

ALAVANCAS: MOMENTO

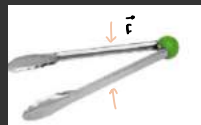
Tipos de alavancas

potência no meio (inter)

- **interpotente:** o local de aplicação da potência (força) fica entre o ponto fixo e a resistência

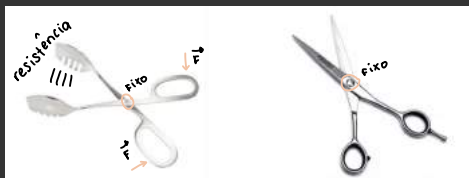


força aplicada na parte do meio



ponto fixo no meio

- **interfixa:** O ponto fixo fica entre o local de aplicação da potência (força) e a resistência

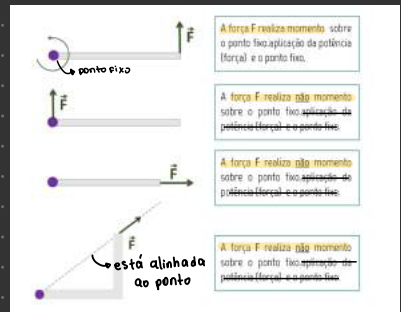


resistência no meio

- **inter-resistente:** a resistência fica entre o local de aplicação da potência (força) e o ponto fixo

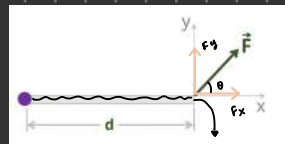


o carrinho de mão também



obs: quando a força estiver agindo sobre o ponto fixo, ou alinhada a ele, ela não realiza momento

Cálculo do momento (ou torque)



F_x alinhada com o ponto fixo, não realiza momento

$$m = F_y \cdot d \quad F_y = F \cdot \sin \theta$$

só ela que gera momento

$$m = F \cdot \sin \theta \cdot d$$

Convenção de sinais



Momento Escalar

- Preciso de 2 forças de mesmo módulo, obrigatoriamente paralelas e com sentidos opostos



atrito

- Surge devido o contato entre duas superfícies rugosas, asperas ou aderentes
 - origem eletromagnética (não mecânica)
 - nem sempre é contrária ao movimento
 - É sempre contrária ao deslizamento ou à tendência de deslizamento.
- (II) Força Normal (N)
- determina a força de compressão entre as superfícies
 - $F_{at} \propto M$ } diretamente
 - $F_{at} \propto N$ } proporcional
 - $\uparrow N \uparrow$ compressão \uparrow interação $\uparrow F_{at}$
- é como se fosse mais fácil deslizar

Tipos de força de atrito:

Atrito Estático (F_{ate})

- Surge quando não há deslizamento
- fica parado

ex: caminhar

→ máxima força de atrito estático

$$F_{ate, \max} = \mu_e \cdot N$$

• iminência de movimento = quase entra em movimento

Atrito dinâmica (F_{atD})

- Surge quando há deslizamento

ex passar o fósforo na caixinha

Atrito dinâmico

→ fatores que influenciam

- (I) coeficiente de atrito
- (II) força normal

Atrito Estático

→ fatores que influenciam

obs: $M_{estático} > M_{dinâmico}$

(I) coeficiente de atrito (μ)

- grandeza adimensional
- pode ser diferente para os materiais, quando colocados em superfícies diferentes

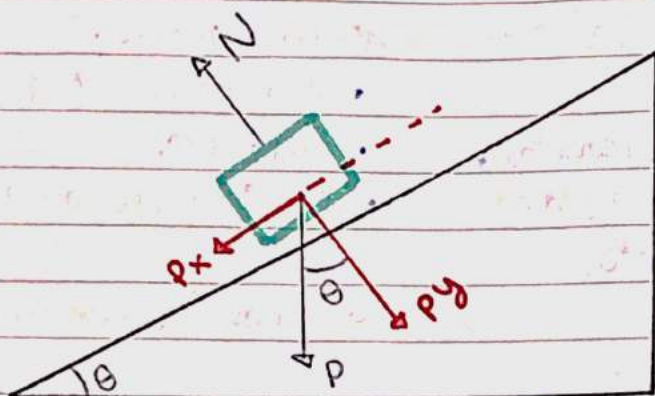
$$F_{ate} > F_{atD}$$

$$\rightarrow F_{atD} = \mu_d \cdot N$$

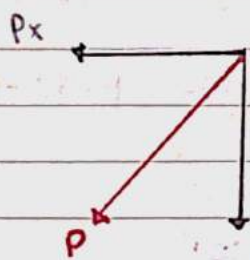
↓ μ_e + fácil de deslizar



Plano inclinado:



(1) O ângulo de inclinação do plano é o mesmo que existe entre a normal e o peso.



$$P_x = P \cdot \sin \theta \quad P_x = mg \sin \theta$$

$$P_y = P \cdot \cos \theta \quad P_y = mg \cos \theta$$

obs: o movimento sempre será no eixo X, logo

$$F_{Ry} = 0 \rightarrow N = P_y$$

macete: no eixo X é onde eu vou estar de **SENO**

vetores

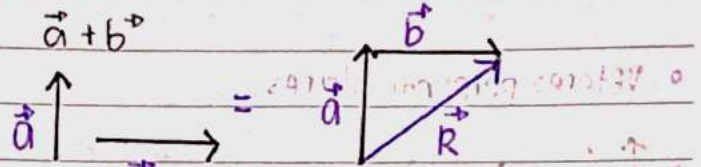
Grandeza escalar

- só tem valor (módulo)

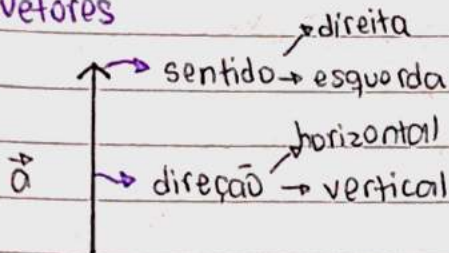
- na origem do primeiro e a extremidade colada na extremidade do último

Grandeza vetorial

- tem módulo, direção e sentido



vetores



obs: $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a} = \vec{R}$

2: método paralelogramo

- só soma 2 vetores de cada vez
- o resultado também dá o mesmo do método poligonal

módulo = comprimento do vetor

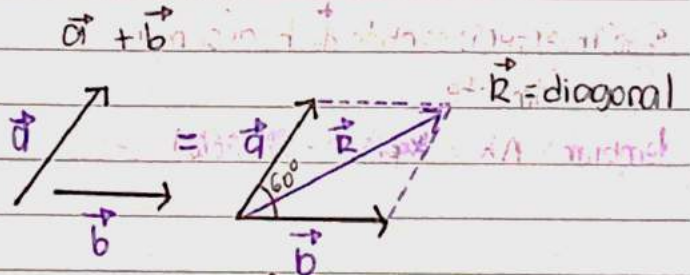
- precisa usar lei dos cossenos
- extremidade (com) extremidade

obs: $\vec{a} = -\vec{b}$

não interfere no módulo, indica que é para inverter o sentido

$\vec{a} = \vec{b}$

- os dois têm que ter módulo, direção e sentidos iguais



$|\vec{a}| = |\vec{b}|$

- só os módulos precisam ser iguais

$|\vec{a}| = a$

- sem direção e sem sentido

$R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \theta$

para paralelogramo

$R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \theta$

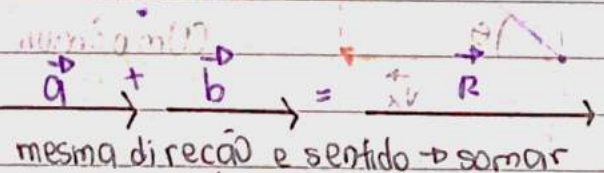
para polígono (menos comum)

Adição vetorial

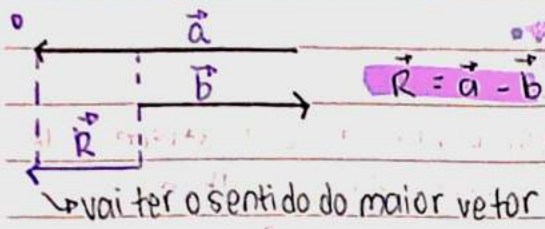
1: método poligonal

- pode usar para somar mais de 2 vetores
- origem de um na extremidade do outro
- o vetor \vec{R} tem que ter a origem colada

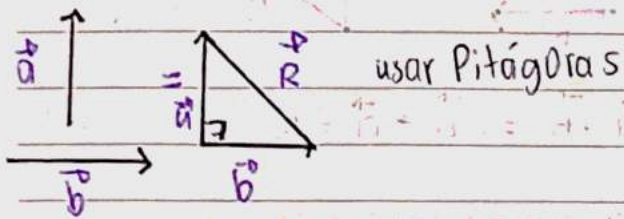
Outros casos



mesma direção e sentidos opostos = subtrai



• Vetores perpendiculares



$$R^2 = a^2 + b^2$$

Subtração Vetorial

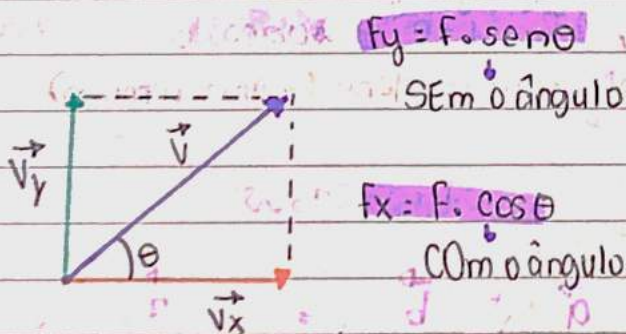
$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

é só inverter o sentido de b, aí soma normalmente

$$\text{lembrar: } \Delta x = x_{\text{final}} - x_{\text{inicial}}$$

Decomposição de vetores:

• separar em x e y (decomposição ortogonal)



Calor

Calor \rightarrow energia térmica em trânsito

Calor $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sensível:} \text{ variação de temperatura} \\ \text{Latente:} \text{ mudança de estado físico} \end{array} \right.$

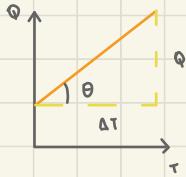
Capacidade térmica (C)

$C = \frac{Q}{\Delta T}$ \rightarrow é para o corpo inteiro variar a temperatura é a quantidade de calor que eu tenho que fornecer para o corpo variar a temperatura

\hookrightarrow medida em cal/ $^{\circ}$ C (a mais comum) ou J/K

1 cal = 4,186 J ou arredonda 1 cal = 4 J

Gráfico calor x Temperatura



$$\text{Tg } \theta = \frac{Q}{\Delta T} \text{ Logo,}$$

$$\text{Tg } \theta = C$$

\hookrightarrow inclinação, \hookrightarrow Cap. térmica

Calor específico (c)

É a quantidade de calor que fornecemos para fazer cada grama (1g) do material variar a temperatura

\hookrightarrow medido em cal/g. $^{\circ}$ C

$$c = \frac{C}{m} \rightarrow c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

é uma característica da substância ou seja, **varia entre os materiais**

\hookrightarrow depende do estado físico também, mesmo que seja a mesma subst.

Ex: $C_{\text{água}} > C_{\text{areia}}$ por isso a água demora mais para aquecer e esfriar, precisa de mais calor

obs: $\uparrow C, \downarrow \Delta T$

Quantidade de calor sensível (Q)

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

\hookrightarrow medido em cal ou J "que macete"

Mudança de estado

absorve calor: endotérmica \rightarrow



\leftarrow libera calor: exotérmica

- relacionada à pressão e à temperatura

vaporização

\rightarrow **evaporação**: $T_{\text{evap}} < T_{\text{ebulição}}$

L processo lento e natural

L rápido = temperatura \uparrow superfície de contato \uparrow vento

L Roupa secando no varal

\rightarrow **ebulição**: $T_{\text{ebulição}} =$ definida

processo agitado e mais rápido

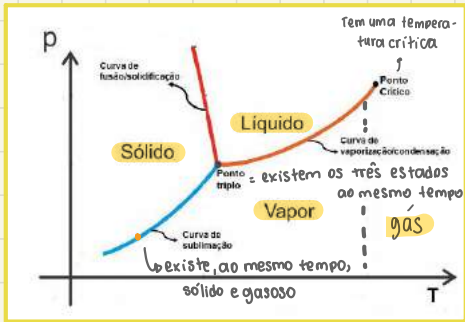
água fervendo na panela

\rightarrow **calefação**: $T_{\text{calefação}} > T_{\text{ebulição}}$

extremamente brusca e rápida

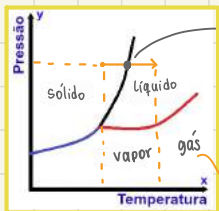
jogar gotas de água no ferro quente

diagrama de fases



temperatura crítica: é a máxima que eu consigo fazer mudança de estado físico

manter a pressão constante a aumentar a temperatura:



→ ocorre a mudança de estado

linha de fusão / solidificação muda de sólido para líquido

o gás, mexendo só na pressão, é impossível fazer ele mudar de estado físico

calor latente

- causa uma mudança de estado físico
- precisa de certa quantidade de calor
- a temperatura é constante na mudança de estado

$$Q = m \cdot L$$

* Tomar cuidado com a massa, que é a que muda de estado, nem sempre usamos a massa total

observações: quando a questão dá os valores de calor latente de fusão e vaporização, os de solidificação e condensação são os mesmos, porém, com sinal trocado

$$L_f = 80 \text{ cal/g} \rightarrow L_s = -80 \text{ cal/g}$$

$$L_v = 540 \text{ cal/g} \rightarrow L_c = -540 \text{ cal/g}$$

o sinal é trocado pq a subst. libera calor

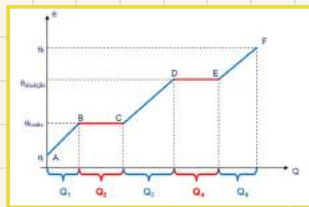
→ quando usar calor sensível e calor latente

sensível → variação de temperatura

$$Q = m \cdot c \cdot t \rightarrow Q_1, Q_3, Q_5$$

latente → mudança de estado físico

$$Q = m \cdot L \rightarrow Q_2 \text{ e } Q_4$$



princípio geral das trocas de calor

- O calor flui de T maior → T menor
- Q recebido = (+) positivo Q cedido = (-) negativo

$$Q_c + Q_r = 0$$

potência

$$Pot = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow \text{em calorias}$$

$$\Delta t \rightarrow \text{em segundos}$$

transferência de calor

→ condução

→ não ocorre no vácuo



É a transferência de calor devido à vibração dos átomos e moléculas de um corpo onde a vibração passa de átomo para

átomo e de molécula para molécula

Ocorre nos sólidos, líquidos e gases mas, é mais característicos do sólido

fluxo de calor (ϕ)

$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$ → mesma equação da potência, mas as interpretações são diferentes para cada uma

Fluxo de calor (ϕ) - Equação de Fourier

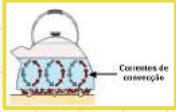
$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L} \text{ ou } \phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

k → condutividade térmica (material)

k ↑ : bom condutor

k ↓ = bom isolante

→ CONVECÇÃO



não ocorre no vácuo

transfere calor por deslocamento de matéria

ar condicionado, ventilador



→ RADIAÇÃO OU IRRADIAÇÃO

É a transferência de calor por ondas eletromagnéticas

(raios infravermelhos)



Ocorre no vácuo

Calorimetria

Calor

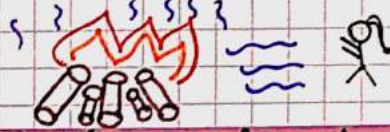
ENERGIA TÉRMICA EM TRÂNSITO. FLUI DO CORPO DE MAIOR TEMPERATURA P/ O DE MENOR TEMPERATURA.

- medido em Joule e Caloria (CAL)
- ↳ NO SI

CALORIA
 QNTD DE ENERGIA NECESSÁRIA P/ ELEVAR A TEMPERATURA DE 1g DE ÁGUA DE 14,5°C → 15,5°C
 1 CAL ≈ 4,186 J

3. IRRADIAÇÃO

A ENERGIA TÉRMICA É TRANSFERIDA ATRAVÉS DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS. É O ÚNICO PROCESSO QUE OCORRE NO VÁCUO.



GARRAFA

TÉRMICA

FINALIDADE: EVITAR TROCA DE CALOR Como FUNCIONA?

