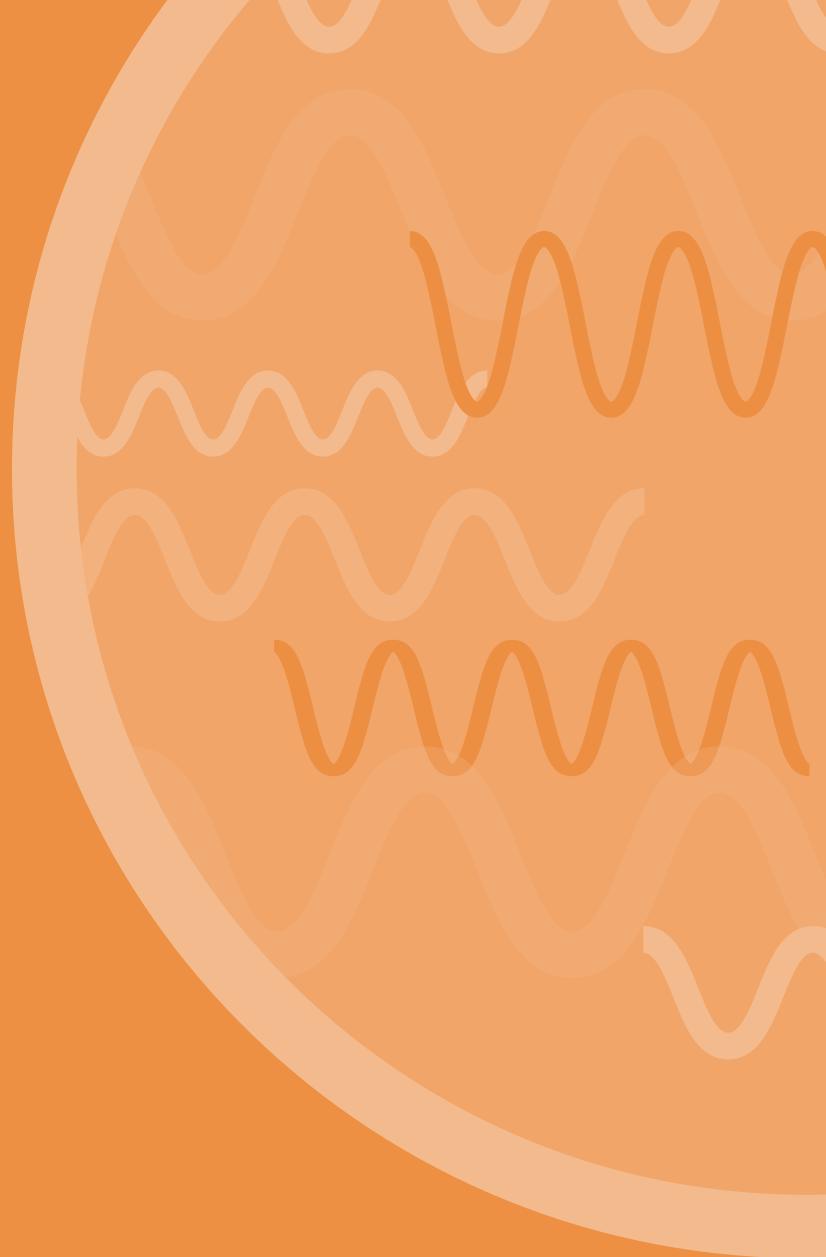


meSalva!

PARTE I

FÍ SI CA



meSalva!

CURSO ENEM ONLINE

O melhor cursinho para o ENEM 2019 é o que te aprova no curso dos seus sonhos



Conte com a melhor preparação para a Prova do ENEM:



CONTEÚDO COMPLETO PARA O ENEM

+5.000 vídeos, 10.000 exercícios e aulas ao vivo todos os dias para tirar suas dúvidas



PLANO DE ESTUDOS PERSONALIZADO

Organizamos para você um cronograma de estudos de hoje até o ENEM



CORREÇÃO DE REDAÇÃO ILIMITADA

Receba notas e comentários para cada critério de avaliação do ENEM



SIMULADOS COM CORREÇÃO TRI

Simulados com correção no mesmo formato da Prova do ENEM

QUERO SER APROVADO!

PARTE I

FÍSICA

01

MECÂNICA CINEMÁTICA ESCALAR E VETORIAL

meSalva!

INTRODUÇÃO AO MARAVILHOSO MUNDO DA FÍSICA

E aí, galera do Me Salva!

Você já parou para pensar em como a nossa respiração ocorre? Ela é uma aplicação pura de física (ué, não era biologia?)! Inspirar e expirar gera uma diferença de pressão do ar no interior dos nossos pulmões, em relação à atmosfera, que possibilita o ar entrar e sair e, portanto, respirar! O estudo da Física é imprescindível para você entender muito do que acontece em nosso dia a dia: desde a previsão do tempo até o lançamento de foguetes!

Agora vem a parte mais legal: nenhuma das teorias dessa ciência é absoluta, ou seja, ela está em constante evolução. A qualquer momento uma pessoa pode desenvolver uma teoria física que, se provada, pode simplesmente substituir uma teoria antiga! Imagine revolucionar o jeito como as pessoas enxergam o mundo e o universo.

Vamos mostrar como podemos perceber algumas áreas da Física em nosso cotidiano. Já imaginou ficar sem ar condicionado? Difícil, não é? Todo funcionamento da troca de calor para gelar o ar é regido pelas leis físicas da termodinâmica! E a energia para ligar o ar condicionado? No Brasil, a maior parte da produção de energia ocorre em usinas hidrelétricas, que também são uma aplicação da física! Nelas, a água fica armazenada em um reservatório muito alto. Assim que é liberada, essa água vai até um nível mais baixo, onde chega com maior velocidade e passa através de turbinas, convertendo a energia do fluxo d'água em energia elétrica.

Mas não para por aí! A cinemática e a dinâmica são outras duas áreas muito importantes e fáceis de visualizar em nosso dia a dia, pois são responsáveis pelo estudo dos movimentos. Sabe quando você chama um Uber ou um táxi via aplicativo? Você recebe uma notificação com a estimativa do tempo que o carro irá demorar para chegar, certo? Pois então, essa estimativa é calculada através da cinemática, que por sinal, estudaremos ainda nessa apostila!

Na primeira parte dessa apostila vamos introduzir alguns conceitos que você precisa saber antes de começarmos a estudar individualmente as aplicações de cada uma das áreas da física. Em seguida, na segunda parte, estudaremos a cinemática dos movimentos. Pronto? Vamos lá!

GRANDEZAS FÍSICAS

Vamos começar pensando em um carro: há diversas grandezas ligadas a um veículo! Ele possui um comprimento, atinge uma velocidade e seu motor está a uma certa temperatura. Percebeu o significado de grandeza? Grandeza é o nome dado para tudo aquilo que pode ser medido! Certas grandezas são fundamentais na física e, por isso, merecem maior atenção. São elas: comprimento, massa, tempo, temperatura e corrente elétrica.

GRANDEZAS ESCALARES

Vamos perceber o que é uma grandeza escalar através de um exemplo envolvendo o tempo. Pense que você está escutando uma música e alguém pergunta a duração nela. A sua resposta será apenas um número seguido da unidade minutos e, com isso, a pergunta estará completamente respondida!

Agora você pode perceber que grandezas escalares são aquelas que podem ser definidas por apenas um número e uma unidade de medida. Pensando assim, podemos ver que, quando estamos lidando com massa, comprimento, área, tempo e distância, precisamos apenas de um valor e de uma unidade de medida – informações adicionais, como a direção, não são necessárias. Algumas outras grandezas físicas também são escalares, como pressão, temperatura e todas as formas de energia.

GRANDEZAS VETORIAIS

Ao contrário das grandezas escalares, são aquelas que necessitam, além do número e da unidade, de uma orientação. Em outras palavras, para entendermos a informação que elas passam, é necessário indicar uma direção e um sentido. Essa informação é representada por um vetor. Vetor? Não se preocupe, logo vamos estudar isso mais profundamente!

Para ficar mais fácil de entender, imagine que você está dentro de um carro em movimento que atravessa uma ponte; a ponte é a direção do carro e existem dois sentidos nos quais ele pode se movimentar, para um lado ou para o outro lado da ponte. É justamente dessas informações que as grandezas vetoriais precisam estar acompanhadas!

Você também precisa saber de algumas outras grandezas físicas que necessitam de direção e sentido. São elas: velocidade, aceleração, força e peso.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

A física é uma ciência experimental. Em outras palavras, ela está diretamente interligada com experimentos. Contudo, eles só são úteis se os resultados puderem ser comunicados e entendidos com clareza. Para isso, deve existir um padrão que possibilite que qualquer pessoa, em qualquer país, possa interpretar os resultados do experimento. Essa é a função das unidades. O **Sistema Internacional (SI)** estabelece como padrão a ser seguido sete unidades, conhecidas como unidades fundamentais (apresentadas na tabela abaixo). A partir delas são deduzidas outras muitas, que não estão nessa lista e são chamadas de unidades derivadas – essas são sempre combinações das unidades fundamentais.

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	Metro	m
Massa	Quilograma	kg
Tempo	Segundo	s
Intensidade de corrente	Ampère	A
Temperatura	Kelvin	K
Quantidade de matéria	Mol	mol
Intensidade luminosa	Candela	cd

Te liga nesse exemplo: digamos que um carro na estrada andou 15 metros no tempo de 1 segundo. Sua velocidade, então, é de 15 metros por segundo. Neste caso, o metro por segundo é a unidade da grandeza velocidade. Essa é uma unidade derivada, que é originada pela combinação das unidades fundamentais de comprimento e tempo.

Dica do Me Salva! É interessante destacar que, às vezes, as unidades têm um “nome especial”, mas são só uma combinação das unidades fundamentais. Por exemplo, o Newton [N], unidade de energia, pode ser escrito como $[N] = [kg].[m]$

E aí galera, chegou a hora de revisar algumas coisas que a gente viu. Prontos para alguns exercícios?

Exercício 1: Marque a alternativa que cita apenas grandezas derivadas no SI.

- a) Peso, força, aceleração e comprimento.
- b) Força, velocidade, aceleração, tempo.
- c) Coeficiente de atrito, comprimento e força.
- d) Força, velocidade, aceleração e trabalho.
- e) Energia, massa, peso, tempo.

Exercício 2: Fazendo seus exercícios diários, Arthur caminhou 20 quilômetros em 3 horas. Marque a alternativa que contém as duas grandezas expressas nas informações acima?

- a) Tamanho e tempo.
- b) Comprimento e calendário.
- c) Tempo e comprimento.
- d) Distância e tempo.
- e) Massa e temperatura.

NOTAÇÃO CIENTÍFICA

Além das unidades, também são usados alguns prefixos quando precisamos nos referir a números muito grandes ou muito pequenos, evitando que seja necessário escrever os números de uma forma muito extensa. O prefixo quilo (representado por um k minúsculo), por exemplo, indica 1000 vezes a unidade. Temos como exemplos clássicos, em nosso dia a dia, o quilômetro e o quilograma, que representam, respectivamente, 1000 metros e 1000 gramas.

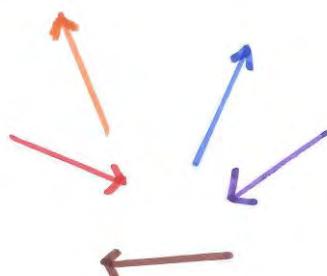
Segue uma tabela com os principais prefixos utilizados e seus valores:

Nome	Símbolo	Valor
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Quilo	k	10^3
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	η	10^{-9}
Pico	ρ	10^{-12}

Dica do Me Salva! É importante saber! Todas as unidades, quando escritas por extenso, devem ter inicial minúscula. Exemplos: 30 ampéres (intensidade de corrente), 1 kelvin (temperatura), 2 quilômetros (comprimento). Quando escritas por meio de símbolos, estes não flexionam no plural e só usamos maiúscula quando a unidade se refere ao nome do cientista que criou a unidade. Então, os mesmos exemplos são escritos como: 30 A, 1 K, 2 km. Nesses exemplos, "K" refere-se ao cientista Kelvin e "A" refere-se ao cientista Ampère. "km" significa apenas 1000 x metro (metro não é nome de ninguém, por isso minúscula).

VETORES

Lembra do exemplo do carro atravessando a ponte, quando falamos que as grandezas vetoriais precisavam de direção e sentido? Pois é, os vetores são a ferramenta utilizada para representar essas informações! Basicamente, o vetor é um segmento de reta que tem direção (horizontal ou vertical, por exemplo) e também sentido (para cima ou para a direita, por exemplo, indicado por uma flechinha). O vetor tem também um “tamanho”, que na Física chamamos de “magnitude” ou, também, de “módulo”.



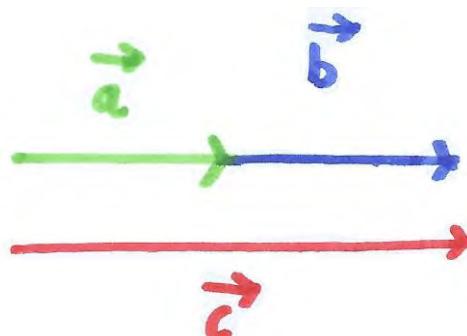
OPERAÇÕES COM VETORES

No caso da soma com grandezas escalares, como a massa, o cálculo é muito simples. Imagine que você está no mercado e coloca 1kg de maçãs na balança, em seguida coloca mais 1kg de maçãs, é fácil concluir que você terá 2kg de maçãs no equipamento, certo? No caso de grandezas vetoriais, como quando duas forças agem num corpo, o efeito combinado dessas forças (isto é, a soma delas) não depende apenas dos valores das forças, mas também da direção em que cada uma delas aponta. Por exemplo: se um jogador de futebol americano empurra a bola para a direita com uma força de 1N, e o jogador adversário a empurra para a esquerda com 1N, a soma das forças não é 2N! É, na verdade, 0N (força nula), porque as forças têm direção e atuavam em sentidos opostos!

Dentro desse universo das grandezas vetoriais, saber realizar a soma dos vetores é muito importante. E é justamente isso vamos aprender agora!

VETORES COM MESMA DIREÇÃO E SENTIDO

Como aqui os vetores possuem a mesma direção e sentido, ao realizarmos a soma iremos obter um novo vetor, cuja orientação é a mesma dos anteriores, sendo o seu módulo a soma dos módulos dos demais vetores. Te liga nesse desenho, ele vai te ajudar a entender isso!

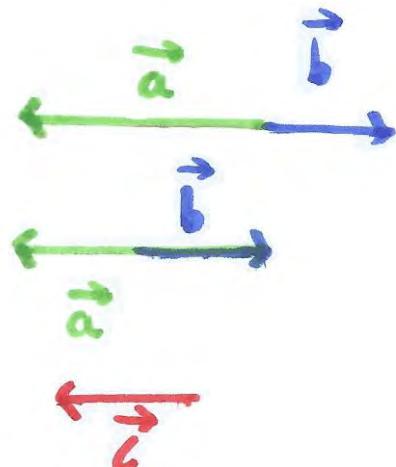


$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$

$$|c| = |a| + |b|$$

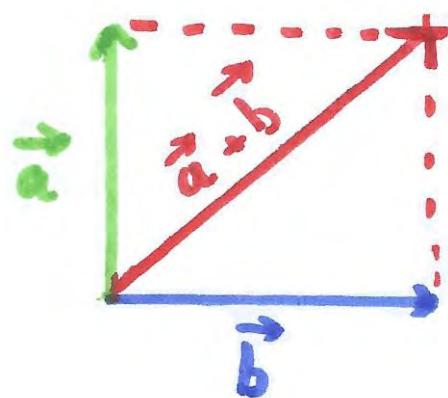
VETORES COM MESMA DIREÇÃO E SENTIDOS CONTRÁRIOS

Esse caso é praticamente igual ao anterior! A única diferença é que ocorre a subtração dos módulos. Lembre-se que o vetor resultante terá o sentido do vetor de maior módulo!



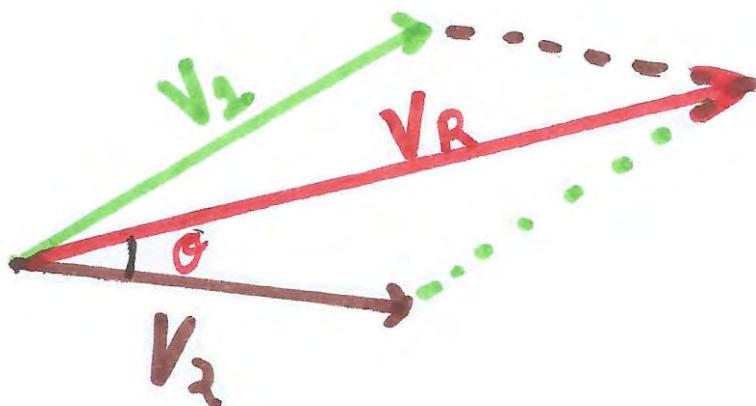
VETORES PERPENDICULARES

Basta você aplicar um pouco de geometria! Quando os vetores são perpendiculares, é uma aplicação direta da regra do paralelogramo. Para resolver, devemos formar um triângulo retângulo cujos catetos são os vetores que estão sendo somados. Pois então, a soma destes vetores é exatamente a hipotenusa desse triângulo, como você pode ver no exemplo abaixo:



ADIÇÃO DE VETORES AOS PARES – REGRA DO PARALELOGRAMO

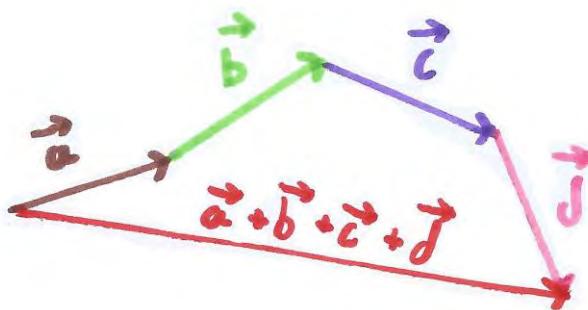
Para somar vetores através desse modo, os dois devem ser colocados na mesma origem. O vetor resultante da soma tem módulo calculado pela aplicação da lei dos cossenos.



$$V_R^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2\cos(\theta)$$

ADIÇÃO DE VÁRIOS VETORES – REGRA DO POLÍGONO

A partir de um ponto qualquer, coloque o primeiro vetor. A partir da ponta do primeiro vetor (V_1) coloque um segundo vetor (V_2) e assim sucessivamente. Após desenhar todos os vetores, o vetor resultante é achado desenhando-se um vetor que vai do começo do primeiro até a ponta do último.



CONVERSÃO DE UNIDADES

Conhecer a relação entre as unidades é fundamental no estudo da Física! E é justamente isso que estudaremos agora! Mas espera aí, como assim relação entre as unidades? Assim como posso escolher as palavras “casa” e “lar” para se referir a mesma coisa, na física, muitas vezes também possuímos jeitos diferentes de dizer a mesma coisa. Em outras palavras, possuímos unidades diferentes para expressar a mesma medida. Aqui nesse tópico iremos estudar a conversão de unidades, que nada mais é do que justamente o meio de transformar uma unidade em outra, mantendo a mesma informação.

Existe um exemplo que nos ajuda muito a entender isso! Vamos lá: certamente você já reparou que a velocidade dos carros é medida quilômetros por hora, certo? Pois então, você sabia que ela também pode ser medida em metros por segundo? Essas duas unidades representam a grandeza velocidade! Vamos deduzir essa conversão de quilômetros por hora em metros por segundo juntos!

$$\frac{km}{h} \longrightarrow \frac{m}{s}$$

A primeira coisa que devemos fazer é ver a relação entre algumas unidades envolvidas no problema. Neste caso, precisamos conhecer os prefixos, que já foram estudadas no início da apostila! Como o prefixo quilo indica multiplicação por mil, já sabemos a relação entre quilômetros e metros. Um quilômetro é equivalente a mil metros! A próxima relação que precisamos conhecer é do número de segundos que estão contidos em uma hora. Essa é fácil! Sabemos que uma hora tem 60 minutos e um minuto tem 60 segundos. Sendo assim, temos as seguintes relações:

$$\begin{aligned} 1\text{km} &= 1000\text{m} \\ 1\text{h} &= 60\text{min} = 60 \times 60\text{s} = 3600\text{s} \end{aligned}$$

Agora ficou fácil, basta substituirmos as unidades na fração através das relações encontradas!

$$\frac{1\text{km}}{1\text{h}} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{1\text{m}}{3,6\text{s}}$$

Só nos resta analisar os resultados! Para converter quilômetros por hora para metros por segundo basta dividirmos por 3,6.

$$\frac{km}{h} \quad \div \quad 3,6 \quad \rightarrow \quad \frac{m}{s}$$

O contrário também é importante! Para converter metros por segundo para quilômetros por hora basta multiplicarmos por 3,6.

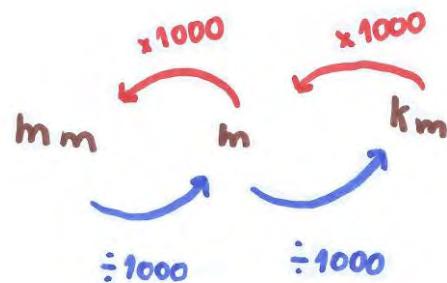
$$\frac{m}{s} \quad \times \quad 3,6 \quad \rightarrow \quad \frac{km}{h}$$

E aí, conseguiu entender mais ou menos como funciona a conversão dessas unidades? Mas não para por aí, outra conversão muito importante que devemos saber fazer é entre unidades de comprimento, área e volume.

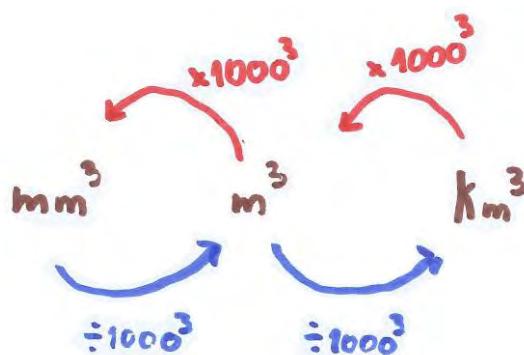
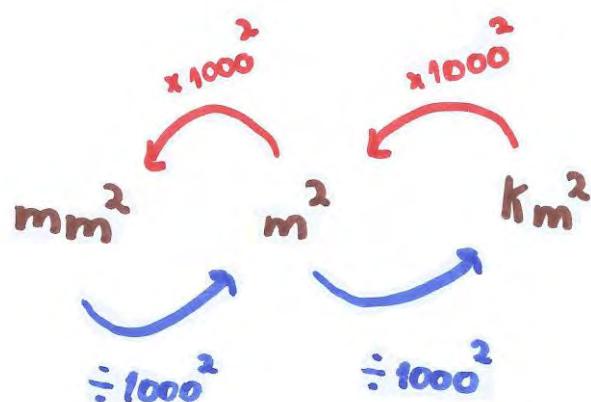
Exercício 3: Um físico viajou de sua cidade até o litoral a 50m/s. Se o mostrador do carro apresenta a velocidade em km/h, qual foi a velocidade apontada pelo mostrador?

- a) 13,888
- b) 180
- c) 50
- d) 100
- e) 12

A conversão entre unidades de comprimento é bem intuitiva, basta lembrarmos dos prefixos! Aqui em baixo mostramos como é feita a conversão entre as principais medidas comprimento.



Para a conversão das unidades de área e volume é necessário um cuidado muito maior. Mil metros quadrados não correspondem a um quilômetro quadrado. Precisamos perceber que todas as unidades estão ao quadrado ou ao cubo, então não basta apenas realizarmos as conversões através dos prefixos: é necessário também elevar o número de conversão ao mesmo expoente da unidade! Te liga na representação matemática disso:



Agora que já tivemos contato com a conversão de unidades de volume, podemos observar mais um exemplo: digamos que você encheu completamente um balde com areia. Assim, existe uma certa quantidade de massa (kg) de areia dentro do volume (m³) desse balde, ou seja, uma certa quantidade de quilogramas de areia por metro cúbico de balde (kg/m³). Mas e se precisássemos saber essa mesma relação entre massa e volume, mas agora em gramas por centímetros cúbicos? O procedimento para isso é basicamente o mesmo que foi aplicado anteriormente!

Vamos deduzir essa conversão de quilogramas por metro cúbico para gramas por centímetro cúbico.

$$\frac{kg}{m^3} \longrightarrow \frac{g}{cm^3}$$

Novamente, a primeira coisa que devemos fazer é ver a relação entre algumas unidades envolvidas no problema. Utilizando o prefixo quilo já sabemos a relação entre quilogramas e gramas! A próxima relação que precisamos conhecer é justamente entre as unidades de volumes. Precisamos saber fazer a conversão de metros cúbicos para centímetros cúbicos.

$$\begin{aligned} 1kg &= 1000g \\ 1m &= 100cm \end{aligned}$$

$$(1m)^3 = (100cm)^3 = 1000000cm^3$$

Agora basta substituirmos as unidades na fração através das relações encontradas!

$$\frac{1kg}{m^3} = \frac{1000g}{1000000cm^3} = \frac{g}{1000cm^3} = 0,001g/cm^3$$

Só nos resta interpretar os resultados e descobrir a equivalência entre as unidades!

$$\begin{aligned} 1kg/m^3 &= 0,001g/cm^3 \\ 1000kg/m^3 &= 1g/cm^3 \end{aligned}$$

Podemos ficar aqui exemplificando todas as conversões de unidades utilizadas na Física, mas isso levaria umas mil páginas! O importante é você entender a lógica utilizada nas conversões. Além disso, outras conversões específicas serão vistas diretamente nas apostilas correspondentes ao conteúdo. É o caso das conversões das escalas de temperatura, que serão vistas na apostila de calorimetria.

CINEMÁTICA

Agora que você conhece os primeiros conceitos e definições da Física, vamos avançar para a segunda parte da nossa apostila: Vem aí a Cinemática!

Mas espera aí! Por que é tão importante estudar essa tal de Cinemática? Você vai ver! Pense em uma viagem de avião; o piloto, sabendo a velocidade do avião e a distância até a cidade de destino, pode prever a duração da viagem e estimar o tempo de chegada instantaneamente durante o voo!

Aqui iremos analisar e descrever vários dos movimentos que acontecem diariamente em nossas vidas. Nossa ideia básica será, tendo as informações sobre a posição e o movimento atual de um objeto (pode ser um carro, um avião ou até mesmo você), poder dizer como ele vai se comportar em algum momento no futuro.

Primeiramente, veremos alguns conceitos importantes para o estudo dos movimentos. Em seguida, abordaremos alguns casos especiais que a Cinemática nos permite estudar, como entender o comportamento físico de uma bola movendo-se em linha reta em direção ao gol, ou de uma cueca girando em círculos, sendo centrifugada numa máquina de lavar roupa.

VELOCIDADE ESCALAR MÉDIA (V_m)

Velocidade média é algo muito presente em nosso cotidiano! Quer ver? Vamos supor que a sua casa fica a 20km de distância da sua escola, e o ônibus que você utiliza para se movimentar entre esses dois locais demora meia hora para fazer o trajeto. Ora, se o ônibus levou meia hora para percorrer 20 km, na meia hora seguinte ele também poderia percorrer mais 20 km, certo? Certo. Ou seja, em “duas meia hora” (em uma hora), ele poderia fazer um total de 20 km + 20 km = 40 km. Ou seja, 40 km em uma hora. Ou seja, 40 quilômetros por hora. 40 km/h! Acabamos de descobrir a velocidade média do ônibus!

Assim, para descobrir sua velocidade média, bastaria dividir a distância que ele percorreu (20 km) pelo tempo que levou esse deslocamento (0,5 h), resultando em 40 km/h:

$$V_m = \frac{dist}{\Delta t} \quad V_m = \frac{20\text{km}}{0,5\text{h}} = 40\text{km/h}$$

Aqui não nos interessou a direção e o sentido das ruas que o ônibus percorreu, nem o ponto de origem ou de destino. Ou seja, a velocidade média não é uma grandeza vetorial, e sim escalar (um número!), por isso a chamamos de Velocidade Escalar Média.

Mas por que velocidade “média”? Como sabemos, dificilmente o ônibus conseguirá andar sempre a 40 km/h: ele precisará fazer paradas nos pontos de ônibus, em semáforos, fazer conversões (curvas) fechadas, enfim! Em diversas situações, ele terá uma velocidade inferior a 40 km/h. Nesses instantes, a velocidade será outra: aquela que o velocímetro do ônibus está mostrando para o motorista, a qual nós chamamos de velocidade instantânea, ou seja, num momento específico do trajeto.

E aí, pronto para colocar na prática o que acabou de aprender? Te liga no exercício!

Exercício 1: Um carro se desloca por uma via de 10km em 5 minutos, ao chegar na entrada da estrada de chão ele aguarda para poder entrar, pois não está certo de que este é o caminho certo, passados 10 minutos ele se certifica e percorre os restantes 5km com mais cautela, levando 10 minutos. Qual a velocidade média nesse período?

- a) 12,5m/s
- b) 20m/s
- c) 10m/s
- d) 15m/s
- e) 25m/s

VELOCIDADE INSTANTÂNEA

É a velocidade marcada pelo velocímetro do ônibus. Aquela que o motorista consegue ver! Ela é medida por meio da distância percorrida pelo ônibus durante um tempo muito curto, como por exemplo 0,1 segundo.

Da mesma maneira que, em diversos momentos, a velocidade instantânea do ônibus está abaixo dos 40 km/h, é necessário que em outros momentos a velocidade instantânea esteja acima dos 40 km/h para que ele consiga cumprir os 20 km num tempo de meia hora. Isso acontece, por exemplo, quando o veículo está numa pista expressa sem muito trânsito.

Diferentemente da velocidade escalar média, a velocidade instantânea acontece num determinado ponto do trajeto. No caso do ônibus, em um dos dois sentidos de uma rua ou avenida que terá uma direção (por exemplo, norte-sul, Leste-Oeste). Portanto, como vimos da apostila de introdução à Física, a velocidade instantânea é uma grandeza vetorial.

Você não pode esquecer!

A conversão de km/h para m/s é feita dividindo a velocidade por 3,6.

A velocidade média calculada em um intervalo de tempo muito pequeno, tendendo a zero, é dita velocidade instantânea.

ACELERAÇÃO

Já percebeu que, nas análises dos carros, sempre existe a informação do tempo que o carro leva para variar a velocidade de 0 km/h até 100 km/h? Aquele conhecido “de zero a cem”. Pois então: indiretamente a avaliação se trata de quanto rápido o motor consegue acelerar o carro!

Aceleração é justamente isso, o quanto a velocidade instantânea mudou em um determinado tempo!! Lembrando que a velocidade – não velocidade média – também é uma grandeza vetorial, ou seja, expressa por um vetor! Logo podemos dizer que a aceleração é a medida da variação do vetor velocidade. Assim, a aceleração também é uma grandeza vetorial!

ACELERAÇÃO TANGENCIAL

Imagine que você está dirigindo um carro em uma estrada perfeitamente reta. Ao olhar no seu relógio, você se dá conta que está atrasado e então começa a aumentar a velocidade do carro (acelerar ele!). Pois então, essa aceleração por acaso alterou a trajetória do carro? Não, ela só fez o carro andar mais rápido! Ela apenas alterou o módulo da velocidade! Isso é uma característica marcante da aceleração tangencial, ela sempre ocorre na mesma direção da velocidade! Como o carro estava em linha reta, ele continuará andando em linha reta. Veja bem, ela acontece na mesma direção, não necessariamente no mesmo sentido. Caso você tivesse que frear o carro, a direção dessa aceleração ainda teria seria a mesma da velocidade, certo? A diferença é que ela agiria no sentido contrário, fazendo o carro parar!

Como essa aceleração apenas faz o módulo da velocidade variar, temos um modo simples de encontrar o seu módulo, basta aplicarmos a seguinte equação:

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

Percebe esses triângulos na equação aqui em cima? Eles representam a variação de uma grandeza! Essa equação está informando que a aceleração tangencial é a razão entre a variação da velocidade e a variação do tempo.

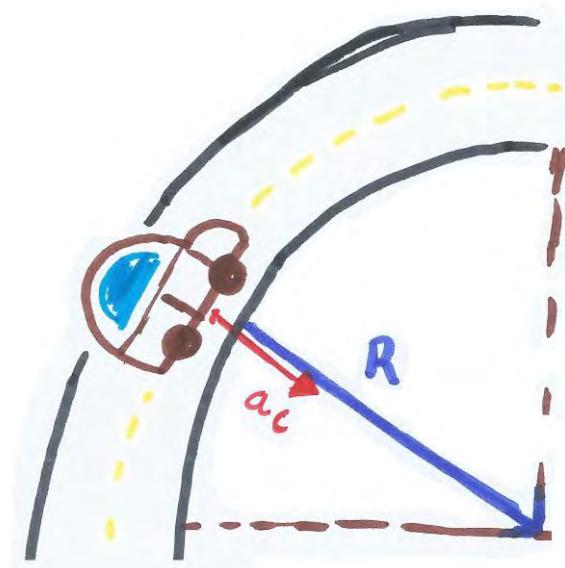
Dica salvadora! Vale a pena lembrar dessas duas nomenclaturas: o movimento é chamado de movimento acelerado quando a velocidade e a aceleração têm o mesmo sentido. Acelerar o carro em linha reta é um exemplo de movimento acelerado! Já o movimento retardado acontece quando a velocidade e a aceleração têm sentidos contrários, como quando o carro é freado!

ACELERAÇÃO CENTRÍPETA

Uma forma de aceleração ocorre apenas em movimentos que possuem curvas. Você precisa saber que a direção dessa aceleração é sempre perpendicular à direção da velocidade e o sentido sempre aponta para o centro da curva que o movimento está fazendo. Se liga na imagem que está aqui embaixo, porque ela vai ajudar a entender isso. Por essas características, a aceleração centrípeta provoca uma variação na direção, mas não no valor da velocidade.

Para encontrar o módulo dessa aceleração, basta aplicarmos a fórmula a seguir, que depende da velocidade em que o corpo faz a curva e o raio dessa curva:

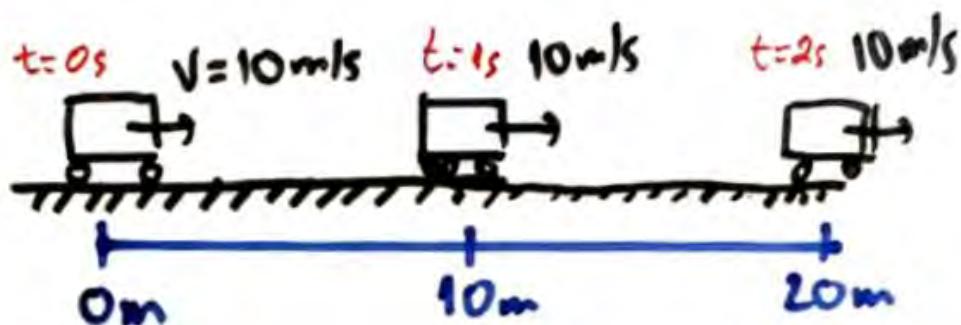
$$a_c = \frac{v^2}{R}$$



MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

Acontece em linha reta, por isso não há aceleração centrípeta – aquela aceleração exclusiva de movimentos que fazem curvas, lembra? Além disso, a velocidade é constante nesse movimento, ou seja, também não há aceleração tangencial!

