

MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

A cinemática é a parte da física que estuda os movimentos sem se preocupar com as causas. Em outras palavras, vamos estudar como um corpo se movimenta, sem focar com o motivo pelo qual ele está em movimento — esses motivos nós veremos em Leis de Newton, mais para frente no curso Chama o Físico.

Na cinemática, você verá cinco módulos, sendo:

- Movimento Retilíneo Uniforme;
- Movimento Retilíneo Uniformemente Variado;
- Queda livre e Lançamento Vertical;
- Composição de Movimentos;
- Movimento Circular Uniforme.

Bora começar? Bons estudos!

CONCEITOS BÁSICOS

Vamos iniciar o nosso estudo da cinemática com alguns conceitos básicos, mas extremamente importantes!

Movimento

A cinemática é a parte da física que estuda os movimentos. Um corpo está em movimento quando ele mudar de posição em relação a um referencial.

Referencial

Referencial é o local, ou seja, o ponto de vista de onde se observa a situação.

Posição (s)

A posição é a distância de um corpo em relação a um referencial.

Para compreender esses conceitos, imagine um trem em movimento. Para analisar o movimento desse trem, podemos utilizar diversos referenciais. Por exemplo, podemos pegar o referencial de um passageiro dentro do trem ou de alguém parado em uma estação por onde o trem passa.

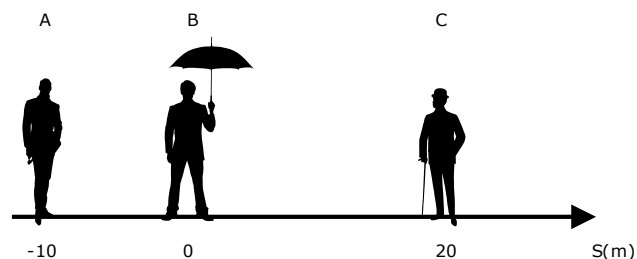
A percepção de movimento do trem varia de acordo com o referencial. Por exemplo, se o referencial for o

passageiro dentro do trem, o trem está parado! Estranho né? O trem está parado pois o passageiro no seu interior acompanha o mesmo movimento do trem e, conseqüentemente, não se desloca em relação ao trem. Entretanto, se o referencial for alguém parado na estação, a posição do trem vai mudando em relação a esse referencial, ou seja, o trem estaria em movimento!

Progressivo e Retrógrado

Um movimento pode ser de dois tipos: progressivo ou retrógrado. Dizemos que um movimento é progressivo quando sua posição está aumentando em relação ao referencial e, nesse caso, a velocidade do corpo é positiva. Dizemos que o movimento é retrógrado quando sua posição está diminuindo e, portanto, a velocidade será negativa.

Veja o diagrama abaixo:



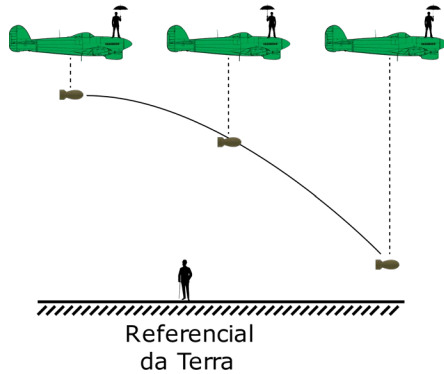
Nosso referencial está em 0, no ponto B. Caso a pessoa mude do ponto A para o B e depois para o C, ela estará aumentando suas posições e, portanto, estará em movimento progressivo. Porém, se ela for da direita para a esquerda, partindo do ponto C ao A, ela estará em movimento retrógrado, diminuindo suas posições. Vale reforçar que isso não significa que o corpo está dando ré, mas sim que ele está apenas voltando no referencial!

Agora que você já sabe o que é movimento, referencial e posição, vamos falar da trajetória de um corpo.

Trajecória

Trajecória representa o caminho descrito por um corpo. A trajetória depende do referencial e pode tomar diversos formatos, como retilínea, curvilínea, circular, parabólica, dentre outros.

Para entender melhor, vamos imaginar um avião se movimentando em linha reta com uma velocidade constante, ou seja, em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). Em certo momento, esse avião abandona uma bomba, conforme a imagem abaixo:



Vamos analisar essa situação em dois referenciais:

- (1) de uma pessoa na Terra, olhando o movimento da bomba e do avião,
- (2) e do piloto, dentro do avião.

Como a bomba está acoplada ao avião e este segue seu trajeto para a direita em MRU, podemos afirmar que a bomba também possui uma velocidade constante para a direita, certo?

Quando o avião solta a bomba, a única força atuando sobre a bomba é a força peso, em direção ao chão. Cuidado para não associar força com velocidade! Eu espero que você tenha matado o Aristóteles dentro de você no curso de Fundamentos da Mecânica. Não há nenhuma força atuando na bomba para a direita. Então podemos afirmar que, horizontalmente, a bomba seguirá em movimento uniforme. Lembra? Quando a força resultante sobre um corpo é zero, se ele está em movimento, ele tenderá a continuar em movimento uniforme.

E o movimento vertical? Bom, como falamos, a força peso atua sobre a bomba, ou seja, verticalmente teremos uma força resultante diferente de 0, o que significa que o movimento da bomba nessa direção será acelerado.

Ok, agora, como nossos dois referenciais enxergam o movimento dessa bomba? Primeiro, temos uma pessoa parada na Terra vendo todo o movimento. Você concorda que ela verá tanto o movimento da bomba horizontal quanto vertical? Mas qual a trajetória que ela enxerga? Como falamos, para a direita a bomba estará em MRU,

assim como o avião, o que significa que ela seguirá bem abaixo do avião durante todo o seu movimento (considerando que o avião não vai acelerar nem frear). Mas ela também estará em um movimento acelerado para baixo, o que significa que a bomba formará uma trajetória parabólica aos olhos de quem está na Terra observando.

E o piloto do avião? Ele também enxergará a trajetória parabólica da bomba? A resposta é não. Para o piloto, a bomba faz uma trajetória retilínea. Basta pensar que o piloto segue dentro do avião em MRU e que a bomba segue na mesma direção, sentido e com a mesma velocidade. Ou seja, o piloto só verá a bomba caindo e não será capaz de enxergar seu movimento para a direita, já que está ele também indo para a direita. Ou seja, ele perceberá apenas um movimento vertical da bomba afastando-se dele!