- AS PAREDES INTERNAS DE VIDRO SÃO DUPLAS E ENTRE ELAS HÁ VÁCUO, QUE IMPEDIRIA A TRANSMISSÃO POR CONDUÇÃO
- O VIDRO É ESPELHADO PARA QUE A ENERGIA RADIANTE SEJA REFLETIDA, DIMINUINDO AS TROCAS POR RADIAÇÃO
- PARA EVITAR AS TROCAS DE CALOR POR CONVECÇÃO, BASTA FECHAR BEM A GARRAFA TÉRMICA.

propagação DE CALOR

1. CONDUÇÃO

A ENERGIA CALORÍFICA É TRANSMITIDA POR MEIO DE SÓLIDOS. TEM MENOR INTENSIDADE NOS FLUIDOS E NÃO OCORRE NO VÁCUO, POIS NÃO HÁ MATÉRIA.

- PODE-SE DETERMINAR PARA A CONDUÇÃO:

FLUXO DE CALOR ϕ
 QNTD DE CALOR, ΔQ QUE ATRAVESSA A SEÇÃO RETA DE UMA BARRA POR UNIDADE DE TEMPO Δt
 $\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow J/S$
 $\phi \rightarrow 1 CAL/S$

LEI DE FOURIER

IMAGINEMOS UMA BARRA SÓLIDA DE COMPRIMENTO L E COM SEÇÃO TRANSVERSAL A. OS EXTREMOS DA BARRA T_1 E T_2 TEM TEMPERATURA DIFERENTE ($T_2 > T_1$). ASSIM, HAVERÁ CONDUÇÃO DE CALOR. DEPOIS DE UM TEMPO, A BARRA ATINGE O REGIME ESTACIONÁRIO. DESSA FORMA, UM PONTO QUALQUER DA BARRA ATINGE UM VALOR DE TEMPERATURA QUE NÃO SE ALTERA COM O DECORRER DO TEMPO.

↳ CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO MATERIAL

$$\phi = K \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L}$$

2. CONVECÇÃO

ACONTECE SOMENTE EM FLUIDOS, NÃO OCORRE NOS SÓLIDOS E NEM NO VÁCUO.

FORMAM-SE CORRENTES CIRCULARES CHAMADAS DE "CORRENTES DE CONVECÇÃO" AS QUAIS SÃO DETERMINADAS PELA DIFERENÇA DE DENSIDADE ENTRE O FLUIDO MAIS QUENTE E O FLUIDO MAIS FRIO.



capacidade térmica

A CAPACIDADE TÉRMICA INDICA A QUANTIDADE DE CALOR, ΔQ , QUE DEVE SER FORNECIDA A UM CORPO PARA QUE SUA TEMPERATURA SE ELEVE ΔT .

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \rightarrow \text{NO SI } J/\text{Kelvin}$$

Calor ESPECÍFICO.

A CAPACIDADE TÉRMICA DEPENDE DA MASSA DO CORPO, SENDO ASSIM, 2 CORPOS DE MESMO MATERIAL PODEM SOPRER ΔT DIFERENTES. POR EXEMPLO

- SE QUISERMOS AQUECER DUAS CHAPAS DE METAL, UMA COM 5kg E A OUTRA COM 10kg, SERÁ NECESSÁRIO FORNECER MAIOR QUANTIDADE DE CALOR PARA A CHAPA DE 10kg POIS SUA MASSA É MAIOR.

PODE-SE CONCLUIR QUE A CAPACIDADE TÉRMICA É PROPORCIONAL ÀS MASSAS DOS CORPOS.

ESSA PROPORCIONALIDADE É DEFINIDA POR UMA GRANDEZA DENOMINADA CALOR ESPECÍFICO (c) QUE É DETERMINADO PELA RAZÃO CONSTANTE ENTRE A CAPACIDADE TÉRMICA E A MASSA DE UMA SUBSTÂNCIA, SENDO EXPRESSO MATEMATICAMENTE PELA EQUAÇÃO

$$c = \frac{C}{m} \rightarrow \text{NO SI } J/\text{kg} \cdot \text{Kelvin}$$

$m \rightarrow \text{CAL}/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$
 ↳ muito usada.

CINEMÁTICA

obs: Se não houver inversão de sentido do movimento, a variação Δs coincide com a distância efetivamente percorrida pelo móvel
 ↳ nem sempre o Δs será igual a distância percorrida. Só se tiver indo no mesmo sentido da trajetória, SEM PARAR e VOLTAR

ponto material ou partícula

- corpo que suas dimensões não interferem na análise de um movimento, ou seja, as dimensões do corpo são irrelevantes.

movimento

- Conceito relativo, depende de um referencial
- Muda a posição em relação a um "

corpo extenso

- As dimensões interferem na análise do movimento

repouso

- Também depende de um referencial
- O corpo não muda de posição

ex: um trem que atravessa uma ponte

! soma a medida da ponte + trem

deslocamento

- medida em linha reta
- $s_{final} - s_{inicial} = \Delta s$

+ trajetória

- É o formato do movimento de um móvel.
- É um conceito relativo, depende do observador

distância percorrida

- Soma de todos os trechos que um móvel percorre durante seu movimento

ex: Júlia: andando na bicicleta, deixa sua bolinha cair

velocidade escalar média (v_m)

- Ter ideia da rapidez do móvel

Antônio: observa Júlia

Trajeto da bola:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\text{km/h} = 3,6 \text{ m/s}$$

$$\div$$

$$\times$$

exercício clássico

Júlia e Antônio ... 1) Um automóvel vai de uma cidade A até a cidade B, distantes 480 km, com $v_m = 60 \text{ km/h}$.

Posição

- É o local que o móvel se encontra, em relação a um referencial. Pode ser negativa
- Dacidade B à cidade C, distantes, 300 km, teve uma $v_m = 75 \text{ km/h}$. Qual a velocidade escalar média do percurso entre a cidade A e a cidade B e C?



▷ achar $\Delta T_1, \Delta T_2$ e somar as distâncias e divi-
dipor $T_1 + T_2$

• Percurso total

1° entre A e B

$\Delta S = 480 \text{ km}$ $\Delta T = \frac{480}{60} = 8 \text{ horas}$

$V_m = 60 \text{ km/h}$ 60

$\Delta T = ?$

$\Delta S = 2x$

$\Delta T = \frac{x}{30} + \frac{x}{10} = \frac{x+3x}{30} = \frac{4x}{30}$

$V_m = \frac{2x}{\frac{4x}{30}} = 2x \cdot \frac{30}{4x} = \frac{60}{4} = 15 \text{ km/h}$

2° entre B e C

$\Delta S = 300 \text{ km}$ $\Delta T = \frac{300}{75} = 4 \text{ horas}$

$V_m = 75 \text{ km/h}$ 75

$\Delta T = ?$

ma este: usar quando o problema fala de "metade" } $V_m = \frac{2 \cdot V_1 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$

3° entre A e C

$\Delta S = 480 + 300 = 780 \text{ km}$

$V_m = ?$ $V_m = \frac{780}{12} = 65 \text{ km/h}$

$\Delta T = 8 + 4 = 12 \text{ h}$

• velocidade escalar instantânea

• Saber a velocidade de um objeto em um dado instante

quando não diz a distância

2) A V_m de um móvel durante metade do percurso é 30 km/h e na outra metade, é 10 km/h . Calcular a V_m do percurso total.

$V = \frac{\Delta S}{\Delta T}$, quando $\Delta t \rightarrow 0$ (Δt tende a 0)



observações

01. Um carro sai da cidade A às 7h e chega às 13h na cidade B. Parando 0,5h em um posto. Qual o ΔT ?

$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta T} \rightarrow 13 - 7 = 5 \text{ h}$

• Primeiro Trecho

$V_m = 30 \text{ km/h}$ $\Delta t = \frac{x}{30}$

$\Delta S = x$

$\Delta T = ?$

▷ só me interessa os instantes iniciais e finais, não me interessa o que ele fez durante.

• Segundo trecho

$V_m = 10 \text{ km/h}$

$\Delta S = x$ $\Delta t = \frac{x}{10}$

$\Delta T = ?$

02. Saiu da cidade A, levou duas horas até o posto, gastou 0,5h almoçando. Do posto à cidade B gastou 3h. Qual é o ΔT ?

$\Delta T = 2 + 0,5 + 3 = 5,5 \text{ h}$

▷ não sei os instantes de saída e de chegada, nesse caso eu somo TUDO



eletrostática

Carga elétrica

átomo neutro $\rightarrow n^{\circ}e^{-} = n^{\circ}$ prótons

$\left. \begin{array}{l} + + \\ - - \end{array} \right\}$ repulsão
 $\left. \begin{array}{l} + - \\ + 0 \\ - 0 \end{array} \right\}$ atração

Carga elementar

$$e = \pm 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

carga total (Q)

$Q = n \cdot e \rightarrow$ carga elementar

n° de e^{-} ou prótons no material

\hookrightarrow medida em Coulomb (C)

condutores e isolantes

condutor - os elétrons são livres para movimentar, Ex: metais, soluções iônicas, etc.

isolante - os e^{-} não conseguem se movimentar ou têm dificuldade.

Ex: ar, plástico, borracha, madeira...

Processos de eletrização

\hookrightarrow por atrito

• dois corpos, inicialmente neutros são friccionados. os elétrons livres migram de um corpo para o outro.

• os corpos concluem o processo de eletrização com **cargas iguais em módulo e com sinais opostos**.

• tabela da série tribo elétrica. maior δ nas pontas.

\hookrightarrow por contato

• Contato: corpo eletrizado / corpo eletrizado + corpo neutro

• corpos eletrizados com cargas iguais no final do processo.

• quantidade de carga total permanece a mesma.

• média aritmética das cargas

\hookrightarrow por indução

• provocar a polarização das cargas sem que haja contato

• **corpo induzido**: inicialmente neutro

• **indutor**: corpo carregado que provoca a indução

01. 02.

• corpo polarizado e não eletrizado

03. **fio terra** - neutraliza os corpos

• o fio terra vai entender que está faltando e^{-} , e vai enviar e^{-} para neutralizar o corpo.

04.

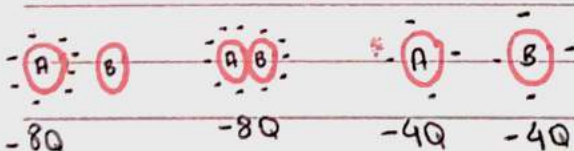
\hookrightarrow a carga que o corpo induzido adquire é sempre contrária ao indutor.

densidade superficial das cargas

\hookrightarrow a distribuição das cargas dependerá do formato do corpo. Corpos pontudos tem

$$\delta = \frac{Q}{A} \rightarrow \text{quantidade de cargas (C)}$$

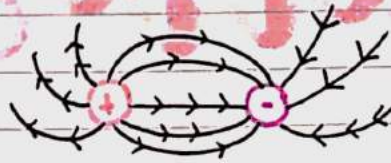
$A \rightarrow$ área da superfície



força elétrica - lei de Coulomb (f_e)

$$f = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} \text{ (N)}$$

linhas de força



• a força elétrica depende do par de cargas

de modo diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

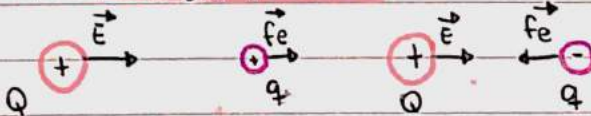
• a força elétrica é vetorial.

• a intensidade do campo elétrico está relacionado com a densidade das linhas de campo no corpo observado.

Campo elétrico (\vec{E})

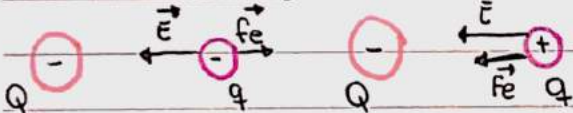
Área de influência em torno de uma carga elétrica que tem a capacidade de provocar forças elétricas em cargas de prova (q)

↳ para carga positiva



• Campo elétrico é de afastamento

↳ para carga negativa



• geram campo de atração.

conclusão: Carga de prova (q) positiva

• f_e e E possuem mesmo sentido

Carga de prova (q) negativa

• f_e e E sinais opostos.

↳ Cálculo do Campo elétrico

• Para a carga de prova

$$E = \frac{f}{|q|} \text{ N/C}$$

• Para carga que gera o campo elétrico

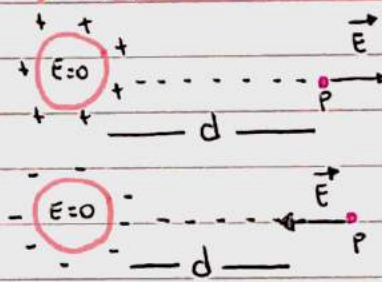
$$E = k \frac{|Q|}{d^2}$$

• a intensidade do campo elétrico diminui

à medida que se afasta a carga da fonte.

• quanto mais linhas de força, mais forte é o campo elétrico.

↳ Campo elétrico na esfera



• Como as cargas se distribuem uniformemente dentro da esfera, seus campos vão se anular (direções opostas)

• Considerando a região externa, o campo elétrico produzido pela esfera é semelhante ao de uma carga pontiforme.

Energia Potencial elétrica (E_{pot})

• Existe de uma interação de duas cargas pontuais.

• Energia armazenada no campo elétrico.

$$E_{pot} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d} \text{ (J)}$$

$$\Delta E_{pot} = \int f_{el}$$

* $E_{pot} > 0$ (+, +) ou (-, -) o sistema é repulsivo.

* $E_{pot} < 0$ (+, -) sistema é atrativo

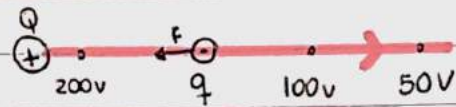
→ cargas de sinais iguais

$\uparrow E_{pot} \rightarrow \downarrow d$

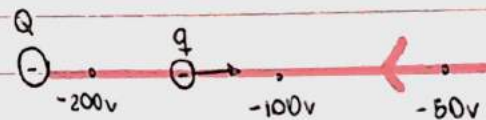
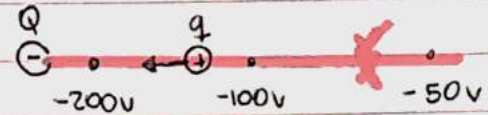
→ cargas de sinais opostos

$\downarrow E_{pot} \rightarrow \downarrow d$

- busca potenciais elétricos maiores



→ Carga geradora negativa



Trabalho Elétrico (\mathcal{J}_{el})

$$\mathcal{J}_{el} = q \cdot U \quad (J)$$

↳ diferença de potencial

$$\mathcal{J}_{el} = q \cdot E \cdot d \quad (J)$$

↳ campo elétrico

→ $\mathcal{J}_{el} > 0$: força na mesma direção e sentido do deslocamento

→ $\mathcal{J}_{el} < 0$: movimento da carga no sentido oposto ao do campo.

A diferença de potencial é expressa:

$$U = \frac{\Delta E_{pot}}{q} \quad \text{ou} \quad \Delta V$$

Superfícies Equipotenciais

• Nela, o potencial elétrico é constante.

• É perpendicular às linhas de força do campo elétrico.

• Quando um corpo de prova se move entre duas superfícies equipotenciais, o trabalho realizado pela força independe da trajetória do corpo.

• Quando um corpo de prova se move entre 2 pontos de uma mesma superfície equipotencial, o trabalho é nulo.

Diferença de potencial elétrico (U) e potencial elétrico (V)

Potencial elétrico é a energia potencial elétrica por unidade de carga.

* Decresce no sentido das linhas de força.

$$V = \frac{E_{pot}}{q} \quad (V) \text{ volt}$$

$$Q^+ = V^+$$

$$Q^- = V^-$$

$$V = \frac{k \cdot Q}{d} \quad (V)$$

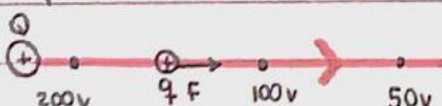
Capacitância (C)

• depende da geometria do condutor e do meio que ele se encontra.

$$Q = CV$$

$$C = \frac{Q}{V} \quad (F) = \text{faraday}$$

→ Carga geradora positiva
+ busca potenciais elétricos menores.



