

TEMAS

1. Espaço, velocidade e aceleração
2. Classificando os movimentos
3. Movimentos circulares ou curvilíneos

Introdução

Nesta Unidade, você vai conhecer a parte da Física que trata da descrição e da classificação dos movimentos, e, por isso, tem o nome de **cinemática**, de origem grega.

Verá também que, na descrição do movimento, a grandeza mais importante é a velocidade. É ela que permite definir se há movimento e que tipo de movimento está ocorrendo. Verá que a variação da velocidade é determinada pela aceleração e que os movimentos podem ser variados ou uniformes.

Estudará ainda que grandezas como espaço, velocidade e aceleração dependem do referencial, da direção e do sentido em que ocorrem, de como são definidas e de como variam em função do tempo.

Espaço, velocidade e aceleração

TEMA 1

Para descrever e classificar os movimentos – principal objetivo desta Unidade –, é preciso compreender conceitos que já fazem parte do seu cotidiano: espaço, velocidade e aceleração. Neste tema, você vai estudá-los de um ponto de vista científico.



O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura ao lado mostra uma pessoa em uma bicicleta. Observe a imagem e responda às questões propostas, anotando as respostas nas linhas a seguir.

- Você diria que a pessoa na bicicleta está parada ou está em movimento?
- E a bicicleta, está parada ou está em movimento?
- Ao fundo da imagem, é possível observar algumas árvores. Elas estão paradas ou estão em movimento?
- Se essa pessoa pedalar por dez minutos, aonde ela vai chegar?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e verifique se você faria alterações em suas respostas.



ASSISTA!

Física – Volume 1

Por dentro dos movimentos

Esse vídeo aborda alguns aspectos da Física que você já viu na Unidade 1 – como o nascimento da filosofia natural e dos primeiros estudos da Física –, mas será particularmente interessante para acompanhar os estudos que você fará agora, na Unidade 2. Com a orientação do físico e professor Francisco de Assis, você conhecerá como a Física explica os movimentos, a partir de um referencial no espaço, e quais são os diferentes tipos de movimento: retilíneo uniforme, uniformemente variado e movimentos circulares. Assista ao vídeo mais de uma vez, pois ele poderá ajudá-lo na compreensão de cada conceito.



Espaço

Para localizar um ponto no espaço, é necessário determinar a(s) distância(s) que ele está de algum lugar. Por exemplo, para localizar uma casa numa cidade, é preciso determinar a rua na qual ela está localizada e a que distância ela está do começo da rua, que é dada pelo número da casa (veja a figura ao lado). Dessa forma, é possível determinar a posição da casa na cidade.

Em Física, a palavra **posição** não se refere a estar, por exemplo, em pé ou deitado, à frente ou atrás, mas sim à distância em relação a um referencial. **Espaço**, ou **posição de um corpo**, é definido como a **distância que ele está de determinado ponto, chamado origem, que serve de referência para a medida dessa distância**. Portanto, espaço e posição dependem do referencial. Assim como você pode estar à direita de uma



© Daniel Beneventi



VOCÊ SABIA?

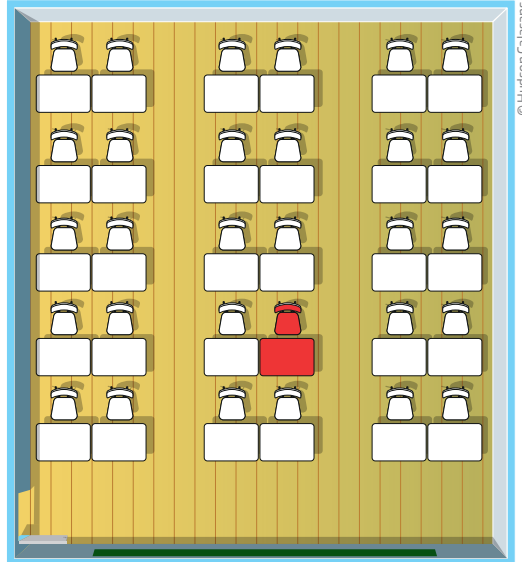
A palavra **corpo** pode ser usada para se referir a qualquer objeto. Portanto, em Física, a palavra corpo não significa necessariamente o corpo humano.

parede e à esquerda de outra, pode estar a certa distância de uma parede e a uma distância diferente de outra. Desse modo, é sempre necessário informar o referencial em relação ao qual se define uma posição.