A conclusão que chegamos com essa análise é que o movimento é relativo e depende do referencial pelo qual você o analisa. Detalhe: compreender que o movimento é relativo é considerado o primeiro grande desafio do estudo da cinemática! Se você estiver incomodado com essas discussões, fique tranquilo(a)! Nós ainda iremos amadurecer bastante as nossas ideias!

VELOCIDADE MÉDIA

Quando falamos de velocidade média, existem dois tipos que você precisa considerar. A velocidade escalar média e a velocidade vetorial média.

Velocidade Escalar Média

A velocidade escalar média representa uma velocidade "imaginária", constante, que faria um corpo percorrer a mesma distância no mesmo tempo.

Pode ser calculada com a seguinte fórmula:

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

Exemplo 01

Um carro saindo da cidade A e indo até a cidade B, distante 200 quilômetros uma da outra, termina a viagem em 2 horas. Qual a velocidade escalar média desse corpo?

A velocidade escalar média será igual à distância total percorrida, ou seja, 200 km, dividida pelo tempo total, ou

seja, 2 horas. A velocidade escalar média desse carro nessa viagem, portanto, será de 100 km/h.

Isso significa que o carro andou a 100 km/h a todo momento? Não necessariamente! O carro pode ter parado para abastecer, como pode ter acelerado em algum momento. A velocidade escalar média quer dizer que, se estivesse em velocidade constante de 100 km/h, o carro teria percorrido a mesma distância no mesmo tempo!

IMPORTANTE

No Sistema Internacional de Unidades, a velocidade média possui como unidade metros por segundo (m/s).

m/s

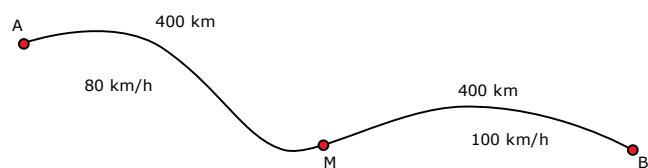
Km/h

$\xrightarrow{\times 3,6}$
 $\xleftarrow{\div 3,6}$

Em geral, quando uma questão diz somente "velocidade média", ela está falando da velocidade escalar média, e não da velocidade vetorial.

Exemplo 02

Imagine um carro se deslocando da cidade A, passando pela cidade M e indo até a cidade B, conforme a figura abaixo:



De A até M, o carro andou 400 quilômetros com uma velocidade média de 80 km/h. De M até B, o carro andou mais 400 quilômetros, mas agora com uma velocidade média de 100 km/h. Pergunta: qual é a velocidade escalar média desse carro no trajeto inteiro?

Uma coisa que você não pode fazer é somar as duas velocidades e calcular a média. O correto é descobrir a distância total percorrida e dividi-la pelo tempo total gasto na viagem.

Bom, a distância total nós já sabemos, basta somar a distância de A até M com a distância de M até B. O resultado será 800 quilômetros. E o tempo? Para calcular

o tempo, teremos que analisar a viagem em cada um dos dois trechos. No trecho de A até M, teremos que o tempo será igual a:

$$t = \frac{400}{80} = 5 \text{ h}$$

Já para o trecho de M até B, o tempo gasto será igual a:

$$t = \frac{400}{100} = 4 \text{ h}$$

A velocidade média, portanto, será igual à razão entre a distância percorrida (400 + 400 = 800 km) e o tempo gasto (5 + 4 = 9 h), conforme o cálculo abaixo:

$$v_m = \frac{800}{9} = 88,8 \text{ m/s}$$

Portanto, o resultado final é que a velocidade escalar média desse carro foi de 88,8 km/h no trecho total.

Velocidade Vetorial Média

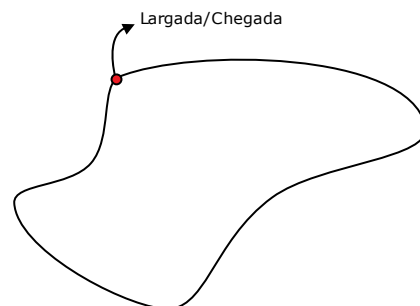
A velocidade vetorial média não é muito comum nos vestibulares, mas é importante destacar a diferença entre ela e a velocidade escalar média.

Velocidade vetorial média é uma grandeza vetorial que representa o deslocamento médio de um corpo pelo tempo e pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta d}}{\Delta t}$$

Exemplo 03

Imagine que um carro de corrida dê uma volta completa em um circuito. A volta no circuito equivale a 800 metros e o carro faz esse percurso em 40 segundos. Qual a velocidade vetorial média desse carro?



A resposta é 0. Muitos alunos erram essa questão dividindo a distância percorrida (800 metros) pelo tempo (40 segundos). No entanto, isso representa a velocidade

escalar média, e não a vetorial. Nesse caso, a velocidade vetorial média é igual a 0 porque não houve deslocamento, uma vez que o carro saiu de uma posição inicial e terminou o trajeto nessa mesma posição.

CORPO EXTENSO

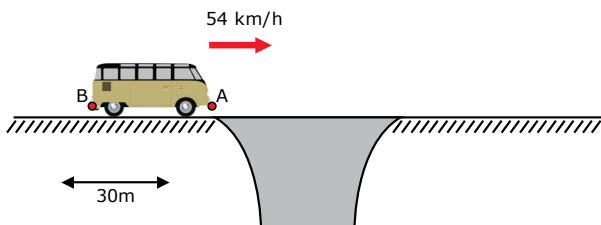
Neste módulo, eu vou te ensinar a resolver exercícios com corpo extenso. São situações em que o corpo que está se movimentando tem um tamanho relevante no problema.

Nos exemplos anteriores, em que utilizamos um carro percorrendo uma distância de muitos quilômetros entre cidades, o tamanho do carro não é relevante, pois estamos falando de uma grande distância. Nesses casos, o móvel comporta-se como uma partícula.

