AULA 1 – A ENERGIA E SUAS FORMAS

Na natureza a energia se manifesta sob várias formas: energia sonora, luminosa, elétrica, sísmica (tremor de terra), eólica (ventos), etc.. Quase todas essas e outras formas de energia podem ser classificadas como ENERGIA CINÉTICA, ENERGIA GRAVITACIONAL ou ENERGIA ELÁSTICA, o que simplifica muito as coisas.

A unidade de medida de energia é **JOULES** (lê-se "*jaules*"), cujo símbolo é J.

A Energia Cinética é a energia que os corpos possuem quando têm uma certa **velocidade** ("cinético" significa movimento). Esta energia é calculada com a fórmula: $E_C = \frac{m \cdot v^2}{2}$ onde $\mathbf{E_C}$ é a energia cinética (em J), de um corpo de massa **m** (em kg) e velocidade **v** (em m/s).

A Energia Gravitacional está em objetos que têm alguma **altura** em relação a um referencial mais baixo em relação à força da gravidade. Pode ser calculada por: $E_G = m \cdot g \cdot h$ onde $\mathbf{E_G}$ é a energia gravitacional (em J), de um corpo de massa **m** (em kg), a uma altura **h** (em m), sujeito a uma aceleração gravitacional **g** (na Terra, g = 10m/s² aproximadamente).

A Energia Elástica pode ser armazenada por molas ou elásticos ou outros objetos que podem se deformar e, com uma **força elástica**, voltar à sua forma inicial; a energia armazenada por essa força nesse objeto pode ser calculada por: $E_K = \frac{k \cdot x^2}{2}$ onde $\mathbf{E_K}$ é a energia elástica (em J), da mola ou elástico com constante elástica **k** (em N/m – newtons por metro), que é deformada um comprimento **x** (em m).

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Um carro popular cuja massa é 1000kg está a 72km/h.**
   a) Calcule sua energia cinética.

Temos os dados:

m = 1000kg

v = 72km/h = 72 ÷ 3,6 m/s = 20m/s

(Note que transformamos a velocidade para m/s!)

Então podemos calcular a energia cinética com a fórmula:

$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} \rightarrow$$

$$E_C = \frac{1000 \cdot 20^2}{2} = \frac{1000 \cdot 400}{2} = 200.000J$$

Logo a energia cinética deste carro é de 200.000J.

b) Se essa energia fosse totalmente utilizada para erguer um objeto de 10.000kg, que altura atingiria?

Note que a para erguer um objeto a energia necessária é GRAVITACIONAL. Portanto a energia que calculamos no item anterior passa a ser E_G, e temos os dados:

E_G = 200.000J (a mesma do item anterior)

m = 10.000kg

g = 10m/s² (aceleração da gravidade aproximada na Terra)

Podemos então calcular a altura **h** com a fórmula:

$$E_G = m \cdot g \cdot h \rightarrow 200.000 = 10.000 \cdot 10 \cdot h$$

Isolando h:

$$h = \frac{200.000}{10.000 \cdot 10} = \frac{200.000}{100.000} = 2m$$

Portanto se a energia de 200.000J fosse usada para erguer um objeto de 10.000Kg, ele subiria 2m.

2. **Um estilingue pode armazenar uma energia de 5J quando o esticamos a ponto de seu comprimento passar de 10cm para 35cm.**
   a) Calcule a constante elástica do estilingue.

Temos os dados:

E_K = 5J

x = 35cm – 10cm = 25cm = 0,25m

(Note que transformamos o comprimento para m!)

Então podemos calcular a constante elástica **k** com a fórmula:

$$E_K = \frac{k \cdot x^2}{2} \rightarrow 5 = \frac{k \cdot 0{,}25^2}{2}$$

Isolando k na fórmula obtemos:

$$k = \frac{2 \cdot 5}{0{,}25^2} = \frac{10}{0{,}0625} = 160N/m$$

b) Calcule a força que está sendo aplicada ao estilingue que o faz armazenar esta energia.

Lembrando que a força elástica é dada pela fórmula:

$$F = k \cdot x$$

temos os dados: k = 160N/m
x = 0,25m

Logo a força é:

F = 160×0,25 = 40N

Para termos idéia desta força, basta lembrar que 10N equivale ao peso de uma massa de 1kg. Então essa força de 40N equivale ao peso de uma massa de 4kg na Terra.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Cite **6** formas de energia na natureza.
2. Quais as 3 formas básicas de energia?
3. Qual é a unidade de medida de energia, sua pronúncia e símbolo?
4. Com o que está relacionada a energia cinética?
5. Escreva a fórmula da energia cinética, o que significa cada variável e suas respectivas unidades.
6. Com o que está relacionada a energia gravitacional?
7. Escreva a fórmula da energia gravitacional, o que significa cada variável e suas respectivas unidades.
8. Com o que está relacionada a energia elástica?
9. Escreva a fórmula da energia elástica, o que significa cada variável e suas respectivas unidades.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Uma pessoa de massa 60kg corre a uma velocidade de 3m/s.
   a. Calcule a energia cinética dessa pessoa.
   b. Qual deve ser a velocidade de uma pessoa de 135kg deve ter para adquirir a mesma energia cinética calculada no item anterior?
2. Um halterofilista ergue um peso de 200kg a uma altura de 2m. Calcule a energia que este halterofilista transfere para o peso.
3. Uma lata de refrigerante possui 150.000calorias, sendo que cada caloria equivale a 4J aproximadamente.
   a. Quantos J de energia possui uma lata de refrigerante?
   b. Se essa energia fosse usada para elevar um objeto de 1000kg, qual seria a altura atingida?
   c. E se a mesma energia fosse usada para acelerar um carro de 1000kg qual seria a velocidade atingida?
4. Percebe-se que um carro abaixa 5cm quando 4 pessoas de 80kg cada uma entram nele.
   a. Calcule a constante elástica dos amortecedores deste carro, lembrando-se da fórmula **F = k·x** e do que foi dito no fim do exemplo 2b.
   b. Calcule a energia elástica armazenada pelos amortecedores do carro com a entrada das pessoas.

AULA 2 – *CONSERVAÇÃO DE ENERGIA*

Em todos os fenômenos da natureza, percebe-se que há uma lei que jamais pode ser quebrada; é a lei da conservação de energia:

> "A energia não pode ser criada nem destruída; ela apenas transforma-se de uma forma em outra".

Por exemplo: quando jogamos uma pedra para cima, damos energia cinética para a pedra que, conforme vai subindo, vai transformando essa energia em energia gravitacional; lá no topo da trajetória, a pedra terá apenas energia gravitacional e nenhuma energia cinética. Quando a pedra desce de volta, acontece o contrário: a energia gravitacional vai se transformando novamente em energia cinética.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Um estilingue tem constante elástica igual a 200N/m. Coloca-se uma pedra de 100g nele e é então esticado por 15cm.

a) Calcule a altura máxima que esta pedra pode subir com a energia dada pelo estilingue.

Primeiro <u>vamos transformar todos os dados para m, s e kg, que são as unidades-padrão:</u>

m = 100g = **0,1kg**

g = 10m/s² (aceleração da gravidade)

k = 200N/m

x = 15cm = **0,15m**

Se toda a energia elástica do estilingue se transformar em energia gravitacional, podemos escrever:

$$E_G = E_K$$
$$m \cdot g \cdot h = \frac{k \cdot x^2}{2}$$
$$0{,}1 \cdot 10 \cdot h = \frac{200 \cdot 0{,}15^2}{2}$$
$$1 \cdot h = 2{,}25$$
$$h = 2{,}25\text{m}$$

Logo a altura que a pedra poderá atingir é de 2,25m.

b) Calcule a velocidade máxima que a pedra pode atingir ao sair do estilingue.

Da mesma forma, se toda a energia elástica se transformar em cinética, podemos escrever:

$$E_C = E_K$$
$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$
$$\frac{0{,}1 \cdot v^2}{2} = \frac{200 \cdot 0{,}15^2}{2}$$
$$v^2 = \frac{4{,}5}{0{,}1} = 45$$
$$v = \sqrt{45} \cong 6{,}7\,m/s$$

Portanto a pedra pode atingir até 6,7m/s aproximadamente; para termos idéia desta velocidade, multiplicamos por 3,6 para transformar para km/h: v = 6,7×3,6 = 24km/h.

Note que a transformação das unidades para o sistema METRO – SEGUNDO - QUILOGRAMA é <u>muito importante</u> para que as fórmulas dêem o resultado correto.

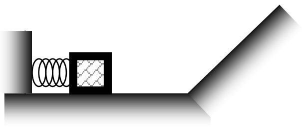
✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Qual é a lei da conservação de energia?
2. Dê um exemplo cotidiano de transformação de energia cinética em gravitacional.
3. Dê um exemplo cotidiano de transformação de energia gravitacional em cinética.
4. Dê um exemplo cotidiano de transformação de energia elástica em cinética.
5. Dê um exemplo cotidiano de transformar de energia elástica em gravitacional.
6. Qual o cuidado que devemos tomar com as unidades de medida ao resolver exercícios de conservação de energia?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Em um salto com vara do atletismo os três tipos básicos de energia estão presentes. Onde está cada tipo? Descreva e explique.

2. Uma montanha-russa tem 20m de altura e um carrinho de 150kg (contando com as pessoas) está no seu topo, em repouso, prestes a começar uma descida.
   a. Qual transformação de energia vai ocorrer?
   b. Calcule a velocidade do carrinho quando ele estiver a 5m de altura.
3. Observe o sistema representado no desenho abaixo. A mola tem constante elástica de 100N/m e está pressionada 5cm; o objeto que está inicialmente encostado à mola tem massa de 500g. LEMBRE-SE DE TRANSFORMAR AS UNIDADES!
   a. Calcule a velocidade máxima que o objeto atingirá quando a mola for solta.
   b. Calcule a altura máxima que o objeto subirá pela rampa quando a mola for solta.



AULA 3 – *TRABALHO*

Como um objeto pode adquirir energia? Em geral isso se dá através de uma FORÇA **F** que desloca esse objeto por uma DISTÂNCIA **d**. Quando uma força desloca um corpo dando-lhe energia, dizemos que a força está realizando um TRABALHO τ sobre o corpo. Note que para haver trabalho são necessárias duas coisas: uma força e um deslocamento do corpo; é calculado pela fórmula:

$$\boxed{\tau = F \cdot d}$$

onde τ é o trabalho dado em J, **F** é a força dada em N, e **d** é a distância dada em m.

Se a força estiver "tirando" energia do corpo (brecando-o, por exemplo), o trabalho é negativo; se a força estiver "dando" energia para o corpo, então o trabalho é positivo.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Um carro de massa igual a 1000kg está a 72km/h e breca, percorrendo uma distância de 50m até parar completamente.**

   b) Calcule a energia cinética inicial do carro.

   Temos os dados: m = 1000kg

   v = 72km/h = 72÷3,6m/s = 20m/s

   Então calculamos a energia cinética:

   $$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1000 \cdot 20^2}{2} = 200.000J$$

   c) Neste caso, quem está realizando trabalho sobre o carro e qual é seu valor?

   Quem realiza o trabalho é a força de atrito; como esta força está tirando energia do carro, fazendo-o parar, então seu valor é negativo; além disso, a energia que tira do carro é a mesma que sua energia cinética inicial que calculamos no item anterior, isto é:

   τ = -200.000J

   d) Calcule a força de atrito que faz o carro parar.

Considerando os dados: τ = -200.000J

d = 50m

temos, pela fórmula desta aula:

τ = F×d

-200.000 = F×50

F = -200.000÷50 = -4.000N.

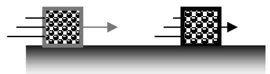
O sinal negativo da força indica que está contra o movimento, considerado positivo.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

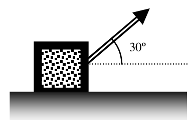
1. O que é trabalho?
2. Quais os dois itens indispensáveis para que haja trabalho?
3. Escreva a fórmula do trabalho, dizendo que o que significa cada variável e suas unidades.
4. Quando o trabalho é positivo?
5. Quando o trabalho é negativo?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Um menino empurra um carrinho com uma força de 10N por uma distância de 1,5m.
   a. O trabalho realizado pelo menino é positivo ou negativo?
   b. Calcule o trabalho realizado pelo menino sobre o carrinho.
   c. Que tipo de energia o carrinho está ganhando do menino?
   d. Com a fórmula do tipo de energia que você respondeu acima, e sabendo que a massa do carrinho é de 200g, calcule a velocidade máxima que o carrinho pode ter ganhado. *Dica: cuidado para transformar as unidades nas unidades-padrão!*
2. O objeto ao lado tem uma velocidade inicial de 10m/s e depois de percorrer 2m na horizontal passa a ter velocidade de 6m/s.
   a. Calcule a energia perdida pelo objeto.
   b. Neste caso o que está realizando o trabalho sobre o objeto e qual é seu valor?
   c. Calcule a força de atrito sofrida pelo objeto no trajeto.



3. Um carro consome 1L de gasolina para percorrer 10km com velocidade constante?
   a. Sabendo que 1L de gasolina tem 700g de massa, que cada 1g de gasolina libera 11.000calorias e ainda que cada 1cal equivale a 4J aproximadamente, calcule a energia em JOULES que este carro consome para percorrer os 10km.
   b. Com o que essa energia é gasta, ou seja, o que está tirando constantemente esta energia do carro?
   c. Calcule a força que você mencionou no item anterior.
4. Um trabalhador puxa uma caixa aplicando-lhe uma força de 500N que faz um ângulo de 30º com a horizontal, conforme mostra o desenho.
   a. A força pode ser decomposta numa parte que está para cima e numa parte que está para a direita. Desenhe essas componentes.



b. Qual dessas duas componentes que arrasta a caixa efetivamente? Calcule-a. Dado: cos30º≈0,87 e sen30º=0,5.
c. Calcule o trabalho realizado pelo trabalhador se ele puxa a caixa por uma distância de 10m.

AULA 4 – *POTÊNCIA*

Potência é a velocidade com que transfere-se energia para um corpo. Se o corpo perde ou ganha energia muito rapidamente, dizemos que a fonte da energia é "potente". Portanto, podemos calcular a potência de um processo de transferência de energia (uma máquina, por exemplo) da seguinte forma:

$$\boxed{Pot = \frac{\tau}{t}}$$

onde τ, como já vimos nas aulas anteriores, é a energia ganha ou perdida pelo corpo, isto é, o trabalho, medido em JOULES (J); t é o tempo, medido em SEGUNDOS (s) e Pot é a potência, medida em JOULES/SEGUNDO (J/s), que é o mesmo que WATTS (W).

Portanto, quando dizemos que a potência de uma lâmpada é de 100W, queremos dizer que ela transforma 100J de energia elétrica em luz e calor a cada 1s, ou seja, 100J/s.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Um carro de 1000kg acelera de 0 até 108km/h em 10s com aceleração constante.

a) Calcule a energia final deste carro.

Primeiro verificamos os dados, transformando a velocidade de km/h para m/s:
m = 1000kg
v = 108km/h = 108÷3,6 = 30m/s

A energia que o carro está ganhando é cinética, portanto pode ser calculada com a fórmula:

$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1000 \cdot 30^2}{2} = 450.000J$$

b) Calcule a potência deste carro.

A potência é dada por:

$$Pot = \frac{\tau}{t} = \frac{450.000J}{10s} = 45.000W$$

c) Quanto tempo este motor demoraria para erguer uma massa de 500kg até uma altura de 20m?

A energia para erguer algo é gravitacional é pode ser calculada com a fórmula:

$$E_G = m \cdot g \cdot h = 500 \cdot 10 \cdot 20 = 100.000J$$

O tempo para que o motor desenvolva esta energia é calculada com a fórmula vista nesta aula:

$$Pot = \frac{\tau}{t} \rightarrow 45.000 = \frac{100.000}{t} \rightarrow$$

$$t = \frac{100.000}{45.000} \cong 2{,}2s.$$

Portanto o motor demoraria 2,2s aproximadamente para erguer 500kg a 20m de altura.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. O que é potência?
2. O que significa dizer: "esta máquina é muito potente"?
3. Escreva a fórmula de potência, dizendo o que significa cada variável e suas unidades de medida.
4. O que significa Watts?
5. O que significa dizer que um chuveiro tem potência de 3000W?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Um guindaste ergue uma peça de 10.000kg a uma altura de 25m, demorando 3 minutos para fazer isso.
   a. Calcule a potência deste guindaste. Lembre de transformar o tempo para segundos antes de fazer as contas!
   b. Quanto tempo este guindaste demoraria para erguer 8.000kg a uma altura de 15m?
2. Um carro de 1000kg a 90km/h começa a brecar e demora 4s até parar.
   a. Calcule o trabalho realizado pela força de atrito (ou seja, a energia cinética perdida pelo carro).
   b. Calcule a potência do freio deste carro.
3. A potência de um chuveiro é de 4kW e, num banho de certa pessoa, fica ligado durante 15 minutos.
   a. Calcule a energia transformada em calor durante este banho. Cuidado para transformar o tempo em s e a potência para W corretamente! Lembre que o prefixo k (quilo) significa 1000.
   b. Agora faça as mesmas contas, mas transformando o tempo para HORAS (h) (ao invés de transformar para s), e deixando a potência em kW mesmo. A unidade de energia que você vai encontrar para energia neste caso é **kWh (quilowatt-hora)**, e é a mesma utilizada pelas companhias de energia elétrica; confira na conta de luz!
4. Utilizando o raciocínio que você aprendeu no exercício 1b, calcule a energia gasta em 1 mês, em kWh, por uma lâmpada de 100W que fica ligada durante 3h a cada dia. *Dica: primeiro transforme a potência para kW lembrando que o prefixo k significa 1000!*

AULA 5 – *QUANTIDADE DE MOVIMENTO*

Quando um objeto ganha uma certa velocidade, dizemos que ele tem um certo "embalo": quanto maior for a massa **m** e a velocidade **v** desse objeto, maior é seu embalo, ou seja, mais difícil será para pará-lo.

