

# Física

Bernardo Basques

## Contents

<b>1</b>	<b>Cinemática</b>	<b>7</b>
1.1	Velocidade . . . . .	7
1.2	Movimentos . . . . .	7
1.3	MRU . . . . .	8
1.4	MRUV . . . . .	8
1.4.1	equação de torricelli . . . . .	9
1.4.2	Movimento vertical no vácuo . . . . .	9
1.4.3	Lançamento vertical . . . . .	10
1.5	Movimento angular . . . . .	10
1.5.1	força centrípeta . . . . .	11
1.5.2	Transmissão de movimento circular . . . . .	12
1.5.3	Rolamento . . . . .	12
1.5.4	Persistência retilínea . . . . .	12
<b>2</b>	<b>Vetores</b>	<b>13</b>
2.1	Operações com vetores . . . . .	13
2.2	Decomposição de vetores . . . . .	14
2.3	Cinemática vetorial . . . . .	15

<b>3</b>	<b>Leis de Newton</b>	<b>16</b>
3.1	"Todo corpo em repouso ou MRU continua nesse estado a menos que sejam aplicadas forças sobre ele" . . . . .	16
3.2	"Sendo $\vec{f}$ a resultante de todas as forças que atuam sobre um ponto de massa $m$ , ela deve ser dada por $\vec{f} = m * \vec{a}$ " . . . .	16
3.3	"Se um corpo A exerce uma força $\vec{f}$ em B, B exerce uma força $-\vec{f}$ em A" . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Dinâmica</b>	<b>16</b>
4.1	Forças aplicadas por fios ou cordas . . . . .	16
4.2	Força peso em plano inclinado . . . . .	18
4.3	Lançamento não vertical . . . . .	18
4.3.1	Lançamento horizontal . . . . .	18
4.3.2	Lançamento oblíquo . . . . .	19
4.4	Atrito . . . . .	19
4.4.1	Atrito em fluidos . . . . .	20
4.5	Força elástica . . . . .	20
4.6	Forças no movimento curvilíneo . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Mecânica</b>	<b>21</b>
5.1	Princípio da conservação . . . . .	21
5.2	Energia Mecânica . . . . .	21
5.3	Trabalho . . . . .	22
5.3.1	Energia potencial gravitacional: . . . . .	22
5.3.2	Energia potencial elástica: . . . . .	22

5.3.3	Energia cinética: . . . . .	23
5.4	Potência . . . . .	23
5.5	Quantidade de movimento . . . . .	24
5.6	Colisões . . . . .	24
5.6.1	Colisões com superfícies fixas . . . . .	25
5.6.2	Colisões entre corpos de mesma massa . . . . .	26
5.6.3	Colisão elástica e oblíqua entre corpos de mesma massa	26
5.7	Centro de massa . . . . .	26
5.8	Estática dos corpos rígidos . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Astrologia</b>	<b>28</b>
6.1	Modelos planetários . . . . .	28
6.2	Leis de Kepler . . . . .	28
6.3	Lei da gravitação universal . . . . .	30
6.4	Corpos em órbita . . . . .	30
6.5	Força da gravidade . . . . .	31
6.6	Força de maré . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Hidrostática</b>	<b>32</b>
7.1	Lei de Stevin . . . . .	32
7.2	Forças em barragens . . . . .	33
7.3	Vasos comunicantes . . . . .	33
7.4	Manômetro . . . . .	34

7.5	Princípio de Pascal . . . . .	36
7.6	Pressão atmosférica . . . . .	37
<b>8</b>	<b>Princípio de Arquimedes</b>	<b>37</b>
<b>9</b>	<b>Hidromecânica</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>MHS</b>	<b>37</b>
10.1	Sistema massa e mola . . . . .	37
10.2	Sistema de pendulo simples . . . . .	39
10.3	Função de onda . . . . .	40
<b>11</b>	<b>Ondas</b>	<b>41</b>
11.1	Classificação das ondas: . . . . .	41
11.1.1	Quanto a natureza: . . . . .	41
11.1.2	Quanto a direção de vibração . . . . .	42
11.1.3	Quanto a direção de propagação . . . . .	43
11.2	Elementos de uma onda: . . . . .	43
11.2.1	obs: ondas transversais . . . . .	43
11.3	Propriedades ondulatórias . . . . .	43
11.3.1	reflexão . . . . .	43
11.3.2	refração . . . . .	44
11.3.3	difração . . . . .	46
11.3.4	interferência . . . . .	47

11.3.5 Polarização . . . . .	48
<b>12 Ondas sonoras</b>	<b>49</b>
12.1 Qualidades . . . . .	49
12.1.1 Intensidade . . . . .	49
12.1.2 Altura . . . . .	49
12.1.3 Timbre . . . . .	49
12.2 Efeitos que acontecem com o som . . . . .	50
12.2.1 Eco . . . . .	50
12.2.2 Efeito doppler . . . . .	50
<b>13 Óptica</b>	<b>51</b>
13.1 Conceitos . . . . .	51
13.2 óptica geométrica . . . . .	52
13.2.1 Refração da luz . . . . .	53
13.2.2 Espelho plano . . . . .	54
<b>14 Energia Térmica</b>	<b>54</b>
14.1 Temperatura . . . . .	54
14.1.1 Celsius . . . . .	55
14.1.2 Fahrenheit . . . . .	55
14.1.3 Kelvin . . . . .	55
14.1.4 Conversões . . . . .	55
14.2 Calor . . . . .	55

14.2.1 Transmissão de calor . . . . .	56
14.3 Trocas de calor . . . . .	57
14.3.1 Calor Sensível . . . . .	57
14.3.2 Calor latente . . . . .	58
14.3.3 Equilíbrio térmico . . . . .	58
14.3.4 Potência térmica . . . . .	58
14.3.5 Dilatação térmica . . . . .	58
<b>15 Comportamento dos gases e termodinâmica</b>	<b>59</b>
15.1 Lei dos gases ideais: . . . . .	60

# 1 Cinemática

A cinemática é a área da física que estuda o deslocamento dos corpos. Para isso, é estudada a sua trajetória e velocidade. A trajetória nada mais é que a sequência dos pontos ocupados por um objeto enquanto esse se desloca. As grandezas que servem para descrever esses movimentos podem ser escalares ou vetoriais.

## 1.1 Velocidade

A velocidade descreve o tanto que o corpo anda em determinado período de tempo. Assim, é dada pela equação:  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ . A velocidade pode ser:

- Velocidade média. Como o nome descreve é a velocidade que caso fosse mantida por todo o trajeto o completaria no tempo determinado
- Velocidade instantânea. Essa é a velocidade de um instante. É a que por exemplo aparece no velocímetro do carro. Em movimentos uniformes ela será igual à velocidade média. Importante dizer que não é a velocidade quando o tempo é zero, mas quando o tempo tende a zero.

obs: Para converter m/s para km/h basta multiplicar ou dividir por 3,6.

## 1.2 Movimentos

Quando ocorrem movimentos simultâneos, como por exemplo dois carros andando em uma rua, podemos analisar esse movimento usando como base o referencial de um deles. Assim, se há um carro atrás a 40km/h e um na frente a 30km/h, podemos só considerar que o da frente está parado e o de trás se aproxima a 10km/h. Essa é chamada de velocidade relativa.

Importante também lembrar que a distância percorrida é diferente do deslocamento. Enquanto o primeiro é bem auto-explicativo, é a soma de todos os movimentos, o segundo é a distância entre o ponto inicial e final, em linha reta.

### 1.3 MRU

O movimento retilíneo uniforme é aquele que tem uma velocidade escalar constante diferente de zero e segue uma linha reta. Com base no tempo passado e na velocidade podemos determinar a posição de um corpo, usando de sua equação horária. A do MRU é a mais simples, sendo  $s = s_0 + v * t$ . Ou seja, a posição em um dado momento é a posição inicial mais a distancia percorrida no tempo estipulado.

### 1.4 MRUV

O movimento retilíneo uniformemente variado é um pouco mais complexo que o MRU mas ainda assim é tranquilo. Ele é um MRU onde a velocidade varia, graças a uma aceleração.

A aceleração é a variação da velocidade pelo tempo, logo  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

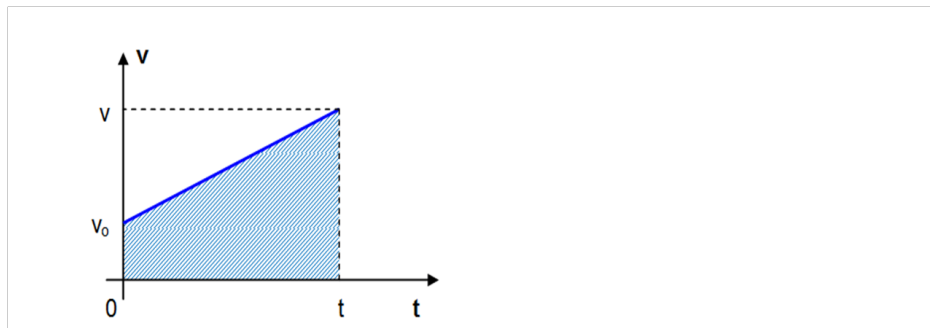
Assim, como a velocidade não é constante, temos que ter um modo de determinar a velocidade de um corpo em determinado tempo. Essa é dada pela soma da velocidade inicial com a ganhada pela aceleração.

Assim,  $v = v_0 + a * t$ .

Ademais, precisamos também de uma equação para obter a posição de um corpo em MRUV. Assim, surge a equação horária do MRUV:

$$s = s_0 + v * t + \frac{a * t^2}{2}$$

Perceba que essa é a equação do MRU + a posição ganhada pela aceleração. Essa pode ser demonstrada por meio de gráficos.



No gráfico, o deslocamento sera a área colorida, uma vez que  $v * t = s$ .



Assim, vamos dividir em dois a figura. O retângulo de área  $v_0 * t$  e o triângulo que fica acima dele. A área do retângulo já sabemos, é  $v_0 * t$ , mas o triângulo é  $\frac{v-v_0*t}{2}$ . Mas, podemos considerar  $v - v_0$  como a velocidade ganhada, a qual também pode ser escrita como  $a * t$ . Assim, a área do triângulo será  $\frac{a*t*t}{2}$ . Logo, a área colorida será:

$$s = v_0 * t + \frac{a * t^2}{2}$$

#### 1.4.1 equação de torricelli

Ademais, em certos exercícios não possuímos o tempo e, por isso, passa a ser mais prático usar a equação de Torricelli. Agora vamos deduzir ela:

Primeiro, consideremos que se  $v = v_0 + at$ ,  $\frac{v-v_0}{a} = t$ . Agora vamos substituir o tempo na equação horária do mruv:

$$\begin{aligned} s &= v_0 * \left(\frac{v - v_0}{a}\right) + \frac{a * \left(\frac{v-v_0}{a}\right)^2}{2} \\ s &= \frac{v * v_0 - v_0^2}{a} + \frac{a}{2} * \frac{v^2 - 2 * v * v_0 + v_0^2}{a^2} \\ s &= \frac{2 * v * v_0 - 2 * v_0^2}{2a} + \frac{v^2 - 2 * v * v_0 + v_0^2}{2a} \\ s &= \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \\ s * 2a &= v^2 - v_0^2 \\ v^2 &= v_0^2 + 2as \end{aligned}$$

#### 1.4.2 Movimento vertical no vácuo

Esse nada mais é que um MRUV que já possui uma aceleração pré determinada: a da gravidade. Ele não leva em conta o peso dos corpos, por a aceleração ser a mesma em todos, nem a resistência do ar, já que ocorre no vácuo. Assim, calculamos-o pela equação horária do mruv:

$$\Delta S = v_0 * t + \frac{a*t^2}{2}$$

Ai, substituindo a velocidade inicial e a aceleração temos que  $\Delta S = \frac{-10*t^2}{2}$

### 1.4.3 Lançamento vertical

Esse é bem semelhante ao movimento vertical, no entanto, ele começa subindo, logo tem uma velocidade inicial não nula. Podemos pensar nele como dois: uma subida que é um MRUV retardado, já que a gravidade o desacelera e a descida como um MRUV acelerado.

Ele funciona do mesmo modo que o movimento vertical. Logo sua equação horária é  $\Delta S = V_0 * t + \frac{-10 * t^2}{2}$ .

O topo do movimento, o ponto mais alto sempre é aquele em que a velocidade é igual a zero. Logo, ele sempre ocorre quando  $v_0 = a * t$

### 1.5 Movimento angular

Enquanto os outros movimentos se referem ao movimento de translação, esse se refere ao de rotação. Assim, ele funciona com a rotação de um corpo ao redor de um eixo, não seu movimento em relação a um referencial.

Podemos analisar seu deslocamento de dois modos: de acordo com o ângulo percorrido, o que chamaremos de  $\Delta\Theta$ , ou pela distância percorrida, o já conhecido  $\Delta S$ . No entanto, se a velocidade é o deslocamento pelo tempo e temos um novo tipo de deslocamento, temos de ter uma nova velocidade. Assim, além da velocidade escalar que já conhecemos, usaremos da velocidade angular, a qual é definida como  $w = \frac{\Delta\Theta}{\Delta t}$ . Logo, sua unidade não será  $m/s$  como normalmente é a velocidade, mas  $rad/s$ . Além de radianos por segundo ela pode ser medida em rpm ou rps.

