)** Um cubo de cobre com 30 cm de aresta foi aquecido em  $200^\circ\text{C}$ . Determine:

- A variação no seu volume
- O volume final

**RESOLUÇÃO**

Primeiro vamos encontrar o volume inicial, não há problema em deixar a medida em centímetros, mas o resultado final também será em centímetros:

$$V_0 = (\text{lado})^3 = (30)^3 = 27.000 \text{ cm}^3$$

Triplique o coeficiente linear do cobre para achar o coeficiente volumétrico:

$$\gamma = 3\alpha$$

$$\gamma = 3(17 \times 10^{-6})$$

$$\gamma = 51 \times 10^{-6}$$

a) Use a fórmula para a dilatação volumétrica:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = (27.000) \cdot (51 \times 10^{-6}) \cdot (200)$$

$$\Delta V = 275,4 \text{ cm}^3$$

b) Some o volume inicial com o volume final:

$$V = V_0 + \Delta V$$

$$V = 27.000 + 275,4$$

$$V = 27.275,4 \text{ cm}^3$$

**10.** Um cubo de cobre com 50 cm de aresta foi aquecido em 250 °C. Determine:

a) A variação no seu volume

b) O volume final

**11.** Um cubo de chumbo com 20 cm de aresta foi aquecido em 300 °C. Determine:

a) A variação no seu volume

b) O volume final

**12. (Respondido)** Um copo de vidro com  $300 \text{ cm}^3$  de volume totalmente cheio de água foi aquecido em  $50^\circ\text{C}$ . Responda o que se pede:

- a) Após o aquecimento do sistema (vidro + água), haverá transbordamento de água? Dado:  $\gamma_{\text{(água)}} = 1,3 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- b) Se sim, determine a quantidade (em litros) de água transbordada; se não, determine o volume do recipiente que ficou vazio

### RESOLUÇÃO

a) Triplique o coeficiente linear do vidro para achar o coef. volumétrico:

$$\begin{aligned}\gamma &= 3\alpha \\ \gamma &= 3(8 \times 10^{-6}) \\ \gamma &= 24 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

Perceba que o coeficiente de dilatação volumétrica da água é maior que o coeficiente volumétrico do vidro:

$$\gamma_{\text{(água)}} = 1,3 \times 10^{-4} \quad > \quad \gamma_{\text{(vidro)}} = 24 \times 10^{-6}$$

E isso significa que a água sofre a maior dilatação para a mesma variação de temperatura, logo, a água vai transbordar!

b) Use a fórmula para a dilatação volumétrica para os dois corpos, O volume inicial é o mesmo e a variação de temperatura também:

#### ÁGUA

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \\ \Delta V &= (300) \cdot (1,3 \times 10^{-4}) \cdot (50) \\ \Delta V &= 1,95 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

#### VIDRO

$$\begin{aligned}\Delta V &= V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \\ \Delta V &= (300) \cdot (24 \times 10^{-6}) \cdot (50) \\ \Delta V &= 0,36 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Provamos novamente que a água dilatou mais que o recipiente de vidro, faça a diferença entre esses valores para encontrar o volume de água que transbordou:

$$V_{\text{(água)}} - V_{\text{(vidro)}} = 1,95 - 0,36 = 1,59 \text{ cm}^3$$

- 13.** Um recipiente de vidro com  $1000 \text{ cm}^3$  de volume está 100% cheio de água, e ambos foram aquecidos em  $50^\circ\text{C}$ . Responda o que se pede:
- Após o aquecimento do sistema (vidro + água), haverá transbordamento de água? Dado:  $\gamma (\text{água}) = 1,3 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
  - Se sim, determine a quantidade de água transbordada; se não, determine o volume do recipiente que ficou vazio
- 14.** Um recipiente de vidro com  $500 \text{ cm}^3$  de volume está 100% cheio de um líquido "A". Ambos foram aquecidos em  $80^\circ\text{C}$ . Responda o que se pede:
- Após o aquecimento do sistema (vidro + líquido A), haverá transbordamento? Dado:  $\gamma (\text{líquido A}) = 10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
  - Se sim, determine a quantidade de líquido transbordado; se não, determine o volume do recipiente que ficou vazio

## RESPOSTAS

**02.**  $\Delta L = 0,006 \text{ m}$  ;  $L = 5,006 \text{ m}$

**03.**  $\Delta L = 0,0176 \text{ m}$  ;  $L = 4,0176 \text{ m}$

**04.**  $L_0 = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$

Dica:  $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$

$-17 = L_0 \cdot (17 \times 10^{-6}) \cdot (-200)$   $\rightarrow$  Diminuição da temperatura