Entretanto, em distâncias menores, o tamanho do corpo pode ser relevante, e a isso chamamos de corpo extenso. Vamos ver um exemplo.

Exemplo 01

Imagine um ônibus com 30 metros de comprimento atravessando uma ponte em uma estrada. Essa ponte possui 120 metros de comprimento e o ônibus se desloca com uma velocidade média de 54 km/h, conforme o diagrama abaixo:

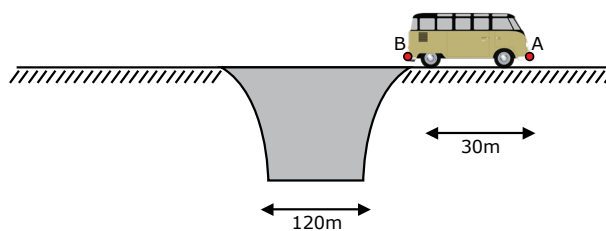


Qual o tempo necessário para que toda a extensão do ônibus atravesse a ponte?

A primeira coisa a fazer nessa questão é ajustar as unidades. Perceba que a velocidade do ônibus está em quilômetros por hora, e as distâncias em metros. Logo, devemos transformar a velocidade do ônibus para metros por segundo:

$$v_m = \frac{54}{3,6} = 15 \text{ m/s}$$

Agora, para entender melhor a distância percorrida pelo ônibus, imagine um ponto A no pára-choque dele. Para que o ônibus atravesse totalmente a ponte, esse ponto A teria que percorrer os 120 metros da ponte mais os 30 metros do próprio ônibus, certo?



Correto! Isso significa que o ônibus percorreu 150 metros no total, com uma velocidade média de 15 m/s. Para calcular o tempo, basta dividir a distância total pelo tempo, conforme abaixo:

$$t = \frac{d}{v}$$

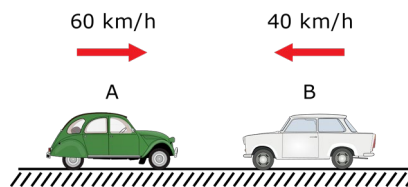
$$t = \frac{120 + 30}{15} = 10 \text{ s}$$

VELOCIDADE RELATIVA

A velocidade relativa é um tema que causa muita confusão entre os alunos, mas vou te ajudar a entender ela de uma forma bem mais simples!

Todo corpo tem uma velocidade em relação a outro corpo. É por isso que falamos sobre velocidade relativa. Basicamente, toda velocidade é relativa. Quando falamos que um carro se desloca com uma velocidade de 100 km/h, devemos indicar em relação a quem ele se move com essa velocidade. Na maioria das vezes, se a questão não especificar, iremos considerar um referencial em repouso na Terra. Para entender melhor, vamos considerar três situações.

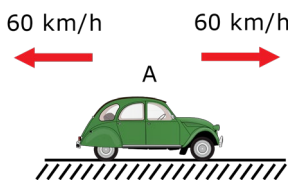
(1) Imagine dois carros em uma estrada, indo um de encontro a outro.



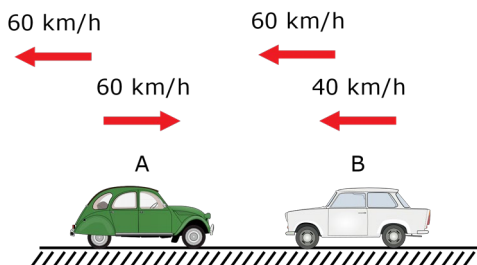
O carro A possui velocidade de 60 km/h e o carro B possui uma velocidade de 40 km/h. Lembrando que essa velocidade é em relação à Terra. Nós já sabemos que o movimento depende do referencial. Então, vamos experimentar mudar o referencial e ver o que acontece? Inicialmente, vamos adotar o referencial de uma pessoa dentro do carro A. Qual será a velocidade relativa do carro A para essa pessoa? A primeira coisa que você precisa saber é a seguinte: a velocidade do seu referencial em

relação a você mesmo SEMPRE será igual a 0. Observe a pessoa dentro do carro A. Para ela, o carro A não aproxima nem afasta dela, pois ela se desloca junto com ele. Em outras palavras, para uma pessoa dentro de A, o carro A está parado.

E para uma pessoa dentro do carro B, qual é a velocidade do carro A? Para descobrir isso, basta pensar o seguinte: para que o carro A esteja parado, é preciso aplicar uma vetor com o melhor valor do vetor velocidade com o qual ele se movimenta, porém no sentido contrário. Lembra da soma vetorial? Vamos aplicar um vetor velocidade no sentido oposto ao que A se movimenta, com o mesmo valor, 60 km/h, conforme a imagem abaixo:



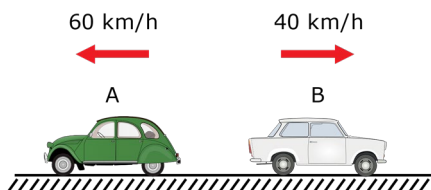
Dessa forma, a soma vetorial em A é 0, ou seja, o carro A fica parado. Mas quando eu insiro esse vetor velocidade em um corpo, eu preciso fazer isso em todos os corpos envolvidos no problema. Ou seja, também preciso aplicar um vetor igual no carro B, ficando da seguinte forma:



Fazendo a soma vetorial, teremos que, no referencial de A, o carro B estará se aproximando com uma velocidade de 100 km/h.

Analisando do referencial da pessoa dentro do carro B, teremos, da mesma forma, que o carro B estará parado e que o carro A se aproximará com uma velocidade de 100 km/h.

(2) Imagine agora que os carros estão indo em sentidos opostos, com a mesma velocidade



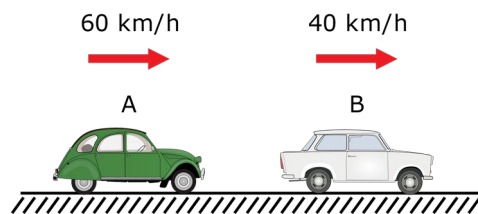
Como já sabemos, no referencial A, o carro A estará parado, ou seja, com velocidade igual a 0. E o carro B?