Ademais, é possível relacionar a velocidade angular à escalar, usando a própria definição da segunda. Sabemos que radianos são calculados pela razão entre o arco e raio de uma circunferência. Logo, se

$$\begin{aligned}w &= \frac{\Delta\Theta}{\Delta t} \\w &= \frac{\frac{\Delta S}{R}}{\Delta t} \\w &= \frac{\Delta S}{\Delta t * R} \\w * R &= v\end{aligned}$$

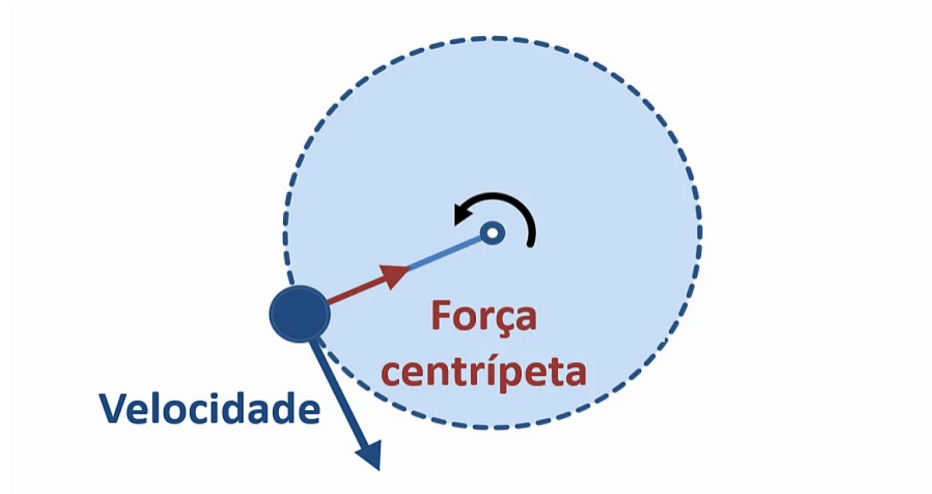
Podemos também relacionar as velocidades escalares e angulares à frequência do movimento, já que  $f = \frac{1}{t}$ . Assim, se

$$v = \frac{\Delta S}{t} = 2\pi r * f$$

$$w = \frac{\Delta \Theta}{t} = 2\pi * f$$

### 1.5.1 força centrípeta

Na parte de leis de Newton veremos que para que o corpo ande em uma trajetória circular, há de ter uma força que o puxe para o meio. Essa é a aceleração centrípeta, responsável por mudar a direção do vetor velocidade. Ela sempre ira apontar para o centro do círculo, como na imagem:



Para calculá-la, vamos levar em conta uma rotação. Nela:

$$\Delta v = 2\pi v$$

é a variação da direção da velocidade, que varia em  $2\pi$  radianos

$$\Delta t = \frac{2\pi r}{v}$$

o tempo será o tempo que demora pra uma velocidade  $v$  dar uma volta na circunferência.

Assim, como a aceleração é a variação da velocidade pelo tempo:

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

$$a_c = \frac{2\pi v}{\frac{2\pi r}{v}} = \frac{v * v}{r} = \frac{v^2}{r}$$

Podemos também calcular a aceleração centrípeta em termos da velocidade angular, agora que se tem a formula de transformar a velocidade escalar nela. Assim, se

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

$$a_c = \frac{(w * r)^2}{r} = w^2 * r$$

### 1.5.2 Transmissão de movimento circular

Essa pode ser vista em bicicletas, carros, engrenagens e muitos outros. Ela pode ocorrer pelo uso de uma correia ou por um contato direto. Como as partes se movem juntas, a velocidade tangencial deve ser a mesma, já que elas tão andando o mesmo tanto no mesmo tempo. No entanto, só as velocidades e o  $\Delta S$  serão os mesmos. A velocidade angular pode ser diferente, uma vez que as rodas podem ter tamanhos diferentes. Assim, como

$$v_a = v_b$$

$$w_a r_a = w_b r_b$$

Ademais, podemos relacionar as partes do movimento circular por suas frequências:

$$v_a = v_b$$

$$2\pi r_a f_a = 2\pi r_b f_b$$

$$r_a f_a = r_b f_b$$

### 1.5.3 Rolamento

É um nome chique pra dizer que é algo rolando. Não precisa muito de física pra isso, é só pensar que a cada volta que a roda der, vai andar  $2\pi r$  ou  $v * t$

### 1.5.4 Persistência retilínea

Esse é um fenômeno que faria mais sentido ser analisado na parte de óptica, mas não o é. Esse fenômeno é que explica o porque de, por exemplo, termos a impressão de a hélice de um helicóptero mudar o

sentido que gira, ou parecer estar parada. Isso acontece porque nosso olho, ao receber a luz de um objeto, como a imagem, mantém essa na retina por  $\frac{1}{20}$  de segundo. Isso causa um efeito estroboscópico, que, então, causa a ilusão mencionada.

## 2 Vetores

Eles servem para analisar as grandezas vetoriais; aquelas que tem módulo, sentido e direção. Dentre essas as principais são as forças e a velocidade. Pode-se pensar nos vetores como segmentos de reta que podem ser usados para compor movimentos.

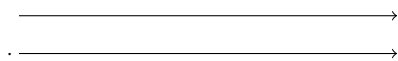


Figure 1: Vetores de mesmo módulo, direção e sentido

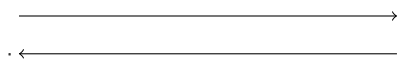


Figure 2: Vetores de mesmo módulo e direção, sentidos opostos

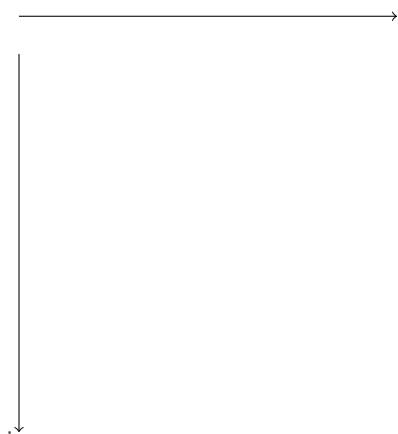
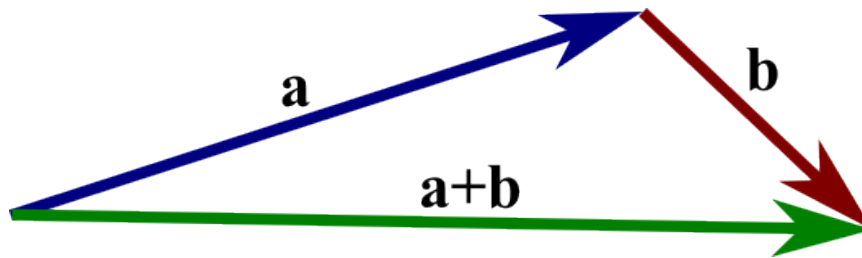


Figure 3: Vetores de mesmo módulo e direção diferente

Há como fazer operações com os vetores também.

### 2.1 Operações com vetores

- Para adicionar vetores basta coloca-los juntos, como se estivessem conectados. O segmento que liga o início do primeiro com o final do ultimo é o que chamaremos de resultante; o resultado. Por exemplo:  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{a} + \vec{b}$

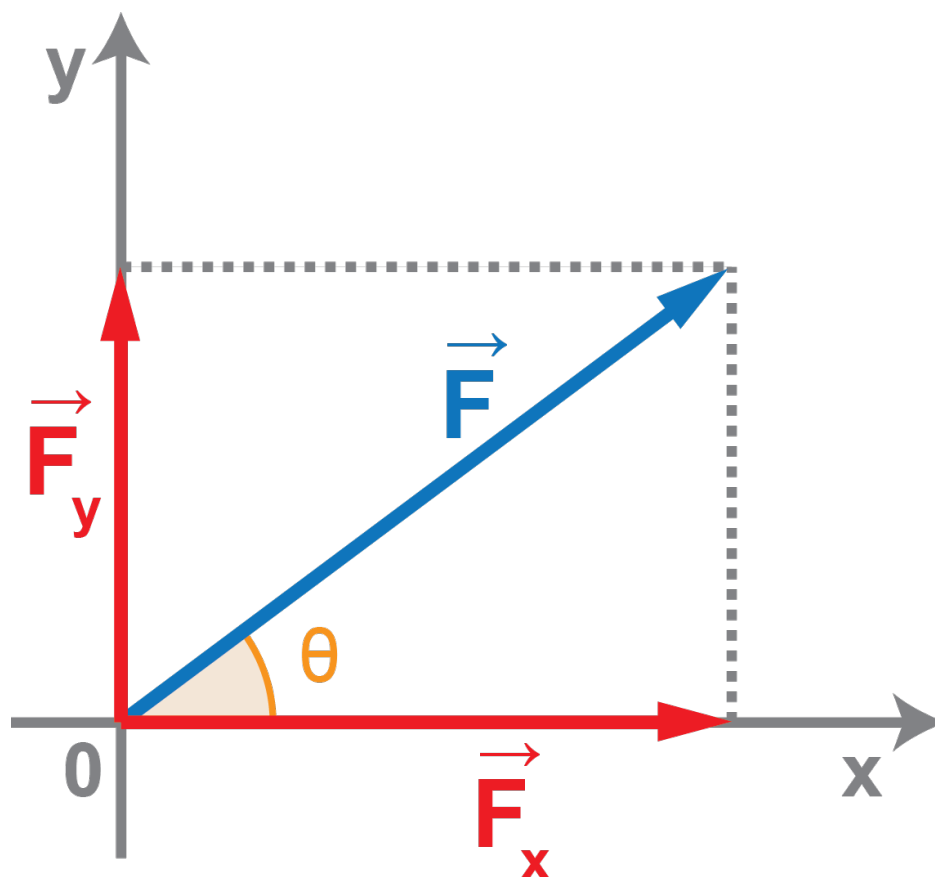


Note que essa soma forma um triângulo. Isso será verdade para a grande maioria dos exercícios. Portanto, é importante saber as relações trigonométricas (seno, cosseno, tangente), teorema de Pitágoras, lei do seno e lei do cosseno.

- Para subtrair vetores basta fazer uma soma mas invertendo o sentido de um dos vetores. Assim, no caso da figura, ao invés de  $\vec{b}$  ir pra baixo e pra direita, iria para cima e pra esquerda.
- Para multiplicar vetores basta somar o vetor a ele mesmo o número de vezes que ele foi multiplicado (assim como faríamos para um número normal)

## 2.2 Decomposição de vetores

Essa é uma parte importante do estudo de vetores, já que é uma das que mais vai ser usada. Nela, pegamos um vetor e o dividimos em um vetor  $x$  e um  $y$ .



Como vamos sempre dividir o vetor em componente x e componente y, sempre será formado um triângulo retângulo; já que o eixo x forma 90 graus com o eixo y.

### 2.3 Cinemática vetorial

Podemos pensar na cinemática com o uso de vetores, o que nos permite estudar a variação de uma partícula não só pelo seu módulo. Esse estudo não cai muito em provas e é bem similar a cinemática que já está aqui. A única coisa que muda é que, por exemplo, o deslocamento é dado por uma diferença nos vetores que ligam a posição a um referencial, o que, em gráficos pode facilitar o entendimento. De resto é a mesma coisa.

### 3 Leis de Newton

Essas são as leis que dão base para o estudo da mecânica. Elas são importantes para o estudo das forças; a dinâmica.

#### 3.1 "Todo corpo em repouso ou MRU continua nesse estado a menos que sejam aplicadas forças sobre ele"

Essa é a chamada lei da inércia, a qual diz que os corpos permanecem como estão a não ser que algo faça os mudar. Como essa mudança é provocada por forças, deve haver um modo de quantificá-las, o que acontece pela unidade N (newton) que mede força. A quantidade de newtons aplicados pode ser medido por um dinamômetro

#### 3.2 "Sendo $\vec{f}$ a resultante de todas as forças que atuam sobre um ponto de massa $m$ , ela deve ser dada por $\vec{f} = m * \vec{a}$ "

obs: Um corpo em inércia tem  $\vec{a}$  nulo, logo  $\vec{f}$  também tem de ser nulo.

Um modo bem fácil de perceber essa lei é a análise da força peso. Essa é uma força que atua sobre um corpo conforme a aceleração da gravidade. Assim, considerando apenas ela,  $\vec{P} = m * \vec{g}$  É com base nisso que funcionam as balanças, obtendo a massa pela razão de  $P/g$ .

#### 3.3 "Se um corpo A exerce uma força $\vec{f}$ em B, B exerce uma força $-\vec{f}$ em A"

Essa é a famosa lei da ação e reação. De acordo com ela, todas as forças exercidas aparecem em pares. No entanto, não podemos dizer que essas forças se cancelam já que elas agem em corpos diferentes.

### 4 Dinâmica

Agora iremos começar o estudo das forças.

#### 4.1 Forças aplicadas por fios ou cordas

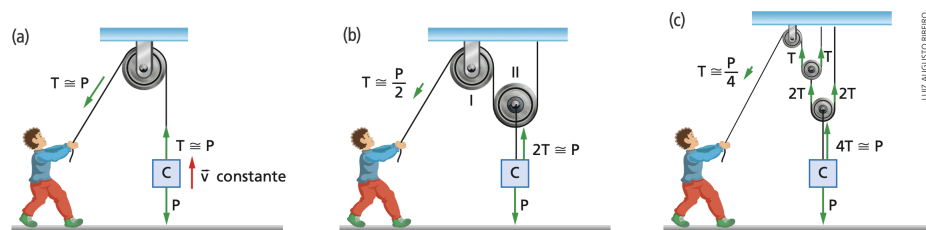
É bem comum vermos por exemplo cordas ou polias sendo usadas para fazer a força. Elas funcionam criando uma força de tensão, que puxa



as cordas dos dois lados igualmente. Se, por exemplo a corda estiver segurando um corpo de 5kg e esteja presa no teto, sua tensão será a força que o teto faz para segurar essa corda, a qual tem que ser igual a força do peso do corpo. Desse modo, a força resultante será dada pela soma de toda a massa movida vezes a aceleração.

Esse conceito é aplicado por exemplo em elevadores. Esses podem ter o peso aparente mudado caso o elevador esteja acelerando para cima ou para baixo. No entanto é fácil perceber como isso afetaria o peso percebido, já que basta somar os vetores e ver o que muda.

Ademais, isso é importante para polias, as quais servem para "redirecionar" a força, uma vez que podem fazer uma força para baixo a qual, pela tensão irá subir um bloco.



