

Unidade XII: Termologia

12.1 - Introdução:

A termologia (termo = calor, logia = estudo) é o ramo da física que estuda o calor e seus efeitos sobre a matéria. Ela é o resultado de um acúmulo de descobertas que o homem vem fazendo desde a Antiguidade, sendo que no século XIX atinge o seu clímax graças a cientistas como Joule, Carnot, Kelvin e muitos outros.

Durante esta e as próximas páginas procuraremos introduzir os conceitos de temperatura e calor, bem como os vários efeitos que este último impõe aos corpos tais como mudança de estado e dilatação.

12.2 - Temperatura e Calor:

- **Temperatura:** As partículas constituintes dos corpos estão em contínuo movimento. Entende-se temperatura como sendo uma grandeza que mede o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando o seu estado térmico.

- **Calor:** É uma forma de energia em transito de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.

Estabeleceu-se como unidade de quantidade de calor a caloria (cal).

Denomina-se caloria (cal) a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um grama de água de 14,5°C a 15,5°C, sob pressão normal.

No Sistema Internacional de unidades a unidades de quantidade de calor é o Joule (J). A relação entre a caloria e o Joule é: 1 cal = 4,186 J. Podemos utilizar também um múltiplo de caloria chamado quilocaloria.

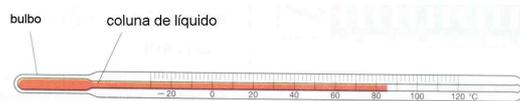
$$1\text{Kcal} = 1000 \text{ cal}$$

Equilíbrio térmico: Dois corpos, com temperaturas iniciais diferentes, postos em contato, depois de certo tempo atingem a mesma temperatura. Esse estado final chama equilíbrio térmico.

Obs.: Dois corpos que estejam em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si.

12.3 - Termômetros e Escalas Termométricas:

Termômetro é um aparelho que permite medir a temperatura dos corpos.



Termômetro de vidro (comum)



Termômetro Clínico (Máxima)

O intervalo de 0°C a 100°C e de 273K a 373K é dividido em 100 partes iguais e cada uma das divisões corresponde a 1°C e 1K, respectivamente. Na escala Fahrenheit o intervalo de 32°F a 212°F é dividido em 180 partes.

A escala Fahrenheit é usada, geralmente, nos países de língua inglesa. A escala Kelvin é chamada **escala absoluta** de temperatura.

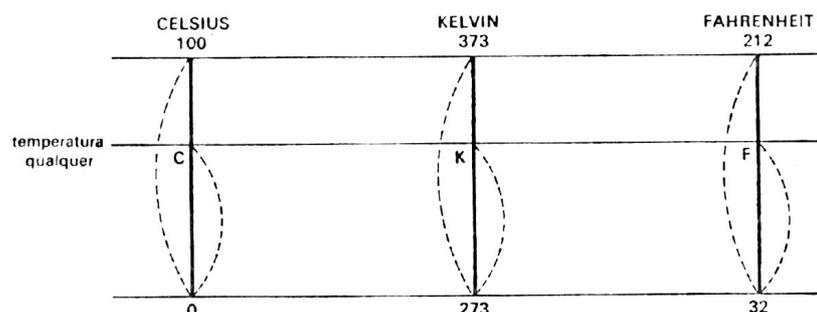
12.3.1 - Relações entre as escalas:

Supondo que a grandeza termométrica seja a mesma, podemos relacionar as temperaturas assinaladas pelas escalas termométricas da seguinte forma:

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{F - 32}{212 - 32}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{K - 273}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

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



Exemplo: Transformar 35°C em °F.

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

$$7 = \frac{F - 32}{9}$$

$$F = 95^{\circ}\text{F}$$

Exercícios de Aprendizagem:

1) A temperatura em uma sala de aula é 25°C. Qual será a leitura na escala Fahrenheit?

2) Sabendo que o nitrogênio líquido ferve a 77K, determine sua temperatura de ebulição na escala Celsius.

3) Uma pessoa está com uma temperatura de 99,5°F. Determine sua temperatura na escala Celsius.

4) Ao medir a temperatura de um gás, verificou-se que a leitura era a mesma, tanto na escala Celsius como na Fahrenheit. Qual era essa temperatura?

- 5) Uma certa escala termométrica A assinala 40° A e 100°A quando a escala Celsius assinala para essas temperaturas os valores 10°C e 30°, respectivamente. Calcule as temperaturas correspondentes ao ponto do gelo e ao ponto de vapor na escala A.

12.4 - Dilatação térmica dos sólidos e líquidos:

Dilatação térmica é o fenômeno pelo qual o corpo sofre uma variação nas suas dimensões, quando varia a sua temperatura.