Para esfera

$$V = \frac{k \cdot Q}{r}$$

$$C = \frac{r}{k}$$

estática

Ponto material: dimensões desprezíveis ao ser comparado a um referencial. Tem massa

Corpo extenso: Dimensões significativas. Tem massa

Centro de massa: um ponto onde consigo concentrar toda a massa de um objeto

• Em corpos regulares: o centro de massa coincide com o centro geométrico



é onde as diagonais se encontram

• em corpos irregulares: centro de massa fica mais próximo da região de maior massa

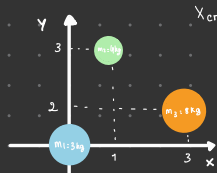


CGE

- Em campos gravitacionais uniformes, o CGE coincide com o CM

Centro de gravidade: é o ponto onde poderíamos imaginar a aplicação da força peso

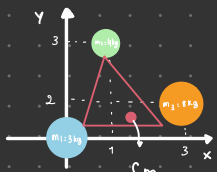
determinação analítica do CM



$$x_{cm} = \frac{x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + x_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$x_{cm} = \frac{0 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 4}{3 + 4 + 8}$$

$$x_{cm} = 1,9$$



$$y_{cm} = \frac{y_1 \cdot m_1 + y_2 \cdot m_2 + y_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

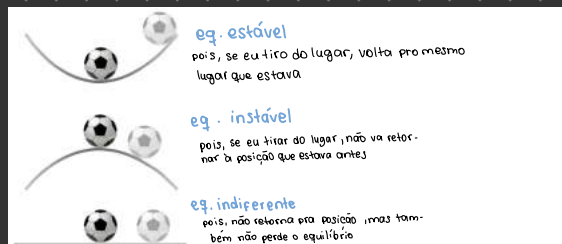
$$y_{cm} = \frac{0 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 4}{3 + 4 + 8}$$

$$CM (1,9, 1,9)$$

$$y_{cm} = 1,9$$



tipo de equilíbrio



eq. estável

pois, se eu tirar do lugar, volta pro mesmo lugar que estava

eq. instável

pois, se eu tirar do lugar, não vai retornar a posição que estava antes

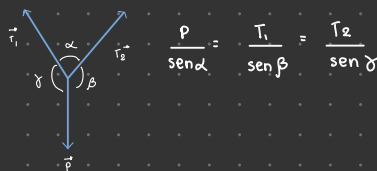
eq. indiferente

pois, não retorna pra posição, mas também não perde o equilíbrio

equilíbrio $\left\{ \begin{array}{l} \text{estático: } v = 0 \\ \qquad \qquad \qquad a = 0 \\ \text{dinâmico: } \text{movimento, } v \neq 0 \end{array} \right.$

teorema de Lamy

- Ou Lei dos senos
- serve só pra quando tem 3 forças
- equilíbrio, $F_R = 0$



$$\frac{P}{\text{sen } \alpha} = \frac{T_1}{\text{sen } \beta} = \frac{T_2}{\text{sen } \gamma}$$

Forças

Força Peso (P)

- Força Gravitacional
- Aponta sempre para o centro da Terra
- Grandeza Vetorial

$$P = m \cdot g$$

↳ aceleração da gravidade

$$g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

obs: 1 kgf = 10 N

obs: a massa de um corpo é a mesma em todo planeta. Porém, a força peso pode se alterar, caso se altere "g"

Força Normal (N)

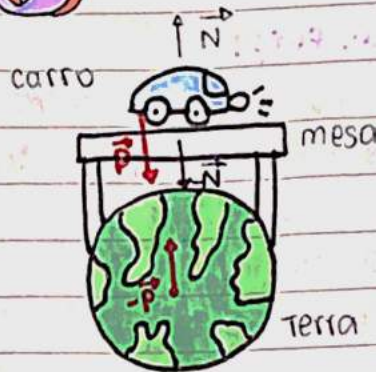
• Ao interagirmos com uma superfície, exercemos uma **força de compressão** (N') e, de acordo com a 3ª lei de Newton, a superfície também exerce uma força sobre o nosso corpo.

• A força normal é a **reação da força de compressão**, possuindo o mesmo módulo e a mesma direção, mas com sentido oposto.

obs: A força normal não é a reação à força peso

obs: $F_R = 0$ / equilíbrio
aí, em alguns casos $F_N = F_{\text{peso}}$, para elas se anularem

obs: a balança mede atuação da força normal sobre você

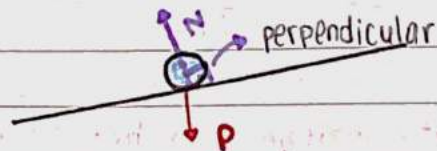


Pares "ação e reação"

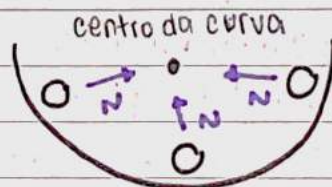
$$\begin{matrix} \uparrow N & \text{e} & \downarrow -N \\ \uparrow P & \text{e} & \downarrow -P \end{matrix}$$

obs: A F_N é sempre perpendicular à superfície

F_N no plano inclinado



F_N em superfície curva



- A F_N sempre aponta para o centro da superfície curva
- É uma direção radial; apontada para o centro

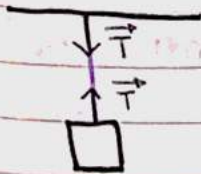


Força de Tração

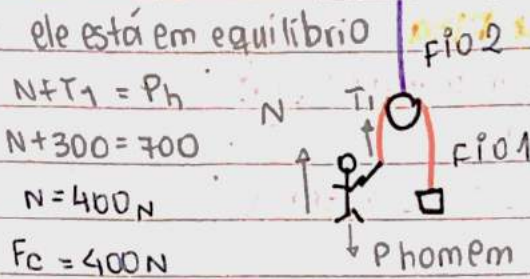
• Força transmitida de um ponto ao outro de um sistema, utilizando cordas

• Uma corda ideal é aquela que é inextensível (não deforma, não estica)

• age em cordas



b) A compressão que o homem faz no chão é igual a F_N pois ele está em equilíbrio



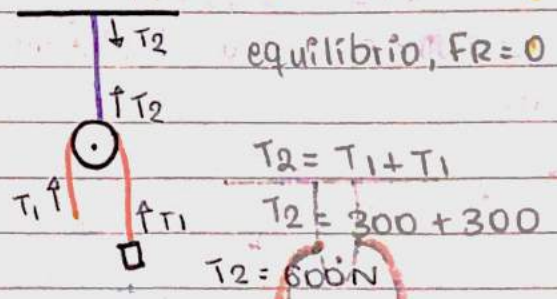
$$N + T_1 = P_h$$

$$N + 300 = 700$$

$$N = 400 \text{ N}$$

$$F_c = 400 \text{ N}$$

c) Tensão no Fio 2



$$T_2 = T_1 + T_1$$

$$T_2 = 300 + 300$$

$$T_2 = 600 \text{ N}$$

obs: Se a corda é a mesma, a tensão é a mesma.

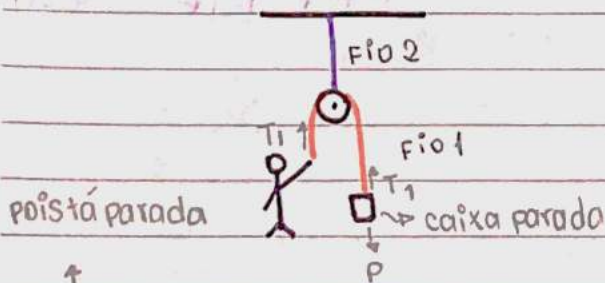
obs: O fio fica sujeito a trações de mesma intensidades e sentidos opostos!

obs: Trações em cordas diferentes também são diferentes

Exemplo

- massa do corpo suspenso = 30 kg
- massa do Homem = 70 kg
- sistema em equilíbrio ($F_r = 0$)

a) Tensão no Fio 1



$$T_1 = P \rightarrow T_1 = 30 \cdot 10 = 300 \text{ N}$$

$$T_1 = m \cdot g$$



forças de atrito

- o Fat surge devido ao contato entre duas superfícies rugosas, ásperas ou aderentes
- o De origem eletromagnética (ñ mecânica)
- o NÃO posso dizer que sempre contrário ao movimento
- o A Fat é SEMPRE contrária ao deslizamento ou a tendência de deslizamento

Tipos de força de atrito

↳ Força de Atrito Estático (Fat estática)

Surge quando não há um deslizamento entre as superfícies de contato
ex. Caminhar

↳ Força de Atrito Dinâmico (Fat dinâmica)

Surge quando há um deslizamento entre as superfícies de contato
ex. pósforo na caixinha para ascender

fatores que influenciam

(i) coeficiente de atrito (μ)

materiais	μ estático
borracha com asfalto seco	1,0
borracha com asfalto molhado	0,3

* grandeza dimensional

→ por isso é mais fácil deslizar

(ii) força Normal (N)

↳ determina a força de compressão entre as superfícies

$$F_{at} \propto M$$

↑ N ↑ compressão ↑ interação ↑ Fat

$$F_{at} \propto N$$

é como se fosse mais difícil deslizar

o máxima força de atrito estático (Fat estática)

$$F_{at \text{ estático}} = M_e \cdot N$$

Exercício 01

A tabela a seguir apresenta valores para a força aplicada pelo homem sobre a caixa. Sabendo que o coeficiente de atrito estático é igual a 0,8 e que a força normal vale 100N, calcule a força de atrito máxima e complete na tabela o valor da força de atrito estático para cada valor de força aplicada.

Força aplicada	Força de atrito
I 30 N	30 N
II 40 N	40 N
III 65 N	80 N
IV 80 N	80 N

$M = 0,8$ $N = 100N$
 $F_{at} = 0,8 \cdot 100 = 80N$
 faz a mesma força para a caixa não sair do lugar

$$F_{at \text{ max}} = M_e \cdot N$$

obs Se aplicar uma força maior que 80N, a caixa entrará em movimento

tendência de movimento que se

Exercício 02

A figura a seguir apresenta um bloco A de massa 3 kg que está apoiado em repouso sobre uma superfície plana e horizontal. A corda passa por uma polia ideal e na sua extremidade final existe um gancho de massa desprezível. Uma pessoa pendura um bloco B de massa 1 kg no gancho, sabendo que o coeficiente de atrito estático entre a superfície e o bloco A é $\mu_{estático} = 0,5$, determine a força de atrito que a superfície exerce sobre o bloco.

$M_A = 3 \text{ kg}$
 $m_B = 1 \text{ kg}$
 $M_e = 0,5$

Ⓐ $F_{R_A} = 0$, logo

$F_{at} = T$ $F_{at} = 10N$

Ⓑ $F_{R_B} = 0$

$T = P_B$

$T = 10N$

$P_B = m_B \cdot g$
 $P_B = 1 \cdot 10$
 $P_B = 10N$

Força de atrito dinâmica

↳ Fatores que influenciam

(i) coeficiente de atrito

$M_{estático} > M_{dinâmico}$, logo

(ii) força normal (N)

$F_{at \text{ e}}$ $F_{at \text{ D}}$

como calcular $F_{at \text{ din}} = \mu_d \cdot N$

Exercício 02

A figura a seguir apresenta um bloco A de massa 5 kg que está apoiado em repouso sobre uma superfície plana e horizontal. A corda passa por uma polia ideal e na sua extremidade final existe um gancho de massa desprezível. Uma pessoa pendura um bloco B de massa 15 kg no gancho, sabendo que $\mu_{estático} = 0,5$ e $\mu_{dinâmico} = 0,4$, determine a aceleração do sistema de blocos.

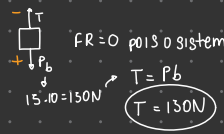
$M_A = 5 \text{ kg}$
 $M_B = 15 \text{ kg}$
 $M_e = 0,5$
 $\mu_d = 0,4$
 $a = ?$

obs calcula primeiro a $F_{at \text{ e}}$ pra ver se ela é menor que T , aí o bloco poderá movimentar

$F_{ate} = M_e \cdot N_A$ → igual ao peso, pois $F_R = 0$ na vertical
 $F_{ate} = 0,5 \cdot 50$
 $F_{ate} = 25N$

Conclusão
 $F > F_{ate}$, o sistema vai entrar em movimento e quem vai atuar é a F_{atD}

Calculando a tração

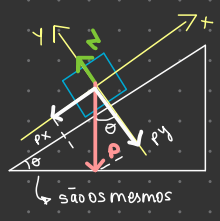


bloco (A) $F_R = m \cdot a$
 $T - F_{atD} = m \cdot a$
 bloco (B) $F_R = m \cdot a$
 $P_b - T = m \cdot a$

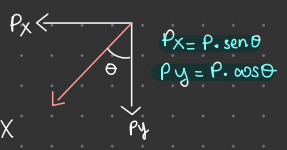
+ $T - F_{atD} = m \cdot a$
 $P_b - T = m \cdot a$
 $\frac{P_b - F_{atD} = a(m + m_b)}{P_b - F_{atD} = 20a}$
 $150 - F_{atD} = 20a$
 $150 - 20 = 20a$
 $130 = 20a$
 $a = 6,5 m/s^2$

igual ao peso
 $F_{atD} = M_D \cdot N_D$
 $= 0,4 \cdot 50N$
 $F_{atD} = 20N$

plano inclinado



obs o ângulo de inclinação do plano, é o mesmo que existe entre o peso e a normal



o movimento é sempre no eixo X
 $F_R y = 0$, logo, $N = P_y$

macete para o x é onde eu vou estar de seno

Exercício 01
 Na figura abaixo, um bloco de massa 10 kg é colocado sobre um plano inclinado, sem atrito, que forma um ângulo 30° com a direção horizontal. Considere 10 m/s² o módulo da aceleração da gravidade.
 O módulo da força resultante sobre o bloco é igual a
 a) 20 N
 b) 50 N
 c) 80 N
 d) 100 N
 e) zero.

$F_R y = 0$
 $N = P_y$
 $F_R x = P \cdot \sin \theta$
 $F_R x = m \cdot g \cdot \sin \theta$
 $F_R x = 10 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}$
 $F_R x = 50N$

Exercício 02
 (Acate) Um professor de Física utiliza uma rampa móvel para verificar o valor do coeficiente de atrito estático entre a rampa e um bloco. O professor foi alterando o ângulo da rampa em relação à horizontal, até que o bloco atingiu a iminência do movimento. Nesse exato instante, tirou uma foto da montagem e acrescentou com os valores de algumas grandezas, como mostra a figura.
 Fez $m \cdot g$, então ele ainda tá parado
 $P_x = P \cdot \sin \theta$
 $P_y = P \cdot \cos \theta$

DETERMINAR
 M_e e F_{ate}
 $F_{at} = M_e \cdot N$

Se $F_R = 0$
 $L P_y = N$ e $P_x = F_{at} \rightarrow F_{at} = P \cdot \sin \theta$

$\frac{100}{80} \cdot 60 \cdot \sin = \frac{60}{H} = \frac{60}{100} = 0,6$
 $F_{at} = m \cdot g \cdot \sin \theta$
 $F_{at} = 10 \cdot 10 \cdot 0,6$

para achar M_e

$F_{at} = 60N$

$F_{at} = M_e \cdot N \rightarrow N = P_y = P \cdot \cos \theta = m \cdot g \cdot \cos \theta$
 $60 = M_e \cdot 80$
 $M_e = \frac{60}{80} = \frac{3}{4}$
 $M_e = 0,75$
 $\cos = \frac{CA}{H}$
 $\cos = \frac{80}{100} = 0,8$
 $N = 80N$

Fórmulas

FÍSICA

Trabalho e Energia

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

$$E_c: \frac{mv^2}{2} \quad E_{pg}: mgh \quad E_{pe}: \frac{kx^2}{2}$$

$$E_m: E_c + E_p$$

$$Pot: \frac{E}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad \frac{W}{\Delta t}$$

colisões

$$Q = mv \quad Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}$$

PERFECTAMENTE ELÁSTICA

$$e = 1$$

PARCIALMENTE ELÁSTICA

$$0 < e < 1$$

INELÁSTICA

$$e = 0 \quad Q = (m_a + m_b)v$$

DEPOIS

$$E: \text{VREL. AFASTAMENTO} \quad E: \frac{v_a' - v_b'}{v_b' - v_a'}$$

$$V_{REL. APROX} \quad \text{ANTES}$$

impulso

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

Termodinâmica

TRABALHO DO GÁS

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

$$U = \frac{3}{2} nRT \quad \text{ou} \quad \frac{3}{2} PV$$

$$1^\circ \text{ LEI} \quad \Delta U = Q - W$$

$$\text{ADIABÁTICA: } \Delta U = -W \quad \text{ISOTERMA: } Q = W$$

$$\text{ISOCÓRICA: } \Delta U = Q \quad \text{ISOBÁRICA: } \Delta U = Q - P\Delta V$$