$L_0 = 5000 \text{ mm}$

**06. Letra A** Dica: O chumbo dilata mais que o alumínio.

**08. a)**  $\Delta S = 0,198 \text{ m}^2$  Dica:  $\Delta S = (9) \cdot (44 \times 10^{-6}) \cdot (500)$

**b)**  $S = 9,198 \text{ m}^2$  Dica:  $S = 9 + 0,198$

**c)**  $S(\text{furo}) = 4,088 \text{ m}^2$  Dica:  $\Delta S = (4) \cdot (44 \times 10^{-6}) \cdot (500)$

**10. a)**  $\Delta V = 1593,75 \text{ cm}^3$  Dica:  $\Delta V = (125.000) \cdot (51 \times 10^{-6}) \cdot (250)$

**b)**  $V = 125.000 + 1.593,75 = 126.593,75 \text{ cm}^3$

**11. a)**  $\Delta V = 194,4 \text{ cm}^3$  Dica:  $\Delta V = (8.000) \cdot (81 \times 10^{-6}) \cdot (300)$

**b)**  $V = 8.000 + 194,4 = 8.194,4 \text{ cm}^3$

**13. a)** A água vai transbordar

**b)**  $V = \Delta V(\text{água}) - \Delta V(\text{vidro}) = 6,5 - 1,2 = 5,3 \text{ cm}^3$

**14. a)** O líquido não vai transbordar

**b)**  $V = \Delta V(\text{vidro}) - \Delta V(\text{líquido}) = 0,96 - 0,40 = 0,56 \text{ cm}^3$

# TERMOLOGIA

## TERMOMETRIA

### TRANSFORMAÇÃO DE TEMPERATURA

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$$

### VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

$$\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$$

C: Celsius  
F: Fahrenheit  
K: Kelvin

## CALORIMETRIA

### CALOR ESPECÍFICO

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

### CALOR LATENTE

$$Q_L = m \cdot L$$

### FLUXO DE CALOR

$$\Phi = Q / \Delta t$$

### CAPACIDADE TÉRMICA

$$C = m \cdot c$$

Q: Quantidade de Calor [cal]  
m: Massa [kg]  
c: Coeficiente de calor específico [cal/g°C]  
L: Coef. de calor latente [cal/g]  
 $\Delta T$ : Variação de Temper. [°C ou K]  
 $\Delta t$ : Variação de tempo [s]  
C: Capacidade térmica [cal/°C]  
 $\Phi$ : Fluxo de Calor [cal/s]

## ESTUDO DOS GASES

### EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

### TRANSFORMAÇÃO GASOSA

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

### ENERGIA INTERNA

$$U = \frac{3}{2} n \cdot R \cdot T$$

### TRABALHO DO GÁS

$$W = P \cdot \Delta V$$

### 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

$$Q = W + \Delta U$$

P: Pressão [Pa]  
V: Volume [m³]  
T: Temperatura [K]  
n: Quantidade de matéria [mol]  
R: Constante Geral dos Gases [J/mol.K]  
W: Trabalho do gás [J]  
U: Energia Interna [J]  
Q: Quantidade de Calor [J]

## MÁQUINAS TÉRMICAS E REFRIGERADORES

### TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA

$$Q_Q = W + Q_F$$

### TEMPERATURA - ENERGIA

$$\frac{Q_Q}{T_Q} = \frac{Q_F}{T_F}$$

### RENDIMENTO

$$\eta = \frac{W}{Q_Q}$$

### EFICIÊNCIA

$$e = \frac{Q_F}{W}$$

**MÁQ. TÉR.**

Q<sub>Q</sub>: Calor retirado da fonte quente [J]  
Q<sub>F</sub>: Calor perdido para a fonte fria [J]  
W: Trabalho do gás [J]  
 $\eta$ : Rendimento  
T<sub>Q</sub>: Temperatura da fonte quente [K]  
T<sub>F</sub>: Temperatura da fonte fria [K]

**REFRIGER.**

Q<sub>Q</sub>: Calor fornecido para a fonte quente [J]  
Q<sub>F</sub>: Calor retirado da fonte fria [J]  
W: Trabalho do gás [J]  
e: Eficiência  
T<sub>Q</sub>: Temperatura da fonte quente [K]  
T<sub>F</sub>: Temperatura da fonte fria [K]

## DILATAÇÃO TÉRMICA

### LINEAR

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

### SUPERFICIAL

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

$$\beta = 2\alpha$$

### VOLUMÉTRICA

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$\gamma = 3\alpha$$

L<sub>0</sub>: Comprimento inicial [m]  
 $\Delta L$ : Variação de comprimento [m]  
S<sub>0</sub>: Área inicial [m²]  
 $\Delta S$ : Variação da área [m²]  
V<sub>0</sub>: Volume inicial [m³]  
 $\Delta V$ : Variação do volume [m³]  
 $\alpha$ : Coef. de dilatação linear [°C<sup>-1</sup>]  
 $\beta$ : Coef. de dilatação superficial [°C<sup>-1</sup>]  
 $\gamma$ : Coef. de dilatação volumétrica [°C<sup>-1</sup>]  
 $\Delta T$ : Variação de Temperatura [°C]