Esse embalo é chamado em Física de "Quantidade de Movimento", cujo símbolo é **Q**. Portanto podemos calcular a quantidade de movimento da seguinte forma:

$$\boxed{Q = m \cdot v}$$

As unidades de Q dependem das unidades utilizadas em m e v: se usarmos, respectivamente, **kg** e **m/s**, então a unidade de Q será **kg·m/s**; se usarmos **km/h** ao invés de **m/s**, então a unidade de Q será **kg·km/h**. Claro que o padrão internacional é **kg·m/s**.

Lembre que a 2ª lei de Newton já nos dizia que:

$$\boxed{F = m \cdot a} \text{ onde } a = \frac{\Delta v}{t}\text{. Portanto: } F = \frac{m \cdot \Delta v}{t}$$

Mas o termo **m·Δv** é justamente **ΔQ**, que acabamos de aprender; então:

$$\boxed{F = \frac{\Delta Q}{t}}$$

Essa última fórmula nos diz que quanto maior a variação da quantidade de movimento num certo tempo t, maior a força necessária; e também que quanto menor o tempo em que a variação da quantidade de movimento ocorre, mais força é necessária da mesma forma. **F** é dado em Newtons (N), **ΔQ** em kg·m/s e **t** em segundos (s).

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Uma bola de basquete de 500g tem velocidade de 10m/s e bate numa parede. O tempo decorrido desde que encosta na parede, se deforme e desencoste da parede novamente é de cerca de 0,1s. Ao voltar verifica-se que sua velocidade diminuiu para 8m/s.**
   a) Calcule a variação da velocidade sofrida pela bola.
   A velocidade final é de -8m/s (o sinal negativo é porque a bola, após quicar na parede, está voltando); a velocidade inicial de 10m/s. Então a variação da velocidade é:
   $\Delta v = v_{final} - v_{inicial} = -8 - 10 = -18m/s$.
   b) Calcule a variação da quantidade de movimento sofrida pela bola.
   Primeiro vemos que devemos transformar a massa para a unidade padrão, que é kg: m = 500g = 0,5kg
   Então usamos a fórmula:
   $\Delta Q = m \cdot \Delta v \rightarrow \Delta Q = 0{,}5kg \cdot (-18m/s)$
   $\Delta Q = -9kg \cdot m/s$
   c) Calcule a força que a bola recebeu da parede.
   Usamos a fórmula:
   $$F = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{-9}{0{,}1} = -90N$$
   O sinal negativo significa que a força está contra o movimento inicial, que era positivo.
   d) A quantos kgf a força acima corresponde?
   Lembre que a relação: 1kgf ≈ 10N
   Então 90N equivale a 90÷10 = **9kgf**.
   Logo a bola que pesa 0,5kgf, exerce uma força de 9kgf na parede ao quicar.

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. O que o "embalo" de um corpo tem a ver com sua massa e velocidade?
2. Em física, como chamamos o "embalo" de um corpo?
3. Escreva a fórmula da quantidade de movimento, indicando o que significa cada variável.
4. Qual a unidade de quantidade de movimento?
5. Deduza a relação entre força F, variação de quantidade de movimento ΔQ e tempo t.
6. O que a fórmula encontrada acima significa?
7. Quais as unidades da fórmula deduzida no item 5?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Um caminhão de 10.000kg tem velocidade de 30km/h e um carro de corrida de 1000kg tem velocidade de 300km/h. Qual desses veículos tem maior "embalo"?
2. Uma pessoa A de 80kg está andando a 2m/s. Qual deve ser a velocidade de uma pessoa B de 60kg para que tenha a mesma quantidade de movimento da pessoa A?
3. Uma bola de tênis de 100g bate na raquete de um jogador a 54km/h e, após um contato de 0,05s volta a 72km/h.
   a. Converta as velocidades para m/s.
   b. Calcule a variação da velocidade da bola de tênis, em m/s.
   c. Calcule a variação da quantidade de movimento da bolinha em kg·m/s.
   d. Calcule a força imprimida à bolinha pelo jogador.

AULA 6 – CONSERVAÇÃO DE QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Juntamente com a Lei de Conservação de Energia, a Lei de Conservação de Quantidade de Movimento é muito importante. Ela diz que

> "A Quantidade de Movimento total Q em um sistema isolado se conserva, mesmo com interações internas de seus constituintes."

Então, sempre não houver forças externas no sistema, podemos escrever:

$$Q_{final} = Q_{inicial}$$

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Um carro de 1000kg à 80km/h, bate de frente com um caminhão de 5000kg, que estava a 40km/h em direção oposta, ficando preso a este. Calcule a velocidade do conjunto logo após a colisão.**

Primeiro calculamos a quantidade de movimento inicial, $Q_{inicial}$, lembrando que temos dois objetos: o carro e o caminhão:

$$Q_{inicial} = (m \cdot v)_{carro} + (m \cdot v)_{caminhão}$$
$$Q_{inicial} = 1000 \cdot 80 + 5000 \cdot (-40)$$
$$Q_{inicial} = 80.000 - 200.000$$
$$Q_{inicial} = -120.000 kg \cdot km/h$$

O sinal negativo na velocidade do caminhão indica que sua velocidade era oposta à do carro. Para calcularmos a quantidade de movimento final, Q_{final}, deixamos v no lugar da velocidade que é a mesma para o carro e para o caminhão:

$$Q_{final} = (m \cdot v)_{carro} + (m \cdot v)_{caminhão}$$
$$Q_{final} = 1000v + 5000v = 6000v$$

Agora igualamos:

$$Q_{final} = Q_{inicial}$$
$$6000v = -120.000$$
$$v = \frac{-120.000}{6.000} = -20 km/h$$

O sinal negativo no resultado indica que o conjunto carro-caminhão vai continuar na mesma direção do movimento inicial do caminhão, ambos a 20km/h. Claro que o carro sofre uma variação muito maior da velocidade (80km/h para -20km/h), enquanto o caminhão apenas diminui de 40km/h para 20km/h.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Uma canoa vazia de massa 150kg está passando a 20km/h embaixo de uma ponte; de cima desta ponte, Zorro, de 80kg pula sobre a canoa. Calcule a velocidade da canoa após o salto de Zorro.
2. Um ciclista de 100kg (junto com a bicicleta) está carregando um carona de 50kg na garupa, a 10m/s. De repente o carona pula para trás, empurrando com força a bicicleta para frente, de tal maneira que cai parado no chão. Calcule a velocidade da bicicleta após o salto do carona.
3. Um objeto A de 8kg está a 5m/s da esquerda para direita e colide frontalmente com um objeto B de 10kg que estava a 2m/s. Depois da colisão, os objetos ficam grudados um ao outro. Calcule a velocidade do conjunto após a colisão.

AULA 7 – CONSERVAÇÃO DE QUANTIDADE DE MOVIMENTO

☆ *Mais exercícios...*

4. Uma pessoa está em um trenó, cujo atrito com o chão é muito pequeno. O trenó e a pessoa, juntos, têm massa de 200kg. De repente, um cachorro de 50kg vem correndo a 5m/s e pula dentro do trenó. Qual será a velocidade adquirida pelo trenó com o impulso dado pelo cão?
5. Uma espingarda de 1kg de massa contém uma bala de 100g (transforme para kg!). Ao atirar, a bala sai dessa espingarda a 300m/s. Qual será a velocidade de recuo adquirida pela arma? (Os atiradores denominam esse efeito como "coice" da arma, e pode até machucar o desprevenido).

AULA 1 – Torque

Empurre uma porta, de modo que ela bata com a maior intensidade possível. Certamente você vai fazer bastante força e vai empurrar pela extremidade da porta (onde fica a maçaneta). Por quê você não empurrou no meio da porta ou perto da dobradiça? Pois nesse caso a porta não vai bater com tanta intensidade. Essa força que faz a porta ou outro objeto extenso girar em torno de um ponto de rotação chamamos de TORQUE. Então entendemos que o torque depende de 2 coisas:

- quanto maior a **força** maior o Torque.
- quanto maior a **distância** do ponto de rotação à força maior o Torque.

Expressamos essa observação com a seguinte fórmula:

TORQUE = Força × Distância*

(*) Distância da força ao ponto de rotação.

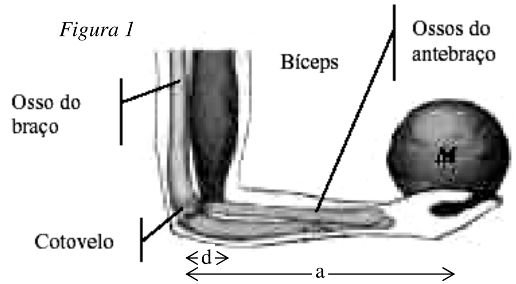
A fórmula não é Torque = Força ÷ Distância, pois neste caso ao aumentar a distância diminuiria a distância, e o que ocorre é o contrário; e também não é Distância ÷ Força por um motivo similar.

Unidades de medida: em geral, Força é dada em Newtons (N) e distância em metros (m) ou centímetros (cm). Sendo assim, torque é medido em N.m ou N.cm (note que não se lê "Newtons POR metro" ou "Newtons POR centímetro", mas sim "Newtons metro" ou "Newtons centímetros").

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

O braço de uma pessoa nada mais é do que uma alavanca (veja a figura 1): o cotovelo serve de apoio para que o bíceps exerça uma força nos ossos do braço, erguendo o peso P que está na mão (veja a figura 2). Seja a=30cm, d=4cm e o peso na mão igual a 20N.

Figura 1



a) Calcule o torque do peso em relação ao cotovelo.

Torque = Força × Distância

Neste caso, a força é de 20N e sua distância ao ponto de rotação (o cotovelo), é de 30cm. Então:

Torque = 20N × 30cm = 600N.cm

b) Calcule a força feita pelo bíceps, para que o torque realizado por ele em relação ao cotovelo tenha mesma intensidade e equilibre o peso na mão.

De igual modo:
Torque = Força × Distância
Onde Torque = 600N.cm e a distância do bíceps ao ponto de rotação (o cotovelo de novo), é de 4cm. Então:
600N.cm = Força × 4cm
Força = 600N.cm ÷ 4cm = 150N.

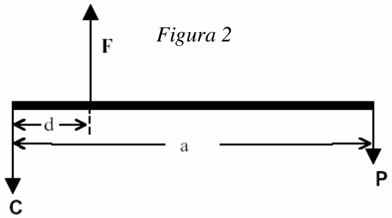


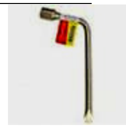
Figura 2

c) Compare o peso do objeto com a força do bíceps.
A força que o bíceps deve fazer para equilibrar um objeto de peso 20N (na Terra equivale a 2kg), deve ser 7,5 vezes maior, 150N (que é o peso de um objeto de 15kg na Terra).

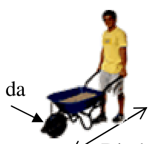
Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

10. Por que a maçaneta da porta fica o mais longe possível da dobradiça?
11. O que é Torque?
12. De quais duas grandezas depende diretamente o torque? Descreva.
13. Qual é a fórmula do torque? Descreva suas unidades.
14. A que se refere a distância na fórmula acima?
15. Por que o torque não pode ser calculado usando-se Distância ÷ Força?
16. Como se lê a unidade de torque, N.m?
17. Qual é a leitura correta de "Newtons POR centímetro" em se tratando de unidades de torque?

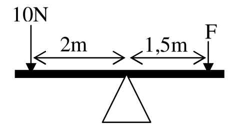
☆ *Exercícios (agora é com você!).*



1. Uma pessoa está com tentando tirar um parafuso de uma roda e para isso tem uma chave como a figura ao lado mostra. Se o braço da chave é de 50cm e a pessoa faz uma força de 20N, A) qual será o torque exercido no parafuso? B) Se a pessoa trocar a chave de roda por outra cujo braço mede 80cm, quanta força será necessária para obter o mesmo torque anterior? C) Que conclusão você pode tirar das 2 últimas respostas a respeito do que é melhor: uma chave de roda com braços pequenos ou com braços grandes?



2. Joãozinho está carregando um carrinho-de-mão, segurando-o a 2m do eixo da roda. Então Pedro ensina-o que fará menos força se o carregar pelas extremidades dos cabos, a 3m do eixo (veja a figura ao lado). Supondo que a massa total no carrinho seja de 20kg e que seu centro de massa esteja a 1m do eixo da roda, calcule: A) O peso da massa sobre o carrinho, em N. B) O torque dessa massa. C) A força que Joãozinho devia fazer para equilibrar esse torque. D) A força que Joãozinho deverá fazer se obedecer a Pedro. E) Conclua por onde é melhor carregar o carrinho-de-mão, em relação à distância ao eixo.



3. A figura à direita representa um objeto extenso sobre um apoio sendo equilibrado por 2 forças. Calcule a força F indicada à direita. *Dica: calcule o torque do lado esquerdo e aplique o resultado no lado direito.*

AULA 2 - Equilíbrio de Torques

Quando um corpo extenso recebe forças em várias direções, pode girar para um lado, para outro ou ficar em equilíbrio, caso os torque em um sentido e no outro sejam iguais. O último exercício da aula anterior é um exemplo disso, com apenas 2 forças.

Agora veja esse outro exemplo com mais forças:

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

Duas crianças, Aline e Rita, estão brincando numa gangorra. Aline tem 40kg de massa e Rita, 60kg. Aline senta-se na extremidade da gangorra, a 2m do apoio, e Rita senta-se mais para frente, a 1m do apoio (o apoio está no centro da gangorra).

a) A gangorra vai pender para o lado de qual das crianças? Calcule o torque de cada uma para justificar.

Primeiro devemos lembrar como calcular o peso de cada uma:
Aline: Peso A = m×g = 40 × 10 = 400N
Rita: Peso R = 60 × 10 = 600N

Agora vamos calcular o torque de cada uma:
Aline: Torque A = F × D
= 400N × 2m = 800Nm
Rita: Torque R = 600N × 1m = 600Nm

Como o torque de Aline é maior (800Nm) que o de Rita (600Nm), concluímos que a gangorra vai pender para o lado de Aline.

b) Calcule uma nova posição de Rita para equilibrar a gangorra.

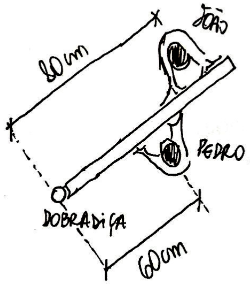
Torque = F × D
O peso de Rita é 600N, e seu torque deve ser igual ao de Aline, que é 800Nm; então:
800Nm = 600N × D
D = 800÷600 ≈ 1,3m
Ou seja, a posição de Rita deve ser a 1,3m do apoio para equilibrar a gangorra.

c) Calcule o peso de outra pessoa para sentar-se no lugar de Aline para equilibrar com Rita sentada na posição inicial.

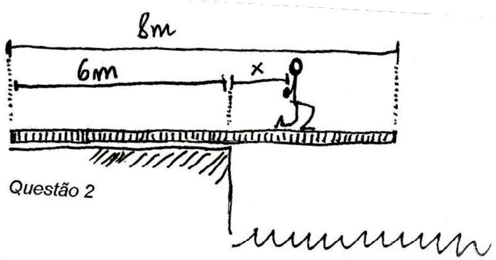
O torque de Rita inicialmente era 600Nm, e a posição em que essa pessoa vai se sentar é a de Alina, 2m. Então:
Torque = F × D
600Nm = F × 2m
F = 600÷2 = 300N
Ou seja, o peso dessa pessoa deve ser 300N, que se refere à massa de 30kg na Terra.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Pedro e João estão brincando em uma porta, competindo para ver quem consegue empurrar a porta, como mostra a figura (vista de cima). Pedro exerce 10N de força e João, 8N. Considerando os dados da figura, responda?
   a. Qual dos dois vai vencer a competição? Justifique com o torque.
   b. Qual deve ser a força do perdedor para empatar com o ganhador, mantendo-se as posições?
   c. Qual deve ser a posição do perdedor, mantendo-se as forças iniciais e a posição do ganhador, para empatar com este?



2. O pirata John foi condenado a andar sobre um prancha solta, como a figura. Considerando a massa da prancha de 50kg, a massa de John sendo 80kg e as medidas indicadas na figura, calcule a distância x a partir da qual a prancha vai começar a cair no mar. *Dica: considere que o peso (em N) da prancha pode ser considerado como estando totalmente no centro da prancha.*



Questão 2

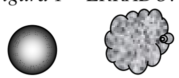
AULA 3 – Densidade

"Qual desses é mais pesado: 1kg de chumbo ou 1kg de algodão?"

Você deve ter ouvido essa "pegadinha" quando criança. A resposta, é claro, é que os dois pesos são iguais pois as massas são iguais: a gravidade "puxa" ambos para baixo com a mesma força. Mas por que algumas pessoas erram? O que elas confundem?

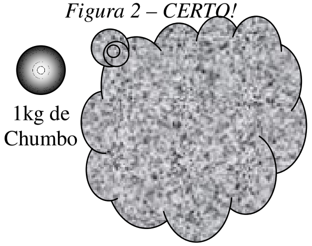
Elas imaginam os dois objetos, 1kg de chumbo e 1kg de algodão como na figura 1: com o mesmo VOLUME, isto é, imaginam que ambas as massas ocupam o mesmo espaço; se fosse assim, claro que o chumbo pesaria mais. Portanto as pessoas confundem volume com MASSAS, que é a quantidade de matéria de um corpo (quantidade de átomos). Mas na verdade o que acontece é o que está na figura 2: 1kg de algodão ocupa muito mais espaço do que 1kg de chumbo, pois sua DENSIDADE é menor, ou seja, seus átomos e moléculas estão mais espaçados uns dos outros.