Vamos parar pra pensar: supondo um carro em MRU com velocidade de 60km/h. Como a velocidade é constante nesse movimento, depois de uma hora ele terá percorrido 60km. Seguindo o mesmo movimento, ele terá percorrido novamente 60km depois de mais uma hora. Desse exemplo deduzimos uma propriedade muito importante do MRU: distâncias iguais são percorridas em tempos iguais.



EQUAÇÕES DO MRU

Para um corpo se movendo com velocidade constante, a velocidade dele em qualquer instante (a velocidade instantânea) será a mesma que a velocidade média, uma vez que um corpo que está se movendo sempre a 80 km/h vai se deslocar, em média, 80 km a cada hora.

A distância que esse corpo percorre é dada por:

$$\Delta x = vt$$

De novo esse triângulo! O significado dele é variação, lembra? Você também precisa saber que ele é chamado de “delta”. Essa equação está nos dizendo que o

deslocamento nesse tipo de movimento é dado pela multiplicação da velocidade com o tempo em que o corpo ficou em movimento.

Lembra daquele exemplo do ônibus que vimos lá na velocidade média? Pois então, essa mesma fórmula apresentada aqui foi utilizada lá! A diferença foi que lá nós queríamos calcular a velocidade do ônibus e por isso, isolamos a velocidade na equação.

$$v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{dist}{tempo}$$

Descobrimos a velocidade média do ônibus dividindo a distância que ele percorreu (20 km) pelo tempo que levou esse deslocamento (0,5 h), resultando em 40 km/h:

$$V_m = \frac{dist}{\Delta t} \quad V_m = \frac{20km}{0,5h} = 40km/h$$

Agora é sua vez! Aproveite esse exercício para testar seu conhecimento!

Exercício 2: Dois carros saem da origem com velocidades cte de 36km/h e 54km/h, sendo que o segundo parte 10 segundos depois. Quanto tempo ele demora para alcançar o primeiro?

- a) 20s
- b) 10s
- c) 15s
- d) 50s
- e) 60s

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

Lembra do exemplo do carro que utilizamos quando estávamos estudando a aceleração tangencial? Pois então, se a velocidade daquele carro estiver aumentando (ou diminuindo) de forma constante, ele estará realizando um MRUV! Como assim mudança de velocidade constante? Vou te explicar: imagine que o carro está a 15m/s (54km/h). Para fazer uma ultrapassagem, o motorista demora 10 segundos para aumentar a velocidade do carro para 20m/s (72km/h). Percebendo que a velocidade ainda não é suficiente, ele aumenta ainda mais a velocidade, precisando novamente de 10 segundo para chegar em 25m/s (90km/h). Isso é aumento de velocidade (aceleração) constante! O motorista consegue aumentar 0,5m/s (18km/h) a cada 10 segundos. Essas são exatamente características marcantes do MRUV, ele acontece em linha reta e possui aceleração tangencial constante.

Dica do Me Salva! Lembra que movimentos em linha reta não possuem aceleração centrípeta? Pois então, esse é o caso do MRU e o MRUV, em nenhum desses dois existe aceleração centrípeta!

EQUAÇÕES DO MRUV

A primeira equação nos possibilita encontrar a velocidade de um objeto em um determinado tempo. Lembra do movimento daquele carro que acabamos de ver? Antes de acelerar para ultrapassar, ele estava andando com uma velocidade inicial igual a 15m/s (v_0). Também sabemos que ele acelerou $0,5\text{m/s}^2$ (a) durante um tempo de 10 segundos (t), certo? Pois então, como podemos descobrir qual é a velocidade do carro (v) depois que ele terminou de acelerar? Aplicando essa fórmula!

$$v = v_0 + at$$

Substituindo os valores do exemplo anterior:

$$v = \frac{15m}{s} + \frac{0,5m}{s^2} * 10s$$

$$v = 15m/s + 5m/s$$

$$v = 20m/s$$

E não é que deu certo? Encontramos o mesmo valor que o exemplo nos mostrou! Mas e se isso não for suficiente? E se quisermos descobrir algo que o exemplo não nos mostrou: a distância (D) que o carro percorreu enquanto fez essa aceleração (a)? Existe outra equação que nos permite encontrar isso!

$$D = D_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Nesta equação o termo D_0 representa a distância inicial que o carro já havia andado. Como neste exemplo queremos começar a contar apenas a distância que o carro andou durante a aceleração, esse termo é nulo! Substituindo os valores do exemplo anterior:

$$D = \frac{15m}{s} * 10s + \frac{0,5m}{s^2} * \frac{(10s)^2}{2}$$

$$D = 150m + \frac{0,5m}{2s^2} * 100s^2$$

$$D = 150m + 25m$$

$$D = 175m$$

O carro percorreu 175 metros enquanto acelerava!

A terceira equação serve apenas para nos fornecer uma tática a mais de atacar os problemas. Suponha que o exemplo do carro tivesse sido diferente: imagine que ele tivesse dito que o carro que estava com velocidade igual a 15m/s e precisou andar 175 metros com uma aceleração de 0,5m/s para mudar sua velocidade e fazer a ultrapassagem. Percebeu que agora não temos mais o tempo que ele acelerou? E agora, como vamos fazer para chegar naquela velocidade (v) de 20m/s? Aplicando essa terceira equação, ela não depende do tempo!

$$v^2 = v_0^2 + 2aD$$

Substituindo os valores que esse novo exemplo nos forneceu vamos chegar exatamente naquela velocidade de 20m/s. Te liga!

$$v^2 = (15\text{m/s})^2 + 2 * \frac{0,5\text{m}}{\text{s}^2} * 175\text{m}$$

$$v^2 = \frac{225\text{m}^2}{\text{s}^2} + \frac{175\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v^2 = \frac{400\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{400\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$v = 20\text{m/s}$$

E aí galera, chegou a hora de revisar o que a gente viu sobre MRUV. Prontos para alguns exercícios?

Exercício 3: Uma bola é jogada verticalmente para cima com velocidade de 100m/s, em que instante de tempo ela inverte o movimento? Para resolver esse exercício, você pode considerar $g = 10\text{m/s}^2$

- a) 10s
- b) 20s
- c) 5s
- d) 15s
- e) 30s

Exercício 4: Uma moto acelera constantemente a 5m/s^2 do repouso até 288km/h. Qual a distância percorrida até a velocidade terminal?

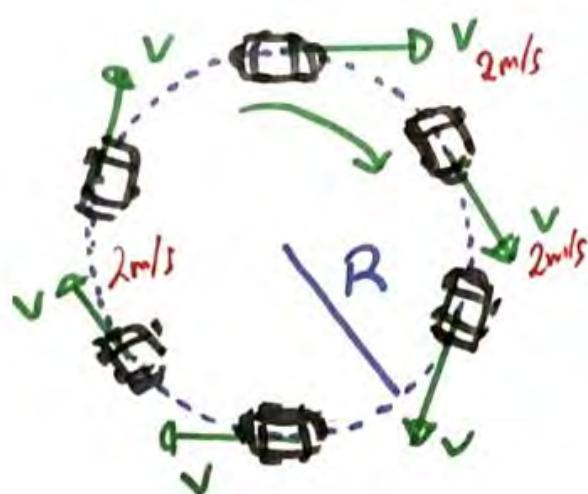
- a) 640m
- b) 320m
- c) 8000m
- d) 680m
- e) 600m

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU)

Pense no movimento que uma das pás do seu ventilador faz, essa é a exemplificação perfeita para entender esse movimento!

Como você já sabe, ele é um movimento circular. Outra coisa que você precisa saber é que o valor da velocidade é constante – lembra que a responsável por variar o valor da velocidade era a aceleração tangencial? Pois então: nesse movimento ela é nula! Em outras palavras, como esse movimento acontece em um círculo, podemos dizer que a única aceleração que ele possui é a centrípeta.

Da mesma forma que estudamos no MRU, distâncias iguais são percorridas em tempos iguais nesse movimento. Como estamos tratando de um movimento circular, podemos dizer que ângulos iguais são percorridos em tempos iguais.



Além de tudo isso, uma outra característica muito importante do MCU é a periodicidade. Para deduzir isso basta você perceber que o carro irá passar pela mesma posição diversas vezes, sempre levando o mesmo tempo para fazer isso!

Esse tempo que o carro leva para completar uma volta completa é chamado de período (T). Como é uma medida de tempo, a unidade é segundos (s)!

$$T = \frac{\text{tempo}}{n^o \text{ de voltas}}$$

Além disso, o número de voltas que o carro completa em um segundo também possui um nome especial: frequência (f). É muito importante lembrar dele! Por ser o inverso do período, sua unidade seria "1/s". Entretanto, essa unidade ganha um nome especial: hertz (Hz).

$$f = \frac{n^o \text{ de voltas}}{\text{tempo}}$$

Percebe que as equações de período e frequência são parecidas? Notou que uma é o inverso da outra? Aqui é possível chegar a uma relação muito importante entre essas duas grandezas. Se liga na equação abaixo, ela expressa matematicamente que a frequência é o inverso do período!

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

Informação importante! Existem duas unidades que podem ser associadas à frequência: o hertz diz o número de voltas por segundo e o RPM diz o número de voltas por minuto. A relação entre essas duas unidades é dada da seguinte forma: 1 Hz é equivalente a 60 RPM.

VELOCIDADE LINEAR OU TANGENCIAL

Essa é a nossa velha conhecida razão entre distância e tempo, que você já viu no início desta apostila! Ela é responsável por indicar a distância percorrida a cada unidade de tempo (1 segundo ou 1 minuto, por exemplo). Como esse movimento acontece em círculos, é convencional colocar essa distância percorrida

em função do raio do movimento. Não entendeu? Para facilitar o entendimento, aqui vamos precisar lembrar um pouco daquela geometria aprendida na matemática. Lembra que conseguimos encontrar a medida da circunferência de um círculo (d) pela equação aqui em baixo?

$$d = 2\pi R$$

Pois então, agora pense no movimento de uma cueca dentro da máquina de lavar roupa. Vamos supor que possamos fazer uma comparação entre a distância que a cueca anda dentro da máquina com o quanto ela foi ensaboada. Quanto maior a distância percorrida por ela, mais ensaboada ela vai ficar, certo?

Imagine que essa cueca percorreu uma volta completa em uma máquina de lavar roupa cujo compartimento de lavar tem raio igual a 1 metro. Para medir o quanto essa cueca percorreu, pegamos uma trena e medimos a circunferência dessa máquina. O valor medido por nós foi aproximadamente 6,28 metros. Mas ainda não estamos satisfeitos, para comprovar que nossa medida está correta, podemos aplicar aquela fórmula matemática que acabamos de ver e substituir os valores.

$$d = 2\pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 1m = 6,28m$$

Olha só, não é que nossa medida realmente estava correta?

Agora, imagine que essa cueca fosse colocada em uma supermáquina de lavar, com o raio 2 metros (duas vezes maior que o raio da máquina anterior) e que ela tivesse percorrido novamente uma volta completa. Desta forma, se pegássemos novamente uma trena e medirmos a distância percorrida por essa cueca, chegaríamos no valor de 12,56 metros, também seria duas vezes maior que o comprimento que a cueca percorreu na máquina anterior

Na prática, para a cueca ser ensaboada da mesma forma nas duas máquinas, seria necessário que a menor dessas duas voltas, enquanto na maior apenas uma volta bastaria! Isso tudo nos diz exatamente a mesma coisa: a distância percorrida é sempre diretamente proporcional ao tamanho do raio!

Agora que entendemos como a distância é encontrada nestes movimentos, nos falta apenas entender como calcular a velocidade linear. Vamos lá! O cálculo dessa velocidade envolve apenas a distância percorrida e o tempo que foi necessário para isso acontecer. Sendo dada pela razão entre esses dois termos. Colocando isso na forma matemática, obtemos a seguinte equação:

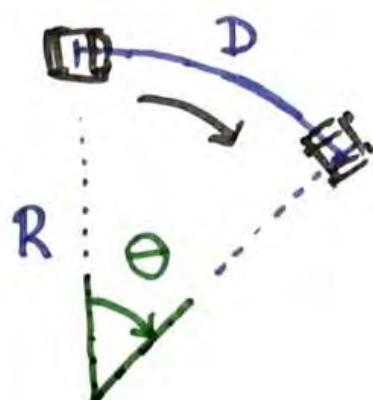
$$v = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} = \frac{2\pi R}{T}$$

Mas espera aí, o que o período faz no meio dessa equação? Você já vai entender! Lembra que o período era o tempo necessário para completar uma volta? Pois então, o tempo que entra no denominador desta equação é justamente o período! Mas a grande jogada vem agora. Você lembra que frequência era o inverso dele? Aí está! Para que a expressão da velocidade linear não fique em forma de fração, substituímos duas coisas equivalentes: o inverso do período pela frequência.

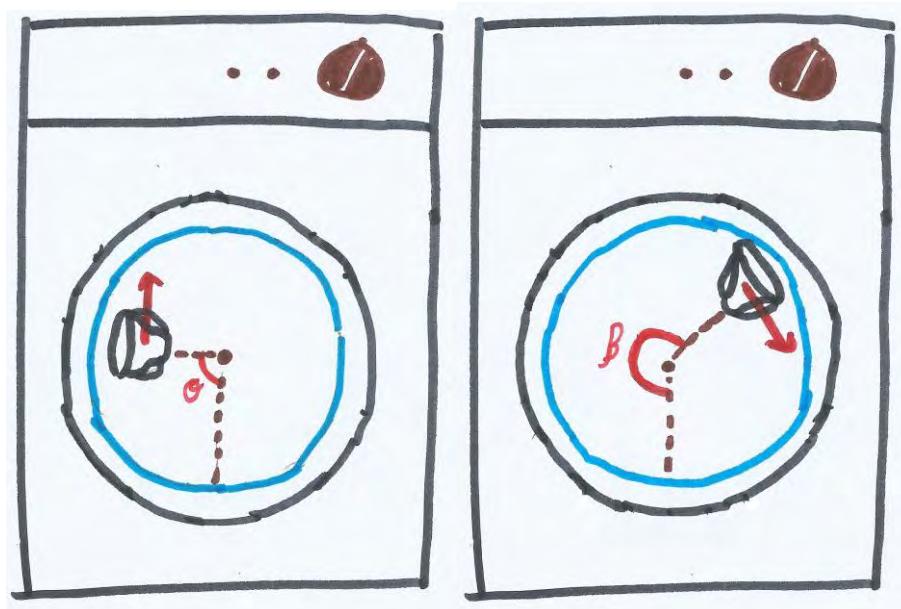
$$v = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} = 2\pi Rf$$

VELOCIDADE ANGULAR

Esse conceito merece bastante atenção, então se liga e vamos entender isso juntos! Observe que aqui não temos nada muito diferente do que já vimos anteriormente. A diferença é que, ao invés de medirmos a distância percorrida num determinado tempo, vamos medir o ângulo percorrido nesse tempo. Entra, então, a velocidade angular, que representa exatamente isso!



Esse ângulo da velocidade angular até pode ser medido em graus, mas existe outra forma de medi-lo, mais convencional. Calma, vamos explicar direitinho: voltando para aquele exemplo da cueca na máquina de lavar, podemos perceber que à medida que a cueca gira dentro da máquina, ela percorre um certo ângulo. Te liga na imagem aqui em baixo, ela vai te mostrar que esse ângulo aumenta junto com a distância percorrida pela cueca.



Vai chegar um momento em que essa distância percorrida irá ter exatamente o mesmo comprimento do raio do círculo. Quando a cueca estiver nesse ponto, vamos chamar o ângulo percorrido por ela de 1 radiano (rad), a medida de ângulo mais convencional na Física.

Outro fato muito importante é que exatamente quando a cueca completado meia volta (180°) ela vai ter percorrido exatamente 3,14 radianos. Como podemos considerar que uma volta completa são duas meias voltas unidas, a cueca vai ter percorrido 6,28 radianos, duas vezes os 3,14 radianos que ela percorria em uma meia volta. E é daqui que tiramos a conversão clássica de radianos para graus: 360 graus correspondem a 6,28 (duas vezes a constante pi) radianos!

Agora que entendemos o ângulo medido em radianos, podemos entender que a velocidade angular pode ser medida em graus por segundo ($^\circ/s$) ou, mais convencionalmente, radianos por segundo (rad/s), conforme a expressão abaixo:

$$\omega = \frac{\text{ângulo}}{\text{tempo}} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

Assim como fizemos antes para a velocidade tangencial, quando substituímos a distância pela distância de uma volta e o tempo pelo período (T) de uma volta, agora vamos substituir o ângulo pelo ângulo de uma volta: 2 duas vezes pi (6,28) rad:

$$\omega = \frac{\text{ângulo}}{\text{tempo}} = 2\pi f$$

Essa letra meio estranha se chama ômega e é a representação que utilizaremos para a velocidade angular!

Exercício 5: Uma moto percorre uma pista circular a 360km/h e aceleração centrípeta de 25m/s^2 . Qual o raio da pista?

- a) 100m
- b) 200m
- c) 400m
- d) 800m
- e) 1000m

Exercício 6: Um objeto descreve um MCU com aceleração centrípeta de 4m/s^2 e raio de 4m. Qual sua velocidade?

- a) 4m/s
- b) 8 m/s
- c) 2 m/s
- d) 16m/s
- e) 24m/s

Exercício 7: (FGV-SP) Toda caneta esferográfica possui em sua ponta uma pequena esfera feita de liga de tungstênio, cuja finalidade é transferir a tinta do reservatório para o papel. Quando um desenhista traça uma linha reta, transladando sua caneta com velocidade constante $v = 0,2 \text{ m/s}$, a pequena esfera de 0,8 mm de diâmetro gira sobre seu centro com velocidade angular ω , em rad/s, de valor:

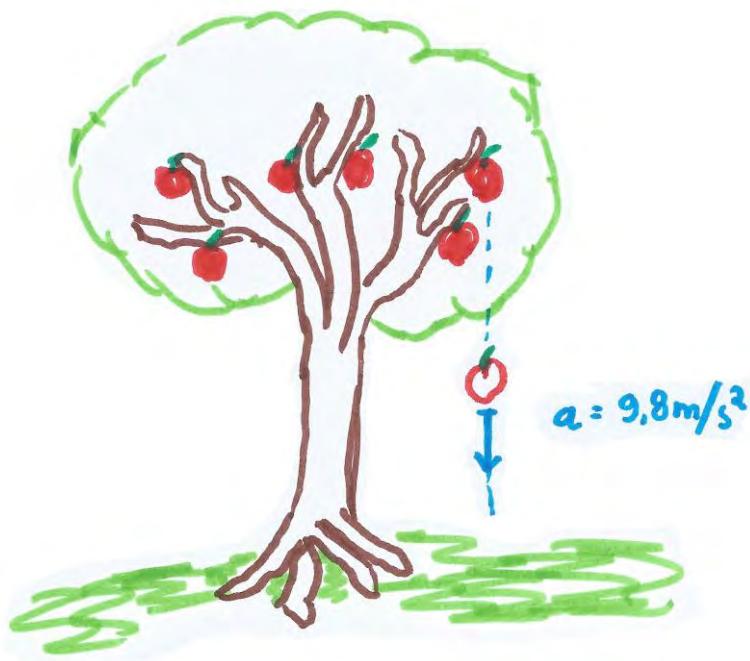
- a) 160
- b) 200
- c) 250
- d) 400
- e) 500

Dica salvadora! Por ser uma razão entre dois comprimentos, as unidades de comprimento se cancelam. Portanto, o “radiano” é o nome que damos para uma grandeza adimensional (sem dimensão) específica: de um arco de circunferência adimensionalizado pelo raio!

QUEDA LIVRE E LANÇAMENTO VERTICAL

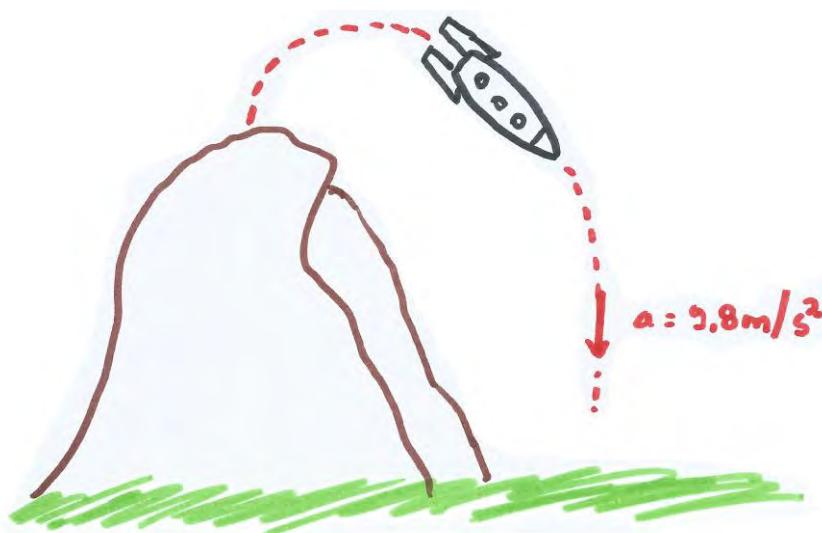
Já pensou porque nós não flutuamos? Pois então, a razão disso é que qualquer objeto localizado próximo à superfície da Terra é puxado para baixo pela força de gravidade entre o objeto e o planeta. Além de nos manter no chão, essa força faz com que os objetos que estejam soltos no ar caiam cada vez mais rápido ou subam cada vez mais devagar (lembra do movimento retardado?). Para entender melhor, a aceleração da gravidade (g) faz com que todos os objetos acelerem na direção da Terra.

Uma coisa muito importante que você precisa saber é que, desprezando os efeitos do ar, todos os objetos caem com a mesma aceleração, ou seja, o valor da aceleração da gravidade é o mesmo para todos os corpos. Na Terra, este valor é de aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$.



Em casos em que um objeto é lançado para cima ou largado de uma certa altura em que ele pode se movimentar livremente sob a ação da gravidade, a sua

trajetória será vertical e ele estará submetido a uma aceleração constante g . Isto é, se você soltar uma pedra do topo de um prédio, ela vai se movimentar em linha reta para baixo, descrevendo um movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).



Aproveita a oportunidade e coloca em prática o que você aprendeu sobre o MRUV!

Exercício 8: Uma bala de canhão é atirada verticalmente para cima com velocidade de 360km/h. Qual a distância total percorrida até que a bala volte ao solo?

- a) 500m
- b) 750m
- c) 250m
- d) 1000m
- e) 1500m

Exercício 9: Um objeto atirado verticalmente para baixo de uma altura de 104 metros chega com que velocidade ao solo uma vez que sua velocidade inicial era de 6m/s ?

- a) 23m/s

- b) 46m/s
- c) 92m/s
- d) 104m/s
- e) 90m/s

Exercício 10: Uma malabarista sabe que quanto mais alto ela jogar a clava, mais tempo terá até pegá-la, uma vez que ela irá demorar mais para subir e também irá demorar mais para descer até a mesma posição que foi jogada. Se este objeto for jogado a uma altura de 5 metros, quanto tempo a malabarista tem até que a clava retorne à sua mão?

- a) 1 s.
- b) 1,41 s
- c) 2 s.
- d) 2,24 s.
- e) 5 s.

MOVIMENTOS COMPOSTOS

LANÇAMENTO OBLÍQUO

Esse movimento é clássico em questões! Normalmente os exemplos utilizados são a trajetória de balas de canhão ou o lançamento de foguetes. Pode parecer complicado, mas este problema é basicamente a composição de outros dois movimentos.



Basicamente, o lançamento oblíquo é composto por um MRU na direção horizontal junto com um MREV na vertical, causado pela aceleração da gravidade. Lembra desses movimentos? Lembrando deles o você já possui todas as armas para encarar esse problema! Quando tivermos em nossa frente um problema de lançamento oblíquo devemos fazer duas análises, usando as equações do MRU na horizontal, e do MREV na vertical.

Agora é sua vez de tentar, te liga nesse exercício!

Exercício 11: Um projétil é lançado com um ângulo de 45° com a horizontal e velocidade de 500m/s. Qual seu alcance máximo?

- a) 25km
- b) 50km
- c) 2,5km
- d) 12,5km
- e) 125km

Exercício 12: Um avião voando horizontalmente com velocidade de 504km/h (altitude de 8km) libera uma bomba mirando um iate no oceano. A que distância horizontal estava o iate?

- a) 40km
- b) 4km
- c) 56km
- d) 5,6km
- e) 20160m

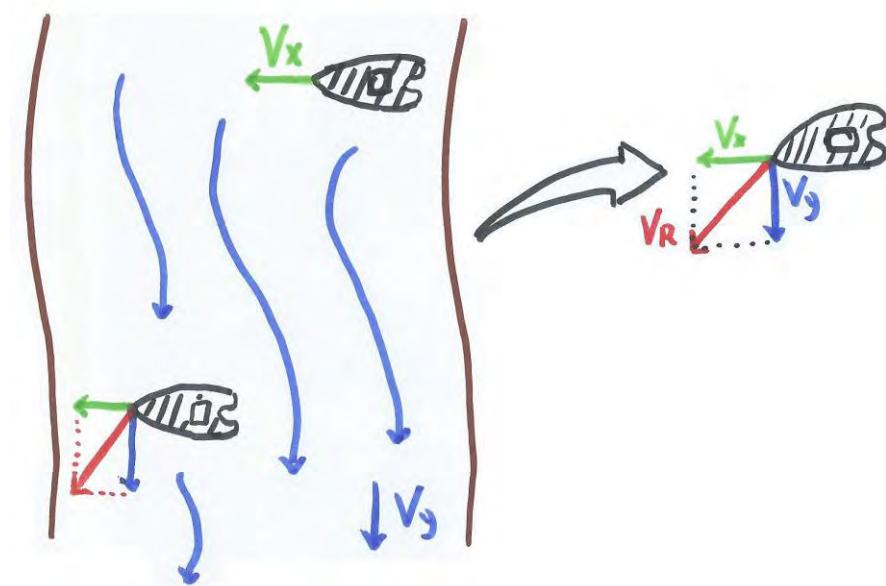
Exercício 13: Um besouro corre por uma mesa com velocidade horizontal constante de 2m/s, ao cair da mesa ele percorre uma distância horizontal de 80cm. Qual a altura da mesa?

- a) 80cm
- b) 40cm
- c) 16cm

- d) 20cm
e) 32cm

BARCO NA CORRENTEZA

Esse problema também é a composição de dois movimentos! Aqui temos um barco indo de uma margem do rio até a outra. Até aí tudo muito simples. A grande jogada aqui é que a correnteza do rio arrasta o barco enquanto ele se move, então quando ele chegar na outra margem ele também terá se movido na direção do rio. Te liga no desenho aqui em baixo, ele mostra exatamente isso!



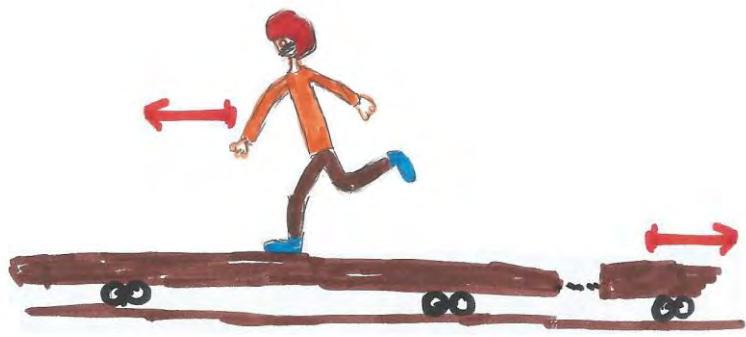
A grande diferença deste movimento para o anterior é que aqui temos dois MRUs, um na horizontal, entre as margens, e outro vertical, na direção da correnteza do rio!

A análise desse movimento é sempre feita da mesma maneira. Precisamos separar os movimentos! Como normalmente temos a distância entre as margens e a velocidade horizontal, conseguimos encontrar o tempo que o barco leva para chegar de uma margem a outra. Com esse tempo encontrado podemos utilizar a equação clássica do MRU e a velocidade da correnteza para descobrir a distância que o barco foi arrastado pelo rio!

CORRENDO DENTRO DO TREM

Para saber resolver este problema, a primeira coisa que devemos fazer é entendê-lo! Imagine que você está parado em uma estação do trem, de frente para os trilhos quando de repente um trem vazio passa por você. Até aí tudo normal, certo? Quando você menos espera, aparece uma pessoa com um capacete de futebol americano correndo em cima do trem, em direção ao final dele. Você logo percebe que, apesar da força que a pessoa está fazendo, ela não parece correr tão rápido. E então, como um amante da física, você logo percebe que isso é culpa da velocidade relativa. Espera aí, como assim velocidade relativa? Não se preocupa, é exatamente isso que nós vamos entender agora!

A primeira coisa que você deve saber é que vamos analisar todo problema a partir da vista de uma pessoa parada fora do trem! Então, tendo como referência essa pessoa parada, podemos perceber que a situação da pessoa correndo em cima do trem não passa de uma composição de dois MRUs com mesma direção e sentidos opostos. Olha esse desenho, ele vai te ajudar a entender!



Conseguiu entender? A velocidade relativa, que é a velocidade percebida pela pessoa fora do trem, é a soma das duas velocidades. E é exatamente isso que explica porque parece que a pessoa está se movendo mais lentamente!

Sua vez de tentar! Te liga nos exercícios aqui embaixo!

Exercício 14: (FEI) Um vagão está animado de velocidade cujo módulo é V , relativa ao solo. Um passageiro, situado no interior do vagão move-se com a mesma velocidade, em módulo, com relação ao vagão. Podemos afirmar que o módulo da velocidade do passageiro, relativa ao solo, é:

- a) certamente menor que V ;
- b) certamente menor que V ;
- c) certamente maior que V ;
- d) um valor qualquer dentro do intervalo fechado de 0 a $2V$;
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Exercício 15: (Univale-MG) Um ultraleve mantém a velocidade de 120km/h em relação ao ar, mantendo o nariz apontando para o Leste. Sopra vento Sul com velocidade de 90km/h. Nessas condições, podemos afirmar que a velocidade do ultraleve em relação à Terra é:

- a) 150km/h, na direção sudeste
- b) 30km/h, na direção Leste
- c) 210km/h, na direção sudoeste
- d) 50km/h, na direção Nordeste
- e) 210km/h, na direção Sudeste

Para entender melhor! Você deve ter percebido que no problema que acabamos de estudar foi falado em soma de velocidades, certo? Tenho certeza que intuitivamente você pensou que deveria ser uma subtração, pois cada um está indo para um lado! A explicação para a utilização da palavra soma é a velocidade ser uma grandeza vetorial, lembra disso? Então nesse problema temos uma soma de vetores com sentidos opostos! Na prática, isso quer dizer que existe uma subtração nos módulos (nos valores!) deles! Caso a pessoa estivesse correndo na mesma direção do trem, deveríamos somar os módulos das velocidades!

REVISÃO DOS MOVIMENTOS

Carros fazendo curvas, bicicletas andando em linha reta, aviões acelerando para a decolagem. Você pode ver que cada um desses movimentos possui características únicas. Alguns acontecem em linha reta, outros em círculos. Alguns possuem aceleração centrípeta, outros aceleração tangencial. Aprendemos a analisar e classificar todos esses movimentos, sempre de acordo com as características que eles possuem.

Para que você não esqueça de nada, essa tabela contém um resumo de todos os tipos de movimento acabamos de estudar!

Movimento	Trajetória	Velocidade	Aceleração tangencial	Aceleração centrípeta	Aceleração resultante
Uniforme	Retilínea	Valor constante	nula	nula	nula
		Direção constante			
	Circular	Valor constante	nula	não nula	$a = a_c$
		Direção variável			
Variado	Retilínea	Valor variável	não nula	nula	$a = a_t$
		Direção constante			
	Circular	Valor variável	não nula	não nula	$a^2 = a_c^2 + a_t^2$
		Direção variável			

CONCLUSÃO

Viu como aprender a Física é muito legal? Os conceitos que foram mostrados irão ajudar muito no estudo da maravilhosa física: são essenciais para o estudo! Agora você já está pronto para resolver todos os exercícios de cinemática! Além disso, também está pronto para entender como e porquê os movimentos acontecem! Estudaremos isso em nossa próxima apostila, de dinâmica! Te esperamos lá!

PARTE I

FÍSICA

02

MECÂNICA DINÂMICA DE NEWTON

meSalva!

MECÂNICA: DINÂMICA DE NEWTON

E aí, galera do Me Salva!

Tenho certeza que todos vocês ficaram fascinados ao estudar os movimentos na Cinemática! Pois então, estudaremos algo ainda mais interessante nesta apostila, a Dinâmica! O nome pode parecer estranho, mas essa é a parte da Física que se preocupa em estudar as causas dos movimentos e seus possíveis efeitos.

Lembra do MRU e do MRUV que estudamos no módulo passado? Vamos aprender como são as forças responsáveis por cada um desses movimentos. Você vai ver que as aplicações da Dinâmica em nosso cotidiano são infinitas! Ela está envolvida em situações muito simples, como quando você empurra a porta para entrar em casa e também em movimentos muito complexos, como o lançamento de foguetes.

Começaremos nosso estudo aprendendo as Leis de Newton, que são responsáveis por gerir toda Dinâmica. Em seguida, vamos abordar várias de suas aplicações em nosso cotidiano.

LEIS DE NEWTON

É muito importante que você se esforce ao máximo para aprender as Leis de Newton, elas são a base de toda dinâmica e vão ser essenciais na resolução de vários problemas!

LEI DA INÉRCIA (PRIMEIRA LEI)

Você já ouviu falar naquela história de que parar um caminhão é mais difícil do que parar um carro? Pois então, a explicação física para isso é a inércia! Basicamente, a Lei da Inércia fala sobre a tendência que os corpos têm de continuar seu movimento. Mas e se eles estiverem parados? Ela explica isso também! Corpos parados tendem a continuarem parados! Em termos teóricos, essa Lei nos diz que, se não houver força aplicada ao corpo, a velocidade dele não é alterada (em outras palavras, não há aceleração).