Mais uma vez, para zerar a velocidade do A, eu acrescento um vetor no sentido oposto ao da velocidade do A, com o mesmo valor. Dessa forma, fazendo a soma vetorial em B, a velocidade do carro B no referencial de A será de 100 km/h para a direita, se afastando de A.

Mudando o referencial para o carro B, será o contrário. Teremos o carro B com velocidade igual a 0 enquanto, da mesma forma, o carro A estará se afastando dele para a esquerda com uma velocidade de 100 km/h.

Com esses dois exemplos, podemos concluir que, em sentidos contrários, a velocidade relativa é a soma das velocidades.

(3) Imagine agora que os dois carros estão indo na mesma direção e sentido.



No referencial do A, continuaremos tendo que o carro A está parado. Para isso, somamos um vetor no sentido oposto de A, com o mesmo valor. Fazendo a mesma soma vetorial no carro B, teremos um vetor velocidade para a direita de 40 km/h e um vetor velocidade para a esquerda de 60 km/h. O resultado é que, em relação ao A, o carro B está se movimentando com uma velocidade de 20 km/h para a esquerda. Achou estranho? Nessa situação, obviamente, os carros A e B estão se aproximando. Logo, se você considerar o carro A parado (referencial do A), o B deve se deslocar para a esquerda!

Já no referencial do carro B, temos o próprio carro B parado, com velocidade 0. Ao fazer a soma vetorial em A, teremos então que o carro A está se aproximando de B com uma velocidade de 20 km/h. Faz sentido! Observe que, quando os corpos se movimentam no mesmo sentido, o módulo da velocidade relativa será a diferença entre as velocidades!

IMPORTANTE

Velocidades em sentidos contrários → SOMA
Velocidades no mesmo sentido → SUBTRAI

FUNÇÃO HORÁRIA DA POSIÇÃO NO MRU

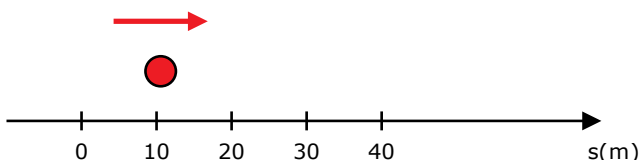
Durante o curso, você já escutou bastante falar do MRU, o famoso Movimento Retilíneo Uniforme. Agora, vou te apresentar a ele oficialmente. O Movimento Retilíneo Uniforme é um movimento com uma velocidade constante e em linha reta. Bem simples. Para memorizar, veja algumas características do MRU:

- Há mudança de posição com o tempo;
- A trajetória do corpo é em linha reta;
- O módulo da velocidade é constante;
- Percorre distâncias iguais em tempos iguais.

Iremos conversar agora sobre a função horária da posição no MRU. No nosso curso de matemática aplicada à física nós já estudamos funções — se necessário, volte lá para lembrar.

A função horária da posição é uma função que informa a posição (s) de um corpo em cada instante de tempo (t).

Vamos analisar o seguinte problema. Imagine um corpo se movimentando em MRU, com velocidade de 10 m/s. Esse corpo inicia seu movimento na posição 10 m, conforme representado no referencial abaixo:



Para saber onde esse corpo estará em determinado momento, você precisará de duas informações: a posição inicial (S_0) e o quanto ele deslocou nesse intervalo de tempo. Como sabemos, a distância (d) que um corpo anda é igual à velocidade (v) vezes o tempo (t), ou seja $d = v \cdot t$.

Com isso, teremos que função horária da posição será

$$S = S_0 + v \cdot t$$

Em outras palavras, a posição em que um corpo se encontra é a soma da posição que ele saiu e a distância que ele andou.

Aplicando isso no exemplo acima, teremos que a função horária da posição será

$$S = 10 + 10 \cdot t$$

Ou seja, para encontrar a posição (S) do corpo em determinado momento, basta substituir o tempo (t) na equação acima.

Por exemplo, se quisermos saber a posição do corpo quando $t = 20$ s, teremos:

$$S = 10 + 10 \cdot 20$$

$$S = 210 \text{ m}$$

IMPORTANTE

O sinal da posição não depende da velocidade.

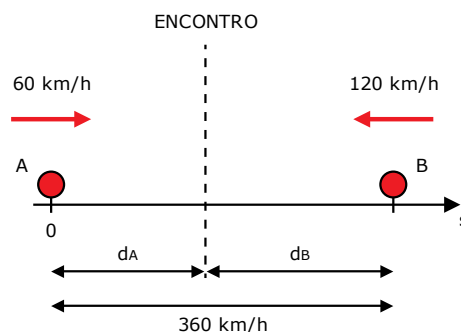
Podemos ter uma posição negativa, caso o corpo esteja à esquerda do meu referencial. Já o sinal da velocidade te dirá se ele está caminhando em um movimento progressivo (velocidade positiva) ou em um movimento retrógrado (velocidade negativa).

PROBLEMAS DE ENCONTRO E ULTRAPASSAGEM

A aplicação do Movimento Retilíneo Uniforme em problemas de encontro ou ultrapassagem de veículos é bem comum nos vestibulares e no ENEM. Por isso, vou repassar com vocês alguns exemplos de como essas situações podem cair nas provas.

Exemplo 01

Imagine dois corpos se movendo um de encontro ao outro, conforme a figura abaixo.



O corpo A se move para a direita com velocidade constante de 60 km/h. Já o corpo B se move para a esquerda com velocidade constante 120 km/h. A distância entre eles em dado momento é de 360 km. Em quanto tempo eles irão se encontrar?

Existem três formas diferentes de resolver esse problema, e eu vou te apresentar as três.

Solução a)

Nós sabemos que a distância que um corpo percorre é igual $d = vt$. Nós também sabemos que, até o ponto de encontro, o corpo A percorreu uma distância d_A , dada por:

$$d_A = 60 \cdot t$$

Já o corpo B percorreu uma distância d_B , dada por:

$$d_B = 120 \cdot t$$

O tempo é o mesmo, afinal eles se encontram no mesmo instante. A partir da figura, percebemos que, somadas, essas distâncias devem dar 360 km, ou seja,

$$d_A + d_B = 360$$

Substituindo d_A e d_B na equação acima, teremos:

$$60 \cdot t + 120 \cdot t = 360$$

$$180 \cdot t = 360$$

$$t = 2 \text{ h}$$

Solução b)

Vamos utilizar o conceito de velocidade relativa que aprendemos nos tópicos anteriores. Para isso, vamos analisar o movimento do referencial do corpo A.