A dilatação de um sólido com o aumento de temperatura ocorre porque com o aumento da energia térmica aumentam as vibrações dos átomos e moléculas que formam o corpo, fazendo com que passem para posições de equilíbrio mais afastadas que as originais.

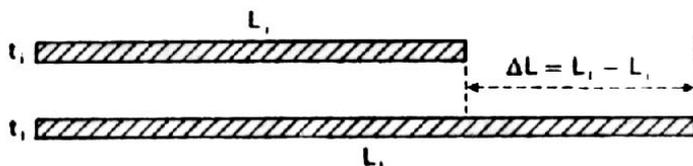
obs.: Excepcionalmente na água ocorre fenômeno inverso de 0 a 4°C. Portanto para dada massa de água, a 4°C ela apresenta um volume mínimo. Lembrando que a densidade é dada pela relação entre a massa e seu volume ($d = m/v$), concluímos que a 4°C a água apresenta densidade máxima.

Esse comportamento da água explica por que, nas regiões de clima muito frio, os lagos chegam a ter suas superfícies congeladas, enquanto no fundo a água permanece líquida a 4°C. Como a 4°C água tem densidade máxima, ela permanece no fundo e o gelo menos denso fica na superfície. Como o gelo é um isolante térmico não há a possibilidade de se estabelecer o equilíbrio térmico entre a água do fundo e a região de fora.

12.4.1 - Dilatação Linear:

É aquela em que predomina a variação em uma única dimensão, ou seja, o comprimento. Para estudarmos a dilatação linear, consideremos uma barra de comprimento inicial L_i , à temperatura inicial t_i .

Aumentando a temperatura da barra t_f , seu comprimento passa a L_f .



Em que $\Delta L = L_f - L_i$ é a variação de comprimento, isto é, a dilatação linear da barra, na variação de temperatura $\Delta t = t_f - t_i$.

Experimentalmente, verificou-se que:

- 1°) ΔL é diretamente proporcional ao comprimento inicial L_i .
- 2°) ΔL é diretamente proporcional à variação de temperatura Δt .
- 3°) ΔL depende do material que constitui a barra.

A partir dessas relações, podemos escrever:

$$\Delta L = L_i \alpha \Delta t$$

Em que α é uma constante característica do material que constitui a barra, denominada **coeficiente da dilatação linear**.

Exercícios de Aprendizagem:

1. Uma régua de aço tem 30 cm de comprimento a 20°C. Qual o comprimento dessa régua à temperatura de 200 °C? Dado $\alpha_{\text{aço}} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

2. Uma barra metálica de comprimento L_0 a 0°C sofreu um aumento de comprimento de $10^{-3} L_0$, quando aquecido a 100°C . Qual o coeficiente de dilatação linear do metal?

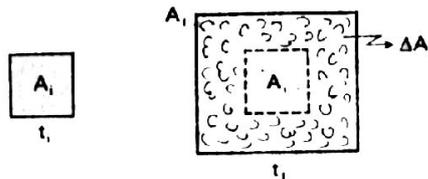
12.4.2- Dilatação Superficial:

É aquela em que predomina a variação em duas dimensões, ou seja, a área. Consideremos uma placa de área inicial A_i , à temperatura inicial t_i . Aumentando a temperatura da placa para t_f , sua área passa para A_f .

Em que:

$$\Delta A = A_f - A_i$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$



A experiência mostra que ΔA é proporcional a A_i e Δt ; logo:

$$\Delta A = A_i \beta \Delta t$$

Em que β é o **coeficiente de dilatação superficial** do material que constitui a placa.

O coeficiente de dilatação superficial para cada substância é igual ao dobro do coeficiente de dilatação linear, isto é:

$$\beta = 2\alpha$$

Exercícios de aprendizagem:

- 8) Uma placa retangular de alumínio tem 10 cm de largura e 40 cm de comprimento à temperatura de 20°C . Essa placa é colocada num ambiente cuja temperatura é de 50°C . Sabendo que $\beta_{\text{Al}} = 46 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$, calcular:
- a dilatação superficial da placa.
 - a área da placa nesse ambiente.

- 9) Uma placa tem área de 5.000 m^2 a 0°C . Ao ter uma temperatura elevada para 100°C sua área passa a ser 5.004 m^2 . Quais os coeficientes de dilatação superficial e linear da placa?

- 10) Uma chapa de ferro com um furo central é aquecida. Com o aumento da temperatura:

- a) tanto a chapa como o furo diminuem;
 b) a chapa aumenta, mas o furo diminui;
 c) tanto a chapa como o furo aumentam;
 d) o furo permanece constante e a chapa aumenta.