Aqui entra a explicação da história do caminhão e do carro! A Lei da Inércia diz que, quanto maior a massa do corpo, maior a sua inércia e mais difícil é mudar o seu movimento. Ela também diz que a inércia de um corpo depende só de sua massa. Agora dá para entender porque parar o caminhão é mais difícil, certo?

Outro exemplo dessa Lei em nosso dia a dia é o cinto de segurança. Quando acontece uma batida o carro desacelera muito rapidamente, certo? Pois então, se o passageiro estiver de cinto, ele também vai desacelerar rapidamente junto com o carro. Se ele estiver sem cinto, nenhuma força agir no corpo do passageiro e ele vai continuar em movimento, já que ele não está preso ao carro. Esta é justamente a função do cinto: ele impede o passageiro de sair voando. Mas como ele faz isso? Aplicando uma força contrária ao movimento e modifica a velocidade, fazendo o passageiro parar. Dependendo do impacto, essa força que o cinto faz para nos segurar pode até machucar, mas com certeza evitaria situações piores. O airbag tem exatamente essa mesma função

A definição formal da primeira Lei de Newton pode parecer um pouco complicada, mas com certeza é importante e vai ajudar a entender como a inércia funciona. Se liga!

“Na ausência de forças externas, um objeto em repouso permanece em repouso e um objeto em movimento permanece em movimento em linha reta com velocidade constante.”

PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA (SEGUNDA LEI)

Não se preocupe! A Segunda Lei de Newton é apenas um complemento da primeira Lei – que já estudamos. Lembra o que a Lei da Inércia diz? Em poucas palavras, ela postula que, se não houver força aplicada ao corpo, a velocidade dele não é alterada. Pois então, a Segunda Lei complementa isso: quando existe uma força resultante aplicada ao corpo, ocorre uma variação de velocidade. Em outras palavras, o corpo está sujeito a uma aceleração!

Se liga: essa Lei pode ser resumida em uma equação que envolve a força aplicada, a massa do corpo e a aceleração que essa força gera no corpo. Assim:

$$\vec{F}_r = m \vec{a}$$

Se a força é a multiplicação entre massa e aceleração, qual será que é sua unidade? Basta multiplicarmos a unidade da massa (kg) pela unidade da aceleração (m/s^2). Sendo assim a unidade de força no Sistema Internacional é o $kg \cdot m/s^2$, mais conhecida como newton [N].

RELAÇÃO COM A CINEMÁTICA

Lembra do MRU e do MRUV, aqueles movimentos que foram estudados anteriormente? Agora que conhecemos a Segunda Lei de Newton, podemos fazer uma associação entre eles. Lembra que, no MRU, a velocidade se mantinha constante? Com o conhecimento que temos agora, podemos concluir que a força resultante sobre o corpo que se movimenta desta maneira é sempre nula! Justamente o contrário acontece no MRUV: como há aceleração, isso significa que necessariamente existe uma força resultante não nula atuando sobre o corpo!

Chegou a hora de a gente colocar essa Segunda Lei em prática! Aproveita esse exercício pra testar seu conhecimento sobre a matéria.

Exercício 1: Um corpo de massa 4kg encontra-se inicialmente em repouso e é submetido a ação de uma força de 60 N. Qual o valor da aceleração atingida pelo corpo?

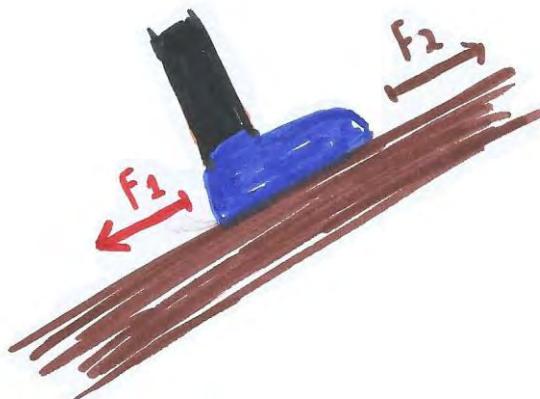
- a) 240m/s^2
- b) 24m/s^2
- c) 150m/s^2
- d) 15m/s^2
- e) 6m/s^2

Dica salvadora! Força resultante > Aceleração > Variação da velocidade (pode ser em módulo ou direção!)

AÇÃO E REAÇÃO (TERCEIRA LEI)

Essa última Lei de Newton é um pouco mais complicada de entender, então se liga nesse exemplo que vai aparecer agora! Presta bastante atenção, ele já foi questão da sua prova: O motivo pelo qual conseguimos caminhar é o atrito que existe entre nossos pés e o chão. Sendo assim, quando nós estamos subindo uma rampa inclinada (aqueelas conhecidas ladeiras, sabe?) ou simplesmente caminhando pela rua, nossos pés aplicam uma força para trás (F_1), empurrando o chão enquanto caminhamos sobre ele. Como reação, o chão “responde” aplicando uma força (F_2) de mesma intensidade e direção, mas de sentido contrário sobre nossos pés, nos fazendo ir para frente! Ou seja: para a minha ação de empurrar o chão para trás,

houve uma reação do chão me empurrando para frente. E é justamente isso o que diz a Terceira Lei de Newton: para toda ação há sempre uma reação em sentido oposto e de igual intensidade.



Dica salvadora! Ação e reação nunca se cancelam, pois atuam em corpos diferentes.

APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

FORÇA PESO E A GRAVIDADE

Já parou para pensar porque nós não flutuamos? Ou então porque quando jogamos uma pedra pra cima, por maior que seja a velocidade, ela sempre acaba caindo? Sempre vai chegar alguma hora em que a velocidade dela vai apontar em direção à Terra. Pelo que acabamos de estudar, para que essa mudança de velocidade aconteça, em outras palavras, para que exista uma aceleração para baixo, é preciso haver uma força atuando sobre a pedra, certo?

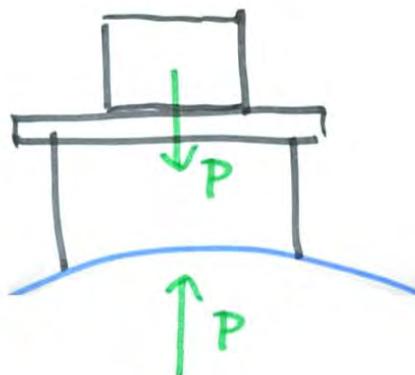
A força que faz os objetos caírem chama-se força da gravidade. A gravidade é a tendência que quaisquer dois objetos têm de se atraírem mutuamente, até mesmo uma caneta e uma moeda, pelo simples fato de possuírem massa. Porém, a caneta e a moeda estão ambas perto de outro objeto muito, mas muito maior: o planeta Terra! Por essa razão, a gravidade entre a caneta e a moeda é imperceptível

em comparação com a gravidade entre a Terra e qualquer objeto perto dela, de forma que não vemos os objetos se atraírem entre si, mas vemos todos eles sendo atraídos para o centro da Terra. Inclusive nós mesmos!

Essa força causada pela gravidade tem outro nome, mais convencional: peso. Isso mesmo! Em Física, o peso não é uma massa, que é medida em quilogramas (kg), e sim uma força, medida em newtons (N). Vai ser duro se acostumar com essa, não é?

Conforme a segunda Segunda Lei nos diz: uma força é sempre o produto da massa do objeto pela sua aceleração, a força peso é o produto da massa do objeto pela aceleração da gravidade:

$$\vec{P} = m \vec{g}$$



Dica do Me Salva! Se o peso não é medido em kg, o que nós vemos quando estamos nos pesando balança? A nossa massa! Em Física é muito importante que não confundamos peso com massa.

O mais interessante é que essa aceleração da gravidade é exatamente a mesma para qualquer objeto na altura da superfície da Terra. Como assim? Então por que uma pena e uma pedra não caem com a mesma velocidade? Acontece que o “ atrito” da pena com o ar evita que ela acelere tanto quanto a pedra. Entretanto, se colocarmos a pena dentro de um cilindro de vidro e tirarmos o ar de dentro dele, vamos ver que ela caindo tão rápido como uma pedra! Na superfície da Terra, essa aceleração da gravidade vale sempre $9,8 \text{ m/s}^2$.

Lembra que dissemos que a gravidade é a tendência que quaisquer dois objetos têm de se atraírem mutuamente? Pois então: a pedra que jogamos para o alto é atraída pela Terra, da mesma forma que a Terra também é atraída pela pedra! São duas forças de mesma intensidade, em sentidos opostos e em corpos diferentes, ou seja, um par ação e reação, como explicado na Terceira Lei de Newton. E aqui vai também uma aplicação da Primeira e da Segunda Lei: como a Terra tem uma massa muito maior que a pedra, nosso planeta também tem uma tendência muito maior de não alterar seu movimento. Pois é, acaba sobrando para a pedra acelerar em direção à Terra!

E aí, conseguiu aprender tudo sobre a força Peso? Aqui tem alguns exercícios para você resolver e fixar a matéria!

Exercício 2: Qual a força mínima que deve ser exercida para levantar um carro de 800kg? $g=10\text{m/s}^2$.

- a) 800N
- b) 80N
- c) 8000N
- d) 400N
- e) 4000N

Exercício 3: Um homem que pesa 800N na terra, pesará quanto na lua?
Considere $g_{\text{LUA}} = 1,6\text{m/s}^2$.

- a) 1280N
- b) 800N
- c) 128N
- d) 80N
- e) 12,8N

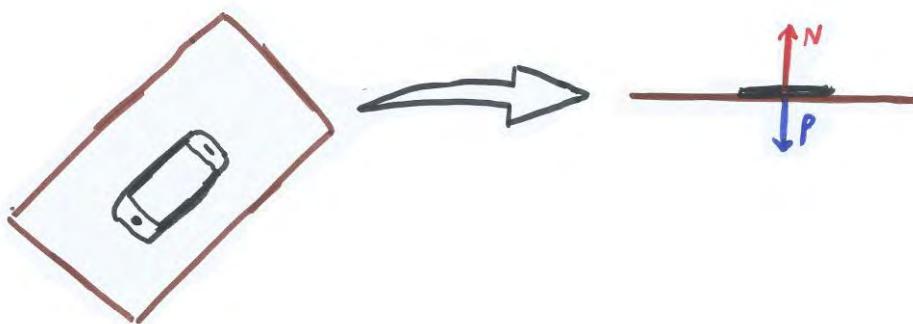
Dica do Me Salva! Se um objeto sobre a superfície da Terra tiver uma aceleração vertical diferente de $9,8 \text{ m/s}^2$ para baixo, digamos, 2 m/s^2 para baixo, é porque este corpo está sujeito a outras forças além do peso; por exemplo, a força normal, que veremos a seguir. A aceleração de 2 m/s^2 é, então, aquela causada pela força resultante

atuando sobre a massa! A força peso continua existindo e vale , onde é sempre 9,8 m/s² na superfície da Terra.

FORÇA NORMAL

Vê o seu celular aí do lado? Por acaso ele está afundando na mesa? Com certeza não! Ou então, já pensou o motivo pelo qual nós não afundamos no chão enquanto caminhamos? A força normal é a explicação disso! Da mesma forma que o celular gera uma força na mesa, para baixo, ela reage aplicando uma força no celular direcionada para cima (a força normal!), impedindo que ele penetre no material da mesa. Essas forças são um par ação e reação, pois são forças de mesma intensidade atuando em direções opostas e em corpos diferentes.

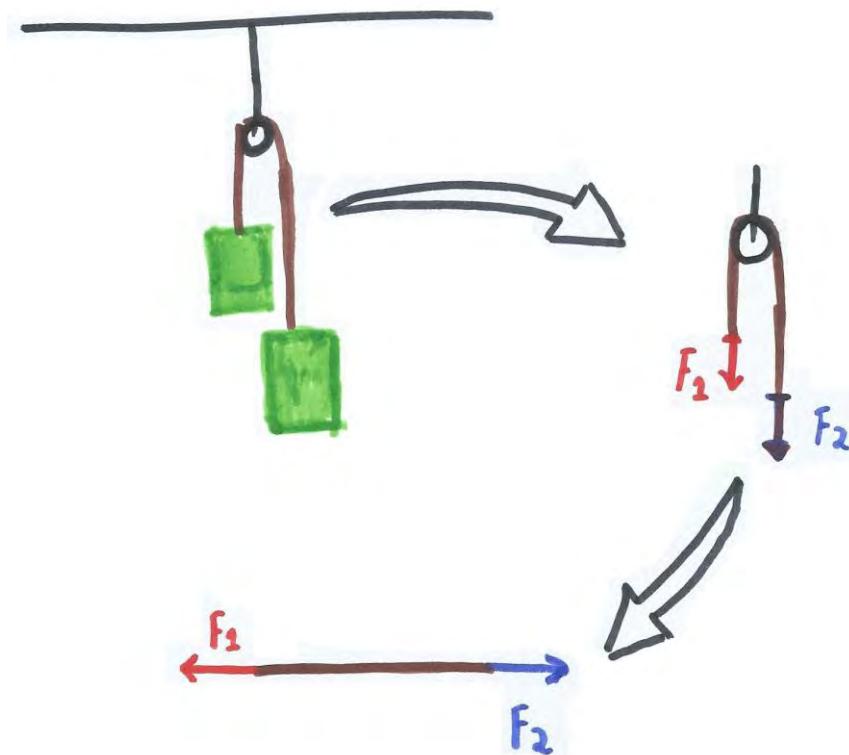
Veja bem! Da mesma maneira que a força normal, a força peso do celular também atua sobre ele mesmo. Está é a razão pela qual o celular fica parado! Como as forças são aplicadas no celular (no mesmo corpo) elas não constituem um par ação e reação!



Dica do Me Salva! A força normal não é sempre igual à força peso: se o celular estiver numa mesa plana horizontal, sim. Porém, se a mesa estiver inclinada, não. Vamos ver com calma sobre este caso específico no capítulo Plano Inclinado.

TENSÃO OU TRAÇÃO EM UMA CORDA

Essa força está envolvida em qualquer situação que envolva uma corda ou um cabo! É a força que existe quando uma corda puxa um objeto. Em todos os exercícios que você irá resolver, as cordas usadas serão ideais, isso significa que não iremos levar em consideração a massa delas e que elas jamais vão se esticar. Claro que na prática não é bem assim, mas essa aproximação é suficiente para que consigamos bons resultados. Assim, a corda puxa com a mesma força nas duas pontas.

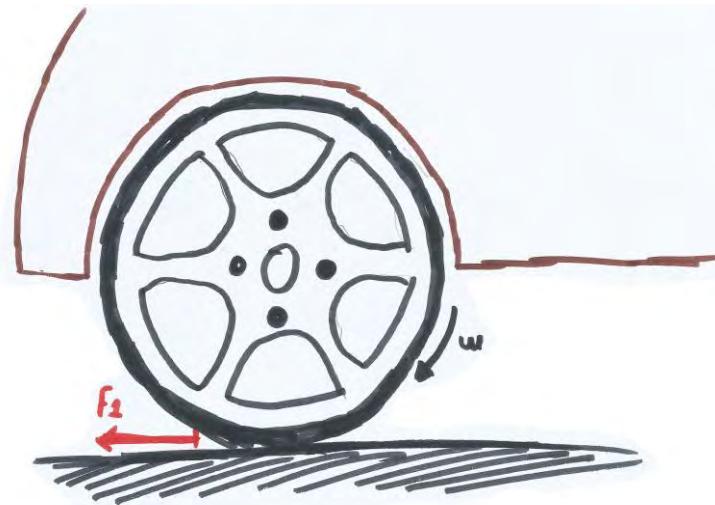


FORÇA DE ATRITO

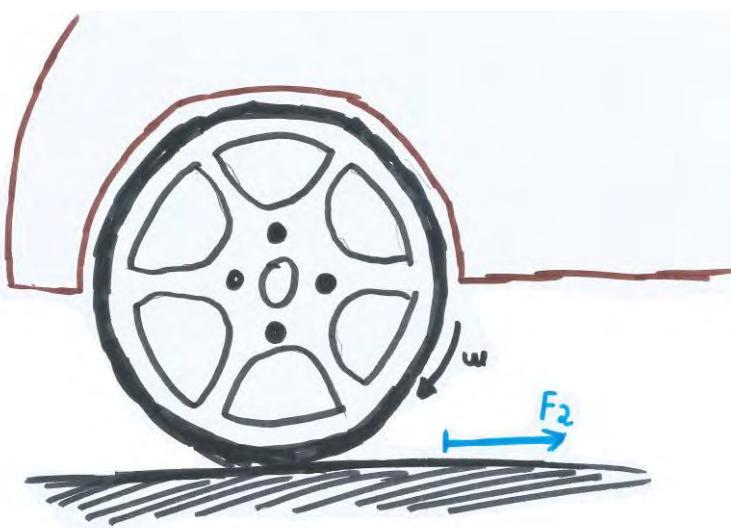
Essa força pode ser vista muito facilmente em nosso cotidiano! Muitas vezes, é vista como algo negativo, em virtude de ser a causa do desgaste em peças de máquinas, do desgaste das solas dos sapatos e também por ser responsável pelo aumento do gasto de combustível nos carros. Porém, ela é muito importante! Se não houvesse o atrito, seria impossível realizar diversas tarefas simples do nosso cotidiano, como fazer um carro se movimentar ou simplesmente caminharmos.

Olha esse exemplo: o motor do carro tenta fazer as rodas girarem. Note na ilustração que, no contato com o solo, a borracha do pneu tenta deslizar sobre o

asfalto no fazendo uma força (F_1) sobre o chão no sentido contrário ao movimento desejado para o carro!



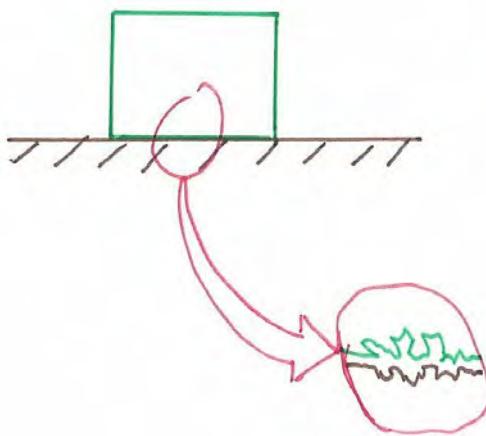
É aqui que o atrito entra na história. Ele faz com que o asfalto não deixe o pneu deslizar. Isso é explicado pela Terceira Lei de Newton! Por meio da reação à força causada pelo pneu, o asfalto faz uma força (chamada força de atrito!) que atua no sentido contrário ao movimento do pneu, ou seja, no sentido do movimento desejado para o carro! É essa força que faz o carro andar para frente!



Apesar de o motor ser o responsável por fazer as rodas girarem, é a força de atrito entre os pneus e o chão que faz o carro andar para frente! Ora, se

colocássemos o carro sobre uma superfície plana e lisa com água e sabão, estaremos evitando o atrito. O motor poderia fazer as rodas girarem a toda velocidade, mas provavelmente o veículo não sairia do lugar! Portanto, acabamos de deduzir que a força de atrito é uma força de contato que se opõe ao deslizamento!

Vejamos outro exemplo: imagine que você precisa limpar o chão da cozinha embaixo da geladeira. Para isso, você precisa arrastá-la. O grande problema é que ela não tem rodinhas! Você vai precisar de muita força para fazer isso, vai ser um trabalho difícil. Pois então, sabe quem é o culpado por isso? O atrito! Quando você empurrar a geladeira, um par de forças ação e reação vai surgir. A ação, que você faz na geladeira, e reação da geladeira sobre você. Uma situação semelhante vai acontecer também com os pés de borracha da geladeira e o piso: o chão vai fazer uma força que se opõe ao movimento, de forma que a geladeira não sai do lugar. Isso devido a pequenas rugosidades, imperceptíveis aos nossos olhos, mas que existem entre as superfícies e que dificultam o movimento dos objetos.



Essa força pode ser dividida em duas forças distintas:

FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO

Sabe quando você faz o máximo para empurrar uma caixa, mas ela não sai do lugar? Pois é, isso acontece porque existe uma força de atrito estático que está impedindo esse corpo de entrar em movimento. Em outras palavras, a força de atrito estático iguala a força aplicada, cancelando-a e impedindo que o deslizamento aconteça. Essa equação representa exatamente isso:

$$Fat_e = F_{aplicada}$$

Contudo, a força de atrito estático possui um limite, um valor máximo que ela consegue manter o corpo sem movimento. Se a força aplicada for maior que esse limite, a superfície não consegue segurar o objeto e ele começa a deslizar. Esse limite pode ser calculado usando a seguinte equação:

$$Fat_{máx} = \mu_e N$$

em que μ_e é o chamado coeficiente de atrito estático, um número adimensional (sem unidades) que depende do material e do acabamento da superfície; N é a força normal que a superfície aplica no objeto, cujo conceito já vimos um pouco antes.

FORÇA DE ATRITO CINÉTICO

Mesmo quando o corpo já está finalmente deslizando sobre o outro, as imperfeições nas superfícies continuam gerando uma resistência ao movimento, só que menor do que antes. Por isso, para que consigamos manter o objeto deslizando, precisamos continuar empurrando ele! Essa nova resistência é chamada de força de atrito cinético e pode ser representada da seguinte forma:

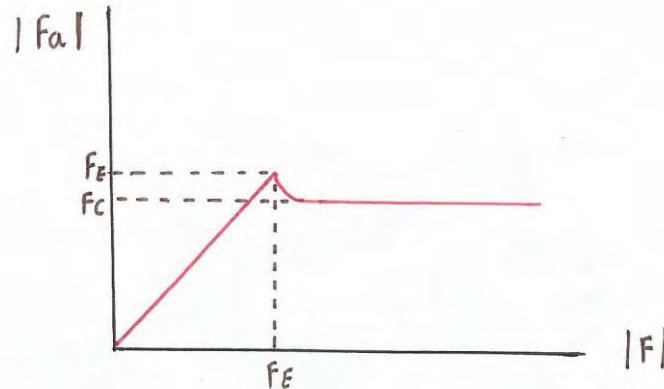
$$Fat_c = \mu_c N$$

em que μ_c é o coeficiente de atrito cinético, que sempre possui valor menor que o coeficiente de atrito estático máximo.

O GRÁFICO DA FORÇA DE ATRITO

Para entender melhor, vamos retomar o exemplo da geladeira! Se alguma vez você já passou por essa situação de precisar empurrar uma geladeira, certamente percebeu que a parte mais difícil é fazer ela se mexer. Mas então, você sabia que existe uma explicação física para isso? Sim! Isso tem relação direta com a força de atrito. Vou te explicar: a força que você precisa fazer para vencer o atrito estático dos pés da geladeira com o chão e conseguir fazer ela começar a se mover é maior do que a força necessária para manter ela em movimento. A partir do momento que você consegue fazer a geladeira começar a andar, fica mais fácil de empurrar ela!

Podemos representar exatamente o que foi descrito em um gráfico:



A linha vermelha representa a força que precisamos fazer para mover a geladeira. Ao alcançarmos a força necessária para vencer o atrito estático e colocar o objeto em movimento (representada por F_E), a força que precisamos fazer para continuar movimentando diminui!

Agora é a hora de colocar em prática o que a gente aprender sobre Força de Atrito. Te liga nesses exercícios:

Exercício 4: Qual o coeficiente de atrito de um bloco de 10kg que alcança 2m/s em um deslocamento de 10m, partindo do repouso? A força que atua nele é de 10N.

- a) 0,08
- b) 0,8
- c) 0,04
- d) 0,4
- e) 12,5

5 - Uma força F é aplicada a um bloco de 15kg que desliza sobre um superfície onde o coeficiente de atrito é 0,25. O corpo tem aceleração constante de 1m/s^2 . Qual a força aplicada no corpo?

- a) 37,5N
- b) 15N
- c) 52,5N
- d) 32,5N
- e) 20N

Exercício 6: Um bloco com massa de 10 kg é submetido a uma força que tenta colocá-lo em movimento. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é 0,6, calcule o valor da força necessária para colocar o bloco em movimento.

- a) 6N
- b) 60N
- c) 30N
- d) 90N
- e) 9N

FORÇA ELÁSTICA (LEI DE HOOKE)

Já percebeu a força que você precisa fazer para comprimir uma mola? Isso acontece porque a força que age nas molas é uma força de restauração. Em outras palavras, quando esticamos ou comprimimos uma mola, ela sempre tende a restaurar seu tamanho original!

A força aplicada pela mola depende do quanto ela é esticada ou comprimida; em outras palavras, a força é diretamente proporcional à deformação da mola. Isso pode ser expresso matematicamente pela seguinte equação:

$$|F_{EL}| = k\Delta x$$

em que Δx é a deformação da mola e k é a chamada constante elástica da mola, um valor que mede a “dureza” da mola (quanto maior o valor de k , mais difícil é esticar ou puxar essa mola).

E aí galera, chegou a hora de revisar o que a gente viu sobre Força elástica. Prontos para alguns exercícios?

Exercício 7: Uma mola tem constante elástica $k=2,5\text{kN/m}$. Quando ela for comprimida de 12cm, qual será a força elástica dela?

- a) 30N
- b) 3N
- c) 0,3N
- d) 300N
- e) 3000N

Exercício 8: Um bloco de massa 12kg está suspenso por uma mola de coeficiente 1,3KN/m, quando o sistema atinge o equilíbrio, qual a deformação da mola?

- a) 0,092m
- b) 0,92m
- c) 9,2m
- d) 92m
- e) 920m

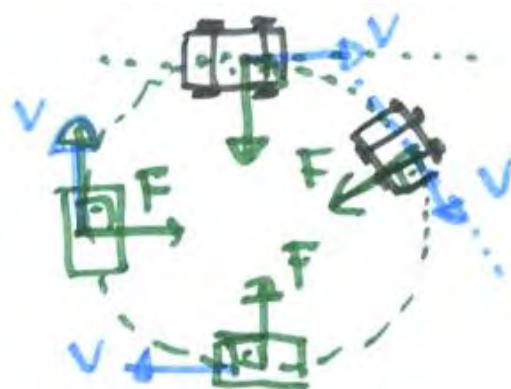
FORÇA CENTRÍPETA

Sabe aquele movimento circular que estudamos em Cinemática, o MCU? Tenho certeza que você lembra que ele está submetido a uma aceleração centrípeta! Nesse tópico, vamos analisar a força responsável por gerar essa aceleração e manter o corpo andando em círculos.

Conforme vimos em Cinemática, toda mudança de velocidade significa uma aceleração. Pela Segunda Lei de Newton, também sabemos que toda aceleração é produzida por uma força.

Vamos agora considerar as forças envolvidas neste caso, em que o corpo anda em círculos. Considere um disco preso a uma corda, girando em movimento circular uniforme sobre uma mesa. De acordo com a Primeira Lei de Newton, se

não houvesse uma força resultante, o disco se moveria em linha reta. A corda, contudo, desvia o disco de um movimento em linha reta, exercendo nele uma força radial (ao longo do raio do círculo) que o faz andar em círculos. A força aponta para o centro do círculo, conforme a figura. Neste caso, a tração da corda produz a a_c caracterizando uma força centrípeta.



Usando a Segunda Lei de Newton, o valor da força que causa a aceleração centrípeta pode ser relacionado com a aceleração da seguinte maneira:

$$\vec{F}_c = m \vec{a}_c = m \frac{v^2}{R}$$

Agora é sua vez! Aproveite esse exercício para testar seu conhecimento!

Exercício 9: Uma partícula de massa 4kg descreve MCU com velocidade de 4m/s. Sabendo que o raio da trajetória é 2m, calcule o valor da força centrípeta.

- a) 4N
- b) 64N
- c) 8N
- d) 16N
- e) 32N

Exercício 10: Um carro de com massa de 800kg entra numa curva de raio 50m, com velocidade constante de 144 km/h. Calcule a força centrípeta.

- a) 40000N
- b) 4.000N
- c) 31.776N
- d) 25.600N
- e) 2.560N

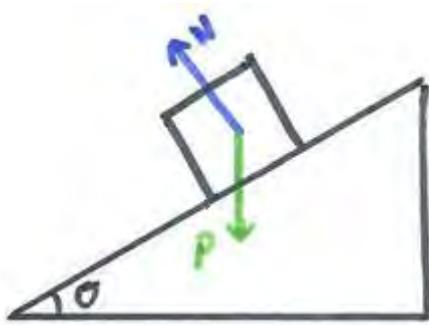
Dicas salvadoras sobre a força centrípeta!

- ✓ Ela não é uma força nova, é só o nome que se dá para a força que estiver fazendo o corpo mudar de direção.
- ✓ Quando a atuação dela acaba, o corpo começa a se mover em linha reta, tangente à trajetória circular!

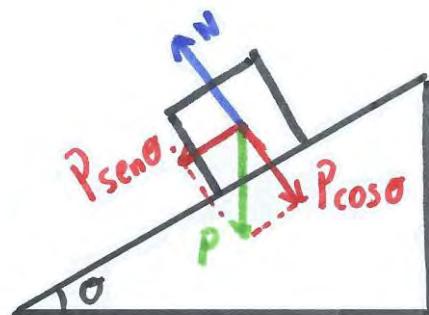
PLANO INCLINADO

Esse com certeza é o problema mais clássico da dinâmica! Quer ver um exemplo dele? Imagine que você está indo até os correios com uma encomenda nas mãos. Para chegar até lá, você precisa subir uma ladeira. O grande problema é que seu tênis se desamarra no meio dessa ladeira e você precisa largar a caixa para amarrá-lo novamente. Ao largar a caixa com a encomenda no chão, a caixa começa a deslizar para baixo. Mas então, por acaso você já parou para pensar como e porque essa caixa desliza? A resposta dessa pergunta é justamente o que vamos estudar agora!

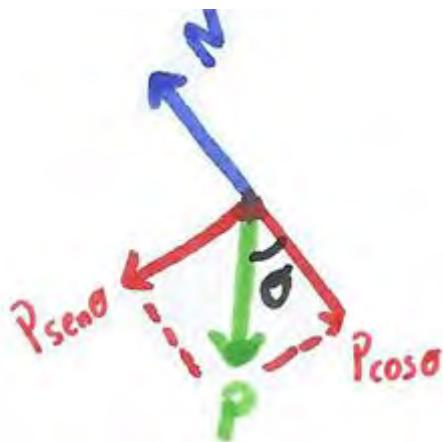
Quando esta caixa está posicionada sobre a rampa, existem basicamente duas forças atuando sobre ela: a força da gravidade, conhecida como força peso, e a força que impede que a caixa afunde no chão, conhecida como força normal. A força peso é direcionada para o centro da terra, então sua direção é vertical para baixo. Já a força normal tem sua direção perpendicular ao plano, apontando para fora dele. A imagem aqui embaixo vai te ajudar a entender isso!



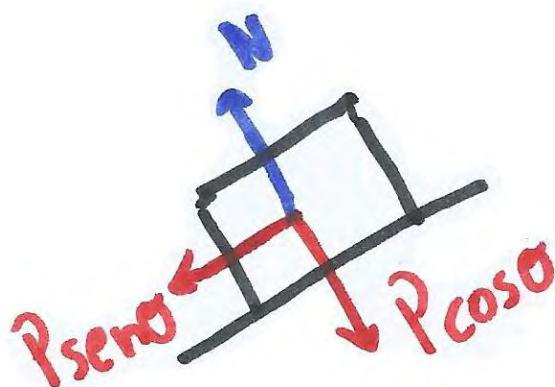
A grande jogada deste problema é justamente decompor a força peso em outras duas forças: uma paralela e outra perpendicular a direção do plano da rampa. Assim:



Com um pouco de trigonometria, conseguimos descobrir que o ângulo entre a força peso e a componente dela na direção normal (perpendicular ao plano!) é exatamente igual ao ângulo de inclinação da rampa!



Agora que entendemos como decompor a força peso em outras duas forças, podemos tirar ela do problema e redesenhar as forças que atuam na caixa da encomenda da seguinte forma:



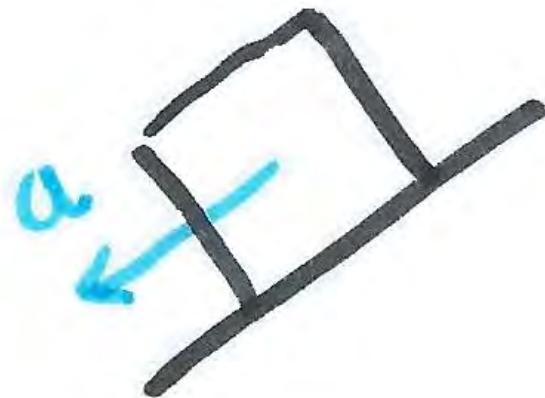
Lembra que o peso de um corpo era dado pela massa dele vezes a aceleração da gravidade no local onde ele está? Em termos matemáticos, escrevemos isso da seguinte forma.

$$P = m.g$$

Como obviamente essa caixa não sai voando e nem afunda no chão, sabemos que ela está em equilíbrio na direção perpendicular ao plano. Em outras palavras e com um pouco mais de Física, podemos dizer a força normal precisa ser exatamente igual à componente da força peso que atua nessa mesma direção.

$$N = m.g.\cos(\theta)$$

E agora finalmente vamos entender porque a caixa escorrega para baixo! Já sabemos que uma das componentes da força peso se anula com a força normal, certo? Mas e o que acontece com a outra componente? Ela gera aceleração! É essa componente que faz a caixa escorregar para baixo!



Mas então, como podemos descobrir qual é o valor desta aceleração? Basta aplicar a Segunda Lei de Newton! Igualando a expressão da Segunda Lei com a componente da força peso, chegamos na seguinte expressão:

$$m.a = m.g \cdot \sin(\theta)$$

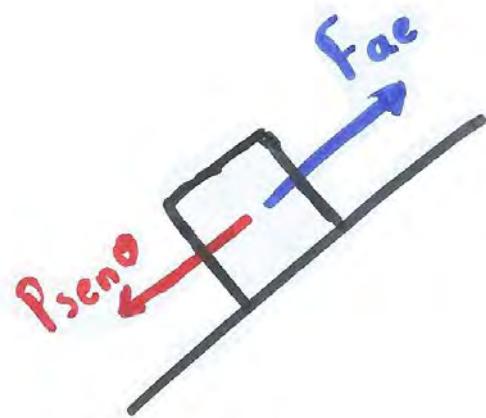
Cortando as massa e chegamos na conclusão que a aceleração do bloco pode ser encontrada através da seguinte expressão:

$$a = g \cdot \sin(\theta)$$

Uma ressalva muito importante que deve ser feita e que certamente você percebeu é que a aceleração de descida do bloco não depende da massa dele, curioso né?