Figura 1 – ERRADO!



1kg de Chumbo   1kg de Algodão

Figura 2 – CERTO!



1kg de Chumbo   1kg de Algodão

As unidades de medida e relações dessas três coisas são:

- MASSA: 1kg = 1000g
- VOLUME: $1m^3 = (100cm)^3 = 1.000.000cm^3$
  $= 1000L$
  $1L = 1000mL$
  $1mL = 1cm^3$

Então densidade é a quantidade de gramas ou quilogramas que um corpo tem por cada cm^3 ou L ou m^3 que ocupa no espaço. Por exemplo: cada 12g aproximadamente de chumbo ocupa $1cm^3$ de espaço preenchido; dizemos que sua densidade é de $12g/cm^3$. Já a água tem densidade de $1g/cm^3$, o que significa que cada 1g de água ocupa $1cm^3$ de espaço.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Sabendo que o chumbo tem $12g/cm^3$, quantos kg terá uma caixa de $1m^3$ maciça (ou seja, sem espaços vazios), feita totalmente de chumbo?**
   Imagine $1m^3$ como sendo uma caixa de 1m de largura por 1m de altura por 1m de comprimento. Quantas caixinhas de $1cm^3$ cabem nela? Como 1m = 100cm, então $1m^3 = (100cm)^3$ que é igual a $1.000.000cm^3$ como vimos no texto.
   Cada $1cm^3$ de chumbo contém 12g de massa, então $1m^3$ terá
   $$1.000.000 \times 12 = 12.000.000g$$
   de massa, que é igual a 12.000kg. Ou seja, $1m^3$ de chumbo tem massa de 12.000kg e por isso podemos dizer que a densidade do chumbo é de $12.000kg/m^3$.
   Notou que para transformar g/cm^3 para kg/m^3 é só multiplicar por 1000?
2. **A densidade de um certo tipo de aço é $7g/cm^3$. Qual o volume de 1kg de cobre?**
   Se a densidade do aço é $7g/cm^3$, isso significa que cada 7g de aço ocupa $1cm^3$ de espaço. Como 1kg tem 1000g, basta calcularmos quantas vezes 7g "cabem" em 1000g:
   $1000 \div 7 \approx 143$
   Ou seja, 1kg de aço vai ter um volume de $143cm^3$, que o mesmo que 143mL.

OBSERVAÇÃO: note que não precisamos de fórmula, apenas raciocínio proporcional; mas é bom verificar que

$$\textbf{Densidade} = \frac{\textbf{Massa}}{\textbf{Volume}} \quad \textbf{ou simplesmente} \quad d = \frac{m}{V}$$

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. "Qual é mais pesado: 1kg de chumbo ou 1kg de algodão?" Responda e explique essa questão.
2. Como as pessoas imaginam os dois objetos acima erroneamente?

3. O que as pessoas que erram a pergunta 1 confundem? Explique cada uma das 2 coisas que confundem.
4. Por que 1kg de algodão ocupa maior espaço que 1kg de chumbo?
5. O que é densidade?
6. Quais as unidades de massa e de volume e suas relações?
7. O que significa que o alumínio tem densidade de cerca de $3g/cm^3$?
8. O que significa que um objeto é maciço?
9. Qual é a regra para se transformar g/cm^3 em kg/m^3? E o contrário?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Quantos kg tem 1L de preenchido completamente com cobre? Densidade: $9g/cm^3$.
2. Para flutuar na água, um objeto deve ter uma densidade menor que a da água, que é de $1g/cm^3$. Suponha que temos um objeto metálico de massa igual a 500g e volume maciço de 100mL.
   a. Qual sua densidade em g/cm^3?
   b. Esse objeto vai boiar ou afundar na água?
   c. Qual deveria ser seu volume mínimo para flutuar na água? *Dica: use o valor da densidade da água e a massa do objeto.*
3. A densidade da gasolina é de 700g/L. Qual é sua densidade em g/cm^3? E do álcool, que é de 800g/L?
4. A gasolina vendida nos postos de combustível contém 25% de álcool. Qual é sua densidade final? Use os dados da questão anterior. *Dica: pense sempre em 1L de combustível comprado nos postos, que terá 750mL de gasolina e 250mL de álcool; calcule a massa de gasolina e a massa de álcool que contém, usando os dados e basta calcular a densidade total da mistura!*

AULA 4 – Pressão

Preste atenção a esses eventos cotidianos: se a faca está cega, é necessária mais força para cortar; se a agulha está rombuda, precisa de mais força para furar; se o trilho de trem não tivesse os dormentes de madeira, afundaria na terra com o peso do trem; os esquimós usam sapatos largos que parecem raquetes de tênis para andar na neve e não afundar com o próprio peso.

Se você estiver atento, vai perceber que em todos esses eventos a ÁREA está relacionada com a FORÇA: no caso da faca cega, a área do corte é grande; no caso da agulha rombuda, também é maior do que se estivesse afiada; os dormentes aumentam a área sobre a qual o peso do trem está; os sapatos dos esquimós também fazem com que a área seja grande e distribuem o peso.

Em todos os casos em que uma força é distribuída numa área estamos falando de PRESSÃO. Então concluímos que:

- quanto maior a FORÇA, **maior** a PRESSÃO;
- quanto maior a ÁREA sobre a qual a força está aplicada, **menor** a PRESSÃO.

Logo, a fórmula mais adequada é:

$$\textbf{PRESSÃO} = \frac{\textbf{FORÇA}}{\textbf{ÁREA}} \quad \text{ou simplesmente} \quad \mathbf{p} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}}$$

(note que p de pressão é minúsculo para não confundir com P de Peso). A fórmula não é F×A pois se aumentássemos a área que a força está aplicada, aumentaria a pressão e isto não é verdade; também não é A/F pois ao aumentar a força sobre a área, a pressão diminuiria, o que também não é verdade.

As unidades de medida são:

- FORÇA: Newtons (lembre que PESO = m×g, e na superfície da Terra, $g = 10m/s^2$).
- ÁREA: $1m^2 = (100cm)^2 = 10.000cm^2$.
- PRESSÃO: N/m^2 (N para cada $1m^2$), que é o mesmo que Pascais (Pa).
  N/cm^2 (N para cada $1cm^2$).

Portanto dizer que a pressão é de 10Pa, significa que a pressão é 10N para cada $1m^2$.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. **Uma pessoa tem pés cuja área é de $400cm^2$ e tem massa de 60kg. Qual é a pressão que essa pessoa exerce no solo, estando em pé? Calcule em Pa.**
   O peso dessa pessoa é Peso = m × g = 60 × 10 = 600N.
   A pressão portanto é Pressão = F/A = $600N/400cm^2 = 1{,}5N/cm^2$.
   Como $1m^2$ tem $10.000cm^2$, e a pessoa exerce 1,5N para cada $1cm^2$, então essa pressão equivale a 1,5 × 10.000 = $15.000N/m^2$ ou seja, 15.000Pa.
   Na engenharia, usa-se muitas vezes o prefixo KILO, então fica: 15.000Pa = 15kPa.
2. **Se uma pessoa com pés de área igual $500cm^2$ for andar na superfície de um lago congelado que quebra com a pressão de 20.000Pa, qual o peso que pode ter?**
   20.000Pa é o mesmo que $20.000N/m^2$. Como não podemos misturar unidades devemos transformar $500cm^2$ em m^2; já que $1m^2 = 10.000cm^2$, então $500cm^2 = 0{,}05m^2$.
   Pressão = Força / Área
   Queremos descobrir o peso da pessoa, que é a força:
   $20000N/m^2$ = Força / $0{,}05m^2$
   $20000N/m^2 \times 0{,}05m^2$ = Força
   Força = 1000N.
   Esse é o peso de 100kg de massa, que é o máximo que pessoa pode ter para que o gelo não quebre.

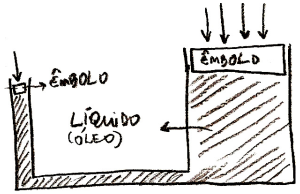
✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. O que é pressão?
2. Do que depende pressão e como?

3. Descreve a fórmula da pressão e suas unidades.
4. Para que servem os dormentes do trem? Explique com os termos pressão, área e força.
5. Como amolar uma faca a torna melhor? Explique com os termos pressão, área e força.
6. Por que a fórmula da pressão não é A/F? Explique os dois motivos.
7. O que significa 2000Pa? Explique.

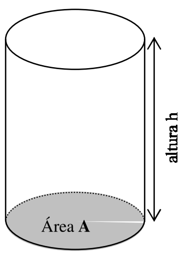
☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Quando enchemos os pneus de um carro, colocamos uma pressão de cerca de 30psi em cada pneu. 1psi equivale a aproximadamente 7000Pa. A) Transforme a pressão de 30psi para Pa. B) Sendo a massa do carro igual a 1000kg, calcule a área total dos pneus que estão em contato com o chão em m^2, e transforme para cm^2. C) Lembrando que um carro tem 4 pneus, calcule a área de cada pneu em contato com o chão.
2. Um elevador hidráulico é um tubo cilíndrico com uma extremidade de maior diâmetro que a outra; este tubo é vedado em ambos os lados por um êmbolo móvel (veja figura). Aplicando uma certa pressão em uma das extremidades, a pressão transmitida será a mesma na outra extremidade. Suponha que na extremidade maior, que tem raio de 30cm, coloquemos uma massa de 1000kg. A) Calcule o peso dessa massa em N. B) Calcule a área da extremidade maior, sabendo que a área de um círculo é dada por aproximadamente **$\pi \times Raio^2$, onde π (pi) é aproximadamente igual a 3.** C) Calcule a pressão sobre a extremidade maior em N/cm^2. D) Levando em consideração o que foi dito no início deste enunciado, calcule a força que deve ser feita na extremidade menor, que tem raio de 10cm. Dica: calcule primeiro a área desta extremidade e depois a força pedida. E) Com as respostas dos itens A e D conclua a vantagem deste mecanismo.



AULA 5 – Pressão em Líquidos

Imagine um tubo cilíndrico de altura h e área da base A cheio até a borda com um líquido de densidade d (veja a figura). Qual é a pressão no fundo deste recipiente devido ao peso do líquido distribuído na sua área de base? Vamos fazer os cálculos literais, isto é, com letras; acompanhe o raciocínio:



$$Pressão = \frac{Força}{Área} = \frac{Peso}{A} = \frac{m \times g}{A}$$

Mas lembre da aula anterior que:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \times V$$

e que portanto:

$$Pressão = \frac{d \times V \times g}{A}$$

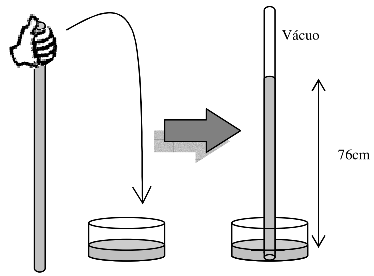
Mas o volume do cilindro é V = Área da base × Altura = A × h. Então a pressão fica:

$$Pressão = \frac{d \times A \times h \times g}{A} \Rightarrow \boxed{Pressão = d \times h \times g}$$

Note que no fim das contas, nem precisamos saber a área do cilindro, apenas a altura. Portanto, a pressão de um líquido depende da densidade deste líquido (d), da profundidade (h), e da gravidade (g). Isso significa que pressão a 1m de profundidade é a mesma, independente de estar, por exemplo, em uma lagoa ou numa piscina, se a densidade da água for a mesma.

As unidades de medida devem ser: kg/m^3 para d; metros para h; e m/s^2 para g.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*



1. **A pessoa que primeiro mediu a pressão da atmosfera foi Torricelli e o fez da seguinte forma: ele encheu totalmente um tubo fino de vidro com mercúrio (um metal líquido na temperatura ambiente), e fechando-lhe a entrada com o dedo, o virou sobre um bacia com o mesmo líquido. Depois retirou o dedo da entrada do tubo, com esta mergulhada no líquido da bacia. Torricelli notou que o mercúrio do tubo desceu até a altura de 76cm (veja figura), mesmo sem entrar ar nenhum no tubo (a parte vazia ficou em vácuo). Ele entendeu, então, que o que estava "segurando" aquele mercúrio era a pressão atmosférica atuando sobre a superfície do mercúrio na bacia, e que esta só era capaz de "segurá-lo" até um total de 76cm. Calcule a pressão da atmosfera, sabendo que a densidade do mercúrio é de $13,6g/cm^3$ e que $g=10m/s^2$.**

   A pressão da atmosfera é o que estava equilibrando o mercúrio dentro do tubo, então deve ser igual à pressão nesta profundidade de mercúrio.
   $d = 13,6g/cm^3 = 13.600kg/m^3$ (lembre que para transformar, basta multiplicar por 1000)
   $h = 76cm = 0,76m$; $g = 10m/s^2$
   Então:

   Pressão Atmosférica = 13.600 × 0,76 × 10 = 103.360Pa.

   Geralmente aproximamos esse número para 100.000Pa, que é o mesmo que $100.000N/m^2$, ou seja, 100.000N de força para cada $1m^2$; essa força é o peso de 10.000kg!

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Deduza a fórmula da pressão em líquidos.
2. Quais as unidades de medida da fórmula encontrada acima?

3. Podemos dizer que pressão em uma lagoa é diferente da pressão na mesma profundidade em uma piscina se a densidade da água for igual? Explique.
4. Qual era o objetivo da experiência de Torricelli?
5. Descreva brevemente esta experiência.
6. Descreva o valor da pressão atmosférica.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

Em todos os exercícios onde for necessário, use densidade da água igual a $1g/cm^3$ (transforme para kg/m^3 se preciso!), e $g=10m/s^2$.

1. A pressão arterial máxima do ser humano é 12cm de mercúrio (ou 12cmHg). Isso significa que se na experiência de Torricelli acima substituíssemos a pressão atmosférica pela arterial, esta conseguiria "segurar" apenas uma coluna de 12cm do mercúrio. A) Calcule, em Pa, a pressão arterial máxima do ser humano; B) explique o significado do resultado anterior em termos de força (em Newtons) e área (em m^2).
2. Até que altura o coração humano poderia bombear água com esta pressão máxima? Use a resposta A do exercício anterior.
3. Em um chuveiro vem escrito "Pressão mínima de trabalho: 10kPa". Lembrando que k significa 1000, 10kPa = 10.000Pa. Essa pressão mínima é dada pela profundidade entre o nível de água na caixa d'água e o chuveiro, como na figura. Calcule essa profundidade para que o chuveiro funcione normalmente.

AULA 5 – Empuxo

Conta-se que há mais de 2000 anos atrás, o rei Hirão da cidade de Siracusa, atualmente na Grécia, recebeu um monte de barras de ouro e com 5kg delas mandou que um ourives fizesse uma coroa. Quando a recebeu, teve a sensação que estava mais leve, mas não queria destruí-la para verificar se tinha cobre misturado. Então mandou que Arquimedes (o cientista do reino), verificasse se a coroa era de ouro puro ou não, mas sem estragar a coroa. Depois de meses pensando, Arquimedes descobriu que quando um corpo é mergulhado em um líquido, recebe uma força para cima que é igual ao peso do líquido que esse corpo desloca (pois dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo). Esse ficou conhecido como **princípio de Arquimedes**, e a força para cima que o líquido exerce sobre o objeto é chamada empuxo. É por causa do empuxo que parece que os objetos ficam mais leves quando embaixo d'água.

Arquimedes usou este princípio mergulhando a coroa de 5kg na água, e também 5kg de ouro puro. Percebeu então que coroa recebia mais empuxo do que o ouro puro, o que indicava

que o a coroa deslocava mais água com seu volume e que, portanto, continha cobre misturado (pois o cobre é menos denso).

Esse princípio é importante principalmente na construção de barcos e outros objetos flutuantes.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Calcule o empuxo que uma garrafa pet de 2L lacrada e vazia recebe quando é mergulhada totalmente na água.

A garrafa de 2L desloca 2L de água se estiver fechada. Portanto, como o empuxo é igual ao peso da água deslocada, neste caso o empuxo é igual ao peso de 2L de água.
2L de água tem 2000mL, e a densidade da água é $1g/cm^3$, que é o mesmo que 1g/mL.
Portanto, 2L de água tem 2000g que é o mesmo que 2kg (você achar melhor memorizar que a densidade da água é 1kg/L).
O peso de 2L de água é portanto $m \times g = 2kg \times 10m/s^2 = 20N$.
Então o empuxo da água sobre a garrafa é de 20N.

2. Um martelo totalmente de ferro maciço de 1kg é mergulhado no mercúrio, um metal líquido na temperatura ambiente cuja densidade é $13,6g/cm^3$. Qual é o empuxo do mercúrio nesse martelo? A densidade do ferro é de $8g/cm^3$ aproximadamente.

1kg de ferro tem 1000g de ferro. Como cada 8g deste metal ocupa $1cm^3$, então esse martelo tem um volume igual a $1000 \div 8 = 125cm^3$.
Portanto quando mergulhado em mercúrio, este martelo desloca $125cm^3$ de mercúrio.
Como o mercúrio tem densidade de $13,6g/cm^3$, estes $125cm^3$ de mercúrio tem $125 \times 13,6 = 1700g$ que é o mesmo que 1,7kg.
O peso deste mercúrio deslocado é então $1,7kg \times 10m/s^2 =$ **17N**, que é o empuxo sobre o martelo.