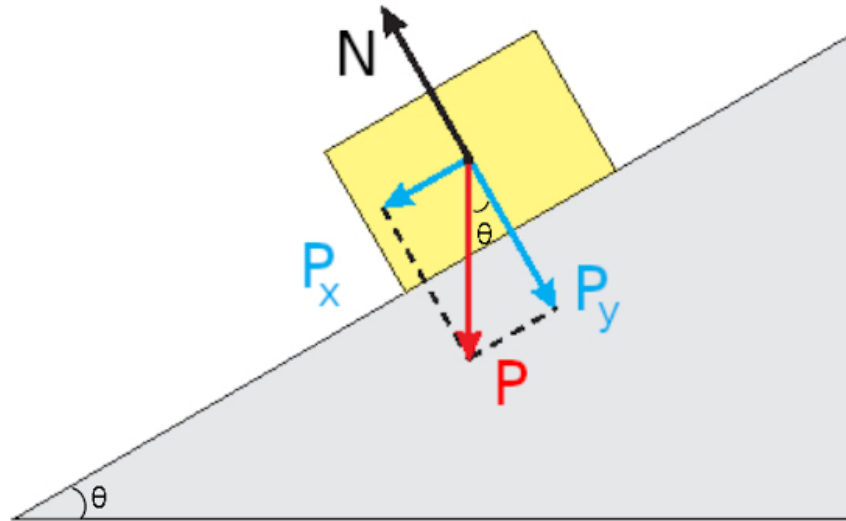
Na figura temos 3 modos de se utilizar polias:

1. polia fixa: Essa é o método mais tradicional e simplesmente muda a direção que a força é feita
2. polia móvel: Esse usa de uma polia que é móvel. Assim, nem toda a força que está sendo aplicada na polia segue o cabo na mesma direção, já que ela vai para os dois lados. Assim, a força necessária vira metade, mas, como não é possível criar energia, a corda tem que ser puxada o dobro, mantendo o trabalho de igual ao da polia móvel
3. Combinação de polias móveis: Isso usa o princípio das polias móveis e usa de mais de uma, para, ao invés de dividir pela metade, dividir por 4 a força que deve ser feita. No entanto a corda deve ser puxada 4 vezes mais.

Assim, por regra geral as polias móveis "dissipam" parte da força

## 4.2 Força peso em plano inclinado

É comum ver exercícios que pedem a análise de um objeto num plano inclinado, como na imagem abaixo:



Para resolvê-los, basta decompor a força peso, como mostra a imagem. Assim, se o bloco estiver parado,  $P_y$  será cancelado pela força normal e  $P_x$  também terá de ser cancelado. Essa força  $-P_x$  será a força de atrito, a qual vai tá aí pra baixo.

## 4.3 Lançamento não vertical

Para facilitar o estudo desse movimento iremos ignorar a resistência do ar, considerando que apenas a força peso atua sobre o objeto. Assim, basta dividir o lançamento na componente vertical e horizontal, analisando-os separadamente.

### 4.3.1 Lançamento horizontal

A trajetória desse movimento será como meia parábola, já começando no vértice e só descendo daí. Para analisá-lo basta considerar um movimento vertical no vácuo e depois calcular o alcance horizontal.

### 4.3.2 Lançamento oblíquo

A trajetória desse movimento será um arco em formato de parábola.

Para analisarmos, vamos olhar o

- ângulo de tiro ( $\Theta$ ): Esse será o ângulo formado entre o vetor  $\vec{v}_0$  com a componente vertical,  $v_{0x}$
- Vértice da trajetória ( $V$ ): será o ponto mais alto que o corpo chegara. É nele que a velocidade inicial vertical  $\vec{v}_y = \vec{a} * t$ . Assim, nesse ponto tem a velocidade vertical nula.
- alcance horizontal ( $A$ ): É a distância horizontal que o corpo irá percorrer até atingir o solo.

Para analisar esse movimento podemos usar as equações do MRUV, mas para facilitar:

- Alcance horizontal:

$$S = S_0 + v_x * t = (v * \cos\theta) * t$$

- Alcance horizontal:

$$v_y = v_{y0} + at = (v * \sin\theta) - gt$$

- Tempo de subida:

$$v_y = 0 \rightarrow (v * \sin\theta) = gt \rightarrow t_s = \frac{(v * \sin\theta)}{g}$$

É mais fácil só pensar na situação do que decorar essas formulas, mas pra quem quiser tá aí.

### 4.4 Atrito

A força de atrito é aquela causada por pequenas irregularidades em superfícies em contato. Essas acabando causando pequenos contatos que acabam por "frear" movimentos. É por isso que mesmo com o princípio da inércia ao empurrarmos um caderno em uma mesa ele acaba parando depois de andar um pouco.

Ao estudarmos, consideramos dois tipos de atrito:

- dinâmico: Aquele aplicado sobre corpos em movimento, ele é fixo e tende a ser menor que o outro.
- Estático: Aquele que é aplicado no começo de um movimento. Geralmente só consideramos o atrito estático máximo, aquele que representa a maior força de atrito para impedir que um movimento comece. Ele tende a ser maior. Por isso, geralmente é mais difícil começar a empurrar uma mesa do que só continuar a empurrá-la.

Para calcularmos o atrito, usamos de um coeficiente chamado de coeficiente de atrito. Esse é dado por  $\mu = \frac{F_{at}}{F_N}$ . Esse coeficiente depende dos materiais que estão em contato

#### 4.4.1 Atrito em fluidos

Essa é uma parte menos estudada por ser bem mais complexa. Por ela podemos, por exemplo calcular a resistência do ar. A sua intensidade é dada experimentalmente mas pode ser escrita como  $F_r = K * v^n$  onde

- $F_r$  = força de resistencia
- $k$  = constante dependente do fluido
- $v$  = velocidade do corpo em relação ao fluido
- $n$  = constante dependente do corpo

Ademais, em fluídos também haverá a força de empuxo, dificultando ainda mais esse calculo.

obs: não cai no enem nem em nada do gênero

#### 4.5 Força elástica

Essa é baseada na lei de Hooke, que diz que ao deformar uma mola, por exemplo puxando-a para estendê-la, a força necessária será proporcional ao quanto ela foi puxada, sua deformação (x), de tal modo que a razão  $\frac{F}{x} = k$ , tal que k é a constante elástica da mola, a qual varia de mola pra mola. A mola sempre irá para sua posição de equilíbrio, na qual a deformação é nula.

## 4.6 Forças no movimento curvilíneo

As forças aplicadas a um movimento curvilíneo são divididas em duas:

- As tangenciais são aquelas que mudam o módulo da velocidade tangencial, a "normal"
- As centrípetas, as que causam a curva, ou seja, alteram a direção do movimento do corpo

Se  $f = ma$ ,  $f_c = ma_c$ , logo  $m \frac{v^2}{r} = f_c$ .

Há uma propriedade das circunferências que dizem que todas as suas tangentes são perpendiculares ao centro a um possível segmento que ligaria a tangente ao centro da circunferência. Desse modo, sempre é formado um ângulo de 90 graus entre a  $f_t$  e a  $f_c$ . Assim, podemos calcular a resultante com o teorema de Pitágoras.

## 5 Mecânica

### 5.1 Princípio da conservação

A quantidade de energia do universo é sempre conservada. Pode-se mudar a modalidade mas não criar ou acabar com energia.

Assim, se, por exemplo, há menos energia mecânica em um sistema, ela não foi perdida, mas transformada.

Pela inércia também sabemos que, se não houver nenhum agente dissipativo, a quantidade de energia em um sistema será conservada. Forças dissipativas são aquelas que transformam a energia em outras modalidades.

### 5.2 Energia Mecânica

Há várias modalidades de energia, sendo uma delas a mecânica. Ela está associada ao movimento. Ela é dada pela soma da

- Energia cinética; Relacionada ao movimento

- Energia potencial gravitacional; Associada a altura
- Energia potencial elástica; Relacionada à deformação

potencial pode ser lido/pensado como armazenado.

### 5.3 Trabalho

É a quantidade de energia transferida por uma força aplicada sobre um corpo que sofre um deslocamento. É dado pela formula:

$$W = F * d$$

Isto é, a força pela distancia.

$$[W] = N * m = J$$

#### **Trabalho muda a energia cinética**

Importante lembrar que o trabalho não depende da trajetória da partícula, mas so de seu deslocamento em alguma direção.

#### 5.3.1 Energia potencial gravitacional:

$$W = F * d$$

Nesse tipo de energia, o F é a força da gravidade, logo P. Já d será a altura. Portanto

$$W = P * h = m * g * h$$

#### 5.3.2 Energia potencial elástica:

Associada a molas e deformações. É dada pela fórmula

$$W = F * d$$

Mas, numa mola, o d, que no caso será a deformação, é dado por x. Já o F, a força aplicada, será a energia elastica, equivalente à  $k * x$ , onde k é a constante elástica. Ao colocar em um quadro a força pela distancia, temos a forma de um triangulo, cuja área será o trabalho. logo

$$W = \frac{k * x * x}{2}$$

$$W = \frac{w * x^2}{2}$$

### 5.3.3 Energia cinética:

Por fim, a energia cinética também pode ser calculada, mas em função da massa e da velocidade. Por o trabalho depender da energia cinética, também podemos falar que ele é a variação dela. Logo:

$$W = \Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} = \frac{m * v^2}{2}$$

Essa formula vem da equação de torricelli. Para demonstrá-la, vamos considerar que a velocidade inicial é 0. Assim:

$$v^2 = 2ad$$

Já que aceleração é a força pela massa.

$$v^2 = 2 \frac{F}{m} d$$

Mas como a força vezes a distância é o trabalho:

$$v^2 = \frac{2}{m} * W \rightarrow W = \frac{m * v^2}{2}$$

### 5.4 Potência

A potência é a medida da velocidade com a qual se transforma energia. Ela é dada pelo o trabalhado exercido sobre determinado tempo. Sua fórmula basica é

$$P = \frac{E}{t}$$

tal que E é o trabalho e t é o tempo

$$[P] = \frac{J}{s} = W(watt)$$

Por exemplo, se um chuveiro tem 2000W, isso significa que a cada segundo, ele transforma 2000J de energia, já que  $P = \frac{E}{t} \rightarrow 2000 = \frac{2000}{1}$

Com a potência é possível calcular o rendimento de uma maquina, relacionando a potência total à utilizada efetivamente. Assim, se, por exemplo, um carro que possui 80 cavalos só consegue fazer uma força de movimento equivalente a 60, podemos assumir que 20 cavalos foram dissipados. Desse modo, o rendimento é  $= \frac{P_{uti}}{P_{tot}} = \frac{60}{80} = 75\%$

## 5.5 Quantidade de movimento

A quantidade de movimento é dada pelo produto da massa de um corpo pela sua velocidade  $Q = mv$ . Esse é o momento linear. A quantidade de momento pode ser variado por impulsos. Logo  $I = \Delta Q$ . Podemos provar isso pela segunda lei de Newton, em que  $f = ma \therefore f = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$   
 $f \Delta t = mv_f - mv_0 \therefore f \Delta t = \Delta Q = I$

Com isso, podemos aperfeiçoar a 2ª lei de Newton, tornando a  $f = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$  o que é mais abrangente que  $f = ma$

## 5.6 Colisões

Essas são interações entre dois corpos que ocorrem num intervalo de tempo muito curto, de modo que forças externas não interfiram nelas. Elas podem ser classificadas de alguns modos:

- De acordo com a direção que os corpos se movem após o impacto, por essa os choques podem ser unidimensionais, caso movam na mesma direção ou oblíquos, caso movam em direções diferentes
- De acordo com a conservação da energia cinética, podendo ser
  - elástico, os corpos se separam e há uma conservação da energia cinética
  - parcialmente elástico, os corpos se separam mas há uma perda da energia cinética
  - inelásticos, os corpos ficam unidos após a colisão

### Deve sempre haver a conservação de momento

Quando um choque acontece, inicialmente os corpos perdem energia cinética, transformando-a em energia potencial elástica, a fase da deformação. No entanto, quando toda a energia se torna elástica, ocorre a fase da restituição, sendo essa dependente dos corpos. É ela que define se o choque é elástico, parcialmente elástico ou inelástico. O coeficiente de restituição serve para ver a razão entre a velocidade final e a inicial, sendo calculado por

$$e = -\frac{v_{fa} - v_{fb}}{v_a - v_b}$$



Isso é, é a razão da velocidade do corpo a em relação ao b no final do movimento sobre a velocidade de a em relação a b no início dele.