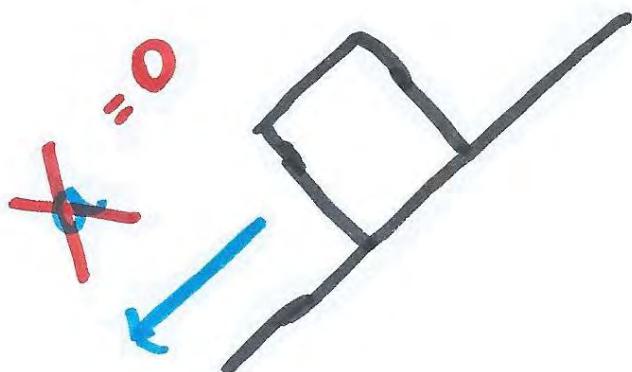
E agora, percebeu a importância desse problema? Ele envolve diversos conceitos fundamentais da dinâmica. Para resolver ele tivemos que saber o que é força peso, força normal e saber como aplicar a Segunda Lei de Newton.

Essa é para você que quer saber mais! Durante toda explicação do problema do plano inclinado levamos em consideração que não havia atrito entre o chão e a caixa. E se existisse, o que mudaria? Muito pouco! A primeira coisa que teríamos que fazer é ver se a componente paralela ao plano supera a força de atrito estático máxima.



Caso a força de atrito estático máximo fosse maior, o corpo não iria se mover e ficaria parado na rampa!

$$Fat_e > Psen(\theta)$$



Agora, caso a força de atrito estático máximo fosse menor, a única mudança seria na aceleração que a caixa iria ter. Para calcular ela, precisamos apenas encontrar o valor da força de atrito cinético e então subtrair ela do valor da componente da força peso.

$$ma = Psen(\theta) - Fat_c$$

RESUMO DE FORÇAS

Se liga nessa tabela! Nela estão algumas das mais importantes informações que você precisa lembrar sobre cada uma das forças que estudamos!

Força	Quando acontece	Observação
Peso	Onde há gravidade	$P = mg$
Normal	Contato com superfície	Forma 90° com a superfície
Tração	Cordas	mesma T nas duas pontas
Atrito	Superfícies	Pode ser estático ou cinético!
Elástica	Molas	$F = kx$

CONCLUSÃO

Apresentamos todos os conceitos da Dinâmica que você precisa conhecer. Agora que você já sabe tudo sobre esse conteúdo, lembre-se de fazer os exercícios, pois é neles que você vai conseguir praticar o que foi aprendido! Tudo que você aprendeu aqui vai ser muito importante no estudo da nossa próxima apostila, em que abordaremos a Energia e todos os fenômenos físicos que estão ligados a ela! Até lá!

PARTE I

FÍSICA

03

MECÂNICA ESTÁTICA E MOMENTO LINEAR

meSalva!

ESTÁTICA

E aí, galera do Me Salva!

Alguma vez vocês já pararam para pensar como as pontes e prédios são construídos? Com certeza a primeira coisa que vem a nossa cabeça é o concreto e os tijolos, certo? Mas existe muito mais por trás disso! Já reparam naqueles cabos gigantes que seguram as pontes? Ou então nas vigas que sustentam os prédios? Pois então, essas duas coisas servem para impedir que essas construções se movimentem e caiam! Mas espera aí, como os construtores sabem a quantidade certa e onde esses cabos/vigas devem ser colocados? Justamente através do fantástico ramo da física que estudaremos nesta apostila, a estática! Estática? Palavra estranha né? Mas não se preocupe, o significado ela bem simples: sem movimento, em equilíbrio.

Lembra quando estudamos as forças lá na Dinâmica? Pois então, nesta apostila vamos utilizar aqueles mesmos conceitos. A grande diferença aqui é que os objetos não irão se movimentar, todos eles estarão em equilíbrio! Além de aprender a verificar se os corpos estão estáticos (se eles não estão se movimentando!), aqui também vamos estudar todas as condições necessárias para que isso aconteça.

E aí, também ficou fascinado e empolgado para aprender a estática? Esperamos que sim! Vamos lá!

Força

Antes de nos aprofundarmos na Estática, vamos dar uma revisada naquele conceito de força que estudamos lá na Dinâmica. Lembra disso? Intuitivamente, pensamos em força como um empurrão ou um puxão. E sabe o que é o mais incrível? Esta é a melhor definição que podemos ter!

Você nunca viu uma pessoa tentando puxar algo pesado? Se sim, você deve ter reparado que sempre tem alguém para falar “faz mais força!”, não é? Pois então, essa tentativa que a pessoa está fazendo de mudar o estado do objeto (fazer ele me mexer!) é exatamente o conceito físico de força!

Você vai perceber que praticamente todos os problemas que vamos estudar nesta apostila irão envolver forças aplicadas em corpos. O mais importante que você precisa lembrar é que força é uma grandeza vetorial. Sendo assim, a direção e o sentido em que uma força é aplicada importa. E importa muito! Uma força na direção horizontal é totalmente diferente de uma força na direção vertical! A mesma coisa vale para o sentido, uma força com sentido para a direita é totalmente diferente de uma força aplicada para a esquerda!

1. Revisão de vetores e forças

Aqui na Estática vamos precisar saber somar e subtrair forças. Mas não se assuste! A notícia é boa! Isso é exatamente igual a somar e subtrair vetores. Sendo assim, nada mais apropriado do que revisarmos brevemente aquele estudo sobre vetores (forças!) que fizemos na apostila de Introdução à física, certo? Vamos lá!

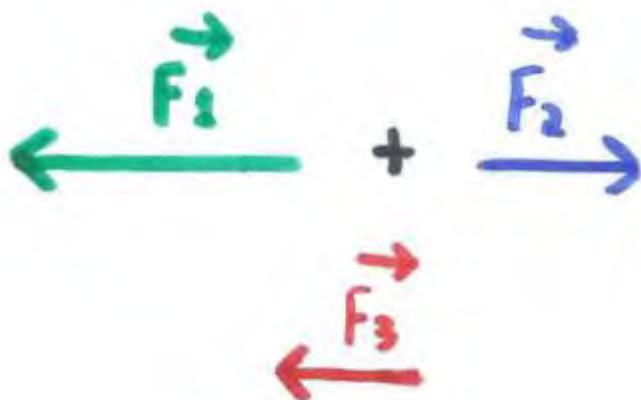
1.1. Soma de forças com mesma direção e sentido.

Suponha que você e uma amiga estão empurrando um carro que parou de funcionar! Concorda que para o carro voltar a funcionar vocês terão que empurrar ele para frente, fazendo forças com mesma direção e mesmo sentido? Pois então, essas duas forças feitas por vocês irão se somar, produzindo uma força ainda maior, que impulsiona o carro para frente! Mas espera aí, qual é exatamente a intensidade dessa força? Sua intensidade (módulo) será a soma dos módulos das forças anteriores!

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_3$$
$$|\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| = |\vec{F}_3|$$

1.2. Soma de forças com mesma direção e sentidos contrários.

Esse caso é praticamente igual ao anterior! A diferença agora é que vocês brigaram! Cada um quer empurrar o carro para um lado diferente! Mas então, quem vai ganhar essa disputa? Intuitivamente você deve imaginar que é quem fizer a maior força, certo? E isso está perfeitamente correto! As forças irão se subtrair (irá ocorrer a subtração de seus módulos) e a força resultante terá o sentido da força de maior módulo!



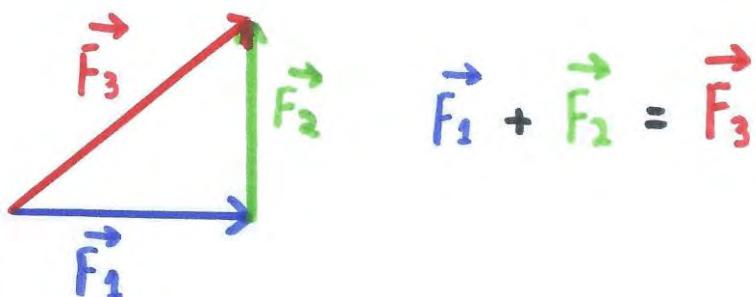
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_3$$

$$|\vec{F}_1| - |\vec{F}_2| = |\vec{F}_3|$$

Para você que quer saber mais! Mas espera aí? O que aconteceria se as forças feitas por cada um de vocês fossem de mesmo módulo? O carro permaneceria estático (lembra dessa palavra?)! As duas forças se anulariam e a força resultante sobre ele seria zero. Desta forma, ele não iria se mover!

1.3. Soma de forças perpendiculares entre si.

Este caso é diferente dos que vimos anteriormente! Aqui vamos precisar um pouco da geometria que vimos lá em Matemática. Quando duas forças que são perpendiculares (como por exemplo uma força vertical somada com uma força horizontal!) estão sendo somados, devemos formar um triângulo com elas. Como assim? Utilize essas forças para formar os catetos de um triângulo retângulo! A partir disso basta só você traçar a hipotenusa desse triângulo, pois ela irá representar exatamente a força resultante!

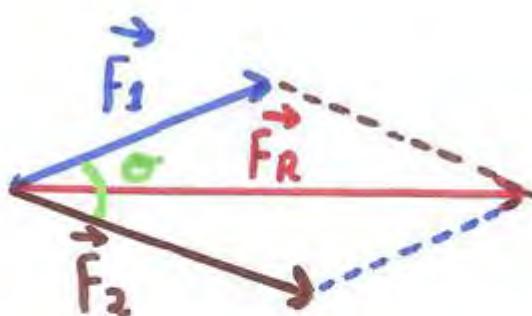


$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_3$$

1.4. Soma de vetores com sentidos arbitrários – Regra do paralelogramo

Bom, já vimos como somar forças com mesma direção e forças perpendiculares, certo? Mas isso são casos bem específicos na estática! A maioria das vezes iremos precisar somar forças com sentidos aleatórios. E é justamente isso que aprenderemos agora!

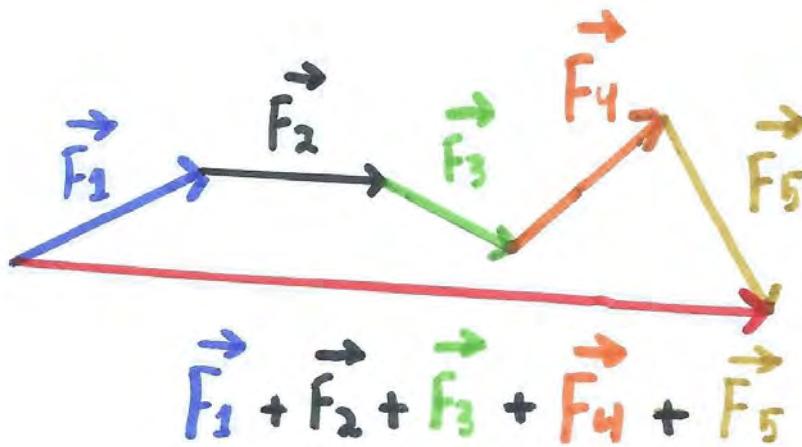
A primeira coisa que devemos fazer é colocar as duas forças tendo a mesma origem, a força resultante da soma destas duas forças é descoberta através da aplicação da lei dos cossenos, exatamente como mostrado aqui embaixo!



$$|F_R| = |F_1|^2 + |F_2|^2 + 2|F_1||F_2|\cos(\sigma)$$

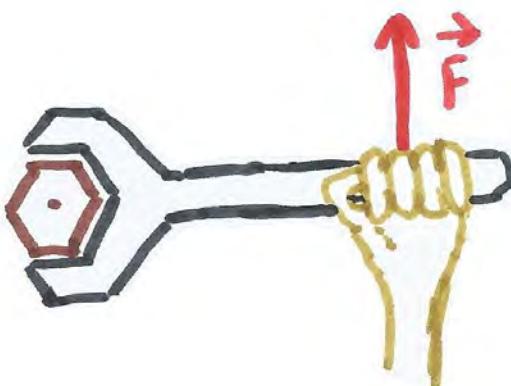
1.5. Adição de várias forças – Regra do polígono

Esta regra é muito boa quando precisamos somar diversas forças! O que você precisa fazer é escolher uma das forças. A partir da ponta desta primeira força coloque a segunda força, a partir da ponta desta segunda força coloque a terceira força e assim sucessivamente. Após desenhar todas as forças, a força resultante dessa soma é encontrada desenhandose uma força que vai do começo da primeira até a ponta da última.



Momento

Ao contrário do conceito de força, que já era nosso velho conhecido, o conceito de momento é algo que ainda não estudamos. Mas não se preocupe, não é nada de outro mundo. O momento (também conhecido como torque) explica a rotação dos objetos. Não entendeu? Imagine que você precisa apertar um parafuso com uma chave inglesa. Você precisa fazer uma força na chave para que o parafuso seja apertado, certo? Te liga na imagem abaixo, ela mostra isso e vai facilitar o teu entendimento!



Percebeu que essa força gera uma rotação na chave? Essa relação entre a aplicação de uma força e a rotação de um objeto é justamente o momento! Outra coisa muito importante é que o momento depende de um ponto de rotação. Neste exemplo que acabamos de ver, esse ponto é o parafuso.

Você já brincou de gangorra? Tenho certeza que sim! E se eu te disser que a ideia dessa brincadeira se baseia toda no conceito de momento? Pois então, é exatamente isso! Cada pessoa sentada faz uma força (o seu peso!) em um lado da gangorra, gerando um momento e fazendo a gangorra girar. E agora vem a parte mais legal! Lembra quando você estava brincando e ia bem para a ponta da gangorra para conseguir deixar o seu amigo “de castigo”? Isso também tem ligação com o momento! Quanto mais longe você ia do ponto de rotação da gangorra, maior era o momento que você gerava e mais difícil era para seu amigo conseguir mover a gangorra. Exatamente essa relação que acabamos de ver é expressa pela fórmula matemática do momento:

$$M = F \cdot d$$

Essa expressão nos diz que quanto mais longe do ponto de rotação a força é aplicada, maior é o momento gerado por ela.

Outro ponto que vale a pena ressaltar é o sinal convencionado para o momento. Caso a força aplicada gera uma rotação no sentido anti-horário, teremos momento positivo. Caso a rotação seja no sentido horário, então teremos momento negativo.

Equilíbrio

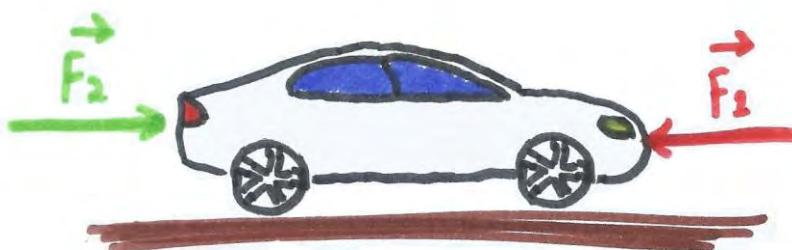
Aqui começa diretamente o estudo da Estática! Neste tópico vamos estudar o **equilíbrio estático**. Mas espera aí, o que isso significa exatamente? Olhe para o livro que você usa para estudar, ou então para o seu computador. Melhor ainda, para o quadro preso na sua parede. Alguma dessas coisas está se mexendo? Não? Pronto, exatamente isso é equilíbrio! Todos esses objetos estão em equilíbrio estático, pois nenhum deles está em movimento, independente se ele acelerado ou não.

E do ponto de vista da Física, o que significa isso? É justamente isso que vamos ver agora! Podemos dividir essa análise em duas: o equilíbrio de um ponto material e de o equilíbrio de um corpo extenso.

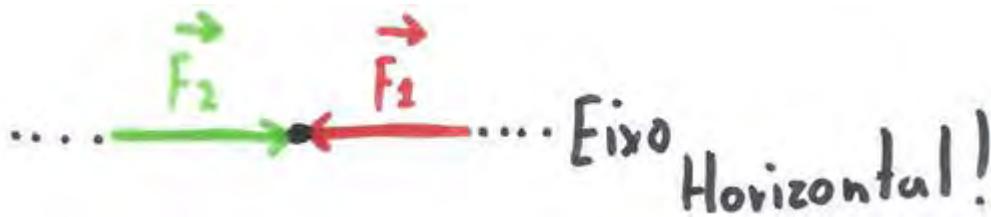
Equilíbrio de um ponto material

Antes de nos aprofundarmos nesse estudo, devemos primeiro entender exatamente o que é um ponto material. Você tem ideia do que isso seja? Um ponto material é todo corpo cujas dimensões não são relevantes no estudo que iremos fazer. Parece complicado né? Mas lembre daquela situação do carro que falamos anteriormente! Lá onde você e sua amiga tiveram que empurrar um carro que parou de funcionar, lembra? Pois então, naquela situação as dimensões do carro não eram importantes para nossa análise. Só importava que vocês estavam fazendo uma força sobre o carro para ele se mover. Este é o exemplo de um ponto material!

Agora vamos para a parte mais importante! Quando um ponto material está em equilíbrio? Um ponto material está em equilíbrio quando não há força resultante atuando sobre ele. Para ser mais preciso, a força resultante que atua sobre ele deve ser nula, seu módulo deve valer zero. Veja bem: isso não quer dizer que não existem forças atuando sobre este corpo, e sim que a soma delas é igual a zero! Te liga na imagem abaixo:



Como estamos tratando esse carro como um ponto material, podemos desenhar o problema da seguinte forma:



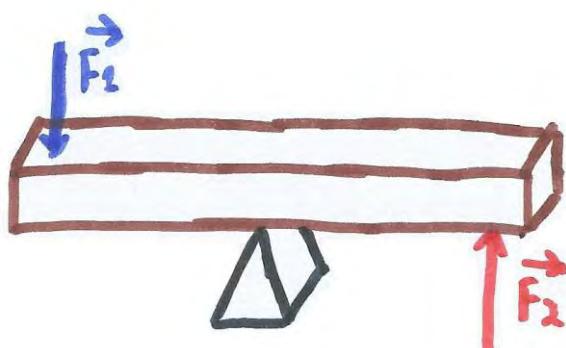
Perceba que existem sim forças atuando sobre esse carro, mas quando somadas elas se anulam! Portanto a força resultante atuando sobre ele é zero! Esse carro está em equilíbrio! Baseado nisso você pode estar se perguntando: existe uma maneira de escrever essa situação através de uma equação matemática? Claro que existe!

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = 0$$

Esta expressão diz exatamente o que acabamos de ver: para um ponto material estar em equilíbrio é necessário que a soma de todas as forças que atuam sobre ele seja zero!

Equilíbrio de um corpo extenso

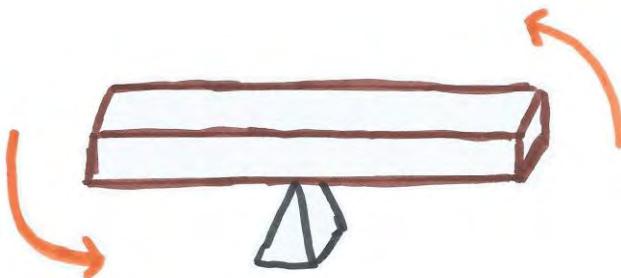
Agora a análise é diferente! Quando estamos tratando de corpos extensos as dimensões deles não podem ser ignoradas. Mas espera aí, o que exatamente é um corpo extenso? Isso depende de qual análise queremos fazer! Lembra quando falamos sobre a gangorra e a relação dela com o momento? Pois então, naquela análise a gangorra era um corpo extenso, pois importava o local exato onde cada força era aplicada.



E como sabemos quando um corpo extenso está em equilíbrio? São as mesmas condições do que no caso de um ponto material? Sim e não! Sim porque a soma das forças que atuam sobre o corpo também deve ser zero.

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = 0$$

Não porque essa condição sozinha não garante que o corpo esteja em equilíbrio. Mesmo que a soma das forças seja zero, o corpo pode estar rotacionando. Espera aí, rotação? Isso não te lembra algo que vimos nessa apostila? Tenho certeza que sim! É isso mesmo. Rotação lembra momento!



Para garantir que este corpo realmente esteja em equilíbrio também precisamos impor a condição de que ele não gire, ou seja, que a soma de todos os momentos que agem sobre ele deve ser igual a zero.

$$M_1 + M_2 + M_3 \dots = 0$$

Te liga! De tudo isso que nós vimos, podemos fazer um resumo do que é extremamente importante no equilíbrio de corpos extensos. Você não pode esquecer isso de jeito algum! Para que um corpo extenso esteja em equilíbrio ele deve respeitar essas duas expressões: a soma de todas as forças e de todos os momentos que atuam sobre ele deve ser zero!

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = 0$$

$$M_1 + M_2 + M_3 \dots = 0$$

Tração em cordas

Tenho certeza que você já deitou em uma rede. Mas alguma vez enquanto estava deitado você pensou qual era a tração nas cordas que estavam segurando esta rede? Claro que não! Provavelmente você tinha alguma outra coisa melhor para fazer. Mas olha só que interessante: aposto que alguma pessoa já pediu para sentar com você na rede e a primeira coisa que você pensou foi que as cordas que estavam segurando a rede podiam arrebentar, certo? Pois então, indiretamente você estava fazendo uma análise na tração nestas cordas!

Mas então, como você poderia fazer para saber se essas cordas realmente vão arrebentar? É isso que vamos ver agora! Suponha que você tenha massa igual a 60kg e a

pessoa que pediu para sentar com você tenha massa igual a 50kg. Além disso, veio um bilhete junto dessa rede dizendo que cada uma de suas cordas pode suportar até 1200N de tração e que elas devem formar um ângulo de 60 graus com a parede. A imagem abaixo mostra exatamente este problema!



A primeira coisa que você deve fazer é ver a força (o peso) que você e seu amigo irão fazer para baixo. Sendo a soma das duas massas igual 110kg e supondo a aceleração da gravidade como 10m/s^2 .

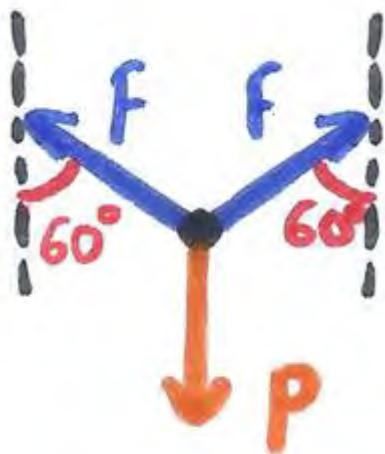
$$P = m \cdot g$$

$$P = 110\text{kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1100\text{N}$$

Vale a pena observar! Note que não neste problema não nos interessa a altura das pessoas nem o comprimento da rede. Tudo que precisamos conhecer é a força peso causada pela massa das pessoas. Conseguir associar isso a algum conceito que já vimos na apostila? Isso mesmo! Estamos tratando a rede e as pessoas sentadas nela como um ponto material

Agora para encontrarmos a tração nas cordas basta aplicarmos a equação de equilíbrio de um ponto material!

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = 0$$



Fazendo os cálculos:

$$2F \cos(60^\circ) = 1100N$$

$$F \cos(60^\circ) = \frac{1100N}{2}$$

$$\cos(60^\circ) = \frac{1}{2}$$

$$\frac{F}{2} = 550N$$

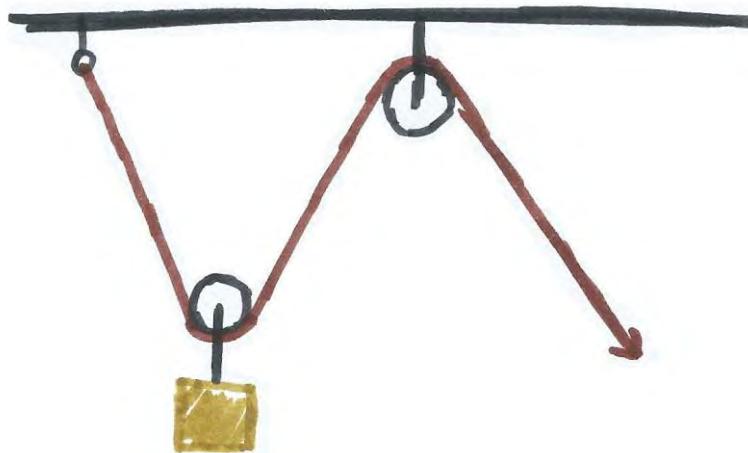
$$F = 1100N$$

Agora que realizamos todos os cálculos descobrimos uma boa notícia! Quando seu amigo sentar na rede a tensão em cada uma das cordas vai ser igual a 1100N. Ou seja, ela vai ser menor do que aquele valor de 1200N e não vai arrebentar!

Muito importante! Assim como fizemos na apostila de Dinâmica, aqui também vamos utilizar cordas ideais, que puxam com a mesma força nas duas pontas. Guarde bem essa informação, ela vai ser muito importante nos problemas que nós vamos resolver!

Polias

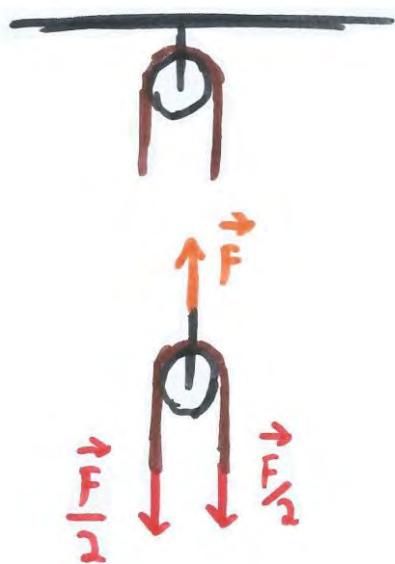
Alguma vez você já foi à academia? Ou então simplesmente já teve contato com algum aparelho de musculação? Muito provável que sim! Mas alguma vez você já reparou que no meio da estrutura destes aparelhos sempre existem objetos redondos, por onde passa o cabo que liga o peso à barra que você segura para fazer o exercício? Pois estão, esses objetos redondos são as chamadas polias! Te liga nessa imagem:



E adivinha? Para analisarmos o funcionamento das polias devemos utilizar os princípios da Estática! Podemos separar as polias em dois tipos: fixa ou móvel.

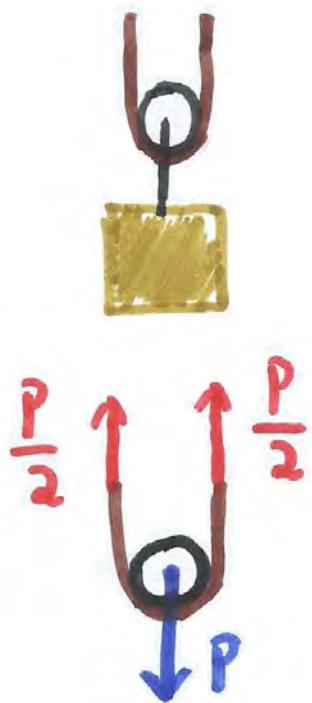
Polia fixa

As polias fixas são as mais utilizadas nos aparelhos de musculação, pois a função básica delas é apenas mudar a direção em que a força que está sendo aplicada, sem diminuir sua intensidade.



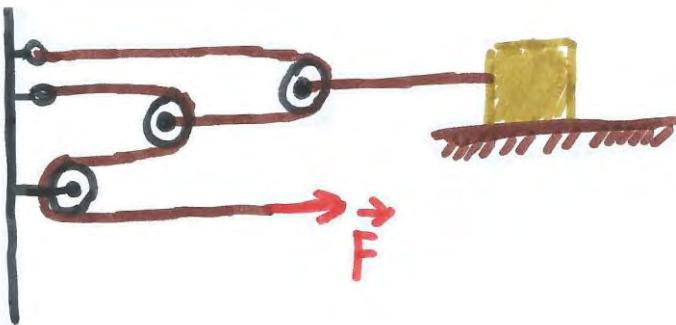
Polia móvel

As polias móveis são diferentes. Além de elas mudarem a direção em que a força é aplicada, elas também funcionam para diminuir ou aumentar a intensidade dessa força, dependendo do local onde são fixadas.



Associação de polias

Como acabamos de ver, as polias móveis podem diminuir a intensidade da força aplicada. E perceba que é justamente nisso que a associação de polias se baseia. Quando precisamos mover algum objeto muito pesado, a associação de polias divide a força que precisamos fazer. Te liga nessa imagem, ela representa uma associação de polias.

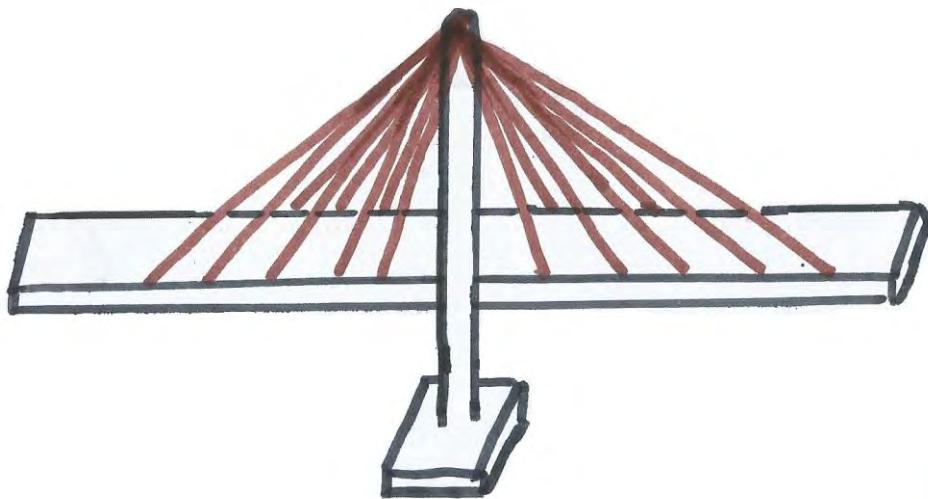


Conseguiu notar? Cada polia móvel colocada no sistema divide pela metade a força que precisamos fazer! No caso dessa associação utilizada na imagem, possuímos duas polias móveis, então a força necessária para mover a caixa é quatro vezes menor do que seria se simplesmente colocássemos uma corda nela e puxássemos. Genial né? As aplicações disso são infinitas!

A estática no cotidiano

Pontes

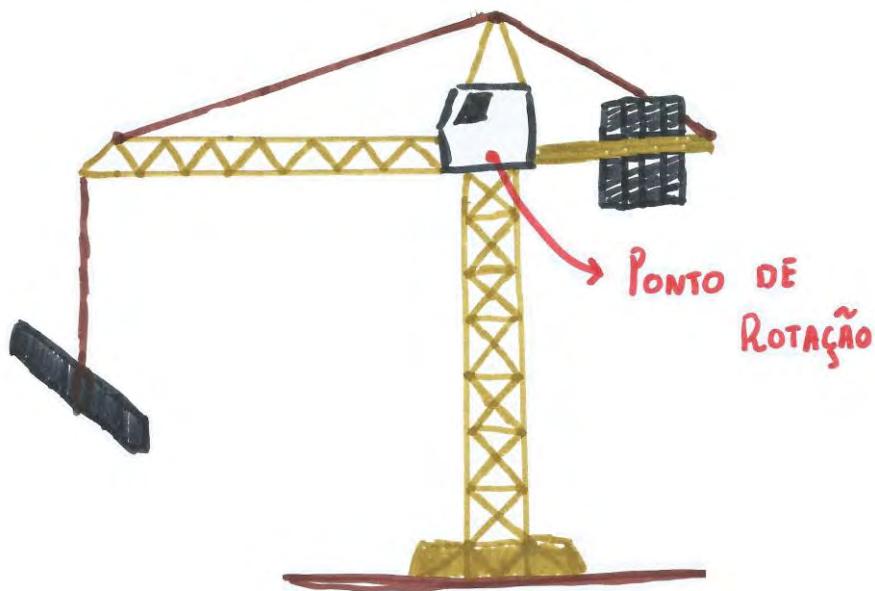
Você já viu alguma ponte se mexendo? Espero que não, porque se uma ponte se mexer não é sinal de boa coisa, concorda? Intuitivamente conseguimos perceber que as pontes não devem se mover, que elas devem permanecer estáticas independente do número de carros, ônibus ou caminhões que passarem por ela.



Que tal fazermos uma análise superficial das forças que atuam sobre uma ponte e entendermos como ela se mantém em equilíbrio? Vamos nessa? As primeiras forças que precisamos considerar são as forças peso da estrutura e dos automóveis. Todas essas forças atuam verticalmente para baixo, certo? Então como a ponte se mantém em equilíbrio? Agora entra a grande jogada! Tanto a estrutura da ponte quanto as cordas (tracionadas) reagem à essas forças gerando forças de mesma intensidade para cima. Mas como isso acontece? A tração nas cordas não é constante, ela aumenta conforme aumentam os veículos em cima da ponte, mantendo sempre o equilíbrio.

Guindastes

Se não fosse pelos guindastes, não existiriam prédios tão altos como conhecemos hoje em dia. Eles são fundamentais na construção civil! E adivinhe: eles também são aplicações diretas da Estática. Baseado nisso podemos fazer uma reflexão: se o braço do guindaste é muito grande e ele levanta coisas muito pesadas, então existe um momento gigante atuando sobre ele, certo? Sim, exatamente isso. E então agora você pode estar se perguntando: como o guindaste não tomba se existe esse momento atuando sobre ele? A resposta é simples! Você pode nunca ter reparado, mas existem pedras muito pesadas na outra ponta do guindaste que impedem que isso aconteça!



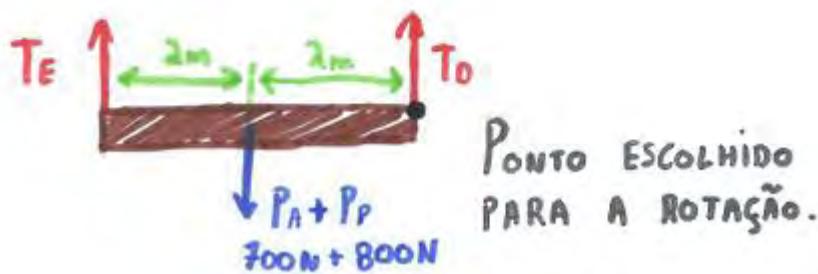
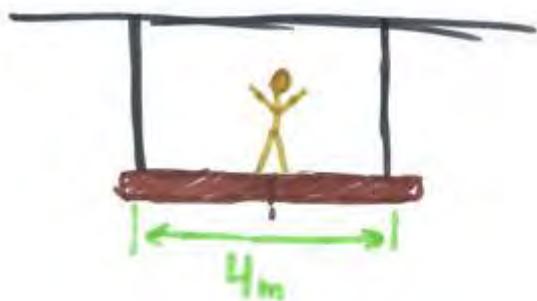
Note neste desenho que as pedras estão muito mais próximas do ponto de rotação do que os objetos que o guindaste levanta. Agora lembre da expressão para o cálculo do momento!

$$M = F \cdot d$$

Disso conseguimos deduzir uma relação muito importante que existe nos guindastes! Para que o momento resultante sobre o guindaste seja zero, é necessário que as pedras sejam muito mais pesadas que a carga que o guindaste vai levar. Só assim o guindaste vai se manter em equilíbrio!