Observe que o peso do martelo é de $1kg \times 10m/s^2 = 10N$, que é menor que o empuxo; portanto esse martelo vai flutuar no mercúrio.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

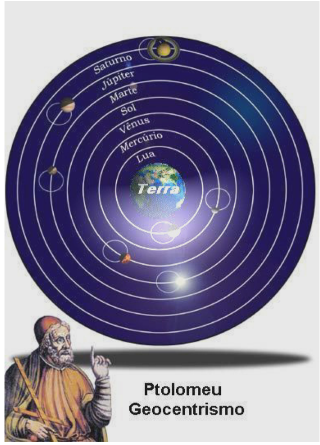
1. Qual foi a suspeita do rei Hirão e por quê?
2. O que o rei pediu a Arquimedes?
3. O que é empuxo?
4. Qual foi o princípio descoberto Arquimedes?
5. Por que os objetos parecem mais leves quando submersos?
6. Como Arquimedes usou este princípio para descobrir se a coroa era de outro puro ou não?
7. Por que um objeto de ferro flutua no mercúrio?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Tendo o ferro densidade igual a $8g/cm^3$, calcule o empuxo que recebe quando 1kg maciço desse material é mergulhado na água. A densidade da água é de $1g/cm^3$.
2. Como poderíamos fazer 1kg de ferro flutuar na água? *Dica: pense no volume que deve ter um objeto de 1kg para poder receber um empuxo da água que é igual ao seu peso.*
3. Um certo objeto tem peso de 20N, e quando colocado na água, seu peso aparentemente diminui para 16N. A) Qual é o empuxo da água sobre este objeto? B) Qual é o volume deste objeto? C) Qual é a massa deste objeto? D) Qual é a densidade deste objeto?

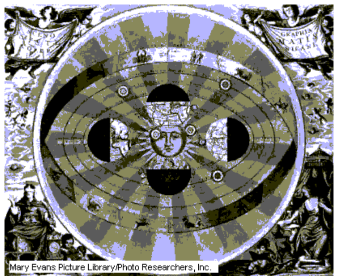
AULA 6 – História da Astronomia

Observar as estrelas e contá-las sempre esteve na história do homem: a previsão das estações do ano para colheitas, determinação de rotas de viagem e até a previsão do futuro das pessoas sempre foi papel dos chamados "astrólogos" que para isso deviam conhecer muito bem os astros – as estrelas, os planetas e os cometas.



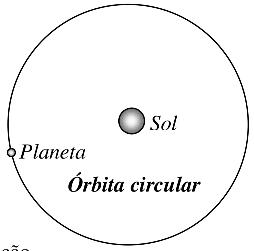
Ptolomeu
Geocentrismo

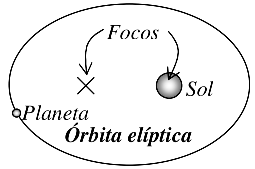
As primeiras noções sobre o universo eram geocêntricas, ou seja, com todos os outros planetas, estrelas, Lua e inclusive o Sol girando ao redor da Terra, que era o centro de tudo. Veja na figura ao lado que esse sistema era bem complicado, com os planetas girando em torno de um ponto vazio que girava em torno da Terra. Essa teoria foi muito bem solidificada pelo grego Ptolomeu desde cerca do ano 200, que fez extensas tabelas de previsões que se encaixavam muito bem com as observações. Até o ano aproximado de 1500 todos os astrólogos usavam essas tabelas para fazer suas previsões. Mas mais ou menos neste ano apareceu o polaco Copérnico que percebeu que os cálculos das previsões ficavam mais simples e mais corretos colocando o Sol no centro de tudo, com apenas a Lua girando em torno da Terra: nascia o heliocentrismo. Tudo girava em torno do Sol em órbitas circulares. Como na época a ciência era dominada pela Igreja, Copérnico teve muito medo de divulgar sua idéia pois o geocentrismo era praticamente uma doutrina da fé religiosa. Foi o italiano Galileu, em torno de 1580, um dos maiores divulgadores do heliocentrismo, e por isso: foi preso pela Inquisição da Igreja, e teve que se retratar em público para não ser torturado e morto. Mesmo assim Galileu continuou suas pesquisas, e descobriu muitas outras coisas: aperfeiçoando a luneta, Galileu descobriu a Lua tinha montanhas e vales, que o planeta Júpiter tinha luas que giravam ao redor dele, que Saturno tinha "orelhas" (ele fez essa anotação, mas depois descobriram que eram anéis), que a Via Láctea era uma infinidade de estrelas muito distantes, e muito mais. Na mesma época, o alemão Kepler – que também aceitou o heliocentrismo –, usando as medidas de anos da vida de seu professor Tycho Brahe, calculou e desenhou as órbitas dos planetas conhecidos e foi então que a astronomia moderna começou a sai da astrologia, que envolvia muitas crenças supersticiosas.



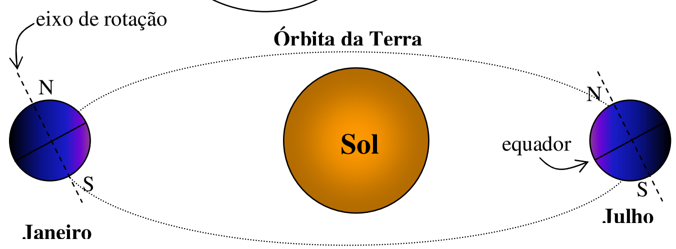
Ao longo de sua vida inteira, Kepler descobriu 3 leis que regiam o movimento dos planetas em torno do Sol:

1ª Lei de Kepler: As órbitas dos planetas **NÃO** são circulares, mas sim elípticas. Uma elipse parece um círculo achatado com dois pontos principais chamados focos.





Portanto, ao girar em torno do Sol (translação), o planeta fica um tempo afastado do Sol, e um tempo perto do Sol. Alguns entendem erroneamente que é por isso que temos, durante o ano, o Verão e o Inverno: quando a Terra estivesse longe do Sol seria inverno, e vice-versa. Isso não é verdade pois verão e inverno acontecem ao mesmo tempo na Terra: enquanto é inverno no Hemisfério Sul, é verão no Norte, o vice-versa.



Isso se explica com a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita em todo do Sol (veja a figura). Em janeiro, o hemisfério sul fica mais tempo exposto ao sol durante o dia do que o hemisfério norte; já em julho se dá o contrário. Essa explicação nada tem a ver com a 1ª lei de Kepler.

2ª Lei de Kepler: quando um planeta está mais próximo do Sol, ele fica proporcionalmente mais rápido e quando está longe do Sol, ele fica proporcionalmente mais devagar.

O ponto mais distante do Sol em uma órbita se chama AFÉLIO, e o ponto mais perto, PERIÉLIO. Isso significa que o planeta fica mais rápido do periélio e mais devagar no periélio.

E se a distância em um caso for o dobro que em outro, a velocidade será a metade; e assim segue o mesmo raciocínio para o caso do triplo da distância, etc..

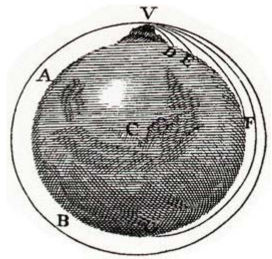
3ª Lei de Kepler: o quadrado do período de translação do planeta dividido pelo cubo do raio médio de sua órbita é uma constante.

Por exemplo, a distância média da Terra ao Sol é 1 Unidade Astronômica (UA), e seu período de translação é 1 ano. Fazendo as contas: $(1\ ano)^2/(1\ UA)^3 = 1$. Já a distância média de Marte ao Sol é de 1,52 UA e seu período de translação de 1,88 ano. Fazendo as contas: $(1{,}88\ ano)^2/(1{,}52\ UA)^3 = 1$ (aproximadamente). Qualquer planeta dará este valor de acordo com esta lei.

Se aplicarmos essa lei para a Lua e outro satélite artificial da Terra, também veremos T^2/R^3 é um valor constante para ambos. A conclusão é que quanto mais distante do Sol, mas devagar o planeta fica, mas desta vez não de maneira proporcional como na lei anterior.

Logo após Kepler, em torno de 1660, o inglês Newton veio a explicar o por quê de todas as conclusões de seus antecessores astrônomos. Com suas 3 leis do movimento, por exemplo, Newton explicou que uma maçã caía na Terra pelo mesmo motivo que a Lua ficava a girar em torno da Terra: uma força as atraía, e esta força é chamada FORÇA DA GRAVIDADE. Por causa desta força a Lua, que tem uma certa velocidade, não sai em linha reta: a força da gravidade entre a Terra e a Lua a "obriga" a fazer a curva de sua órbita – se estivesse mais rápida a órbita seria maior, e se estivesse mais devagar, a órbita seria menor.

Outra explicação dada por Newton é que devido a força da gravidade entre a Terra e o Sol ser a mesma (ação e reação têm valores iguais e direções opostas, 3ª lei de Newton), a Terra é quem gira em torno do Sol, e não o contrário, pois quanto menor a massa maior a aceleração (2ª lei de Newton).



Foi Newton quem deu a primeira idéia de um satélite artificial (isso em torno de 1660, sendo que o primeiro satélite foi lançado cerca de 300 anos depois, pela Rússia!). Ele imaginou que se um canhão atirasse um projétil do alto de uma montanha, o projétil cairia a certa distância do pé da montanha; se atirasse com mais velocidade, o projétil cairia mais longe, curvando-se mais do que curvatura da Terra. Ele então imaginou que houvesse uma velocidade tal que a curvatura do projétil ao cair fosse igual à curvatura da Terra; neste caso, embora o projétil estivesse caindo, não chegaria nunca ao chão, entrando em órbita! É isso o que ocorre com os astronautas dentro dos ônibus espaciais em órbita em torno da Terra: eles estão "caindo" juntamente com a nave, pois a aceleração da gravidade não depende da massa. Então eles têm a IMPRESSÃO de que estão sem peso.

Finalmente Newton também explicou que os planetas ficam mais devagar quando próximos do Sol por que a força da gravidade diminui com a distância;

dobrando-se a distância, por exemplo, a força da gravidade diminui 4 vezes; triplicando-se a distância, a força da gravidade diminui 16 vezes, e assim sucessivamente, pois a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Por outro lado, quanto maior a massa dos planetas envolvidos, maior a força da atração gravitacional, em proporção direta. Se dobrarmos a massa de um planeta, sua força de atração gravitacional ao Sol será o dobro.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Cite alguns motivos pelos quais o homem sempre estudou os astros.
2. O que é o Geocentrismo? Faça um desenho esquemático.
3. O que é o Heliocentrismo? Faça um desenho esquemático.
4. Para resumir a história da ciência, faça uma tabela com as seguintes colunas: ANO, CIENTISTA, CONTRIBUIÇÕES PRINCIPAIS (resumo breve), desde Ptolomeu até Newton.
5. Explique a 1ª lei de Kepler.
6. O que gera as estações do ano? Inclua desenhos esquemáticos nas esplicações.
7. O que acontece com a velocidade um planeta no afélio? E no periélio?
8. Qual lei de Kepler permite a resposta acima?
9. O raio da órbita de Júpiter é 5,20 UA. Com a terceira lei de Kepler, calcule seu período de translação.
10. O raio da órbita de Mercúrio é de 0,24 UA. Calcule seu período como no exercício anterior.
11. O que tem de semelhante entre esse dois eventos: Lua girando em torno da Terra e maça caindo?
12. Por que a Terra permanece girando em torno do Sol?
13. O que aconteceria se a Terra diminuísse sua velocidade? E se aumentasse?
14. Por que é a Lua quem "mais gira" em torno da Terra e não o contrário? (Dizemos "mais gira" pois a Terra também se movimenta um pouco com a atração da Lua).
15. Explique o princípio de um satélite artificial.
16. Podemos dizer que os astronautas dentro de um ônibus espacial em órbita flutuam porque não tem gravidade naquela altura?
17. O que acontece com a força da gravidade com a distância entre os corpos?

Você já percebeu quanta coisa ao nosso redor está relacionada às idéias de calor e temperatura? Vejamos: o nosso corpo libera calor através de reações químicas que ocorrem constantemente nas células e mantém a temperatura constante; quando atritamos uma coisa com outra, elas esquentam (aumentam a temperatura); o carro, para funcionar, queima um combustível que libera energia em forma de calor, e uma parte deste calor aquece o seu capô e podemos sentir esse calor; o Sol emite calor em todas as direções e uma parte atinge a Terra e propicia que a natureza "ande" por aqui. E poderíamos continuar essa lista por mais quantas páginas quiséssemos.

Neste bimestre vamos conhecer alguns fenômenos térmicos e entendê-los qualitativa e quantitativamente, ou seja: vamos entender os conceitos e aprender a calcular os seus efeitos. Vamos entender como se fazem as **medidas de temperatura**, como acontece a **dilatação dos corpos** com o aquecimento e o contrário também, e alguns **efeitos do calor** nos corpos.

AULA 1 – Escalas Mais Usadas de Temperatura.

Quando um corpo recebe uma certa quantidade de energia, suas moléculas podem ficar mais agitadas; por exemplo, quando esfregamos nossas mãos estamos fornecendo energia às suas moléculas. Essa energia, que é chamada calor, faz com que as moléculas fiquem mais vibrantes, agitadas.

Temperatura é justamente uma forma de medir, indiretamente, o **estado de agitação** das moléculas de um corpo. Note que temperatura não é uma medida de calor, pois calor é energia.

Temperatura pode ser medida com um termômetro, que nada mais é do que um tubo de vidro que contém um líquido (ver foto ao lado). Esse líquido dilata-se ao receber calor e sobe pelo tubo; a temperatura é dada de acordo com a altura do líquido no tubo. A numeração que se dá à essa altura é a "escala de temperatura" do termômetro, e existem três mais usadas no mundo.

Toda escala de temperatura possui dois **pontos fixos**: quando o gelo está derretendo, sua temperatura não muda enquanto não derreter todo; e também quando a água está fervendo a temperatura fica constante enquanto houver água fervendo. Então usa-se esses pontos fixos para fabricar uma escala de temperatura.

No Brasil e muitos outros países, usa-se a escala CELSIUS. Nessa escala, a temperatura do gelo derretendo é de 0°C (lê-se "zero grau Celsius"), e a da água fervendo é de 100°C ("cem graus Celsius"). Lembre que essas temperaturas não mudam enquanto todo o corpo não terminar de mudar de fase (de sólido para líquido ou de líquido para vapor).

Nos EUA, Canadá e alguns outros países usa-se a escala FAHRENHEIT (lê-se "fárenráit"). Nessa escala atribui-se a temperatura do gelo derretendo o valor de 32°F ("graus fa-

hrenheit"), e a água fervendo, 212°F. Note que 212-32=180°F, essa é a diferença entre os dois pontos fixos, em graus Fahrenheit.

A escala usada no meio científico é a escala KELVIN. O gelo derretendo tem temperatura de 273K (não lemos "grau Kelvin", mas apenas "273 Kelvins"), e a água fervendo, 373K. A particularidade dessa escala é que 0K significa que não há agitação molecular nenhuma (e isso nunca foi atingido em lugar nenhum). Por isso dizemos que a escala Kelvin é uma escala absoluta.

Note que para transformar °C em K basta **somar** 273.

Para transformar °F em °C, usa-se uma simples regra-de-três, como no exemplo.

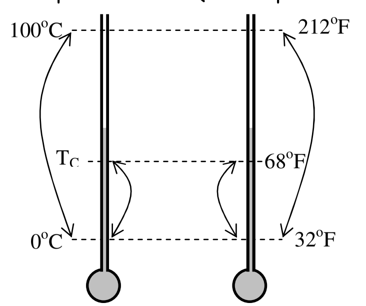
✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Chegando em Nova Iorque, você lê no termômetro do aeroporto: 68°F. Que temperatura será essa em °C?

Resposta:

Observe o desenho das duas escalas ao lado, onde colocamos os dois pontos fixos, que têm a mesma posição nas duas escalas, mas valores diferentes. Colocamos também o valor que queremos encontrar e o valor dado, que também têm a mesma altura mas valores diferentes.

*Então fazemos uma regra-de-três com os **intervalos indicados pelas setas** na figura:*



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{68 - 32}{212 - 32} \rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{36}{180}$$

Multiplicando em "cruz":

$$T_C \cong 180 = 36 \cong 100$$

$$T_C = \frac{36 \cdot 100}{180} = 20°C$$

Portanto, se você chegar em Nova Iorque e a temperatura for 68°F, isso é o mesmo que 20°C.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

2. O que é calor?
3. O que é temperatura?
4. Como é possível medir a temperatura de um corpo e como funciona?
5. O que é escala de temperatura?
6. O que são os pontos fixos de uma escala?
7. Quais são as três escalas mais usadas no mundo e onde são usadas?
8. Quais são os pontos fixos de cada uma das três escalas da resposta anterior?

9. Qual é a principal característica da escala Kelvin?
10. Como se transforma °F para °C?
11. Como se transforma K para °C?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

5. Ao chegar na Inglaterra um turista brasileiro lê num termômetro que está fora do avião: 54°F. Para saber se isto é frio ou quente, ele precisa transformar para °C. Faça-o.
6. Numa determinada experiência, um técnico de laboratório precisa misturar produtos a 300K mas tem apenas um termômetro que mede em °F.
   a. Calcule a quantos °C corresponde o valor dado.
   b. Calcule a quantos °F corresponde o valor obtido no item anterior.
7. O ouro passa a ser supercondutor à temperatura de 4K. Calcule essa temperatura em °C e também em °F.
8. Transforme 300K em °F.
9. Calcule a temperatura que tem o mesmo valor nas duas escalas: Fahrenheit e Celsius.
10. Calcule a temperatura que tem o mesmo valor nas duas escalas: Fahrenheit e Kelvin.

AULA 2 – Escalas Genéricas de Temperatura.

Qualquer pessoa pode atribuir qualquer valor para os dois pontos fixos (fusão do gelo e vaporização da água), e assim criar uma nova escala de temperatura. Siga o exemplo a seguir para entender como isso é feito.