Se  $e = 1$  o choque é elástico, Se  $1 > e > 0$  o choque é parcialmente elástico e se  $e = 0$  o choque é inelástico

### 5.6.1 Colisões com superfícies fixas

Esses são os choques que acontecem quando um corpo se choqua por exemplo contra uma parede. Assim, como a parede não vai se mover após o choque, podemos considerar que sua velocidade é nula, e, portanto, a velocidade de a em relação à parede será só a velocidade de a. Caso a parede não seja perpendicular à bolinha que se choca contra ela só usaremos a componente vertical ou horizontal (a que seja perpendicular) para analisar o movimento

Podemos usar de colisões com superfícies fixas para mais facilmente calcular o coeficiente de restituição. Para isso, podemos, por exemplo, jogar uma bolinha sobre uma chapa de determinado material no chão. Assim, inicialmente vamos considerar que soltamos a bolinha a uma altura  $H$ . Logo, a velocidade da bolinha logo antes de bater no chão pode ser dada por:

$$mgH = \frac{mv_1^2}{2} \therefore v_1 = \sqrt{2gH}$$

Logo depois de se chocar com o chão, a bolinha terá uma velocidade  $v_f$ , e subirá uma altura  $h$ , de modo que

$$\frac{mv_f^2}{2} = mgh \therefore v_f = \sqrt{2gh}$$

Assim, conclui-se que, se

$$e = \left| \frac{v_f}{v_1} \right|$$

$$e = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}}$$

$$e = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

### 5.6.2 Colisões entre corpos de mesma massa

Não é obrigatório decorar isso nem nada, mas sla ajuda ter um exemplo. Iremos considerar um choque elástico. Sabemos que em choques

$$\Delta Q = 0 \therefore mv_a + mv_b = mv_{af} + mv_{bf}$$

Assim, como todos tem a mesma massa:  $v_a + v_b = v_{af} + v_{bf}$  Logo, o coeficiente de restituição será dado por

$$e = 1 = -\frac{v_{af} - v_{bf}}{v_a - v_b} \therefore v_a - v_b = -v_{af} + v_{bf}$$

Se  $v_a - v_b = -v_{af} + v_{bf}$ , então  $v_a - v_{bf} = -v_{af} + v_b$  o que podemos substituir na equação  $v_a + v_b = v_{af} + v_{bf}$  caso a mudemos para  $v_a - v_{bf} = v_{af} - v_b$  Assim, temos que

$$v_{af} - v_b = -v_{af} + v_b \therefore 2v_{af} = 2v_b \therefore v_{af} = v_b$$

Logo, podemos dizer que os corpos trocam suas velocidades

### 5.6.3 Colisão elástica e oblíqua entre corpos de mesma massa

A quantidade de movimento, como já sabemos, não vai mudar. Assim, como um deles estará parado no inicio:  $mv_a = mv_{af} + mv_{bf}$  logo  $v_a = v_{af} + v_{bf}$

Levando em consideração o fato do choque ser elástico, haverá a conservação da energia cinética. Logo:

$$\frac{mv_a^2}{2} = \frac{mv_{af}^2}{2} + \frac{mv_{bf}^2}{2} \therefore v_a^2 = v_{af}^2 + v_{bf}^2$$

Logo, será formado um triângulo retângulo, dado pela soma dos vetores das velocidades

## 5.7 Centro de massa

Quando jogamos uma bolinha para na diagonal, podemos claramente ver sua trajetória. No entanto, se fizemos isso com outros objetos, por exemplo uma barra que está girando enquanto voa, é mais difícil ver essa trajetória. Para isso existe o conceito do centro de massa.

Ele é determinado por uma média dos pontos do corpo, levando em consideração suas massas. Podemos pensar no centro de massa como se ele fosse o ponto que o peso do corpo age. Assim, se você tiver uma chapa de metal e quiser segurar ela, basta segurar pelo centro de massa já que aí você vai conseguir "equilibrar" o corpo.

Em figuras como por exemplo um triângulo, o centro de massa estará no baricentro, o encontro das medianas. Nas demais figuras planas ele estará no encontro das diagonais.

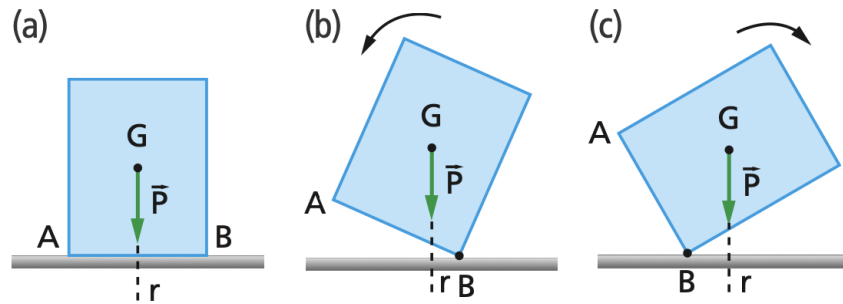
Para determinar a velocidade do centro de massa podemos dizer que o CM move como se fosse o conjunto de todas as massas e todas as forças juntas, logo, podemos pensar no movimento como se ele todo acontecesse no centro de massa, o que facilita as coisas.

## 5.8 Estática dos corpos rígidos

Em um movimento de rotação, o momento vai ser dado pelo produto da força aplicada pela distância ao eixo de rotação. Isso é o que será chamado de torque, o qual é muito comum em alavancas.

Um corpo vai se encontrar em equilíbrio de rotação quando a soma do momento de suas forças for 0. Assim, quando um corpo estiver, por exemplo, suspenso por um ponto S, ele estará em equilíbrio quando seu peso estiver na mesma linha que o ponto S. Caso contrário ele vai girar até chegar nesse ponto.

Por outro lado, se um corpo estiver no chão e ele for empurrado, de modo que gire em torno de uma aresta para o outro lado, o corpo voltará para a posição inicial quando seu centro de massa estiver da posição inicial até quando estiver alinhado com o eixo de rotação. Quando passar disso, o corpo vai girar para o outro lado, assim como mostra a imagem:



## 6 Astrologia

### 6.1 Modelos planetários

- Área da física que estuda os corpos celestes
- A igreja impunha um modelo geocentrista do sistema solar; terra no centro de tudo
  - Incapaz de explicar fenômenos como a laçada de marte e prever fenômenos climáticos
- Copernico questiona isso
- Galileu segue as ideias de copernico e prova o heliocentrismo
  - Descobre as luas de Jupiter, logo nem tudo orbita a terra

### 6.2 Leis de Kepler

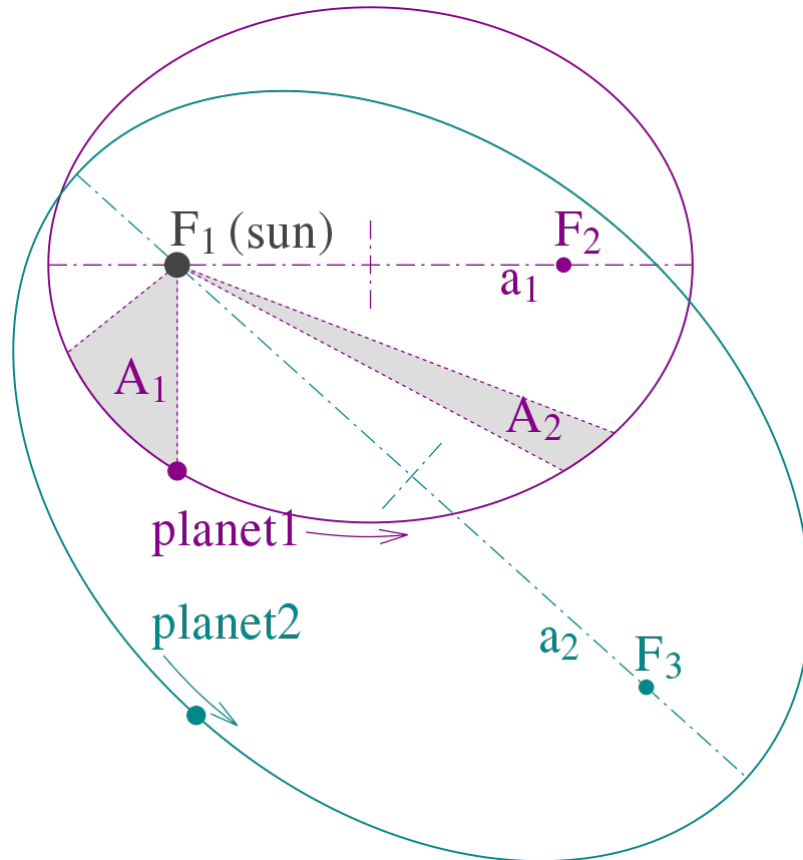
- Tycho Brahe obtém muitos dados, os quais são analisados por Kepler
- Kepler então cria 3 leis (base da mecanica celeste)

#### 1. Lei das orbitas elípticas

- Os planetas giram em torno do sol em orbitas elípticas, não circulares
- Sol ocupa um dos focos da elipse

#### 2. Lei das áreas

- "A reta que une o planeta ao sol varre áreas iguais em tempos iguais"
- Basicamente ao ver uma orbita, uma determinada área vai gastar o mesmo tanto de tempo, independente da distancia percorrida
- **Ao se aproximar da estrela o corpo ganha velocidade, e perde ao se distanciar**



- Se  $A_1 = A_2$ , o tempo para percorrer esses é igual.

### 3. Lei dos periodos

- Para todos os planetas, o quadrado de seu periodo de orbita é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua orbita

•

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

tal que K é uma constante que varia de estrela para estrela

### 6.3 Lei da gravitação universal

- Deduzida por Newton
- Usa do princípio da 3 lei de Newton (ação e reação)
- Justifica as leis de Kepler
- Diz que dois objetos que tenham massa se atraem

$$F_G = \frac{G * M_1 * M_2}{d^2}$$

- Onde:
  - $F_G$  é a força gravitacional
  - $G$  é a constante gravitacional que vale

$$G = 6.67 * 10^{-11}$$

- $M_1$  e  $M_2$  são as massas dos corpos
  - $d$  é a distancia entre os corpos

### 6.4 Corpos em orbita

- Estão em movimento circular uniforme
- componente tangencial:
  - velocidade do corpo
- componente centripeta
  - força da gravidade

Se considerarmos que a força da gravidade é o que prende por exemplo um satellite em uma orbita circular, podemos compara-la a aceleração centrípeta, a qual pode ser dada por  $a_c = \frac{v^2}{r}$ . No entanto, como força é massa\*aceleração, e estamos comparando forças, usaremos de  $m * \frac{v^2}{d}$ , já que o raio da orbita sera a distância. Assim:

$$F_G = \frac{G * M_1 * M_2}{d^2}$$

$$a_c = \frac{m * v^2}{r}$$

Logo:

$$\frac{G * M_1 * M_2}{d^2} = \frac{m * v^2}{d}$$

$$v = \sqrt{\frac{G * M}{d}}$$

- Satélites geoestacionários
  - Ficam sobre um mesmo ponto do planeta o tempo todo
  - Tem que ter um periodo de orbita de 24horas
  - Tem que estar no equador
  - Todos tem de ter uma mesma velocidade

## 6.5 Força da gravidade

Sabe-se que na terra a aceleração da gravidade é de aproximadamente 9,8 m/s, no entanto, podemos calcular isso usando da lei da gravitação universal. Assim,

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

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

No entanto, dependendo da altura que nos encontramos a aceleração da gravidade pode mudar. Por isso, podemos usar de proporções para saber como seria a força da gravidade caso estivéssemos mais próximos do interior da terra. Para uma altura x, basta considerar que

$$\frac{g}{x} = \frac{g_{solo}}{d}$$

.

## 6.6 Força de maré

- A terra é atraída pelo sol e pela lua, sendo a atração da lua mais forte por essa estar mais perto
- Essa atração gera deslocamentos das massas oceânicas
- Assim, quando a lua está alinhada com o sol, lua nova ou cheia, a maré é maior

## 7 Hidrostática

Esse é o estudo das propriedades dos líquidos e dos gases. Para isso, é importante saber o conceito de pressão: a atuação de uma força sobre uma área. Assim,  $p = \frac{F}{A}$  na unidade de  $N/m^2$ ; o  $Pa$

Ademais, é importante saber que Quando um líquido está em um recipiente, sua superfície sempre fica perpendicular à aceleração da gravidade, já que assim se encontra mais estável. No entanto, se aplicarmos uma aceleração a esse recipiente, graças à lei da inércia a água irá se acumular mais de um lado, não estando mais perpendicular à gravidade, mas ao vetor resultante de  $-\vec{a} + \vec{g}$  o qual pode ser calculado por  $ga^2 = a^2 + g^2$

Por fim, é importante saber que os fluidos sempre exercem forças perpendiculares às superfícies que estão em contato, que em um determinado ponto de um fluido em equilíbrio a pressão é a mesma para todas as direções e que pontos num mesmo nível possuem uma mesma pressão

### 7.1 Lei de Stevin

Vamos considerar um cilindro imerso verticalmente na água. Esse tem em cima uma face x e em baixo uma face y. Se esse corpo estiver em equilíbrio, deverá haver uma pressão  $p_x$  na face x e  $p_y$  na y. Assim, como  $p = \frac{f}{a}$  a força em x será  $p_x * a$  e em y será  $p_y * a$  No entanto, além dessas forças há o peso. Assim, que o corpo fique em equilíbrio sua resultante vertical deve ser nula. Logo,  $f_y = f_x + P$  Sabemos que o peso é a massa vezes a aceleração da gravidade, mas, podemos considerar a massa como o produto da densidade pelo volume, já que a densidade é por definição o peso sobre o volume. Ademais, podemos substituir o volume pela área vezes altura, já que dissemos que era um cilindro que estava sendo imerso. Logo, teremos que

$$f_y = f_x + P$$

$$p_y * a = p_x * a + dahg$$

Dividindo ambos os lados por a:

$$p_y = p_x + dgh$$



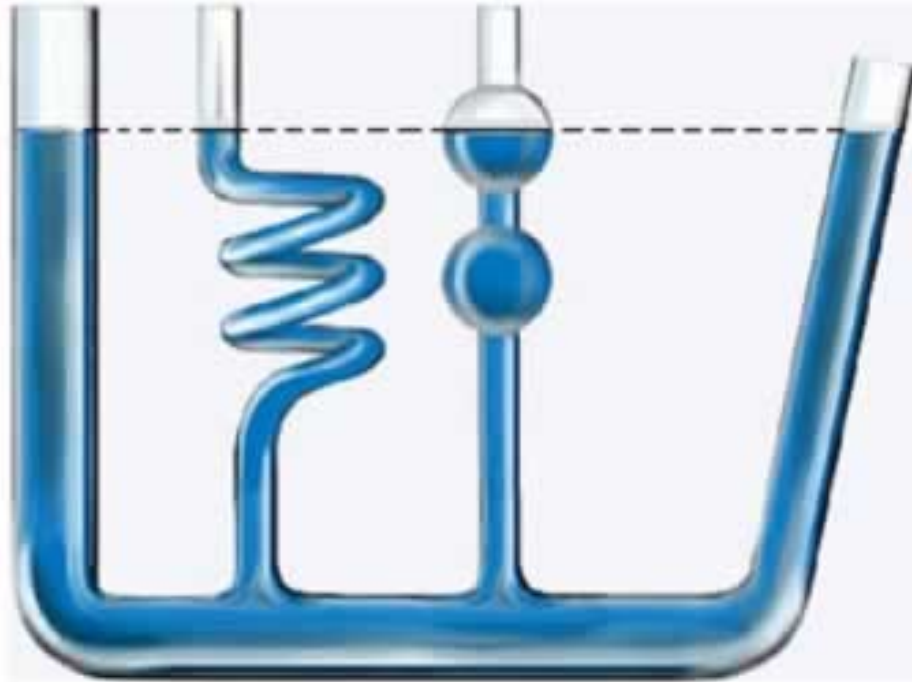
Assim, podemos dizer que a pressão aumenta conforme a profundidade, já que o  $h$  aumenta. Ademais, vemos que ela só é afetada pela densidade do líquido e da altura da coluna de fluido, logo, copos de formatos diferentes, por exemplo, terão a uma mesma altura uma mesma pressão.