Andaimes

Alguma vez você já reparou nos andaimes utilizados para limpar e pintar prédios altos? Muito provavelmente sim! São aqueles que ficam parados ao lado dos prédios, presos ao telhado por duas cordas. Parados? Isso não lembra algo que estudamos nessa apostila? Sim, lembra exatamente o conteúdo que estudamos aqui. O andaime é um corpo extenso em equilíbrio! Observe abaixo o esquema de forças que atuam no andaime



Para que este andaime não se move, é necessário que a soma de forças agindo sobre ele seja zero.

$$F_1 + F_2 + F_3 \dots = 0$$

Neste problema, isso se traduz que a soma das trações nas cordas deve ser exatamente igual ao peso da pessoa somado ao peso do andaime.

$$T_E + T_D = 700N + 800N$$

$$T_E + T_D = 1500N$$

Mas espera aí, ainda não sabemos os valores exatos da tração em cada uma das cordas, sabemos apenas o valor da soma delas! Aqui entra a grande jogada e você precisa lembrar de um fato extremamente importante que estudamos. Lembra a outra condição necessária para um corpo extenso esteja em equilíbrio? Sim, a soma de momentos igual a zero!

$$M_1 + M_2 + M_3 \dots = 0$$

Para aplicarmos está condição precisamos escolher um dos pontos de rotação do andaime. Vamos escolher o lado direito, mas vale observar que iríamos chegar no mesmo resultado se escolhêssemos o lado esquerdo.

$$\sum M = 1500N \cdot 2m - T_E \cdot 4m = 0$$

$$T_E \cdot 4m = 1500N \cdot 2m$$

$$T_E = \frac{1500N}{2}$$

$$T_E = T_D = 750N$$

Vale a pena observar! Se a pessoa que está em cima do andaime estiver exatamente no meio dele, a força de tração será igualmente distribuída nas duas cordas. Caso ela esteja mais para a direita, então a tração na corda direita será maior. O contrário também acontece! Se ela estiver mais para a esquerda, a tração na corda esquerda será maior. Isso se justifica através da soma de momentos igual a zero, faça o teste!

E aí, percebeu como a Estática está presente no nosso cotidiano? Espero que sim! Nesta apostila aprendemos o quanto importante é que algumas coisas (como os prédios, as pontes e os guindastes) permaneçam paradas e também o modo físico de verificar isso!

Lembre de revisar o conceito de momento e, principalmente, as condições necessárias para o equilíbrio de cada tipo de corpo. Também aproveite para fazer os exercícios na plataforma. É neles que você vai conseguir saber se realmente aprendeu a matéria e se preparar ainda mais! Até a próxima!

PARTE I

FÍSICA

04

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE NEWTON

meSalva!

GRAVITAÇÃO DE NEWTON

E aí, galera do Me Salva!

Espero que vocês todos estejam confortáveis e motivados, porque nesta apostila vamos estudar um conteúdo muito massa, a gravitação! Nome estranho, né? Você deve ter pensado que é algo relacionado à gravidade, certo? E é isso mesmo, é aqui que vamos entender exatamente o que é a gravidade. Mas essa não é a parte (mais) legal. Também vamos estudar diversas tecnologias, desde a televisão por assinatura até as viagens espaciais, que só foram desenvolvidas através do conhecimento da gravitação!

Lembra quando você foi convidado para ir naquela festa, mas não tinha ideia como chegar no lugar? Pois então, pode agradecer à gravitação, foi o estudo dela que te permitiu chegar ao seu destino! Não entendeu? Você não pegou o seu celular e colocou o endereço da festa no GPS? Pois então! O GPS funciona via satélite, e os satélites só estão em órbita porque a gravitação nos explicou como colocá-los lá!

E agora, preparado para entender como tudo isso funciona? Espero que sim! É a partir do estudo da gravitação que vamos conseguir analisar como todas essas tecnologias funcionam! Se prepara e vamos lá!

1. A história da gravitação e da gravidade

Em algum momento da sua vida você já ouviu falar que o Sol é a estrela central do nosso sistema solar e que todos os planetas se movem ao seu redor dele, certo? Mas espera aí, você já pensou como alguém chegou nessa conclusão? Você pode não acreditar, mas pessoas quase foram queimadas vivas para que isso fosse descoberto. Sim, queimadas vivas! Não entendeu? Logo você vai entender! A História tem papel fundamental no estudo da gravitação, por isso, antes de entrarmos propriamente na matéria, vamos aprender como foi que as teorias que conhecemos hoje sobre o universo foram descobertas.

É incrível como o interesse pelo estudo dos astros sempre esteve presente no ser humano. Isso vem desde muito tempo! Ainda na Grécia antiga, Aristóteles propôs um modelo totalmente diferente do que conhecemos hoje, chamado de geocêntrico. Esse modelo basicamente afirmava que a Terra era o centro do universo e todos os planetas, assim como o Sol e a Lua, giravam em torno dela. Ainda neste mesmo período, o astrônomo grego Ptolomeu lançou um livro afirmando e aprimorando essa tese do geocentrismo. Com o conhecimento que temos hoje, pode parecer que o que eles descobriram é uma baita bobagem, mas demorou quase mil e quinhentos anos para outra pessoa conseguir pensar em algo diferente disso e divulgar!

Durante a idade média, um estudioso chamado Nicolau Copérnico percebeu diversos problemas na teoria anterior e formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol seria o centro do universo e todos os planetas girariam em torno dele. O mais impressionante

é que ele chegou a essa descoberta só observando a movimentação das estrelas, sem nenhuma prova concreta!

E agora a Física e a História se misturam! Copérnico guardou seus estudos sobre o heliocentrismo durante sua vida toda, sem contar para ninguém! Da para acreditar? Mas existe uma justificativa pra isso. Como a Igreja Católica defendia fielmente a teoria geocêntrica, ele temia que, ao divulgar seus estudos, fosse condenado por heresia e queimado. Não acredita? Isso realmente aconteceu! Anos após a divulgação dos estudos de Copérnico, um cientista chamado Galileu Galilei utilizou lunetas para reforçar a teoria heliocêntrica e quase se deu mal. Como consequência de sua “mentira”, foram dadas duas opções a Galileu: negar sua teoria ou ser queimado na fogueira da Inquisição. Consegue adivinhar qual opção ele escolheu? Negou toda sua teoria e continuou vivo.

Anos mais tarde, outra grande descoberta foi feita pelo matemático Johannes Kepler. Após dedicar trinta anos de sua vida estudando o movimento de Marte (sim, ele dedicou praticamente sua vida inteira a estudar os astros, isso que é paixão!), ele constatou que, ao contrário do que os cientistas pensavam antes, o formato de órbita que mais se ajustava aos dados de Marte era elíptica e não circular. Após isso, ele imediatamente concluiu que todos os planetas moviam-se em elipses. A partir disso ele desenvolveu três leis que ficaram conhecidas como Leis de Kepler, que estudaremos detalhadamente aqui na apostila.

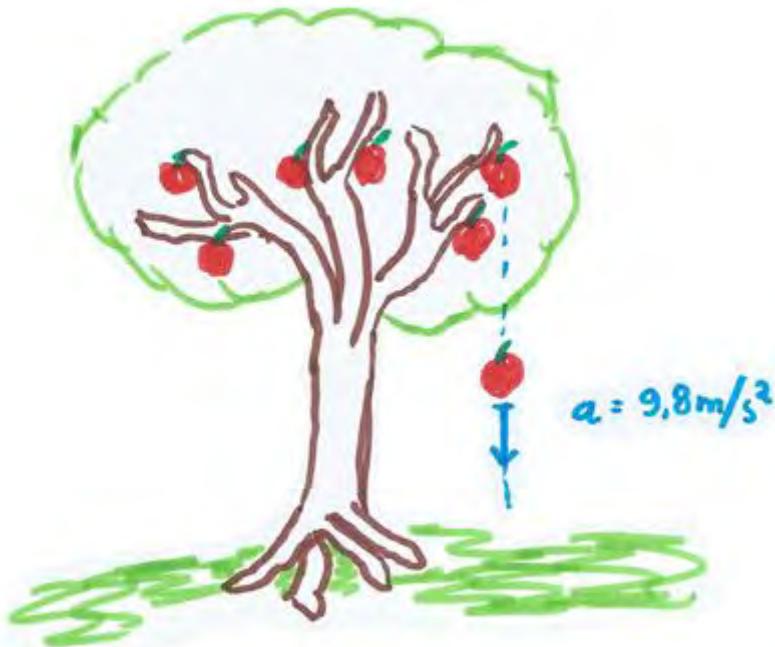
E a gravitação, onde entra na história? Exatamente agora, junto com o cientista Sir Isaac Newton! Já sabendo que as órbitas dos planetas em torno do Sol eram elípticas, ele focou seus esforços em tentar compreender o porquê disso. Ele já havia reconhecido a existência de uma força (a gravidade!) que atuava sobre os planetas, mas não sabia para onde ela apontava e como funcionava. E como ele solucionou isso? Diz a história que foi com a maçã caindo em sua cabeça. Já ouviu falar nisso? Dizem que Newton estava sentado em baixo de uma árvore quando uma maçã caiu em sua cabeça. E agora entra a genialidade! Ele conseguiu relacionar a queda dessa fruta com o movimento dos planetas. Mas como assim, que relação ele fez? Isso é justamente o tema da nossa apostila! Essa relação deu origem à Lei da Gravitação Universal!

Fato curioso! Vale ressaltar que as teorias de Kepler foram as primeiras realmente postas em prática e verificadas. Tanto a Teoria Geocêntrica de Ptolomeu quanto a Teoria Heliocêntrica de Copérnico não puderam ser testadas na época em que foram anunciadas.

2. Lei da gravitação universal

Durante os estudos de Newton sobre a Lua, uma questão o intrigou muito. Por que a Lua mantém sua trajetória orbitando em torno da Terra? Por que ela simplesmente não se movimenta em linha reta? A conclusão dele foi que devia existir uma força atuando sobre a Lua, mantendo-a em órbita. Entretanto, ele não tinha ideia de qual era a origem dessa força. Ao observar a fruta caindo, Newton conseguiu encontrar a resposta dessa pergunta! Ele percebeu que, para a maçã cair, devia existir uma força que a puxasse em direção a superfície da Terra. E essa foi a grande genialidade dele! Ele conseguiu perceber que essas duas forças eram, na verdade, a mesma, e que ela puxa todos objetos em direção ao centro da Terra!

Agora entra algo muito interessante. Lembra da Terceira Lei de Newton? Aquela que diz que toda ação tem uma reação? Que toda força aplicada tem uma reação de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário? Foi exatamente com isso que Newton descobriu que, da mesma força que a Terra puxa a maçã e a Lua, a maçã e a Lua também puxam a Terra! Mas espera aí, se a maçã puxa a terra com a mesma força que a terra puxa a maçã, porque a maçã cai mas a Terra não sobe? Simples: é a mesma coisa que acontece se você empurrar um elefante e uma espiga de milho com a mesma força, apesar de sofrer o mesmo empurrão o elefante se mexe menos porque tem mais massa (mais inercial!). Como a Terra tem uma massa maior que a maçã ou a lua, ela acaba acelerando menos!"

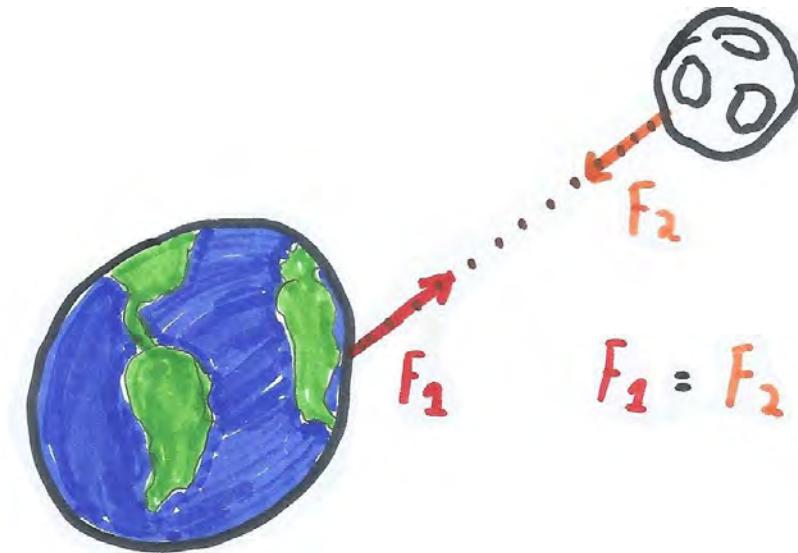


Qualquer objeto, seja um planeta ou uma pena, tem a tendência natural de atrair outros corpos para perto de si. Essa força existe por menor e mais leve que seja o corpo! Até mesmo uma caneta é atraída por uma moeda e vice-versa, pelo simples fato de ambas possuírem massa! Chamamos essa tendência de atração mútua de gravidade.

Dica do MeSalva! Lembra da força Peso que vimos lá na apostila de Dinâmica? Pois então, aquela força é a força gravitacional entre o planeta Terra e os objetos!

E se desejarmos calcular essa força gravitacional entre os corpos, como podemos fazer isso? Sabemos que a intensidade dessa força depende da massa dos corpos envolvidos e da distância entre eles, certo? Pois então, já sabemos que esses termos (massas dos objetos e distância) devem estar na equação. Conforme vimos anteriormente, quanto maior a massa, maior a atração entre os objetos. Além disso, quanto mais afastados os objetos estiverem, menor é a atração entre eles. Assim, essa força deve ser diretamente proporcional às massa dos corpos e inversamente proporcional à distância entre eles. Expressamos isso matematicamente da seguinte forma:

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$



Mas então, a partir disso ainda não conseguimos obter valores para essa força. Devemos inserir uma constante de proporcionalidade para transformarmos essa proporcionalidade em uma igualdade. Neste caso, a chamada constante de gravitação universal (G)!

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

O mais engraçado é que o valor dessa constante só foi descoberto cem anos depois da morte de Newton! Seu valor é $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Vale destacar: O valor da constante de gravitação universal não depende da massa do objeto, pois é constante!

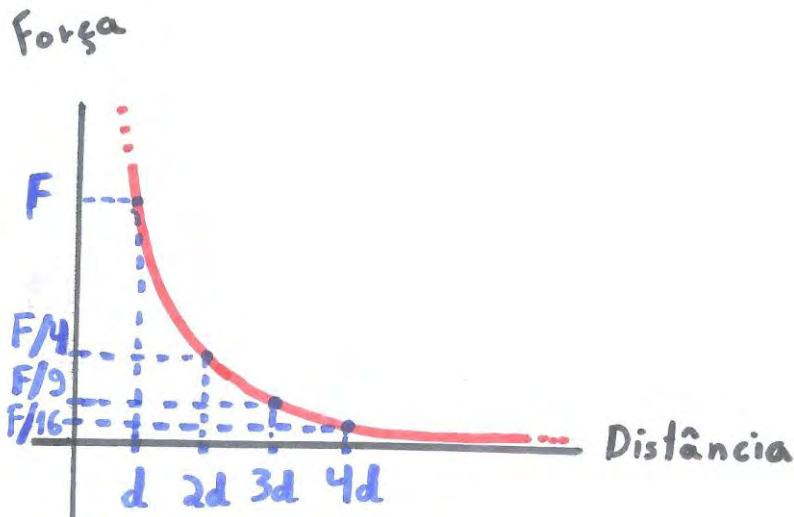
Outra coisa importante que devemos conhecer é a relação entre a força gravitacional existente entre dois corpos e a distância entre eles. Uma boa notícia: conseguimos observar essa relação direto na equação que acabamos de montar!

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

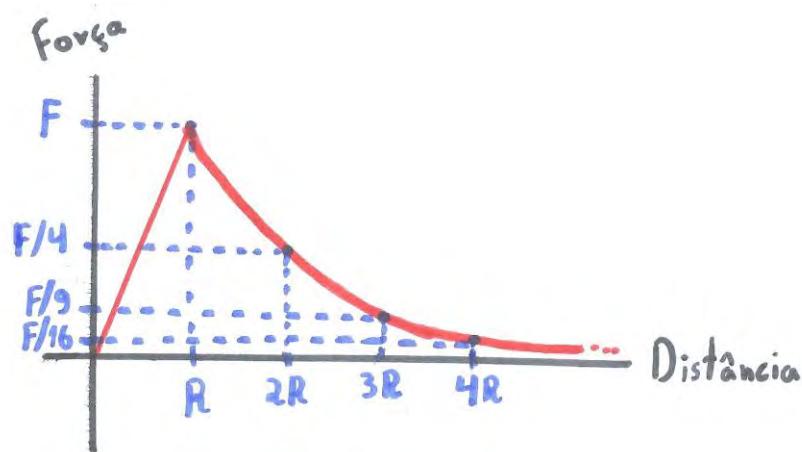
Conforme a distância entre os corpos aumenta, a força gravitacional existente entre eles diminui. Mas diminui quanto? Essa é a grande jogada aqui: a força diminui com o quadrado da distância entre os centros de massa dos objetos! Se liga: se a distância entre os corpos aumenta duas vezes, a intensidade da força gravitacional entre eles diminui quatro vezes; se a distância aumenta três vezes, a intensidade da força diminui nove vezes e assim por diante!

Distância (d)	Intensidade da força (F)
d	F
2d	F/4
3d	F/9
d/2	4F
d/5	25F

E o gráfico disso, como ficaria? Exatamente da forma mostrada aqui embaixo, te liga!



Mas então, onde na prática podemos ver essa relação entre distância e força gravitacional? A aplicação mais importante dessa relação é justamente o planeta Terra! Ela nos permite estimar o quanto forte o planeta está atraindo os objetos que estão em sua órbita. Podemos fazer um gráfico que nos mostra exatamente isso!



Mas espera aí, você notou alguma diferença entre este gráfico e o que vimos anteriormente? Neste aqui nossas distâncias estão em função de R (raio do planeta) e temos uma reta crescente no início dele, não? Pois então, isso é uma característica muito importante na força gravitacional gerada por planetas! Dentro dos planetas a gravidade varia de forma linear, sendo zero exatamente no seu núcleo e máxima na sua superfície! Mas por que isso acontece, a força não era inversamente proporcional ao quadrado da distância? Claro que isso tem uma explicação! O problema é que ela envolve teorias muito complexas sobre a distribuição não uniforme da massa nos planetas, que não fazem sentido serem apresentadas aqui. Caso você tenha interesse em entender um pouco mais, no final da apostila vamos deixar a recomendação de um livro que explica isso!

Vale ressaltar mais uma coisa sobre este gráfico: observe que a distância que deve ser levada em consideração é a distância até o centro do planeta, não só até a superfície.

Muito importante! Volte e olhe o gráfico da força gravitacional gerada por planetas! Percebeu onde essa força é máxima? Não é justamente quando a distância é igual ao raio? Pois então, isso quer dizer que a força gravitacional gerada por qualquer planeta sempre possui sua intensidade máxima exatamente na superfície! Não esqueça disso!

2.1. A gravitação e sua influência nas marés

Lembra o que vimos nesta apostila sobre a Terceira Lei de Newton? Utilizamos o exemplo da Terra atraindo a Lua e da Lua atraindo a Terra, lembra? Pois então, até agora só explicamos os efeitos causados pela atração feita pela Terra sobre a Lua! Será que a atração causada pela Lua sobre a Terra não gera efeito nenhum? Gera sim, e veremos isso agora!

Quando a Lua está mais próxima da Terra, a atração é tão forte que deforma a superfície da Terra, puxando a face do planeta em direção à Lua. Tanto a parte sólida do planeta (continentes) quanto a parte líquida (oceanos e mares) sofrem essa deformação. Um pequeno calombo se forma com essa deformação, fazendo as águas do mar subirem ou descerem em função da aproximação ou do afastamento da Lua.

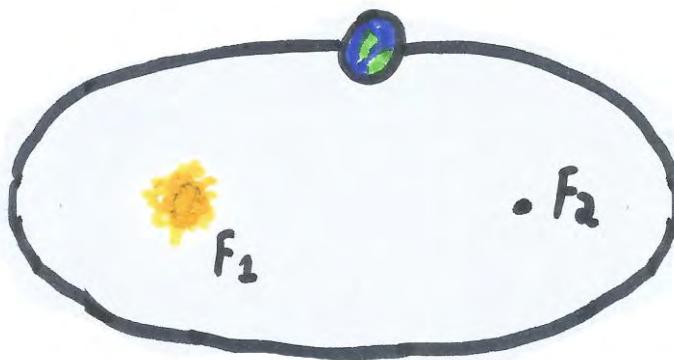
Importante lembrar: como a força gravitacional constitui um par ação e reação, a força que um objeto faz em outro é mútua. A força com que a Terra puxa a maçã para baixo possui exatamente a mesma intensidade da força com que a maçã puxa a Terra.

3. Leis de Kepler

Ao contrário de Newton, que se focou no estudo da atração entre os planetas, Kepler dedicou sua vida a estudar o movimento destes planetas, das estrelas e das luas. Já conhecendo o modelo heliocêntrico desenvolvido por Copérnico e Galileu, Kepler elaborou três leis fundamentais que explicam o movimento de todos os planetas e satélites.

3.1. Lei das órbitas (Primeira Lei)

A primeira lei explica como é a trajetória dos planetas em torno do Sol. O mais interessante é que essa descoberta contrariou até mesmo o que Kepler acreditava! Ele descobriu que as órbitas dos planetas não são círculos, mas elipses! Além disso, ele também descobriu que o Sol está sempre fixo em um dos focos da elipse que descreve essa trajetória. Se liga nessa imagem aqui, ela vai te ajudar muito a entender isso!

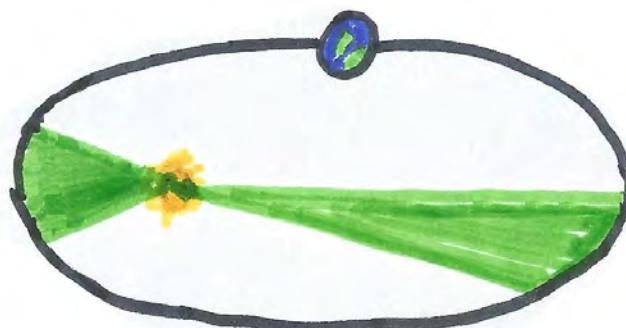


O Sol é sempre fixo em um dos focos, enquanto o planeta se movimentar ao redor daquela trajetória elíptica. Dessa forma, existe um momento em que o planeta está muito perto do Sol e outro em que está muito afastado, certo? Isso mesmo, e esses momentos recebem nomes específicos! O ponto em que o planeta está mais perto do Sol é chamado de periélio; nele o planeta se encontra em velocidade orbital máxima. Já o afélio é o ponto em que o planeta encontra-se mais afastado do Sol, com sua velocidade orbital mínima.

3.2. Lei das áreas (Segunda Lei)

Essa Lei vem justamente para explicar alguns dos fatos que acabamos de estudar na Lei das órbitas. Lembra daquela história de periélio e afélio? Velocidade orbital mínima e máxima? Pois então, agora vamos entender como foi descoberta essa relação da velocidade com o ponto da órbita onde o planeta se encontra!

Quando iniciou seu estudo, Kepler percebeu que a velocidade dos planetas em torno do Sol não era constante, mas que existiam momentos em que ela variava conforme a posição em que o planeta se encontrava na órbita. Observando o movimento dos astros, ele percebeu exatamente o que vimos na primeira Lei: os planetas se moviam mais rapidamente quando estavam mais próximos do Sol e mais lentamente quando estavam mais afastados dele. Ele não descansou até encontrar uma relação para explicar isso. E adivinha? Óbvio que ele conseguiu explicar isso! Os planetas “varrem” áreas iguais em suas órbitas em tempos iguais. Parece confuso, né? Não se preocupa, com um desenho fica tudo mais fácil.



Para entendermos isso, devemos traçar uma reta imaginária que liga o Sol a dois pontos da órbita, um incial e um final, assim vamos formar uma espécie de forma geométrica parecida com um triângulo. O que essa Lei diz é que o tempo que o planeta demora para percorrer esse trecho da órbita é proporcional à área formada por essa forma geométrica, não dependendo diretamente da distância entre os dois pontos.

3.3. Lei dos períodos (Terceira Lei)

Demonstrar o que essa Lei diz é muito simples! Imagine que você foi ao médico e ele recomendou, para que você se mantivesse saudável, que você corresse em torno de uma quadra de vôlei. Semanas depois você voltou ao médico e ele te recomendou correr em volta de um campo de futebol. Depois de correr, você facilmente pode perceber que a distância da corrida – primeiro ao redor da quadra de vôlei e depois do campo de futebol – aumentou muito. Como consequência, o tempo para completar uma volta também aumentou, certo? A Terceira Lei de Kepler diz exatamente isso em relação às órbitas dos planetas: quanto maior a órbita em torno do Sol, maior o tempo que o planeta levará para realizar uma volta completa!

Explicando com um pouco mais de teoria, essa Lei relaciona o tempo que o planeta gasta para completar uma volta inteira em sua órbita (período!) com a distância média a que ele está do Sol, também chamada de raio. Essa relação entre o período e o raio é dada pela seguinte expressão matemática:

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

O mais interessante é que essa expressão matemática funciona para todos os planetas do sistema solar. Se dividirmos o valor do período (T) ao quadrado pelo cubo do raio (R) de qualquer planeta, encontraremos sempre o mesmo valor! Incrível, né?

Importante saber! O mesmo princípio presente no exemplo de um planeta girando em torno de uma estrela, que utilizamos na explicação das três Leis de Kepler, também vale para um satélite orbitando em torno de um planeta.

3.4. Satélites

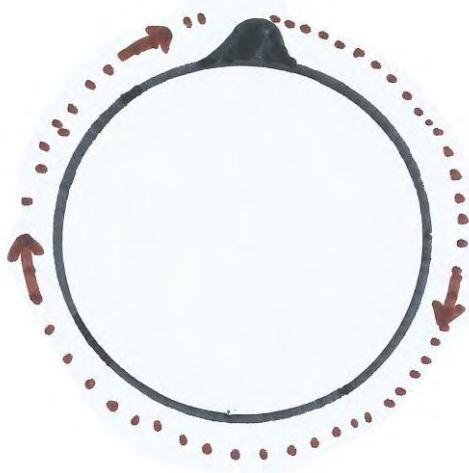
Antes de mais nada, você sabe o que é um satélite? Eles são objetos orbitando em volta de algum planeta, como a Lua em volta da Terra! Mas como isso é possível? A gravidade não puxaria esse objeto em direção ao chão? Ela puxa! Vamos entender: imagine que você está em cima de uma montanha e atira uma pedra. Essa pedra terá uma certa trajetória até alcançar o chão, certo?



Se você atirar a pedra com mais força, ela irá mais longe antes de alcançar o chão, concorda? Exatamente como nessa imagem:



Agora imagine que você joga com tanta força essa pedra que ela atinja uma velocidade igual ou maior que 8km/s. Observe bem, é quilômetros por segundo! (Se isso não estiver te parecendo rápido, utilize as técnicas que aprendemos para conversão de unidades e transforme este valor para quilômetros por hora. Você irá encontrar o gigantesco valor de 29000km/h!) O que vai acontecer é que essa pedra vai dar uma volta em torno do planeta, retornando ao lugar de onde foi lançada! Ela obviamente perderá velocidade por causa do atrito com o ar, certo? Agora imagine que o lançamento da pedra seja feito de um lugar tão alto que a resistência do ar simplesmente não importa. O que você acha que aconteceria com ela? Sim, isso mesmo! Ela ficaria girando em torno da Terra para sempre!



Pronto, acabamos de entender o que é um satélite! A partir do momento em que a pedra começasse a orbitar em torno da Terra, ela se tornaria um satélite.

Importante saber! É a força gravitacional que impede que os satélites simplesmente saiam pela tangente e se afastem da Terra. Essa força também faz com que eles estejam sempre “caíndo” sobre a Terra, mas de uma forma que nunca cheguem a se aproximar da superfície do planeta.

3.4.1. O movimento de órbita dos satélites

Satélites são basicamente aplicações práticas das três Leis de Kepler. Ao contrário do que nossa intuição nos leva a acreditar, normalmente a trajetória deles não é perfeitamente circular, mas elíptica, como a Primeira Lei de Kepler nos diz! Espera aí! Percebeu que foi dito que normalmente a trajetória não é circular? Isso quer dizer que existem alguns casos em que ela é! E quando isso acontece? Para cada altura (distância da superfície da terra) que o satélite se encontra, existe uma relação que nos permite calcular a velocidade necessária para ele descrever uma trajetória circular, ou seja, um MRU (sim, aquele mesmo que estudamos na apostila de Cinemática!).

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Nessa relação “M” é a massa do planeta que o satélite está orbitando e “r” é a distância do satélite até o centro deste planeta. “G” representa a nossa velha conhecida constante de gravitação universal.

Quer ver isso na prática? Vamos calcular qual a velocidade que um satélite se movendo na superfície da Terra precisa ter para se mover em uma órbita circular! Vamos utilizar $5,98 \times 10^{24}$ quilogramas para a massa da Terra (M), $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ para a constante gravitacional universal (G) e $6,37 \times 10^6 \text{ m}$ para o raio da Terra (r). Substituindo na equação que acabamos de ver:

$$V = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \times 5,98 \times 10^{24} \text{kg}}{6,37 \times 10^6 \text{m}}}$$

Lembrando que a unidade Newton (N) é resultado do produto da massa (kg) pela aceleração(m/s^2), podemos simplificar as unidades e chegar na seguinte expressão:

$$V = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \text{m}^2}{6,37 \times 10^6 \text{s}^2}}$$

Realizando as multiplicações e divisões iremos encontrar o seguinte valor:

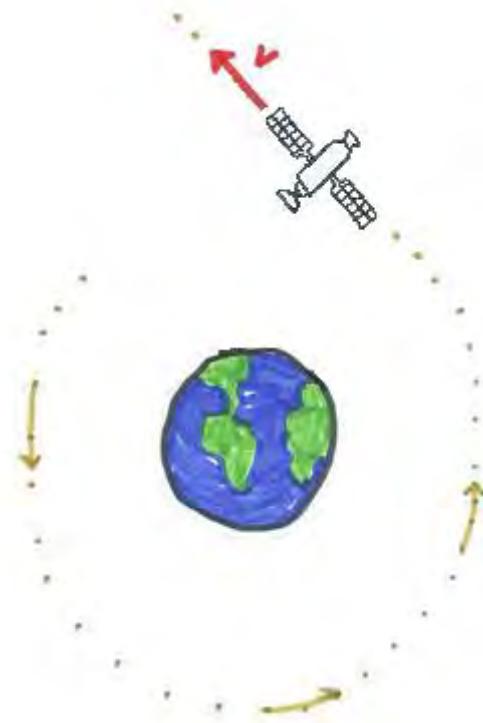
$$V \simeq \sqrt{62617000 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

Como os valores utilizados para “M”, “G” e “r” foram aproximados no ínicio do cálculo, podemos dizer que esse valor encontrado é aproximadamente igual a $64000000 \text{m}^2/\text{s}^2$.

$$\begin{aligned} V &\simeq \sqrt{62617000 \text{m}^2/\text{s}^2} \simeq \sqrt{64000000 \text{m}^2/\text{s}^2} \\ V &= 8000 \text{m/s} = 8 \text{km/s} \simeq 29000 \text{km/h} \end{aligned}$$

Ou seja, para que um satélite conseguisse se manter circulando rente a superfície da Terra, ele teria que ser lançado a impressionantes 29000 km/h!

Tenho certeza que durante o cálculo que fizemos você percebeu que a velocidade de um satélite é inversamente proporcional a distância que ele está da Terra, certo? Mas o que isso quer dizer? Quer dizer que quanto mais afastado do planeta, menor é a velocidade que o satélite precisa ter para se manter em órbita! Isso também é explicado através do campo gravitacional. Como sua intensidade diminui conforme a distância da Terra aumenta, uma velocidade alta seria suficiente para fazer os satélites escaparem de órbita (sair pela tangente!).



No movimento dos satélites, a força gravitacional do planeta atua como força centrípeta. Assim, a aceleração da gravidade atua como aceleração centrípeta e, por isso, possui sua direção sempre perpendicular ao raio da órbita que o satélite faz.



Resgatando alguns conceitos que vimos na apostila de Cinemática, conseguimos concluir que, pela trajetória dos satélites ser arredondada, não existe aceleração tangencial atuando sobre eles. Cuidado para não confundir aceleração com velocidade! A velocidade tangencial do satélite existe e é responsável por mantê-lo em órbita

3.4.2. Satélites Naturais

Você deve ter percebido que utilizamos a Lua como exemplo no ínicio do nosso estudo sobre os satélites. Entretanto, naquele momento você não tinha o conhecimento que tem agora sobre o que realmente é um satélite. A Lua não orbita em torno de um planeta em uma trajetória elíptica? Não é a força gravitacional que a Terra faz sobre a Lua que a mantém em sua órbita? Pois então, essa é exatamente a descrição de um satélite! Dizemos que a Lua é um satélite *natural* do planeta Terra. Mas por que natural? Porque ela já existia lá antes mesmo de o ser humano existir, não foi colocada por nenhuma pessoa.

Já ouviu falar em Superlua? Aquele fenômeno que faz a Lua parecer muito maior no céu? Você tem ideia por que isso acontece? Vamos fazer assim: antes de continuar lendo, volte na parte em que estudamos a Primeira Lei de Kepler e tente fazer uma relação com o que estudamos sobre a trajetória da Lua.

Voltou? E então, conseguiu relacionar? É exatamente a mesma explicação do periélio e do apélio! O fenômeno da Superlua acontece quando a lua está no ponto de sua trajetória mais próximo da Terra, o chamado Perigeu!



Quando estamos falando em satélites em torno da Terra, nos referimos ao ponto da trajetória onde o satélite está mais próximo do planeta como Perigeu e o ponto onde ele está mais afastado como Apogeu.

3.4.3. Satélites Artificiais

Se satélites naturais são aqueles em que não houve interferência do ser humano, os artificiais são justamente aqueles que foram colocados em órbita por nós!

Depois que o ser humano descobriu como colocar objetos em órbita, a aplicação dos satélites em nosso cotidiano se tornou imprescindível! Sabe a previsão do tempo que você

olha antes de sair de casa? Ou então aquele filme na televisão por assinatura que você assiste para descansar? Ou o GPS que te guiou até a festa? Lembra disso? Essas são apenas três aplicações simples da utilização de satélites. E não para por aí, eles também servem para diversos estudos sobre o nosso planeta e o universo!

Mas espera aí... Como eles são colocados tão acima da superfície? Simples, através de foguetes! Esse foguetes levam os satélites até a atmosfera com a velocidade necessária para que eles entrem em órbita. Um detalhe interessante é que o lançamento desses foguetes é uma aplicação direta da Terceira Lei de Newton. Vamos entender: uma enorme quantidade de energia é liberada no momento em que ocorre a queima dos combustíveis na base do foguete. Com isso uma enorme força é feita para baixo empurrando os gases que surgem com a combustão e, pela terceira lei de Newton, se o foguete empurra os gases para baixo, os gases empurram o foguete para cima!