12.4.3 - Dilatação Volumétrica:

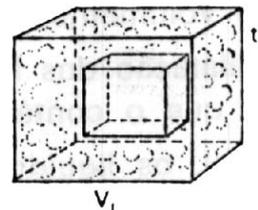
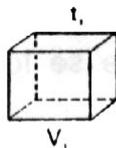
É aquela em que ocorre quando existe variação das três dimensões de um corpo: comprimento, largura e espessura. Com o aumento da temperatura, o volume da figura sofre um aumento V , tal que:

Em que:

$$\Delta V = V_f - V_i$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

$$\Delta V = V_i \gamma \Delta t$$



Em que

V_i = volume inicial.

V_f = volume final.

ΔV = variação de volume (dilatação volumétrica).

Em que γ é o coeficiente de dilatação volumétrica do material que constitui o corpo.

O coeficiente de dilatação volumétrica γ é aproximadamente igual ao triplo do coeficiente de dilatação linear α , isto é:

$$\gamma = 3\alpha$$

Exercícios de aprendizagem:

- 11) Um recipiente de vidro tem capacidade de 600cm^3 a 15°C . Sabendo-se que $\alpha_{\text{vidro}} = 27 \cdot 10^{-6}\text{C}^{-1}$ determine a capacidade desse recipiente a 25°C .

- 12) O coeficiente de dilatação linear médio de um sólido homogêneo é $12,2 \times 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Um cubo desse material tem volume de 20 cm^3 a 10°C . Determine o aumento de volume experimentado pelo cubo, quando sua temperatura se eleva para 40°C .

13) (FUVEST) – Um tanque contém 10.000 litros de combustível (álcool + gasolina) a 30°C , com uma proporção de 20% de álcool. A temperatura do combustível baixa para 20°C . Considere o coeficiente de dilatação volumétrica do combustível $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

- Quantos litros de álcool existem a 30°C ?
- Quantos litros de combustível existem a 20°C ?

14.4.4- Dilatação dos Líquidos:

Como os líquidos não apresentam forma própria, ao estudar a dilatação dos líquidos tem de se levar em conta a dilatação do recipiente sólido que o contém. De maneira geral, os líquidos dilatam-se sempre mais que os sólidos ao serem igualmente aquecidos.

No aquecimento de um líquido contido num recipiente, o líquido irá, ao dilatar-se juntamente com o recipiente, ocupar parte da dilatação sofrida pelo recipiente, além de mostrar uma dilatação própria, chamada dilatação aparente.

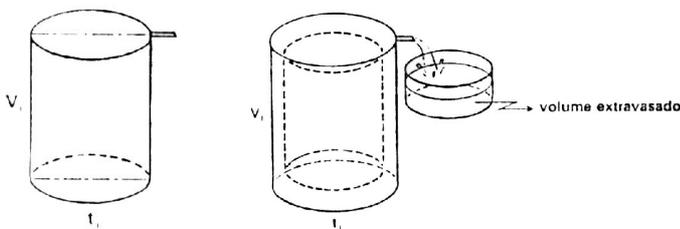
A dilatação aparente é aquela diretamente observada e a dilatação real é aquela que o líquido sofre realmente.

Consideremos um recipiente totalmente cheio de um líquido à temperatura inicial t_i .

Aumentando a temperatura do conjunto (recipiente + líquido) até uma temperatura t_f , nota-se um extravasamento do líquido, pois este se dilata mais que o recipiente.

A dilatação aparente do líquido é igual ao volume que foi extravasado.

A dilatação real do líquido é dada pela soma da dilatação aparente do líquido e da dilatação volumétrica sofrida pelo recipiente.



$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{ap}} + \Delta V_{\text{recip}} \Rightarrow V_i \gamma_{\text{real}} \Delta t = V_i \gamma_{\text{ap}} \Delta T + V_i \gamma_{\text{recip}} \Delta t$$

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap}} + \gamma_{\text{recip}}$$

Exercícios de aprendizagem:

14) Um recipiente de vidro contém 400cm^3 de mercúrio a 20°C . Determinar a dilatação real e a aparente do mercúrio quando a temperatura for 35°C .

Dados $\gamma_{\text{Hg}} = 0,00018^{\circ}\text{C}^{-1}$ e $\gamma_{\text{vidro}} = 0,00003^{\circ}\text{C}^{-1}$.