2º LEI

$$W = Q_1 - Q_2$$

1: QUENTE

2: FRIA

RENDIMENTO

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad \text{ou} \quad 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Gases



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

$$PV = nRT$$

calorimetria

$$\text{CALOR SENSÍVEL} \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\text{CALOR LATENTE} \quad Q = m \cdot L$$

$$\text{CAP. TÉRMICA} \quad C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$\text{EQUILÍBRIO TÉRMICO} \quad Q_C + Q_R = 0$$

$$\text{FLUXO DE CALOR} \quad \phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Terminologia

EQUAÇÃO DE GAUSS

$$T_c = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$T_c = T_K - 273$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

P': D. IMAGEM AO ESPELHO

P: D. DO OBJETO AO ESPELHO

$$\frac{\Delta T}{5} = \frac{\Delta T_F}{9}$$

$$\Delta T_c = \Delta T_K$$

$$\text{ou } f = \frac{p \cdot p'}{p + p'}$$

DILATAÇÃO

SÓLIDOS

LÍQUIDOS

AMPLIAÇÃO

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

DAPARENTE: LÍQUIDO

$$(A) = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

TRANSBORDADO

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

$$\Delta V_{\text{LIQ}} = \Delta V_{\text{FRASCO}} + \Delta V_{\text{VAP}}$$

ondas

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$v = \lambda \cdot f$$

espelhos

PLANOS

$$\hat{i} = \hat{r}$$

$$p = p'$$

VIRTUAL: ATRÁS DO ESPELHO

DIREITA: MESMO SENTIDO

IGUAL: IGUAL AO OBJETO

TRANSLAÇÃO: $\Delta S_{\text{im}} = 2 \Delta V_{\text{ESP}}$

NÚMERO DE IMAGENS: $\frac{360^\circ}{\alpha} - 1$

ESPÉRICOS

* **CÔNCAVO**

• REAL INVERTIDA

$$f > 0 \quad f = \frac{R}{2}$$

• VIRTUAL DIREITA

DETALHAMENTO: VIRTUAL DIREITA MAIOR

* **CONVEXO**

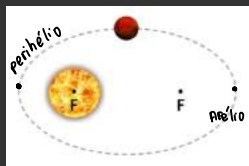
ESP. DE SEGURANÇA: VIRTUAL DIREITA MENOR

Gravitação

Leis de Kepler

- Teoria heliocêntrica

1ª lei - Lei das Órbitas



- órbita elíptica
- o sol está em um dos focos
- a energia mecânica é conservada, não há nada que atrapalhe

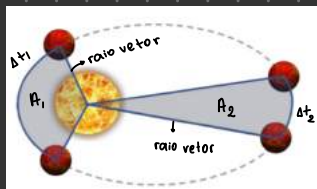
$$E_m = E_c + E_p$$

* **periélio**: $E_p \downarrow$, pois a distância (h) é a menor, $E_c \uparrow$ logo a V_{\max}

* **afélio**: $E_p \uparrow$, pois a altura (h) é maior, $E_c \downarrow$, logo, V_{\min}

- O movimento do planeta ao redor do sol não tem velocidade constante

2ª lei: Lei das Áreas



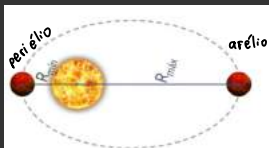
$$\frac{A_1}{\Delta T_1} = \frac{A_2}{\Delta T_2}$$

- O segmento de reta que une o planeta ao sol (raio vetor) varre áreas iguais em tempos iguais

Ex: $\frac{A_1}{T_1} = \frac{A_2}{T_2}$

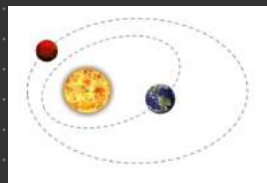
Tudo que acontece em cima, acontece em baixo também

3ª lei: Lei dos períodos



raio médio

$$R_m = \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2}$$



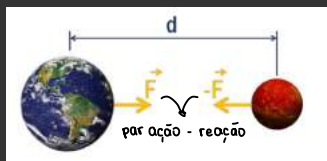
$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \text{constante}$$

- comparando 2 órbitas de planetas diferentes

Planeta	T (dias terrestres)	R (km)	T/R³
Mercúrio	88	$5,8 \times 10^7$	
Vênus	225	$1,1 \times 10^8$	
Terra	365	$1,5 \times 10^8$	
Marte	687	$2,3 \times 10^8$	$4 \cdot 10^{20}$
Júpiter	4333	$7,8 \times 10^8$	
Saturno	10760	$1,4 \times 10^9$	
Urano	30660	$2,9 \times 10^9$	
Netuno	60520	$4,5 \times 10^9$	

Lei da gravitação universal

- Isaac Newton
- massa atrai massa



- $F \propto M \cdot m$
- $F \propto \frac{1}{d^2}$

$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

G é uma constante = $6,67428 \cdot 10^{-11}$

gráfico $F \times d$ hipérbolo

$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}$$

gravidade fora do planeta
dentro, $g = mg$

velocidade orbital

$$v = \sqrt{R \cdot g}$$

Velocidade de escape

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

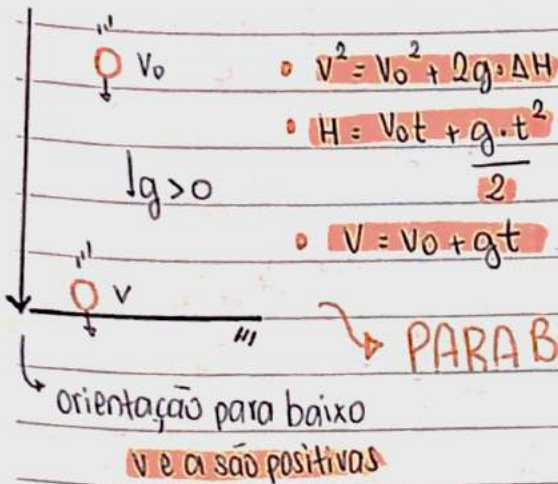
Energia potencial gravitacional

$$E_{\text{pg}} = -\frac{G \cdot M \cdot m}{d}$$

LANÇAMENTO vertical

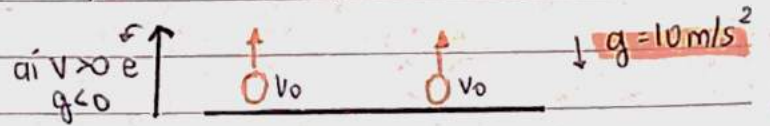
↳ Existe $V_0 \neq 0$ (diferença entre queda livre)

↳ tempo de subida



$$t_b = \frac{v_0}{g} \quad H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

Exemplo: Dois móveis A e B são lançados verticalmente para cima, com $v_0 = 15 \text{ m/s}$, do mesmo ponto. O móvel A é lançado no instante $t = 0$ e B, 2s depois. Determine, ao contar do ponto de lançamento, a posição e o instante de encontro.



PARA CIMA

• tempo de subida = tempo de descida

1º: montar as equações horárias dos espaços

tempo para atingir a H_{\max} .

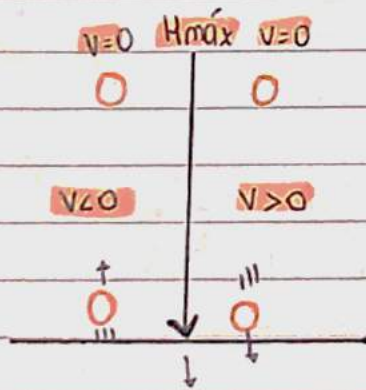
$$S_A = S_B \quad \text{por causa do atraso}$$

• A velocidade com que um corpo passa por um ponto qualquer da trajetória, na subida, tem o mesmo módulo da velocidade com que ele passa pelo mesmo ponto na descida

$$\begin{aligned}
 S &= 15t - 5t^2 & S &= 15(t-2) - 5(t-2)^2 \\
 g &= 15t - 30 - 5t^2 + 20t - 20 \\
 S &= -5t^2 + 35t - 50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 15t - 5t^2 &= -5t^2 + 35t - 50 \\
 -20t &= -50
 \end{aligned}$$

$$t = \frac{50}{20} = 2,5 \text{ s} \rightarrow \text{instante}$$



3º Para encontrar a posição, substitui em qualquer uma.

$$S_A = 15 \cdot 2,5 - 5(2,5)^2$$

$$S_A = 37,5 - 31,25$$

$$S_A = 6,25 \text{ m} \rightarrow \text{posição de encontro}$$

orientação pra baixo: $g > 0$, $v > 0$ (descida)
 $v < 0$ (subida)



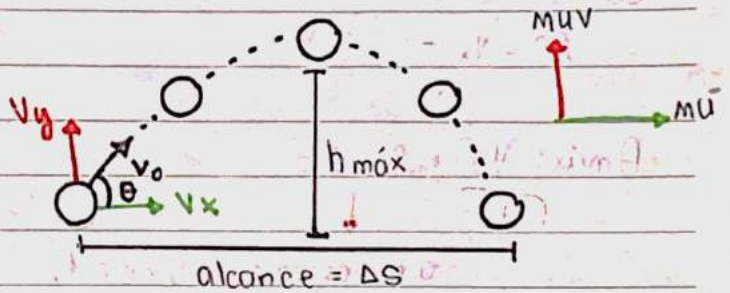
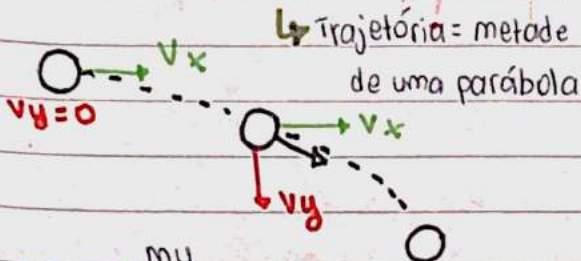
Lançamentos

horizontal

obliquo

- a trajetória é um arco de parábola
- analisar as componentes do movimento

- velocidade inicial vertical (MUV) é diferente de 0.
- a velocidade do corpo varia sendo sempre a soma das componentes V_x e V_y
- tem ângulo, usar seno e cosseno



- V_x não muda pois está no MU
- V_y sofre a força da gravidade, logo tem movimento uniformemente variado (MUV).

$$V_0 = V_y + V_x$$

$$\hookrightarrow V_x = V_0 \cdot \cos \theta \text{ (com o ângulo)}$$

$$\hookrightarrow V_y = V_0 \cdot \sin \theta \text{ (sem o ângulo)}$$

eixo horizontal (equações)

$$\Delta S = V_{0x} \cdot t$$

↳ também é o alcance

eixo horizontal (equações)

$$\Delta S = V_x \cdot t$$

↳ alcance

eixo vertical (equações)

$$h = V_{0y} \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

pois, inicialmente, V_{0y} igual a zero

eixo vertical (equações)

$$h = V_{0y} \cdot t + \frac{gt^2}{2}$$

V_{0y} é diferente de 0.

obs: prestar atenção no sentido da trajetória. P/ saber o sinal de "g"

$$V_y = V_{0y} + g \cdot t$$

$$V_y = V_{0y} + g \cdot t$$

No lançamento horizontal, $V_{0y} = 0$

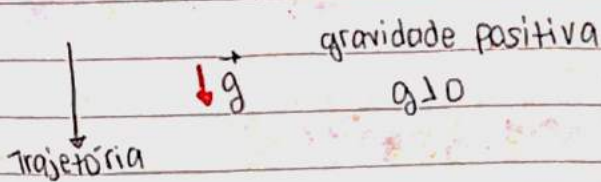
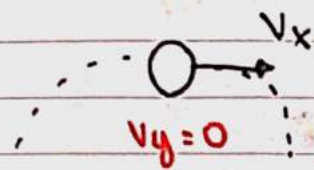
$$V_y^2 = V_{0y}^2 + 2gh$$

$$V_y^2 = V_{0y}^2 + 2gh$$

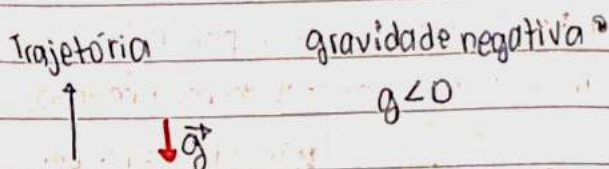


na altura máxima:

obs: prestar atenção no sentido da trajetória.



alcançe no lançamento oblíquo



$$A = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

ou

$$AS = V_x \cdot t$$

$$A_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

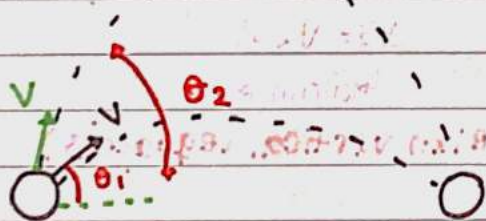
o maior valor do seno é 1,

logo, $2\theta = 90^\circ$ para alcance máximo

$$2\theta = 90^\circ \quad \theta = 45^\circ$$

↳ se tiver esse ângulo, vai chegar o mais longe possível

obs:



(esse mapa) mostrará que

$$\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$$

↳ ângulos complementares determinam

o mesmo alcance * desde que o V dos dois sejam a mesma

obs: Tempo de subida = Tempo de descida



Lei de Hooke

Força elástica

$$F = -kx$$

Força restauradora

deformação (m)

constante elástica

Constante equivalente

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

restauradora

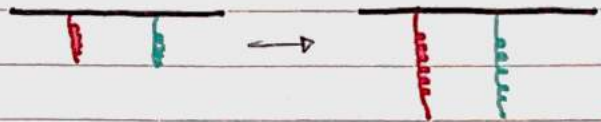
Força que a mola faz para tentar voltar para sua forma não deformada

→ em paralelo

- A deformação é igual
- A Fel é dividida entre as molas

constante elástica

- medida em N/m
- relacionada
 - ao material
 - as dimensões
 - aos tipos de mola



$$x_1 = x_2$$

Constante equivalente

• É a força que a mola faz, não a que eu faço

$$k_{eq} = k_1 + k_2$$

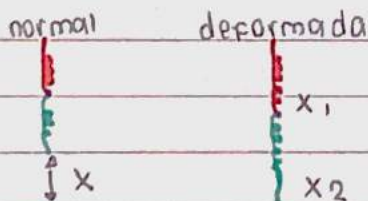
↳ age de forma a recuperar seu estado inicial

Associação de molas

→ em série

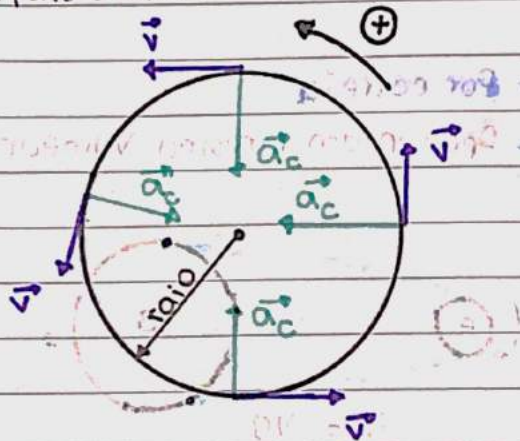
• os dois elásticos estão submetidos à mesma força elástica

$$F_1 = F_2$$



MOVIMENTO circular uniforme

- ↳ Semelhante ao MRU = percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. A única diferença é ser uma trajetória circular.
- ↳ Velocidade constante (em módulo) com variação da direção e sentido.
- ↳ Possui aceleração centrípeta (a_c) apontada para o centro.
- ↳ Velocidade linear ou tangencial (v) É a velocidade de qualquer outro movimento.
- ↳ Em MCU é constante em módulo, mas varia a direção e sentido.