Então, conseguiu aprender um pouco mais sobre o universo? Esperamos que sim! A gravitação e o estudo dos astros é uma das partes mais interessantes da Física. Se você se interessou pelo assunto, não deixe para depois: procure outros livros e estude mais, você não vai se arrepender!

Agora que completamos essa apostila, além de um baita aprendizado, você também já tem todo o conhecimento necessário para encarar os problemas de Gravitação. Outra coisa: percebeu como aqui retomamos vários conceitos da Dinâmica? É fundamental que você mantenha o conteúdo na ponta da língua, pois os ramos da Física estão todos interligados. Quanto mais você souber, mais fácil será aprender o conteúdo da próxima apostila! Até lá!

PARA SABER MAIS!

LIVOS:

Fundamentos de Física. Vol. 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8 ed. Editora LTC, 2009. HALLIDAY, RESNICK, WALKER.

Lembra o que citamos lá na explicação sobre a variação linear da força gravitacional dentro dos planetas? Pois então, se você tiver curiosidade de entender, aqui está a recomendação do livro que você pode utilizar para isso!

PARTE I

FÍSICA

05

TRABALHO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

meSalva!

TRABALHO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

E aí, galera do Me Salva!

Agora que nós já aprendemos juntos a Cinemática e a Dinâmica, estamos prontos para estudar a penúltima apostila de Mecânica, sobre energia. Tenho certeza que vocês já ouviram essa palavra diversas vezes, mas alguma vez vocês pararam para pensar na importância que a energia tem em nossas vidas? Vamos ver isso!

Com certeza o tipo de energia mais comum em nossa vida é a elétrica. Sem ela não teríamos como iluminar nossas casas ou então carregar nossos celulares. Mas a pergunta principal é: de onde vem essa energia elétrica? Ela surge do nada? Claro que não! A energia elétrica é gerada através da conversão de outros tipos de energia. Vou explicar isso melhor usando as usinas hidrelétricas como exemplo. Nelas, a energia mecânica da água é convertida em energia elétrica. Mas essa conversão não acontece só nessas usinas. As turbinas eólicas são outro exemplo disso.

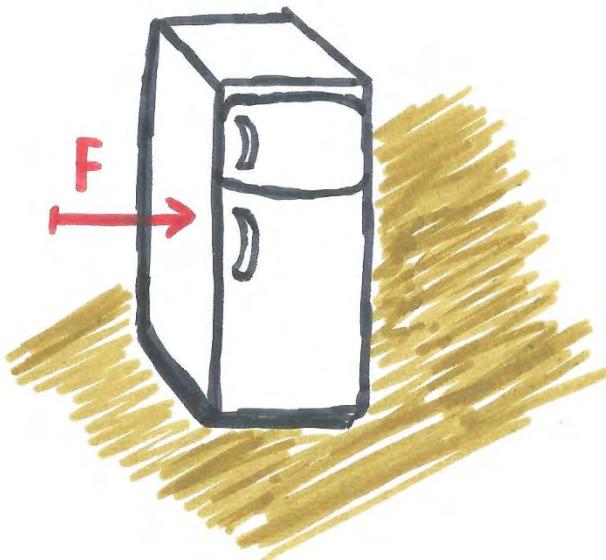
Conhecer a energia mecânica e sua conservação é fundamental para entendermos diversos fenômenos que acontecem em nosso cotidiano. E então, preparado para aprender mais um pouco de Física? Vamos lá!

TRABALHO

Vamos começar nossa apostila aprendendo um conceito chamado trabalho. Trabalho? Isso mesmo! Mas aqui o significado dessa palavra é bem diferente daquele que utilizamos em nosso dia a dia.

Lembra de quando tivemos o primeiro contato com o significado de força, lá na Dinâmica? Pois então, uma das coisas que vamos fazer aqui nesse capítulo é relacionar aquelas mesmas forças que aprendemos a uma medida de energia. Relacionar força e energia, como vamos fazer isso? Não se preocupe, você vai entender isso agora.

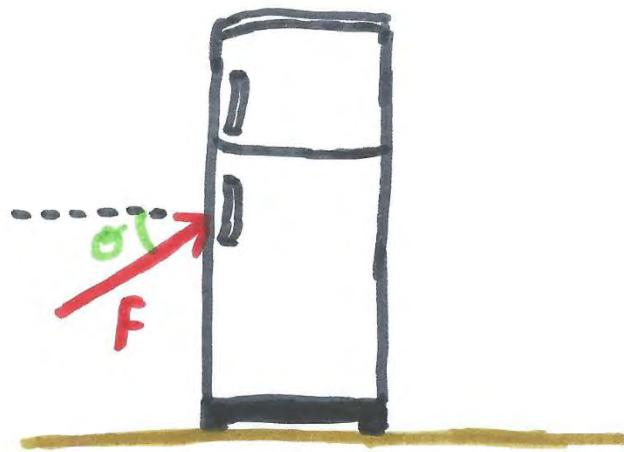
Imagine que você decida limpar sua cozinha e para isso precisa mover a geladeira de lugar. Concorda que para empurrar ela você vai precisar fazer força? E que quanto mais longe você tiver que empurrar, mais energia você vai gastar e mais você vai se cansar? Com certeza, mas a questão principal é: quanta energia você vai gastar? É justamente para responder isso que surge o conceito chamado trabalho. Ele que relaciona a força e a distância que você empurrou com a energia gasta.



Mas como essa relação é feita? Através do produto da força (F) pela distância (d) que essa força ficou sendo aplicada. Expressando isso matematicamente, temos a seguinte equação:

$$W = Fd$$

Percebeu que no desenho que acabamos de ver a força aplicada na geladeira é exatamente paralela ao chão? Mas e se isso não for verdade, como mostrado no desenho aqui embaixo, muda algo coisa? Com certeza!



Se a força não for paralela ao deslocamento da geladeira, então apenas a componente horizontal dessa força é que realiza trabalho. Na prática, isso significa adicionar mais um termo a a nossa equação. Neste caso o trabalho vai depender da intensidade da força (F), da distância que a geladeira percorreu enquanto essa força era aplicada (d) e do cosseno do ângulo que essa força faz com a horizontal:

$$W = Fd \cos(\theta)$$

Ainda não estudamos profundamente energia, mas é importante você saber que trabalho e energia são muito similares. Ambos representam praticamente a mesma coisa. Tanto um quanto outro são grandezas escalares, tendo como unidade no S.I. o Joule [J].

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender tudo sobre trabalho:

Exercício 1: Sobre um bloco de massa m é aplicada uma força de 15N com um ângulo de 30° em relação à horizontal. Se o deslocamento foi de 2m , qual o trabalho total do bloco?

- a) 15J
- b) 20J
- c) 26J
- d) 30J
- e) 35J

Correta: C

Resolução em:

Módulo: TEPP - INTRODUÇÃO: TRABALHO E POTÊNCIA

Lista: TEPP02EX - Exercício de Compreensão #02 - Trabalho

Exercício 2: Em um bloco, são aplicadas duas forças. A primeira, de 10N , é no sentido positivo do deslocamento. A segunda, de 5N , é contra o movimento. Caso o bloco se desloque 5m , qual o trabalho total?

- a) 15J
- b) 20J
- c) 25J
- d) 30J
- e) 35J

Correta: C

Resolução em:

Módulo: TEPP - INTRODUÇÃO: TRABALHO E POTÊNCIA

Lista: TEPP02EX - Exercício de Compreensão #01 - Trabalho

Exercício 3: Uma criança de 40kg sobe em um escorregador de 3,5 m de altura. Calcule o trabalho da força peso na subida até o alto do escorregador. Lembre-se, quando o deslocamento é contra o sentido da força peso, o trabalho é negativo.

- a) -140J
- b) -1400J
- c) 1400J
- d) 140J
- e) -400J

Correta: B

Resolução em:

Módulo: TEPP - INTRODUÇÃO: TRABALHO E POTÊNCIA

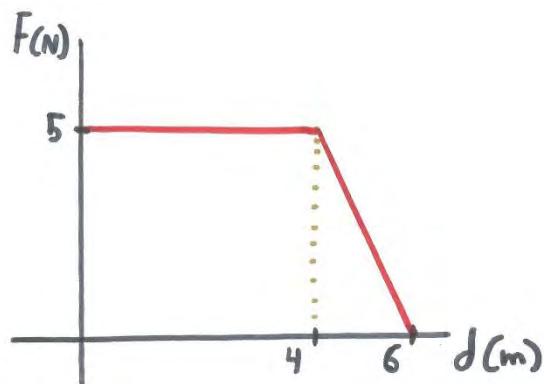
Lista: TEPP04EX - Exercícios de Compreensão #01 - trabalho da força peso

Informação importante: Perceba que a expressão do trabalho envolve o cosseno do ângulo. Sendo assim, é esse termo da equação que determina o sinal do trabalho.

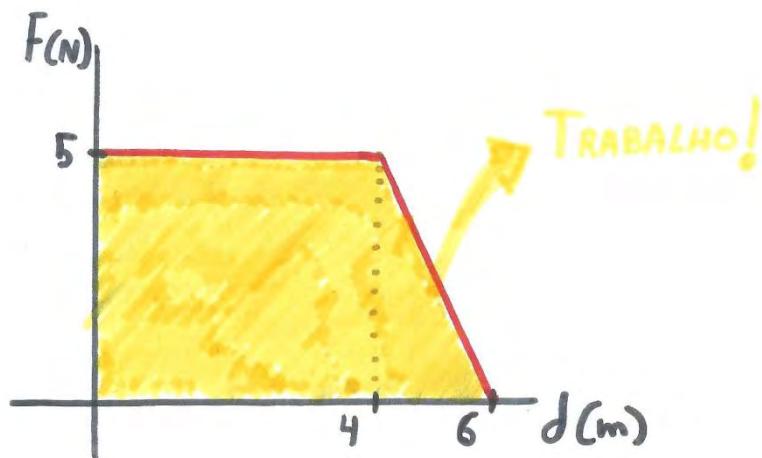
ANÁLISE GRÁFICA DO TRABALHO

Aqui vamos continuar estudando aquele exemplo da geladeira, mas agora vamos colocar alguns números para facilitar nosso entendimento. Suponha que você consiga empurrar a geladeira com uma força de 5N durante 4 metros, após esta distância, você começa a cansar e a intensidade da força começa a diminuir. Mas diminuir quanto? Ela diminui linearmente conforme aumenta a distância que você empurra, de uma forma que após ter empurrado durante seis metros você vai estar muito cansado e não terá mais forças. A pergunta agora é: como podemos calcular o trabalho que você fez sobre a geladeira, já que a força não é mais

constante? Para responder isso, a primeira coisa que devemos fazer é traçar o gráfico dessa força em função da distância percorrida:



Agora que temos o gráfico, nossa vida ficou mais fácil! O trabalho realizado pela força que você fez é numericamente igual a área que está entre o gráfico e o eixo horizontal, exatamente como representado abaixo:



$$W = 5N \times 4m + \frac{5N \times 2m}{2}$$

$$W = 20J + 5J = 25J$$

Neste caso, o trabalho realizado é 25 joules.

Você precisa saber:

Quando a força é aplicada a favor do deslocamento, o trabalho realizado por ela é positivo ($W+$).

Quando ela é aplicada contra o deslocamento, realiza um trabalho negativo ($W-$).

POTÊNCIA

Alguma vez você já ouviu uma conversa sobre carros? Provavelmente sim. E com certeza em algum momento dessa conversa foi falado sobre a potência dos carros, certo? Mas você já pensou o que realmente significa um carro ser mais potente que o outro? Significa que o motor do carro mais potente consegue entregar maior quantidade de energia em um menor tempo, fazendo o carro ter a capacidade de acelerar mais rápido. E sabe o que é mais interessante? Essa explicação vai exatamente ao encontro do significado físico da palavra “potência”.

Aqui na Física, definimos potência como a medida da rapidez com que uma máquina (ou uma pessoa) consegue transferir energia. Como vimos antes, o carro mais potente é aquele que consegue entregar mais energia (trabalho) em menos tempo. Matematicamente escrevemos isso da seguinte forma:

$$Pot = \frac{W}{\Delta t} \left[\frac{J}{s} \right]$$

Quanto maior o trabalho (energia) entregue ou quanto menor o tempo que ele demora para ser realizado, maior a potência.

Como vimos na equação, a unidade para a potência é [J/s]. Mas não é essa a unidade usualmente utilizada para potência. A relação: um Joule por segundo é chamada no Sistema Internacional de Unidades de Watt [W].

E aí, entendeu tudo sobre potência? Aqui vai um exercício para você fazer o teste:

Exercício 4: Um carro sobe uma ladeira de inclinação 60° com velocidade média de 20 km/h. Considerando que ele gera uma força constante de 10000N, qual a potência do carro nessa subida?

- a) 10000W
- b) 20000W
- c) 27800W

- d) 34000W
- e) 42000W

Correta: C

Resolução em:

Módulo: TEPP - INTRODUÇÃO: TRABALHO E POTÊNCIA

Lista: TEPP06EX - Exercícios de Compreensão #03 - Potência

Observação importante: O mesmo trabalho realizado em metade do tempo significa o dobro da potência.

ENERGIA

Finalmente chegamos no conteúdo principal da nossa apostila, a energia! Mas espera aí, você sabe o que é energia? Intuitivamente você pode ter uma noção, mas saberia descrever exatamente o que é?

Este conceito é meio “nebuloso”, não conseguimos achar uma definição exata para ele. O que sabemos sobre energia é que ela pode aparecer de diversas formas: mecânica, térmica, elétrica, química... Aqui nesta apostila vamos estudar especificamente a energia mecânica, que aparece basicamente de duas formas: energia de movimento (energia cinética) ou armazenada (energia potencial). É exatamente isso que nós vamos estudar agora, preparados?

ENERGIA CINÉTICA

Você sabe o significado da palavra cinética? Essa palavra quer dizer exatamente a mesma coisa que movimento. Sabendo disso, fica fácil entendermos o significado de energia cinética, certo? Essa é a forma de energia associada ao movimento dos corpos. Tudo que se movimenta possui energia cinética. Nós, enquanto caminhamos, possuímos energia cinética. Um caminhão em movimento possui energia cinética. Aviões possuem energia cinética. Em outras palavras, se um corpo possui velocidade, ele possui energia cinética.



Mas espera aí! Intuitivamente nós já conseguimos perceber que um caminhão e uma pessoa com a mesma velocidade não podem possuir a mesma energia, certo? Certíssimo! Sendo assim, a energia cinética também deve depender de outra propriedade do corpo. E é exatamente isso que acontece, ela também depende da massa. A relação que nos permite encontrar a energia cinética de um corpo é essa aqui:

$$Ec = \frac{mv^2}{2}$$

Note que a energia cinética depende da massa e da velocidade ao quadrado.

Atenção! A energia cinética do corpo pode aumentar ou diminuir conforme ele é empurrado ou freado por forças. Mais precisamente, a variação da energia cinética é exatamente igual ao trabalho realizado por essas forças! Escrevendo isso matematicamente temos a seguinte equação:

$$W = \Delta E_{cinética}$$

$$W = \frac{mv_{final}^2}{2} - \frac{mv_{inicial}^2}{2}$$

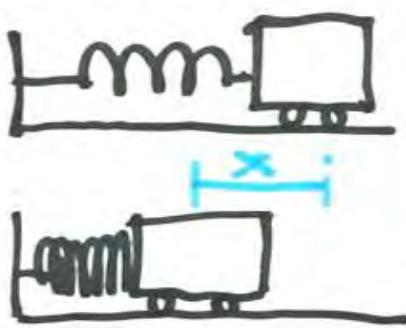
ENERGIA POTENCIAL

Essa é a energia que se encontra armazenada nos corpos. Mas como um corpo pode possuir energia armazenada nele? Você já vai entender. Na verdade, essa energia está associada com a posição em que o corpo se encontra. Pode parecer complicado, mas tenho certeza que, intuitivamente, você já consegue entender isso! Imagine uma pedra em cima de uma montanha. Se você empurrar, ela vai começar a rolar e ganhar velocidade. A energia potencial que ela tinha vai se converter em energia cinética, aquela ligada ao movimento.

Possuímos dois tipos mais comuns de energia potencial: o primeiro tipo é a energia armazenada na altura de um corpo (energia potencial gravitacional), como é o caso da pedra rolando a montanha. O segundo é a energia armazenada em deformações, como uma mola esticada ou comprimida (energia potencial elástica). Cada um desses tipos de energia potencial é muito importante, por isso vamos estudá-los individualmente.

ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Esse tipo de energia está diretamente ligado a molas. Em qualquer problema envolvendo molas, pode ter certeza que a energia será desse tipo. Se liga nessa imagem:



Aqui é importante encontrarmos uma forma de conhecer a energia do bloco que está conectado à mola. Existe uma equação que nos permite encontrá-la:

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

Através desta equação conseguimos ver que a energia potencial elástica de um corpo depende de dois fatores exclusivamente relacionados à mola: o primeiro é a deformação da mola (Δx) e o segundo é a constante elástica da mola (k).

Agora é sua vez de praticar. Aproveite este exercício para testar se você conseguiu entender direitinho a energia potencial elástica:

Exercício 5: Uma mola comprimida 20 cm por um bloco adquire energia potencial elástica de 15J. Qual a constante elástica da mola (k)?

- a) 250N/m
- b) 350N/m
- c) 550N/m
- d) 650N/m
- e) 750N/m

Correta: E

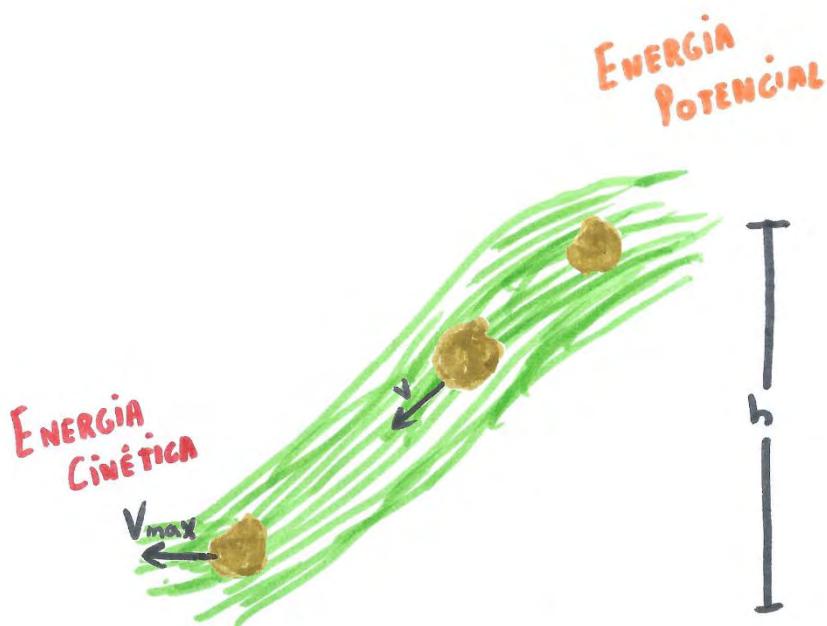
Resolução em:

Módulo: MECA - Energia Mecânica

Lista: MECA02EX - Exercícios de Compreensão #02 - Energia cinética e potencial

ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Essa é a energia potencial mais intuitiva. Ela está relacionada com a altura em que o corpo se encontra. É fácil de entender: Imagine um corpo na base e outro no topo de uma montanha. O corpo que está na base não possui energia potencial, afinal, ele está no chão. Justamente o contrário daquele que se encontra em cima da montanha, pois este possui energia potencial.



Você já percebeu que uma das variáveis para o cálculo dessa energia é a altura do corpo. Agora você precisa lembrar de quando estudamos a Dinâmica. Lembra que a gravidade é responsável por atrair os corpos para o chão? Faz sentido pensarmos que, quanto maior for essa atração, maior a energia armazenada no corpo, certo? Assim conseguimos deduzir mais um termo da equação, a aceleração da gravidade. O último termo que compõe a equação é muito intuitivo: imagine que você larga uma folha de papel e uma pedra em cima de um vidro. Certamente a pedra vai quebrar o vidro e a folha de papel não. Isso significa que a pedra possui mais energia. Mas como? Afinal ela e a folha estavam em uma mesma altura e submetidas à mesma aceleração da gravidade. É aqui que

$$E_{pg} = mgh$$

entra a massa, nossa última variável da equação de energia potencial gravitacional. Ela é a responsável pela maior energia da pedra.

ENERGIA MECÂNICA

Agora que você já sabe quais são os tipos de energia mecânica, podemos falar em energia mecânica total de um corpo. Ela é a soma da energia cinética com as energias potenciais que o corpo possui. Matematicamente isso pode ser visto por essa expressão abaixo. Se liga:

$$E = E_{pe} + E_{pg} + E_c$$

Agora chegou a hora de você verificar se conseguiu aprender tudo sobre a energia mecânica. Aproveite estes exercícios para testar seus conhecimentos:

Exercício 6: (FUVEST - 2017) Helena, cuja massa é 50 kg, pratica o esporte radical *bungee jumping*. Em um treino, ela se solta da beirada de um viaduto, com velocidade inicial nula, presa a uma faixa elástica de comprimento natural $L_0 = 15 \text{ m}$ e constante elástica $k = 250 \text{ N/m}$. Quando a faixa está esticada 10m além de seu comprimento natural, o módulo da velocidade de Helena é:

Note e adote:

Aceleração da gravidade: 10 m/s^2 .

A faixa é perfeitamente elástica; sua massa e efeitos dissipativos devem ser ignorados.

- a) 0 m/s
- b) 5 m/s
- c) 10 m/s
- d) 15 m/s
- e) 20 m/s

Correta: A

Resolução em:

Módulo: EMEC - Exercícios de energia e conservação

Lista: EMECEX - Exercícios de Fixação #11

Exercício 7: Um corpo de 2kg cai em direção ao solo. Quando ele atinge uma altura de 10m, está com uma velocidade de 5 m/s. Qual a energia mecânica do corpo nesse instante?

- a) 25j
- b) 250j
- c) 225j
- d) 250j
- e) 50j

Correta: C

Resolução em:

Módulo: MECA - Energia Mecânica

Lista: MECA02EX - Exercícios de Compreensão #03 - Energia cinética e potencial

Vale lembrar! Assim como para o trabalho, a unidade de energia no SI também é o Joule [J].

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

Durante a resolução dos exercícios vamos nos deparar com dois tipos de problemas: aqueles em que a energia é constante em qualquer instante do tempo, e aqueles em que ela se perde durante o tempo. Esses casos recebem nomes específicos e merecem ser estudados individualmente. Faremos isso agora. Preparados?

SISTEMA CONSERVATIVO

Sistemas conservativos são aqueles onde não há forças dissipativas roubando a energia do sistema. Você vai perceber que está lidando com um problema deste tipo quando for informado que não há atrito e/ou que a resistência do ar pode ser desprezada. Lembre-se que nesse caso a energia mecânica do sistema não se perde, ela é constante. Isso é fundamental!

Como a energia mecânica é a soma das energias cinética e potencial, é importante saber que uma forma de energia pode se converter em outra (energia armazenada na forma potencial pode virar energia cinética e vice-versa), mas a soma delas fica constante.

$$E_{pe} + E_{pg} + E_c = \text{constante}$$

$$E_{mec\ initial} = E_{mec\ final}$$

E aí, entendeu tudo sobre sistemas conservativos? Aqui vão dois exercícios para você fazer o teste:

Exercício 8: Uma montanha-russa atinge um ponto no seu trajeto em que se encontra com velocidade nula a uma altura de 20m, logo antes de “mergulhar”. Calcule a velocidade do carrinho da montanha-russa em um ponto com altura de 12m. Neste exercício, considere que não existe atrito ao longo do passeio. (Use $g=10\text{m/s}^2$).

- a) 5m/s

- b) 10m/s
- c) 12,6m/s
- d) 14,2m/s
- e) 16,4m/s

Correta: C

Resolução em:

Módulo: FDCA - Forças dissipativas e conservativas

Lista: FDCA04EX - Exercícios de Compreensão #02 - Energia Mecânica

Exercício 9: Uma esfera de massa 2kg desliza, sem atrito por um escorregador. Ao chegar no final do escorregador, a esfera tem uma velocidade de 3m/s. Calcule a altura do escorregador. (Considere $g=10\text{m/s}^2$)

- a) 55cm
- b) 1m
- c) 45cm
- d) 75cm
- e) 90cm

Correta: C

Resolução em:

Módulo: FDCA - Forças dissipativas e conservativas

Lista: FDCA02EX - Exercícios de Compreensão #03 - Conservação de Energia

SISTEMA DISSIPATIVO

Este sistema é oposto ao outro. Aqui a energia mecânica não permanece constante. Isso quer dizer que existem forças dissipativas que tiram energia do sistema. Mas como é possível a energia mecânica sair do sistema? Ela simplesmente é convertida em outra forma de energia. Já encostou no pneu de um carro que ficou muito tempo em movimento? Ele fica muito quente! O responsável por isso é o atrito, que transforma energia mecânica em calor (energia térmica).

Este tipo de problema é um pouco mais complexo e é muito importante que você identifique, logo de cara, que se trata de um sistema dissipativo. Para isso, procure por palavras como “atraito” ou “resistência do ar”, sempre que um problema envolver esses dois conceitos você estará lidando com este tipo de sistema.

$$E_{mec\ initial} > E_{mec\ final}$$

É muito importante saber! Em sistemas conservativos, a energia mecânica inicial é igual à energia mecânica final. Já em sistemas dissipativos, a energia mecânica inicial será sempre maior que a energia mecânica final.

Agora chegou a hora de você verificar se conseguiu aprender tudo sobre a os sistemas conservativos e dissipativos. Aproveite estes exercícios para testar seus conhecimentos:

Exercício 10: Marque “verdadeiro” ou “falso” para as afirmações feitas sobre conservação de energia.

I- Em um sistema conservativo, não levamos em consideração a resistência do ar e o trabalho da força de atrito;

II- Em um sistema dissipativo, a energia final é igual a energia inicial menos o trabalho das forças dissipativas;

III- Em um sistema conservativo, a trajetória que liga o início e o final do movimento analisado não é importante, apenas as energias nos instantes inicial e final;

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

Correta: D

Resolução em:

Módulo: FDCA - Forças dissipativas e conservativas

Lista: FDCA02EX - Exercícios de Compreensão #01 - Conservação de Energia

Exercício 11: (UFRGS 2011) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no fim do enunciado que segue, na ordem em que aparecem:

Um objeto desloca-se de um ponto A até um ponto B do espaço seguindo um determinado caminho. A energia mecânica do objeto nos pontos A e B assume, respectivamente, os valores EA e EB, sendo EB < EA. Nesta situação, existem forças atuando sobre o objeto, e a diferença de energia EB – EA do entre os pontos A e B.

- a) dissipativas – depende – caminho
- b) dissipativas – depende – deslocamento
- c) dissipativas – independe – caminho
- d) conservativas – independe – caminho
- e) conservativas – depende – deslocamento

Correta: A

Resolução em:

Módulo: FDCA - Forças dissipativas e conservativas

Lista: FDCAEX - Exercícios de Fixação #01 - Conservação de energia

Exercício 12: (ENEM 2011) Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:

Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que:



- a) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- b) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- c) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- d) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.



- e) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

Correta: C

Resolução em:

Módulo: FDCA - Forças dissipativas e conservativas

Lista: FDCA04EX - Exercícios de Compreensão #03 - Energia Mecânica

CONCLUSÃO

E agora, percebeu a importância que a energia possui em nosso cotidiano? Tenho certeza que sim. Mas sabe qual é a parte mais legal? Agora você já pode entendê-la perfeitamente! É importante que você lembre de revisar os conceitos, pois eles são essenciais para entender e lembrar do que foi estudado. E não se esqueça de praticar o que vimos aqui, isso é fundamental!

PARTE I

FÍSICA

06

COLISÕES, IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

meSalva!

COLISÕES, IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

E aí, galera do Me Salva!

Você sabia que desde o dia 1º de janeiro de 2014 todos os carros produzidos no Brasil são obrigados por lei a saírem de fábrica com *airbag*? É evidente que a ideia por trás disso é aumentar a segurança das pessoas, certo? Mas espera aí, o que isso tem a ver com a Física? Tudo! O funcionamento do *airbag* se baseia em um conceito físico muito importante, chamado de impulso. E adivinhe: este conceito é um dos tópicos principais que vamos estudar aqui!

Se você já jogou bilhar (ou sinuca!) sabe o quanto difícil é conseguir que a bolinha role para o lugar que você quer, não é? Pois então, existe uma parte da Física por trás disso que pode nos ajudar a compreender o que acontece. É através do estudo das colisões que vamos entender como as bolas se dispersaram após serem atingidas. E agora vem o mais interessante: assim como o *airbag*, as colisões também são explicadas através do impulso. Não é incrível como a Física explica coisas que jamais imaginariamos ter algo em comum?

Ficou claro que aqui nesta apostila vamos aprender diversos novos conceitos, certo? Mas não se preocupe com isso! A maioria deles é derivada da Dinâmica, que já tivemos a oportunidade de aprender. E então, todos prontos para conhecer mais um pouco da Física? Vamos nessa!

QUANTIDADE DE MOVIMENTO OU MOMENTO LINEAR (Q)

Quantidade de movimento? Já de cara um conceito novo? E não é só isso, esse conceito também vai ser fundamental para entendermos todo resto do conteúdo. Mas não se assusta! Pode não parecer, mas você já conhece um pouco dele. Lembra do exemplo que vimos quando estudamos sobre a inércia? Que era mais difícil parar um caminhão do que um carro? Pois então, a grandeza relacionada a isso é justamente o momento linear. Podemos pensar nela como sendo “inércia em movimento”. Mas espera aí, como isso explica o exemplo? Você vai entender isso agora. Já sabemos que é mais difícil parar o caminhão porque ele tem maior inércia, certo? Consequentemente ele também deve possuir maior momento linear. E como podemos ter certeza disso? Através da relação matemática que expressa o momento linear:

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

Agora podemos confirmar o que acabamos de ver. Se supormos a mesma velocidade para o carro e o caminhão, veremos que o caminhão possui maior momento linear, pois sua massa é maior.

Mais para frente, quando estudarmos o conceito de impulso, vamos entender perfeitamente porque, quanto maior for o momento linear de um objeto, mais difícil é fazer ele parar.

Vale ressaltar!

Notou as flechinhos em cima dos termos na expressão que acabamos de ver? Sim, é isso mesmo que você está pensando: a quantidade de movimento também é uma grandeza vetorial. Essa grandeza sempre possui a mesma direção e sentido que a velocidade do corpo. Outra coisa importante é que podemos deduzir a unidade do momento linear apenas olhando os termos da fórmula: ela é [N.s], que também pode ser escrita como [kg.m/s].

IMPULSO

Finalmente vamos aprender o conceito de impulso que foi tão falado no início da apostila! Provavelmente você já ouviu essa palavra antes de começar a estudar Física, certo? Ela não te lembra a época em que você era muito pequeno e precisava que alguém te desse um impulso enquanto andava de balanço? Pois então, deve ser por isso que já temos uma noção intuitiva do significado dessa palavra.

Imagine que você precisa empurrar um carro que parou de funcionar. Pois então, o que você precisa na verdade é dar um impulso nele! Como assim? Você concorda que empurrar o carro por 1 segundo não basta para fazer ele funcionar? Disso podemos concluir algo bem interessante: o tempo que você ficar empurrando o carro também é importante, certo? Quanto mais tempo você empurrar, maior vai ser o impulso que você aplicará no carro.



Também podemos ver isso matematicamente, basta observamos a expressão para o impulso.

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$$

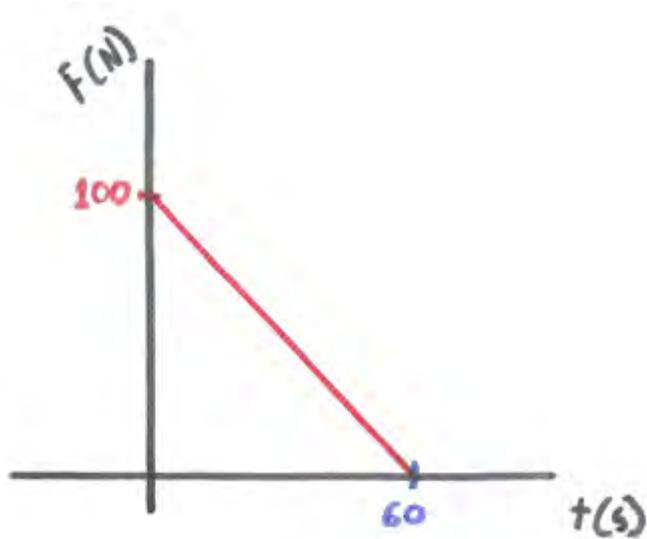
Exatamente como vimos no exemplo do carro, percebemos que quanto maior é o tempo que empurramos (aplicamos uma força), maior é o impulso. Sendo assim, podemos definir o impulso como sendo o produto da força (F) pelo tempo durante que ela é aplicada (Δt).

Simplificando: O conceito de impulso nada mais significa do que um empurrão, uma força feita em cima de um objeto durante um certo tempo.

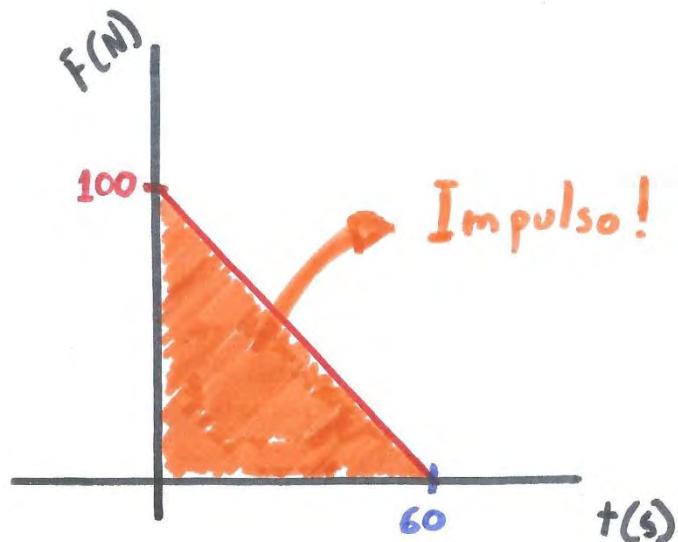
ESTUDO GRÁFICO DO IMPULSO

Aqui vamos continuar utilizando o exemplo que acabamos de ver, aquele do carro estragado que precisa ser empurrado. Quando vimos esse exemplo pela primeira vez esquecemos de observar um fato muito simples: lá supomos que iríamos empurrar o carro sempre com a mesma força, mas será que isso está certo? Será que não vamos cansar e diminuir a força que aplicamos no carro? Muito provavelmente sim. Mas então temos um problema: se a força não é constante como vamos calcular o impulso gerado por ela? Aqui vem a grande jogada, precisamos traçar o gráfico dessa força em função do tempo.