15) Um tubo de vidro graduado contém água. A 10°C , um técnico lê o volume $60,0\text{ cm}^3$. Aquecendo a água até 90°C , o mesmo técnico lê o volume $60,85\text{ cm}^3$. Determine o coeficiente de dilatação volumétrica da água nesse intervalo. Dado coeficiente linear do vidro = $2,7 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

16) Para medir o coeficiente de dilatação de um líquido, utilizou-se um frasco de vidro graduado. A 0°C , a leitura da escala forneceu o valor $90,00\text{ cm}^3$. A 100°C , a leitura foi $90,50\text{ cm}^3$. Dado coeficiente linear do vidro = $2,7 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

- Qual o coeficiente de dilatação aparente do líquido?
- Qual o coeficiente de dilatação real?

12.5 - Troca e Propagação do Calor:

12.5.1- Quantidade de calor e calor específico:

Sendo uma modalidade de energia, o calor poderia ser medido em Joule (J). Porém, como já vimos em 12.2, é comum a utilização da caloria (cal).

$$1\text{ cal} = 4,186\text{ J} \quad \text{e} \quad 1\text{ Kcal} = 1000\text{ cal.}$$

- Capacidade térmica de um corpo: (C)

É o quociente entre a quantidade de calor Q recebido ou cedido por um corpo e a correspondente variação de temperatura Δt .

$$C = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{A unidade de capacidade térmica é cal/}^{\circ}\text{C}$$

A capacidade térmica de um corpo representa a quantidade de calor necessária para que a temperatura do corpo varie de 1°C

Exercício de Aprendizagem:

17) Um bloco de zinco de capacidade térmica igual a 20 cal/°C recebe 100cal. Calcule a variação de temperatura do bloco.

- Calor específico de uma substância: (c)

A capacidade térmica de um corpo, vai depender da massa do corpo e de uma constante “c”, denominada de calor específico. $C = m \cdot c$

Como $C = \frac{Q}{\Delta t}$ teremos $m \cdot c = \frac{Q}{\Delta t}$ ou seja $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$

“c” é igual à quantidade de calor que deve ser cedida a 1 grama da substância para provocar nela uma variação de temperatura de 1°C.

$$[c] = \text{cal/g}^\circ\text{C}$$

12.5.2 - Equação Fundamental da Calorimetria:

Consideremos um corpo de massa m à temperatura inicial t_i .

Fornecendo-se uma quantidade de calor Q a esse corpo, suponha que sua temperatura aumente até t_f .



A experiência mostra que a quantidade de calor Q é proporcional à massa e à variação de temperatura ($t_f - t_i$); logo:

$$Q = mc (t_f - t_i) \quad \text{ou} \quad Q = mc\Delta t$$

Em que:

c é chamado calor específico da substância

$\Delta t = t_f - t_i$ é a variação de temperatura.

Obs.

1ª.) Se $t_f > t_i$ o corpo recebe calor, isto é, $Q > 0$.

Se $t_f < t_i$ o corpo cede calor, isto é, $Q < 0$.

2ª.) O produto mc é a capacidade térmica do corpo; logo: $C = mc$

Exemplo:

Calcular a quantidade de calor necessária para elevar uma massa de 500 gramas de ferro de 15°C para 85°C. O calor específico do ferro é igual a 0,114 cal/g. °C.

Resolução:

Se o massa de ferro aumenta de temperatura o calor é sensível; logo:

$$\begin{aligned} Q = mc (t_f - t_i) &\Rightarrow Q = 500 \cdot 0,114 (85^\circ - 15^\circ) \\ Q &= 500 \cdot 0,114 \cdot 70 \\ Q &= 3990\text{cal.} \end{aligned}$$

Resposta:

A quantidade de calor recebida pelo ferro é de 3990cal.

Obs. A brisa marítima e a brisa terrestre é devido ao calor específico da água e da terra. Por a água ter um dos maiores calores específicos ela não só custa a aumentar a temperatura como também custa a ceder. O ar ficando mais denso nas proximidades da água devido a temperatura mais baixa durante o dia (do que a areia da terra) fará com que surja a brisa marítima. A noite o processo se inverte. Ela também é que regula a temperatura terrestre.