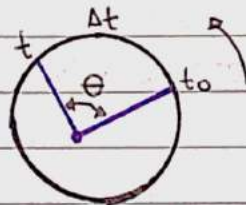
$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow 1 \text{ volta na circunf.} = 2\pi R$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ ou } 2\pi Rf$$

- Unidade no SI \rightarrow m/s

Velocidade angular (ω)

- serve de apoio para medir a v linear



$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \rightarrow \hat{\text{ângulo percorrido}}$$

Período (T)

- Tempo para dar uma volta completa
- Unidade no SI \rightarrow s (segundo)

$$1 \text{ volta} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \pi = 180^\circ$$

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } 2\pi f$$

Frequência (f)

- número de voltas a cada segundo
- Unidade no SI = Hz (hertz)

Pode ser medida em RPM (rotações por minuto)

$$1 \text{ Hz} = 60 \text{ RPM}$$

$$1 \text{ RPM} = \frac{1}{60} \text{ Hz}$$

Relação entre v linear e ω angular

$$v = 2\pi Rf$$

$$\omega = 2\pi f$$

diretamente proporcionais

$$v = \omega \cdot R$$

- $f = \frac{1}{T}$ (inversamente proporcionais)

tilibra

Aceleração Centrífuga (a_c)

• Única aceleração que age numa partícula em MCU

- Ela apenas varia a direção e sentido da velocidade linear ou tangencial
- Não varia o módulo da velocidade.
- aponta sempre para o centro

$$a_c = \frac{v^2}{R} \rightarrow v = \omega \cdot R$$

$$a_c = \omega^2 \cdot R$$

- Unidade no SI $\rightarrow m/s^2$
- Constante em módulo (valor), porém varia sua direção e sentido

$$v_A = v_B \quad v = 2\pi Rf$$

$$R_A \cdot \omega_A = R_B \cdot \omega_B$$

↳ posso trocar por número de dentes se for engrenagem

$$R_A \cdot \omega_A = R_B \cdot \omega_B$$

varia na mesma proporção

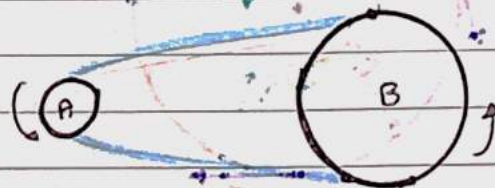
se um aumenta 4x, o outro diminui 4x

- quando o raio dobra, a frequência cai pela metade

↳ Por correia

• Apresentam a mesma v linear

Transmissão de MCU



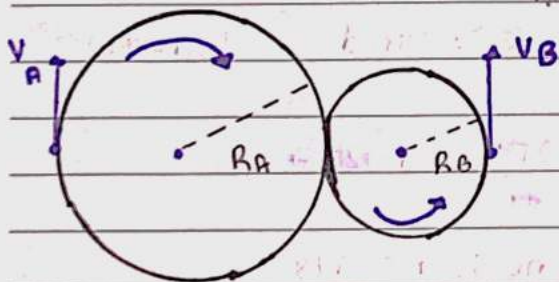
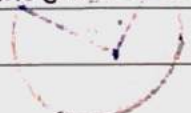
$$v_A = v_B$$

$$R_A \cdot \omega_A = R_B \cdot \omega_B$$

- giram no mesmo sentido

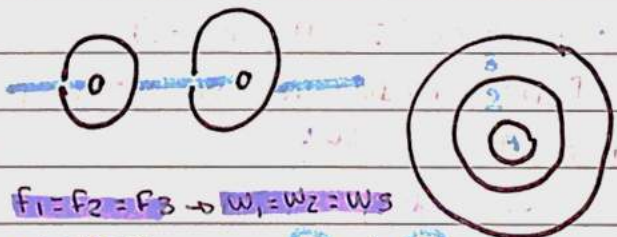
↳ Por contato

• Acontecem em engrenagens e discos com contato direto



↳ Por eixo

- Giram em sentidos opostos
- Velocidades iguais $\rightarrow v_A = v_B$
- Quanto maior o raio da engrenagem, maior o número de dentes



$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 \rightarrow \omega_1 = \omega_2 = \omega_3$$

$$\omega = 2\pi f$$

• velocidade angular (ω) e frequência (f) são inversamente proporcionais ao raio

$$R_1 < R_2 < R_3$$

$$v_1 < v_2 < v_3$$

$$v = 2\pi Rf$$

diretamente proporcionais

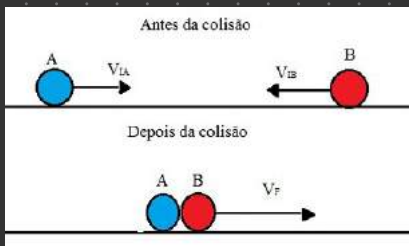
tilibra

$$\omega \downarrow R$$

$$f \downarrow R$$

gira mais rápido

dá mais volta por segundo



$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

$$E_{c_{\text{antes}}} \gg E_{c_{\text{depois}}}$$

pois perde muita energia

Coefficiente de restituição

- compara quanto de velocidade é devolvida pros corpos se afastarem, comparado à a velocidade que eles tinham para se aproximar

$$e = \frac{V_{\text{afastamento}}}{V_{\text{aproximação}}} = \text{não tem unidade, adimensional}$$

colisão perfeitamente elástica

$$V_{\text{afast.}} = V_{\text{aprox.}} \quad e = 1$$

colisão parcialmente elástica

$$V_{\text{afast.}} < V_{\text{aprox.}} \quad 0 < e < 1$$

colisão inelástica/anelástica

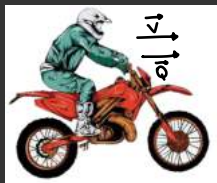
$$V_{\text{afast.}} = 0 \quad e = 0$$

Resumo

	QUANTIDADE DE MOVIMENTO	ENERGIA MECÂNICA	e
PERFEITAMENTE ELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} = E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema conservativo)	1
PARCIALMENTE ELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} > E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema dissipativo)	$0 < e < 1$
INELÁSTICA OU ANELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} \gg E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema dissipativo)	0

Momento linear

- também chamado de quantidade de movimento
- grandeza vetorial
- \vec{Q} , \vec{q} ou \vec{p} , medido em $\text{kg} \cdot \text{m/s}$



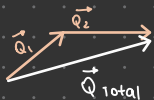
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

- \vec{Q} e \vec{v} tem a mesma direção e sempre o mesmo sentido

quantidade de movimento de um sistema (\vec{Q})



$$\vec{Q}_{\text{TOTAL}} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{somando vetores}$$



impulso de uma força

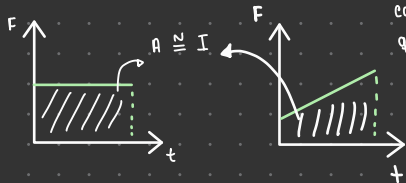
- $I \propto F$ $I \propto \Delta t$
- ↳ impulso diretamente proporcional à força e ao tempo

* para uma força constante

$$I = F \cdot \Delta t = \text{N} \cdot \text{s}$$

Obs: quando tenho um tempo de contato menor, a força aplicada é maior. Por isso nos machucamos ao bater no chão, pois o tempo de contato é muito curto. Logo, a força é maior

→ gráficos



- só no gráfico eu posso calcular o impulso
- quando a força não é constante

Teorema do Impulso

antes depois do impulso

$$I = \Delta Q$$

↓
pode ser $\text{N} \cdot \text{s}$ ou $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

sistemas isolados

- Soma das forças externas é sempre igual a 0
Logo, existem somente forças internas

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

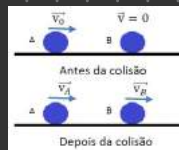
* prestar atenção nos sinais ao determinar o sentido da trajetória

$$m \cdot v = m \cdot v'$$

colisões

- Colisão perfeitamente elástica

↳ Em sistema é conservada



as duas seguem na mesma direção

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

- Colisão parcialmente elástica

↳ existe perda de energia, logo $E_{mF} < E_{mI}$

$E_c \text{ inicial} > E_c \text{ final}$
pois, há dissipação de energia no processo

- colisão inelástica

↳ ocorre a maior perda de energia
↳ as coisas grudam e andam juntas com v iguais
↳ $m_1 + m_2$

Mov. uniforme

- Possui velocidade instantânea constante e não nula.
- Percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais
- Aceleração é nula

A B

$S_A = 50m$ $S_B = 150m$

$v_A = 50m/s$ $v_B = 30m/s$

$S = 50 + 50t$ $S = 150 + 30t$

2° $50 + 50t = 150 + 30t$

3° (A) $50 + 50t = 150 + 30t$

função horária

$S = S_0 + vt$

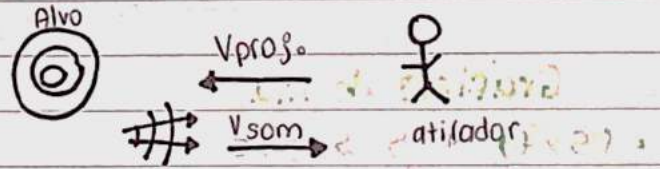
espaço inicial S_0 v velocidade m/s tempo t

distância do atirador ao alvo

importante

- Quando $V > 0$, positiva, o movimento é progressivo (a favor da trajetória)
- $V < 0$, negativa, movimento retrógrado (contra a trajetória)
- Um atirador aponta para um alvo e dispara um projétil, que sai com uma $V = 30 m/s$. O impacto vem depois de $3,2 s$ após o disparo. Sendo $340 m/s$ a velocidade do som no ar, calcule a distância do atirador ao alvo

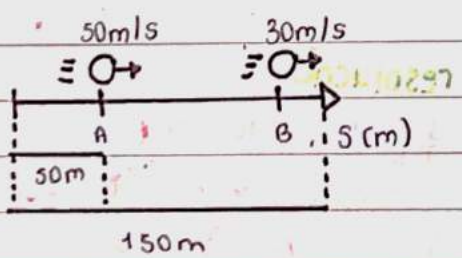
encontrar tempo/espaço de encontro nas questões



$v_A = 50 m/s$
 $v_B = 30 m/s$

no mesmo sentido

Em qual posição eles irão se encontrar?



$\Delta t_{proj.} + \Delta t_{som} = 3,2 s$

$300 = \Delta S$ $340 = \Delta S$

$\Delta t_{proj.} = \frac{\Delta S}{300}$ $\Delta t_{som} = \frac{\Delta S}{340}$

$\frac{\Delta S}{300} + \frac{\Delta S}{340} = 3,2$

$340\Delta S + 300\Delta S = 1312$

$640\Delta S = 1312$

$\Delta S = 205m$

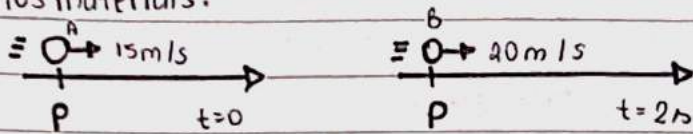
• Achar a função horária de cada um para depois igualar as equações, achar t ; substitui em uma e acha o espaço (S)

$S = 510m$



instante com que um carro alcança o outro, estando saindo atrasado

A e B passam por P com v constantes, respectivamente, 15 m/s e 20 m/s. O automóvel B passa por P 2s após A por esse ponto. Determine o instante em que B alcança A e o espaço dos móveis nesse instante. Considere A e B como pontos materiais.



Tempo de B = $t_A - 2s$ (pois ele está 2s atrasado).

Carro A

Carro B

$$S_A = S_0 + v_A t_A$$

$$S_B = S_0 + v_B (t_A - 2)$$

$$S_A = 15t_A$$

$$S_B = 20(t_A - 2)$$

$$S_A = S_B$$

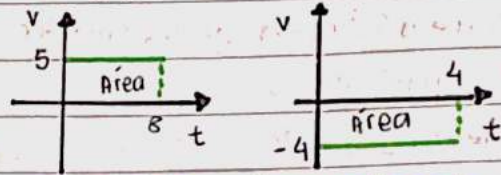
$$15t = 20(t - 2) \Rightarrow 20t = 15t + 40 \Rightarrow t = 8s$$

$$* 20(8 - 2) = 20 \cdot 6 = 120m$$

• reta abaixo do eixo X \rightarrow movimento retrógrado pois v é negativo ($v < 0$)

• reta acima do eixo X \rightarrow movimento progressivo pois v é positivo ($v > 0$)

$$\text{Área} \equiv \Delta S$$



progressivo

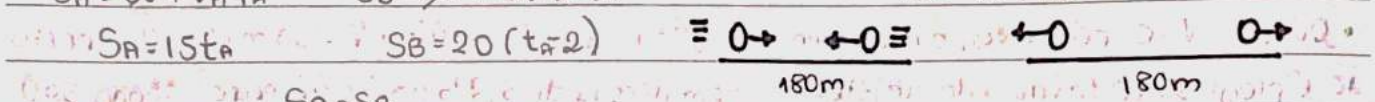
retrógrado

velocidade Relativa

Ajuda a achar o ponto de encontro instante mais rápido

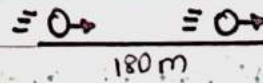
▶ velocidades em sentidos contrários

$$v_R = v_A + v_B$$



▶ velocidades com sentidos iguais

$$v_R = v_A - v_B$$

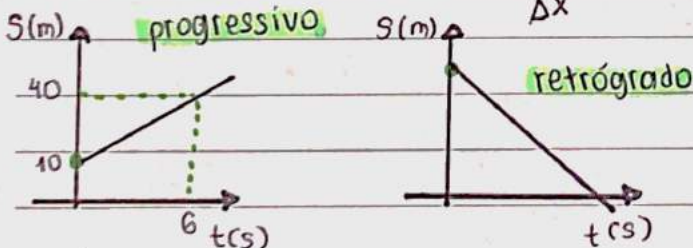


Gráficos do MU

• $(s \times t) \rightarrow S = S_0 + vt$

▶ função do 1º grau ($y = ax + b$)

▶ inclinação $a = \text{velocidade} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$



$$\hookrightarrow v = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{30}{6} = 5 \text{ m/s}$$

• $(v \times t)$

• é uma reta constante

$v_R = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ \rightarrow distância entre os dois carros
 Δt \rightarrow tempo que leva pro encontro

Questão Velocidade Relativa

• Dois automóveis, A e B encontram-se estacionados paralelamente no marco 0. Em um dado instante, A parte com $v_A = 80 \text{ km/h}$. Depois de um Δt , B parte com $v_B = 100 \text{ km/h}$. Após 2h de viagem A e B estavam a 10km de distância um do outro. Dessa forma de terminar o Δt (em hora) que B permaneceu estacionado



MU variavel

↳ percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.