## 7.2 Forças em barragens

Esse é um exemplo de questão que pede a força exercida sobre uma barragem. Como a pressão é dada por uma equação de primeiro grau, ela aumenta linearmente e, portanto podemos usar a pressão média, que será a pressão exercida na metade da altura total. Logo,  $p_m = \rho g \frac{h}{2}$  e, para obtermos a força, multiplicamos isso pela área. Importante dizer que não somamos a pressão da atmosfera pois ela está em ambos os lados da barragem, logo não faria muito sentido.

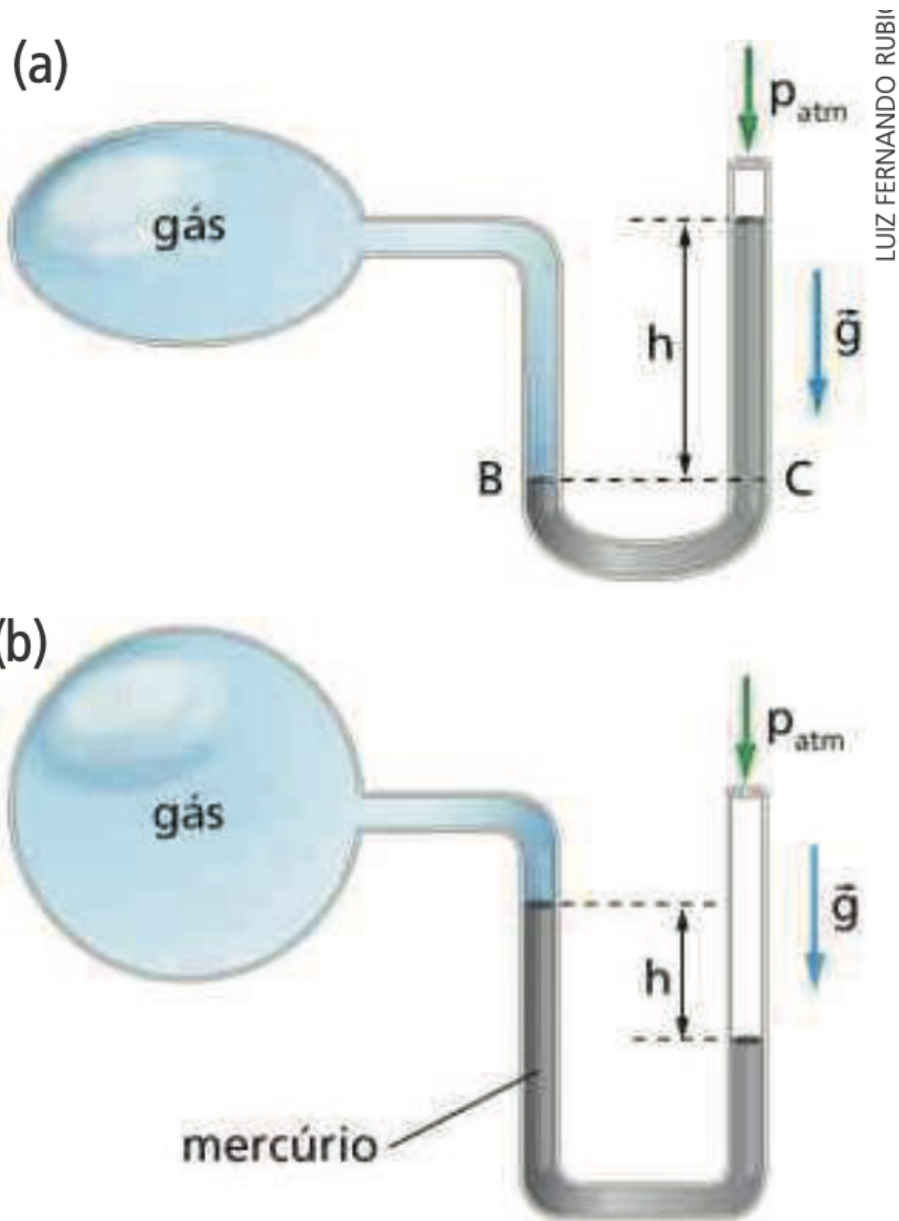
## 7.3 Vasos comunicantes

Como já vimos, a pressão só depende do nível em que os pontos se encontram. Assim, dois pontos no mesmo nível de um mesmo fluido irão ter a mesma pressão. Desse modo, independente do tamanho dos vasos comunicantes todos ficarão no mesmo nível. Isso pode ser visto por exemplo na imagem abaixo, e explica o por que de caixas d'água fiquem em cima.



#### 7.4 Manômetro

Esse é um aparelho que utiliza desse princípio dos vasos comunicantes para calcular a pressão de um gás. Ele pode ser visto na imagem abaixo:

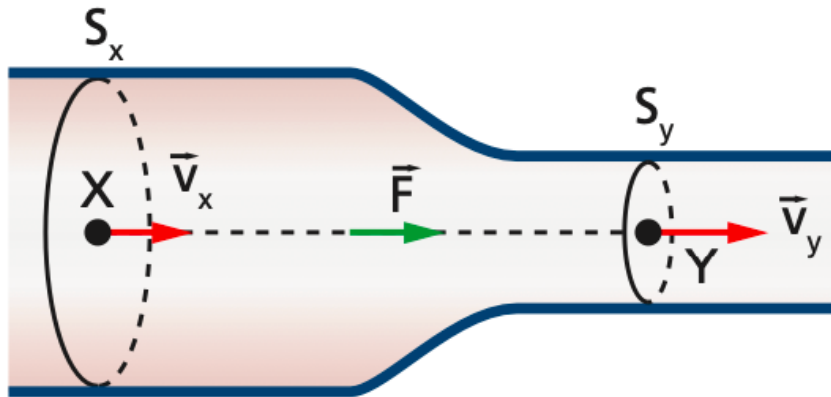


O manômetro funciona vendo a relação entre a pressão atmosférica e a do gás, o qual está isolado pelo mercúrio. No manômetro a, o gás tem uma pressão que seria igual a  $p_{atm} + dhg$  já que a pressão em B e C deve ser a mesma. Já no manômetro b, o gás tem uma pressão menor que a da atmosfera. Logo, a pressão do gás será  $p_{atm} - dhg$

## 7.5 Princípio de Pascal

"Uma pressão externa aplicada a um líquido dentro de um recipiente se transmite, sem diminuição, a todo o líquido e às paredes do recipiente"

É com base nesse princípio que funcionam os mecanismos hidráulicos, uma vez que eles podem "multiplicar" a força. Isso pode ser visto na imagem abaixo



Como o princípio diz, a pressão será a mesma em todo o recipiente, logo

$$p = \frac{f_x}{a_x} = \frac{f_y}{a_y}$$

Assim, como a área de x é maior, a força em x também será maior que a em y.

No entanto, sabemos que não podemos criar energia, logo o trabalho em x deve ser igual ao em y. Podemos provar isso se considerarmos que o volume movido por x e y é o mesmo. Com isso, teremos que  $V_x = V_y$  o que é igual a dizer que  $a_x * d_x = a_y * d_y$  onde d é o deslocamento de cada face. Se juntarmos isso com a outra equação que já tínhamos, temos que

$$p = \frac{f_x}{a_x} * a_x * d_x = \frac{f_y}{a_y} * a_y * d_y$$
$$f_x * d_x = f_y * d_y$$

## 7.6 Pressão atmosférica

Essa é uma que frequente será encontrada em exercícios e por isso merece uma atenção especial. Ela foi medida pela primeira vez por torricelli, que

## 8 Princípio de Arquimedes

## 9 Hidromecânica

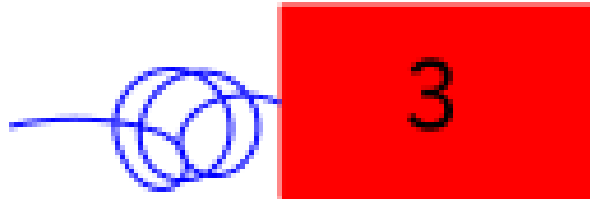
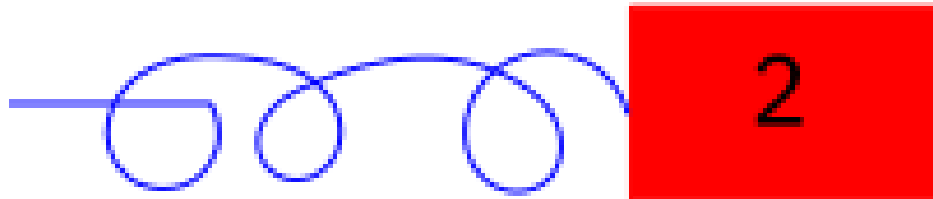
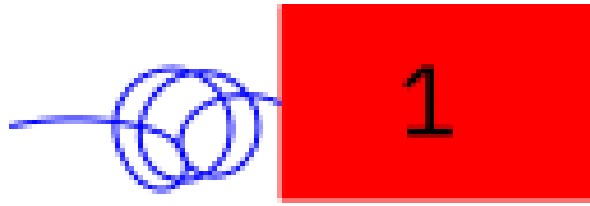
## 10 MHS

- O movimento armonico é aquele em que um corpo
  - Possui um movimento oscilatorio
  - Possui um movimento periodico
- Período( $T$ ) é o tempo de uma oscilação
- Frequência( $f$ ) é o numero de oscilações por unidade de tempo
  - Por exemplo 60 bpm (batimentos por minuto)
  - **Hz é o numero de oscilações por segundo**
  - inversamente proporcional ao tempo  $T = \frac{1}{f}$

### 10.1 Sistema massa e mola

$$F_e = K * X$$

- $K$  é a constante elastica da mola
- $X$  é a deformação da mola

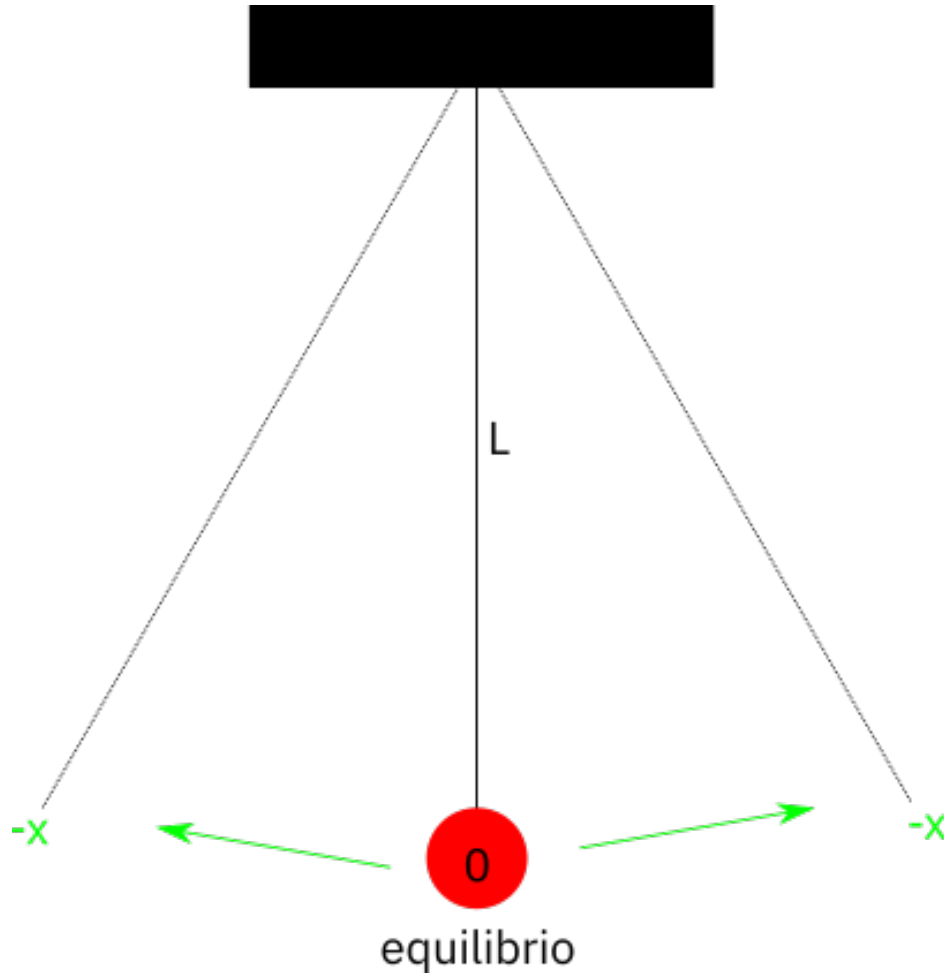


- Um ciclo é quando o objeto sai de um ponto e volta ao mesmo ponto, na imagem de  $1 \rightarrow 3$ 
  - Um meio ciclo é de  $1 \rightarrow 2$
- A distancia de um ponto ao ponto de equilibrio é chamada de amplitude
- O período pode ser dado por

