Sumário

Física 3E

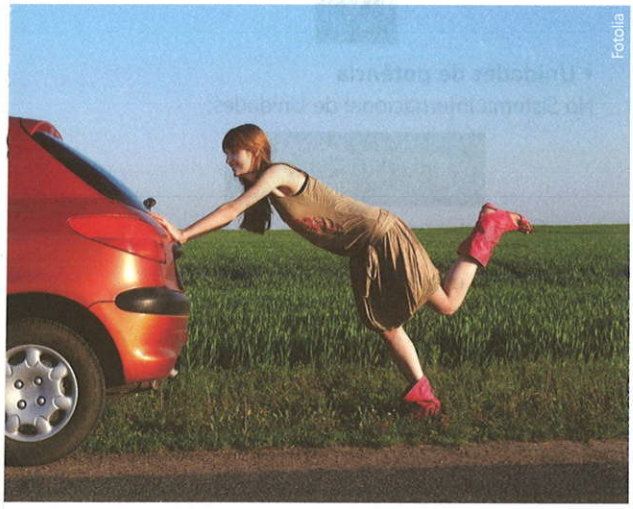
Avaliações

Anotações

Física

3 E

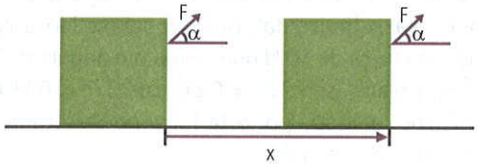
Trabalho



No cotidiano, é comum ouvirmos expressões como:
"Hoje trabalhei muito, estou cansado."
"Fulano está precisando trabalhar."
"Cicrano trabalhou até tarde ontem."
"Vou fazer um trabalho escolar na casa do Beltrano."

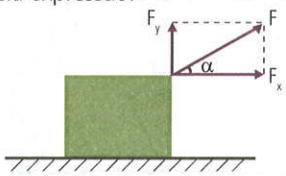
Nas expressões acima, o termo **trabalho** possui significado diferente do conceito de trabalho na física. Para que exista trabalho na física é necessário que uma força produza um deslocamento no seu ponto de aplicação.

Seja uma força **F** de módulo constante e direção fazendo um ângulo α com a direção do deslocamento.



Onde:
F → Força aplicada
x → Deslocamento
α → Ângulo entre a direção da força e a direção do deslocamento

A força **F** pode ser decomposta em duas componentes ortogonais **Fx** e **Fy**, a componente que efetivamente produz o deslocamento do corpo é **Fx**, então dizemos que esta força realizou um trabalho mecânico sobre o corpo, e podemos determinar o valor do trabalho pela expressão:



$$\tau = F_x \cdot x$$

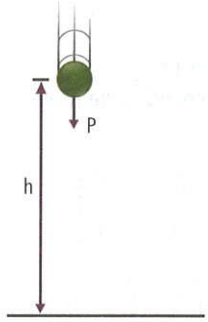
Como $F_x = F \cos \alpha$, então:

$$\tau = F.x.\cos \alpha$$

Unidades

A unidade de trabalho é o produto entre a unidade de força e a unidade de deslocamento. No S.I., a unidade de trabalho é N.m, que é denominada de joule (**J**). Existem outras unidades, por exemplo, o **kgm** e o **erg**.

Trabalho da força peso



Considere um corpo de peso **P** que está a uma altura **h** em relação a certo referencial, conforme a figura anterior.

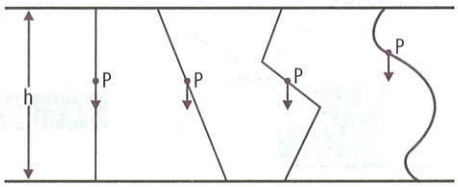
Como o peso **P** é constante e paralelo ao deslocamento **h**, o trabalho realizado é o produto entre o módulo da força aplicada e o módulo do deslocamento ($\tau = F \cdot x$), podemos escrever:

$$\tau = P \cdot h$$

Observe que o trabalho realizado pela força gravitacional depende apenas do valor do peso do corpo e do valor da altura que o corpo se encontra em relação ao referencial. Se o corpo cai, o peso está a favor do deslocamento e o trabalho é positivo; se o corpo estiver subindo, o peso tem sentido oposto ao deslocamento e o trabalho é negativo.

Importante saber

A figura abaixo mostra um corpo de peso **P** que se desloca entre dois planos horizontais, segundo diversas trajetórias.



Em qualquer um dos casos, o trabalho realizado pela força peso é o mesmo, pois este trabalho não depende da trajetória seguida pelo corpo, depende apenas do desnível entre os dois planos.

Trabalho realizado ao deformar uma mola

Para deformar uma mola é necessário aplicar uma força que é diretamente proporcional à deformação.

$$F = -kx$$

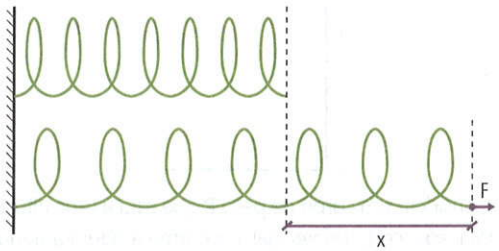
Lei de Hooke

Onde:

F → Força

x → Deslocamento

k → Constante elástica da mola



O trabalho realizado para deformar a mola é dado pela expressão:

$$\tau = \frac{kx^2}{2}$$

Observe que o trabalho é diretamente proporcional ao quadrado da deformação da mola.

Potência

No conceito de trabalho, não consideramos a variável tempo. Não nos preocupamos até agora com o tempo gasto em realizar um trabalho. A rapidez com que é efetuado um trabalho é medida pela grandeza denominada potência.

$$P_{ot} = \frac{\tau}{t}$$

- **Unidades de potência**

No Sistema Internacional de Unidades:

$$\text{watt (W)} = \frac{\text{joule (J)}}{\text{segundo (s)}}$$

Múltiplo: quilowatt (kW)

- **Unidades especiais**

CV (cavalo-vapor): 1 CV = 735 W

HP (*horse-power*): 1 HP = 746 W

Derivada da unidade de potência, há uma unidade de trabalho, o quilowatt-hora (kWh), em que:

1 kWh = 3,6 x 10^6 J

Testes

01. Um corpo de massa igual a 2 kg é abandonado de uma altura de 5 m do solo num local onde a aceleração da gravidade é 10 m/s². Calcule o trabalho motor realizado pelo peso do corpo para levá-lo até o solo.

a) 100 J
b) 200 J
c) 20 J
d) 10 J
e) n.d.a.

02. (FCC) um bloco de massa de 10 kg é arrastado num plano horizontal, quando submetido à ação de uma força de 30 N que forma um ângulo de 37° com o plano (sen 37° = 0,60; cos 37° = 0,80). O trabalho realizado por esta força no deslocamento de 2,0 m é, em joules:

a) 48
b) 36
c) 30
d) 24
e) 12

03. (UEL-PR) considere as seguintes afirmativas:
I. O trabalho realizado pela força peso de um corpo não depende da forma da trajetória do corpo.
II. O trabalho realizado pela força elástica de uma mola é proporcional à deformação da mola.
III. O trabalho realizado pelo peso de um corpo que se desloca horizontalmente é sempre nulo.
Dessas afirmativas,
a) somente I é correta;
b) somente II é correta;
c) somente III é correta;
d) somente I e III são corretas;
e) I, II e III são corretas.

04. Uma força horizontal de modulo 20 N produz um deslocamento de 8 m em um corpo sobre uma superfície horizontal perfeitamente lisa. O trabalho realizado pela força é:
a) 80 J
b) 100 J
c) 160 J
d) 200 J
e) 220 J

05. Uma máquina realiza um trabalho de 2 000 J durante 50s, a potência desta máquina é:
a) 10 000 W
b) 5 000 W
c) 800 W
d) 200 W
e) 40 W

06. Para arrastar um corpo de massa 100 kg entre dois pontos com movimento uniforme, um motor de potência igual a 500 W opera durante 120s. O trabalho motor realizado em joules é:
a) 30 000
b) 60 000
c) 10 000
d) 20 000
e) n.d.a.

07. (UFPR) O comprimento de uma mola, de constante elástica k = 1 000 N/m, não deformada, é de 0,30 m. Determine o trabalho da força elástica, sabendo que a mola é distendida até que seu comprimento se torne 0,50 m.

08. (UFSC) um homem ergue um bloco de 100 N a uma altura de 2,0 m em 4,0s, com velocidade constante. Qual a potência em W (watts) desenvolvida pelo homem?

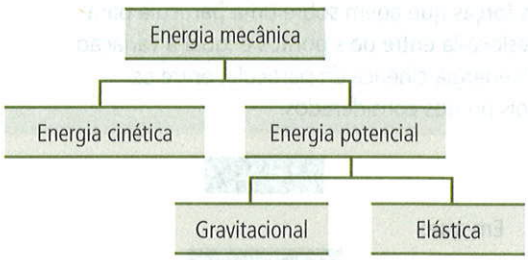
Energia mecânica

A energia se manifesta de várias formas: **solar, química, eólica, térmica, etc**. Entender energia é fundamental para que possamos usufruir o máximo possível das facilidades que a vida moderna nos proporciona. Mas, o que é energia?

A ideia de energia está tão presente no nosso dia a dia, que a aceitamos sem definição. Assim, as considerações feitas aqui não visam definir energia e sim relacioná-la com outros conceitos físicos já estudados, então, podemos inicialmente relacionar energia com trabalho.

"A energia representa a capacidade de relacionar um trabalho."

Existem diversas modalidades de energia. Vamos estudar aqui a energia mecânica que se manifesta como energia cinética e energia potencial.



A unidade de energia no Sistema Internacional é o joule (J). Observe que é a mesma unidade de trabalho.

Energia cinética (E_c)

Um corpo se encontra em movimento em relação a certo referencial e possui uma energia cinética em relação a este referencial, ou seja, a energia cinética está associada ao movimento do corpo.

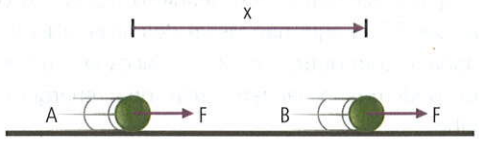
Essa energia é dada por:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- A energia cinética nunca será negativa, pois $m > 0$ e $v^2 > 0$.
- A energia cinética depende da velocidade e, portanto, depende do referencial adotado.
- A energia cinética é uma grandeza escalar, não necessita de orientação.
- Sendo a massa do corpo constante e estando o corpo em movimento retilíneo uniforme, a energia cinética será constante.

Teorema de energia cinética

Uma partícula de massa **m** desloca-se do ponto **A** para o ponto **B**, sob a ação de uma força constante **F**. Devido à ação da força, a velocidade da partícula varia de $\mathbf{v_a}$ no ponto **A**, para $\mathbf{v_b}$ no ponto **B**, conforme a figura abaixo.



A força aplicada na partícula produz um deslocamento realizando trabalho sobre a partícula e simultaneamente variando a velocidade da partícula, alterando a sua energia cinética. Então, podemos enunciar o teorema da energia cinética:

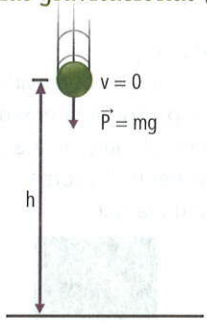
"O trabalho realizado pela resultante de todas as forças que agem sobre uma partícula para deslocá-la entre dois pontos é igual à variação da energia cinética da partícula, entre os dois pontos considerados."

$$\tau = \Delta E_c$$

Em que:

$$\Delta E_C = E_{C_B} - E_{C_A}$$

Energia potencial gravitacional (E_p)



A energia potencial gravitacional é uma forma de energia mecânica associada à posição (altura) em que se encontra um corpo em relação a um referencial. Considere um corpo de massa **m**, que se encontra a uma altura **h** em relação ao solo, em um local onde a aceleração da gravidade é **g**.

A energia potencial gravitacional é dada pela expressão:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Dependendo da posição do corpo em relação ao nível de referência, a energia potencial gravitacional pode ser positiva, nula ou negativa.

- Acima do plano de referência, $E_p > 0$.
- No mesmo nível do plano de referência, $E_p = 0$.
- Abaixo do plano de referência, $E_p < 0$.

A energia potencial gravitacional é grandeza escalar, não necessita de orientação.