→ Velocidade Média

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$V = \text{varia. (m/s)}$

$a = \text{constante (m/s}^2\text{)}$

obs: em $(V = V_0 + at)$ colocar $V=0$ se a questão pedir o instante que o móvel muda de sentido

acelerado: V e a mesmo sinal

retardado: V e a sinais opostos

GRÁFICOS

→ aceleração média

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (v - v_0)$$

→ função horária da velocidade

$$V = V_0 + at \quad (1^\circ \text{ grau})$$

• V e a podem ser negativas

• **Novo e vovo ainda transam**

→ função horária da posição

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (2^\circ \text{ grau})$$

• usa para descobrir posição de encontro

$$\Delta S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

• V e a podem ser negativas

• **Sentado sozinho vendo TV até 2:30h**

→ Equação de Torricelli

$$V^2 = V_0^2 + 2a\Delta S$$

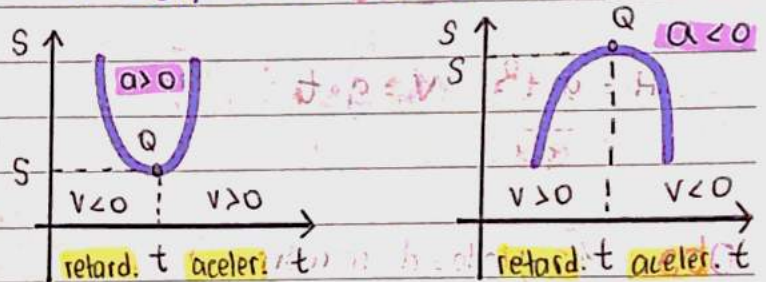
• Problemas que não fornecem o tempo

• V e a podem ser negativas

• **Vi você mais 2 amigas num triângulo (Δ)**

sexual

→ Posição (ΔS) x tempo (t)

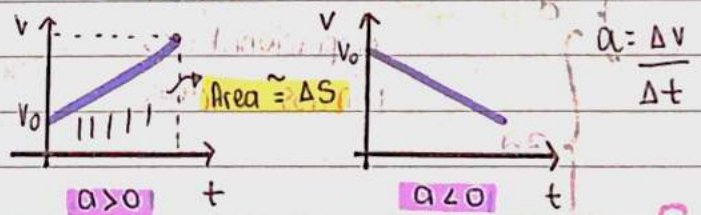


ponto Q: vértice, onde $V=0$ (inverte o movimento)

→ Função crescente: $V > 0$

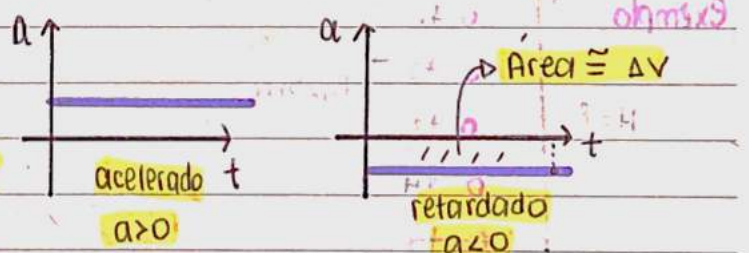
→ Função decrescente: $V < 0$

→ Velocidade (v) x tempo (t)



$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

→ Aceleração (a) x tempo (t)



newton

conceito de força

↳ Agente físico capaz de iniciar movimentos, alterar as velocidades dos corpos e produzir deformações

- grandeza vetorial
- medida em newtons (N)

2ª lei de Newton

↳ Princípio Fundamental da Dinâmica

- $F = m \cdot a$
- a é proporcional a F $\uparrow a \uparrow F$
- $\uparrow a = \frac{F}{m}$ a é inversamente proporcional a m $\downarrow m$
- A aceleração possui sempre a mesma direção e sentido da força resultante

1ª Lei de Newton

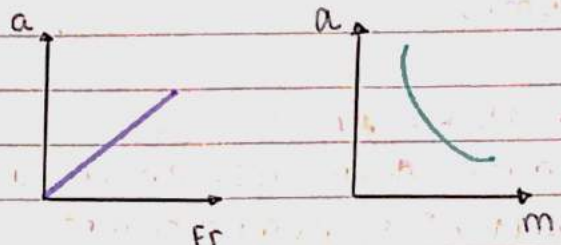
↳ Lei da inércia

- Os corpos têm uma tendência de manter o seu estado de repouso ou de movimento = inércia

↳ repouso

$$F_R = 0$$

↳ movimento retilíneo

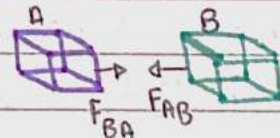


3ª Lei de Newton

↳ Lei da Ação e Reação

- Para toda força de ação, existe uma força de reação
- Quando amarramos um objeto na extremidade de uma corda e giramos, se acordamos a corda ou se a soltarmos, o objeto sairá em m.R com a direção da sua velocidade no instante em que a corda foi solta
- Forças de mesmo valor (módulo), mesma direção, mas sentidos opostos
- As forças não se anulam pois estão agindo em corpos diferentes

↳ massa: é a medida da inércia de um corpo. Quanto maior a massa, maior a inércia do corpo (tendência a ficar parado ou em movimento)



- aplicação prática: usar o cinto de segurança do carro para impedir que o carro vá para frente
- obs: Embora tenham mesma intensidade, não necessariamente produzirão o mesmo "efeito". Isto porque os corpos podem ter massas diferentes, produzindo efeitos dinâmicos diferentes.



Ondas

Velocidade da onda em uma corda

- Equação de Taylor

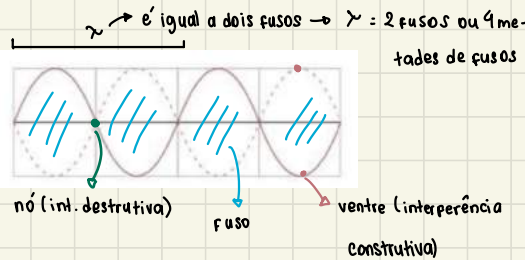
$$v = \sqrt{\frac{F \text{ ou } T \rightarrow \text{tração}}{d \text{ ou } \mu \rightarrow \text{densidade linear}}}$$

$$d = \frac{m}{l} \rightarrow \text{comprimento}$$

obs: a velocidade é diretamente proporcional à raiz quadrada da força de tração \sqrt{F}

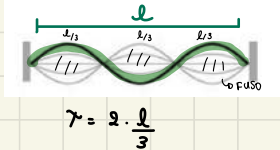
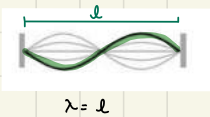
obs: a velocidade é inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade linear \sqrt{d}

Ondas estacionárias



Cordas sonoras

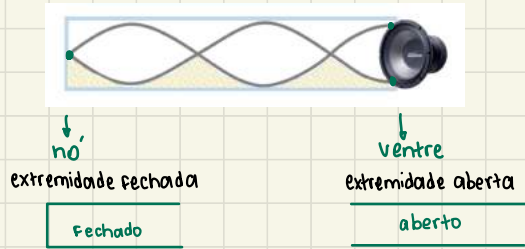
- vibrações



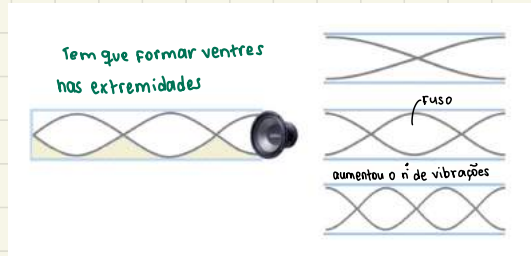
conclusão: $\lambda = \frac{2l}{N}$ \rightarrow n° do harmônico

obs: Cada fuso é uma unidade de frequência da corda

Tubos sonoros



Tubos sonoros abertos



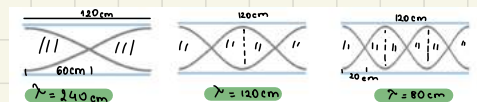
* Comparando



dobrou o n° de repetições, logo, a frequência também dobra

em comparação com o 1°, o n° de repetições triplicou, logo, a frequência também.

- analisando os λ



pois 1 metade - 60cm
4 me-tades - x
x = 240cm = A comprimento de onda

$$4 \text{ me-tades de fuso} = 1 \lambda$$

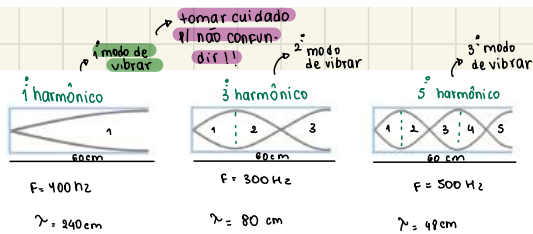
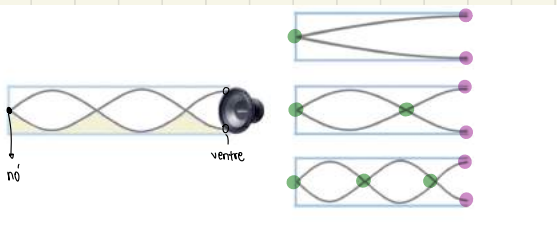
conclusão

conforme se aumenta o harmônico, o

λ diminui e a f aumenta $f = \frac{v}{\lambda}$ constante

obs: no tubo aberto, o n° de nós = n° do harmônico

Tubos sonoros fechados



obs: nos tubos sonoros fechados, não existem harmônicos de ordem par.

para achar o n° do harmônico

↳ nos tubos fechados, o n° do harmônico = n° de metades de tubo formadas

obs: nos tubos fechados, conforme a frequência aumenta, o comprimento de onda diminui na mesma proporção.

$$f = \frac{n \cdot v}{4L}$$

n: n° do harmônico

v: velocidade da onda

L: comprimento do tubo

↳ logo, com comprimento de tubo menor (L), consigo atingir frequências maiores.

Ondas:

↳ ENERGIA QUE SE PROPAGA ATRAVÉS DE UM MEIO

↳ NÃO ACOMPANHA ESSA PROPAGAÇÃO

MECÂNICAS

- SE PROPAGAM APENAS EM MEIOS MATERIAIS
- NÃO PROPAGA NO VÁCUO

Ex: AS QUE PROPAGAM EM CORDAS/MOLAS, SUPERFÍCIES DE LÍQUIDOS, SONS.

POLARIZADA

- APENAS ONDAS TRANSVERSAIS PODEM TER
- SÓ PERMITE A PASSAGEM DE VIBRAÇÕES QUE OCORREM NA MESMA DIREÇÃO QUE A ESTABELECIDADA PELO POLARIZADOR

ELETROMAGNÉTICAS

- FORMADAS POR DOIS CAMPOS - ELÉTRICO
MAGNÉTICO
- PODE OCORRER NO VÁCUO E EM ALGUNS MEIOS MATERIAIS

• TODAS O.E TEM EM COMUM SUA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO NO VÁCUO (≈ 300.000 km/s)

Ex: ONDAS DE RÁDIO (AM/FM), DE TV, LUZ, MICRO-ONDAS, RAIOS X E γ

MOV. PERIÓDICO

- OCORRE n REPETIÇÕES DO MOVIMENTO NO INTERVALO DE TEMPO Δt .

$$T = \frac{\Delta t}{n} \text{ (SEG)}$$

FREQÜÊNCIA: n° DE VEZES QUE O MOVIMENTO SE REPETE NA UNIDADE DE TEMPO Δt .

$$F = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

LONGITUDINAIS

DIREÇÃO DE VIBRAÇÃO = DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO

Ex: SONS QUANDO SE PROPAGAM EM FLUIDOS (LÍQ, G, VAPORES), E AS DAS MOLAS.

MOV. OSCILATÓRIO

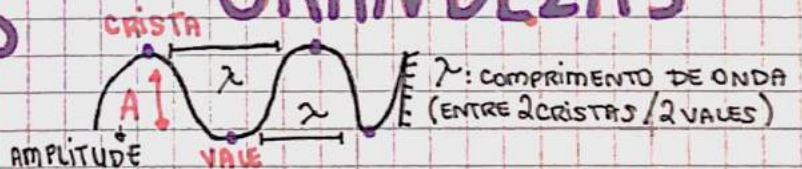
- EM QUE ALGO REALIZA SUCESSIVOS VAIVÉNS. CA. DA VAIVÉM É UMA OSCILAÇÃO

TRANSVERSAIS

VIBRAÇÃO
PROPAGAÇÃO

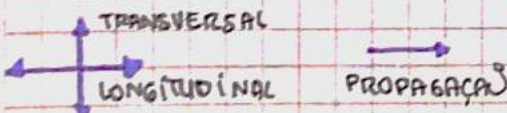
Ex: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS, CORDAS

GRANDEZAS



MISTAS

VIBRAÇÕES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS SIMULTÂNEAS



- CRISTA: PROVOCAM NAS PARTÍCULAS DO LÍQUIDO, DESLOCAMENTOS P/ CIMA E P/ FRENTE.

- VALE: PARA BAIXO E PARA TRÁS

VELOCIDADE

Ex: ONDAS EM SUPERFÍCIES DE LÍQUIDOS e OS SONS QUANDO SE PROPAGAM EM SÓLIDOS.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda F$$

Ondulatória

Onda: transportam energia, mas não transporta matéria



Classificação das ondas

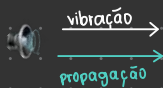
* quanto à natureza

a) **mecânica**: precisam de um meio material para se propagar. **Corda, som, terremoto, maremoto, ultrassom**
não se propaga no vácuo

b) **eletromagnética**: não precisam de um meio para se propagar. **celular, tv, rádio, luz, raios X, raios UV...**

* quanto a propagação e vibração

a) **longitudinal**: A vibração e a propagação possuem a mesma direção. **Mecânica**



b) **transversal**: a vibração e a propagação possuem direções perpendiculares. **Mecânica ou eletromagnética**



obs: Ondas mecânicas podem ser longitudinais ou transversais. Eletromagnéticas só podem ser transversais

Elementos de uma onda

• Cristas e Vales



• Comprimento de onda (λ)

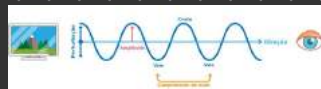
↳ distância entre dois vales / cristas consecutivos

• amplitude

↳ relacionada à intensidade

↳ distância entre a linha média e uma crista ou vale

↳ brilho da luz, volume do som



• Período (T)

↳ tempo necessário para formar uma onda completa

• frequência (f)

$$\hookrightarrow \frac{\text{n}^\circ \text{ de repetições}}{\text{tempo [s]}} = \text{Hz} \quad f = \frac{1}{T}$$

* 120 bpm = batimentos por minuto

$$120 \text{ bpm} = 60 \text{ s} \quad \rightarrow \quad 2 \text{ Hz}$$

$$2 \text{ Hz} = 1 \text{ s}$$

• é caracterizada pela fonte que gera a onda

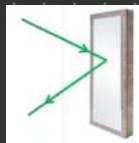
• velocidade (v)

↳ relacionada com o meio em que se propaga

↳ se mudar o meio, muda a velocidade

$$v = \lambda \cdot f \quad v = \frac{\lambda}{T}$$

reflexão



• a onda incide em uma separação de meios e retorna

• a v , λ e f permanecem constantes

• Reflexão em cordas

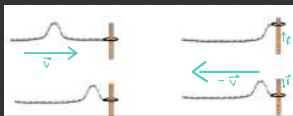
1) Extremidade fixa



• Reflexão COM inversão de fase

v , λ , f constantes

2) Extremidade Livre



• Reflexão SEM inversão de fase

v
 λ
 f } constantes

• Reflexão de ondas sonoras



$$V_{som} = \frac{2d}{\Delta t}$$

- acolocalização em golfinhos
- som = onda mecânica

refração ondas mecânicas

- associada a uma mudança de velocidade



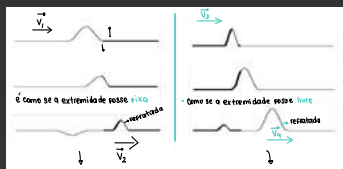
Na refração a onda incide em uma separação de meios e passa de um meio para outro

muda a velocidade e a direção

- A velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) variam
- mas a frequência (f) permanece constante

$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

• Refração em cordas



• cordas diferentes = meios diferentes

- uma parte segue e a outra retorna

- a que retorna é COM inversão de fase

- a que segue (refratada) NÃO muda de fase, com uma v diferente

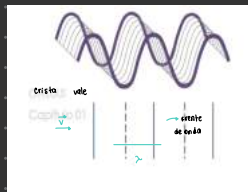
- refletida (grossa) NÃO sofre inversão de fase, pois é como se a extremidade fosse livre

- fixada (fina) segue adiante com v diferente, pois, se mudou de corda, mudou de meio

na refração, a onda nunca sofre inversão de fase

difração

acontece com qualquer onda



• Princípio de Huygens

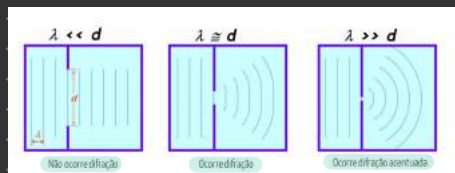


- Cada ponto de uma frente de onda se comporta como se fosse uma nova fonte emissora de onda

• difração



- na difração, a onda contorna o obstáculo



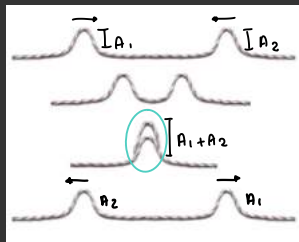
↳ $\uparrow \lambda$ em relação ao comprimento da fenda, mais intensa é a difração

* explica porque conseguimos ouvir alguém, mesmo de porta fechada, mas não conseguimos vê-lo. O som difrata muito mais do que a luz, pois $\lambda_{som} \gg \lambda_{luz}$

interferência

↳ só acontece entre ondas de mesma frequência ou de frequências muito próximas

interferência construtiva

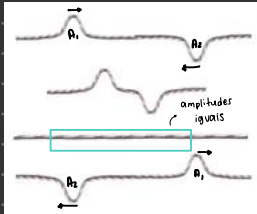


- ocorre quando há superposição de ondas em concordância de fase

- As amplitudes se somam

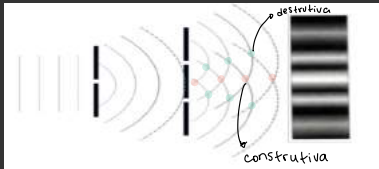
- depois da interferência, cada onda segue seu caminho com as mesmas características iniciais

interferência destrutiva



- Superposição de ondas em oposição de fase.
- As amplitudes se subtraem
- Depois, cada onda segue seu caminho com as mesmas características iniciais

Experimento de Young



↳ Comprovou a natureza ondulatória da luz

- construtiva: luz mais clara
- destrutiva: luz mais escura

obs: a interferência é um fenômeno que ocorre em todo tipo de onda

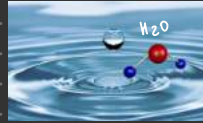
polarização



- restringe as direções de vibração da onda, permitindo que uma única direção de vibração passe
 - a onda perde a intensidade
- ↳ no caso da luz, perde o brilho

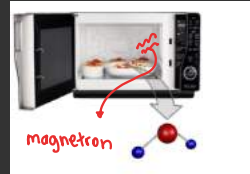
ressonância

FREQUÊNCIA NATURAL



- É a frequência que cada corpo "gostaria" de vibrar, na qual ele consegue absorver energia na forma de vibração.