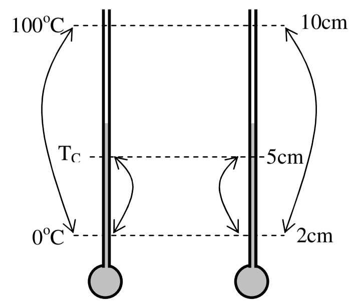
✠ *Exemplo (entendendo como aplicar).*

Um aluno encontrou um termômetro que não tinha nenhuma escala. Colocou-o então no gelo derretendo e viu que a coluna de líquido estabilizava a uma altura de 2cm; depois o colocou na água fervente e viu que a altura passava a ser 10cm. No fim, deixou o termômetro na sala durante um tempo e a altura estabilizou na altura de 5cm. Qual é a temperatura da sala?

Resposta:

Basta fazer um desenho parecido com o exemplo da aula anterior, com todos os dados fornecidos: 2cm corresponde a 0°C, 10cm corresponde a 100°C, 5cm corresponde a T_C que queremos calcular.

*Então fazemos a __regra-de-três com os **intervalos indicados pelas setas**__:*



$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{5 - 2}{10 - 2} \rightarrow \frac{T_C}{100} = \frac{3}{8}$$

Multiplicando em "cruz":

$$T_C \cdot 8 = 3 \cdot 100$$

$$T_C = \frac{3 \cdot 100}{8} = 37{,}5°C$$

Portanto a temperatura da sala indicada pela altura de 5cm no termômetro sem escala equivale a 37,5°C.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. A escala X de temperatura atribui o valor de 30°X para o ponto de fusão do gelo e 150°X para o ponto de ebulição da água. Calcule a quantos graus X equivale a temperatura de 20°C.
2. O Dr. Scki Zihtu inventou uma nova escala de temperatura, a escala Zihtu. Nessa escala, o gelo derretendo tem a temperatura de 15°Z ("graus Zihtus"), e a água fervendo tem a temperatura de 445°Z. Usando um termômetro graduado na escala Zihtu para medir a temperatura de uma pessoa obteve o valor de 163,4°Z. Essa pessoa está com febre? Dica: calcule a temperatura em °C primeiro.
3. Um menino encontrou um termômetro sem escala, cuja altura da coluna de líquido era de 3cm se colocado no gelo derretendo, e 13cm se colocado na água fervente. Qual é a temperatura, em °F, se a altura for de 4cm?
4. A escala Y de temperatura atribui o valor de 50°Y para o ponto de fusão do gelo e 100°Y para a temperatura de 40°F. Qual é a temperatura de ebulição da água nessa escala Y?
5. Com um termômetro a gás foram obtidos os valores de 250mmHg (milímetros de mercúrio) para o primeiro ponto fixo e 550mmHg para o segundo. Responda:
   a. Determine a equação de conversão entre a escala Celsius e a temperatura medida pela pressão.
   b. Determine a marcação na escala Celsius que corresponde a 460mmHg.
6. Um cientista russo cria uma nova escala de temperatura e dá a ela o nome de seu filho Yuri. Nessa escala a temperatura de fusão do gelo é –20°Y e a temperatura de ebulição da água vale 120°Y. Utilizando um termômetro graduado nessa escala para medir a temperatura corporal de seu filho, o cientista encontra o valor de 36°Y.
   a. Calcule a temperatura na escala Celsius.
   b. O garoto está com febre ou hipotermia?

AULA 3 – Dilatação e Contração Térmica.

Há várias formas para um corpo receber energia (calor) de outro: por contato, por irradiação luminosa, por correntes gasosas ou líquidas, por atrito, etc.. Quando um corpo recebe calor de outro, suas moléculas passam ter mais movimento de vibração em suas posições, e isto é sentido como aumento da temperatura. Ao ficarem mais agitadas, as moléculas empurram-se umas às outras, aumentando o espaço entre elas. Sendo assim o corpo como um todo aumenta de tamanho com o aumento da temperatura, ao que chamamos de **dilatação térmica**. O processo é inverso se o corpo está perdendo calor (energia) para outro corpo, isto é, esfriando; então temos a **contração térmica**.

Note que pelo fato das moléculas se afastarem umas das outras, um furo em uma chapa de metal, por exemplo, também aumenta de tamanho se a chapa esquentar, ao invés de diminuir.

Como a dilatação é um efeito muito pequeno em coisas dos tamanhos cotidianos, quase não a percebemos; no entanto esses efeitos podem ser vistos em diversas aplicações: quando um pedreiro faz uma calçada, por exemplo, deve deixar alguns vãos a cada 2m mais ou menos; esses vãos são chamados "juntas de dilatação". Se não tiver essas juntas, a calçada que amanhece fria e esquenta com o sol de meio-dia, dilata, e não tendo para onde "crescer", racha-se e diversos pontos; ou ainda pode ser que rache ao **contrair**, quando voltar a esfriar à noite.

Nas linhas de trens, os trilhos não devem ser muito compridos pois pode ocorrer a dilatação ao esquentarem com o sol e entortarem, como aconteceu com os trilhos da foto ao lado. Por isso os trilhos também devem ter juntas de dilatação (figura ao lado).

O mesmo se dá com pontes, fios elétricos, tanques de combustíveis, etc.. Tudo dilata com o aumento da temperatura.

Quando a dilatação é referente a um comprimento (um fio, um trilho, etc.), então temos a **dilatação linear**, que é calculada com:

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

onde ΔL ("delta L") é o aumento no comprimento, L_0 ("L zero") é o comprimento inicial e ΔT ("delta T") é a variação de temperatura. Cada material tem um valor de α (letra grega "alfa"), que o coeficiente de dilatação linear. Por exemplo, o coeficiente de dilatação do chumbo é 0,000027/°C. Isso significa que cada m de chumbo dilata 0,000027m a cada °C de aumento da temperatura; poderíamos também colocar cm ou mm no lugar de m da frase anterior,

pois o coeficiente não depende da unidade de medida de comprimento. Já o aço tem coeficiente de dilatação igual a 0,000012/°C, o que significa que dilata menos do que o chumbo.

Quando a dilatação é referente a uma superfície (uma calçada, uma chapa de ferro, um vidro de janela, etc.), então dizemos **dilatação superficial**, que é calculada com uma fórmula semelhante à anterior, apenas com a troca de algumas letras:

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

onde ΔS é a aumento da superfície, S_0 é a superfície inicial e β (letra grega "beta"), é o coeficiente de dilatação superficial. Também temos que $\boxed{\beta = 2 \cong \alpha}$. Lembre ainda que superfície é medida em m² (metros quadrados) ou cm², mm², etc.

Finalmente, quando nos referimos à dilatação de um volume (um recipiente, um tanque, uma caixa-d'água, etc.), dizemos **dilatação volumétrica**, que é calculada com:

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

onde ΔV é a aumento do volume, V_0 é o volume inicial e γ (letra grega "gama"), é o coeficiente de dilatação volumétrica. Também temos que $\boxed{\gamma = 3 \cong \alpha}$. Lembre ainda que volume é medido em m³ (metros cúbicos) ou cm³, mm³, etc., ou ainda em litros (L).

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Um trilho de trem mede 500m de comprimento e de manhã tem a temperatura de 10°C. Ao chegar o meio-dia, sua temperatura passa a ser de 70°C. Calcule a dilatação linear deste trilho sabendo que é feito de aço que tem coeficiente de dilatação igual a 0,000012/°C.
   Resposta: *tendo os dados:*
   L_0=500m; α=0,000012/°C; ΔT = 70-10 = 60°C
   basta usar a fórmula da dilatação linear:
   $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ → $\Delta L = 500 \cdot 0{,}000012 \cdot 60$ → $\Delta L = 0{,}36m$
   Logo o trilho vai dilatar 0,36m, ou seja, 36cm; esta quantidade é suficiente para entortar bem qualquer trilho se não houver junta de dilatação.
2. Uma caixa d'água tem capacidade de 1000L se a temperatura for de 20°C. No verão sua capacidade chega a 1005L, quando a temperatura pode chegar a 50°C no local onde está.
   a) Calcule o coeficiente de dilatação volumétrica do material de que é feita a caixa.
   Resposta: *tendo os dados:*
   V_0=1000L; ΔV = 1005-1000 = 5L; ΔT= 50-20 = 30°C
   Basta usar a fórmula da dilatação volumétrica:
   $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$ → $5 = 1000 \cdot \gamma \cdot 30$ → $\gamma = \frac{5}{1000 \cdot 30} \cong 0{,}000016/°C$
   Portanto a caixa-d'água é feita de um material que tem coeficiente de dilatação volumétrica igual a 0,000016/°C.

b) Calcule também o coeficiente de dilatação linear.

Temos:

$$\gamma = 3 \cong \alpha \rightarrow 0{,}000016 = 3 \cong \alpha \rightarrow \alpha = \frac{0{,}000016}{3} = 0{,}000005/°C$$

Portanto o coeficiente de dilatação linear do material da caixa é 0,000005/ºC.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Cite algumas formas que um corpo pode transmitir calor para outro.
2. Explique porque um corpo se dilata quando recebe calor.
3. Explique porque um corpo se contrai quando perde calor (é o oposto da explicação do item anterior).
4. Por que um buraco numa chapa de metal aumenta de tamanho com o aumento da temperatura?
5. O que são juntas de dilatação?
6. O que pode acontecer com calçadas e trilhos de não houverem juntas de dilatação?
7. Cite três situações do dia-a-dia em que a dilatação térmica é importante.
8. O que é dilatação linear, superficial e volumétrica?
9. Escreva as três fórmulas das dilatações mencionadas acima, dizendo o que significa cada variável.
10. O que significa dizer que a dilatação superficial do vidro é 0,000003/ºC?
11. Quais as unidades de medida de comprimento, superfície e volume?
12. Escreva a relação matemática entre α e β, e também a relação matemática entre α e γ.

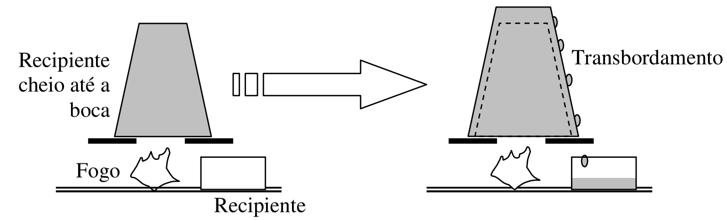
☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Ao abastecer, compramos litros de combustível. Em qual hora do dia há mais vantagem econômica em abastecer: de manhãzinha ou ao meio-dia? Explique.
2. Para abrir a tampa de um vidro de conserva (de azeitonas, por exemplo), basta aquecer um pouco a tampa. Isso faz com que a tampa dilate e solte mais facilmente da rosca de vidro. Mas se ao aquecer a tampa, o vidro também aquece e dilata, porque mesmo assim fica mais fácil soltar a tampa? Dica: pense nos coeficientes de dilatação.
3. Um caminhão tanque carregou 10.000L de álcool em Santos, onde a temperatura era de 30°C. Foi então para Campos do Jordão, onde descarregou à temperatura de 10°C. O coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de 0,00012/°C.
   a) O volume descarregado foi maior ou menor do que o carregado? Por que?
   b) Calcule a diferença, em litros, do volume descarregado.
4. Um fio de cobre tem comprimento de 10m à temperatura de 30°C. Ao aquecê-lo, seu comprimento passa a ser de 10,01m. Sabe-se que o coeficiente de dilatação linear do cobre é de 0,000017/ºC.
   a) Calcule os coeficientes de dilatação superficial e volumétrica do cobre.

   b) Calcule a variação de temperatura sofrida pelo fio de cobre.
   c) Calcule a temperatura final do fio de cobre.
5. Uma calçada mede 2m por 10m e foi concretada sem juntas de dilatação. Durante o dia, desde a manhã até o meio-dia, sua temperatura aumenta de 20°C para 50°C no verão. Supondo que o concreto tenha coeficiente de dilatação linear igual a 0,000005/ºC, calcule:
   a) o coeficiente de dilatação superficial do concreto;
   b) a área inicial da calçada;
   c) a dilatação da calçada em m² e em cm² (1m² = 100²cm² = 10.000cm²).

AULA 4 – Dilatação Aparente de Líquidos.

Observe na figura seguinte o que acontece quando um recipiente totalmente cheio de um líquido é aquecido, sem atingir a fervura:



A quantidade de líquido transbordado é o que chamamos de "dilatação aparente", porque o líquido na verdade dilatou mais do que essa quantidade. Note que o recipiente também dilatou, mas menos do que o líquido: por isso houve o transbordamento. Assim o recipiente ficou com um pouco da dilatação do líquido. Portanto, a dilatação real do líquido é a soma da do recipiente com a aparente:

$$\Delta V_{líquido} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$$

Ou, em termos dos coeficientes,

$$\gamma_{líquido} = \gamma_{aparente} + \gamma_{recipiente}$$

✠ *Exemplo (entendendo como aplicar).*

Um recipiente de vidro de 1000mL está cheio até a borda com um líquido cujo coeficiente de dilatação é 0,00008/ºC, à temperatura de 20°C. O coeficiente de dilatação do vidro é 0,00005/ºC. O recipiente é então aquecido até a temperatura de 90°C.

a) Calcule a dilatação do líquido.
   Resposta: *basta usar a fórmula da dilatação volumétrica, sendo que ΔT=90-20=70ºC.*
   $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \rightarrow \Delta V = 1000 \cdot 0{,}00008 \cdot 70 \rightarrow \Delta V = 5{,}6mL$

Portanto o líquido dilata 5,6mL.

b) Calcule a dilatação do recipiente.
   Resposta: *basta usar a fórmula da dilatação volumétrica, sendo que ΔT=90-20=70ºC.*

$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$ → $\Delta V = 1000 \cdot 0{,}00005 \cdot 70$ → $\Delta V = 3{,}5mL$

Portanto o líquido dilata 3,5mL.

c) Calcule a dilatação aparente do líquido.

Resposta:

$$\Delta V_{líquido} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$$
$$5{,}6 = \Delta V_{aparente} + 3{,}5$$
$$\Delta V_{aparente} = 5{,}6 - 3{,}5 = 2{,}1mL$$

A dilatação aparente do líquido, que é a quantidade que vai transbordar, é 2,1mL.

d) Calcule o coeficiente de dilatação aparente do líquido.

$$\gamma_{líquido} = \gamma_{aparente} + \gamma_{recipiente}$$
$$0{,}00008 = \gamma_{aparente} + 0{,}00005$$
$$\gamma_{aparente} = 0{,}00008 - 0{,}00005 = 0{,}00003/°C$$

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. O que acontece quando um recipiente cheio até a boca é aquecido?
2. O que é dilatação aparente?
3. Por que a dilatação aparente tem esse nome?
4. Qual as relações matemáticas entre a dilatação aparente e a dilatação real do líquido?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Um frasco, cuja capacidade a 0°C é 2000mL, está completamente cheio de um determinado líquido. O conjunto foi aquecido de 0°C a 100°C, transbordando 14mL. Determine:
   a) o coeficiente de dilatação aparente desse líquido;
   b) o coeficiente de dilatação do líquido, sabendo-se que o coeficiente de dilatação do frasco é de 0,00005/°C.
2. Um frasco está inteiramente cheio com 2 litros (2.000mL) de um determinado líquido, que tem coeficiente de dilatação volumétrico 0,0005/°C. Aquecendo-se o conjunto de 50°C, nota-se transbordamento de 47mL de líquido.
   d) Calcule o coeficiente de dilatação volumétrico do material de que é feito o frasco.
   e) Calcule o coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o frasco.

AULA 5 – Calor Específico.

Calor é uma forma de energia que é medida em CALORIAS (cal). Para se ter idéia da quantidade de energia que 1cal representa, basta saber que 1g de gasolina libera, ao queimar, 11.000cal; já 1g de álcool libera 6.400cal.

Quando um corpo recebe calor suas moléculas ficam mais agitadas. Essa agitação pode ser medida indiretamente pela temperatura. No entanto, cada material varia sua temperatura de maneira diferente para a mesma quantidade de calor recebida. Por isso quando vamos à praia, sentimos a areia seca bem mais quente que a água do mar: com a mesma quantidade de calor que estão recebendo do Sol, a areia eleva muito mais a sua temperatura do que a água.

A mesma coisa se dá com o óleo de cozinha: se dermos a mesma quantidade de calor para a mesma massa de água e de óleo, o óleo vai esquentar muito mais do a água. A água, de fato, é uma das substâncias que precisa de mais calor para mudar sua temperatura.

Essa diferença de comportamento térmico entre os materiais é devida ao calor específico de cada um. Calor específico é a quantidade de calor que um dado material tem que receber para que cada 1g de massa aumente a temperatura em 1°C. Por exemplo:

- o calor específico da água é 1cal/g°C (lê-se " 1 caloria por grama, por grau Celsius"), ou seja, cada 1g de água precisa receber 1cal para que sua temperatura aumente 1°C;
- o ferro tem calor específico igual a 0,1cal/g°C; isso significa que o ferro precisa receber 0,1cal para que cada 1g aumente a temperatura em 1°C.

Portanto, para calcular a quantidade de calor **Q** que uma massa **m** de um certo material com calor específico **c** precisa para elevar sua temperatura em **ΔT** usa-se a fórmula:

$$\boxed{Q = m \cdot c \cdot \Delta T}$$

com **Q** dado em calorias (cal), **m** em gramas (g), **c** em cal/g°C e **ΔT** em °C.

✠ *Exemplo (entendendo como aplicar).*

O alumínio tem calor específico igual a 0,22cal/g°C.

a) Quanto calor uma panela de alumínio de 1kg de massa precisa receber para aquecer de 20°C para 100°C?

Resposta: *temos os dados:*

$$m = 1kg = 1000g; \quad c = 0{,}22cal/g°C; \quad \Delta T = 100-20 = 80°C$$

Então usando a fórmula do calor, obtemos:

$$Q = 1000 \cdot 0{,}22 \cdot 80 = 17.600cal$$

Logo essa panela precisa de 17.600 calorias para aquecer de 20°C para 100°C.

b) Quantos gramas de álcool devem ser queimados para obter essa quantidade de calor?