ATIVIDADE 1 Referencial e posição

Ao descrever a posição da carteira marcada na figura ao lado, uma estudante disse que a carteira está na segunda fileira e na terceira coluna, enquanto outra disse que está na quarta fileira e na quarta coluna.

1 Elas poderiam estar descrevendo a posição da mesma carteira? Justifique sua resposta.



2 Que informação a mais elas poderiam dar que permitiria a uma pessoa qualquer identificar a qual carteira elas se referiam?



Corpos em movimento

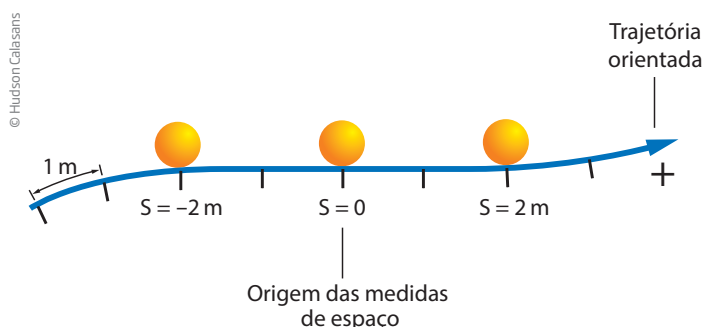
Diz-se que um corpo está em **movimento** quando sua posição varia ao longo do tempo, ou seja, à medida que o tempo passa, sua distância em relação a um dado referencial vai mudando.

Dessa forma, quando um corpo se desloca, ele vai ocupando sucessivas posições. O conjunto dessas posições é chamado de **trajetória**.

Na figura ao lado, é possível visualizar a trajetória descrita pelo caminhante com base em suas pegadas na areia. Cada pegada representa, na areia, uma



posição ocupada pelo caminhante. Assim como a posição, a trajetória também depende do referencial.



Para facilitar as medidas de espaço, é necessário definir uma origem comum para elas e qual o sentido da trajetória, indicado por uma seta. O espaço (S) é a medida da distância que um ponto está da origem em uma trajetória. Para indicar se o corpo está antes ou depois do referencial, utiliza-se o sinal positivo (depois da origem) ou negativo (antes da origem).

Ao se movimentar, um corpo descreve uma trajetória, e seus espaços percorridos vão mudando em relação à origem. A medida da distância entre seu espaço inicial (onde ele começou a se movimentar) e seu espaço final (onde ele parou de se deslocar) é chamada de **variação de espaço**, ou **espaço percorrido**, sendo representada pelo símbolo ΔS .

O símbolo Δ , que parece um triângulo, é a letra grega maiúscula chamada delta. Dessa forma, a variação de espaço, simbolizada por ΔS , deve ser lida como “delta S”.

Na linguagem matemática, escreve-se que:

$$\Delta S = S_f - S_i$$

S_f : espaço final;

S_i : espaço inicial;

ΔS : variação de espaço ou espaço percorrido.



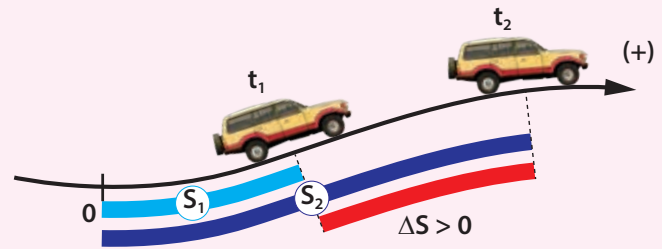
PARA SABER MAIS



Variação de espaço e distância percorrida

Em Física, **variação de espaço** e **distância percorrida** não são a mesma coisa. A **distância percorrida** corresponde à distância que o móvel percorreu e, portanto,

é determinada pela trajetória. Já a **variação de espaço** depende apenas de onde começou e de onde terminou o movimento, independentemente da trajetória e da distância percorrida.



© Hudson Calasans

Nessa imagem, a origem da trajetória é o ponto zero, e as distâncias até t_1 e t_2 são, respectivamente, S_1 e S_2 . A variação de espaço entre t_1 e t_2 é igual a ΔS ($\Delta S = S_2 - S_1$), que nesse caso é igual à distância percorrida.