A seguir o calor específico de algumas substâncias:

Substância	Calor específico (cal/g°C)
Mercúrio	0,033
Alumínio	0,217
cobre	0,092
Chumbo	0,030
Prata	0,056
Ferro	0,114
Latão	0,094
Gelo	0,550
Água	1,000
Ar	0,240

Exercícios de aprendizagem:

18) Uma barra de ferro com 500 g de massa deve ser aquecida de 20°C até 220°C. Sendo 0,11 cal/g°C o calor específico do ferro, calcule:

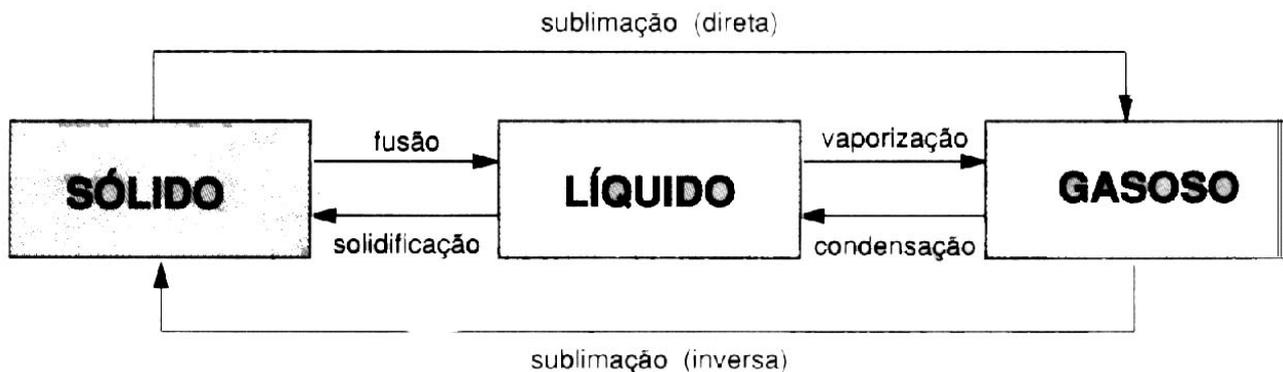
- a quantidade de calor que a barra deve receber;
- a sua capacidade térmica.

19) Quantas calorias perderá um quilograma de água, quando sua temperatura variar de 80°C para 10°C?

12.6 - Mudanças de fase - Calor latente:

Vimos que quando cedemos calor a um corpo, este aumentará sua temperatura. Porém esse calor pode ser utilizado para não aumentar a temperatura e sim para modificar o estado físico do corpo. Tal calor é denominado **calor latente**.

A mudança de estado pode ser:



O calor latente de mudança de estado de uma substância é igual à quantidade de calor que devemos ceder ou retirar de um grama da substância para que ela mude de estado.

$$Q = mL$$

em que: L é o calor latente da substância.

A quantidade de calor latente L pode ser positiva ou negativa conforme o corpo receba ou ceda calor.

Em nosso curso adotaremos:

Calor latente de fusão do gelo (a 0°C) $L_f = 80\text{cal/g}$

Calor latente de solidificação da água (a 0°C) $L_s = -80\text{cal/g}$

Calor latente de vaporização da água (a 100°C) $L_v = 540\text{cal/g}$

Calor latente de condensação do vapor (a 100°C) $L_c = -540\text{cal/g}$

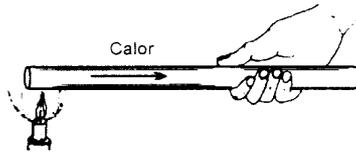
Exercícios de aprendizagem:

20) Um bloco de gelo de massa 600 gramas encontra-se a 0°C . Determinar a quantidade de calor que se deve fornecer a essa massa para que se transforme totalmente em água a 0°C . Dado $L_f = 80\text{ cal/g}$

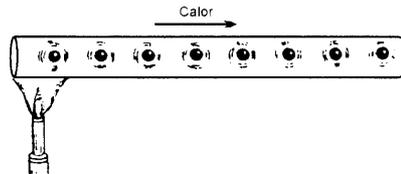
21) Determine a quantidade de calor necessária para transformar 20g de gelo, a -20°C , em vapor de água a 120°C .

12.7 - Propagação do calor: Para o calor ser transmitido temos os seguintes processos:

- **Condução:** A condução é um processo de transmissão de calor que ocorre, por exemplo, através de uma barra metálica.



Neste processo, os átomos do metal que estão em contato com a fonte térmica recebem calor desta fonte e aumentam sua agitação térmica. Devido a isto, colidem com os átomos vizinhos, transmitindo-lhes agitação térmica. Assim, de partícula para partícula, a energia térmica flui ao longo da barra, aquecendo-a por inteiro.



Portanto condução é o processo de transmissão de calor de partícula para partícula.

Obs. As partículas apenas aumentam a vibração. Elas não se deslocam.

- **Convecção:** A convecção é uma forma de transmissão de calor que ocorre em fluidos, ou seja, em líquidos ou gases, porém, juntamente com transporte de matéria. Por exemplo, o ar quente é menos denso que o ar frio, portanto ele tende a subir devido a pressão.

Ex.: Congelador na parte de cima da geladeira.