Energia potencial elástica (E_{PE})

Consideramos um sistema elástico constituído de um corpo de massa **m** preso a uma mola de constante elástica **k**. Para deformar o sistema de um comprimento **x**, é necessário realizar o trabalho,

$$\tau = \frac{kx^2}{2}$$

Realizando esse trabalho sobre o sistema elástico, deformando a mola, esta armazena energia, denominada de energia potencial elástica, e a energia armazenada na mola será igual ao trabalho necessário para deformá-la.

- A energia potencial elástica nunca será negativa, pois $k > 0$ e $x^2 \geq 0$.
- A energia potencial elástica é grandeza escalar, não necessita de orientação.

$$E_{P_E} = \frac{kx^2}{2}$$

Princípio da conservação de energia

Entre as diferentes formas que a energia se apresenta há uma constante transformação. Numa mola comprida, a qual empurra um corpo, há conversão de energia potencial elástica em energia cinética. Quando descemos em um escorregador, transformamos energia potencial gravitacional em energia cinética, uma

pilha converte energia química em energia elétrica, um chuveiro elétrico transforma energia elétrica em energia térmica. Nas transformações energéticas não há criação ou destruição de energia.

Forças dissipativas e forças conservativas

São denominadas forças dissipativas aquelas que sempre realizam trabalho resistente em qualquer deslocamento, por exemplo, a força de atrito ou a força de resistência do ar.

As forças conservativas estão associadas a uma energia potencial, como o peso e a força elástica. Quando um corpo está sujeito somente à ação de forças conservativas, que realizam trabalho, pode, por exemplo, diminuir a energia cinética, mas em compensação, ocorre um aumento da energia potencial.

Princípio da conservação da energia mecânica

Em um sistema em que atuam apenas forças conservativas, a energia mecânica permanece constante.

$$E_m = E_c + E_p$$

Testes

09. Um corpo de massa 8 kg encontra-se a 10 m do solo. Qual a energia potencial gravitacional armazenada pelo corpo? ($g = 10\ m/s^2$)

a) 800 J
b) 300 J
c) 400 J
d) 600 J
e) 1 200 J

10. Um corpo de massa 2 kg tem velocidade inicial de 4 m/s e após um deslocamento de 7 m, sobre uma superfície horizontal, atinge a velocidade de 10 m/s. Determine a variação da energia cinética.

a) 42 J
b) 60 J
c) 74 J
d) 80 J
e) 84 J

11. Em relação ao teste anterior, determine a força média aplicada ao corpo.

a) 6 N
b) 8 N
c) 10 N
d) 12 N
e) 16 N

12. Um corpo de massa 2 kg está animado de uma velocidade de 10 m/s, num plano horizontal. Calcule a energia cinética deste corpo.

a) 80 J
b) 90 J
c) 100 J
d) 120 J
e) 150 J

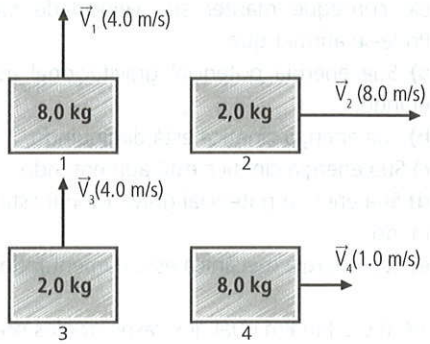
13. Em relação ao teorema da energia cinética, é correto afirmar que:

a) τ é nulo
b) $\tau = E_c$
c) $\tau = \Delta E_c$
d) $\tau = 1$
e) $\tau = E_c + E_p$

14. Um corpo que se desloca em **MRU** sobre uma superfície horizontal:

a) Sua energia potencial aumenta.
b) Sua energia cinética aumenta.
c) Sua energia cinética é constante.
d) Sua energia mecânica aumenta.
e) Sua energia potencial diminui.

15. (UEL-PR) na figura abaixo, estão indicadas as massas de quatro corpos (1, 2, 3 e 4) e suas respectivas velocidades (v_1, v_2, v_3 e v_4). Quais os corpos que têm energias cinéticas iguais? (Os módulos das velocidades estão indicados ao lado dos vetores.)

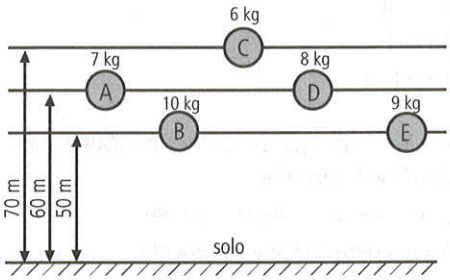


a) 1 e 4
b) 1 e 2
c) 2 e 3
d) 3 e 4
e) 2 e 4

16. (UEL-PR) Uma mola perfeitamente elástica, cuja constante de elasticidade é igual a 200 N/m, está livre de qualquer força. Se essa mola sofrer um alongamento de 10 cm, a energia potencial elástica nela armazenada, em joules, será igual a:

a) 1,0
b) 2,0
c) 2,0 x 10
d) 1,0 x 10^3
e) 2,0 x 10^3

17. (UEL-PR) Na figura abaixo estão representadas cinco esferas e indicadas suas massas e suas alturas em relação ao solo.



Qual esfera tem maior energia potencial?

a) A
b) B
c) C
d) D
e) E

18. (PUC-PR) Um esquiador desce uma rampa na neve, com forte vento contrário. Impulsionando-se, ele consegue manter sua velocidade constante. Pode-se afirmar que:

a) Sua energia potencial gravitacional está diminuindo.
b) Sua energia cinética está diminuindo.
c) Sua energia cinética está aumentando.
d) Sua energia potencial gravitacional está aumentando.
e) Sua energia mecânica está aumentando.

19. (PUC-PR) Em qual dos casos citados pode-se dizer que a energia potencial gravitacional não varia?

a) Um carro acelera numa pista horizontal.
b) Um carro sobe uma ladeira.
c) Uma pessoa desce pela escada de seu prédio.
d) Uma pessoa sobe pelo elevador de seu prédio.
e) Um carro desce uma ladeira.

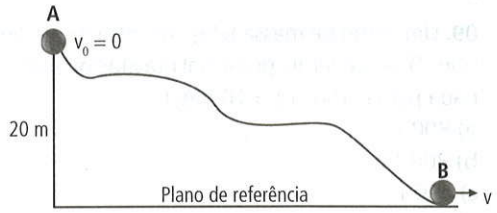
20. Num sistema conservativo a energia:

a) potencial é sempre igual a energia cinética.
b) potencial é sempre maior que a energia cinética.
c) potencial é constante.
d) mecânica é sempre menor que a energia cinética.
e) mecânica é constante.

21. (PUC-SP) Um corpo é abandonado de um ponto situado à altura de 100 m do solo. Pode-se afirmar que:

a) A energia cinética é máxima no ponto de máxima altura.
b) Após descer 50 m, a energia cinética é igual à energia potencial.
c) Quando atinge o solo, a energia cinética é igual a potencial.
d) Ao atingir o solo, a energia potencial é máxima.
e) No ponto de altura máxima, a energia potencial é o dobro da cinética.

22. (UTFPR) A esfera representada na figura desce um tobogã sem atrito. A velocidade com que a esfera atinge o ponto mais baixo será, em m/s:



23. (UNIFOR-CE) Sobre uma mesa horizontal, perfeitamente lisa, um corpo de massa 1,0 kg é preso, encostado a uma mola, de constante elástica a 100 N/m, comprimindo-a de 20 cm. Soltando-se o corpo, a mola lhe imprimirá a velocidade, em m/s, de:

a) 2,0
b) 4,0
c) 10,0
d) 20,0
e) 40,0

Impulso

O impulso (**I**) de uma força constante (**F**) num intervalo de tempo Δt é definido como sendo produto entre a força aplicada e o intervalo de tempo de aplicação desta força.

$$I = F \cdot \Delta t$$

No SI, a unidade de impulso é o N.s (newton x segundo). Impulso é uma grandeza vetorial e possui, portanto, intensidade, direção e sentido.

- Intensidade (módulo): $I = F \cdot \Delta t$
- Direção: a mesma de **F** (paralelo a **F**)
- Sentido: o mesmo de **F** (pois Δt é positivo)

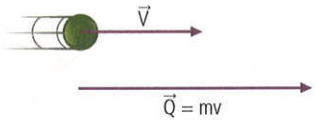
Quantidade de movimento

A quantidade de movimento (Q) de uma partícula de massa **m** com velocidade **v**, num dado instante, é definida como sendo o produto da massa pelo vetor velocidade da partícula.

$$Q = m \cdot v$$

A unidade de medida de quantidade de movimento é, no SI, o kg . m/s (quilograma x metro por segundo). Quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, possui intensidade, direção e sentido.

- Intensidade (módulo): $Q = m \cdot v$
- Direção: a mesma de **v** (paralela ao vetor velocidade)
- Sentido: o mesmo do vetor velocidade



Teorema do impulso

Aplicando uma força resultante sobre uma partícula, esta sofre uma aceleração, produzindo uma variação da velocidade, ao mesmo tempo a força aplicada produz um impulso sobre a partícula e ocorre uma variação da quantidade de movimento, pois a velocidade variou.

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v = m(v - v_0) = m \cdot v - m \cdot v_0$$

$$I = Q - Q_0$$

$$I = \Delta Q$$

Assim, podemos concluir que o impulso da força resultante é igual à variação da quantidade de movimento da partícula no mesmo intervalo de tempo.

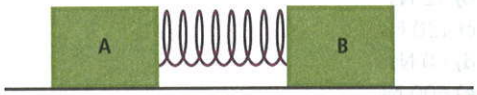
A partir do teorema do impulso, percebemos que as unidades de impulso e quantidade de movimento são equivalentes.

Princípio da conservação da quantidade de movimento

Quando um sistema de corpos não sofre a ação de forças externas, este sistema é considerado isolado e, portanto, o impulso é nulo.

Pelo teorema do impulso, percebemos que a variação da quantidade de movimento no sistema isolado também é nula, o que permite concluir que a quantidade de movimento de um sistema isolado é constante.

Considere o sistema abaixo:



Inicialmente os dois blocos estão em repouso, comprimindo a mola; quando a mola é solta, os dois blocos entram em movimento com sentidos opostos.

Pelo princípio da conservação da quantidade de movimento, temos:

$$|Q_A| = |Q_B| \qquad m_A \cdot v_A = m_B \cdot v_B$$

Testes

24. (UTP-PR) O impulso produzido por uma força sobre uma partícula:

a) é uma grandeza vetorial.
b) é uma grandeza escalar.
c) não altera a quantidade de movimento da partícula.
d) é, em módulo, dado pelo quociente entre o módulo da força e o tempo.
e) n.d.a.

25. (UFSM-RS) Considere um corpo de massa **m** sobre o qual atua uma força F constante durante um intervalo de tempo Δt. O impulso adquirido pelo corpo pode ser expresso como o:

a) produto da força **F** pelo intervalo de tempo Δt.
b) quociente da força **F** pelo intervalo de tempo Δt.
c) produto da massa do corpo pela sua aceleração, no intervalo de tempo Δt.
d) quociente entre a aceleração produzida pela força **F** e o intervalo de tempo Δt.
e) produto da massa do corpo pela sua velocidade média.

26. Triplicando a velocidade de um corpo, a sua quantidade de movimento:
a) Não se altera.
b) Triplica.
c) Aumenta seis vezes.
d) Diminui um terço.
e) Diminui seis vezes.

27. Determine o impulso produzido por uma força de 10 N que age durante 12s em um corpo.
a) 1,2 Ns
b) 12 Ns
c) 120 Ns
d) 60 Ns
e) 600 Ns

28. (UEL-PR) uma partícula de 0,1 kg de massa realiza um movimento circular uniforme com velocidade escalar 2 m/s. A respeito da quantidade de movimento da partícula, é correto afirmar que:
a) é constante;
b) é constante só em direção;
c) é constante só em módulo;
d) tem sentido apontado para o centro da trajetória.
e) varia em módulo, direção e sentido.

29. A quantidade de movimento de um corpo de massa 2 kg que se desloca horizontalmente com uma velocidade de 3 m/s é:
a) 4 kg m/s;
b) 5 kg m/s;
c) 6 kg m/s;
d) 7 kg m/s;
e) 8 kg m/s.