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

- A amplitude não muda o periodo

## 10.2 Sistema de pendulo simples

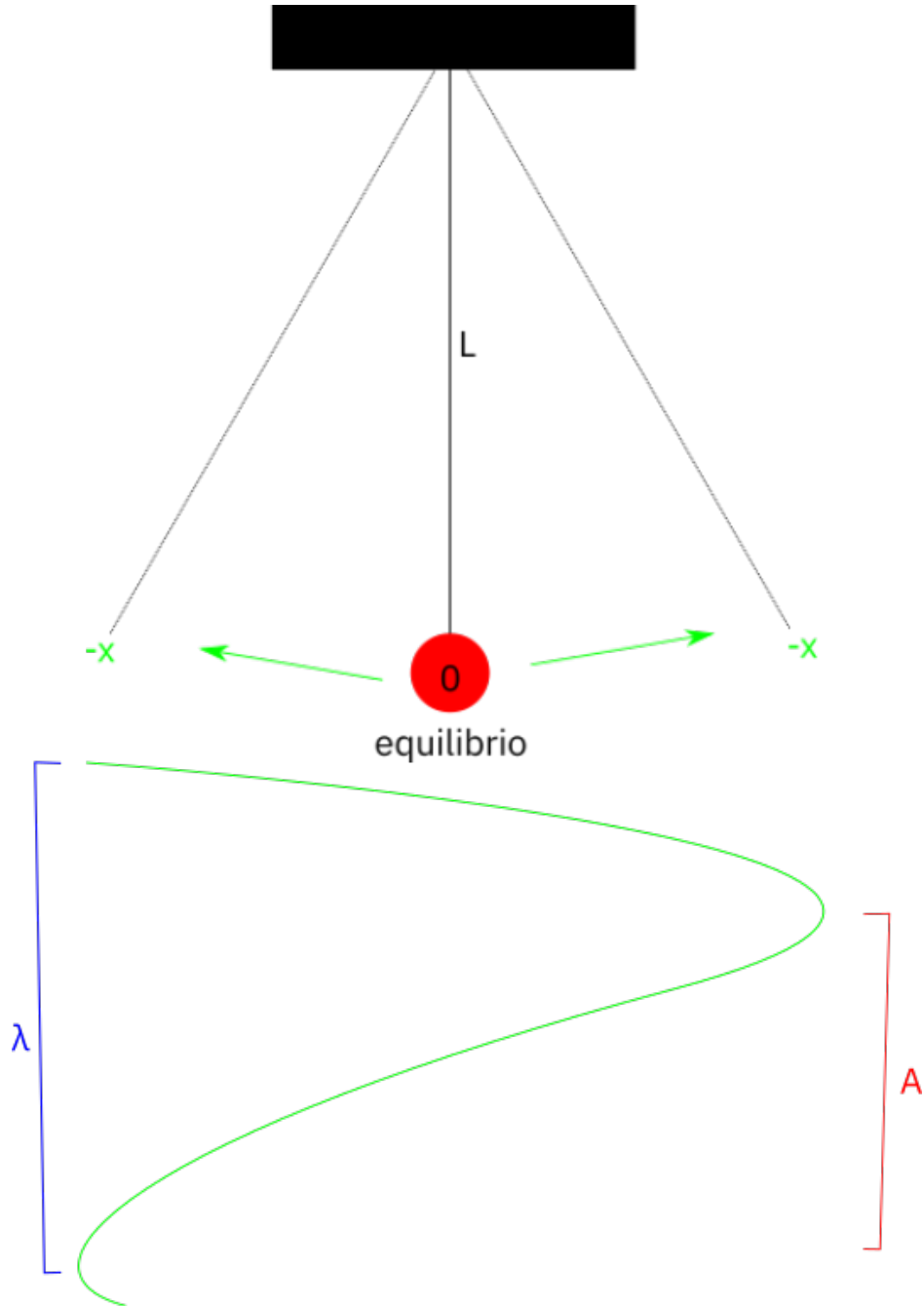


- Amplitude:  $-x \rightarrow 0 = 0 \rightarrow x = x$
- Período: Tempo de 1 oscilação

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

– O período não depende da amplitude

### 10.3 Função de onda



- $\lambda$ (lambda) é o comprimento da onda Distancia entre dois pontos sucessivos da onda

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\lambda}{T}$$
$$T = \frac{1}{f}; \text{logo}$$



$$v = \lambda * f$$

- A(amplitude): é a distancia entre uma crista (topo) ou vale (fundo) até o ponto de equilíbrio da onda (o meio)
- v(velocidade): É a velocidade com a qual a onda se propaga. **A velocidade das ondas dependem exclusivamente do meio em que ela se propaga**
- T(período): Tempo de uma oscilação completa. **Depende da fonte geradora da onda.** O tempo que a onda toma para percorrer  $\lambda$

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

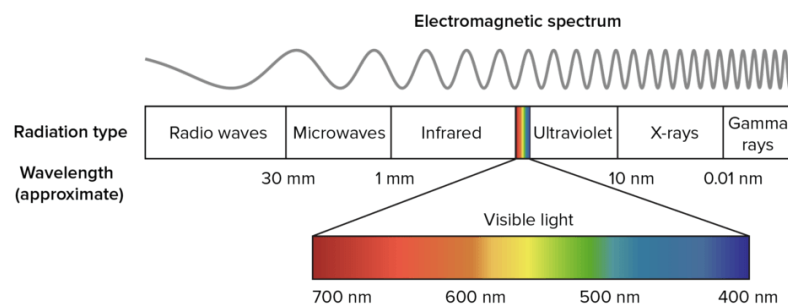
## 11 Ondas

Propagam no espaço transportando energia sem transportar matéria

### 11.1 Classificação das ondas:

#### 11.1.1 Quanto a natureza:

- Ondas mecânicas: Precisam de um meio material para se propagarem. Entre essas estão por exemplo o som, que precisa do ar, ondas em corda, na água
- Ondas eletromagnéticas: Não precisam de um meio para se propagar, por isso se propagam, por exemplo, no vácuo. Elas são compostas por campos elétricos e magnéticos e todas tem a mesma velocidade,  $3 * 10^8 m/s$ , a velocidade da luz. Exemplos são: a luz, raio x, infravermelho, rádio...



Elas se diferem graças a diferenças em sua frequência.

obs: A diferença na frequências das ondas eletromagnéticas também significa uma diferença no seu  $\lambda$ , pois, como a velocidade é constante, esses se tornam inversamente proporcionais.

$$v = \lambda * f$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

### 11.1.2 Quanto a direção de vibração

- Transversal: A energia vai à uma direção perpendicular à vibração do meio. Ondas eletromagnéticas e em corda são transversais; o fluxo de energia é a direita mas a corda sobe e desce. É o desenho clássico de onda.
- Longitudinal: A energia vai na mesma direção que as vibrações. O som e ondas em molas são ondas longitudinais.

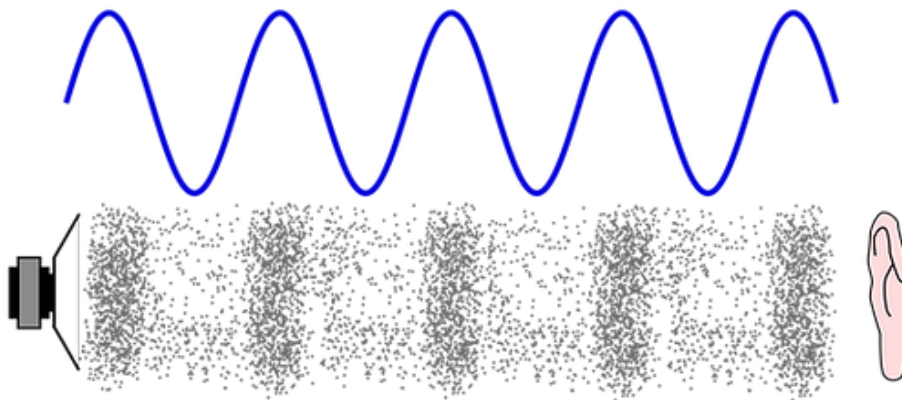


Figure 4: A onda de cima é transversal e a debaixo longitudinal.

- Mistas: São ondas em que o meio vibra na longitudinal e transversal. Exemplos são ondas em líquidos. (pense em uma pessoa boiando, ela não vai pra frente, pra trás, pro lado, pro outro... é isso)

### 11.1.3 Quanto a direção de propagação

- Unidimensional: Se propaga em apenas uma direção. Exemplo: onda na corda, só vai para frente.
- Bidimensional: Se propaga por uma superfície. Exemplo: onda na água
- tridimensional: Se propaga em todas as direções, se propagam pelo espaço. Exemplo: ondas eletromagnéticas ou o som.

## 11.2 Elementos de uma onda:

Veja Função de onda

### 11.2.1 obs: ondas transversais

Nas ondas transversais, não se fala em cristas e vales, já que ela não sobe nem desce. Ao invés disso, se fala em compressão e rarefação. Isso diz sobre a compressão ou descompressão.

- Compressão = crista = topo = máxima compressão
- Rarefação = vale = fundo = mínima compressão
- $\lambda$  = distância entre uma máxima compressão à próxima

## 11.3 Propriedades ondulatórias

São fenômenos que ocorrem com ondas em quanto elas se propagam

### 11.3.1 reflexão

A reflexão, como o nome já diz, é o que ocorre com as ondas ao elas serem refletidas, isto é, baterem em uma superfície e voltarem. É o que ocorre nos espelhos ou no eco

- Leis da reflexão
  - A onda, após bater em uma superfície, sera refletida com o mesmo ângulo e mantera todas suas propriedades (frequência, velocidade e comprimento de onda)

- Reflexão de ondas na corda
  - Com a extremidade livre: Por a corda ter a extremidade livre, ao fluxo de energia chegar nela, essa será levantada, e, então, voltará com a fase no mesmo sentido.
  - Extremidade Presa Por a extremidade estar presa, ao fluxo de energia chegar nela, ela não será empurrada, mas haverá uma força para cima, a qual, voltará (ação e reação), fazendo com que a corda inverta sua fase.

A fase da onda será o a parte que sobe ou desce, logo, invertendo a fase, ela vai por cima e volta por baixo

### 11.3.2 refração

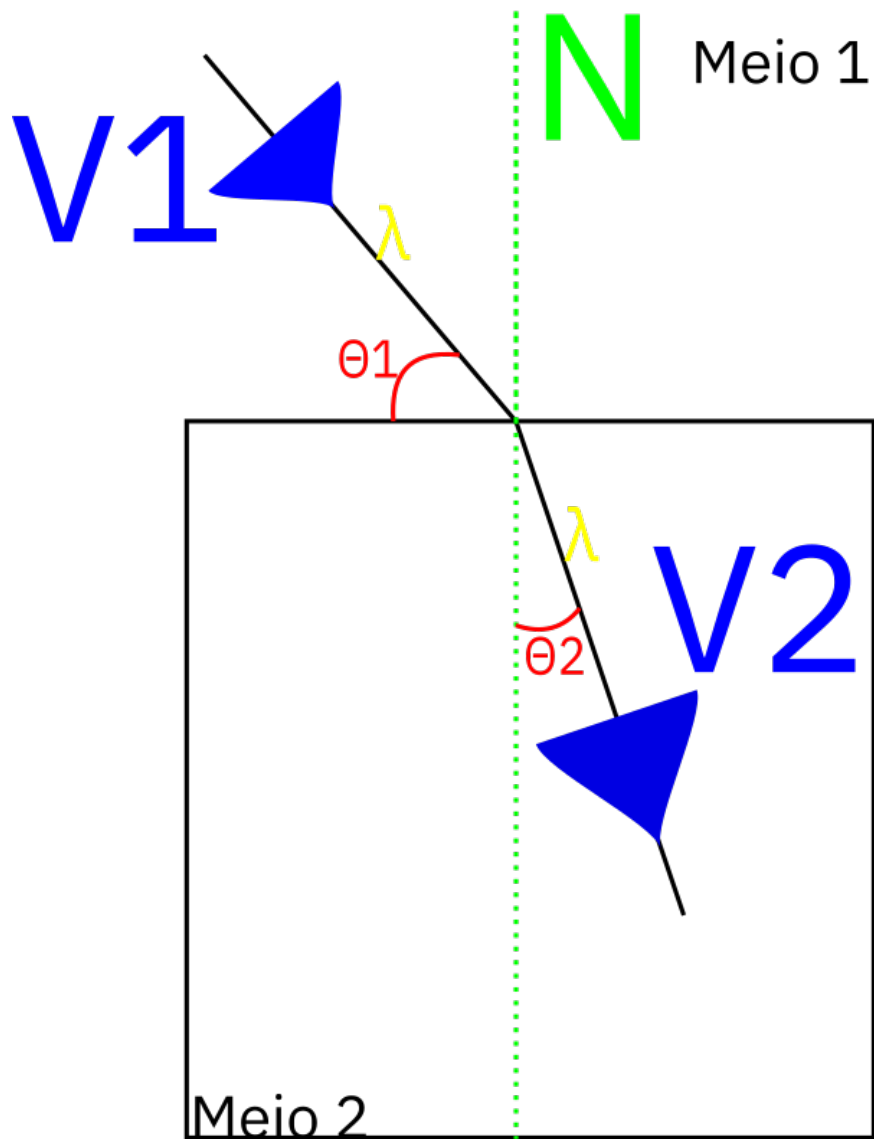
A refração é o fenômeno que ocorre quando a onda muda de meio. Como a velocidade depende do meio em que a onda se encontra, ela mudará. A frequência não muda pois ela depende da fonte geradora da onda. As propriedades mudam, pois parte da energia é refletida. Exemplo: falar algo fora da água para alguém que está dentro dela

- Leis da refração:
  - A velocidade da onda no meio1 vai ser proporcional à velocidade no meio2 da mesma forma que o seno do ângulo da onda com a normal ao mudar de meio. Isto é;

$$\frac{v_1}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{\sin\theta_2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

- Assim, Quanto menor for o angulo da direção de propagação da onda (quanto mais se aproximar da normal) meno vai ser a velocidade no novo meio. Já, caso se afaste da normal, aumentara sua velocidade



- Refração em cordas: A velocidade de uma onda em uma corda é calculada por  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ , onde  $T$  é a tensão na corda e  $\mu$  é a densidade linear da corda, sua grossura. Assim, ao passar para uma corda mais grossa(densa), a velocidade será menor e, ao passar para uma mais tensa(esticada) maior será a velocidade.
  - Assim, se for de uma corda fina à uma grossa, há refração e reflexão, assim, parte da energia volta, mas com menos amplitude, velocidade e com inversão da fase
  - Já se a corda for da grossa à fina, a onda refletida tem a mesma fase, mas também perde parte de sua velocidade à reflexão

- Refração em líquidos: A velocidade da onda em um líquido aumenta com o aumento da profundidade. Como a frequência se mantém, o  $\lambda$  acompanha a velocidade. Pense assim, a parte da onda que tá lá em baixo vai ir batendo no chão ao ele subir, o que, então, ira reduzir a velocidade da onda.