Quando usamos o corpo A de referência, o movimento do corpo A visto por ele mesmo está o quê? Isso mesmo, parado. E para zerar a velocidade do corpo A, eu preciso acrescentar um vetor de mesmo módulo mas sentido oposto, certo?

Mas eu também preciso fazer isso no corpo B. Ao acrescentar um vetor de 60 km/h para a direita no corpo B, teremos que, no referencial de A, o corpo B se move com uma velocidade de 180 km/h.

Além disso, sabemos que o carro A está parado, então o carro B deverá percorrer todos os 360 km para encontrá-lo.

Dessa forma, basta usar a fórmula de distância mais uma vez para achar o tempo, ficando da seguinte forma:

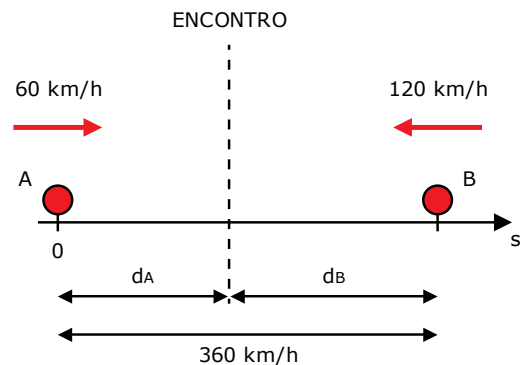
$$d_{AB} = v_{AB} \cdot t$$

$$360 = 180 \cdot t$$

$$t = 2 \text{ h}$$

Solução c)

Na última solução, vamos utilizar a função horária da posição. Para isso, vamos desenhar um referencial começando no ponto em que A está e crescendo para a direita, como na imagem abaixo:



Dessa forma, teremos:

$$S_A = 0 + 60 \cdot t \text{ (função horária da posição do corpo A)}$$

$$S_B = 360 - 120 \cdot t \text{ (função horária da posição do corpo B)}$$

Lembrando que, como o corpo B se move na decrescente do meu referencial, ou seja, em um movimento retrógrado, ele terá velocidade negativa.

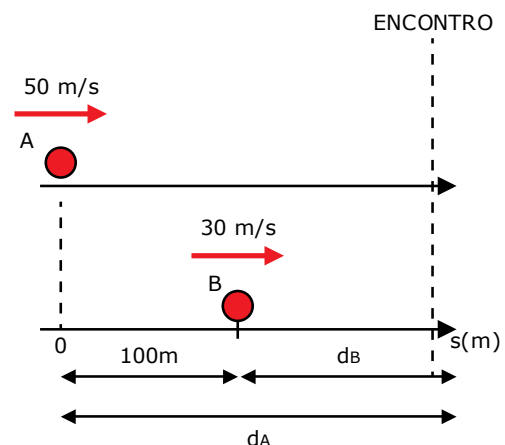
Agora, nós sabemos também que, no momento do encontro, as posições de A e de B serão as mesmas, certo? Portanto, basta igualar as duas equações, da seguinte forma:

$$0 + 60 \cdot t = 360 - 120 \cdot t$$

$$t = 2 \text{ h}$$

Exemplo 02

Imagine dois corpos se movendo na mesma direção e sentido, conforme a imagem a seguir:



O corpo A está com uma velocidade constante de 50 m/s e o corpo B com uma velocidade de 30 m/s. A distância entre os dois corpos em determinado momento é de 100 metros. A grande questão aqui também é saber em quanto tempo esses dois corpos se encontrarão no mesmo ponto.

Mais uma vez, vou te apresentar três formas de resolver esse problema.

Solução a)

Olhando para a figura, podemos dizer que a distância que o corpo A percorre até o ponto de encontro é igual à distância que B percorre mais os 100 metros que os separam. Ou seja,

$$d_A = d_B + 360$$

Como a distância percorrida é dada pelo produto entre a velocidade e o tempo, temos:

$$d_A = 50 \cdot t \quad d_B = 30 \cdot t$$

Substituindo esses valores na equação anterior, teremos

$$50 \cdot t = 30 \cdot t + 100$$

$$20 \cdot t = 100$$

$$t = 5 \text{ s}$$

Solução b)

Agora, vamos utilizar a velocidade relativa para resolver a questão. Se analisarmos o movimento no referencial do corpo B, o próprio corpo B estará parado e o corpo A se moverá para a direita com uma velocidade de 20 m/s.

Dessa forma, teremos:

$$d_{AB} = v_{AB} \cdot t$$

$$100 = 20 \cdot t$$

$$t = 5 \text{ s}$$

Solução c)

Por último, vamos utilizar a função horária da posição, considerando nosso referencial começando na posição do A e crescendo para a direita.

Dessa forma, temos

$$S_A = 0 + 50 \cdot t \text{ (função horária da posição do corpo A)}$$

$$S_B = 100 + 30 \cdot t \text{ (função horária da posição do corpo B)}$$

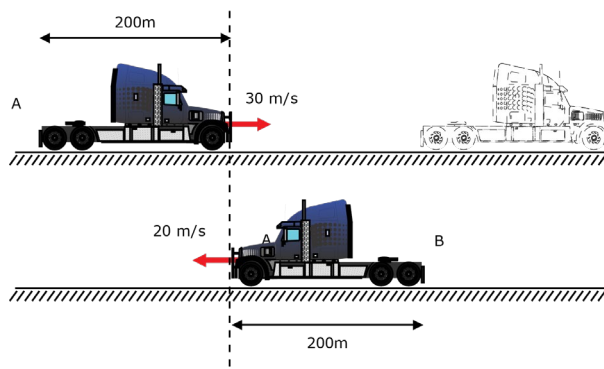
Sabendo que as posições serão a mesma no ponto de encontro, teremos

$$0 + 50 \cdot t = 100 + 30 \cdot t$$

$$t = 5 \text{ s}$$

Exemplo 03

Imagine dois caminhões se movendo em sentidos opostos, com as frentes alinhadas, conforme a imagem abaixo:



Os dois possuem o mesmo comprimento, de 200 metros. O caminhão A possui uma velocidade constante para a direita de 30 m/s e o caminhão B se move com velocidade constante de 20 m/s para a esquerda. A pergunta é: quanto tempo eles gastarão para ultrapassar completamente um ao outro?