30. Um corpo de 10 kg está ligado a outro corpo de 2 kg através de uma mola comprimida, sobre uma superfície perfeitamente lisa. Soltando-se a mola, os corpos são disparados em sentidos contrários. A velocidade do corpo de massa 2 kg é 3 m/s. Qual a velocidade do corpo de massa 10 kg?
a) 0,6 m/s
b) 3,0 m/s
c) 0,3 m/s
d) 5,0 m/s
e) 0,5 m/s

31. Dois patinadores estão sobre uma pista horizontal, onde o atrito é desprezível. Se o primeiro patinador empurrar o segundo:
a) só o segundo se move;
b) ambos se movem no mesmo sentido;
c) ambos se movem, mas com sentidos contrários;
d) só o primeiro se move;
e) nada se pode afirmar, pois não conhecemos as massas dos patinadores.

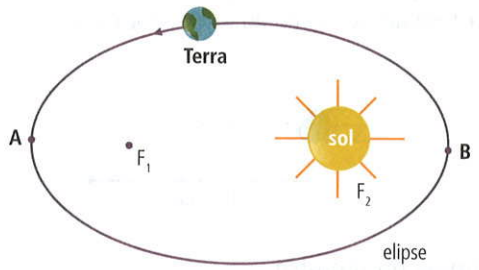
Gravitação universal

O céu sempre fascinou o homem. Desde tempos muito remotos, o homem observa, tentando compreender, este universo fantástico e seus corpos celestes. O estudo propriamente científico dos astros começou com os filósofos gregos, que tentaram explicar os fenômenos observados, sem recorrer a mitos religiosos.

Leis de Kepler

1.ª Lei das Órbitas

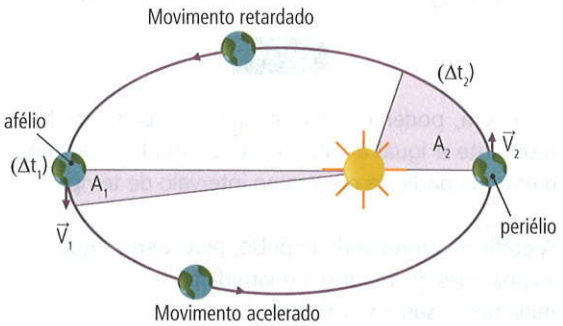
"As órbitas dos planetas são elipses nas quais o Sol ocupa um dos focos."



A e **B** na figura representam as posições quando o planeta está mais próximo do Sol, e quando estão mais afastados são denominados, respectivamente, de **afélio** e **periélio**.

2.ª Lei das Áreas

"O segmento de reta imaginária que liga o centro do Sol ao centro do planeta descreve áreas proporcionais aos intervalos de tempo gastos para descrevê-las."



$$\Delta t_1 = \Delta t_2 \leftrightarrow A_1 = A_2 \qquad |\vec{V_2}| > |\vec{V_1}|$$

O movimento de cada planeta ao longo da elipse não é uniforme, sua velocidade é máxima no periélio e mínima no afélio. Para a Terra, o máximo e o mínimo da velocidade são 30,2 km/s na posição próxima do Sol e 29,3 km/s na mais afastada do Sol.

3.ª Lei dos Períodos (Lei da Harmonia)

Esta lei relaciona as distâncias dos planetas ao Sol (raio médio da órbita) com os tempos gastos para completar uma volta em torno do Sol (período de revolução ou translação).

"Os quadrados dos períodos de revolução dos planetas em torno do Sol são diretamente proporcionais aos cubos dos raios médios de suas respectivas órbitas"

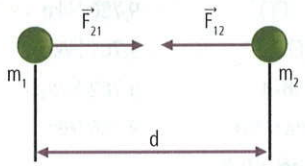
$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

Sejam dois planetas **A** e **B** descrevendo órbitas elípticas em torno do Sol, podemos escrever:

$$\frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{T_B^2}{R_B^3}$$

As leis de Kepler são válidas para quaisquer corpos que gravitem em torno de outro corpo de massa bem maior, aplicam-se aos satélites naturais e artificiais.

Lei da gravitação universal



Conforme as leis de Kepler, os movimentos dos planetas em torno do Sol não são uniformes. Portanto, existe uma aceleração, o que implica a presença de uma força resultante diferente de zero. Newton conclui que os planetas e o Sol interagem a distância, com forças chamadas gravitacionais. Com sua alta capacidade de generalização e profundo conhecimento da matemática, ele percebeu que as forças gravitacionais são funções do inverso do quadrado da distância entre o planeta e o Sol, e depende diretamente das massas do planeta e do Sol.

"Dois corpos quaisquer exercem entre si uma força de atração gravitacional, cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa."

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

Em que:

m_1 e **m_2** → São as massas dos corpos.

d → É a distância entre os corpos.

G → É uma constante válida para quaisquer dois corpos em qualquer local do universo, denominada **constante de gravitação universal**. O valor de **G** é $6{,}67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2.

Testes

32. O ponto mais próximo de um planeta na sua órbita em relação ao Sol denomina-se:

a) Afélio.
b) Periélio.
c) Perigeo.
d) Apogeo.
e) Elíptico.

33. (CESCEM-SP) De acordo com uma das leis de Kepler, cada planeta completa áreas iguais em tempos iguais em torno do Sol. Como as órbitas são elípticas e o Sol ocupa um dos focos da elipse, conclui-se que:

I. Quando um planeta está mais próximo do Sol, sua velocidade aumenta.
II. Quando um planeta está mais distante do Sol, sua velocidade aumenta.
III. A velocidade de um planeta em sua orbita elíptica independe da sua posição.

a) Somente I é correta.
b) Somente II é correta.
c) Somente II e III são corretas.
d) Todas as proposições são corretas.
e) n.d.a.

34. (UEPB) Leia as proposições a seguir:

I. A Lei das Órbitas de Kepler diz que: "cada planeta descreve uma orbita circular em torno do Sol que ocupa o foco".

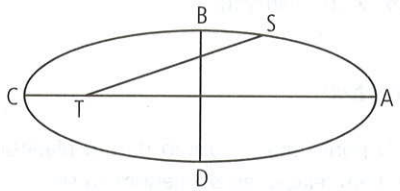
II. A Lei das Áreas de Kepler diz que: "a linha imaginária que liga o Sol ao planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais".

III. A Lei dos Períodos de Kepler é dada pela seguinte relação: $T^3 = kR^2$, em que **k** é uma constante e **R** a distância média.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

a) F, F, F
b) F, V, V
c) F, V, F
d) V, V, F
e) V, F, V

35. (UNITAU-SP) Um satélite artificial **S** descreve uma órbita elíptica em torno da Terra, sendo que a Terra está no foco, conforme a figura:



Indique a alternativa correta:

a) A velocidade do satélite é sempre constante.
b) A velocidade do satélite cresce à medida que o satélite caminha ao longo da curva **ABC**.
c) A velocidade do ponto **B** é máxima.
d) A velocidade do ponto **D** é máxima.
e) A velocidade tangencial do satélite é sempre nula.

36. Calcule a intensidade da força gravitacional que a Terra exerce num ponto material de massa 10 kg, situado a $1{,}6 \times 10^6$ m da superfície da Terra.
(Dados: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ Nm²/kg², $M_{Terra} = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg, $R_{Terra} = 6{,}4 \times 10^6$ m.)

37. (UFRGS) O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa **m** iguais, cujos centros estão separados por uma distância **d**, é **F**. Substituindo-se uma das esferas por outra de massa 2 m e reduzindo-se a distância entre os centros das esferas para **d/2**, resulta uma força gravitacional de módulo:

a) F
b) 2 F
c) 4 F
d) 8 F
e) 16 F

38. (PUC-PR) Dobrando-se a distância da Terra ao Sol, a força e atração entre ambos:

a) será reduzida à metade;
b) será dobrada;
c) não sofrerá alteração;
d) será reduzida à quarta parte;
e) n.d.a.

Leitura Complementar

Física e tecnologia

Você sabia que seu peso é maior em São Paulo do que em Fortaleza? Sim, mas isso não tem nada a ver com a leveza de espírito que a gente sente nas belas praias cearenses, mas com a relação **P = m . g**.

Satélites em torno do planeta Terra permitem medir o valor de **g** em praticamente qualquer ponto da superfície, com extrema exatidão. A tabela a seguir nos mostra os valores de **g** em alguns locais da superfície da Terra, incluindo algumas cidades brasileiras:

Fortaleza (CE)	9,780 N/kg
Recife (PE)	9,781 N/kg
Salvador (BA)	9,782 N/kg
Uberlândia (MG)	9,786 N/kg
Rio de Janeiro (RJ) São Paulo (SP)	9,788 N/kg
Porto Alegre (RS)	9,789 N/kg
Buenos Aires	9,797 N/kg
Polo	9,814 N/kg
Polo Norte	9,832 N/kg

Sondas espaciais têm feito o mesmo tipo de análise, ponto a ponto, em outros planetas do Sistema Solar. Veja na tabela a seguir o valor de **g** em alguns planetas e mesmo no Sol.

Lua	1,650 N/kg
Mercúrio	3,704 N/kg
Vênus	8,871 N/kg
Terra	9,807 N/kg
Marte	3,707 N/kg
Júpiter	26,684 N/kg
Saturno	11,670 N/kg
Urano	9,021 N/kg
Netuno	11,690 N/kg
Sol	273,615 N/kg

Fonte: POZZANI, Luciano; TALAVERA, Álvaro Csapo. Coleção Nova Geração – Módulo II: *Mecânica II*. São Paulo: Nova Geração, 2002. Adaptado.

Hidrostática

É a parte da física em que se aplicam as leis da mecânica no estudo dos fluidos (líquidos e gases) em equilíbrio.

Fluidos

São substâncias que podem escoar-se facilmente. Os líquidos e os gases são fluidos. Ao contrário do sólido, o fluido não possui forma própria, adapta-se à forma do recipiente que o contém. Os líquidos são praticamente incompreensíveis e têm volume determinado, enquanto os gases são altamente expansíveis e ocupam sempre todo o volume disponível.

Fluido ideal

Fluido ideal ou **perfeito** é todo fluido que não possui viscosidade, ou seja, não há atrito entre as suas moléculas.

Massa específica (densidade absoluta)

A massa especifica (μ) de uma substância é definida pelo quociente entre a sua massa (m) e o correspondente volume (V) ocupado, numa dada temperatura e pressão.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

A unidade de massa específica no Sistema Internacional de Unidades é o kg/m³ (quilograma por metro cúbico). Além dessa unidade, encontramos outras, por exemplo, g/cm³ (grama por centímetro cúbico), kg/l (quilograma por litro), ou seja, uma unidade de massa por uma unidade de volume.

$$1 g/cm^3 = 1\,000 \ kg/m^3$$

A tabela a seguir apresenta a massa específica de algumas substâncias (a 20°C).

Substâncias	Massa específica (g/m³)
Álcool	0,8
Gasolina	0,7
Água	1,0
Glicerina	1,3
Alumínio	2,7
Cobre	8,9
Chumbo	11,3
Mercúrio	13,6

Pressão

Apertando um lápis, conforme a figura, sentiremos dor apenas no dedo em contato com a extremidade apontada, pois a força exercida tem a mesma intensidade nas duas extremidades do lápis, entretanto, a área de contato é menor na extremidade apontada, concentrando mais força, produzindo, assim, maior pressão.

Denominamos de pressão a relação entre a intensidade da força que atua perpendicularmente e a área em que ela se distribui.

$$p = \frac{F}{A}$$

Em que:

p → Pressão

F → Intensidade da força perpendicular à superfície

A → Área da superfície

Unidades de pressão

A unidade de pressão, no Sistema Internacional de Unidades, é o newton por metro quadrado (N/m³), denominado de **pascal** (Pa).

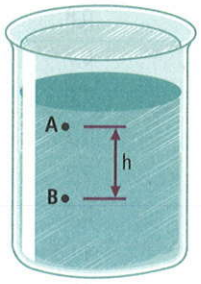
Existem outras unidades de pressão: kgf/cm², cmHg, mmHg, dyn/cm², atm, lb/pol².

$$1 \ atm \cong 1 \times 10^5 \ Pa \cong 1 kgf/cm^2$$

Teorema fundamental da hidrostática (Teorema de Stevin)

"A diferença de pressão entre dois pontos de um líquido em equilíbrio é igual ao produto da massa específica do líquido pela aceleração da gravidade local e pelo desnível entre os dois pontos."