ATIVIDADE 2 Trajetória e espaço

A figura a seguir mostra a trajetória descrita por um ônibus numa estrada.



© Hudson Calasans

1 Nela, as posições estão marcadas em quilômetros. Qual é o ponto do espaço do ônibus em cada uma das três posições indicadas na figura?

Posição 1: _____

Posição 2: _____

Posição 3: _____

2 Se o ônibus parte do ponto do espaço -40 km e chega ao ponto +20 km, qual foi variação de espaço que ele realizou?

3 Se o ônibus parte da posição -40 km, vai até a posição $+20$ km e volta para a posição -10 km, qual foi sua variação de espaço? E qual foi a distância que ele percorreu?



Velocidade média

Enquanto o tempo vai passando, um corpo pode se mover. Se passar “pouco tempo” para o corpo ir de um ponto a outro do espaço, significa que ele se movimenta “rapidamente”, mas, se demorar “muito tempo” para ele percorrer esse mesmo trajeto, significa que o corpo está se deslocando “lentamente”. A **grandeza física** que indica se um corpo está se movendo rápida ou lentamente, de um lugar para outro, se chama **velocidade**.

A **velocidade média** (v) de um corpo é definida como a **proporção entre a variação de espaço desse corpo** (ΔS) e o **tempo que ele gastou** (Δt) para realizar essa variação de espaço. Em linguagem matemática, essa relação é expressa da seguinte forma:

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

v : velocidade média do corpo;

ΔS : variação de espaço desse corpo: $\Delta S = S_f - S_i$;

Δt : intervalo de tempo gasto para realizar essa variação de espaço: $\Delta t = t_f - t_i$.

No Sistema Internacional de Unidades, a velocidade média é medida em m/s (metros por segundo), mas existem outras unidades usuais, como km/h (quilômetros por hora), nós (muito utilizada na navegação) e milhas por hora (mph), usada em países de língua inglesa.

Dizer que um carro está com a velocidade de 108 km/h é o mesmo que dizer que ele se desloca à velocidade de 30 m/s, ou seja, que o carro percorre a distância 30 metros no tempo 1 segundo.

VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Durante um movimento, em geral, a velocidade vai mudando. Algumas vezes ela aumenta e, outras, diminui. O valor que a velocidade tem em um determinado momento é a sua velocidade instantânea. O velocímetro, por exemplo, marca a velocidade instantânea.



Velocímetro mostrando a velocidade instantânea de um automóvel em km/h e mph (milhas por hora).

ATIVIDADE 3 Unidades de velocidade

1 Responda às questões abaixo.

- a) Se você andar com velocidade constante de 1 m/s durante 10 segundos (10 s), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória?
- b) Se você andar com velocidade constante de 1 m/s durante 1 minuto (1 min), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória?
- c) Se você andar com velocidade constante de 1 m/s durante 1 hora (1 h), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória? E quantos quilômetros?
- d) Então, a velocidade de 1 m/s corresponde a uma velocidade de quantos quilômetros por hora?
- e) E se correr durante meia hora com velocidade de 2 m/s , quantos quilômetros você vai percorrer?

2 A tabela a seguir mostra as distâncias aproximadas entre o aeroporto e o centro da cidade para algumas capitais do País, bem como o tempo médio gasto para percorrê-las de táxi e de ônibus.

Aeroporto	Distância até o centro	De táxi (minutos)	De ônibus (minutos)
Fortaleza	10 km	15	20
Santos Dumont (RJ)	3 km	20	30
Salvador	25 km	45	70
Congonhas (SP)	11 km	40	50
Recife	11 km	30	45

Fonte: FRANCO, Pedro Rocha. *Táxi para Confins é o mais caro e demorado do país*. O Estado de Minas, 30 jul. 2013. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/07/30/internas_economia,429086/taxi-para-confins-e-o-mais-car-o-demorado-do-pais.shtml>. Acesso em: 14 jan. 2015.

a) Qual é a maior velocidade média, de táxi, em km/h?

b) Qual é a menor velocidade média, de ônibus, em km/h?

c) Em qual dessas viagens o ônibus desenvolve a maior velocidade média?

d) Em qual dessas viagens o táxi desenvolve menor velocidade média?