RESSONÂNCIA



- o microondas emite ondas eletromagnéticas com a mesma frequência
- ↑ absorção de energia = ↑ vibração = ↑ temperatura

Quando a frequência externa é igual a frequência natural do corpo (estrutural) o mesmo entra em ressonância.

Polias

Polia Fixa

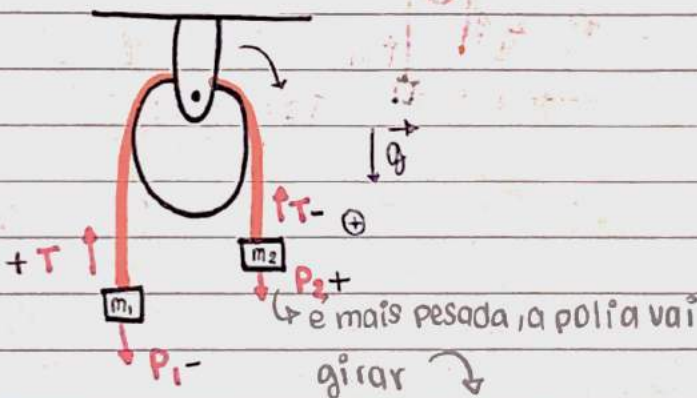
- Apenas transmite a força que está sendo aplicada
- muda a direção da tração

$$\begin{aligned} \text{corpo 2: } +P_2 - T &= 30 \cdot a \\ +300 - T &= 30a \end{aligned}$$

Exemplo

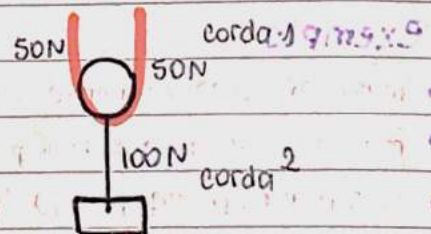
- $m_1 = 10 \text{ kg}$
- $m_2 = 30 \text{ kg}$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$
- Calcular a aceleração do sistema de massas

$$\begin{aligned} +T - 100 &= 10a \\ +300 - T &= 30a \\ \hline 200 &= 40a \\ a &= 5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$



Polia móvel

- Alivia a carga
- Divide a força que está sendo aplicada



$$T_1 = \frac{T_2}{2} \quad F = \frac{T_1}{2^n}$$

número de polias móveis



- definir o sentido da trajetória
- colocar os sinais da força em relação ao sentido da trajetória
- Calcular os pesos
 - $P_1 = m_1 \cdot g \rightarrow 10 \cdot 10 = 100 \text{ N}$
 - $P_2 = 30 \cdot 10 \rightarrow 300 \text{ N}$
- $F_r = m \cdot a$ (aplicar para cada corpo)

$$\begin{aligned} \text{corpo 1: } +T - P_1 &= 10 \cdot a \\ +T - 100 &= 10a \end{aligned}$$



potência

$$P = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}}$$

$$P = \frac{W}{\Delta T} \quad \text{Watt (w)}$$

$$1 \text{ cavalo} = 735 \text{ w}$$

$$W = F \cdot d \rightarrow$$

$$P = F \cdot v$$

quando tem a
força constante

eficiência ou rendimento
(e, R, η)

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total (consumida)}}} \quad \text{ou} \quad \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total (consumida)}}$$

geralmente é em
porcentagem que
aparece nas questões

↳ é adimensional

↳ e = 0,8 = 80%

queda livre

↳ resistência do ar desprezível

↳ V_0 é SEMPRE nula

$$6,25 = 5d$$

$$d = 1,25m$$

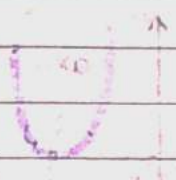
só somar: $1,25 + 3,75 + 6,25 + 8,75$

$$H = 20m$$

$$H \begin{cases} \circ V_0 = 0 \\ \downarrow g = 10m/s^2 \\ \circ V \end{cases}$$

FÓRMULAS

$$H = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad V = g \cdot t$$

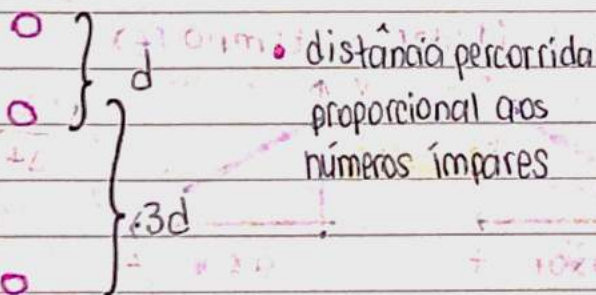


Obs: 1 segundo = d (percorrido)

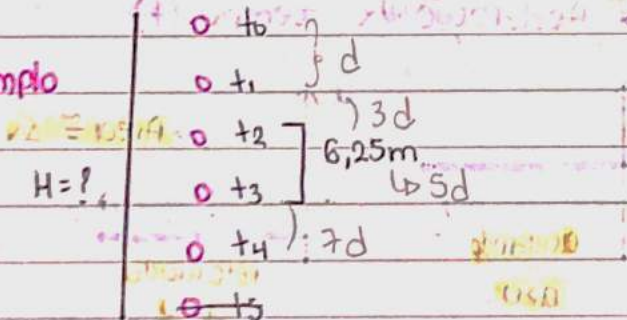
2 segundo = $3d$

3 segundo = $5d$

4 segundo = $7d$



Exemplo



Som

→ onda mecânica e longitudinal

propriedades fisiológicas

• humanos conseguem ouvir na faixa de frequência de 20 Hz à 20.000 Hz

• som = faixa de frequência que os humanos ouvem

$f < 20 \text{ Hz} = \text{infrassom}$ $f > 20.000 \text{ Hz} = \text{ultrassom}$

1. altura (tom)

• relacionada com a frequência do som

som alto

x

som baixo

• frequência alta

• frequência baixa

• som agudo, mais fino

• som grave, mais grosso

2. Timbre

• relacionado com a forma da onda

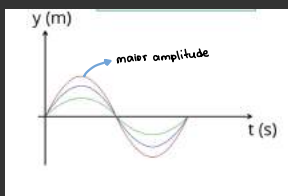
• permite que a gente saiba de qual instrumento o som está vindo

• aparelhos diferentes emitem sons diferentes

↓
o formato das ondas são diferentes

3. intensidade

• ↑ intensidade = ↑ volume = ↑ amplitude



• $A \uparrow = \uparrow \text{volume (som forte)}$

$A \downarrow = \downarrow \text{volume (som fraco)}$

$$I = \frac{\text{Potência}}{\text{Área da sup.}}$$

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (\text{esfera})$$

Fórmula da intensidade

$$I = \frac{P}{4\pi \cdot d^2} \quad \text{W/m}^2 \text{ no SI}$$

nível sonoro (N, β)

• $N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$ $I = \text{intensidade sonora no local}$
 $I_0 = \text{menor intensidade que uma}$
 pessoa consegue ouvir, também
 chamada de limiar da audição: 10^{-12} W/m^2 ou 10^{-16} W/cm^2

medido em decibel (dB)

fenômenos sonoros

→ eco

• som é refletido em obstáculos e retorna

$$V_{\text{som}} = \frac{2d}{\Delta t}$$

→ reverberação

- acontece em uma casa sem móveis, por exemplo
- o som é amplificado
- ouço meu som com um pouco de atraso, não chega a ser um eco.
- acontece quando a distância que eu to dos antepeços/paredes é um pouco menor do que a distância mínima para acontecer o eco.

→ reforço sonoro

- no ambiente fechado, nos produzimos o som e ele replete nas paredes e volta reforçando o som produzido
- ↳ por isso precisamos falar muito alto quando estamos em um ambiente aberto
- acontece quando temos a distância muito menor do que a distância mínima para o eco

↳ 17 m

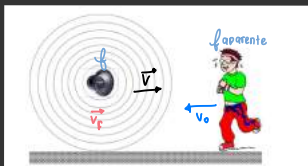
→ batimento

$$f_{\text{som}} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$f_{\text{batimento}} = |f_2 - f_1|$$

Frequência que o som oscila de volume (intensidade)

efeito doppler



- aproximação: ondas achatadas
 $f_{\text{aparente}} > f_{\text{real}}$
 $\uparrow f = f_{\text{agudo}}$
- afastamento: ondas mais espaçadas.
 $f_{\text{ap}} < f_{\text{real}}$
 $\downarrow f = f_{\text{grave}}$

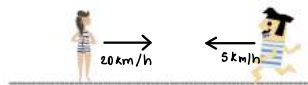
$$f_{\text{ap}} = f \cdot \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f}$$

→ velocidade relativa

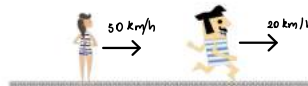
Velocidade relativa



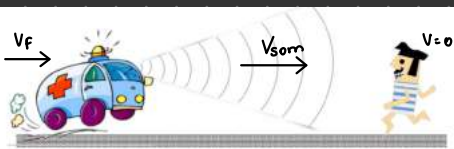
ANOTAÇÕES:
 afastamento
 $v_r =$ soma das velocidades
 $v_r = 10 + 2 = 12 \text{ km/h}$



ANOTAÇÕES:
 aproximação
 $v_r =$ soma
 $v_r = 5 + 20 = 25$



ANOTAÇÕES:
 $v_r =$ diferença das velocidades
 $v_r = 50 - 20 = 30 \text{ km/h}$



$v_e v_f =$ mesmo lado
 \downarrow
 subtrai

$$f_{\text{AP}} = f \cdot \frac{v_{\text{som}} \pm v_o}{v \mp v_f}$$

\uparrow observador
 \downarrow fonte sonora

$v_e v_f$: lados opostos = \ominus
 $v_e v_o$: mesmo lado = \oplus

$$f_{\text{AP}} = f \cdot \frac{v - v_o}{v + v_f}$$

TERMODINÂMICA

↳ TRABALHO EM UMA VARIACÃO DE VOLUME



- SE O GÁS FOR AQUECIDO, ELE IRÁ EXPANDIR O ÊMBOLO = DESLOCAMENTO = TRABALHO.
- A FORÇA REALIZA TRABALHO.

$$W = P \cdot \Delta V \rightarrow \text{ISOBÁRICA}$$

- $\Delta V > 0 \rightarrow$ EXPANDIR $\rightarrow W > 0 \rightarrow$ O GÁS REALIZA TRABALHO.
- $\Delta V < 0 \rightarrow$ CONTRAI $\rightarrow W < 0 \rightarrow$ TRABALHO REALIZADO SOBRE O GÁS.
- $\Delta V = 0 \rightarrow W = 0$

↳ ISOVOLUMÉTRICA

↳ SE A PRESSÃO VARIAR, O W VAI SER IGUAL À ÁREA DO GRÁFICO

↳ ENERGIA INTERNA (U)

É A SOMA DAS DIVERSAS ENERGIAS QUE OS ÁTOMOS E MOLÉCULAS DO CORPO POSSUI. ASSIM, A ENERGIA INTERNA É A SOMA DE TODAS AS ENERGIAS CINÉTICAS DAS MOLÉCULAS.

PARA GÁS MONOATÔMICO

$$U = \frac{2}{3} nRT \text{ ou } \frac{2}{3} pV$$

↳ 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

QUANDO UMA QUANTIDADE DE CALOR Q É ABSORVIDA, ($Q > 0$) OU CEDIDA ($Q < 0$) POR UM SISTEMA, UM TRABALHO W É REALIZADO POR ESSE SISTEMA ($W > 0$) OU SOBRE ELE ($W < 0$). ASSIM A VARIACÃO DE ENERGIA INTERNA PODE SER EXPRESSA:

$$\Delta U = Q - W$$

↳ TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

O SISTEMA NÃO VAI TROCAR CALOR COM A VIZINHANÇA. GERALMENTE, ESTAS TRANSFORMAÇÕES SÃO MUITO RÁPIDAS.

- $Q = 0 \rightarrow \Delta U = 0 - W$

$$\Delta U = -W$$

O TRABALHO VAI SER REALIZADO GASTANDO ENERGIA INTERNA.

↳ TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

TEMPERATURA CONSTANTE, LOGO A ENERGIA INTERNA NÃO VARIA

$$\Delta T = 0 \quad \Delta U = 0$$

↳ ISOTÉRMICA

$$\Delta U = Q - W \rightarrow 0 = Q - W$$

$$Q = W$$

PARA O GÁS SE EXPANDIR, ELE DEVE RECEBER UMA QUANTIDADE DE CALOR IGUAL AO TRABALHO QUE REALIZA NA EXPANSÃO.

↳ TRANSFORMAÇÃO ISOVOLUMÉTRICA

VOLUME CONSTANTE, LOGO, NÃO HÁ EXPANSÃO NEM CONTRACÇÃO.

$$\Delta V = 0 \quad W = 0$$

↳ ISOCÓRICA

$$\Delta U = Q - W \quad \Delta U = Q - 0$$

$$\Delta U = Q$$

TUDO CALOR ABSORVIDO FOI USADO PARA O AUMENTO DA ENERGIA INTERNA.

↳ TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

NESSA TRANSFORMAÇÃO, O GÁS SE EXPANDE E REALIZA TRABALHO ($W = P \cdot \Delta V$).

PORTANTO O CALOR FORNECIDO É USADO PARA AUMENTAR A ENERGIA INTERNA E PARA REALIZAR ESSE TRABALHO. LOGO:

$$\Delta U = Q - W \text{ ONDE } W = P \cdot \Delta V$$

$$\Delta U = Q - P\Delta V$$

TERMOLOGIA

Temperatura (T ou θ)

- a Temperatura é proporcional à agitação dos átomos das moléculas de um corpo
- É uma medida indireta do grau de vibração dos átomos e moléculas
- zero absoluto (zero kelvin) é o menor estado de agitação da matéria.
- medida por termômetros

Calor

- É sempre uma energia que está em movimento
- É preciso de uma diferença de temperatura
- É errado dizer "foi com calor"

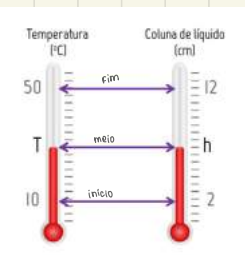


↳ É energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura.