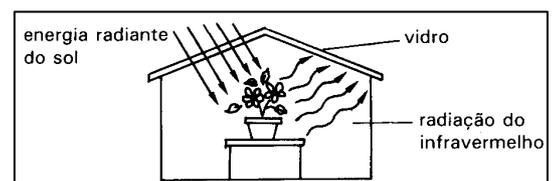
Obs. Recipientes adiabáticos são aqueles que não deixam o calor se propagar. Ex.: garrafa térmica, isopor, etc.

Exemplo: (Olimpíada Brasileira de Física) – Dispõe-se de 2 copos contendo iguais quantidades de água à temperatura ambiente. Em cada um dos copos coloca-se uma pedra de gelo de mesma massa: num deles o gelo é colocado flutuando livremente e o outro o gelo é preso no fundo do copo por uma rede de plástico. Deixam-se os copos em repouso. Pode-se afirmar que:

- As duas pedras de gelo vão derreter ao mesmo tempo.
- A pedra de gelo contida no fundo do copo derreterá mais rapidamente que a outra.
- Nos dois casos, as pedras de gelo pararão de derreter quando a temperatura da mistura atingir 4°C .
- A pedra de gelo que flutuava derreterá mais rápido que a pedra contida no fundo do copo.
- Certamente a temperatura final nos dois corpos será de 0°C .

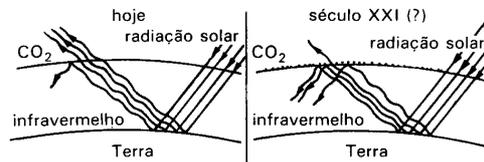
- **Radiação ou Irradiação:** É uma forma de transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas. Dois corpos em temperatura diferentes tendem ao equilíbrio térmico, mesmo que entre eles não haja nenhum meio material. Ex.: Sol esquentando a Terra (existe vácuo entre eles).

Estufa: Numa estufa, a radiação luminosa do sol atravessa o vidro e é absorvida pelos objetos que estão no interior, aquecendo-os. Em seguida, os objetos emitem radiação do infravermelho, mas esta é barrada pelo vidro. Assim, é pelo fato de o vidro ser transparente à radiação luminosa e opaco ao infravermelho que as estufas conservam uma temperatura superior à do meio externo. (O mesmo fenômeno ocorre quando um automóvel, com os vidros fechados, fica exposto ao sol.)



Efeito Estufa: De dia a radiação solar aquece a Terra, que, à noite, é resfriada pela emissão da radiação do infravermelho. Esse resfriamento é prejudicado quando há excesso de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, pois o CO₂ é transparente à luz, mas opaco ao infravermelho.

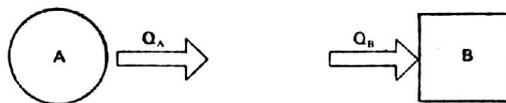
Nos últimos anos, a quantidade de gás carbônico na atmosfera tem aumentado ;consideravelmente em razão da queima de combustíveis fósseis (petróleo e carvão). Se essa demanda continuar crescendo no ritmo atual, em meados do século XXI a quantidade de CO₂ na atmosfera, além de trazer outras consequências drásticas, provocará um aumento da temperatura média da Terra, que hoje está em torno de 18°C. Tal aquecimento poderá provocar o derretimento de parte do gelo acumulado nos pólos e elevar o nível do mar em algumas dezenas de metros.



12.8 - Princípio da igualdade das trocas de calor:

Quando dois ou mais corpos com temperaturas diferentes são colocados próximos um do outro ou em contato, eles trocam calor entre si até atingirem o equilíbrio térmico.

Se o sistema não trocar energia com o ambiente, isto é, for termicamente isolado, teremos:



Note que a quantidade de calor recebida por A é igual, em valor absoluto, à quantidade de calor recebida por B.

Se tivermos n corpos, teremos: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$

A quantidade de calor recebida por uns é igual à quantidade de calor cedida pelos outros.

Quando colocamos água quente em um recipiente, a água perde calor e o recipiente ganha até que a água e o recipiente fiquem com a mesma temperatura, isto é, até que atinjam o equilíbrio térmico.

Se não houvesse troca de calor com o ambiente, a quantidade de calor cedida pela água deveria ser igual à quantidade de calor recebida pelo recipiente.

Havendo troca de calor com o ambiente, a quantidade de calor cedida pela água é igual à soma das quantidades de calor absorvidas pelo recipiente e pelo ambiente.

Os recipientes utilizados para estudar a troca de calor entre dois ou mais corpos são denominados calorímetros. Os calorímetros não permitem perdas de calor para o meio externo, isto é, são recipientes termicamente isolados.