Vamos resolver essa questão utilizando a velocidade relativa analisada no referencial do caminhão B.

Quando analisamos pela referência do B, o ônibus B estará parado e o ônibus A terá uma velocidade de mesmo módulo mas sentido oposto à de B acrescentada à sua. Em relação a B, o caminhão A se move com velocidade de 50 m/s.

Dessa forma, a distância relativa entre os dois será igual à velocidade relativa entre eles mais o tempo, que será o mesmo para os dois. Mas qual é a distância relativa?

Se você respondeu 200 metros, está errado. Como vimos no nosso tópico anterior sobre corpos extensos, nesse caso, você também precisa considerar o tamanho do próprio corpo. Ou seja,

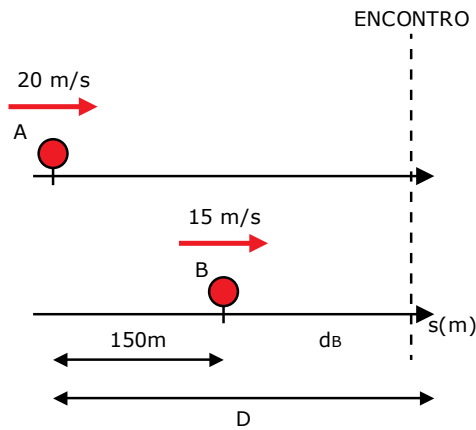
$$d_{AB} = v_{AB} \cdot t$$

$$(200 + 200) = 50 \cdot t$$

$$t = 8 \text{ s}$$

Exemplo 04

Vamos fazer um último exercício de ultrapassagem, mas dessa vez vou complicar um pouco. Imagine dois corpos se movendo na mesma direção e sentido, conforme a figura:



O corpo A possui uma velocidade constante de 20 m/s e o corpo B possui uma velocidade constante de 15 m/s. No entanto, o corpo A só começará a se movimentar 10 segundos depois que o corpo B iniciou seu movimento. Em que posição os dois carros se encontrarão?

Para começar, nós sabemos que, se o corpo B andou por 10 segundos, ele percorreu uma distância de 150 metros, afinal, a distância é igual à velocidade versus o tempo.

Sabendo isso, vamos parar o movimento de B e analisar a situação do referencial dele. Fazendo isso, teremos o corpo B parado e o corpo A se movendo com velocidade de 5 m/s para a direita.

Dessa forma, teremos

$$d_{AB} = v_{AB} \cdot t$$

$$150 = 5 \cdot t$$

$$t = 30 \text{ s}$$

Mas essa ainda não é a resposta! De novo, eu quero saber a posição, e não o tempo. Para isso, nós vamos voltar para o referencial da Terra e aplicar a fórmula da distância no movimento de A, sendo

$$d_A = v_A \cdot t$$

$$d_A = 20 \cdot 30$$

$$d_A = 600 \text{ m}$$

Da mesma forma, podemos aplicar a fórmula em B e encontraremos o mesmo resultado. No entanto, é preciso atenção: 30 segundos foi o tempo até o encontro. Lembra que o corpo B já estava se movimentando há 10 segundos quando o A começou! Então teremos

$$d_B = v_B \cdot t$$

$$d_B = 15 \cdot (30 + 10)$$

$$d_B = 600 \text{ m}$$

GRÁFICOS DO MRU

Agora que você já sabe como funciona o MRU, vamos analisá-lo através de gráficos. Este é um assunto importante e muito exigido no ENEM, por isso, preste bastante atenção e continue assistindo aos nossos vídeos!

Gráfico de Posição x Tempo no MRU

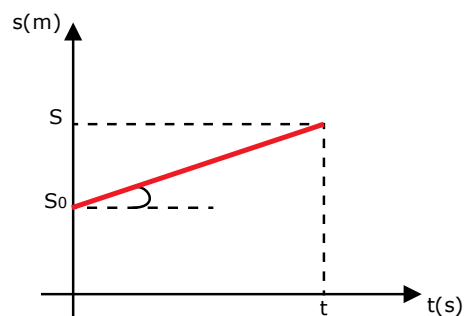
Eu já te apresentei a função horária da posição para o MRU, que é escrita da seguinte forma:

$$s = s_0 + v \cdot t$$

Essa é uma função da física. De certa forma, essa função física serve como uma "maquiagem" para uma função que, na verdade, é matemática, e que nós vimos lá no nosso curso de matemática aplicada à física! A função horária da posição é, na verdade, uma função do primeiro grau, onde S_0 é o coeficiente linear e v é o coeficiente angular. Isso porque nós sabemos que a posição inicial (S_0) não muda, ou seja, é uma constante. E a velocidade (v) também é outra constante, uma vez que estamos falando de um movimento uniforme. Dessa forma, teremos que a função horária da posição também pode tomar o seguinte formato:

$$y = b + a \cdot x$$

onde y é a posição (S), b é meu coeficiente linear (S_0) e a é meu coeficiente angular (v). Ou seja, uma função de primeiro grau cujo gráfico será uma reta inclinada.



Lembra dos nossos estudos de função do primeiro grau? Então, sabemos que nosso coeficiente linear é o ponto em que a reta corta o eixo y. Ou seja, nossa posição inicial, S_0 , sempre será o ponto onde a reta corta o eixo y. É bem claro de entender isso se pensarmos que nossa posição inicial acontece no momento em que nosso tempo (t) é igual a 0, sendo:

$$s = s_0 + v \cdot 0$$

$$s = s_0$$

Já a nossa velocidade (v) representa o coeficiente angular, que está ligado à inclinação da reta. Logo, quanto mais inclinada for a reta, maior a velocidade do corpo. Mas você sabe que a inclinação da reta corresponde à tangente do ângulo, não é mesmo?