A figura representa um recipiente contendo um líquido em equilíbrio, a diferença de pressão entre dois pontos distantes a uma altura **h** é:



$$p_B - p_A = \mu g h$$

Em que:

$\mathbf{p_B}$ e $\mathbf{p_A}$ → São as pressões nos pontos **B** e **A**, respectivamente.

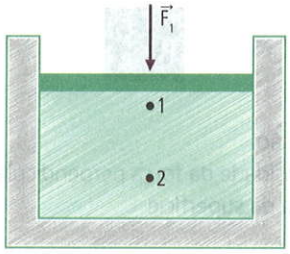
μ → É a massa específica do líquido.

g → É a aceleração da gravidade.

h → É o desnível entre os pontos **B** e **A**.

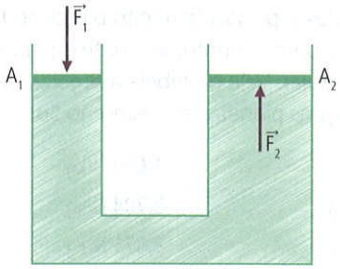
Princípio de Pascal

"Quando um ponto de um líquido em equilíbrio sofre um acréscimo de pressão (Δp), todos os outros pontos do líquido também sofrem o mesmo acréscimo de pressão"



O aumento de pressão no ponto (1) é transmitido integralmente ao ponto (2)

Uma importante aplicação do Princípio de Pascal é a **prensa hidráulica**, que consiste em dois recipientes cilíndricos de diâmetros diferentes, ligados pela base e preenchidos por um líquido homogêneo. Sobre o líquido são colocados dois êmbolos, cujas seções têm áreas $\mathbf{A_1}$ e $\mathbf{A_2}$ diferentes.



Prensa hidráulica

Aplicando no êmbolo menor ($\mathbf{A_1}$) uma força $\mathbf{F_1}$, o líquido fica sujeito a um acréscimo de pressão $\mathbf{p_1}$. Como a pressão se transmite integralmente através do líquido, o êmbolo maior ($\mathbf{A_2}$) fica sujeito ao acréscimo de pressão $\mathbf{p_2}$, igual a pressão $\mathbf{p_1}$.

$$p_1 = p_2$$

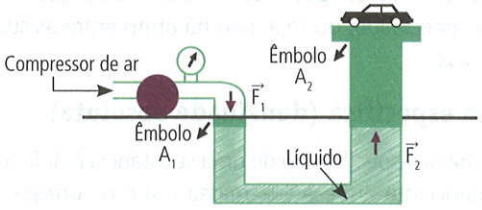
Lembrando que pressão é a razão entre o módulo da força perpendicular à superfície e à área desta superfície, (p= F/A). Podemos escrever que:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

As intensidades das forças aplicadas são diretamente proporcionais às áreas dos êmbolos. A prensa hidráulica é um dispositivo que multiplica a força. O trabalho é igual para mover os dois êmbolos.

$$\tau_1 = \tau_2$$
$$F_1 . d_1 = F_2 . d_2$$

Um bom exemplo de prensa hidráulica é o elevador hidráulico de um posto de gasolina.



Princípio de Arquimedes

Um navio é feito de material muito mais denso do que a água e, no entanto, consegue flutuar; um balão tripulado é relativamente pesado, porém, à medida que é inflado, consegue levantar voo. Como são possíveis estas situações?

Quando um corpo qualquer é imerso em um fluido (líquido ou gás), verificamos que este fluido exerce, sobre o corpo, uma força de sustentação denominada **empuxo**.

Foi Arquimedes que constatou a existência desta força. Há uma lenda envolvendo a ideia da força do empuxo, na qual, conta-se que o rei de Siracusa, cidade onde nasceu Arquimedes, estava desconfiado que sua coroa, recentemente construída, fora confeccionada com apenas parte do ouro que fora entregue ao ourives. Assim, teria pedido a Arquimedes que descobrisse uma forma de verificar se o ourives o estava enganando. Arquimedes teria descoberto essa forma enquanto tomava banho em uma numa casa de banhos, hábito comum na época. Segundo a lenda, ele ficou tão entusiasmado com a descoberta, que saltou do banho e completamente nu foi para casa, gritando "Heureca" pelas ruas.

Podemos enunciar o princípio de Arquimedes como:

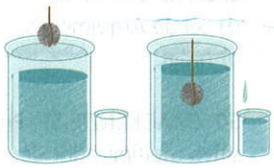
"Todo corpo imerso (total ou parcialmente) num fluido recebe, deste, uma força resultante chamada empuxo (E). O empuxo é vertical, para cima e de intensidade igual ao peso do fluido deslocado."

Para obter a expressão matemática do empuxo, basta igualar o peso do fluido deslocado com o empuxo.

$E = P_{fluido}$

$E = \mu_{fluido} \cdot g$

$$E = \mu_{fluido} \cdot V_{deslocado} \cdot g$$



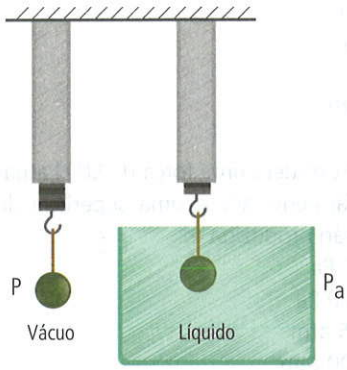
- O empuxo independe da natureza ou da densidade do corpo mergulhado no fluido.

- O empuxo independe do corpo ser maciço ou oco. Dois corpos, um maciço e outro oco, que apresentam o mesmo volume externo, totalmente imersos em um mesmo líquido, sofrem a ação de empuxos de módulos iguais.

- Estando o corpo totalmente submerso em um fluido, a intensidade do empuxo independe da profundidade que o corpo se encontra.

Peso aparente

Consideremos um corpo sendo pesado no vácuo e depois no interior de um líquido, conforme a figura.



No vácuo, o peso é P (peso real). No líquido, o peso do corpo aparentemente diminui, devido à presença do empuxo.

$$P_{aparente} = P_{real} - E$$

Testes

39. (FESP-PR) Um corpo de massa 200 g tem forma retangular e suas dimensões são 2 cm por 4 cm por 50 cm. Determine sua densidade em g/cm³.

a) 5
b) 0,05
c) 25
d) 1
e) 0,5

40. (PUC-PR) Um trabalho publicado numa revista científica informou que todo o ouro extraído pelo homem, até os dias de hoje, seria suficiente para encher um cubo de aresta igual a 20 m. Sabendo que a massa específica do ouro é, aproximadamente, 20 g/cm³, podemos concluir que a massa total de ouro extraído pelo homem, até agora, é de aproximadamente:

a) $1,6 \times 10^8$ kg
b) $4,0 \times 10^5$ kg
c) 8 000 toneladas
d) $2,0 \times 10^4$ kg
e) 20 milhões de toneladas

41. Um cubo de material homogêneo tem 1,0 cm de aresta e massa igual a 10 g. Outro cubo de mesmo material e igualmente homogêneo tem 2,0 cm de aresta. Sua massa, em gramas, é:

a) 20
b) 40
c) 80
d) 100
e) 120

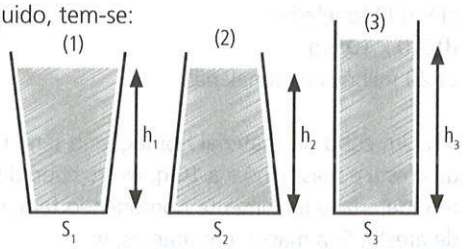
42. Considere uma força de 50 N atuando perpendicularmente sobre uma superfície de 0,5 m^2. A pressão produzida é:
a) 25 Pa
b) 100 Pa
c) 25 atm
d) 100 atm
e) 125 Pa

43. A pressão atmosférica ao nível do mar é de $1,0 \times 10^5$ Pa. A força que ela exerce sobre uma área de 100 m^2 na superfície da água é:
a) 10^7 N
b) 10^4 N
c) 10^3 N
d) 10^6 N
e) 10^5 N

44. (PUC-PR) A pressão sobre uma determinada área tem origem a partir:
a) das forças normais que atuam sobre a superfície;
b) da resultante entre as duas normais e tangenciais que atuam sobre a superfície;
c) da ação das forças tangenciais que atuam sobre a superfície;
d) das forcas oblíquas que atuam sobre a superfície;
e) da resultante das forças tangenciais que atuam sobre a superfície.

45. (UFPR) O indicador de profundidade de um submarino apresenta uma leitura de 150 m. Sendo a massa específica da água na qual está submerso 1 kg/litro, qual a pressão que suporta, aproximadamente, o submarino em atm?

46. (UTFPR) Nos vasos abaixo, contendo o mesmo líquido, tem-se:



a) A pressão exercida no fundo é maior no vaso 1.
b) A pressão exercida no fundo é maior no vaso 2.
c) A pressão exercida no fundo é maior no vaso 3.
d) É a mesma em todos eles.
e) Nenhuma das afirmações é correta.

47. Segundo o Princípio de Pascal, os líquidos:
a) transmitem integralmente as pressões que suportam;
b) multiplicam as pressões que suportam;
c) multiplicam as forças que suportam;
d) são incompreensíveis.

48. No êmbolo menor de uma prensa hidráulica é exercida uma pressão de 20 N/m^2. A pressão exercida pelo líquido no êmbolo maior é:
a) maior que 20 N/m^2;
b) menor que 20 N/m^2;
c) igual a 20 N/m^2;
d) depende da área do êmbolo.

49. (UEM-PR) A lei que descreve como se transmitem as pressões aplicadas em um líquido encerrado em um recipiente é conhecida sob o nome de:
a) Lei de Pascal;
b) Lei de Stevin;
c) Lei da Gravidade;
d) Lei de Arquimedes;
e) n.d.a.

50. (MACKENZIE-SP) Prensa hidráulica é um dispositivo multiplicador de:
a) força e trabalho;
b) potência e trabalho;
c) energia e força;
d) força;
e) pressão, força e trabalho.

51. Em uma prensa hidráulica, os êmbolos aplicados em cada um de seus ramos são tais que a área do êmbolo maior é o dobro da menor. Então, se no êmbolo maior for exercida uma pressão de 200 N/m^2, a pressão exercida no êmbolo menor será:
a) 200 N/m^2
b) 400 N/m^2
c) 100 N/m^2
d) 800 N/m^2

52. A pressão exercida em um dos êmbolos de uma prensa hidráulica é de 20 N/m^2. Sabendo-se que a

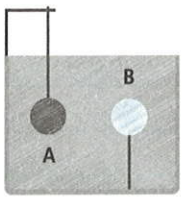
área da superfície do outro êmbolo é 0,10 m^2, a força exercida sobre ele é:
a) 2 N
b) 0,2 N
c) 20 N
d) 100 N

53. As áreas dos êmbolos de uma prensa hidráulica são respectivamente iguais a 0,002 m^2 e 4 m^2. Para equilibrar um corpo de peso 80 000 N, colocado no êmbolo maior, é necessário aplicar no êmbolo menor uma força de:
a) 80 N
b) 40 N
c) 16 N
d) 10 N

54. De acordo com o princípio de Arquimedes, a intensidade do empuxo é igual ao:
a) peso do corpo imerso no líquido;
b) peso do volume do líquido deslocado;
c) peso do corpo diminuído do peso do líquido;
d) peso do líquido contido no recipiente.

55. O empuxo exercido em um corpo imerso em um líquido depende da(o):
a) densidade do corpo;
b) densidade do líquido;
c) densidade do corpo e do líquido;
d) volume do líquido contido no recipiente.

56. Considere uma esfera maciça, de chumbo, e outra oca, de isopor, ambas de volumes iguais entre si. Admitindo que as duas estejam totalmente imersas na água contida num recipiente, e presas, uma no fundo e outra no suporte, como mostra a figura.



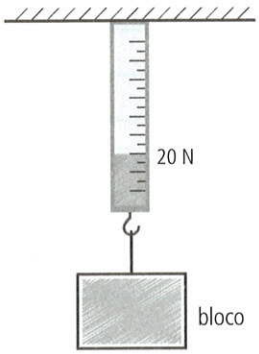
Então, podemos afirmar que:
a) o empuxo na esfera **B** é maior que na **A**;
b) o peso de **B** é igual ao de **A**;
c) a força de tração no fio que sustenta **A** é igual à do fio que sustenta **B**;
d) a força que o líquido exerce em **B** é igual à força que exerce em **A**.