Exemplo 1: Colocam-se 800g de ferro a 90°C em um recipiente contendo 600 gramas de água a 18°C. Sabendo-se que o calor absorvido pelo recipiente é desprezível, calcular a temperatura do equilíbrio térmico.

Resolução:

Formando a tabela:

	M	c	t _f	t _i
ferro	800	0,114	t	90
água	600	1	t	18

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ferro}} + Q_{\text{água}} &= 0 \\
 mc(t_f - t_i) + mc(t_f - t_i) &= 0 \\
 800 \cdot 0,114(t - 90) + 600 \cdot 1(t - 18) &= 0 \\
 91,2t - 820,8 + 600t - 10800 &= 0 \\
 691,2t &= 11620,8 \\
 t &= 16,8^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Exemplo 2: Calcular a massa de ferro a 180°C que gelo a -15°C para que o equilíbrio térmico seja estabelecido a 30°C. Dados: 0,5 cal/g°C, L_f = 80cal/g, C_{água} = 1cal/g°C e C_{ferro} = 0,114cal/g°C.

Resolução:

	m		L	
	x	0,114	t _f	t _i
ferro	x	0,114	t _f	t _i
gelo	200	0,5	0	-15
gelo (fusão)	200		80	
água	200	1	30	0

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{fe}} + Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{gelo(fusão)}} + Q_{\text{água}} &= 0 \\
 x \cdot 0,114(30^\circ - 180^\circ) + 200 \cdot 0,5(0^\circ + 15^\circ) + 200 \cdot 80 + 200 \cdot 1(30^\circ - 0^\circ) &= 0 \\
 -17,1x + 1500 + 16000 + 6000 &= 0 \\
 17,1x &= 23500 \\
 x &= 1374,27\text{g}
 \end{aligned}$$

Resposta:

A massa de ferro é de 1374,27g.

Exercícios de aprendizagem:

22) Determine a temperatura de equilíbrio quando se colocam 200 g de alumínio a 100°C em 100 g de água a 30°C. Dados $c_{Al} = 0,20 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ e $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$.

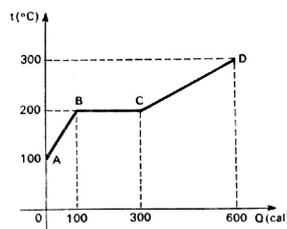
23) Colocam-se 80g de gelo a 0°C em 100g de água a 20°C. Admitindo o sistema isolado termicamente, determine:

- a temperatura final da mistura;
- a massa de água líquida após ser atingido o equilíbrio térmico.

Dados: $L_{F \text{ gelo}} = 80 \text{ cal/g}$ e $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Exercícios de Fixação:

- Um calorímetro de cobre tem massa de 200g e contém 680g de água, inicialmente a 20°. Um corpo de alumínio tem massa de 500g e está inicialmente a 100°C. Introduce-se o corpo de alumínio no calorímetro. Desprezando as trocas de calor com o ambiente, calcule a temperatura do equilíbrio térmico. Dados $c_{Cu} = 0,1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_{Al} = 0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.
- Um corpo, inicialmente sólido, de massa 80g, recebe o calor e sofre variação de temperatura conforme indica o gráfico:



Pede-se:

- a temperatura de fusão da substância.
 - o calor latente de fusão do corpo.
 - o calor específico do corpo no estado sólido.
 - o calor específico no estado líquido.
- 3) Estabelece a denominada Lei Zero da Termodinâmica que, se um corpo A está em equilíbrio térmico com um corpo C e um corpo B está também em equilíbrio térmico com o corpo C, então os corpos A e B estão em equilíbrio térmico entre si. Chamado de t_A , t_B e t_C as temperatura dos três corpos é válido escrever:
- $t_A = t_C$, mas $t_A > t_B$
 - $t_A > t_B > t_C$
 - $t_A = t_B$, mas $t_A > t_C$
 - $t_A = t_B = t_C$
 - $t_A = t_C$, $t_B = t_C$, mas $t_A < t_B$