Resposta: *como 1g de álcool libera 6400 calorias (ver no início do texto desta aula), temos que para liberar 17.600cal precisamos de* $\frac{17.600}{6400} = 2{,}75$ *g de álcool, ou seja, quase 3g de álcool. É claro que uma parte do calor se perde no ambiente, então, na verdade, será necessário mais do que isso para aquecer a referida panela de alumínio.*

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. Qual é a unidade de medida de calor e sua abreviatura?

2. Quantas calorias liberam 100g de gasolina ao queimar?
3. Quantos gramas de álcool são necessários para liberar 128.000cal?
4. Se dois corpos recebem a mesma quantidade de calor, sua temperatura vai aumentar no mesmo valor? Dê 2 exemplos cotidianos.
5. O que é calor específico?
6. O calor específico do cobre é 0,09cal/g°C, e do ferro é 0,1cal/g°C. O que significam esses valores?
7. Qual dos dois materiais da questão anterior, ferro e cobre, precisa de mais calor para aquecer?
8. Escreva a fórmula da quantidade de calor, diga o que significa cada variável e suas respectivas unidades de medida.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Quanto calor é necessário para aquecer 100L de água de 27°C para 100°C? O calor específico da água é 1cal/g°C.
2. Responda:
   a) Quanta gasolina é necessária para fornecer a energia calculada na questão 1?
   b) Quanto álcool é necessário para fornecer a energia calculada na questão 1?
3. 100g de ferro à temperatura inicial de 30°C recebem 1000cal. Calcule:
   a) a variação de temperatura da amostra;
   b) a temperatura final da amostra.
4. Um fogareiro aproveita 20% do calor liberado pelo álcool que queima para aquecer um certo líquido. São necessários 10g de álcool para aquecer 1,5kg desse líquido de 25°C para 85°C. Cada 1g de álcool libera 6400cal ao queimar.
   a) Calcule o calor total liberado pelo fogareiro.
   b) Calcule o calor aproveitado pelo fogareiro.
   c) Calcule o calor específico do líquido aquecido pelo fogareiro.
5. A dieta humana recomendada é de cerca de 2.000.000 calorias por dia.
   a) Calcule a massa de água (calor específico 1cal/g°C) que essa energia poderia aquecer de 20°C para 100°C.
   b) 1L de água tem 1000g. A quantos litros corresponde a resposta anterior?
6. 1L de álcool custa R$1,80 e tem 800g. 1L de gasolina custa R$2,20 e tem 700g. Sabendo que cada grama de álcool libera 6400cal e cada grama de gasolina libera 11.100cal, calcule quantas colarias se compra com R$1,00 em cada combustível e responda: em qual combustível você mais energia?

AULA 6 – Trocas de Calor.

Quanto um corpo é posto em contato com outro, o mais quente transfere calor para o mais frio através das colisões das moléculas mais agitadas do mais quente com as moléculas menos agitadas do mais frio, e isso acontece até que a temperatura de ambos fique a mesma. Quando isso ocorre, dizemos que os corpos estão em equilíbrio térmico.

Quando dois ou mais corpos isolados são colocados em contato, alguns corpos perdem calor e outros recebem. O calor perdido é negativo e o calor recebido é positivo, mas a quantidade é a mesma. Portanto, se somarmos o calor de todos os corpos envolvidos, teremos 0 (zero) como total, ou seja:

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

Onde Q_1, Q_2, Q_3, etc., é o calor de cada corpo calculado com $Q=m \cdot c \cdot \Delta T$.

O exemplo a seguir mostra como calcular a temperatura final de dois corpos que são colocados em contato.

✠ *Exemplo (entendendo como aplicar).*

Um corpo A de calor específico 0,3cal/g°C, massa 100g e temperatura inicial de 10°C é colocado em contato com um corpo B de calor específico 0,1cal/g°C, massa 200g e temperatura inicial de 60°C.

a) Responda sem fazer contas: a temperatura final de equilíbrio será mais próxima de 60°C ou de 10°C?

Resposta:

Como o corpo A tem calor específico maior do que o corpo B, significa que precisa de mais calor para mudar sua temperatura, então vai ser mais difícil mudar sua temperatura do que o corpo B. Portanto, a temperatura final será mais próxima do valor inicial de A, ou seja, 10°C, do que do valor inicial de B, 60°C.

Uma vez que os calores específicos são diferentes, não é possível apenas tirar a média das temperaturas.

b) Calcule a temperatura de equilíbrio entre os dois corpos, A e B.

Reposta:

Vejamos os dados de cada corpo:

CORPO A: m = 100g; c = 0,3cal/g°C; $\Delta T = T_f - 10$

CORPO B: m = 200g; c = 0,1 cal/g°C; $\Delta T = T_f - 60$

Note que colocamos T_f no lugar da temperatura final porque não a conhecemos ainda e queremos calculá-la. Agora observe as contas:

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$(m \cdot c \cdot \Delta T)_{\text{do corpo A}} + (m \cdot c \cdot \Delta T)_{\text{do corpo B}} = 0$$

$$100 \cong 0{,}3 \cong (T_f - 10) \quad + \quad 200 \cong 0{,}1 \cong (T_f - 60) = 0$$
$$30 \cong (T_f - 10) \quad + \quad 20 \cong (T_f - 60) = 0$$
$$30T_f - 300 \quad + \quad 20T_f - 1200 = 0$$

Resolvendo essa equação:

$$50T_f - 1500 = 0$$
$$50T_f = 1500$$
$$T_f = \frac{1500}{50} = 30°C$$

Vemos então que, como respondemos no item a, a temperatura de equilíbrio ficará mais próxima de 10°C do que de 60°C.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. O que acontece quando um corpo é colocado em contato com outro?
2. O que significa dizer que dois corpos estão em equilíbrio térmico?
3. Qual é o valor do calor total envolvido em uma troca de calor em um sistema isolado? Por que?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. O ferro tem calor específico igual a 0,1cal/g°C e a água, 1cal/g°C. Se colocarmos 100g de ferro à 100°C em 100g de água à 20°C, a temperatura final de equilíbrio estará mais próxima de 100°C ou de 20°C? Explique.
2. Um recipiente termicamente isolado contém 500g de água na qual se mergulha uma barra metálica de 250g. A temperatura inicial da água é 25°C e da barra 80°C. Considere o calor específico da água igual a 1cal/g°C e o do metal igual a 0,2cal/g°C. Calcule a temperatura final da mistura, supondo não haverá perdas de calor.
3. Uma bacia contém 25 litros de água à temperatura de 17°C. Que quantidade de água à temperatura de 72°C é necessário despejar na bacia para se conseguir uma mistura a 22°C? Despreze as perdas de calor.
4. Misturam-se 200g de água a 0°C com 400g de determinado líquido a 30°C, obtendo-se o equilíbrio térmico a 10°C. Considerando o calor específico da água igual a 1cal/g°C, Calcule o calor específico do líquido.
5. Uma fonte de calor que libera 2000cal por segundo é utilizada para aquecer 800mL de água, inicialmente a 10°C, durante 16s. Qual é a temperatura final em que vai se encontrar a água? Dica: calcule primeiro Q; com este valor, calcule ΔT e então a temperatura final.

AULA 7 – Equivalente Mecânico do Calor.

Quanta energia representa 1 caloria? Já dissemos que 1g de álcool, por exemplo, libera 6400 cal. Mas também temos:

1 caloria ≈ 4 Joules

"Joule" (lê-se "jaule"), é uma unidade de energia que usamos quando aprendemos a calcular energia gravitacional:

$$\boxed{E_G = m \cong g \cong h}$$

onde **m** é a massa de um objeto que tem uma altura **h**; **g** = **10m/s²** é a aceleração da gravidade na Terra; ou a energia cinética:

$$\boxed{E_C = \frac{m \cdot v^2}{2}}$$

onde **m** é a massa de um objeto que uma velocidade **v**. Nessas duas fórmulas **m** é dado em kg, **h** em metros (m), e **v** em m/s.

✠ *Exemplo (entendendo como aplicar).*

Vamos queimar 5g de gasolina. Cada 1g de gasolina libera 11.100cal de energia.

a) Qual é o calor total liberado?
Resposta:
$Q = 11.100 \times 5 = 55.500$ cal.

b) Transforme essa energia em Joules.
Resposta:
$Q = 55.500 \times 4 = 222.000$J

c) Com essa energia, qual a velocidade que uma bola de futebol de 0,5kg pode adquirir?
Resposta:

$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} \rightarrow 222.000 = \frac{0{,}5 \cdot v^2}{2} \rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot 222.000}{0{,}5} = 888.000$$
$$v = \sqrt{888.000} \approx 942\text{m/s} \xrightarrow{\times 3{,}6} \approx 3400\text{km/h}$$

Vemos que obtivemos um valor muito grande. Portanto a energia liberada por 5g de gasolina é muito alta. Mas um carro não consegue aproveitar toda essa energia; no máximo, em torno de 30%.

d) Qual é a altura que um objeto de 1000kg pode ter com essa energia?
Resposta:

$$E_G = m \cong g \cong h \rightarrow 222.000 = 1000 \cong 10 \cong h \rightarrow h = \frac{222.000}{1000 \cdot 10} = 22{,}2\text{m}$$

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Um carro de 1000kg possui uma velocidade de 72km/h.
   a) Transforme a velocidade para m/s.
   b) Calcule sua energia cinética.
   c) Transforme essa energia para calorias.
   d) Se essa energia fosse usada aquecer 1000L de água, cujo calor específico é 1cal/g°C, qual seria a variação de temperatura obtida?
2. Ao fazer um tipo de abdominal (exercício físico), uma pessoa de 80kg ergue aproximadamente a metade de seu corpo a uma altura de 0,3m.
   a) Calcule a energia que a pessoa libera a cada abdominal (lembre que ela gasta energia para subir e para descer). Dica: é energia gravitacional.
   b) Transforme essa energia para calorias.
   c) Uma lata de refrigerante possui cerca 150.000 calorias. Calcule quantas abdominais são necessárias para queimar essa quantidade de energia alimentar.
3. Um guindaste ergue uma peça de 5.000kg a uma altura de 10m.
   a) Calcule a energia gravitacional dada pelo guindaste à peça.
   b) Transforme essa energia para calorias.
   c) O aproveitamento do motor do guindaste é 20%. Qual é a energia total que vai consumir para liberar a energia do item anterior?
   d) 1g de gasolina libera 11.100 calorias. Quantos gramas de gasolina o guindaste vai utilizar para a operação?
4. Conta-se que o Sr. Joule tentou verificar a transformação da energia gravitacional em calor numa cachoeira: a água deveria estar pouca coisa mais quente em baixo do que em cima, pois teria recebido a energia da queda. Suponha que a cachoeira tenha 10m de altura e imaginemos uma massa de água de 1kg (1000g).
   a) Calcule a energia gravitacional dessa água no topo da cachoeira (cuidado: a massa deve ser em kg!).
   b) Transforme essa energia para calorias.
   c) Calcule a variação de temperatura que essa energia pode causar nessa massa de água (cuidado: a massa deve ser em g!).

Até a época da Revolução Industrial, que se deu por volta de 1750 inicialmente na Europa, o mundo era quase estático: uma pessoa nascia, crescia, vivia e morria vendo sempre as mesmas coisas – carroças, fenômenos naturais, epidemias, pastos... Mas o mundo nunca mais seria o mesmo depois da Revolução Industrial: tudo muda constantemente desde então; têm surgido máquinas cada vez mais eficientes mais potentes e econômicos, isso sem falar dos computadores que não seriam viabilizados sem o primeiro passo das **máquinas térmicas**.

Para podermos entender esse tipo de máquina, as térmicas, aprenderemos o processo da **mudança de fase da matéria**, depois as **transformações que um gás** pode sofrer, e então as **leis da termodinâmica**. Essas leis nos servirão de base para entendermos, finalmente, o funcionamento do **motor de 4 tempos** e da **geladeira**, duas máquinas térmicas das quais dependemos todos os dias.

AULA 1 - Mudança de Fase.

Duas coisas podem acontecer quando damos calor a um objeto:

- ele pode elevar sua temperatura num valor ΔT, ou
- mudar de **estado da matéria**.

A primeira possibilidade já analisamos no bimestre passado, e que a relação entre calor e temperatura pode ser dada por $\mathbf{Q = m \cdot c \cdot \Delta T}$.

Mas se o objeto mudar de estado da matéria (que são três basicamente: sólido, líquido ou gasoso), então sua temperatura não estará mudando; e se sua temperatura estiver mudando, então não poderá estar mudando de fase. É uma coisa ou outra, uma de cada vez. Entenda o processo com o exemplo da água:

O gelo começa a derreter (FUSÃO) a uma temperatura de 0°C e passa para o estado de vapor (VAPORIZAÇÃO) a uma temperatura de 100°C. Se um pedaço de gelo estiver inicialmente a –10°C e dermos a ele uma certa quantidade de calor, ele não vai derreter imediatamente: primeiro ele vai elevar a temperatura até 0°C, se o calor que dermos for suficiente para tal; se dermos menos que o suficiente, o gelo vai elevar a temperatura para -2°C, por exemplo, e não vai derreter nem um pouco. E também se o gelo chegar a 0°C, e então pararmos de dar calor a ele, ele não derreterá. Mas se ao chegar a 0°C, continuarmos a dar calor a ele, apenas neste caso ele vai começar a fundir. Então, enquanto houver um pedacinho de gelo, sua temperatura não vai passar de 0°C: vai ficar constante até que derreta todo o gelo (a temperatura não muda enquanto a fase está mudando!). Se pararmos de dar calor no fim do processo de fusão, agora teremos uma quantidade líquida de água a 0°C. Mas se continuarmos a dar calor, a sua temperatura vai aumentar, mas não vai vaporizar (a fase não muda enquanto a temperatura está mudando!). Se dermos calor até que a água chegue a 100°C e então pararmos de dar calor, a água vai ficar líquida a 100°C, mas não vai vaporizar. Isso ocorrerá somente se continuarmos a dar calor, e enquanto a água estiver em ebulição, a temperatura não vai passar de 100°C; após toda a água tornar-se em vapor, e o prendermos em um balão, podemos fazê-lo continuar a elevar a temperatura indefinidamente.

O processo inverso também é semelhante: se retirarmos calor de uma quantidade de vapor, ele se transformará em líquido (LIQUEFAÇÃO) e então para sólido (SOLIDIFICAÇÃO); durante as mudanças de fase a temperatura fica constante. O calor que muda a fase de um corpo é chamado de **latente**, e o calor que muda a temperatura é chamado de **sensível**.

Cada material tem a sua temperatura de fusão e de vaporização. O cobre, por exemplo, passa de sólido para líquido à temperatura de aproximadamente 1100°C; e de líquido para vapor à 1200°C. Já o álcool é sólido apenas abaixo de –114°C e passa para vapor a 78°C.

A quantidade de calor que cada material necessita para mudar de fase também muda de material pra material: a água precisa de 80cal para cada 1g de gelo passar para líquido, SE ESTIVER A 0°C. Dizemos então que o **calor latente de fusão** da água é 80cal/g. Já o cobre precisa de 32cal/g para fundir (note que isso só o corre a 1100°C, como dissemos acima!). O mesmo ocorre para o calor latente de vaporização: cada g de água precisa de 540cal para passar para vapor (se estiver a 100°C!); dizemos então que o **calor latente de vaporização** da água é 540cal/g. O do cobre é 1200cal/g e o do álcool é 200cal/g.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Temos um pedaço de cobre de 200g à temperatura inicial de 20°C. Conhecendo os seguintes dados deste material: calor específico: 0,09cal/g°C; temperatura de fusão: 1100°C; calor latente de fusão: 30cal/g; responda:
    a. Quanto calor é necessário para elevar sua temperatura até à sua temperatura de fusão, 1100°C?

Aprendemos a resolver este tipo de problema no bimestre passado; basta aplicar fórmula $Q=m\cong c\cong\Delta T$, onde $m=200g$, $c=0{,}09cal/g°C$ e $\Delta T=1100-20=1080°C$. Então:

$$Q = 200\cong 0{,}09\cong 1080 = 19.440cal$$

    b. Se ao chegar à temperatura de 1100°C dermos mais 5100cal, o pedaço de cobre que temos vai derreter todo? Se não, quanto dele vai derreter?

O calor latente de fusão do cobre é 30cal/g; isso significa que cada 1g precisa de 30cal para derreter. Se temos 200g de cobre, então é necessário de 200≅30 = 6000cal para derreter todo o pedaço; portanto se dermos apenas 5100cal o cobre não vai derreter todo, mas boa parte.

Para sabermos quanto vai derreter basta lembrarmos novamente que, se cada 1g precisa de 30cal para derreter, então se dermos 5100cal, vamos conseguir derreter 5100÷30=170g do cobre.

    c. Qual será temperatura final do cobre no caso do item anterior?

Primeira demos 19.440cal para que o pedaço de cobre atingisse 1100°C; depois demos mais 5100cal, e conseguimos com isso derreter 170g dos 200g que tínhamos. Como o processo de fusão não estava terminado, a temperatura ficou constante em 1100°C.