57. (UEPG-PR) Duas esferas de madeira de mesmo volume, uma maciça e a outra oca, estão totalmente imersas em água. Com relação ao empuxo nelas atuante, é correto afirmar que:
a) é igual em ambas as esferas;
b) na esfera oca é maior;
c) na esfera oca é menor;
d) não depende dos elementos citados;
e) nenhuma das alternativas está correta.

58. (UNIMEP-SP) Um corpo de peso 50 N, quando mergulhado em água, apresenta um peso aparente de 30 N. Então, o empuxo sobre o corpo vale:
a) 20 N;
b) 80 N;
c) 20 ou 80 N, dependendo do sentido do empuxo;
d) depende da densidade do corpo;
e) nenhuma das alternativas está correta.

59. Um corpo tem massa de 30 kg. Quando mergulhado na água, o seu peso é aparente de 240 N. Considerando-se g = 10 m/s^2, o empuxo exercido sobre ele é de:
a) 300 N
b) 60 N
c) 540 N
d) 240 N

60. Um dinamômetro sustenta um bloco no ar e acusa 20 N, conforme ilustra a figura. Se mergulharmos o bloco num líquido, o dinamômetro passará a indicar um valor:



a) menor que 20 N;
b) maior que 20 N;
c) igual a 20N;
d) menor ou maior que 20 N dependendo do líquido.

Anotações

Gabarito

01) A	02) A	03) D	04) C	05) E	06) B
07) 20	08) *	09) A	10) E	11) D	12) C
13) C	14) C	15) B	16) A	17) B	18) A
19) A	20) E	21) B	22) *	23) A	24) A
25) A	26) B	27) C	28) C	29) C	30) A
31) C	32) B	33) A	34) C	35) B	36) *
37) D	38) D	39) E	40) A	41) C	42) B
43) A	44) A	45) *	46) C	47) A	48) C
49) A	50) D	51) A	52) A	53) B	54) B
55) B	56) D	57) A	58) A	59) B	60) A

*08. 50 W
*22. 20 m/s
*36. F = 62,5 N
*45. 16 atm

Sumário

Física 4 E

Avaliações

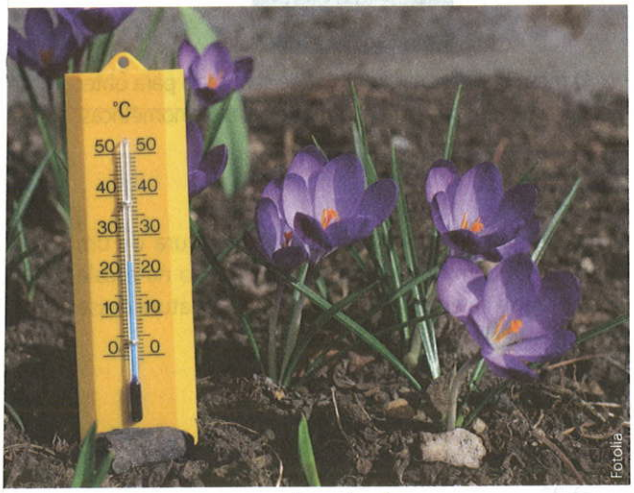
Anotações

Física

4 E

Física térmica

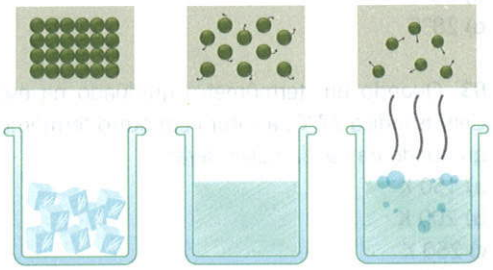
Temperatura



Termômetro

A noção de temperatura normalmente está associada à sensação térmica de quente ou fria. É comum utilizarmos o tato para avaliar a temperatura de um corpo, mas este procedimento não é preciso, tornando-se muito subjetivo.

A temperatura é determinada pelo grau de agitação das partículas que compõe um sistema. A agitação destas partículas é mais intensa nos gases do que nos líquidos; e nos líquidos, é mais intensa do que nos sólidos.



Agitação das partículas que formam os sólidos, os líquidos e os gases

Uma temperatura mais alta indica maior agitação das partículas, consequentemente, maior energia cinética média das partículas.

Equilíbrio térmico

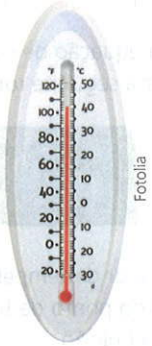
Quando dois corpos ou mais apresentam temperaturas iguais, eles estão em equilíbrio térmico.

Lei zero da termodinâmica

Se dois corpos **A** e **B** estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo **C**, então **A** e **B** estão em equilíbrio térmico entre si.

Termômetros e escalas termométricas

Na construção de um termômetro, faz-se necessário a escolha de uma substância e uma grandeza termométrica que varie linearmente com a temperatura. Por exemplo, a substância mercúrio colocada em um reservatório (bulbo) ligado em um tubo capilar de vidro, com a variação de temperatura, o mercúrio se dilata, variando a altura da coluna desta substância no tubo capilar, logo, o mercúrio é a substância termométrica e a altura da coluna é a grandeza termométrica. Outros exemplos de grandezas termométricas são: o tamanho de uma barra de ferro, a pressão exercida por um gás em um recipiente de volume constante, a resistência elétrica de um fio, a cor emitida pelo cristal líquido, entre outras.



Termômetro de mercúrio com medição em graus Celsius e Fahrenheit

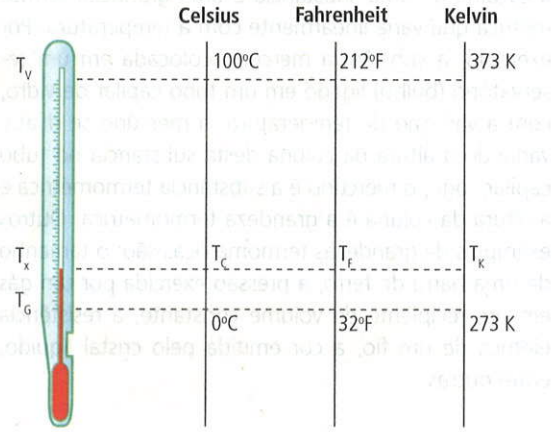
A relação entre a grandeza termométrica e a temperatura deve ser linear, de forma que para cada valor da grandeza termométrica, corresponda um único valor de temperatura. É interessante notar que a medida da temperatura é realizada por um processo indireto, deixando o termômetro equilibrar termicamente com o corpo que desejamos medir a temperatura.

A escala termométrica é elaborada com a escolha dos pontos fixos para esta escala e, normalmente, são utilizados os pontos de fusão e ebulição da água sob pressão de 1 atm.

As escalas mais utilizadas são:

- **Celsius:** Adota como pontos fixos 0°C para a fusão do gelo e 100°C para a ebulição da água.
- **Fahrenheit:** 32°F e 212°F como pontos fixos para a fusão e ebulição da água, respectivamente.
- **Kelvin:** Denominada de escala absoluta, tendo como pontos fixos 273K e 373K para as temperaturas de fusão do gelo e ebulição da água, respectivamente.

Equação de conversão entre as escalas termométricas



Para construir a equação de conversão entre as escalas, vamos utilizar a seguinte rotina:

$$\frac{T_X - T_G}{T_V - T_G}$$

Em que T_X é o valor da temperatura desconhecida, T_G é a temperatura do ponto de fusão e T_V é a temperatura do ponto de ebulição.

Aplicando esta rotina para as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, temos:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273}$$

Efetuando as simplificações, podemos escrever:

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

Quando se tratar de uma variação de temperatura, utilizamos a seguinte expressão:

$$\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9} = \frac{\Delta T_K}{5}$$

O mesmo desenvolvimento pode ser usado para obter a equação de conversão para outras escalas termométricas.

Testes

01. Uma enfermeira mediu a temperatura de um paciente com um termômetro graduado na escala Fahrenheit e encontrou 104°F. A temperatura desse paciente corresponde, em °C, a:

a) 38
b) 40
c) 36
d) 34
e) 32

02. Um turista, ao descer no aeroporto de Nova Iorque, viu um termômetro marcando 68°F. Fazendo algumas contas, esse turista verificou que essa temperatura era igual à de São Paulo, quando embarcara. A temperatura de São Paulo, no momento de seu embarque, era de:

a) 10°C
b) 15°C
c) 20°C
d) 25°C
e) 28°C

03. Quando um termômetro graduado na escala Celsius indica 27°C, a leitura em outro termômetro graduado na escala Kelvin será:

a) 150 K
b) 200 K
c) 250 K
d) 300 K
e) 350 K

04. (UEL-PR) A temperatura da cidade de Curitiba, em um certo dia, sofreu uma variação de 15°C. Na escala Fahrenheit, essa variação corresponde a:

a) 59°F
b) 45°F
c) 27°F
d) 18°F
e) 9°F

05. A leitura feita com um termômetro graduado na escala Fahrenheit indica o dobro da leitura indicada por um termômetro graduado na escala Celsius. Pode-se afirmar que esta temperatura é:

a) 200°F
b) 300°F
c) 240°F
d) 320°F
e) 160°F

06. (Mackenzie-SP) Um pesquisador verifica que uma certa temperatura obtida na escala Kelvin é igual ao correspondente valor na escala Fahrenheit acrescido de 145 unidades. Esta temperatura na escala Celsius é:

a) 55°C
b) 60°C
c) 100°C
d) 120°C
e) 248°C

07. Um estudante, ao calibrar um termômetro de mercúrio que ele mesmo fabricou, determinou para o primeiro e segundo pontos fixos os seguintes valores na escala de temperatura de seu termômetro: – 37°E (E = escala estudante) para o ponto de fusão da água e 675°E para o ponto de vapor da água. Qual deve ser a leitura neste termômetro, correspondente a 25°C?

a) 100°E
b) 141°E
c) 25°E
d) 712°E
e) 675°E

08. (UEM-PR) Imagine uma nova escala termométrica X, que atribua – 20°X ao ponto de fusão do gelo e 230°X, ao ponto de vapor da água. Que leitura esta escala fornecerá correspondente a 20°C?

09. (UEPG-PR) Usa-se uma coluna de mercúrio para determinar a temperatura de um ambiente, sendo essa graduada em uma escala métrica. Para a fusão, a altura da coluna de mercúrio corresponde à graduação de 25 cm; para a ebulição, ela corresponde à altura de 65 cm; e para a temperatura ambiente, 35 cm. Determine a temperatura ambiente na escala Celsius.

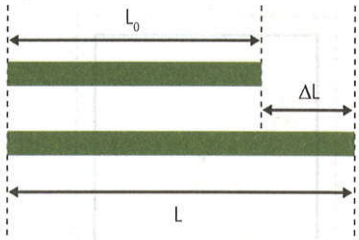
a) 35°C
b) 65°C
c) 25°C
d) 40°C
e) 15°C

Dilatação térmica

Quando a temperatura de um corpo se eleva, há um aumento da agitação das partículas deste corpo, produzindo um maior afastamento médio entre elas, devido a isto, observa-se na maioria das vezes um aumento das dimensões do corpo (dilatação térmica). Reduzindo a temperatura, há uma redução das dimensões do corpo (contração térmica).

A dilatação térmica dos sólidos pode ser estudada sob três aspectos diferentes.

Dilatação térmica linear



Ocorre quando a dilatação é mais significativa em apenas uma dimensão. Inicialmente, a barra tem um comprimento $\mathbf{L_0}$, quando se encontra a uma temperatura $\mathbf{T_0}$, elevando a temperatura até **T**, o comprimento da barra passa a medir **L**, ocorrendo uma variação do comprimento $\Delta\mathbf{L}$.

$$\Delta L = L - L_0$$

Experimentalmente, verifica-se que a dilatação linear $\Delta\mathbf{L}$ é:

- Diretamente proporcional ao comprimento inicial $\mathbf{L_0}$.
- Diretamente proporcional à variação de temperatura $\Delta\mathbf{T}$.

• Dependente do material, sendo caracterizado pela constante de dilatação linear α.