Suponha que conseguimos empurrar o carro com uma força de 100N e que a intensidade dessa força diminui linearmente conforme cansamos (conforme o tempo passa), de uma forma que, após um minuto (60 segundos), vamos estar muito cansados e teremos que parar de empurrar o carro. Qual será então o impulso que teremos feito no carro? Para responder isso, a primeira coisa que devemos fazer é traçar o gráfico dessa força:



Agora que temos o gráfico, nossa vida ficou mais fácil. Para encontrarmos o impulso gerado por essa força, devemos encontrar qual é o valor da área que está entre o gráfico e o eixo horizontal. Te liga na imagem abaixo, ela vai te ajudar nisso:



O impulso sempre será exatamente igual ao valor da área do gráfico! Neste caso em específico, iremos gerar um impulso igual a 300Ns sobre o carro.

Lembre-se: Tanto o impulso quanto a quantidade de movimento são vetoriais. Logo, o sentido em que o impulso ocorre é muito importante!

TEOREMA DO IMPULSO E DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Neste tópico vamos finalmente entender porque é mais difícil para um caminhão do que um carro. Mas vamos devagar. A primeira coisa que precisamos aprender é a relação existente entre a quantidade de movimento e o impulso.

Esse teorema diz que o impulso feito em um corpo equivale exatamente à variação da quantidade de movimento desse corpo. Se considerarmos “ I ” como o impulso e “ ΔQ ” como a variação da quantidade de movimento, então a expressão abaixo mostra exatamente o que acabamos de descrever:

$$\vec{I} = \Delta \vec{Q}$$

Pode parecer complicado no início, mas não se assuste. Conforme vamos desenvolvendo a explicação sobre o caminhão, tudo vai ficar mais fácil.

A primeira coisa que devemos perceber é que o momento linear do caminhão parado é zero. Mas como vamos fazer isso? Podemos deduzir lá da expressão do momento linear. O momento linear era o produto da massa de um corpo com sua velocidade. Portanto, através disso acabamos de confirmar que quando qualquer objeto (isso inclui o caminhão) está parado, sua velocidade é nula e seu momento linear vale zero. E aqui vem a grande sacada! Para parar o caminhão em movimento temos que dar um jeito de variar seu momento linear, até que ele seja zero. E como fazemos isso? Exatamente através do teorema que acabamos de ver: precisamos fazer um impulso contrário ao movimento do caminhão.

E agora finalmente vem a explicação que tanto esperávamos: Como a quantidade de movimento do caminhão é maior que a do carro, precisaremos de um impulso maior para fazer ele parar. E como fazemos isso? Temos duas opções: ou fazemos uma força muito maior ou ficamos empurrando o caminhão por muito tempo.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender o conteúdo.

Exercício 1: (UFRGS – 2004) Um observador, situado em um sistema de referência inercial, constata que um corpo de massa igual a 2 kg, que se move com velocidade constante de 15 m/s no sentido positivo do eixo x, recebe um impulso de 40 N.s em sentido oposto ao de sua velocidade. Para esse observador, com que velocidade, especificada em módulo e sentido, o corpo se move imediatamente após o impulso?

- a) - 35 m/s
- b) 35 m/s
- c) -10 m/s
- d) -5 m/s
- e) 5 m/s

Correta: D

Resolução em:

Lista: ECOL05EX1 - Exercícios de Fixação #1 da lista 05 do módulo ECOL.

Exercício 2: (UFRGS – 2005) Um par de carrinhos idênticos, cada um com massa igual a 0,2 kg, move-se sem atrito, da esquerda para a direita, sobre um trilho de ar reto, longo e horizontal. Os carrinhos, que estão desacoplados um do outro, têm a mesma velocidade de 0,8 m/s em relação ao trilho. Em dado instante, o carrinho traseiro colide com um obstáculo que foi interposto entre os dois. Em consequência dessa colisão, o carrinho traseiro passa a se mover da direita para a esquerda, mas ainda com velocidade de módulo igual a 0,8 m/s, enquanto o movimento do carrinho dianteiro prossegue inalterado. Em relação ao trilho, os valores, em $\text{kg}\cdot\text{m/s}$, da quantidade de movimento linear do par de carrinhos antes e depois da colisão são, respectivamente:

- a) 0,16 e zero.
- b) 0,16 e 0,16.
- c) 0,16 e 0,32.
- d) 0,32 e zero.
- e) 0,32 e 0,48.

Correta: D

Resolução em:

Lista: ECOL07EX1 - Exercícios de Fixação #1 da lista 07 do módulo ECOL.

Para você que quer saber mais

No tópico anterior vimos que área do gráfico força x tempo representa o impulso que age sobre o corpo, lembra disso? Pois então, agora também podemos fazer outra associação. Conforme acabamos de ver, o impulso é exatamente igual à variação do momento linear. Sendo assim, aquela mesma área do gráfico força x tempo também representa exatamente a variação da quantidade de movimento do corpo em que a força está sendo aplicada.

APLICAÇÃO PRÁTICA: AIRBAG

Você sabe o que é um *airbag*? É aquela “bolsa” que se enche para proteger as pessoas quando um carro sofre um acidente, sabe? Não é difícil deduzirmos que ele serve para aumentar a segurança dos passageiros dentro do carro. Mas a grande pergunta é: como ele faz isso? A resposta disso tem tudo a ver com o conteúdo que estamos estudando. O *airbag* se baseia exatamente no impulso e na quantidade de movimento. Não entendeu? Vamos te explicar:

Quando ocorre um acidente, tanto a velocidade do carro quanto a velocidade das pessoas que estão dentro dele diminui muito, muitas vezes chegando a zero, concorda? Com base no que vimos sobre a quantidade de movimento, essa mudança brusca de velocidade resulta em uma grande variação na quantidade de movimento, certo? E qual é o sinônimo disso? Sim, isso mesmo que você está pensando! Um grande impulso contrário é aplicado no carro e em todas as pessoas que estão dentro dele. E é aqui que entra a função do *airbag*. Como o impulso é constante, a ideia do *airbag* é aumentar o tempo de contato da pessoa com o carro através da bolsa de ar, diminuindo assim a intensidade da força aplicada na pessoa.

Importante perceber! Note que o impulso será o mesmo com ou sem o *airbag*, pois a variação da quantidade de movimento será a mesma (antes o motorista tinha velocidade e depois foi para o repouso). A diferença é que a força aplicada no motorista do veículo equipado com *airbag* será menor.

CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

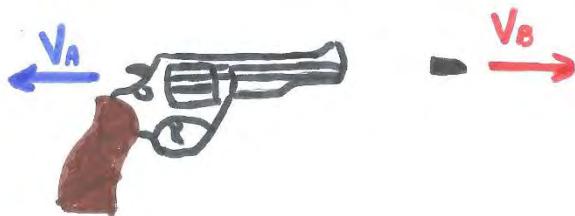
Alguma vez você já percebeu nos filmes de guerra o que acontece com as armas quando um tiro é disparado? Elas não sofrem um “recuo”? Nunca percebeu que após um tiro a arma sempre empurra o ombro do soldado para trás? Intuitivamente associamos que como a bala vai para frente, a arma vai para trás, certo? Mas por que isso acontece? É exatamente o que vamos ver agora. E adivinhe quem explica isso: a Física! Mais precisamente um conceito chamado: conservação da quantidade de movimento.

Antes de tudo, vamos entender o que é exatamente essa conservação de quantidade de movimento. Em termos técnicos e complicados, dizemos que o momento linear é conservado quando não existe força resultante (ninguém está empurrando ou puxando) atuando sobre o sistema que estamos analisando. Complicado de entender né? Mas não se preocupe, isso vai melhorar agora que estudaremos o exemplo da arma.

A primeira coisa que devemos fazer é pensar em um conjunto formado pela espingarda e pela bala. Antes do tiro acontecer, ambas as coisas estão paradas, concorda? Sendo assim, conseguimos deduzir uma coisa sobre este conjunto: como sua velocidade é zero, sua quantidade de movimento é nula. Agora devemos perceber outro detalhe: como ninguém está puxando ou empurrando a arma e a bala, elas estão apenas apoiadas na mão do soldado, então a força resultante sobre elas é zero. Portanto neste sistema podemos aplicar a conservação do momento linear.

Agora vamos pensar no que acontece após o disparo: a bala é lançada para frente com uma certa velocidade, então o momento linear dela deixa de ser nulo. Mas como assim? Não tínhamos visto que o momento linear desse sistema deveria permanecer zero mesmo após o disparo? É justamente por isso que a arma é empurrada com uma velocidade no sentido contrário ao da bala. Lembre que a quantidade de movimento é uma grande vetorial. Para que a soma vetorial dos momentos lineares da bala e da arma seja zero, eles devem possuir a mesma intensidade e direção, mas sentidos opostos.

$$V = 0$$



Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender o conteúdo.

Exercício 3: Um praticante de *Stand up paddle* organiza uma experiência em águas muito calmas onde ele pretende medir sua velocidade final depois de lançar seus remos para frente na horizontal. A massa dele mais sua prancha é de 80 kg e a massa dos remos é 10 kg. Ele consegue lançar os remos a uma velocidade igual a 20 m/s. Sendo que ele parte do repouso, calcule a velocidade dele mais a prancha depois do lançamento.

- a) 5 m/s
- b) 0,25 m/s
- c) 225 m/s
- d) 25 m/s
- e) 2,5 m/s

Correta: E

Resolução em:



Lista: ECOL01EX1 - Exercícios de Fixação #1 da lista 01 do módulo ECOL.

Dica salvadora! Lembra como é feita uma soma vetorial? Estudamos lá na apostila de Introdução à Física. Caso você não lembre, volte lá; está tudo explicadinho!

COLISÕES

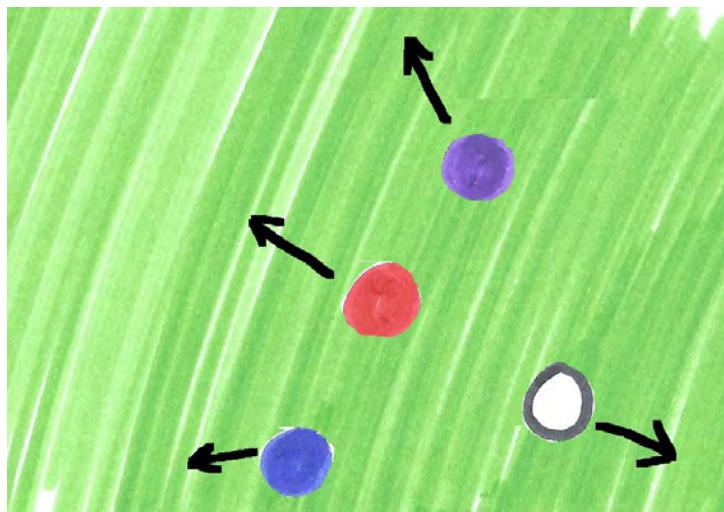
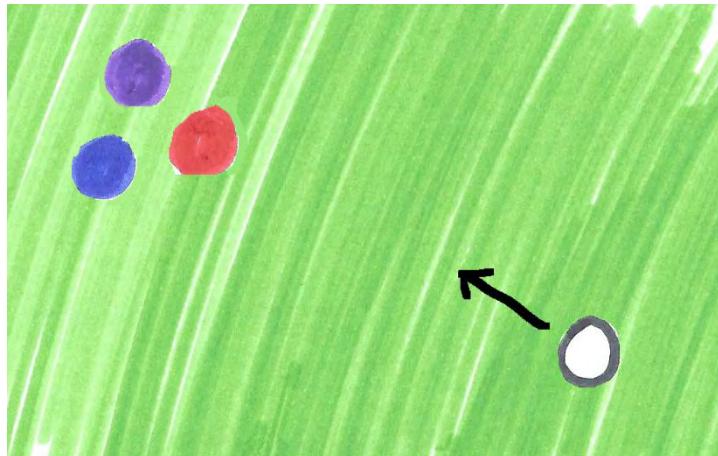
E agora vamos entrar no último tópico da nossa apostila. Vamos estudar uma aplicação direta de dois conteúdos que estudamos até aqui: impulso e conservação da quantidade de movimento. Iremos separar nosso estudo em três tipos diferentes de colisões: elástica, inelástica e perfeitamente inelástica. Preparados?

COLISÃO ELÁSTICA

Adivinhe qual vai ser nosso exemplo deste tipo de colisão? Uma jogada de sinuca, o jogo que citamos lá na introdução da apostila. Você lembra como é a mesa desse jogo? Perfeitamente plana, não? Justamente pela mesa ser assim é que se trata de uma colisão elástica. Não acontece a conversão da energia cinética das bolinhas em outros tipos de energia.

Para fazermos a análise, devemos separar as jogadas em dois momentos: o momento em que a bola branca está indo em direção as outras bolinhas e o momento em ela já colidiu com as outras bolas. Antes da colisão, a única bola que possui velocidade (e consequentemente, momento linear e energia cinética não nulos) é a bolinha branca. Após a colisão, todas as bolinhas passam a ter sua própria velocidade, quantidade de movimento e energia cinética.

O fato superinteressante aqui é que, apesar da aparente desorganização com que as bolinhas passam a se movimentar, se fizermos a soma da quantidade de movimento de todas elas, será exatamente igual à quantidade de movimento que a bolinha branca tinha no início do problema. E a mesma coisa vale para a energia cinética. Neste tipo de colisão tanto a quantidade de movimento, quanto a energia cinética do sistema permanecem inalteradas! Irado, né?



Essa conservação de momento linear ocorre e da energia cinética acontecem porque a mesa de sinuca é um sistema isolado e plano, ou seja, não existe nenhuma força externa aplicada sobre o sistema. Lembra do que era isso? Vimos na apostila anterior de Energia, se tiver dúvidas, você pode voltar lá e revisar.

Vamos testar a compreensão do conteúdo!

Exercício 4: A bola número oito está parada perto da caçapa, quando a bola vermelha número dois chega com a incrível velocidade de 25 m/s. As duas têm a mesma massa e podemos desconsiderar o atrito. Após a colisão elástica a velocidade da bolinha número oito é 25 m/s. Qual a velocidade da bolinha vermelha?

- a) 50 m/s
- b) 25 m/s
- c) 0 m/s
- d) 15 m/s
- e) 10 m/s

Correta: C

Resolução em:

Lista: ECOL09EX4 - Exercícios de Fixação #4 da lista 09 do módulo ECOL.

Exercício 5: Durante sua divertida patinação sobre o gelo, uma garota de 50 kg está com velocidade de 10 m/s indo em direção a uma parede. Enquanto ela se aproxima ela pensa em utilizar seus braços como uma espécie de mola para sair de perto da parede. Desconsiderando o atrito com o gelo, e sabendo que a colisão foi elástica, qual a velocidade que ela tem depois do encontro com a parede?

- a) 20 m/s
- b) 100 m/s
- c) 0 m/s
- d) 15 m/s
- e) 10 m/s

Correta: E

Resolução em:

Lista: ECOL09EX2 - Exercícios de Fixação #2 da lista 09 do módulo ECOL.

Dica salvadora! Quando você estiver tratando de uma colisão elástica entre duas massas iguais, é só trocar as velocidades.

COLISÃO INELÁSTICA

Este tipo de colisão difere da anterior em um ponto bem específico: por mais que aqui a quantidade de movimento ainda se conserve, ocorre a dissipação de energia cinética. Normalmente, essa dissipação acontece através de uma deformação que surge no contato entre os corpos. Não entendeu? Vamos te explicar!

Imagine uma estrada onde dois carros estão indo um atrás do outro na mesma direção. Durante um momento de distração do motorista do carro que está atrás, ele acelera demais e acaba encostando no carro da frente. A primeira coisa que vamos avaliar é o que acontece com as velocidades dos carros após essa batida: o carro da frente irá sofrer um impulso causado pelo carro de trás. Sendo assim, sua velocidade aumentará.

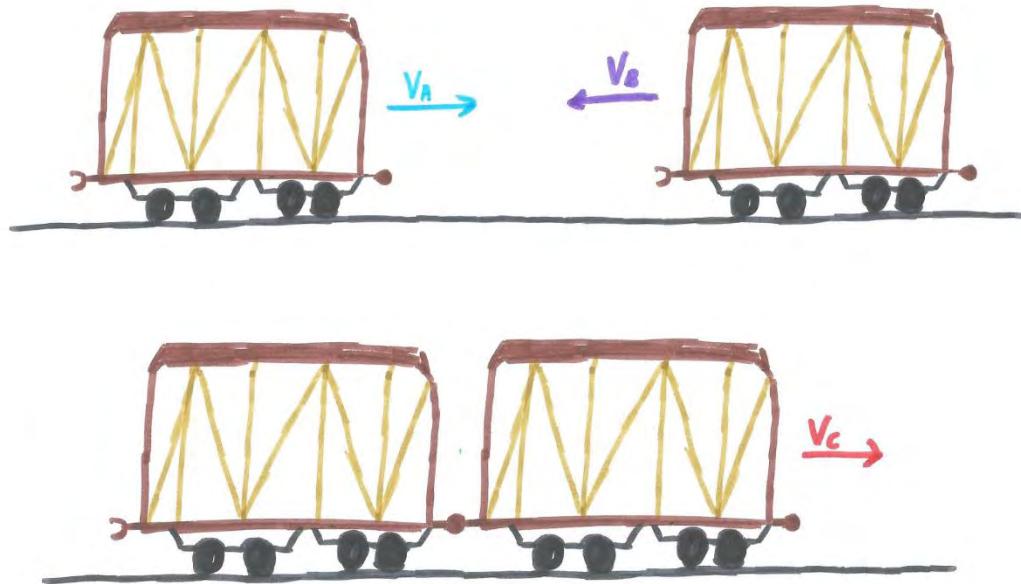
Para compensar esse aumento de velocidade e manter conservado o momento linear do sistema com os dois carros, o carro que está atrás vai acabar tendo sua velocidade diminuída. Agora vamos analisar mais especificamente a batida. Como os carros são feitos de metal, eles vão se amassar (deformar) quando baterem. E é justamente isso que configura uma colisão inelástica: como houve dispersão de energia através da deformação, a energia cinética dos carros não vai se conservar após a batida.

COLISÃO PERFEITAMENTE INELÁSTICA

Assim como na colisão anterior, aqui também ocorre a dissipação de energia cinética. Mas não é só isso: neste tipo de colisão ocorre a máxima perda possível de energia cinética. Mas espera aí, como podemos identificar na prática quando estamos tratando deste tipo de colisão? Existe um detalhe muito importante que nos permite identificar isso, você vai aprender ele no exemplo que vamos ver agora.

Imagine dois vagões de trem no trilho, um indo em direção ao outro de forma que logo eles vão se colidir. A grande jogada aqui é que esses vagões possuem um sistema de acoplamento, então quando um encostar no outro eles

vão se grudar e passarão a se mover como um objeto só. E essa é justamente a característica deste tipo de colisão, após o impacto os objetos seguem unidos como se fossem um único corpo. Com isso, irá ocorrer a dissipação máxima da energia cinética:



Muito importante lembrar! Em qualquer colisão, independente de qual tipo ela seja, a quantidade de movimento é conservada.

$$\text{QANTES} = \text{QDEPOIS}$$

RESUMÃO DE COLISÕES

Aqui nessa tabelinha temos o resumo dos pontos principais que você não pode esquecer sobre cada uma das colisões. Pode ter certeza que ela vai te ajudar muito!

Tipo de colisão	Informação	Quantidade de movimento	Energia cinética
ELÁSTICA	Sem deformação permanente		Se conserva $E_{\text{depois}} = E_{\text{antes}}$
INELÁSTICA	Há deformação permanente na colisão	Se conserva em qualquer uma das colisões! $Q_{\text{ANTES}} = Q_{\text{DEPOIS}}$	Perde energia porque deforma $E_{\text{depois}} < E_{\text{antes}}$
PERFEITAMENTE INELÁSTICA	Corpos permanecem unidos após a colisão		Perda de energia é máxima $E_{\text{depois}} < E_{\text{antes}}$

CONCLUSÃO

E aí, percebeu como estudar Física é muito legal? Cada capítulo que devoramos nos ensina mais coisas! E aqui nessa apostila não foi diferente. Notou quanta coisa você aprendeu aqui? Desde a explicação do funcionamento do *airbag* até uns truques pra jogar sinuca. Para não esquecer de tudo isso, lembre-se de sempre revisar e praticar o conteúdo através dos exercícios. Até a próxima!

REFERÊNCIAS

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 11 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2011.

PARTE I

FÍSICA

07

HIDROSTÁTICA

meSalvo!

HIDROSTÁTICA

E aí, galera do Me Salva!

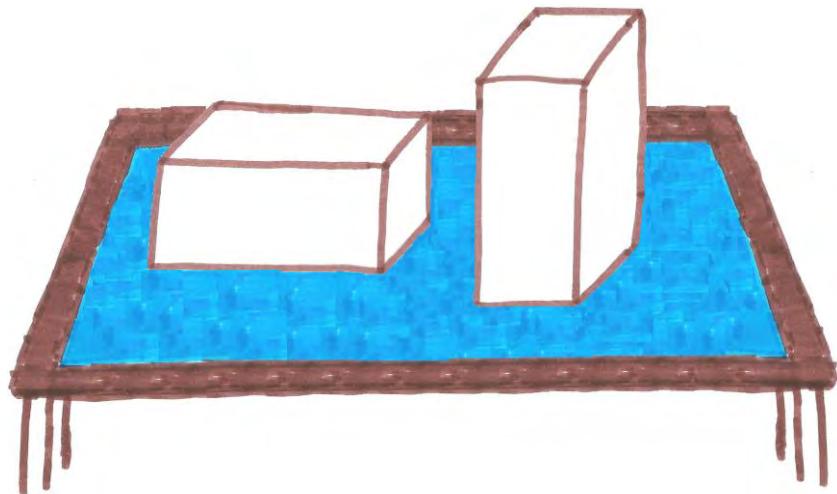
Tenho certeza que todos vocês já andaram ao menos uma vez em um barco ou em um navio, não é? Mas alguma vez vocês já pensaram em como aquele monte de metal ou madeira consegue flutuar? Curioso, não? Se pegarmos um pequeno pedaço de ferro e jogarmos na água, ele vai afundar, concorda? Pois é, então que mágica é feita para que os navios com milhares de toneladas não afundem? Uma mágica chamada Física! Mais especificamente um ramo da Física chamado Hidrostática, que é exatamente o que iremos estudar nesta apostila.

Outra coisa; sabe aqueles balões de aniversário? Se alguma vez você já tentou afundar um deles embaixo da água, sabe a dificuldade que é fazer isso. Agora pense no que é um submarino. Sim, um submarino de guerra mesmo. Ele não passa de um balão feito de ferro com muito, mas muito ar no seu interior, concorda? Pois então, se afundar o balão (com pouco ar no seu interior) já era difícil, imagine a força que é necessária para afundar um submarino, com milhões de vezes mais ar. Imagine quanto combustível teria que ser gasto para o submarino subir e descer ao fundo do mar várias vezes. Mas não é isso que acontece! Por trás desse movimento do submarino existe um truque físico, que faz com que os motores nem precisem ser ligados! Sabe o que é esse truque? Difícil, né? Mas não se preocupe! Tenho certeza que, depois de estudarmos essa apostila, você vai conseguir responder facilmente essa pergunta!

E aí, também ficou fascinado e intrigado para estudar a Hidrostática? Esperamos que sim! Se prepare, vamos começar a entender tudo isso agora. Vamos lá!

PRESSÃO

Antes de entendermos propriamente o significado do conceito pressão, podemos utilizar a intuição para facilitar nosso raciocínio. Imagine um bloco de concreto retangular em cima de um pedaço de vidro. Podemos colocar esse bloco de duas formas, como mostrado abaixo:



Quando colocado de um destes dois jeitos, o bloco vai quebrar o pedaço de vidro. Você consegue adivinhar qual dos dois jeitos é? Muito provavelmente você pensou no segundo jeito. E isso está corretíssimo. Mas agora podemos nos perguntar: se os blocos são exatamente iguais e possuem o mesmo peso, qual a justificativa para o vidro se quebrar apenas quando o bloco está apoiado de um dos jeitos? O que explica isso é justamente o conceito que vamos estudar agora: a pressão!

Pressão nada mais é do que a relação existente entre a força e a área em que essa força é aplicada. Mais precisamente, a divisão desta força por esta área, como mostrado matematicamente abaixo:

$$P = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

E é justamente aqui que conseguimos entender porque o bloco que está apoiado do segundo jeito é o que quebra o vidro. Como ele está apoiado sobre uma área menor, a pressão exercida por ele é maior!

A unidade de pressão no SI é o Pascal (Pa), que é o nome adotado para N/m².

$$\left[\frac{N}{m^2} \right] = [Pa]$$

Vale ressaltar! Existem duas maneiras de aumentarmos a pressão: podemos aumentar a força ou diminuir a área em que esta força é aplicada.

PRESSÃO EM LÍQUIDOS

Você sabe qual é o formato da água? Talvez você tenha pensado nas moléculas de oxigênio e hidrogênio que formam a água, mas não é disso que estamos falando aqui. Você consegue descrever qual é exatamente o formato de um litro de água? Difícil, né? Os líquidos não possuem um formato definido. Se você colocar a água em um copo, ela vai ficar com a forma do copo. Se você colocá-la em uma garrafa, ela vai ficar com a forma da garrafa. É característica dos líquidos adquirirem o formato do recipiente em que estão inseridos. Mas espera aí, o que isso tem a ver com pressão? Já vamos chegar lá!



Já conhecemos o significado de pressão, mas você consegue imaginar como esse conceito pode ser aplicado para os líquidos? Para entender isso podemos pensar naquela informação sobre o formato dos líquidos de maneira um pouco diferente: um líquido só possui a forma de um copo porque as laterais do copo impedem que esse líquido vaze e tenha

outro formato, concorda? Agora a grande jogada é que esse líquido não quer ter essa forma, ele quer ser livre! Para isso ele aplica uma força nas paredes do copo, tentando adquirir outro formato. E pensando assim podemos definir exatamente o que é a pressão em líquidos: é a pressão causada por um líquido na parede do recipiente em que ele está contido.

Tudo tranquilo até agora com o conceito de pressão? Faça o teste respondendo este exercício:

Exercício 1: Para completar uma aposta, uma menina precisa atravessar uma placa fina de vidro de dimensões 4m x 2m x 10 cm. Qual a melhor maneira de atravessar esta placa?

- a) Saltando para ter o menor número de contatos com o plano.
- b) Caminhando tranquilamente.
- c) Se arrastando, aumentando a área de contato entre seu corpo e a placa fina de vidro.
- d) Em um pé só, diminuindo a área de contato entre seu corpo e a placa de vidro.
- e) Nenhuma das anteriores

Correta: C

Resolução em:

Módulo: HID - INTRODUÇÃO À HIDROSTÁTICA E CONCEITOS INICIAIS

Lista: IHID02EX - Exercícios de Compreensão #01

Vale a pena saber! A força causada por um líquido é sempre perpendicular às paredes do recipiente em que ele está contido!

PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Já aprendemos que os líquidos possuem o formato do recipiente em que estão inseridos porque as paredes deste recipiente impedem que o líquido tome outra forma, certo? Mas agora pense em uma piscina. Só há paredes nas laterais e no fundo dela, certo? Mas espera aí, então por qual motivo a água não sai por cima da piscina, já que não tem parede lá? Aqui que você se engana! Existe uma espécie de “parede invisível” que impede que os líquidos flutuem, é a pressão atmosférica! Bem, na verdade ela não tem nada a ver como uma parede, mas vamos entender isso agora!

Lembra da primeira definição de pressão que estudamos aqui? A divisão entre a força pela área? Pois então, a pressão atmosférica é justamente causada pelo peso dos bilhões de metros cúbicos de ar que estão na atmosfera sobre a superfície da Terra.



Essa razão possui um valor específico, mostrado a seguir, que será muito importante durante nosso estudo:

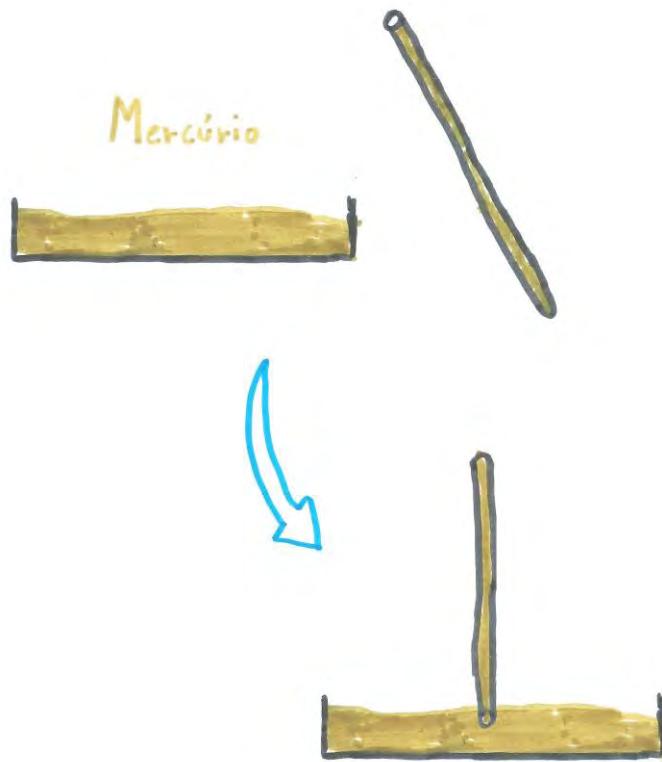
$$P_{atm} = \frac{\text{Peso do ar}}{\text{Superfície da terra}} = 10^5 \text{ Pa}$$

Perceba que a atmosfera exerce uma força de cerca de $1,0 \times 10^5$ N em cada metro quadrado na superfície da terra! Achou pouco? Isto é um valor muito grande, é a mesma coisa que colocarmos um bloco de ferro pesando 10000kg (sim, dez mil quilogramas!) sobre um metro quadrado! Mas como não notamos esse peso todo sobre nossas cabeças? Ele não é notado porque geralmente existe ar tanto dentro quanto fora dos objetos, de modo que as forças exercidas pela atmosfera em cada lado do objeto são praticamente equilibradas.

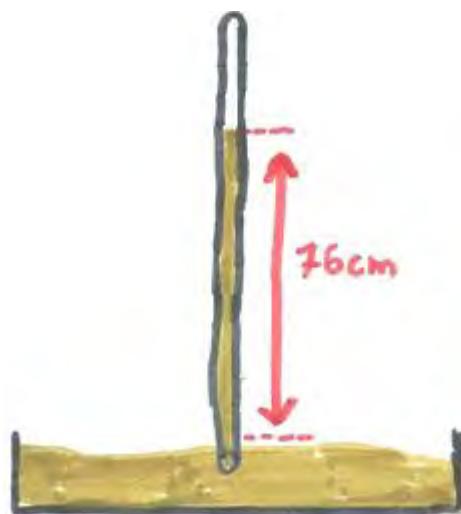
O EXPERIMENTO DE TORRICELLI

Esse experimento foi uma maneira não convencional (mas muito inteligente) de medir a pressão atmosférica. O responsável por ele foi um gênio da Física chamado Evangelista Torricelli. Pronto para entender como ele fez isso?

A primeira coisa que Torricelli fez foi pegar um tubo de 1 metro de comprimento fechado em uma das extremidades. Em seguida ele encheu o tubo completamente com mercúrio e mergulhou a extremidade aberta em um recipiente contendo também mercúrio.



Após algum tempo, ele percebeu que o nível de mercúrio dentro do tubo não variava. Então, ele pegou uma régua e mediu a altura que o mercúrio havia atingido: exatamente 760 mm.





Mas o que significa essa medida de mercúrio que ele obteve? Significa que a pressão atmosférica tem “força” suficiente para levantar até 76 centímetros de mercúrio. Exatamente quando o mercúrio atinge essa altura, seu peso passa a fazer uma pressão igual à pressão atmosférica. E deste experimento surgiu uma nova medida para a pressão atmosférica. Dizemos que ela vale 760 mm de Hg (símbolo químico que representa o mercúrio).

Você precisa saber! Imagine que você está no topo de uma montanha. É lógico pensar que quanto mais alto estamos, menor é a quantidade de ar que paira sobre nossas cabeças, concorda? Pois então, se existe menos ar, o peso do ar deve ser menor, não é? Exatamente isso, e como o peso é menor, consequentemente a pressão causada por ele também é menor! Conseguiu perceber onde estamos chegando?

Quanto mais alto estamos, menor é a pressão atmosférica!

Novamente é sua vez de praticar. Aproveite este exercício para testar se você conseguiu entender o conteúdo.

Exercício 2: Escaladores realizam uma experiência no alto de uma montanha. Eles utilizam um sistema parecido com o da experiência de Torricelli, utilizando água no tubo; a altura do líquido no tubo é dois metros. Sabendo que ao nível do mar a altura da água no tubo é dez metros, eles concluem que a pressão atmosférica no alto da montanha é _____. A razão pela qual a água no tubo ao nível do mar chega a 10 m de altura é _____. Selecione a sequência que preenche corretamente as lacunas.

- a) $2^* [10] ^5 \text{ Pa}$ – porque a gravidade é mais forte perto da terra.
- b) $0,8^* [10] ^5 \text{ Pa}$ – porque a atmosfera é finita.
- c) 20% da pressão atmosférica ao nível do mar – porque a gravidade é mais forte perto da terra.
- d) 80% da pressão atmosférica ao nível do mar – porque a atmosfera é finita.

- e) 20% da pressão atmosférica ao nível do mar – porque a capacidade que uma coluna de ar tem de empurrar outra coluna de um fluido é maior quanto mais fundo estiver na atmosfera.

Correta: E

Resolução em:

Módulo: PETA - PRESSÃO ATMOSFÉRICA E EXPERIÊNCIA DE TORRICELLI

Lista: PETA06EX - Exercícios de Compreensão #01

DENSIDADE

Este conceito você provavelmente já conhece, falamos sobre ele lá na apostila de Introdução à Física, lembra disso? Utilizamos o exemplo de um balde completamente cheio de areia. Mas o que realmente é densidade? Matematicamente, dizemos que é a razão entre a massa (m) e o volume (V) de um corpo qualquer. Note que estamos falando em um corpo qualquer, que pode ser a mistura de várias coisas.

$$d = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

MASSA ESPECÍFICA

Aqui precisamos ter um pouco mais de cuidado. O modo como calculamos a massa específica é exatamente igual ao modo como calculamos a densidade. Ela é a razão entre a massa de uma substância e seu volume correspondente. Note bem, estamos tratando de substâncias, não de objetos.

$$\mu = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Outra coisa que vale a pena notar é esse símbolo estranho (μ) que utilizamos para expressar massa específica. Ele é uma letra grega chamada “Mi”.