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. O que pode acontecer quando um objeto recebe calor?
2. Como analisamos o fenômeno da mudança de temperatura?
3. Quais são o estados básicos da matéria?
4. Qual a relação entre mudança de fase e mudança de temperatura?
5. O que é fusão? O que é vaporização?
6. Se um pedaço de gelo estiver a 5°C e dermos **um pouco** de calor a ele, pode-se afirmar com certeza que ele derreterá? Justifique.
7. Um pedaço de gelo está a 0°C, e então damos calor a ele apenas o suficiente para ele derreter. Qual será a temperatura do líquido resultante ao final da fusão?
8. Ao darmos calor à água líquida, ela vai vaporizar à qualquer temperatura?
9. Enquanto a água está vaporizando, qual será a sua temperatura? Em que momento essa temperatura pode aumentar?
10. O que é liquefação e solidificação?
11. O que é calor latente e calor sensível?
12. Qual é o calor latente de fusão do álcool e o que significa este valor?
13. Qual é o calor latente de vaporização da água e o que significa este valor?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

11. Temos um pedaço de 100g de gelo, inicialmente a 0°C. Dados: calor latente de fusão: 80cal/g; calor específico da água: 1cal/g°C; calor latente de vaporização: 540cal/g.
    a. Se dermos 500cal a este gelo, ele vai derreter todo? Se não, quanto vai derreter?
    b. Qual será a sua temperatura final neste caso?
    c. Vamos ver quanto calor é necessário para vaporizar todo este pedaço de gelo: por quais as etapas ele terá que passar para chegar a vapor?
    d. Agora calcule o calor necessário para cada etapa que você mencionou acima e assim o calor total necessário.
12. Uma barra de cobre de 200g, inicialmente a 20°C, recebe 25.000cal. Dados: calor específico do cobre: 0,09cal/g°C; calor latente de fusão do cobre: 30cal/g; temperatura de fusão do cobre:1100°C.
    a. Prove que a barra não vai derreter toda (calcule o calor necessário para isso e compare!)
    b. Quantos gramas do cobre vai derreter?
13. Calcule quanto calor é necessário para fundir totalmente 500g de chumbo inicialmente a 30°C. Dados do chumbo: calor específico: 0,03cal/g°C; calor latente de fusão: 6cal/g; temperatura de fusão:330°C.

AULA 2 - Transformações Gasosas.

Uma transformação gasosa pode ser completamente descrita em termos do que acontece com sua **temperatura**, **calor**, **volume** e **pressão**. Lembre o que é volume: é o espaço ocupado, no caso, pelo gás. Pressão é a força com que as moléculas batem nas paredes de um objeto, distribuída por sua área.

Para entendermos os principais tipos de transformações gasosas, vamos imaginar alguns experimentos:

EXPERIMENTO IMAGINÁRIO 1: pegue um saco plástico, como essas sacolas de supermercado, feche-a totalmente deixando com um pouco de ar dentro, sem que fique esticada. Coloque-a ao sol de meio-dia, verão, com um peso de cerca de 0,5kg sobre ela (ao colocar o peso ela vai estufar). O ar lá dentro vai então sofrer uma transformação gasosa: ao receber calor do sol, suas moléculas vão ficar mais agitadas (temperatura maior) e vão bater com mais força nas paredes da sacola, fazendo-a inflar ainda mais. Concluímos que nesta transformação:

- o CALOR é absorvido;
- a TEMPERATURA aumenta;
- o VOLUME aumenta;
- a PRESSÃO **permanece constante**.

A pressão não aumenta, como você poderia imaginar, porque o volume aumentou: as moléculas vão bater com mais força, mas vão bater com menos freqüência, pois o espaço é maior. Então a pressão não vai aumentar.

Essa transformação é chamada de **isobárica**, pois a pressão não muda.

EXPERIMENTO IMAGINÁRIO 2: pegue uma panela de pressão vazia, tampe-a e coloque-a ao fogo. Tampe sua válvula, para que nenhum ar saia (não faça isso em casa!). A transformação gasosa agora é: o gás vai receber calor, suas moléculas vão ficar mais agitadas, mas o volume não vai aumentar. Então agora sim a pressão vai aumentar. Então, nesta transformação:

- o CALOR é absorvido;
- a TEMPERATURA aumenta;
- o VOLUME **permanece constante**;
- a PRESSÃO aumenta.

Essa transformação é chamada então de **isovolumétrica**.

EXPERIMENTO IMAGINÁRIO 3: pegue uma bomba de encher pneu e tampe a sua válvula de saída do ar. Pressione rapidamente o êmbolo. Nesta transformação gasosa, as moléculas vão receber TRABALHO (energia) do êmbolo, ao serem empurradas por ele; e por isso vão ficar mais agitadas, aumentando a temperatura. Como o espaço está diminuindo, a pressão vai aumentar. Note ainda que as moléculas do ar dentro da bomba não recebem e nem perdem calor, por ser um processo rápido; outra maneira de não deixar que recebam ou percam calor é isolando com isopor, por exemplo. Então se conclui que, nesta transformação:

- o CALOR **é nulo**;
- a TEMPERATURA aumenta;
- o VOLUME diminui;
- a PRESSÃO aumenta.

Por ser nulo o calor, essa transformação é chamada de **adiabática**.

EXPERIMENTO IMAGINÁRIO 4: faça a mesma coisa que o experimento anterior, mas agora pressione o êmbolo bem devagar. As moléculas vão continuar a receber trabalho, mas ao se agitarem, têm tempo para transmitir o calor para fora, através do metal; então não conseguem aumentar a agitação e a temperatura não muda. Neste caso:

- o CALOR é rejeitado;
- a TEMPERATURA **permanece constante;**
- o VOLUME diminui;
- a PRESSÃO aumenta.

Por ser constante a temperatura, a transformação é chamada de **isotérmica**.

Existem várias outras formas para conseguir as transformações mencionadas acima e, além disso, todas elas podem ser feitas ao contrário: se você pegar a panela de pressão do experimento 2, por exemplo, e colocá-la na geladeira, o calor vai sair, a temperatura vai diminuir, a pressão vai diminuir mas o volume será constante novamente.

O primeiro experimento é uma **expansão** gasosa, pois o volume aumenta. Os dois últimos são **compressões** gasosas, pois o volume diminui.

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. Como podemos descrever uma transformação gasosa?
2. Explique o que significa cada um dos itens anteriores.
3. O que é expansão e compressão gasosa?
4. Quais são as características de uma **expansão** isobárica?
5. Quais são as características de uma **compressão** isobárica?
6. Numa expansão isobárica, se a temperatura aumenta, por que a pressão não aumentar?
7. Quais são as características de uma transformação isovolumétrica onde o calor é absorvido?
8. Quais são as características de uma transformação isovolumétrica onde o calor é retirado?
9. Quais são as características de uma expansão adiabática?
10. Quais são as características de uma compressão adiabática?
11. Como fazer com que uma transformação gasosa seja adiabática?
12. Quais são as características de uma expansão isotérmica?
13. Quais são as características de uma compressão isotérmica?
14. Como pode, numa transformação isotérmica, o gás receber energia e ainda não esquentar?

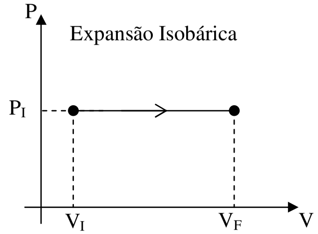
☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Ao soprarmos fazendo "biquinho", aumentamos a pressão interna (na boca) e ao sair, o ar sofre uma transformação gasosa.
   a. O que acontece com a pressão do ar ao sair?
   b. O que acontece com o volume?

c. Que tipo de transformação é essa?
d. *O que acontece com a temperatura?*

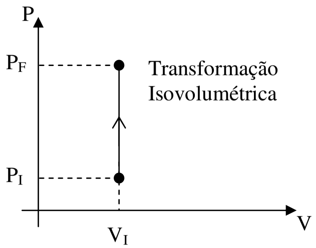
2. Ao chacoalharmos uma lata de *spray* (veneno, perfume, tinta, etc.), nota-se que ela fica imediatamente gelada. Explique o que acontece com o gás em seu interior em termos das transformações gasosas.

AULA 3 - Gráficos das Transformações

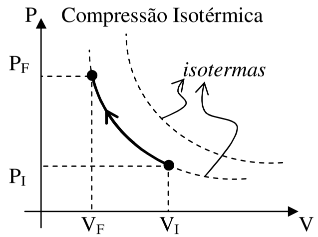


As transformações que estudamos na aula anterior podem ser representadas por diagramas PV, isto é, um gráfico cujo eixo vertical é a Pressão P e o eixo horizontal é o volume V.

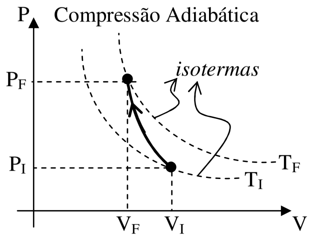
Numa transformação isobárica o gráfico é uma linha horizontal porque apenas o volume aumenta ou diminui, mas a pressão fica constante. No gráfico à direita a pressão é sempre P_I e o volume aumenta (expansão) de V_I para V_F. Note que a flecha, no gráfico, aponta para a direita, porque o volume está aumentando.



Já numa transformação isovolumétrica, a pressão é que muda de P_I para P_F, enquanto o volume fica constante em V_I. Então o gráfico da expansão isovolumétrica é uma linha vertical, como mostra o gráfico à esquerda.



Numa transformação isotérmica tanto a pressão quanto o volume mudam ao mesmo tempo. Se for uma compressão, por exemplo, enquanto a pressão aumenta, o volume diminui. Então temos o gráfico "curvo" abaixo, à direita. A curva que essa transformação segue no gráfico é chamada de **isoterma**, e significa que a temperatura não muda no decurso desta linha.



Finalmente, uma transformação adiabática é representada por uma linha que une duas isotermas, uma vez que tudo muda: numa compressão adiabática, por exemplo, a pressão aumenta, o volume diminui e a temperatura aumenta; e como a temperatura aumenta, a linha vai da isoterma "de baixo" para a isoterma "de cima", como mostra o gráfico à esquerda.

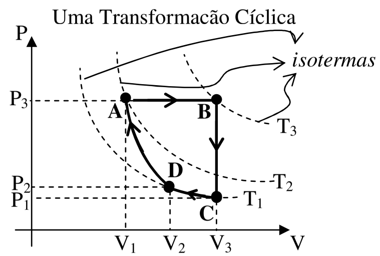
Uma transformação pode ainda ser **cíclica**: começar

com uma certa pressão, volume e temperatura e terminar com esses mesmos valores após duas ou mais transformações sucessivas de quaisquer tipos.

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. O que é um diagrama PV e para quê serve?
2. Por que o diagrama PV da transformação isobárica é uma linha horizontal?
3. Faça um diagrama PV de uma **compressão** isobárica.
4. Por que um diagrama PV da transformação isovolumétrica é uma linha vertical?
5. O que é uma isoterma?
6. Faça um diagrama PV de uma expansão isotérmica.
7. Qual é a diferença entre um diagrama PV de uma transformação isotérmica e um diagrama PV de uma transformação adiabática?
8. Faça um diagrama PV de uma expansão adiabática.
9. O que é uma transformação cíclica?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*



1. A transformação do gráfico ao lado é um exemplo de transformação cíclica, pois começa e termina com o gás no mesmo estado (P,V e T).
   a. Identifique as transformações gasosas que constituem esse ciclo (transformação AB, transformação BC, etc.).
   b. Diga os respectivos valores iniciais e finais de P, V e T de cada transformação que você mencionou acima (*os valores são simbolizados por letras P_1, V_3, T_2, etc.*).
2. Certa massa de gás que se encontra inicialmente no estado A, sofre compressão isotérmica até o estado B, e a seguir, uma expansão isobárica até o estado C. Num diagrama PV, desenhe o gráfico que representa essas transformações.
3. Faça o diagrama PV de uma transformação cíclica que contenha as seguintes transformações: AB – expansão isobárica; BC – expansão isotérmica; CD – isovolumétrica com diminuição de pressão; DA – compressão adiabática.
4. Um ciclo muito conhecido na engenharia, é o Ciclo de Carnot (lê-se "carnô"), que é aquele no qual há perda mínima de energia se fosse usado por uma máquina (infelizmente é muito difícil de ser implementado). Esse ciclo compõe-se de duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas. Desenhe-o num diagrama PV.

AULA 4 - Gases e Trabalho.

Trabalho é uma energia que damos ou retiramos de um corpo por meio de uma força que o movimenta ou atrapalha seu movimento. Quando empurramos uma cadeira, estamos lhe dando energia e portanto realizando trabalho sobre ela; o que a faz parar é o atrito, que está tirando a energia que demos a ela, realizando portanto um trabalho negativo.

Quando um gás expande (aumenta seu volume), "empurra" as coisas ao seu redor, realizando trabalho (sinal positivo). Quando um gás é comprimido (diminui seu volume), é "empurrado" contra si mesmo, recebendo um trabalho (sinal negativo).

Numa transformação isobárica (pressão constante), o trabalho τ (letra grega "tau"), em Joules, é calculado por:

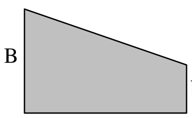
$$\tau = P \cdot \Delta V$$

onde P é a pressão, em Pascais (Pa), e ΔV é a variação do volume, em m³ (metros cúbicos). Compreenda essas unidades:

- **1m³** é uma caixa de 1m×1m×1m, onde cabem 1000L (que corresponde a uma caixa d'água, por exemplo);
- **1Pa** é uma pressão pequena: em um pneu de um carro popular comum deve haver uma pressão de aproximadamente 200.000Pa.

Se a transformação não é isobárica, podemos ainda calcular o trabalho usando seu diagrama PV: nestes casos o trabalho tem o mesmo valor da área sob o gráfico. Essa área, em geral, será em forma de trapézio como nas figuras ao lado, e deve ser calculada com a fórmula:

$$\tau = A = \frac{(B+b)\cdot h}{2}$$

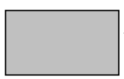


onde B é o lado paralelo maior, b é o lado paralelo menor e h é a distância entre os dois lados paralelos (figura ao lado).

Se a transformação for cíclica, então a área a ser calculada é aquela fechada pelo ciclo no diagrama PV que, neste caso, pode ser retangular ou triangular.

Se for retangular, o trabalho pode ser calculado por

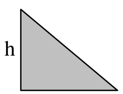
$$\tau = A = a \cdot b$$



onde a e b são os lados do retângulo.

Se for triangular,

$$\tau = A = \frac{b \cdot h}{2}$$

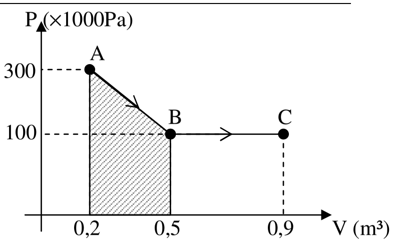


onde b é a base e h é a altura do triângulo.

Se o ciclo for horário, o trabalho é positivo (realizado) e vice-versa.

Exemplos (entendendo como aplicar).

1. Observe a transformação representada no diagrama PV ao lado e calcule o trabalho realizado por cada transformação.



A transformação AB forma um trapézio no diagrama ao lado (listrado), com

- *lado paralelo maior B = 300.000Pa;*
- *lado paralelo menor b = 100.000Pa;*
- *distância entre os lados h = 0,5-0,2 = 0,3m³.*

Então o trabalho da 1ª transformação é:

$$\tau_{AB} = \frac{(300.000 + 100.000)\cdot 0{,}3}{2} = 60.000J$$

A transformação BC é isobárica, pois a pressão é constante. Neste caso podemos usar a primeira fórmula vista nesta aula, onde P = 100.000Pa e ΔV = 0,9-0,5 = 0,4m³:

$$\tau_{BC} = P \cdot \Delta V = 100.000 \cdot 0{,}4 = 40.000J$$

Portanto o trabalho total da transformação ABC é 60.000+40.000=100.000J.

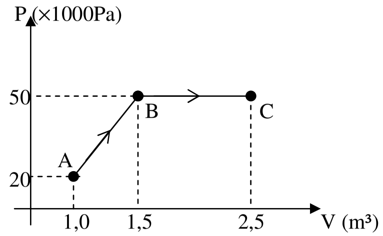
Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

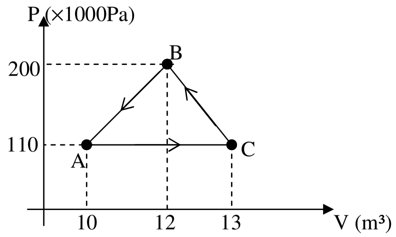
1. O que é trabalho?
2. Como o trabalho está envolvido ao empurrarmos algo coisa sobre o chão, arrastando-o?
3. Em qual situação o trabalho é realizado ou recebido por um gás?
4. Em qual situação o trabalho é negativo ou positivo?
5. Qual é a fórmula para calcular trabalho realizado por um gás e qual o único tipo de transformação em que essa fórmula se aplica?
6. Quais as 3 unidades da fórmula da pergunta anterior e o que significam?
7. Como calcular o trabalho em outros casos em que não é possível aplicar a fórmula da pergunta 5?
8. Quais as figuras geométricas mais comuns no cálculo do trabalho realizado/recebido por gases em transformações, e suas respectivas fórmulas de áreas?
9. Como calcular o trabalho realizado por uma transformação cíclica?

Exercícios (agora é com você!).

1. Em um cilindro de volume 0,11m³ há um gás à pressão de 100.000Pa. Esse gás é então comprimido sob pressão constante até o volume de 0,05m³.
   a. Calcule a variação de volume.
   b. O trabalho será realizado ou recebido pelo gás? Justifique.
   c. O trabalho será negativo ou positivo? Justifique.
   d. Calcule o trabalho.

2. Um gás sofre uma transformação conforme representado no diagrama PV a seguir. Responda:
   a. O trabalho é realizado ou recebido? Positivo ou negativo? Justifique.
   b. Calcule o trabalho.