Com base nesses três fatos, podemos escrever:

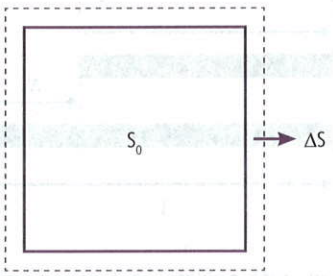
$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

A tabela apresenta os valores do coeficiente de dilatação térmica linear de alguns materiais a 20°C.

Material	α (°C^{-1})
Quartzo	$5{,}0 \times 10^{-7}$
Vidro comum	$9{,}0 \times 10^{-6}$
Vidro pirex	$3{,}0 \times 10^{-6}$
Aço	$12{,}0 \times 10^{-6}$
Ferro	$12{,}0 \times 10^{-6}$
Diamante	$13{,}0 \times 10^{-6}$
Ouro	$14{,}0 \times 10^{-6}$
Cobre	$17{,}0 \times 10^{-6}$
Prata	$19{,}0 \times 10^{-6}$
Alumínio	$23{,}0 \times 10^{-6}$
Chumbo	$29{,}0 \times 10^{-6}$

Dilatação térmica superficial

Quando a dilatação é significativa em duas dimensões, é denominada de dilatação superficial.



$$\Delta S = S - S_0$$

A dilatação superficial Δ**S** é:

• Diretamente proporcional à área inicial S_0.

• Diretamente proporcional à variação de temperatura Δ**T**.

• Dependente do material, sendo caracterizado pela constante de dilatação superficial β.

Portanto:

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

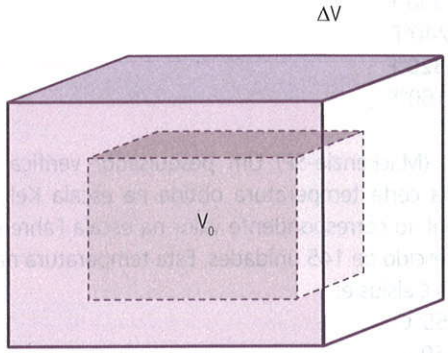
Em que o coeficiente de dilatação térmica superficial é o dobro do coeficiente de dilatação térmica linear.

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

Considere uma chapa contendo um orifício, ao aquecer a mesma, o diâmetro do orifício aumenta na mesma proporção que ocorre a dilatação da chapa.

Dilatação térmica volumétrica

Considerando a dilatação térmica nas três dimensões, denomina-se dilatação térmica volumétrica.



$$\Delta V = V - V_0$$

A dilatação volumétrica Δ**V** é:

• Diretamente proporcional ao volume inicial $\mathbf{V_0}$.

• Diretamente proporcional à variação de temperatura Δ**T**.

• Dependente do material, sendo caracterizado pela constante de dilatação volumétrica γ.

Portanto:

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

Em que o coeficiente de dilatação térmica volumétrica é o triplo do coeficiente de dilatação térmica linear.

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

Um corpo oco dilata normalmente como se fosse maciço.

Testes

10. Uma barra de aço mede 50 cm quando está a 10°C. Qual será o comprimento desta barra quando aquecida até 90°C? Sendo o coeficiente de dilatação linear do aço igual a 12×10^{-6} °C^{-1}.

a) 54,8 cm
b) 50,48 cm
c) 50,048 cm
d) 0,48 cm
e) 0,048 cm

11. Um fio metálico tem 100 m de comprimento e coeficiente de dilatação linear igual a $1,7 \times 10^{-5}$ °C^{-1}. A variação de comprimento desse fio, quando a temperatura varia 10°C, é de:

a) 17 mm
b) 1,7 m
c) 17 m
d) 17×10^{-3} mm
e) 17×10^{-6} mm

12. (UFES) Uma barra de metal tem comprimento igual a 10,000 m a uma temperatura de 10°C e comprimento igual a 10,006 m a uma temperatura de 40°C. O coeficiente de dilatação linear do material é:

a) $1,5 \times 10^{-4}$ °C^{-1}
b) $6,0 \times 10^{-4}$ °C^{-1}
c) $2,0 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
d) $1,5 \times 10^{-6}$ °C^{-1}
e) $3,0 \times 10^{-5}$ °C^{-1}

13. Uma telha de alumínio tem dimensões lineares de 20 cm x 500 cm e seu coeficiente de dilatação linear é igual a $2,2 \times 10^{-5}$ °C^{-1}. A telha, ao ser exposta ao sol durante o dia, experimenta uma variação de temperatura de 20°C. A dilatação superficial máxima da chapa, em cm^2, durante esse dia, será:

a) 1,1
b) 2,2
c) 4,4
d) 6,6
e) 8,8

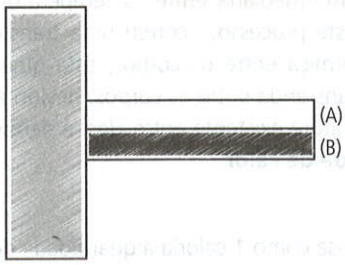
14. (PUC-RS) Um paralelepípedo a 10°C possui dimensões iguais a 10 cm x 20 cm x 30 cm, sendo constituído de um material cujo coeficiente de dilatação linear é 8×10^{-6} °C^{-1}. Quando sua temperatura aumenta para 110°C, o acréscimo de volume, em cm^3, é:

a) 144,0
b) 72,0
c) 14,4
d) 9,60
e) 4,80

15. (FEI-SP) O coeficiente de dilatação superficial de um material homogêneo e isotrópico é $2,62 \times 10^{-5}$ °C^{-1}. Os seus coeficientes de dilatação linear e volumétrico valerão, respectivamente:

a) $5,24 \times 10^{-5}$ °C^{-1} e $9,86 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
b) $3,93 \times 10^{-5}$ °C^{-1} e $1,31 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
c) $9,86 \times 10^{-5}$ °C^{-1} e $5,24 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
d) $1,31 \times 10^{-5}$ °C^{-1} e $5,24 \times 10^{-5}$ °C^{-1}
e) $1,31 \times 10^{-5}$ °C^{-1} e $3,93 \times 10^{-5}$ °C^{-1}

16. Na figura está representada uma lâmina bimetálica. O coeficiente de dilatação do metal da parte superior (A) é o dobro do coeficiente do metal da parte inferior (B). À temperatura ambiente, a lâmina é horizontal. Se a temperatura for aumentada de 150°C, a lâmina:



a) continuará horizontal.
b) curvará para baixo.
c) curvará para cima.
d) curvará para a direita.
e) curvará para a esquerda.

17. (FAU-SP) O dono de um posto comprou gasolina num dia em que a temperatura era de 40°C e a comercializou em um dia que a temperatura estava a 20°C. Para ele, essa mudança de temperatura:

a) trouxe um lucro adicional;
b) trouxe prejuízo;
c) não alterou o lucro;
d) duplicou o lucro;
e) n.d.a.

18. (CESGRANRIO-RJ) Um petroleiro recebe uma carga de $1,0 \times 10^6$ barris de petróleo ($1,6 \times 10^5$ m^3) no Golfo Pérsico, a uma temperatura de aproxima-

damente 50°C. Qual a perda em volume, por efeito de contração térmica, que esta carga apresenta, quando descarregada no Sul do Brasil, a uma temperatura de aproximadamente 20°C? O coeficiente de expansão térmica do petróleo é aproximadamente igual a 1×10^{-3} °C^{-1}.

a) 3 barris.
b) 30 barris.
c) 300 barris.
d) 3 000 barris.
e) 30 000 barris.

Calorimetria

Diariamente, experimentamos as sensações de quente e frio, essas sensações estão relacionadas às trocas de energia térmica entre nosso corpo e o meio ambiente.

Quantidade de calor (Q)

Quando dois corpos que se encontram com diferentes temperaturas são colocados em contato, após um certo intervalo de tempo, eles atingem uma temperatura intermediária entre as temperaturas iniciais. Durante este processo, ocorreu uma transferência de energia térmica entre os corpos, esta quantidade de energia transferida entre os corpos, devido à diferença de temperatura existente entre eles, é denominada de **quantidade de calor**.

Caloria

Define-se como 1 caloria a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5°C para 15,5°C.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de calor é o joule (J), onde: 1 cal = 4,186 J.

A "caloria" (Cal), utilizada pelos médicos e nutricionistas, é equivalente a 1 000 cal ou 1 kcal, também denominada de grande caloria.

Capacidade térmica

Observa-se, experimentalmente, que a quantidade de calor cedida a um corpo é diretamente proporcional à correspondente variação de temperatura sofrida pelo corpo. Define-se como capacidade térmica a razão entre esta quantidade de calor trocada pelo corpo e a variação de temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Onde:
C = Capacidade térmica
Q = Quantidade de calor
ΔT = Variação de temperatura

A unidade de capacidade térmica é J/K no SI, porém é muito utilizado cal/°C.

Calor específico

Define-se calor específico como sendo a capacidade térmica do corpo por unidade de massa. O calor específico é uma característica de cada substância, sendo constante em determinadas faixas de temperatura.

$$c = \frac{C}{m}$$

Onde:
c = Calor específico
C = Capacidade térmica
m = Massa

No SI, a unidade de calor específico é J/kg.K e nas unidades usuais é cal/g°C.

A tabela a seguir mostra os calores específicos de algumas substâncias.

Substância	Calor específico sensível em cal/g
Alumínio	0,219
Água	1,000
Álcool	0,590
Bronze (liga metálica)	0,090
Cobre	0,093
Chumbo	0,031
Estanho	0,055
Ferro	0,119
Gelo	0,550
Mercúrio	0,033
Ouro	0,031
Platina	0,032
Prata	0,056
Vapor d'água	0,480
Vidro	0,118
Zinco	0,093

Equação fundamental da calorimetria

Quando um corpo recebe ou perde uma quantidade de calor, produzindo uma variação da temperatura, esta quantidade de calor é denominada de calor sensível e pode ser calculada por meio da equação:

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

Onde esta equação é obtida por meio das definições de capacidade térmica e calor específico.

Princípio das trocas de calor

Quando dois corpos **A** e **B**, com temperaturas diferentes, são colocados próximos um do outro ou em contato, eles trocam calor entre si até atingir o equilíbrio térmico. Se o sistema formado pelos dois corpos não trocar energia com o ambiente, isto é, ser for um sistema termicamente isolado, a quantidade total de calor trocada entre os corpos será nula.

$$Q_A + Q_B = 0$$

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

Considerando um sistema com **n** corpos, a quantidade de calor recebida por alguns corpos será igual à quantidade de calor cedida pelos outros corpos.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n = 0$$

Os recipientes utilizados para estudar a troca de calor entre corpos são denominados de calorímetros, estes recipientes não permitem perdas de calor para o meio externo.

Testes

19. (UEPG-PR) A quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1 grama de uma dada substância, é denominada:
a) calor latente;
b) caloria;
c) capacidade térmica;
d) equivalente mecânico da caloria;
e) calor específico.

20. (FGV-SP) O calor específico de uma substância é 0,5 cal/g°C. Se a temperatura de 4 g dessa substância se eleva de 10°C, pode-se afirmar que ela absorveu uma quantidade de calor, em calorias, de:
a) 0,5
b) 2
c) 5
d) 10
e) 20

21. (USFC) Sabendo que o calor específico da prata é de aproximadamente 0,056 cal/g°C, calcule em calorias o calor necessário para elevar em 15°C a temperatura de uma amostra de 100 g de prata, admitindo que não ocorra mudança de fase no processo mencionado.