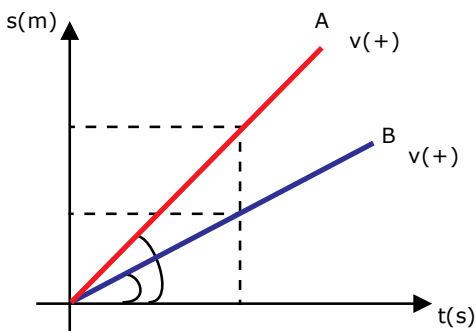
No gráfico, esse ângulo está associado à velocidade (v). Se ele for informado, por exemplo, você poderá encontrar a velocidade da seguinte forma:

$$\text{tg}\theta = \frac{s - s_0}{t} = v$$

Vamos analisar dois exemplos de gráficos de posição x tempo no MRU.

Exemplo 01

Considere dois carros se movendo em MRU, com gráfico conforme imagem a seguir:



O que podemos concluir apenas olhando para esse gráfico? Vamos por partes. Olhe para a posição inicial desses dois carros. Lembra que a posição inicial é o ponto onde a reta corta o eixo y? Então eu posso concluir que os dois carros saíram do mesmo ponto. Em relação ao tipo de movimento, retrógrado ou progressivo, o que podemos dizer? Como sabemos, o movimento retrógrado é aquele que volta no referencial e o progressivo é o que as posições aumentam com o passar do tempo. Repare no movimento do carro A e B no gráfico. Eles saem do 0

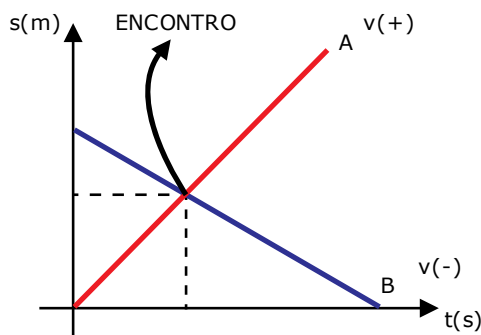
e vão aumentando de posições, certo? Ou seja, os dois estão em movimento progressivo.

Outra forma de checar o tipo de movimento é analisando a inclinação da reta. No caso desses dois carros, a inclinação da reta é crescente, indicando uma velocidade positiva e um movimento progressivo.

Por último, dá para saber qual dos dois carros tem uma velocidade maior? A resposta é sim! Lembra que a velocidade representa a inclinação do gráfico? Analisando o gráfico acima, podemos ver que a inclinação de A é maior que a inclinação de B, ou seja, a velocidade do carro A é maior que a do carro B!

Exemplo 02

Agora vamos analisar outro gráfico, mostrando o movimento de mais dois carros, conforme abaixo:



Como podemos ver, agora as retas não cortam mais o eixo y na mesma posição, indicando que eles saem de posições diferentes, sendo a posição inicial de A menor que a posição inicial de B.

E o tipo de movimento? Bom, analisando a reta de A, podemos ver que ele está aumentando de posições, certo? Ou seja, ele está com velocidade positiva e em movimento progressivo. Já o carro B está decrescendo suas posições, o que significa que ele está com velocidade negativa e em movimento retrógrado.

E quanto ao módulo das velocidades dos dois carros? O que podemos dizer? A gente sabe que a velocidade é a inclinação da reta. Como a reta do carro A é mais inclinada do que a reta do carro B, podemos dizer que o carro A tem um módulo de velocidade maior.

Mas cuidado! Estamos falando apenas do módulo, visto que um está em movimento progressivo e o outro em movimento retrógrado.

Por último, podemos notar que as duas retas se cruzam em certo momento. Esse é o momento exato em que os dois carros se encontram, ou seja, em que eles estão na mesma posição no mesmo instante.

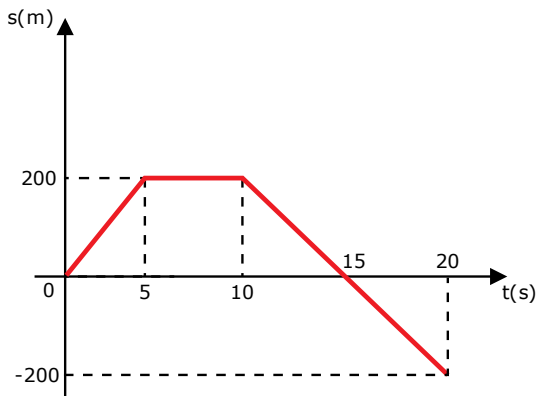
IMPORTANTE

O gráfico de Posição x Tempo não nos diz nada sobre a trajetória do corpo, apenas sobre seu movimento.

Calculando a Velocidade Média

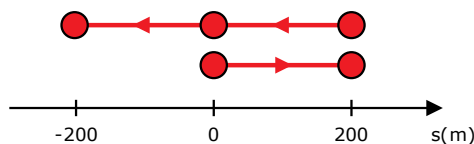
Através do gráfico de posição x tempo, é possível calcular a velocidade média com que um corpo se move.

Veja abaixo um gráfico de um corpo se movendo em MRU:



Observe que o corpo sai da posição 0 e vai até a posição 200 m, no instante de 5 s, em movimento progressivo. A partir do instante 5 s, o corpo segue na posição 200 até o instante 10 s, certo? Consegue perceber que a reta está na horizontal, ou seja, sem inclinação? Isso significa que o corpo está em repouso e que sua velocidade é nula. Em seguida, o corpo volta a se movimentar do instante 10 s ao 15 s em um movimento retrógrado, ou seja, ele está voltando no meu referencial. O corpo retorna até a posição 0, mas ele só passa por lá, continuando seu movimento de retorno e indo até a posição -200 m no instante de 20 s. Lembrando que isso não significa que ele está dando ré, mas sim que ele voltou em relação ao meu referencial.

Podemos entender esse movimento da seguinte forma:



Agora vamos calcular a velocidade de cada trecho.

No primeiro trecho, do ponto inicial ao instante 5 s, teremos que o carro andou 200 m em 5 s. Basta dividir a distância pelo tempo para encontrar a velocidade. Isso nos dará uma velocidade constante de 40 m/s.