- 4) Os denominadas “pontos fixos” são escolhidos para efetuar a graduação dos termômetros, levando-se em conta, entre outras características, o fato de eles:
- poderem ser produzidos facilmente quando necessário.
 - serem os únicos sistemas cuja temperatura é bem definida.
 - corresponderem às temperaturas de 0°C e 100°C
 - possuírem temperaturas que não dependem da pressão exercida.
 - possuíram temperaturas que dependem do tipo de termômetro utilizado.
- 5) Uma substância pode se apresentar nos estados de agregação sólido, líquido e gasoso. A intensidade das forças de coesão, que se manifestam entre as moléculas da substância:
- é maior no estado gasoso, comparada à dos outros estados.
 - tem a mesma ordem de grandeza nos estados líquido e gasoso.
 - é menor no estado gasoso, comparada à dos outros estados.
 - é nula em qualquer estado de agregação.
 - é nula no estado gasoso.
- 6) O estado de agregação da matéria, que se caracteriza por apresentar forma e volume bem definidos, é:
- o estado gasoso.
 - o estado líquido.
 - o estado sólido.
 - tanto no estado líquido como o sólido.
 - cada um dos três.
- 7) Quando cristais de iodo são aquecidos sob pressão normal, a $183,5^{\circ}\text{C}$, verifica-se que os cristais começam a se converterem em vapores de iodo. Essa mudança de estado é denominada:
- sublimação
 - condensação
 - fusão
 - vaporização
 - solidificação
- 8) Durante uma mudança de estado típica realizada sob pressão constante:
- a temperatura aumenta.
 - a temperatura diminui.
 - a temperatura permanece constante.
 - só existe um estado de agregação da substância.
 - coexistem os três estados de agregação da substância.
- 9) Água líquida é aquecida de 0°C até 100°C . O volume dessa água.
- aumenta sempre.
 - diminui sempre
 - inicialmente aumenta para em seguida diminuir.
 - permanece constante.
 - inicialmente diminui para em seguida aumentar.
- 10) Se um recipiente indilatável, cheio de água até a borda, for aquecido:
- há transbordamento se a temperatura inicial for inferior a 4°C .
 - há transbordamento se a temperatura inicial for superior a 4°C .
 - não há transbordamento, qualquer que seja a temperatura inicial do sistema.
 - há transbordamento, qualquer que seja a temperatura inicial do sistema.
 - n.r.a.
- 11) Nos países de inverno rigoroso, verifica-se o congelamento apenas da superfície dos lagos e rios. A água não se congela completamente porque:
- o máximo de densidade da água se verifica a 4°C , e o gelo, razoável isolante térmico, é menos denso que a água.
 - o ar se esfria antes da água, congelando-se primeiro a superfície dos líquidos em contato com o referido ar e daí propagando-se o congelamento em profundidade.
 - a água em movimento dificilmente se congela.
 - a água se comporta como a maioria dos líquidos em relação às variações de temperatura.
- 12) Uma chapa de ferro com furo central é aquecida. Com o aumento de temperatura:
- tanto a chapa como o furo tendem a diminuir.
 - a chapa aumenta, mas o furo diminui.
 - tanto a chapa como o furo tendem a aumentar.
 - o furo permanece constante e a chapa aumenta.
 - Nenhuma das anteriores.
- 13) Um recipiente contém certa massa de água na temperatura inicial de 2°C e na pressão normal, quando é aquecido, sofrendo uma variação de temperatura de 3°C . Pode-se afirmar que, nesse caso, o volume de água:
- diminui e depois aumenta;
 - aumenta e depois diminui.
 - diminui.
 - aumenta.
 - permanece constante.

Respostas:**Exercícios de aprendizagem:**

- 1) 77°F 2) -196°C 3) 37,5°C
4) -40°C 5) 10° A e 310° A 6) 30,05 cm
7) 10⁻⁵ °C⁻¹ 8) a) 0,552cm² b) 400,552cm²
9) 8 . 10⁻⁶ °C⁻¹ e 4 . 10⁻⁶ °C⁻¹ 10) c
11) 600, 486cm³ 12) 0,022 cm³ 13) a) 2000 L
b) 9890 L 14) 1,08cm³ 0,9cm³
15) 2,51 . 10⁻⁴ °C⁻¹ 16) a) 5,55 . 10⁻⁵ °C⁻¹
b) 1,36 . 10⁻⁴ °C⁻¹ 17) 5°C 18) a) 11 000 cal
b) 55 cal/°C 19) 70 kcal 20) 48 kcal
21) 14.800 cal 22) 50 °C 23) a) 0 °C b) 125 g

Exercícios de Fixação:

- 1) 30°C 2) a) 200°C b) 2,5cal/g
c) 0,012cal/g°C d) 0,037 cal/g° 3) d 4) a
5) c 6) c 7) a 8) c 9) e 10)b 11)a
12) c 13) a



Aula de Física

Aula particular de Física pela internet, individual ou em grupo.

☎ (21) 98469-9906 - [Whatsapp](https://www.whatsapp.com)
Programas Skype ou [TeamViwer](https://www.teamviewer.com)

Veja como funciona em

www.fisicafacil.net