22. (PUC-SP) Fornecendo a um corpo de massa 0,2 kg a quantidade de calor de 0,2 kcal, sua temperatura passa de 5°C para 15°C, sem que ocorra mudança de estado. Pode-se afirmar que o calor específico do corpo em cal/g°C é:
a) 100
b) 50
c) 10
d) 1
e) 0,1

23. (PUC-RS) Uma garrafa térmica contém água a 60°C. O conjunto (garrafa + água) tem uma capacidade térmica de 80 cal/°C. Após um determinado tempo, a temperatura diminui para 55°C. A perda de energia térmica, em cal, para o meio ambiente foi:
a) 5
b) 16
c) 60
d) 80
e) 400

24. Tem-se 200 g de um certo líquido à temperatura de 28°C. Fornecendo-se 980 cal diretamente a esse líquido, sua temperatura sobe para 35°C. Sabendo que não ocorreu mudança de estado, o calor específico deste líquido é, em cal/g°C:
a) 0,7
b) 0,95
c) 1,0
d) 1,2
e) 1,35

25. Uma criança recém-nascida de 3,3 kg ao apresentar um quadro febril, tem sua temperatura elevada de 36,5°C para 39,5°C. Considerando que o calor específico do corpo do recém-nascido é 1 cal/g°C, a variação da energia térmica da criança, devido a essa elevação de temperatura, é da ordem de:

a) 10 cal
b) 100 cal
c) 1 000 cal
d) 10 000 cal
e) 100 000 cal

26. Dentro de um recipiente com paredes adiabáticas, colocamos dois corpos A e B, cujas massas e calores específicos são respectivamente iguais a 160 g e 200 g, 0,5 cal/g°C e 0,1 cal/g°C. As suas temperaturas iniciais são iguais a 20°C e 80°C. Determine a temperatura de equilíbrio térmico.

a) 32°C
b) 40°C
c) 45°C
d) 52°C
e) 60°C

27. (Mackenzie-SP) Um calorímetro de capacidade térmica 40 cal/°C contém 110 g de água, calor específico 1 cal/g°C, a 90°C. Qual a massa de alumínio a 20°C que devemos adicionar ao calorímetro para esfriar a água a 80°C? Dado o calor específico do alumínio igual a 0,2 cal/g°C.

a) 200 g
b) 180 g
c) 150 g
d) 125 g
e) 75 g

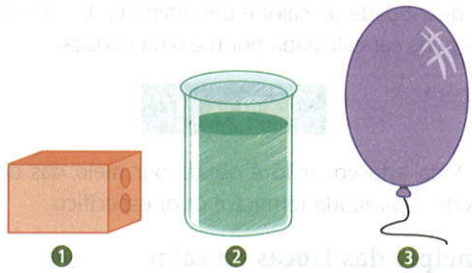
Estado da matéria – mudança de fase

A matéria pode se apresentar em três fases distintas: **sólida**, **líquida** e **gasosa**.

Nos sólidos, as partículas (átomos ou moléculas) de um corpo estão muito próximas umas das outras; a força de atração entre elas é muito intensa, permitindo apenas uns movimentos vibracionais, fazendo com que os sólidos tenham volume e forma bem definidos.

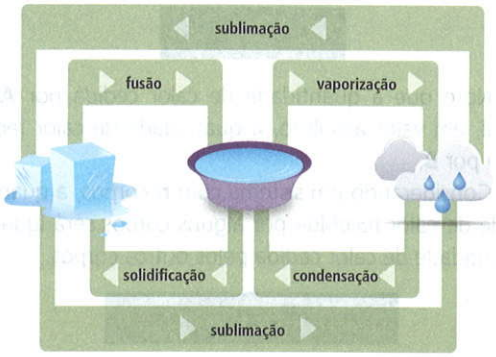
Nos líquidos, as forças de atração diminuem, porque as moléculas estão mais afastadas, permitindo um maior grau de liberdade. O líquido apresenta volume bem definido, mas não tem forma própria.

Na fase gasosa, as moléculas estão tão afastadas que as forças de atração entre elas são desprezíveis. Não apresentam volume e nem forma definidos.



1. Sólido: forma e volume definidos.
2. Líquido: volume definido; forma do recipiente.
3. Vapor (gás): volume e forma do recipiente.

Quando uma substância ganha ou perde calor pode ocorrer uma mudança de fase. As possíveis mudanças de fase são:



Calor latente

A quantidade de calor cedida ou recebida pela substância para produzir uma mudança de fase, em uma unidade de massa desta substância, é denominada de calor latente.

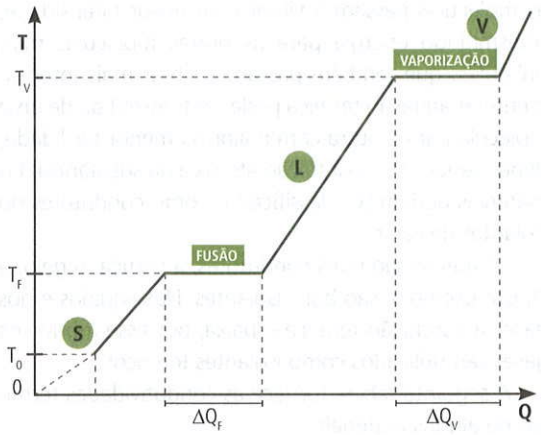
$$Q = m \cdot L$$

Em que **Q** é a quantidade de calor, **m** é a massa e **L** é o calor latente.

Diagrama de aquecimento e resfriamento

Construindo um diagrama da temperatura de uma substância pura em função da quantidade de calor, sob pressão constante, observa-se que durante a mudança de fase a temperatura da substância permanece constante, sendo que toda a energia absorvida ou cedida pela substância é utilizada para provocar uma modifi-

cação na sua estrutura interna, alterando o estado de agregação das moléculas ou átomos que a constitui.



No diagrama, **S**, **L** e **V** representam a substância nas fases sólida, líquida e vapor, respectivamente.

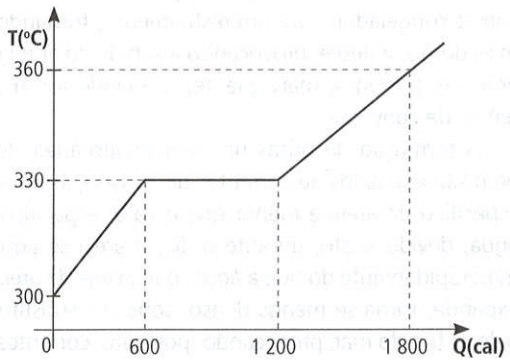
Os patamares horizontais representam a substância em processo de mudança de fase; no aquecimento, fusão e vaporização; e no resfriamento, liquefação e solidificação.

Testes

28. (PUC-MG) Durante a fusão de uma substância pura sob pressão constante a:

a) temperatura da substância aumenta;
b) substância libera calor;
c) temperatura da substância diminui;
d) substância absorve calor, embora sua temperatura permaneça constante;
e) temperatura da substância pode aumentar ou diminuir.

29. O gráfico abaixo representa a quantidade de calor que um sólido de massa 15 g recebeu e a correspondente variação de temperatura.



Determine a capacidade térmica do sólido.

a) 20 cal/°C
b) 30 cal/°C
c) 40 cal/°C
d) 50 cal/°C
e) 60 cal/°C

30. Considerando a questão anterior, calcule o calor latente de fusão.

a) 20 cal/g
b) 30 cal/g
c) 40 cal/g
d) 50 cal/g
e) 60 cal/g

31. Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é igual a 80 cal/g e o calor específico da água é igual a 1 cal/g°C, com 4 000 cal de energia, pode-se:

I. Fundir _____ g de gelo a 0°C.
II. Elevar a temperatura de 200 g de água de 10°C para _____ °C.

a) 200; 30.
b) 100; 20.
c) 50; 20.
d) 50; 30.
e) 100; 30.

32. Um bloco sólido de massa 200 g recebeu 5 800 cal para fundir completamente, sem variação de temperatura. Calcule o calor latente da substância deste bloco.

a) 26 cal/g
b) 26 cal/°C
c) 29 cal/g
d) 29 cal/°C
e) 32 cal/g

33. (UFES) Quantas calorias são necessárias para vaporizar 1,0 L de água, sob pressão de 1 atm, se a sua temperatura inicialmente é igual a 10°C?
(Dados: calor específico da água = 1 cal/g°C; densidade da água = 1 g/cm³; calor latente de vaporização da água = 540 cal/g.)

a) $5{,}40 \times 10^4$ cal
b) $6{,}30 \times 10^4$ cal
c) $9{,}54 \times 10^4$ cal
d) $5{,}40 \times 10^5$ cal
e) $6{,}30 \times 10^5$ cal

34. (CESGRANRIO-RJ) Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g, que quantidade de calor deve-se retirar de 1,0 kg de água, inicialmente a 20°C, para transformá-lo totalmente em gelo a 0°C?

a) 20 kcal
b) 40 kcal
c) 60 kcal
d) 80 kcal
e) 100 kcal

35. (UNIFOR-CE) Ao receber certa quantidade de calor, um corpo pode não apresentar variação em sua temperatura. Isto ocorre, quando o corpo:

a) está isolado termicamente;
b) está mudando de estado;
c) está a uma temperatura negativa;
d) é mau condutor de calor;
e) é um gás.

36. A quantidade de calor necessária para transformar 200 g de gelo a 0°C em água a 20°C é em calorias:
(Dados: calor latente de fusão do gelo 80 cal/g, temperatura de fusão 0°C e calor específico da água 1 cal/g°C.)

a) 2 000
b) 4 000
c) 8 000
d) 16 000
e) 20 000

37. (PUC-SP) Em determinadas condições, é possível que a temperatura de um sistema permaneça inalterada, mesmo quando lhe é fornecida uma certa quantidade de calor. Nesse caso, pode estar ocorrendo um processo de:

a) solidificação ou condensação.
b) evaporação ou liquefação.
c) solidificação ou sublimação.
d) fusão ou liquefação.
e) fusão ou ebulição.

Transmissão de calor

A propagação de calor de um corpo para outro ou de uma região para outra pode ocorrer através de três modos diferentes: **condução**, **convecção** e **irradiação**.

Condução

A condução ocorre mais acentuadamente nos materiais sólidos, onde a energia é transmitida de molécula a molécula por meio de colisões moleculares. Aquecendo-se a extremidade de uma barra de ferro, as moléculas passam a vibrar com maior intensidade, transmitindo energia para as outras moléculas mais próximas, que também passam a vibrar mais intensamente. A agitação térmica pode ser transmitida de uma molécula para a outra com maior ou menor facilidade, dependendo da constituição atômica da substância. Os materiais podem ser classificados como condutores ou isolantes de calor.

Os metais são bons condutores, a cortiça, o gelo, a lã, por exemplo, são bons isolantes. Nos líquidos e nos gases a condução térmica é baixa, por esse motivo os gases são utilizados como isolantes térmicos.

A seguinte tabela fornece as condutividades térmicas de alguns materiais.

Condutividades térmicas*					
Metais		Sólidos não metais		Fluidos (a 20°C)	
Prata	0,97	Vidro	0,002	Água	0,0013
Cobre	0,92	Concreto	0,002	Glicerina	0,0006
Alumínio	0,49	Cortiça	0,0001	Hidrogênio	0,00033
Ferro	0,12	Feltro	0,0001	Ar	0,000057
Chumbo	0,083	Tijolo de barro	0,0015		

*A tabela fornece a quantidade de calor, em calorias, conduzida por minuto através de uma camada de 1 cm² de área e 1 cm de espessura, quando a diferença de temperatura entre as duas superfícies é de 1°C.

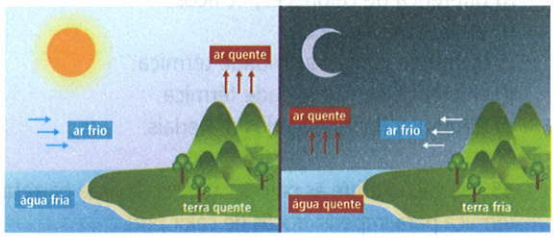
Convecção

É o processo de transmissão de calor nos fluidos (líquidos e gases). Ocorre por meio do deslocamento da matéria, devido à diferença de densidade entre as camadas da substância, que se encontram em diferentes temperaturas, gerando as correntes de convecção.

Por exemplo, no refrigerador comum, o congelador fica localizado na parte superior, pois o ar em contato com o congelador sofre um resfriamento, tornando-se mais denso, e desce, provocando a subida do ar menos denso e, portanto, mais quente, formando assim correntes de convecção.

A formação de brisas nas regiões litorâneas também são exemplos de correntes de convecção. O calor específico da areia é menor que o calor específico da água, devido a isto, durante o dia, a areia se aquece mais rapidamente do que a água, o ar acima da areia se expande, torna-se menos denso, sobe e é substituído pelo ar frio do mar, provocando, portanto, correntes de

convecção. Durante a noite o processo se inverte, pois a água está mais quente do que a areia.



Irradiação

É o processo de transmissão de energia entre dois corpos que não precisa de um meio material para se propagar. A irradiação ocorre em qualquer meio, inclusive no vácuo, por meio da propagação de ondas eletromagnéticas.