No segundo trecho, do instante 5 s ao 10 s, sabemos que não há inclinação da reta, ou seja, o carro está parado e sua velocidade é igual a 0, conforme já notamos.

No terceiro trecho, do instante 10 s ao 15 s, o carro está em movimento retrógrado e voltou 200 m em 5 s, ou seja, sua velocidade neste trecho é igual a -40 m/s.

Por último, no quarto trecho, do instante 15 s ao 20 s, ele segue com a mesma reta e inclinação. Podemos afirmar, então, que a velocidade é igual a do terceiro trecho, ou seja, -40 m/s.

Mas e a velocidade média? Como sabemos, a velocidade média é igual à distância total percorrida pelo tempo total.

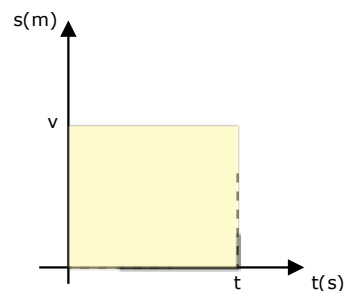
Analisando o gráfico, vemos que o corpo foi da posição 0 até 200 m, retornou até a posição 0 (percorrendo mais 200 m) e depois andou mais 200 metros para trás do nosso referencial. Isso significa que ele andou, no total, 600 m. Ainda pelo gráfico, vemos que o tempo total de deslocamento foi de 20 s. Dessa forma, nossa velocidade média será igual a:

$$v_m = \frac{600}{20} = 30 \text{ m/s}$$

ATENÇÃO! Lembrando que essa é a velocidade escalar média. Para calcular a velocidade vetorial média, teríamos que considerar o deslocamento total e não a distância total.

Gráfico de Velocidade x Tempo no MRU

Além do gráfico de posição x tempo no MRU, também teremos o gráfico de velocidade x tempo. Porém, quando falamos de MRU, esse gráfico é bem simples. Veja só:

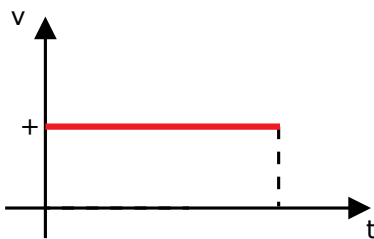


No MRU, como sabemos, a velocidade do corpo é constante, o que faz com que seu gráfico de velocidade x tempo seja uma reta horizontal, que nos mostra que, com o passar do tempo, a velocidade permanece a mesma.

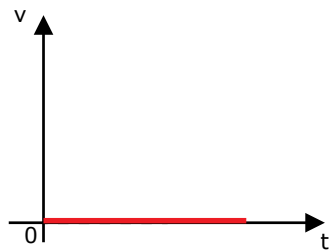
Uma coisa importante que você deve saber é que a área do gráfico representa a distância percorrida. Basta pensar o seguinte: a distância não é a velocidade vezes o tempo? Veja que o gráfico forma um retângulo com um lado igual à velocidade e o outro igual ao tempo.

Como a fórmula da área de um retângulo é sua base (tempo) vezes a altura (velocidade), temos que a área do gráfico de velocidade x tempo no MRU representa a distância percorrida pelo corpo.

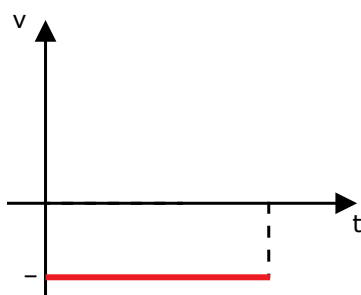
Agora veja como ficam representados os tipos de movimento no gráfico: progressivo, repouso ou retrógrado.



Percebe que no primeiro gráfico, temos um movimento progressivo pois a reta está acima do eixo x e, portanto, tem um valor positivo.



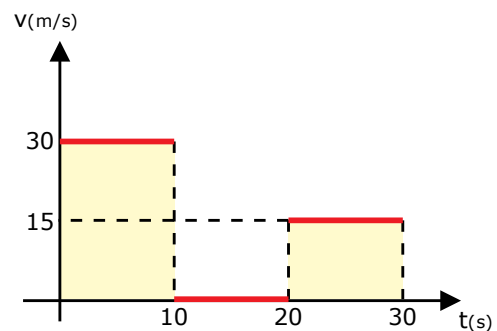
Já no segundo, a velocidade é igual a 0, o que significa que o corpo está em repouso.



Por último, temos um movimento retrógrado, com velocidade negativa, pois a reta está abaixo do eixo x. Enquanto no gráfico de posição por tempo a gente classifica o movimento pela inclinação da reta (crescente ou decrescente), no gráfico de velocidade por tempo devemos olhar se o gráfico está acima ou abaixo do eixo x.

Velocidade Média no Gráfico de Velocidade x Tempo

Vamos aprender agora a calcular a velocidade média no gráfico de velocidade x tempo. Veja o gráfico abaixo:



Antes de começar, note que esse gráfico é um pouco improvável. Isso porque ele mostra que o corpo estava em movimento do instante 0 até o instante 10 s e, de repente, vai para o repouso! Como sabemos, na prática deve existir uma transição no movimento, ou seja, o corpo deve ir freando até parar. Mas vamos analisar o que podemos do gráfico para descobrir a velocidade média.

Para isso, vamos analisar a distância total percorrida e dividi-la pelo tempo total — que já sabemos ser de 30 s. Para descobrir a distância, basta pegar a área do gráfico em cada trecho.

No primeiro trecho, a área será igual à velocidade de 30 m/s vezes o tempo de 10 s, ou seja, 300 m. No segundo, a velocidade é 0, o que significa que a distância percorrida também será 0. No terceiro, a velocidade é 15 m/s em um intervalo de tempo de 10 s. A distância percorrida no terceiro trecho, portanto, será de 150 m.

A velocidade média será:

$$v_m = \frac{(300 + 0 + 150)}{30} = 15 \text{ m/s}$$

Acabou! Faça os exercícios e bora para o próximo módulo! Na sequência, estudaremos o movimento uniformemente variado! Vamos juntos! =)