Você sabe porque Torricelli utilizou o mercúrio em seu experimento? Ele escolheu especificamente o mercúrio em função do seu alto valor de massa específica. Caso ele tivesse escolhido fazer esse experimento com a água, seria necessário utilizar um tubo com mais de 10 metros de altura!

E aí, tudo certo com o conceito de densidade? Temos alguns exercícios para você testar seu conhecimento!

Exercício 3: De acordo com o conceito e a equação da densidade de um corpo, preencha as lacunas abaixo: A densidade refere-se ao quão _____ é um corpo. Se aumentarmos o volume mantendo a mesma massa, obtemos uma densidade _____. Comparando 1 Kg de algodão a 1 Kg de, ferro concluímos que o algodão é _____ denso do que o ferro.

- a) Compacto – maior – mais.
- b) Expansivo – menor – mais.
- c) Compacto – menor – menos.
- d) Compacto – maior- mais.
- e) Expansivo – menor – menos.

Correta: C

Resolução em:

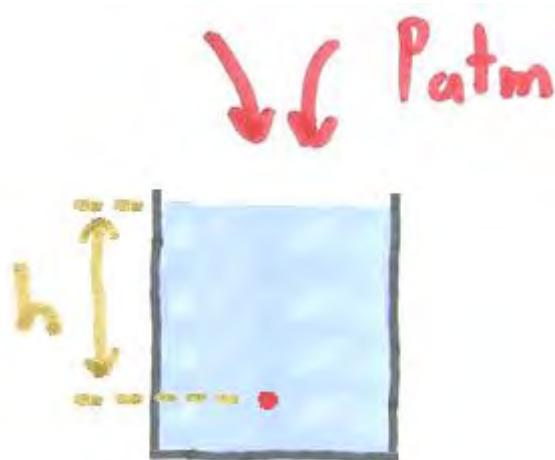
Módulo: HID - INTRODUÇÃO À HIDROSTÁTICA E CONCEITOS INICIAIS

Lista: IHID06EX - Exercícios de Compreensão #02

PRESSÃO HIDROSTÁTICA - (LEI DE STEVIN)

Alguma vez enquanto mergulhava você já percebeu um certo desconforto nos ouvidos? Isso acontece quando vamos muito fundo embaixo da água. Uma pressão é feita sobre nossos tímpanos. E é justamente essa pressão que estudaremos agora: a pressão hidrostática.

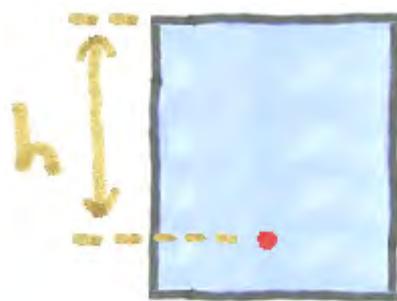
A pressão hidrostática é a pressão que existe no interior de um líquido em equilíbrio. Ela é basicamente causada pelo peso deste líquido e pela atmosfera. Sabendo disso, podemos fazer uma associação lógica: quanto mais fundo estivermos, mais líquido existirá sobre nós, certo? Consequentemente, a pressão causada por este líquido será maior. Além da profundidade do local (h), esta pressão também depende de outros dois parâmetros: a densidade do líquido (d) e da gravidade local (g).



Assim, determinamos a pressão hidrostática em um recipiente aberto pela seguinte expressão matemática:

$$P_{HID} = d_{lig} \cdot g \cdot h + P_{ATM}$$

Mas e se este recipiente estiver fechado? Então a pressão atmosférica não irá influenciar!



A pressão no interior deste recipiente vai depender apenas da profundidade do ponto que estamos analisando:

$$P_{HID} = d_{lig} \cdot g \cdot h$$

Dica salvadora! Veja bem: em nenhum momento falamos sobre o volume de água acima do ponto. A pressão hidrostática depende da profundidade em que o corpo se encontra. Lembre-se disso!

A pressão hidrostática será fundamental nos próximos tópicos da nossa apostila. Um bom jeito de verificar o estudo até agora é fazer os exercícios abaixo:

Exercício 4: No fundo do mar, próximo aos pontos mais profundos já visitados por humanos, a pressão é esmagadora $P=1,10 \cdot 10^8$ Pa. A que profundidade essa pressão "P" é sentida? Considere $g=10\text{m/s}^2$ e a densidade da água $d=1000\text{kg/m}^3$.

- a) 14500 metros
- b) 1100 metros
- c) 11000 metros
- d) 110 metros
- e) 22000 metros

Correta: C

Resolução em:

Módulo: PVCA - PRESSÃO HIDROSTÁTICA E VASOS COMUNICANTES

Lista: PVCA04EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 5: Um mergulhador consegue suportar uma pressão de $2,80 \cdot 10^5$ Pa sem qualquer equipamento. Sendo a densidade da água 1000 kg/m^3 , qual a profundidade que este mergulhador alcança? Considere $g=10 \text{ m/s}^2$ e que a água está extremamente calma.

- a) 18 metros
- b) 180 metros
- c) 36 metros
- d) 48 metros
- e) 28 metros

Correta: A

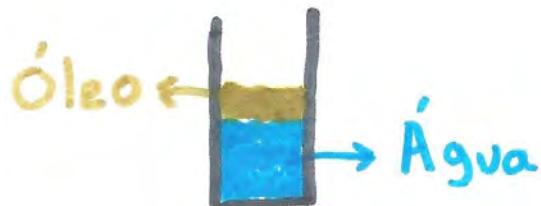
Resolução em:

Módulo: PVCA - PRESSÃO HIDROSTÁTICA E VASOS COMUNICANTES

Lista: PVCA04EX - Exercícios de Compreensão #03

LÍQUIDOS IMISCÍVEIS

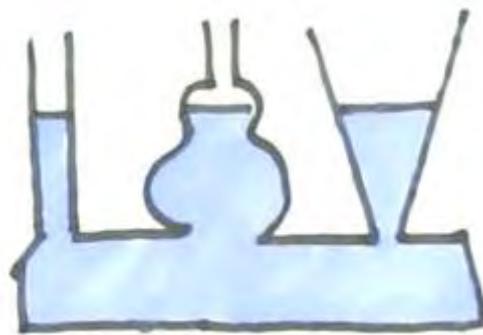
O jeito mais fácil de entender isso é na prática, “colocando a mão na massa”. É um experimento bem simples: você só vai precisar de um copo transparente, água e óleo de cozinha. Faça isso longe do seu computador! Agora coloque um quarto do copo de água e um quarto do copo de óleo. O próximo passo é tapar a boca do copo com sua mão e mexer bastante, tentando fazer os dois líquidos se misturarem. Faça isso até você perceber que eles já estão bem misturados. Agora deixe o copo em repouso durante alguns minutos. O óleo e a água continuam separados? Sensacional, não é? Isso acontece porque esses dois líquidos são imiscíveis, não se misturam de jeito algum!



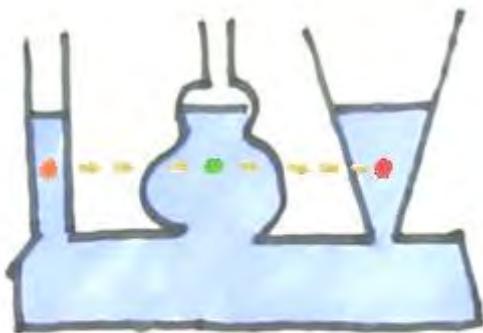
A explicação para isso vem lá da Química, mais especificamente da polaridade das moléculas destes líquidos. Entretanto, isso não importa nesse momento para nós. O que precisamos saber para os próximos passos do nosso estudo é que existem líquidos que não se misturam de forma alguma.

VASOS COMUNICANTES

Apesar deste nome meio estranho, vasos comunicantes nada mais são do que tubos de formas diversas ligados entre si.



Quando preenchemos estes vasos com um líquido, eles se tornam uma aplicação direta da Lei de Stevin. A pressão hidrostática em pontos a uma mesma altura, mesmo que localizados em tubos diferentes, será sempre a mesma.

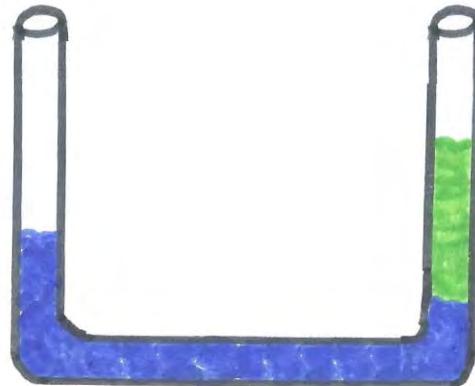


$$P_a = P_b = P_c$$

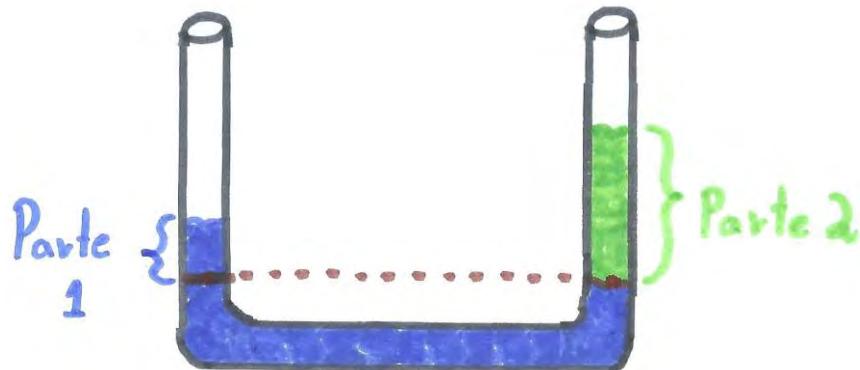
Outra coisa muito importante que devemos perceber é que, independente do formato dos vasos, se todos estiverem preenchidos com o mesmo líquido, a altura desse líquido será sempre a mesma em todos eles.

COM LÍQUIDOS IMISCÍVEIS

Mas e se colocarmos líquidos imiscíveis dentro destes vasos? Bom, aí a história já muda.



Nesta situação, a primeira coisa que devemos fazer é identificar a fronteira onde ocorre a separação entre os dois líquidos. Em seguida, devemos identificar dois pontos que estão localizados na mesma altura dessa fronteira. Agora pensamos novamente na Lei de Stevin. Como a pressão hidrostática em pontos no mesmo líquido e na mesma altura são iguais, então a pressão causada tanto pela parte 1 quanto pela parte 2 devem ser iguais, concorda?



Sabendo disso, podemos igualar as equações de pressão hidrostática das duas partes, relacionando os dois líquidos.

$$P_{HID1} = P_{HID2}$$

$$d_1 \cdot g \cdot h_1 = d_2 \cdot g \cdot h_2$$

Como a gravidade é a mesma, podemos simplificar e chegar na seguinte relação:

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2$$

Pronto, agora você já tem a solução de todos os problemas envolvendo vasos comunicantes com líquidos imiscíveis. A única coisa necessária é substituir os valores dos problemas na igualdade apresentada acima.

E aí, tudo tranquilo com o conteúdo de vasos comunicantes? Aproveite estes exercícios para fazer o teste!

Exercício 6: Chegando ao laboratório, um químico se depara com um tubo de altura 60 cm e área transversal $0,0003\text{ m}^2$ que contém um líquido até a marca de 50 cm. No entanto, o químico não consegue identificá-lo, então decide usar um equipamento que mede pressão. Já no fundo, o equipamento mede $1,45 \cdot [10]^{5}\text{ Pa}$. Considerando a pressão atmosférica $[10]^{5}\text{ Pa}$ e a aceleração gravitacional $g=10\text{m/s}^2$, qual é a densidade do líquido encontrada? De acordo com a densidade encontrada, para saber que líquido é esse, verifique na tabela abaixo:

Material	Densidade
Ferro	7900 kg/m^3
Água	1000 kg/m^3

Cobre	9000 kg/m ³
-------	------------------------

A seguir, calcule a força no fundo do recipiente.

- a) 7900 kg/m³ - Ferro – 8700 N
- b) 1000 kg/m³ - Água – 8000 N
- c) 7900 kg/m³ - Ferro – 4350 N
- d) 9000 kg/m³ - Cobre – 43,50 N
- e) 9000 kg/m³ - Cobre – 4850 N

Correta: D

Resolução em:

Módulo: PVCA - PRESSÃO HIDROSTÁTICA E VASOS COMUNICANTES

Lista: PVCA02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 7: Um colega de Física precisa de nossa ajuda para um trabalho experimental. Há duas colunas com líquido; elas estão conectadas. O líquido vermelho é ferro, com densidade $d=7900 \text{ kg/m}^3$ e a altura h é 15 cm. Nosso colega precisa saber qual a pressão no ponto A e também precisa calcular a densidade do líquido amarelo. Vamos ajudá-lo?

- a) $1,24 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 16000 \text{ kg/m}^3$
- b) $2,40 \cdot 10^4 \text{ Pa} - 8000 \text{ kg/m}^3$
- c) $1,24 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 16000 \text{ kg/m}^3$
- d) $1,24 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 8000 \text{ kg/m}^3$
- e) $1,24 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 12000 \text{ kg/m}^3$

Correta: A

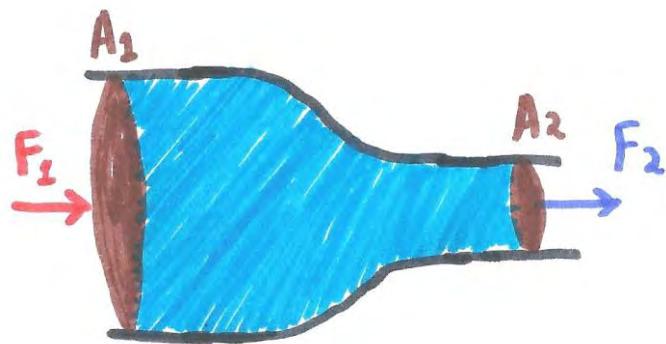
Resolução em:

Módulo: PVCA - PRESSÃO HIDROSTÁTICA E VASOS COMUNICANTES

Lista: PVCA06EX - Exercícios de Compreensão #02

TEOREMA DE PASCAL

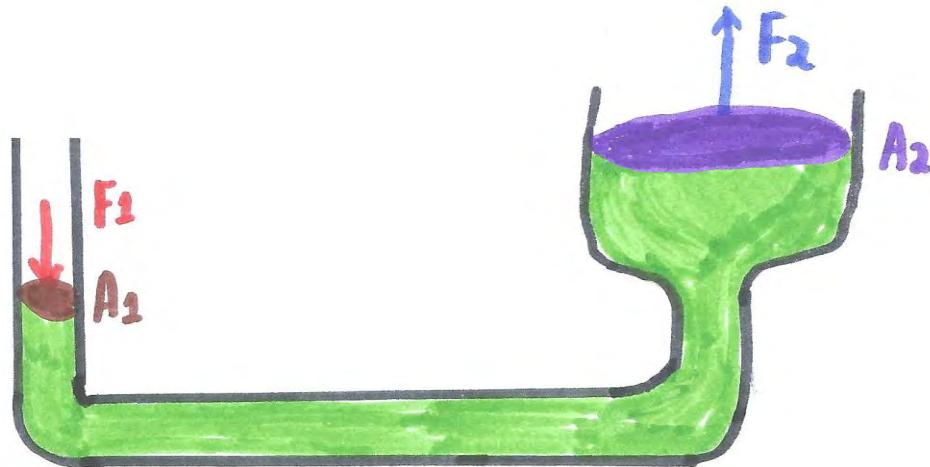
O Teorema de Pascal se baseia em um fato muito interessante dos líquidos: quando aplicamos uma força a um líquido, ele distribui a pressão causada por essa força igualmente em todas as direções e sentidos. Em outras palavras, se tivermos um tubo cheio de água e aplicarmos uma pressão em um dos lados do tubo, a água transmitirá integralmente essa pressão para o outro lado do tubo.



Parece complicado, né? Mas não se preocupe, em seguida veremos a aplicação prática deste teorema e tudo ficará mais simples!

ELEVADOR HIDRÁULICO

O elevador hidráulico é um dispositivo criado para multiplicar forças. Basicamente, ele utiliza exatamente o princípio que acabamos de ver. Se liga na imagem mostrada abaixo:



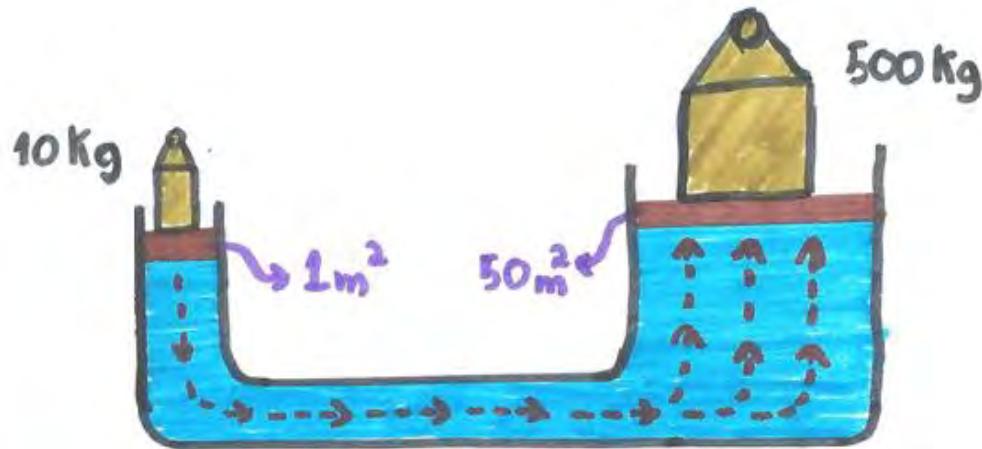
Se aplicarmos uma pressão em um dos lados desse vaso comunicante, o líquido contido nele irá transmitir exatamente essa mesma pressão para o outro lado, independente da forma que ele possuir. E aqui está a grande jogada! Se colocarmos dois tubos, um muito fino (com uma pequena área) e outro muito grosso (com uma grande área) e aplicarmos uma força (F_1) no tubo mais fino, essa força irá gerar uma pressão (P_1) que será transmitida integralmente para o outro lado! Isso é descrito matematicamente pela seguinte igualdade:

$$P_1 = P_2$$

Lembrando da definição do que é pressão, podemos escrever essa equação da seguinte forma:

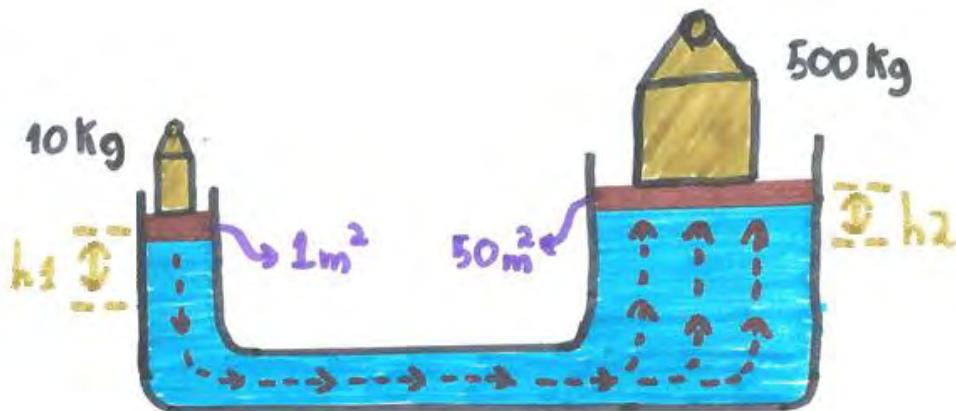
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Essa equação nos diz que, se a área do tubo maior for 100 vezes maior que a área do tubo menor, então, ao aplicarmos uma força no tubo menor, uma força 100 vezes maior surgirá no tubo maior! Vamos entender melhor olhando esse exemplo:



Como nesse exemplo a área do pistão maior é 50 vezes maior que a área do pistão menor, conseguimos equilibrar um peso de 500kg colocando um peso de apenas 10kg! Em outras palavras, conseguimos equilibrar uma força de 5000N aplicando apenas 100N. A Física não é incrível?!

Outra coisa muito importante que devemos perceber é que o lado que possui maior força e maior área, possui menor deslocamento. Mas como assim? Podemos visualizar isso pensando que o mesmo volume de líquido é transferido do tubo mais fino para o tubo mais grosso.



Como o volume é dado pela multiplicação da área do pistão pela altura do deslocamento de líquido, chegamos na seguinte expressão:



$$A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2$$

No caso deste exercício temos os seguintes valores:

$$1m^2 \cdot h_1 = 50m^2 \cdot h_2$$

Para que essa igualdade seja verdadeira, então o deslocamento da água no tubo mais fino deve ser cinquenta vezes maior do que o deslocamento no tubo mais grosso! Em outras palavras, o deslocamento do líquido que acontece em um tubo é inversamente proporcional à força aplicada nele!

Muito Importante! Você lembra do conceito de trabalho que vimos lá na apostila de Energia? Lembra que o trabalho realizado por uma força é dado pelo produto entre a intensidade da força e o deslocamento dela?

Pois então, utilizando esse conceito podemos deduzir um fato muito importante que ocorre aqui. Como a força aplicada em cada tubo é inversamente proporcional ao deslocamento que o líquido sofre, então o trabalho realizado nos dois tubos acaba sendo exatamente igual! Isso acontece justamente para respeitar o princípio da conservação de energia. Faça esse teste! Utilize os valores do exemplo que acabamos de ver para confirmar isso.

Aqui vai um exercício para você praticar o que acabamos de estudar!

Exercício 8: Qual deve ser a força aplicada em um dos lados do elevador hidráulico para equilibrar um carro de 1500kg? Sabe-se que as áreas do elevador são de 1 m² e 25m². (considere g = 10m/s²)

- a) 200N

- b) 300N
- c) 400N
- d) 500N
- e) 600N

Correta: E

Resolução em:

Módulo: MPA - PRINCÍPIO DE PASCAL E EMPUXO

Lista: EMPA02EX - Exercícios de compreensão #02 - Teorema de Pascal

EMPUXO

Se você já teve que retirar uma pedra de dentro da água, vai saber exatamente o que significa empuxo! Imediatamente após ser removida da água, ela não parece mais pesada? Não parece que precisamos fazer uma força maior para continuar segurando-a? Pois então, essa diferença na força que exercemos quando a pedra está dentro e fora da água é explicada pelo empuxo!

Se liga na imagem abaixo, ela representa o esquema de forças que atuam sobre a pedra quando ela está submersa.



Observe agora que as forças verticais que atuam embaixo da pedra são mais intensas que as forças que atuam em cima dela. Isso se justifica por algo que estudamos lá na pressão hidrostática dentro de líquidos: quanto mais fundo, maior é a pressão exercida. Lembra disso? Já as forças horizontais se anulam, pois estão localizadas exatamente na mesma altura. Pois então, se fizermos a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre esse corpo, a força resultante será vertical e apontará para cima. Essa força resultante é o empuxo!



Percebeu porque a pedra parece mais leve quando está dentro da água? Não é porque ela perdeu massa, mas porque existe uma força que nos ajuda a levantá-la! Mas espera aí, como calculamos a intensidade dessa força? É justamente isso que vamos ver agora no Teorema de Arquimedes!

TEOREMA DE ARQUIMEDES

Já comprovamos que existe uma força de empuxo, concorda? Mas ainda falta uma coisa muito importante: qual é o valor (a intensidade!) dessa força? É justamente aqui que esse teorema entra na história! Arquimedes diz que a intensidade do empuxo é exatamente igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto imerso. Vamos ver uma maneira bem simples de entender isso!

Imagine que você tem uma jarra cheia de suco. Por algum motivo, você acaba jogando uma pedra dentro dessa jarra. Concorda que, ao fazer isso, um pouco do suco será deslocado e irá transbordar? Pois então, é através desse líquido que transbordou que podemos calcular o empuxo que



a pedra sofre quando imersa no suco! Se conseguirmos medir o peso desse suco deslocado, teremos exatamente a intensidade do empuxo que age sobre a pedra! Mas e se não conseguirmos medir isso? Então calculamos! Como vimos lá na Dinâmica, o peso de um objeto é definido pela multiplicação entre a massa e a aceleração da gravidade, lembra disso? Exatamente o que é mostrado pela equação a seguir:

$$E = M_L \cdot g$$

Como a massa de um líquido é resultado da multiplicação entre seu volume e sua densidade, podemos fazer uma substituição nessa equação:

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

E aqui finalmente chegamos na equação que nos fornece a intensidade do empuxo! Ela depende da massa (mL), da densidade (dL) e também do volume (VL) que foi deslocado desse líquido.

Dica salvadora! Este mesmo princípio que acabamos de estudar também vale para objetos parcialmente imersos. A única diferença é que o empuxo sofrido por estes objetos será proporcional ao volume deles que está imerso!

Temos um exercício para você praticar o que acabamos de estudar sobre empuxo!

Exercício 9: Uma pedra com volume de 50mL cai em um copo com água. Qual o empuxo sofrido pela pedra quando está totalmente submersa? (dados: $g = 10\text{m/s}^2$, $1000\text{L} = 1\text{m}^3$ e $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

- a) 5N
- b) 2N
- c) 0,5N
- d) 0,2N
- e) 1N

Correta: C

Resolução em:

Módulo: MPA - PRINCÍPIO DE PASCAL E EMPUXO

Lista: EMPA04EX - Exercícios de Compreensão #01 - Teorema de Arquimedes

PESO APARENTE

O peso aparente é o peso que um objeto parece ter quando inserido em um líquido. Ele pode ser calculado subtraindo o empuxo do peso real do objeto:

$$Peso_{apa} = Peso_{real} - E$$

Se um objeto de 50kg (500N de peso) for imerso em água e deslocar 30 kg (300N de peso) de água, sofrerá exatamente um empuxo de 300N e seu peso aparente será de 200N.

$$Peso_{apa} = 500N - 300N = 200N$$



COMO AS COISAS FLUTUAM?

Agora que conhecemos o conceito de empuxo, podemos finalmente entender como alguns objetos flutuam. Como sabemos, o empuxo depende do volume de líquido que o corpo desloca, certo? Sendo assim, para que um corpo flutue, precisa deslocar um peso de líquido maior que seu próprio peso. Se ele conseguir isso, a intensidade do empuxo será maior que o peso do próprio objeto e, consequentemente, ele será empurrado para cima!

Agora vamos pensar de outra maneira: se o corpo deslocar um peso de líquido maior que seu próprio peso, isso quer dizer que ele é menos denso que este líquido, certo? Pois então, agora chegamos a uma conclusão que nos permite facilmente descobrir se um objeto vai boiar ou não! Se ele for mais denso que o líquido em que está inserido, irá afundar; caso seja menos denso, irá flutuar!

Muito importante! Todos esses princípios sobre empuxo que acabamos de estudar também valem para os gases. Como o ar atmosférico também é um gás, podemos deduzir que todos nós sofremos um empuxo causado pela atmosfera. Guarde esta informação, vamos utilizá-la em seguida, ao falarmos sobre o balonismo.

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para verificar se o conceito de empuxo ficou claro.

Exercício 10: Celso Portiolli, em seu programa matinal, resolveu brincar de “Flutua ou Afunda”. Se ele colocar uma bola de borracha oca, com 200g e 5cm de raio, em um recipiente com água, a bolinha vai afundar ou boiar? Por quê? (dados: $g = 10\text{m/s}^2$ e $\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$).

- a) Afundar, pois o peso de 2N é maior do que o empuxo de 1,6 N.

- b) Boiar, pois o empuxo (6N) é maior do que o peso (2N).
- c) Boiar, já que tudo boia quando tem ar dentro.
- d) Afundar, uma vez que a borracha é mais densa do que a água.
- e) Afundar, pois não há empuxo sobre a bolinha quando ela está parada.

Correta: B

Resolução em:

Módulo: MPA - PRINCÍPIO DE PASCAL E EMPUXO

Lista: EMPA06EX - Exercícios de Compreensão #01 - Flutuação

Exercício 11: Um navio cargueiro de 500 mil toneladas está abandonado no fundo do oceano. Considerando que o navio tem um volume total de 100 mil metros cúbicos, qual a força que o fundo do oceano aplica sobre a embarcação naufragada? (dados: densidade da água salgada = 1040 kg/m³).

- a) 4×10^9
- b) 4×10^8
- c) 5×10^8
- d) 1×10^8
- e) 5×10^9

Correta: A

Resolução em:

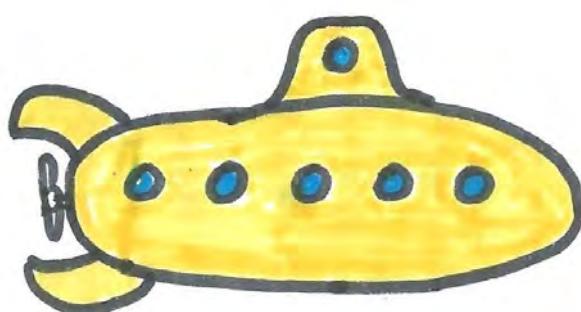
Módulo: MPA - PRINCÍPIO DE PASCAL E EMPUXO

Lista: EMPA09EX - Exercícios de Compreensão #02 - Peso aparente e fração imersa

SUBMARIOS

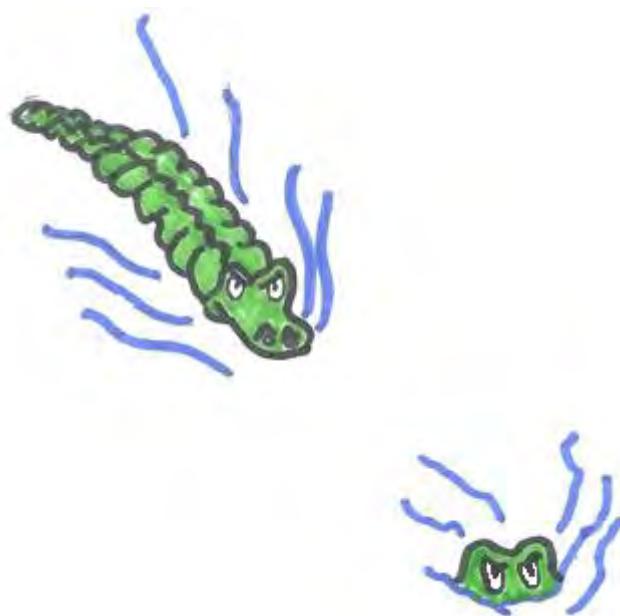
E agora finalmente vamos entender qual o truque físico que está por trás da movimentação vertical dos submarinos!

Quando um submarino precisa emergir, é necessário que o empuxo seja maior que o peso dele, certo? Já quando ele quer submergir até o fundo do mar, é necessário que o empuxo seja menor que o peso. Agora temos um problema: sabemos que o empuxo depende do volume de líquido que o submarino desloca, mas, se o submarino é feito de metal, como vamos variar o volume dele? Bem, não vamos! A ideia vai ser variar o peso do próprio submarino conforme a necessidade. Mas espera aí, como isso é feito? Através de tanques, que absorvem ou expulsam água de dentro do submarino! O submarino consegue regular sua densidade através desse controle, deixando-a maior ou menor em relação à água. Desta maneira, ele consegue ir do fundo do mar até a superfície apenas utilizando a Física, sem precisar de nenhum motor ligado!



CROCODILOS

Um fato surpreendente é que os crocodilos (sim, os animais!) utilizam a mesma ideia que os submarinos para se esconder de suas presas. Vamos entender: quando os crocodilos querem caçar, eles engolem algumas pedras, aumentando assim o seu peso e consequentemente sua densidade. Fazendo isso, eles afundam e conseguem se movimentar em baixo da linha de água, evitando que suas presas os vejam antes do ataque. Cientistas já encontraram mais de 4kg de pedras dentro de crocodilos grandes. Não é genial? Só a Física mesmo para encontrar algo em comum entre os crocodilos e os submarinos.



BALONISMO

Alguma vez você já notou que existe uma chama nos balões? Pois então, você sabe para que ela serve? Ela simplesmente é responsável por fazer os balões levantarem voo! Essa chama serve para esquentar o ar que existe dentro do balão, tornando-o menos denso que o ar da atmosfera. Como consequência dessa diminuição de densidade, a força peso do balão se torna menor que o empuxo gerado pelo ar atmosférico. Como a força empuxo age na vertical para cima, o balão levanta voo!



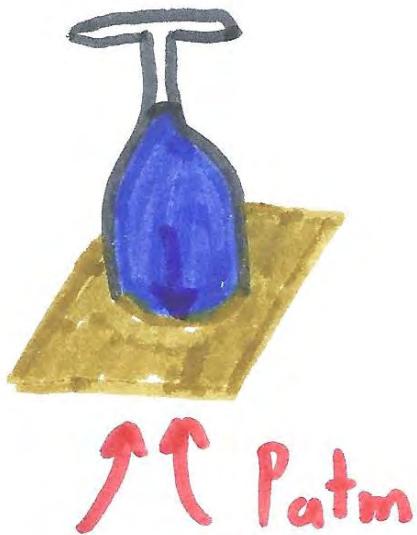
Vale relembrar! A força de empuxo que um objeto sofre quando inserido em um líquido depende de seu volume, não de sua massa!

HIDROSTÁTICA NA PRÁTICA

Antes de finalizarmos nosso estudo sobre a Hidrostática, vamos propor um desafio bem simples para você! Você só vai precisar de uma folha de papel e um copo. Não faça isso perto do seu computador!

A primeira coisa que você deve fazer é encher o copo de água e cobrir a abertura dele com o pedaço de papel. Em seguida, vire o copo de cabeça para baixo. O papel ficou grudado na boca do copo? Muito massa, não é?

Isso acontece porque a pressão atmosférica é maior que a pressão da coluna de água. O ar atmosférico faz uma força vertical para cima, sustentando o papel.



CONCLUSÃO

E aí, percebeu quanta coisa do nosso cotidiano a Hidrostática explica? A Física é demais, não é? Lembre-se sempre de revisar todos os conceitos que vimos nessa apostila. É fundamental que você os tenha sempre frescos na sua cabeça, assim será muito mais fácil conseguir relacioná-los com suas respectivas aplicações!

Começaremos a estudar um ramo totalmente diferente da Física em nossa próxima apostila, a Eletricidade – a Eletrostática, mais especificamente. Esperamos você lá!

REFERÊNCIAS

Física Conceitual. 11 ed. - Editora Bookman, 2011 - Porto Alegre. Hewitt, Paul G.

meSalva!