Assim, ao uma onda chegar mais perto da praia ela irá desacelerar.

Ademais, há os índices de refração no meio, que calculam quantas vezes a luz é mais lenta em um meio em comparação ao vácuo. Essa é medida por  $n = \frac{c}{v}$ , sendo c a velocidade da luz e v a velocidade no meio. Quanto maior o índice mais lenta é a luz e, por isso, mais o raio se aproxima da normal ao mudar de meio.

### 11.3.3 difração

É a propriedade que diz o quão bem uma onda contornará obstáculos. Isso pode ocorrer, por exemplo ao falar atrás de uma parede. Esse fenômeno baseia-se no princípio de Huygens, que diz que cada frente de onda atua como uma nova fonte, gerando outra onda. Assim, a onda continua sua propagação normalmente caso não haja obstáculos.

Assim, a difração ocorrerá mais quando o  $\lambda$  da onda for similar ao tamanho do obstáculo. Assim, a luz não difrata bem entre os elementos do cotidiano, mas, com uma fenda muito pequena, como os buraquinhos que formam um cd, ela difrata.

- $\lambda$  similar ao obstáculo A onda difratará, pois passaram algumas frentes de ondas, as quais passam a formar novas ondas, expandindo muito.
- $\lambda <$  obstáculo Se o  $\lambda$  for muito menor que os obstáculos a onda passará direto, difratando **MUITO** pouco. Por isso dizemos que ondas como a luz não difratam.
- $\lambda >$  obstáculo Se for muito maior a onda será refletida, assim não passará. Por isso que as ondas do microondas não passam pelos buracos que tem no vidro e por isso não nos queimam

### 11.3.4 interferência

A interferência ocorre quando duas ondas se cruzam em um mesmo plano. Pense em uma pessoa com uma extremidade de uma corda e outra com outra. Ao essas duas começarem a oscilar a corda, haverá um ponto em que as oscilações se encontraram; o que será uma interferência. Ela afeta a amplitude das ondas. Há dois tipos de interferência:

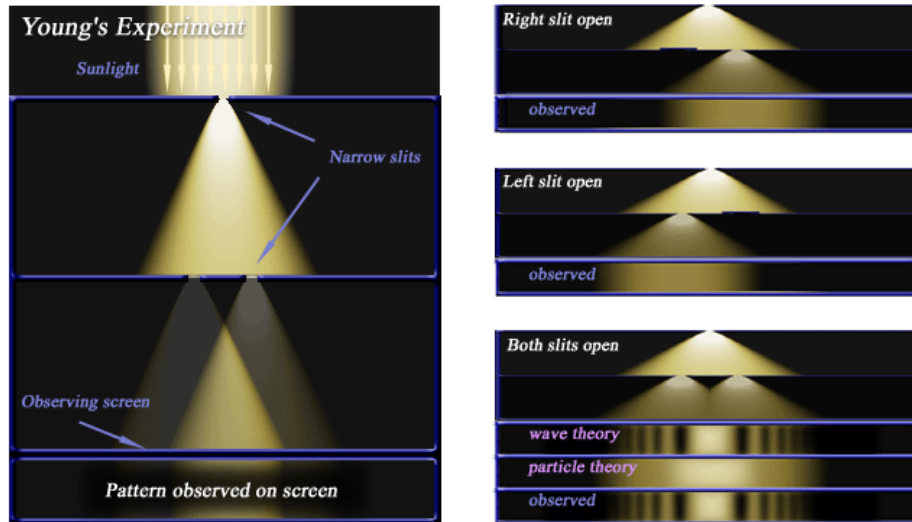
- Construtiva: Nessa, ao as ondas se encontrarem suas amplitudes se juntaram, por ambas terem a mesma fase, criando uma amplitude igual à soma de suas. Após se encontrarem continuarão o seu fluxo
- Destrutiva: Já nas destrutivas os fluxos tem fases diferentes, então, ao se encontrarem, terão uma amplitude igual a diferença das suas amplitudes, também seguindo o fluxo depois

Um uso da interferência é nos fones de cancelamento de ruído, onde se emite um som com a fase oposta à do ruído, então, ao chegar no ouvido, este é cancelado.

Importante dizer que ondas com a mesma fase, frequência , velocidade e amplitude podem sofrer interferência destrutiva. Isso pode acontecer se a diferença de caminho percorrido por elas for de  $0,5 \lambda$  ou  $1,5 \lambda$  ou  $2,5 \lambda \dots$

Duas ondas emitidas em um mesmo meio criam linhas de interferências destrutivas e construtivas, chamadas, respectivamente, linha nodal e linha ventral.

A interferência foi muito importante para determinar que a luz era uma onda eletromagnética, já que a experiência da fenda dupla de Young usava da interferência e da difração.



### 11.3.5 Polarização

Fenômeno ondulatório que só acontece com ondas transversais, onde só passam as ondas que possuem os seus pontos de vibração na mesma direção. Isso ocorrerá graças ao uso de um filtro polarizador, que só permite a passagem de luz em uma direção, por exemplo só deixando o campo elétrico vertical passar. Ao a luz refletir, ela pode se tornar po-

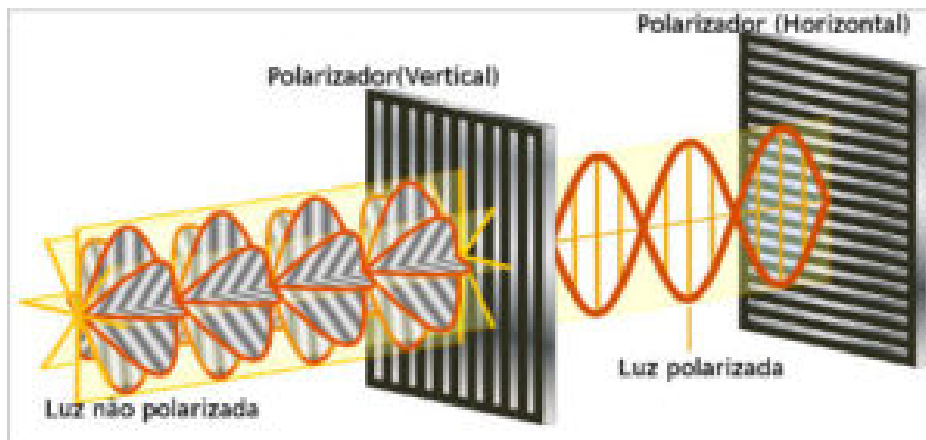


Figure 5: Na imagem, o primeiro filtro só permite a passagem da onda vertical e, o segundo, só a horizontal. Assim, como ao chegar no segundo só havia luz vertical, depois dele não há mais luz

larizada, e é por isso que os óculos polarizados conseguem eliminar o reflexo, uma vez que só a luz refletida terá os pontos de vibração parale-



los a superfície. Assim, o uso de um filtro perpendicular a essa, que no caso seria um filtro horizontal, acaba com a maior parte do reflexo.

## 12 Ondas sonoras

O estudo das ondas sonoras é denominado acústica. Essas ondas são longitudinais e mecânicas.

Conseguimos ouvir apenas uma parte do espectro sonoro, o chamado "som audível". Esse vai de 20Hz até 20000Hz, sendo os sons abaixo de 20Hz chamados de infra-sons e os sons acima de 20000Hz chamados de ultra-sons.

### 12.1 Qualidades

Para diferenciar os sons e os qualificar há as chamadas "qualidades do som". Essas são:

#### 12.1.1 Intensidade

Relacionada à amplitude da onda; é o que no cotidiano chamamos de volume. Um som mais intenso tem maior diferença de pressão entre suas rarefações e compressões, que é como se mede a amplitude de uma onda longitudinal.

Essa qualidade é medida em decibéis.

#### 12.1.2 Altura

Relacionada à frequência da onda; é o que determina se uma onda é alta(aguda) ou baixa(grave). Quanto maior a frequência mais alto. É graças a essa qualidade que as notas musicais se diferem. Para lembrar é so pensar que o instrumento baixo produz um som grave, baixo.

#### 12.1.3 Timbre

Relacionado ao formato da onda; é o que permite distinguir sons de mesma frequência. O timbre vai depender da fonte que gerou o som.

## 12.2 Efeitos que acontecem com o som

### 12.2.1 Eco

Fenômeno que consiste na distinção do som emitido com o que é refletido. Para que ele seja percebido, o som deve-se ser capaz de distinguir o som, o que acontece quando ele demora mais de 0,1 segundo entre o emitido e refletido. Se quisermos calcular a distância necessária para notarmos o eco, podemos considerar a velocidade do som no ar. Assim, se  $v = \frac{d}{t}$ , e queremos descobrir a distância, temos que  $d = v * t$ , ou seja,  $d \geq 340m/s * 0,1s$ , e logo  $d \geq 34m$ . No entanto, temos que considerar que o som deve ir e voltar. Assim, para gerar eco, o som deve ser refletido numa superfície que esteja a 17 metros ou mais do emissor.

### 12.2.2 Efeito doppler

Fenômeno descoberto por Christian Doppler que diz sobre a variação da frequência de uma onda graças ao movimento da fonte ou do receptor. Se a fonte estiver se aproximando do receptor, a onda terá sua frequência sendo aumentada, já que ela terá de cada vez percorrer menos distância, chegando mais rapidamente no receptor. Caso contrário, se a onda estiver se afastando do receptor, ela irá ter sua frequência diminuída, já que a onda terá que cada vez percorrer uma distância maior, demorando mais.

É graças a esse efeito que na formula 1 escutamos o barulho dos carros mais agudo ao eles se aproximarem e mais grave ao se afastarem, naquele som característico.

Também graças a esse efeito ocorre o boom sônico, ao um avião ir numa velocidade acima de mach 1; acima da velocidade do som.

A formula para determinar a frequência percebida pelo receptor é:

$$F_{receptor} = F_{fonte} * \left( \frac{V_{onda} + V_{receptor}}{V_{onda}} \right)$$

Onde  $V_{receptor}$  é positivo se os dois estiverem se aproximando e negativo se estiverem se distanciando.

## 13 Óptica

### 13.1 Conceitos

A luz visível é a radiação eletromagnética que possui o seu comprimento de onda entre 700nm (infravermelho) e 400nm (ultravioleta). Por mais que chamemos a luz de luz visível, não conseguimos de fato vê-la. Só vemos ela refletida ou emitida. Assim, por mais que haja luz passando pelo espaço, se estivermos lá não a veremos, uma vez que estará no vácuo e por isso não será refletida.

As fontes de luz podem ser monocromáticas, so emitem uma frequência, ou policromáticas, emitem duas ou mais frequências. Os corpos que não emitem luz são os corpos iluminados. Eles precisam receber luz, refletindo-a, para que sejam vistos. As luzes que vemos são todas uma combinação de verde, vermelho e azul (cores primárias), que são as cores que os olhos conseguem perceber.

A luz é geralmente pensada como raios ou feixes. Esses são representações de porções infinitamente estreitas de luz que são emitidas. Eles podem ser convergentes, se forem todos para um mesmo foco, paralelos, se forem reto, ou divergentes, que é o que acontece na maioria dos casos e é quando a luz se dispersa, saindo de um ponto e indo para outros.

Quando a luz bate em um objeto, o que irá acontecer é dependente do material desse, que pode ser:

- Transparente: os raios mantêm a mesma trajetória que antes, sendo possível enxergar através deles.
- Translúcido: Os raios atravessam o objeto mas não mantêm a mesma trajetória, não sendo possível ver o outro lado.
- Opaco: Os raios de luz não atravessam o objeto.

As cores são uma coisa meio subjetivas, já que elas não são uma propriedade, uma vez que ela depende da luz que é emitida. Enxergamos as cores que são refletidas pelos objetos, assim, se por exemplo vemos algo como branco, sendo que foi lançada uma luz branca nele, significa

que o objeto não absorve nenhuma dessas cores, isso é, não absorve nada, refletindo tudo. O contrário ocorre com o preto, que absorve a todas as cores. É por isso que roupas pretas esquentam mais, por elas absorverem toda a radiação da luz. No entanto se pegarmos um objeto que na luz branca é branco, e jogarmos luz verde, o veremos como verde, uma vez que é a luz que ele irá refletir. Por outro lado, se em um "objeto verde" for jogada luz vermelha, o veremos como preto, já que toda a luz emitida será absorvida. É a partir desse princípio que os filtros coloridos funcionam, com ele filtrando todas as cores exceto a sua.

## 13.2 óptica geométrica

Essa parte da óptica parte do fato de que em meio transparente e homogêneo a luz se propaga em linha reta, e, por isso, podemos estudar seu comportamento com a geometria. Para isso, é importante saber das diferentes fontes de luz.

- Fonte pontual: a luz é emitida por só um ponto e, por isso, as sombras são bem definidas
- Fonte extensa: a luz é emitida por vários pontos e, por isso, as sombras não são tão bem definidas, sendo divididas em penumbra(sombra parcial) e umbra(sombra total)

A partir disso, é possível entender alguns fenômenos, como os eclipses. No eclipse solar, o sol é tampado pela lua, fazendo um eclipse total, uma umbra, e eclipse parcial, onde a lua so tampa um pedaço do sol e, portanto, se caracteriza como uma penumbra. Além disso, há o eclipse lunar, que é quando a terra fica entre a lua e o sol, com a luz so recebendo luz de raios solares que passam pela atmosfera, os quais, por serem em maioria vermelhos, à deixam dessa cor.