3. Um gás contido em um cilindro sofre uma transformação cíclica representada no diagrama PV à esquerda. Responda:
   a. O trabalho é realizado ou recebido?
   b. Calcule o trabalho.
4. Um gás, inicialmente no estado A, cujo volume é $0{,}1m^3$ e pressão de 100.000Pa, sofre uma expansão isobárica até o estado B, cujo volume é $0{,}3m^3$. Depois passa por uma descompressão isovolumétrica até o estado C, onde a pressão é 80.000Pa, e ainda por uma compressão isobárica até o estado D, onde o volume é novamente o inicial. Finalmente o gás volta ao estado inicial, A.
   a. Desenhe o diagrama PV conforme descrito.
   b. O trabalho de um ciclo é realizado ou recebido? Calcule-o.
   c. Suponha que uma máquina operando com este ciclo realize 100 ciclos como este em 20s. Qual é a potência dessa máquina? Lembre que potência se mede em Watts (W), e que 1W = 1J/s (joule por segundo).

AULA 5 - 1ª Lei da Termodinâmica.

Cedo na história os cientistas perceberam que não era possível CRIAR energia, mas apenas transformá-la de uma forma para outra. Assim, quando estavam inventando as primeiras máquinas térmicas (motores), descobriram que o trabalho τ que um gás realiza (energia que sai do gás) é igual à diferença entre a energia que entra (calor Q) e a energia que fica no gás. Essa energia que fica no gás é chamada de variação da energia interna ΔU (lê-se "delta U"), uma vez que aumenta a energia e assim a velocidade das suas moléculas, aumentando também sua temperatura. Ou seja: se ΔU é positivo significa que o gás esquentou, e se é negativo, significa que o gás esfriou. Matematicamente escrevemos:

$$\tau = Q - \Delta U$$

Essa é a 1ª Lei da Termodinâmica, em sua forma matemática geral.

Vamos aplicar essa lei às transformações vistas:

- *Transformação Isobárica.* P constante → τ = **P≅ΔV = Q – ΔU**.
- *Transformação Isovolumétrica.* V constante → não há trabalho → $\tau = 0$. Portanto a 1ª Lei acima fica assim: $0 = Q - \Delta U$ → **Q = ΔU**. Isso significa que nesse tipo de transformação todo o calor que o gás recebe fica no gás, aquecendo-o, ou que todo o calor que sai do gás vem de sua própria energia, esfriando-o.
  Por exemplo: ao colocar uma panela de pressão tampada/lacrada sobre o fogo, o ar lá dentro recebe calor; este calor permanece no gás, aumentando sua energia e assim sua temperatura. O inverso também pode ocorrer: ao tirarmos a panela do fogo, o gás perde calor, e sua energia diminui, esfriando.
- *Transformação Isotérmica.* T constante → a energia interna do gás não aumenta nem diminui → $\Delta U = 0$. A 1ª Lei fica assim então: **τ = Q**. Isso significa que nesse tipo de transformação todo o calor que o gás recebe se transforma em trabalho ou que todo o trabalho que o gás recebe se transforma em calor. Este calor é aquele <u>sem contar o calor perdido</u> para o meio ambiente. Isso vale também se a transformação é **cíclica**, $\Delta U = 0$ pois o gás volta ao estado inicial, mantendo a mesma energia interna.
  Por exemplo: ao pressionar uma bomba de encher pneu com a válvula tampada vagarosamente, o gás recebe trabalho e libera esta energia em forma de calor para o meio ambiente. O inverso também é possível: ao puxar o êmbolo da bomba tampada, o gás realiza trabalho com o calor que retira do meio ambiente.
- *Transformação Adiabática.* Q = 0. A 1ª Lei fica assim: $\tau = 0 - \Delta U$ → **τ = -ΔU**. Isso significa que se o trabalho é positivo (realizado), ΔU é negativo (o gás esfria), e que se o trabalho é negativo (recebido), ΔU é positivo (o gás esquenta).
  Por exemplo: ao pressionar rapidamente o êmbolo de uma bomba de encher pneu tampada, o gás recebe trabalho, mas como não há tempo para que essa energia escape, sua energia interna aumenta, esquentando-o. O inverso também é possível: se puxarmos o êmbolo rapidamente, o gás realiza trabalho retirando a energia de si próprio, esfriando.

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Um gás sofre uma compressão isobárica à pressão de 100.000Pa, de $0{,}7m^3$ para $0{,}5m^3$, liberando 15.000J de calor para o meio ambiente.
   a. Calcule o trabalho envolvido na transformação.

A variação de volume é $\Delta V = 0{,}5 - 0{,}7 = -0{,}2m^3$, e a pressão é P = 100.000Pa.

O trabalho é dado por τ = P≅ΔV = 100.000≅(-0,2) = -20.000J.

O resultado ficou negativo, porque o gás está recebendo trabalho ao ser comprimido.

   b. Calcule a variação da energia interna do gás.

$$\tau = Q - \Delta U$$

onde Q = -15.000J (é negativo porque o calor é perdido pelo gás) e τ=-20.000J. Assim, temos:

-20.000 = -15.000 – ΔU → ΔU = -15.000+20.000 = 5.000J

c. O que significa o valor encontrado acima?

Como ΔU ficou positivo, significa que o gás esquentou durante a transformação.

Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).

1. O que não é possível e o que é possível com relação a processos energéticos?
2. O que é ΔU?
3. O que significa o sinal positivo ou negativo de ΔU?
4. Qual é a 1ª Lei da Termodinâmica, sem ser em sua forma matemática?
5. Qual é a 1ª Lei da Termodinâmica em sua forma matemática? O que significa cada variável?
6. Escreva a forma matemática da 1ª Lei aplicada a cada transformação gasosa.
7. Dê um exemplo de aplicação qualitativa da 1ª Lei para cada transformação gasosa.

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

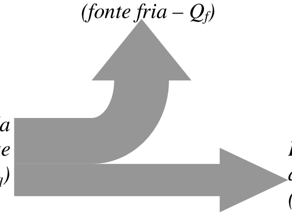
1. Um gás sofre uma expansão isobárica à pressão de 220.000Pa, de 1,2m³ para 1,5³ ao receber 50.000J de calor do meio ambiente.
   a. Calcule o trabalho envolvido na transformação.
   b. Calcule a variação da energia interna do gás e diga o que significa esse valor.
2. Numa transformação adiabática um gás realiza o trabalho de 100J.
   a. Para que realizasse trabalho, o gás expandiu ou foi comprimido?
   b. Qual é a variação da energia interna do gás?
   c. O que significa o valor encontrado no item anterior com relação à temperatura do gás?
3. Numa transformação isotérmica, um gás perde 500J de calor para o meio ambiente.
   a. Qual é o valor do trabalho envolvido na transformação?
   b. O trabalho é recebido ou realizado?
4. Suponha que no exercício 2 da aula anterior, o gás em questão receba um calor igual a 30.000J.
   a. Calcule a variação da energia interna.
   b. O gás esquentou ou esfriou?
5. Suponha que no exercício 3 da aula anterior, o gás em questão perca um calor igual a 10.000J e receba 25.000J durante o ciclo.
   a. Qual foi o calor total do ciclo? Foi recebido ou perdido?
   b. Qual é o valor de ΔU no ciclo?
   c. O trabalho foi realizado ou recebido naquele ciclo? Calcule-o.

Aula 6 - 2ª Lei da Termodinâmica.

Com a crescente popularização das máquinas térmicas com o auge da Revolução Industrial, por volta de 1800, vários engenheiros e cientistas começaram a sonhar com a possibilidade de criar uma máquina produzisse mais energia do que consome, girando para sempre sem parar; a sobra da energia produzida poderia então ser usada para movimentar outras máquinas úteis para o ser humano. Esse é o que ficou conhecido como *moto perpetuum*, expressão em latim que significa "movimento eterno".

Rapidamente, no entanto, esse sonho veio abaixo quando perceberam que havia uma lei na natureza que proibia a existência desse tipo de máquina, a 2ª Lei da Termodinâmica.

Essa lei afirma que **é impossível transformar calor (Q) totalmente em trabalho (τ), pois sempre haverá uma perda de calor para o meio ambiente** (ver figura ao lado), sendo impossível impedir totalmente essa perda. Portanto, para transformar calor em trabalho é necessário que haja um fluxo de calor de uma fonte quente para uma fonte fria, e nesse caminho alguma energia é desviada para produzir trabalho. Se não houver esse desequilíbrio físico (quente-frio), não pode haver trabalho.



Um carro, por exemplo, usa como fonte quente a queima de um combustível (álcool, gasolina, etc.), e como fonte fria o ar que retira o calor do motor que este não derreta. Neste fluxo de calor, alguma energia é aproveitada para movimentar os pistões e assim o carro (realização de trabalho).

Alguns cientistas generalizam a 2ª Lei da Termodinâmica da seguinte forma: calor é equiparado à DESORDEM ou CAOS uma vez que nesse estado a energia se manifesta pelo movimento desordenado de átomos e moléculas; já o trabalho é equiparado à ORDEM, já que nesse estado a energia se manifesta pelo movimento organizado de um corpo como um todo. Portanto a 2ª Lei da termodinâmica diz que, de maneira geral:

- a desordem não pode ser transformada totalmente em ordem, mas o contrário é possível; por isso os sistemas físicos isolados se desorganizam com o tempo;
- a ordem é criada a partir de desequilíbrios físicos onde a fluxo de energia de um ponto para outro no sistema. A vida, por exemplo, pode ser considerada um sistema físico altamente organizado, que precisa de vários desequilíbrios físicos para existir: a diferença de pressão nos pulmões e coração, desigualdades elétricas nos músculos e cérebro, altas concentrações químicas em alguns pontos e baixas em outros, etc.

Voltando às máquinas, os cientistas logo perceberam que é impossível construir uma máquina que aproveitasse todo o calor de uma fonte térmica para transformá-lo em trabalho. A eficiência de uma máquina térmica pode ser calculada por:

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

onde η (letra grega "éta") é o rendimento da máquina, τ é o trabalho produzido pela máquina (Joules), Q_q é o calor que ela recebe da fonte quente (também em Joules). O rendimento atual de um automóvel está em torno de 0,3, ou seja, 30%, o que significa que de cada 100J o carro só aproveita 30J: o resto vai para o meio ambiente em forma de calor.

Mas o trabalho produzido por uma máquina térmica é a diferença entre o que entra da fonte quente (Q_q) e o que se perde para a fonte fria (Q_f). Logo:

$$\tau = Q_q - Q_f$$

✠ *Exemplos (entendendo como aplicar).*

1. Uma máquina térmica possui rendimento de 20% e utiliza uma fonte quente que lhe cede 1000J a cada 10s.
   a. Calcule o trabalho produzido por essa máquina.

Temos os dados η=30%=0,30; Q_q=1000J. Portanto, o trabalho é dado por:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_q} \rightarrow 0{,}30 = \frac{\tau}{1000} \rightarrow \tau = 1000 \cdot 0{,}30 = 300J$$

   b. Calcule a potência útil, em Watts, dessa máquina.

A potência é dada por:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}} = \frac{300J}{10s} = 30W$$

   c. Calcule o calor perdido para a fonte fria.

O calor perdido é dado por:

$\tau = Q_q - Q_f \rightarrow 300 = 1000 - Q_f \rightarrow Q_f = 1000-300 = 700J$

✆ *Perguntas de Constatação (para verificar sua leitura).*

1. Qual era o interesse de vários cientistas e engenheiros antes de conhecerem a 2ª Lei da termodinâmica?
2. Por que é impossível construir o *moto perpetuum*?
3. O que é necessário haver para se obter trabalho?
4. Aplique a 2ª Lei para compreender o funcionamento geral de um automóvel.
5. A que se equiparam calor e trabalho para que seja possível generalizar a 2ª Lei?
6. Por que sistemas físicos se desorganizam com o tempo?

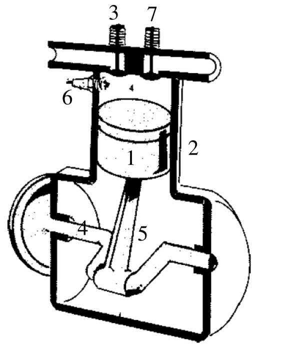
7. O que a vida tem a ver com a 2ª Lei?
8. Como se calcula o rendimento de uma máquina térmica?
9. Qual o rendimento de um automóvel moderno e o que significa?
10. Como se calcula o trabalho a partir do calor da fonte quente e da fria?

☆ *Exercícios (agora é com você!).*

1. Sabendo-se que um motor cujo rendimento é de 80% realiza um trabalho equivalente a 120J, determine a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.
2. Uma máquina térmica absorve 200 calorias de calor da fonte quente em cada ciclo e abandona 120 calorias para fonte fria.
   a. Calcule o trabalho que essa máquina desenvolve a cada ciclo.
   b. Calcule o rendimento dessa máquina.
3. Em 10s, uma máquina A recebe 200J de calor da fonte quente e rejeita 50J para a fonte fria. No mesmo tempo de 10s, uma máquina B recebe 400J de calor da fonte quente e rejeita 200J para a fonte fria.
   a. Qual das máquinas é mais potente? Lembre que potência (Watts) = energia (Joules) ÷ tempo (segundos).
   b. Qual das máquinas é mais eficiente (possui maior rendimento)?
4. Um certo carro popular consome 1L de gasolina para percorrer 15km e tem rendimento de cerca de 30%.
   a. Sabendo que 1L de gasolina contém 700g de massa e cada 1g da gasolina libera 11.100cal, e ainda que 1cal≈4J, calcule a energia, em Joules, que o carro consome ao percorrer a distância dada.
   b. A energia calculada no item anterior é advinda da fonte quente do motor, isto é, a queima da gasolina. Calcule o trabalho desenvolvido pelo carro no trajeto.
   c. Lembrando que τ = F≅d, calcule a força de resistência do atrito nas engrenagens do carro e do vento que contra as quais o carro trabalha.
   d. Calcule ainda a energia que é enviada para o meio ambiente em forma de calor para cada 1L de gasolina consumida por este carro.

AULA 7 - Motores e Geladeiras.

Vejamos como funciona um **motor de carro**: a parte principal é o cilindro, tal como ilustrado na figura a seguir. Nele é que ocorre a explosão da gasolina e transformação do calor liberado em trabalho, isto é, a rotação dos eixos e das rodas. Para entender o texto a seguir, vá seguindo na figura conforme a indicação das partes (números entre parênteses).

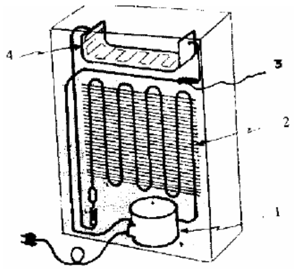


Inicialmente o **pistão** (1) está em cima no **cilindro** (2); se o carro está parado, o motor de partida, que é um motor elétrico, dá o "puxão" inicial no pistão para que ele desça, estando a **válvula de admissão** (3) aberta, por onde é **aspirada** a gasolina misturada com ar para o cilindro (2). Ao chegar na posição mais baixa possível, a válvula de admissão (3) se fecha, completando o 1º tempo. Continuando o movimento de rotação, o virabrequim (4) levanta a biela (5), e esta ergue o pistão (1) novamente; como não tem para onde a gasolina sair, ela é comprimida rapidamente até o volume mínimo, que se dá quando o pistão (1) está na sua posição mais alta no cilindro (2), e assim completa-se o 2º tempo.

Quando a gasolina com o ar está comprimida ao máximo, a vela (6) solta uma faísca e isso faz com que a mistura exploda dentro do cilindro (2); essa explosão se dá tão rapidamente que o pistão (1) praticamente não se move enquanto ela ocorre. Logo após a explosão, devido ao aumento da pressão, o pistão (1) é forçado para baixo, girando o **virabrequim** (4) através da **biela** (5). Esse movimento de rotação é que possibilita que o carro ande. O 3º tempo se completa quando o pistão (1) chega ao ponto mais baixo dentro do cilindro (2).

Nesse momento, quando o pistão (1) está em baixo, abre-se a válvula de escape (7), por onde saem rapidamente os gases resultantes da explosão, por causa da alta pressão que ainda existia no cilindro (2). Em seguida, o pistão (1) continua subindo devido ao "embalo" (inércia) do virabrequim que continua girando devido ao empurrão da explosão, terminando de expelir os gases pela válvula de escape (7) que ainda está aberta. Quando o pistão (1) chega ao seu ponto mais alto, termina o 4º tempo com o fechamento da válvula de escape (7) e então inicia-se, novamente, o 1º tempo, ciclicamente.

Agora vamos entender o funcionamento da geladeira.



Primeiro o **motor compressor** (1) comprime rapidamente um gás especial (freon ou outro), empurrando-o para a **serpentina** (2). Como na compressão o gás esquenta, na serpentina o gás pode perder calor e voltar à temperatura ambiente.

Ao fim da serpentina, o gás, ainda sob alta pressão, é forçado a passar por um tubo muito fino, capilar, expandindo-se rapidamente logo após ele. Esse tubo é chamado de **válvula de descompressão** (3). Nesse processo sua temperatura e pressão diminuem muito, e então vai para o **congelador** (4), por onde circula, absorvendo o calor de dentro da geladeira. Volta então para o motor, onde recomeça o processo.

☆ *Perguntas e Exercícios (tudo misturado dessa vez!).*

1. Faça um lista dos tempos do motor de carro e o que ocorre em cada um. Separe os tempos 3 e 4 em duas partes cada um para facilitar a visualização.
2. Olhando para a lista anterior, descreva o que ocorre (se aumenta, diminui ou fica constante) com a pressão P, o volume V e a temperatura T em cada tempo do motor de carro. **Monte uma tabela!**
3. Esboce um gráfico do ciclo do motor de carro usando a tabela anterior.
4. Faça uma lista dos tempos da geladeira e o que ocorre em cada um.
5. Qual é o segredo da geladeira, isto é, onde está o processo principal que a esfria?
6. Identifique as transformações de cada tempo da geladeira (isobárica, isovolumétrica, adiabática ou isotérmica; tem todos esses tipos?).
7. Com as informações do item anterior, esboce o gráfico do ciclo da geladeira.