↳ O calor sempre flui espontaneamente da região de maior temperatura para uma de menor temperatura.

escalas termométricas

relação entre temperatura e altura da coluna



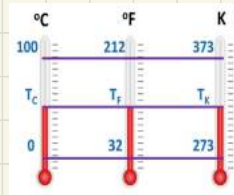
- técnica MiFi MiFi

$$\frac{\text{escala 1}}{F \cdot I} = \frac{\text{escala 2}}{M - I}$$

$$\frac{T - 10}{50 - 10} = \frac{h - 2}{12 - 2} \rightarrow \frac{T - 10}{40} = \frac{h - 2}{10}$$

$$4(h - 2) = T - 10 \rightarrow 4h - 8 = T - 10 \quad T = 4h + 2$$

↓
equação termométrica



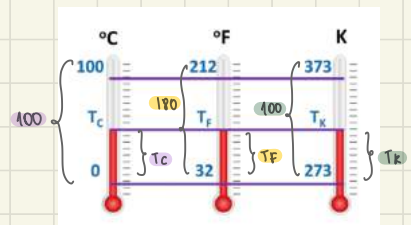
- Comparar °C e F

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

- Comparar °C e K

$$T_C = T_K - 273$$

- Comparar a variação de temperatura



$$\frac{\Delta T_C}{100} = \frac{\Delta T_F}{180} = \frac{\Delta T_K}{100}$$

dilatação linear

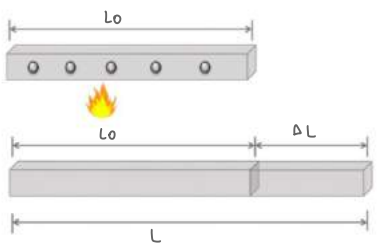
- fatores que influenciam o dilatamento

Tamanho inicial

Material

Variação de temperatura

Linear: quando o comprimento é maior que as outras medidas, sendo mais significativo



$$\Delta L = L - L_0$$

L_0 = tamanho inicial

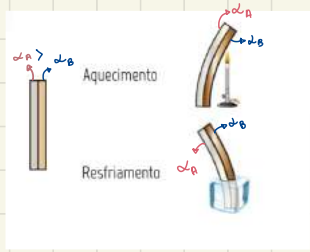
L = tamanho final

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

α → coeficiente de dilatação linear

Lâmina Bimetálica

- quem cresce mais fica do lado de fora da curvatura
- quanto maior o " α ", mais dilata
- quem mais cresce quando esquenta, mais encoixe quando resfria. Logo, fica por dentro da curva quando resfria



dilatação dos líquidos

- dilatação volumétrica
- os líquidos sempre estão em um recipiente
- o líquido e o recipiente dilatam

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

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

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

dilatação superficial

- a dilatação é em 2 dimensões: comprimento e altura.
- ΔT , tamanho e material } influenciam

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

$$\beta = 2 \alpha$$

β → coeficiente de dilatação superficial

dilatação volumétrica

- a dilatação ocorre nas 3 dimensões

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

$$\gamma = 3 \alpha$$

γ → coef. de dilatação volumétrica

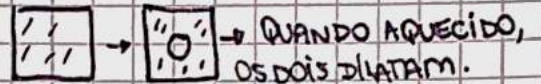
Termodinâmica

↳ ESTUDA OS FENÔMENOS RELACIONADOS À ENERGIA TÉRMICA

Energia térmica

- dilatação de cavidade

ENERGIA RELACIONADA À AGITAÇÃO DAS PARTÍCULAS DE UM CORPO.



CALOR → ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO

- "volumétrica"

• O CORPO DE MAIOR TEMPERATURA TRANSFERE CALOR P/ O OUTRO DE MENOR TEMPERATURA

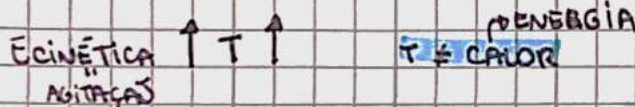
$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

V VOLUME FINAL
 V_0 " INICIAL

temperatura (T)

MEDIDA QUE INDICA O GRAU DE AGITAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE UM CORPO.

$\gamma = 3\alpha$
↳ COEFICIENTE DE DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA.



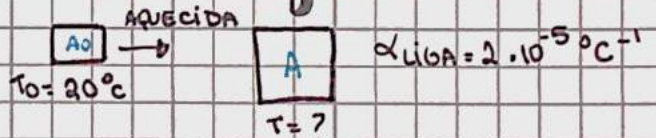
conversor de escalas

exemplo

$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9}$$

$$\frac{TC}{5} = \frac{TK - 273}{9}$$

INVERTE PARA ACHAR K



VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

• QUALQUISER O VALOR DE T P/ QUE SUA ÁREA AUMENTE 1%?

$$\Delta TC = \Delta TK \quad \bullet \quad \frac{\Delta TC}{5} = \frac{\Delta TF}{9}$$

① $\Delta A = 1\% \text{ DE } A_0$
 $\beta = 2\alpha = 4 \times 10^{-5}$

② $\Delta A = 2\alpha \cdot A_0 \cdot \Delta T$
 $0,01 A_0 = 4 \times 10^{-5} \cdot A_0 \cdot \Delta T$
 $0,01 = 4 \times 10^{-5} \cdot \Delta T$
 $\Delta T = \frac{0,01}{4 \times 10^{-5}} = \frac{1 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-5}}$

$$\Delta T = 0,25 \times 10^{-2} \cdot 10^5$$

$$\Delta T = 0,25 \times 10^3 = 250$$

$$\Delta T = 250^\circ\text{C}$$

dilatação

- linear

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

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

α = COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR } °C⁻¹
 L_0 e L = COMPRIMENTO

③ $\Delta T = 250^\circ\text{C}$

$$T - T_0 = 250 \rightarrow T - 20 = 250$$

$$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta T$$

$\beta = 2\alpha$
↳ COEFICIENTE DE DILATAÇÃO SUPERFICIAL

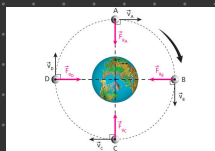
$$T = 270^\circ\text{C}$$

$$A = A_0 (1 + \beta \Delta T)$$

A = ÁREA FINAL A_0 = ÁREA INICIAL

• QUANTO TEM UM BURACO NA CHAPA E AUMENTA A TEMPERATURA, O BURACO E A CHAPA DILATAM.

força centrípeta



Força tangencial

Causa a variação no valor da velocidade

Força centrípeta

Causa a variação na direção e no sentido da velocidade

A cp → aponta para o centro da circ.

θ é a f_R

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{cp} = m \frac{v^2}{R}$$

obs em uma curva, quem faz o papel da força centrípeta é a força de atrito



$$F_c = F_{at} = P = mg$$

$$\frac{mv^2}{R} = M \cdot N$$

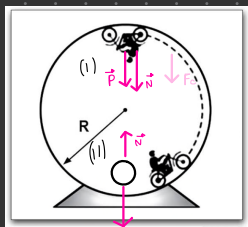
$$v^2 = MgR$$

$$\frac{mv^2}{R} = M \cdot mg$$

$$v_{max} = \sqrt{M \cdot g \cdot R}$$

- velocidade máxima que o carro pode fazer a curva sem derrapar
- não depende da massa

GLOBO DA MORTE



(i) $F_c = P + N$

situação limite

a moto não tem v suficiente para completar o giro e acaba caindo

$N = 0$ (a grade não empurra a moto)

$F_c = P + N^{=0}$

$$\frac{mv^2}{R} = mg$$

$$v^2 = Rg$$

$$v = \sqrt{Rg}$$

velocidade mínima que a moto tem que ter p não cair não depende da massa

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

Obs

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

↳ velocidade angular

análise de situações

carro em lombada ou vale



ponto A

$$N_A = P$$

ponto B

$$F_{cp} = P - N_B$$

logo, $P > N_B$

Ponto C

$$F_{cp} = N_C - P$$

logo $P < N_C$

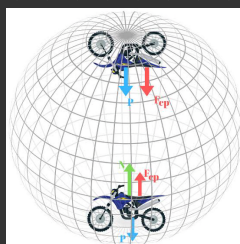
* O peso do carro é constante

conclusão

$$N_C > N_B > N_A$$

A força centrípeta deve estar apontada para o centro da curva

loop no globo da morte



• A F_{cp} é a combinação do peso moto-piloto e a força normal

Ponto mais baixo $F_{cp} = N - P$

Ponto mais alto $F_{cp} = N + P$

Velocidade mínima para completar o loop

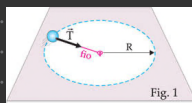
$N = 0$

$$F_{cp} = P \Rightarrow \frac{mv^2}{R} = mg$$

$$v = \sqrt{gr}$$

força de tração

nesse caso, a força centrípeta é igual à força de tração



$$F_{cp} = T = m \cdot a$$

Trabalho

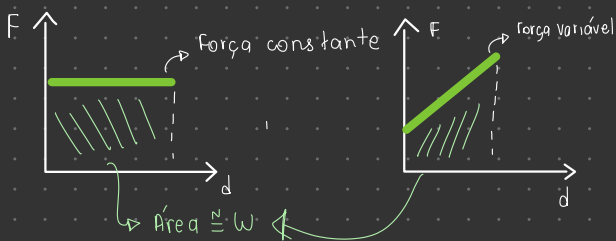
W, τ, τ

- ▶ energia associada à força e ao deslocamento
- ▶ energia gasta para fazer uma força

$$W = F d \cos \theta$$

medido em Joule (J)

só para situações onde a força é constante



Conclusão a equação eu só uso para forças constantes para a área, posso usar tanto força constante, quanto variável

$$\begin{aligned} \cos 90^\circ &= 0 \\ \cos 180^\circ &= -1 \\ \cos 0^\circ &= 1 \end{aligned}$$

força perpendicular ao deslocamento, nunca realiza trabalho, pois $\cos 90^\circ = 0$

- Trabalho motor
 - ↳ feito por uma força que ajuda no deslocamento
 - ↳ positivo
- Trabalho resistente
 - ↳ feito por uma força que resiste ao deslocamento
 - ↳ negativo

energia cinética

- ↳ E_c
- ↳ Forma de energia associada ao movimento de um corpo

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

→ medida em Joule (J)
→ escalar

TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

$$W_{FR} = \Delta E_c \quad W_{FR} = E_c - E_{c0}$$

$$W_{FR} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_f^2}{2}$$

obs Se F_R é a favor do movimento, o trabalho é positivo e o corpo ganha E_c

obs se a F_R é contra o movimento, o trabalho é negativo e o corpo perde E_c

energia potencial

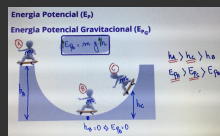
- Elástica e Gravitacional
- E_p e E_{pg}
- é uma energia armazenada e pode ser transformada em outra

Energia Potencial Gravitacional (E_{pg})

forma de energia associada à altura de um corpo

$$E_{pg} = m g h$$

em Joule (J)



Energia Potencial Elástica (E_{pe})

forma de energia associada a uma deformação elástica

$$E_{pe} = \frac{k x^2}{2}$$

medida em Joule (J)

energia mecânica

em sistemas conservativos

$$E_m = E_c + E_p$$

↳ E_{pg} → altura
↳ E_{pe} → deformação
↳ velocidade

$$E_c = \frac{m v^2}{2} \quad E_{pg} = m g h \quad E_{pe} = \frac{k x^2}{2}$$

Sistema conservativo

- ↳ E_m é conservada
- ↳ não há perda de energia
- ↳ A energia de um ponto = Energia de outro ponto

EM SISTEMAS DISSIPATIVOS

↳ há perda de energia mecânica

a energia mecânica pode ser transformada em

- ↳ som
- ↳ calor
- ↳ resist. do ar
- ↳ etc
- ↳ sobra 10%
- ↳ ex perdeu 20% de energia

$$E_{m \text{ início}} > E_{m \text{ final}}$$

$$E_{c0} + E_{p0} > E_{cf} + E_{pf}$$

↳ as questões geralmente falam da perda em /

$E_{m \text{ final}} = 80\% E_{m0}$

Momento linear

- também chamado de quantidade de movimento
- grandeza vetorial
- \vec{Q} , \vec{q} ou \vec{p} , medido em $\text{kg} \cdot \text{m/s}$



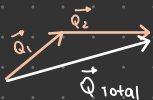
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

- \vec{Q} e \vec{v} tem a mesma direção e sempre o mesmo sentido

quantidade de movimento de um sistema (\vec{Q})



$$\vec{Q}_{\text{TOTAL}} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{somando vetores}$$



impulso de uma força

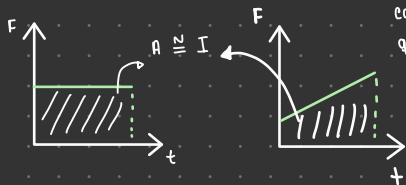
- $I \propto F$ $I \propto \Delta t$
- ↳ impulso diretamente proporcional à força e ao tempo

* para uma força constante

$$I = F \cdot \Delta t = \text{N} \cdot \text{s}$$

Obs: quando tenho um tempo de contato menor, a força aplicada é maior. Por isso nos machucamos ao bater no chão, pois o tempo de contato é muito curto. Logo, a força é maior

→ gráficos



- só no gráfico eu posso calcular o impulso quando a força não é constante

Teorema do Impulso

antes depois do impulso

$I = \Delta Q$

↓
pode ser $\text{N} \cdot \text{s}$ ou $\text{kg} \cdot \text{m/s}$

sistemas isolados

- soma das forças externas é sempre igual a 0
Logo, existem somente forças internas

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

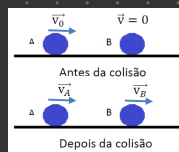
* prestar atenção nos sinais ao determinar o sentido da trajetória

$$m \cdot v = m \cdot v'$$

colisões

- Colisão perfeitamente elástica

↳ Em sistema é conservada



as duas seguem na mesma direção

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

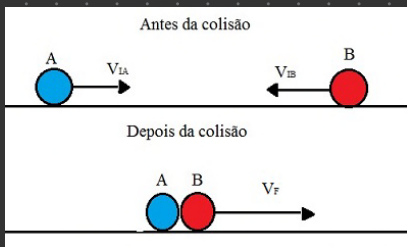
- Colisão parcialmente elástica

↳ existe perda de energia, logo $E_{mF} < E_{mI}$

$E_c \text{ inicial} > E_c \text{ final}$
pois, há dissipação de energia no processo

- Colisão inelástica

↳ ocorre a maior perda de energia
↳ as coisas grudam e andam juntas com v iguais
↳ $m_1 + m_2$



$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$$

$$E_{c \text{ antes}} \gg E_{c \text{ depois}}$$

pois perde muita energia

Coefficiente de restituição

- compara quanto de velocidade é devolvida pros corpos se afastarem, comparado à a velocidade que eles tinham para se aproximar

$$e = \frac{V_{\text{afastamento}}}{V_{\text{aproximação}}} = \text{não tem unidade, adimensional}$$

colisão perfeitamente elástica

$$V_{\text{afast.}} = V_{\text{aprox.}} \quad e = 1$$

colisão parcialmente elástica

$$V_{\text{afast.}} < V_{\text{aprox.}} \quad 0 < e < 1$$

colisão inelástica/anelástica

$$V_{\text{afast.}} = 0 \quad e = 0$$

Resumo

	QUANTIDADE DE MOVIMENTO	ENERGIA MECÂNICA	e
PERFEITAMENTE ELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} = E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema conservativo)	1
PARCIALMENTE ELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} > E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema dissipativo)	$0 < e < 1$
INELÁSTICA OU ANELÁSTICA	$\vec{Q}_{\text{ANTES}} = \vec{Q}_{\text{DEPOIS}}$ (sistema isolado)	$E_{M_{\text{ANTES}}} \gg E_{M_{\text{DEPOIS}}}$ (sistema dissipativo)	0

estática

Ponto material: dimensões desprezíveis ao ser comparado a um referencial. Tem massa

Corpo extenso: Dimensões significativas. Tem massa

Centro de massa: ^{C.M} um ponto onde consigo concentrar toda a massa de um objeto

• Em corpos regulares: o centro de massa coincide com o centro geométrico



é onde as diagonais se encontram

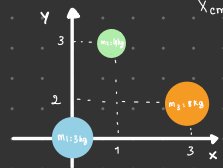
• em corpos irregulares: centro de massa fica mais próximo da região de maior massa



obs
• Em campos gravitacionais uniformes, o CG é coincidente com o CM

centro de gravidade: ^{C.G} é o ponto onde poderíamos imaginar a aplicação da força peso

determinação analítica do CM



$$x_{cm} = \frac{x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + x_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$x_{cm} = \frac{0 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 3 \cdot 2}{3 + 4 + 8}$$

$$x_{cm} = 1,9$$



tem que dar um ponto dentro daqui

$$y_{cm} = \frac{y_1 \cdot m_1 + y_2 \cdot m_2 + y_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$y_{cm} = \frac{0 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + 2 \cdot 2}{3 + 4 + 8}$$

$$cm (1,9, 1,9)$$

$$y_{cm} = 1,9$$

Tipo de equilíbrio



eq. estável
pois, se eu tirar do lugar, volta pro mesmo lugar que estava



eq. instável
pois, se eu tirar do lugar, não vai voltar a posição que estava antes



eq. indiferente
pois, não retorna pra posição, mas também não perde o equilíbrio

equilíbrio < **estático:** repouso, $v = 0$
 $\sum F = 0$
dinâmico: movimento, $v \neq 0$

Teorema de Lamy

- Ou Lei dos senos
- serve só pra quando tem 3 forças
- equilíbrio, $F_a = 0$