Quando ondas eletromagnéticas incidem em um corpo, parte da energia pode ser refletida, parte pode ser transmitida e parte pode ser absorvida, transformando-se em novas formas de energia, como, por exemplo, energia térmica. É desse modo que recebemos calor do Sol, e é assim que também recebemos calor de uma lâmpada incandescente ou de um aquecedor de filamento. Entre as ondas eletromagnéticas, as que são mais facilmente absorvidas, transformando-se em energia térmica, são as ondas de infravermelho, assim chamadas pelo fato de terem frequência um pouco abaixo da luz vermelha.

As superfícies metálicas polidas refletem praticamente todas as ondas eletromagnéticas incidentes. Os corpos negros absorvem a maior parte e os corpos brancos refletem a maior parte da energia incidente. Por isso, é interessante que no verão, o vestuário seja composto por roupas claras ao invés de roupas escuras, pois estas absorvem muita radiação, aquecendo-se mais que as roupas brancas.

Curiosidades

A garrafa térmica evita a transferência de calor dos 3 tipos.

O cientista inglês Dewar inventou a garrafa térmica no fim do século XIX. O vaso de Dewar é um dispositivo que permite conservar, com alteração mínima de temperatura, por longo tempo, um líquido gelado ou quente. A garrafa é feita de vidro (mau condutor de calor) com paredes duplas, entre as quais é feito vácuo, o qual, não possuindo moléculas, não permite a ocorrência de condução e nem de convecção. As faces externa e interna das paredes são espelhadas, a fim de evitar a irradiação, tanto de dentro para fora, quanto de fora para dentro.

Testes

38. (PUC-PR) Analise as proposições apresentadas a seguir:

I. O calor do Sol chega até a Terra por irradiação.

II. A convecção é um processo de propagação do calor que ocorre devido à diferença de densidade das partículas no fluido considerado.

III. Uma moeda metálica, bem polida, fica mais quente do que uma outra idêntica revestida de tinta negra, quando ambas são expostas ao Sol, por um tempo suficiente para absorção de calor.

Escolha a alternativa correta:

a) Todas as proposições são corretas.
b) As proposições II e III são corretas.
c) Apenas a proposição III é falsa.
d) As proposições I e III são corretas.
e) Todas as proposições são falsas.

39. (UEPG-PR) Agasalhos de lã servem para:

a) manter o frio fora do corpo.
b) fornecer calor ao corpo.
c) reduzir a transpiração do corpo.
d) reduzir a perda de calor do corpo.
e) manter o equilíbrio térmico do corpo com o meio ambiente.

40. (PUCPR) Algumas instalações industriais usam grandes fornos, os quais possuem chaminés muito altas. A função principal dessas chaminés é:

a) proporcionar maior renovação de ar na fornalha por convecção.

b) transportar o ar das grandes alturas para o interior do forno por condutividade térmica.
c) lançar os gases residuais a grandes alturas por irradiação.
d) irradiar o calor a grandes alturas.
e) evitar a poluição da fumaça e fuligem.

41. Considere três fenômenos simples:
I. Circulação de ar em geladeiras.
II. Aquecimento de uma barra de ferro.
III. Variação da temperatura do corpo humano no banho de Sol.

Associe, nesta mesma ordem, o tipo de transferência de calor que principalmente ocorre nestes fenômenos.
a) Convecção, condução e radiação.
b) Convecção, radiação e condução.
c) Condução, convecção e radiação.
d) Radiação, convecção e condução.
e) Condução, radiação e convecção.

42. Dois termômetros iguais indicam inicialmente a mesma temperatura. Um deles tem bulbo enegrecido. Se ambos forem expostos ao Sol, verifica-se que depois de um intervalo de tempo:
a) ambos marcarão a mesma temperatura.
b) o termômetro de bulbo negro não indicará nova temperatura.
c) a temperatura indicada pelo termômetro de bulbo negro será maior que a temperatura indicada pelo outro.
d) a temperatura indicada pelo termômetro de bulbo negro será menor que a temperatura indicada pelo outro.
e) o termômetro de bulbo enegrecido indicará uma temperatura menor que a temperatura inicial.

43. As geladeiras domésticas possuem as prateleiras internas gradeadas e não inteiriças. Elas são fabricadas assim para que:
a) evitem a absorção de energia radiante.
b) facilitem a absorção de energia radiante.
c) facilitem a convecção do ar interior.
d) permitam uma maior radiação no interior da geladeira.
e) permitam uma melhor condução no interior da geladeira.

44. Caminhando descalço no interior de uma casa, nota um observador que o piso cerâmico é mais frio do que o piso de madeira. Isto ocorre principalmente por causa de:
a) diferença de calores específicos.
b) efeitos psicológicos.
c) diferença de condutividade térmica.
d) diferença de capacidade térmica.
e) diferença de textura dos materiais.

45. Há vácuo entre as paredes duplas de uma garrafa térmica para impedir trocas de calor por:
a) reflexão e condução.
b) irradiação e refração.
c) difusão e radiação.
d) condução e convecção.
e) convecção e radiação.

46. (FATEC-SP) A estufa que aquece um recinto é instalada junto ao piso; o congelador de um refrigerador é instalado no alto dele. Justifica-se esse fato mediante consideração de:
a) facilidade de instalação.
b) convecção térmica.
c) condução do calor.
d) irradiação do calor.
e) n.d.a.

Termodinâmica

As máquinas térmicas são sistemas termodinâmicos que trocam calor e trabalho com o meio externo, por exemplo, os motores dos automóveis ou um refrigerador. A termodinâmica estuda as leis que descrevem estas trocas de calor e trabalho.

Primeiro princípio da termodinâmica

Quando um gás recebe uma quantidade de calor (**Q**), parte desta energia é utilizada para realizar trabalho (τ), expandindo o gás, e parte desta energia é absorvida pelas moléculas, aumentando a energia interna (Δ**U**), elevando a temperatura do gás.

$$Q = \tau + \Delta U$$

Transformação isotérmica

Na transformação isotérmica, a temperatura de um gás permanece constante, não alterando sua energia interna, consequentemente, todo o calor cedido é transformado em trabalho.

$$Q = \tau$$

Transformação isobárica

Na transformação isobárica, a pressão permanece constante, variando o volume e a temperatura do gás, então:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Transformação isocórica

Na transformação isocórica, o volume permanece constante, não há realização de trabalho, todo o calor cedido é utilizado para alterar a energia interna do gás.

$$Q = \Delta U$$

Transformação adiabática

Quando um sistema gasoso não efetua trocas de calor com sua vizinhança (seja por estar confinado em ambientes de excelente isolamento térmico ou, então, porque as transformações são muito rápidas), diz-se que a transformação por ele efetuada é adiabática.

Aplicando o primeiro princípio da termodinâmica a uma transformação adiabática, obtém-se:

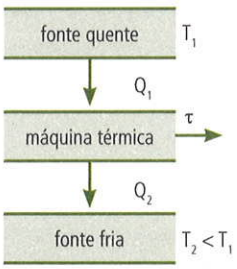
$$\tau = -\Delta U$$

Pois Q = 0. Observe que a variação da energia interna do sistema, nessa transformação, deve-se exclusivamente ao trabalho realizado.

Segundo princípio da termodinâmica

O calor flui espontaneamente de um corpo quente para um corpo frio. O inverso só ocorre com a realização de trabalho, por exemplo, em um refrigerador. Em 1851, Lord Kelvin enunciou o segundo princípio da termodinâmica como "É impossível, para uma máquina térmica, que opera em ciclos, converter integralmente calor em trabalho".

Considerando um esquema de uma máquina térmica simples:



Para a máquina térmica realizar trabalho, ela deve receber energia da fonte quente (Q_1) e ceder energia para a fonte fria (Q_2).

$$\tau = Q_1 - Q_2$$

O rendimento de uma máquina térmica é definido como sendo a razão entre τ e Q_1:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Considerando o segundo princípio da termodinâmica, podemos escrever:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

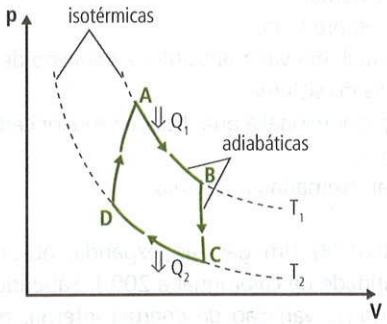
Uma máquina térmica nunca consegue transformar todo o calor recebido em trabalho, sempre há uma parcela de calor enviada para a fonte fria, portanto, o rendimento será sempre menor do que 1.

Ciclo de Carnot

Em 1824, o francês Sadi Carnot publicou um trabalho denominado *Reflexões sobre o poder motriz do fogo e sobre as máquinas adequadas para desenvolver esse poder*. Nesse trabalho, ele desenvolve uma análise profunda do funcionamento de máquinas térmicas, propondo um ciclo ideal para o máximo rendimento possível.

O ciclo de Carnot consiste de duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas.

O ciclo inicia na expansão isotérmica **AB**, durante a qual o gás recebe calor da fonte quente, em seguida, expande adiabaticamente **BC**, no fim da qual o gás está à temperatura T_2. A terceira transformação é uma compressão isotérmica **CD**, durante a qual o gás fornece calor para a fonte fria e finalmente ocorre a compressão adiabática **DA**, voltando ao estado inicial.



Para este ciclo, Sadi Carnot demonstrou que o rendimento é:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Esse é o maior rendimento possível para uma máquina térmica que funcione entre as temperaturas absolutas T_1 e T_2.

Testes

47. (PUC-RS) A um gás mantido a volume constante são fornecidos 500 J de calor. Em correspondência, o trabalho realizado pelo gás e a variação da sua energia interna são, respectivamente:

a) zero e 250 J
b) 500 J e zero
c) 500 J e 500 J
d) 250 J e 250 J
e) zero e 500 J

48. (ITA-SP) Um recipiente de volume V contém um gás perfeito. Fornece-se ao gás uma certa quantidade de calor, sem variar o volume. Nessas condições:

a) o gás realizará trabalho equivalente à quantidade de calor recebida;
b) o gás realizará trabalho e a energia interna diminuirá;
c) o gás realizará trabalho e a energia interna permanecerá constante;
d) a quantidade de calor recebida pelo gás servirá apenas para aumentar a energia interna do mesmo;
e) n.d.a.

49. Em uma transformação adiabática (em que não se verificam trocas de calor com o exterior) o trabalho realizado por um sistema gasoso:

a) é proporcional à quantidade de calor absorvido pelo sistema;
b) é sempre nulo;
c) é igual, em valor absoluto, à variação de energia interna do sistema;
d) é proporcional à quantidade de calor cedido pelo sistema;
e) é aproximadamente nulo.

50. (UTFPR) Um gás, ao expandir, absorve uma quantidade de calor igual a 200 J. Sabendo-se que não houve variação de energia interna, podemos concluir que a transformação é:

a) adiabática e o trabalho realizado foi de 200 J;
b) isométrica e não houve realização de trabalho;
c) isobárica e o trabalho realizado foi de 200 J;
d) isotérmica e o trabalho realizado foi de 200 J;
e) isotérmica e não houve realização de trabalho.

51. (UFPA) Uma máquina térmica funciona realizando o ciclo de Carnot. Em cada ciclo, o trabalho útil fornecido pela máquina é de 2 000 J. As temperaturas das fontes térmicas são 227°C e 27°C. O rendimento da máquina, a quantidade de calor retirada da fonte quente e a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria são, respectivamente:

a) 30%, 6 000 J e 4 000 J.
b) 40%, 5 000 J e 3 000 J.
c) 45%, 4 000 J e 1 000 J.
d) 50%, 3 000 J e 5 000 J.
e) 60%, 4 000 J e 6 000 J.

52. (IME-RJ) Uma fonte calorífica, mantida a uma temperatura de 327°C, transfere 1 000 calorias para um meio ambiente a 27°C. O trabalho máximo, em kcal, que se poderia obter da fonte calorífica considerada é:

a) 600
b) 1,5
c) 3,0
d) 427
e) 0,5

Gabarito

01) B	02) C	03) D	04) C	05) D	06) D
07) B	08) *	09) C	10) C	11) A	12) C
13) E	14) C	15) E	16) B	17) B	18) E
19) E	20) E	21) *	22) E	23) E	24) A
25) D	26) A	27) D	28) D	29) A	30) C
31) D	32) A	33) E	34) E	35) B	36) E
37) E	38) C	39) D	40) A	41) A	42) C
43) C	44) C	45) D	46) B	47) E	48) D
49) C	50) D	51) B	52) E		

*08. 30ºX
*21. 84 cal