Ademais, há o princípio da câmara escura, que diz que, caso haja uma camara escura com um furo, nessa será projetada uma imagem semelhante ao que pode ser visto através do furo, de modo que as duas sejam imagens proporcionais, com seus tamanhos sendo definidos pela distância entre o objeto e o buraco, assim como entre o buraco e a imagem, de modo que a distância do objeto ao buraco sobre a altura do objeto é igual à distância da imagem ao buraco sobre a altura da imagem. Assim,

pode-se calcular o aumento ao o objeto se transformar em imagem pela razão entre a altura da imagem pela altura do objeto.

Ademais, é importante dizer sobre o princípio da reversibilidade da luz. Esse, simplesmente, diz que se você vê algo, esse algo também te vê, fazendo com que ao mesmo tempo que raios de luz batem num espelho e refletem para um lado, eles o fazem para o outro. Também há o princípio da independência dos raios de luz, o qual defende que um raio não atrapalha a trajetória do outro, mas, se por exemplo, ambos se encontram num anteparo, as cores se misturam.

Por fim, há a reflexão da luz, que é o que precisa acontecer para que vejamos-a e pode ser duas:

- especular: é a que acontece em superfícies muito lisas, como espelhos, e leva a reflexão em apenas uma direção, sendo assim, dependendo do ponto em que estamos ao olhar para o espelho muda a imagem
- Difusa: é a que acontece em superfícies irregulares e por isso, reflete a luz em muitas direções, é o que acontece nos demais objetos que vemos.

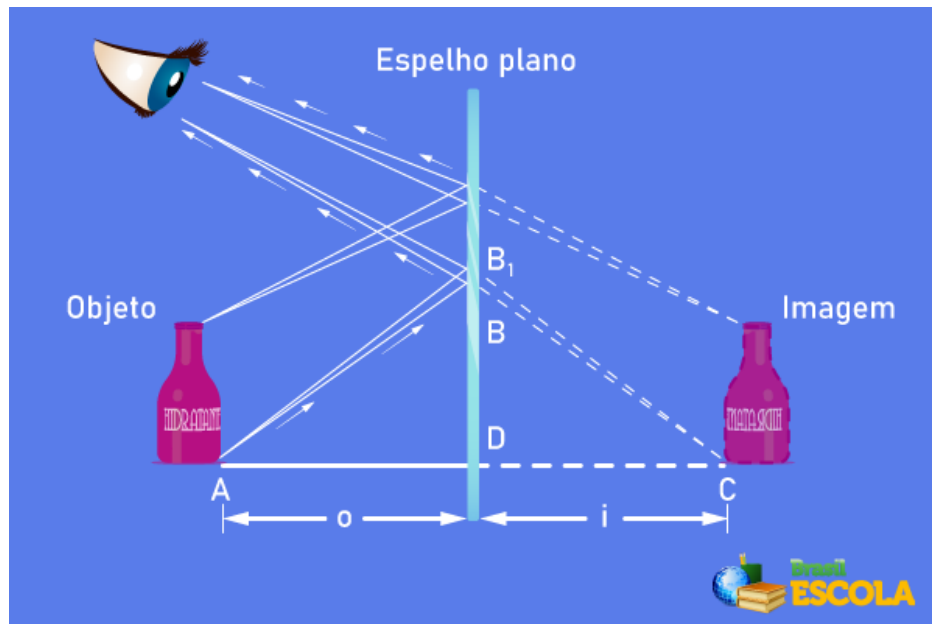
### 13.2.1 Refração da luz

Por ser uma onda, a luz possui as Propriedades ondulatórias, incluindo a refração. Essa é responsável pela formação de algumas imagens e, por exemplo, explica o porque de objetos aparecerem quebrados na água, que é por que há uma refração ao a luz mudar de meio.

Ademais, graças à refração, nada que vemos fora da terra está onde o vemos. Isso acontece pois por exemplo, ao a luz de uma estrela distante entrar na terra, há uma refração, o que faz com que a vejamos em outro local. Ademais, o dia na terra é mais longo por esse mesmo efeito, uma vez que vemos a luz do sol antes de vê-lo, fazendo com que o dia nasça antes.

### 13.2.2 Espelho plano

São os espelhos que invertem lateralmente a imagem mas mantêm o tamanho dela igual à do objeto. A imagem mantém a mesma orientação do objeto ( não fica de cabeça pra baixo) e a imagem é virtual, isso é, formada dentro do espelho pelo prolongamento dos raios, como na imagem



Na imagem, o campo visual do espelho são os raios que, partindo da imagem, passam nas bordas do espelho. Tudo que está entre eles consegue ver a imagem, mas, o que não está, não.

Ademais, pode ser que tenham muitos espelhos associados, os quais formam imagens das imagens. Para calcular esses, basta ver a imagem do objeto em um espelho e, então, projetá-lo no outro.

## 14 Energia Térmica

### 14.1 Temperatura

É a medida da agitação das partículas. É proporcional à energia cinética média das partículas. Pode ser medida em  $^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{F}$  ou K.

### 14.1.1 Celsius

- fusão da água = 0°
- ebulição da água = 100°

### 14.1.2 Fahrenheit

- fusão da água = 32°
- ebulição da água = 212°

### 14.1.3 Kelvin

- fusão da água = 273
- ebulição da água = 373

### 14.1.4 Conversões

- Celsius kelvin:
  - somar 273, se for de celsius à kelvin
  - subtrair 273, se for de kelvin à celsius
- Fahrenheit e celsius ou kelvin

Montaremos uma regra de 3, para não ter que guardar a fórmula. A variação da temperatura não é linear, logo a regra de 3 tem que ser com base na variação. Exemplo:

$$77^{\circ}F = x^{\circ}C$$
$$\frac{77 - 32}{212 - 32} = \frac{x - 0}{100 - 0}$$

## 14.2 Calor

O calor é a transferência de energia térmica. **Ele sempre irá do quente para o frio**, até chegar em equilíbrio térmico. Equilíbrio térmico é quando os dois corpos trocam calor até que ambos tenha a mesma temperatura

## 14.2.1 Transmissão de calor

O Calor pode ser transmitido de 3 jeitos:

- Condução: Ocorre pela colisão de partículas. Assim, deve haver contato entre os corpos que estão trocando calor. Materiais condutores transferem o calor mais rapidamente.

- Lei Fourier, análise matemática da condução térmica. Essa lei dá uma formula para calcular o fluxo de calor. Essa formula e:

$$\Phi = \frac{K * A * \Delta T}{e}$$

Em que,

- \*  $\Phi$  é o fluxo de calor, em  $W$
  - \*  $K$  é a constante da condutibilidade do material, em  $\frac{W}{m \cdot K}$
  - \*  $A$  é a área de contato, em  $m^2$
  - \*  $\Delta T$  é a diferença de temperaturas, em  $^{\circ}C$
  - \*  $e$  é a espessura do material, em  $m$
- Convecção: Ocorre pela transferencia de matéria. O ar mais quente, tende a subir, pois a maior agitação das partículas significa que ele fica menos denso. Então, o ar frio irá para onde ele estava. Isso então gera ventos, pela movimentação do ar.
  - Radiação ou irradiação: Ocorre pela emissão de ondas infravermelhas. Por serem ondas eletromagnéticas, se propagam no vácuo. É como o sol nos transmite calor. É graças a ele que ao chegar perto de uma churrasqueira, por exemplo, sentimos calor. A temperatura transmitida será proporcional à frequência.  $f = T^4$ 
    - Corpos escuros emitem e absorvem calor bem
    - Corpos claros emitem e absorvem calor malIsso é explicado na óptica, ver conceitos da óptica, último parágrafo
  - obs: Sensação térmica: A sensação térmica é uma ilusão que acontece graças à velocidade com que o calor é conduzido. Por exemplo, ao enconstar numa madeira e num metal, o metal estará



mais frio ao toque, mesmo que esses dois estejam na mesma temperatura. Isso acontece porque o metal é melhor condutor e, por isso, absorve o calor mais rapidamente.

### 14.3 Trocas de calor

Ao trocar calor um corpo pode:

1. Mudar de estado, a energia trocada irá criar ou quebrar ligações. Esse é o chamado **calor latente**
2. Mudar de temperatura, a energia trocada irá mudar a vibração do objeto. Esse é o chamado **calor sensível** (conseguimos sentir a diferença da temperatura ao toque por exemplo)

#### 14.3.1 Calor Sensível

Quantidade de calor necessário para variar a temperatura de um corpo. Esse depende de uma constante específica de cada material: o **calor específico**.

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

Q é calor, m é massa, c é calor específico e  $\Delta T$  é variação de temperatura.

$$C = \frac{Q}{m * \Delta T} = \frac{J}{Kg^{\circ}C} = \frac{cal}{g^{\circ}C}$$

Assim, o calor específico mede a dificuldade de uma substância em ter sua temperatura variada. Também pode ser chamado de inércia térmica. Quantas calorias um substância precisa para variar um grama em 1 grau.

Para além do calor específico, há a capacidade térmica. Essa ao invés de medir a quantidade de calor necessário para variar a temperatura de uma substância, mede o de um corpo.

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

Assim, como

$$Q = C * \Delta T$$

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

$$C = m * c$$

### 14.3.2 Calor latente

Quantidade de calor necessário para mudar de fase a substância.

$$Q = m * l$$

$l$  é calor latente de troca de fase

Assim, se for uma troca de fase em que se cede calor, ao invés de receber, o  $l$  será negativo. Por exemplo:  $l_{\text{fusão}}$  da água é  $80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$ . Assim,  $l_{\text{solidificação}}$  será de  $-80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

### 14.3.3 Equilíbrio térmico

Parte do princípio que o tanto de calor dado por um corpo(o mais quente), será o mesmo tanto que o outro recebe. Assim, pode-se calcular a temperatura de equilíbrio com a equação

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Isso não depende de qual forma de  $Q$  for, o importante é o número de calorias de cada.

### 14.3.4 Potência térmica

É o conceito de Potência aplicado, assim, ao invés de medir a quantidade de energia por unidade de tempo, medirá a quantidade de calor por unidade de tempo (o que no fundo é a mesma coisa). Assim, pode quantificá-lo por:

$$P = \frac{E}{T} = \frac{Q}{T}$$

### 14.3.5 Dilatação térmica

É o fenômeno que ocorre a um corpo mudar suas dimensões graças à mudanças em sua temperatura. Isso acontece pois com o aquecimento há uma maior agitação nas partículas, que tendem a se afastarem. O oposto acontece no resfriamento. A dilatação térmica pode ser linear, superficial ou volumétrica, sendo que todas seguem um mesmo padrão. Esse é que elas podem ser calculadas através de um coeficiente de dilatação térmica, o qual é uma propriedade dos materiais e mede a facilidade de um material sofrer dilatação ou contração térmica.

A dilatação é calculada pela expressão  $\Delta l = l_0 * \alpha * \Delta T$ , sendo que  $l_0$  é o tamanho inicial e  $\Delta T$  é a variação da temperatura. Para saber o  $\alpha$  precisa usar o coeficiente de dilatação, multiplicando-o pela quantidade de direções que o corpo está dilatando. Assim, se for a dilatação linear, será calculada por  $1 * \alpha$ , se for superficial será  $2 * \alpha$  e se for volumétrica será  $3 * \alpha$ .

Alguns dos usos para a dilatação térmica são:

1. Lâmina bi-metálica É a dilatação que acontece com duas laminas que estão soldadas juntas mas que possuem coeficientes de dilatação diferentes. Assim, uma delas irá dilatar mais, tendo de dobrar sobre a outra para que possa continuar crescendo enquanto soldada. Isso faz com que a que dilata mais, ao esquentar, fique de fora, que é o percurso maior. Isso pode ser usado, por exemplo, para ligar ou desligar interruptores em sistemas, regulando o funcionamento de máquinas pela temperatura.
2. Dilatação de corpos com furos Como todos as partes tendem a ficarem mais distantes, em objetos com furos, o furo não vai fechar. Assim, ao invés disso, pode-se pensar que o buraco central se dilata como se fosse um disco do mesmo material, também aumentando.

## 15 Comportamento dos gases e termodinâmica

Os gases são definidos por 4 grandezas, sendo elas:

- Volume: o espaço ocupado pelo gás, é definido pelo recipiente em que ele se encontra
- temperatura: A temperatura absoluta do gás, a energia de vibração
- Pressão: A quantidade de colisões das partículas do gás com as paredes do recipiente
- Número de mols: quantidade de matéria

## 15.1 Lei dos gases ideais:

Essas são leis obtidas por experimentos, logo, são empíricas.

### 1. Lei de Gay-Lussac

Diz que para um volume constante a pressão e temperatura de um gás são proporcionais

### 2. Lei de Boyle-Mariotte

Diz que para uma temperatura constante a pressão e o volume de um gás são inversamente proporcionais.

### 3. Lei de Charles

Diz que para uma pressão constante o volume e a temperatura de um gás são proporcionais

A partir dessas leis foi possível montar a Equação Geral dos gases, juntando todas as leis. Assim, descobriu-se que  $\frac{P \cdot V}{T} = K$ , sendo K uma constante que depende do número de mols. Assim, chegou-se a conclusão que

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

R é a chamada constante dos gases ideais, que vale  $8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$  ou  $0,082 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$

Assim, ainda seguindo essas leis, é possível quantificar as transformações de estado de um gás ideal, já que todos devem se manter de acordo com a equação dos gases. Assim, como R é uma constante que sempre deve se manter igual, podemos usá-lo como meio de comparação, mantendo o resto intacto. Assim:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{N_0 \cdot T_0} = R = \frac{P_1 \cdot V_1}{N_1 \cdot T_1}$$

ou, em sistemas fechados:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}$$