Aceleração

A velocidade de um corpo pode mudar. Se o corpo está parado, por exemplo, e começa a se movimentar, sua velocidade aumenta, e diz-se que ele acelerou. De modo contrário, se um automóvel está se deslocando, e o motorista pisa no freio, sua velocidade diminui, e diz-se que ele desacelerou.

Em Física, **aceleração** é definida como a **taxa com que a velocidade de um corpo varia**. Na linguagem matemática, a aceleração é expressa por:

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

a: aceleração média do corpo;

Δv : variação da velocidade, em que $\Delta v = v_f - v_i$;

Δt : tempo necessário para que ocorra essa variação de velocidade, em que $\Delta t = t_f - t_i$.

A aceleração de um corpo é medida, no Sistema Internacional de Unidades, em metros por segundo a cada segundo (m/s^2).

Para um corpo que se move **no mesmo sentido da trajetória**, se a velocidade aumenta, a variação da velocidade é positiva ($\Delta v > 0$) e sua aceleração também ($a > 0$). Nesse caso, o corpo acelerou, então tem-se um **movimento acelerado**. Por outro lado, se a velocidade do corpo diminui, a variação da velocidade é negativa ($\Delta v < 0$), assim como sua aceleração ($a < 0$). Neste caso, o corpo desacelerou, então tem-se um **movimento retardado**.

DICA!

O símbolo “>” indica que o número ou algarismo à esquerda do símbolo é maior que o da direita.

O símbolo “<” indica que o número ou algarismo à esquerda do símbolo é menor que o da direita.

Ou seja, $a > b$ lê-se: “a é maior que b”; $a < b$ lê-se: “a é menor que b”.

A palavra “aceleração” pode ter diferentes significados, dependendo do contexto, mas sempre se refere à mudança na velocidade ou na taxa de variação de algum processo.

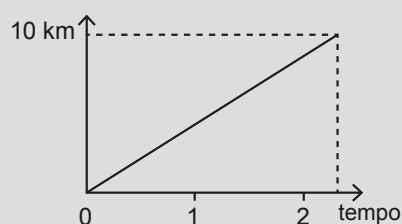
Por exemplo, é comum que jornais falem em “aceleração da economia”, com o sentido de aumento do ritmo do crescimento econômico; ou em “aceleração da aprendizagem”, o que significa diminuir o tempo necessário para aprender alguma coisa. Também é possível falar em “aceleração do processo de fabricação de um produto”, ou seja, diminuir o tempo em que um bem é produzido, elevando, assim, a produtividade e o lucro da empresa.



DESAFIO

O gráfico ao lado modela a distância percorrida, em km, por uma pessoa em certo período de tempo. A escala de tempo a ser adotada para o eixo das abscissas depende da maneira como essa pessoa se desloca. Qual é a opção que apresenta a melhor associação entre meio ou forma de locomoção e unidade de tempo, quando são percorridos 10 km?

- a) Carroça – semana.
- b) Carro – dia.
- c) Caminhada – hora.
- d) Bicicleta – minuto.
- e) Avião – segundo.



Enem 2008. Prova amarela. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2008/2008_amarela.pdf>. Acesso em: 7 out. 2014.



Como calcular a aceleração

Suponha que você está com um grupo de amigos empurrando um carro, que está parado e com a bateria descarregada. Vocês tentam fazer o automóvel “pegar no tranco”. Após empurrarem o carro por 20 s, ele atinge uma velocidade de 2 m/s e, com o “tranco”, começa a funcionar. Qual era a aceleração do carro enquanto estava sendo empurrado?



© Marc Ohrem-Le Clef/Corbis/Latinstock

Para iniciar, deve-se calcular a variação da velocidade. Como o carro estava parado, sua velocidade inicial era zero ($v_i = 0$). Após os 20 s, sua velocidade final era de 2 m/s ($v_f = 2$ m/s). Então, sua velocidade aumentou de 0 para 2 m/s, ou seja, ela aumentou 2 m/s ($\Delta v = 2$ m/s). Como passaram 20 s para que isso acontecesse, a aceleração pode ser calculada da seguinte maneira:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

ATIVIDADE 4 Aceleração

1 Observe a tabela abaixo, que mostra o teste de desempenho de um automóvel, e responda às questões.

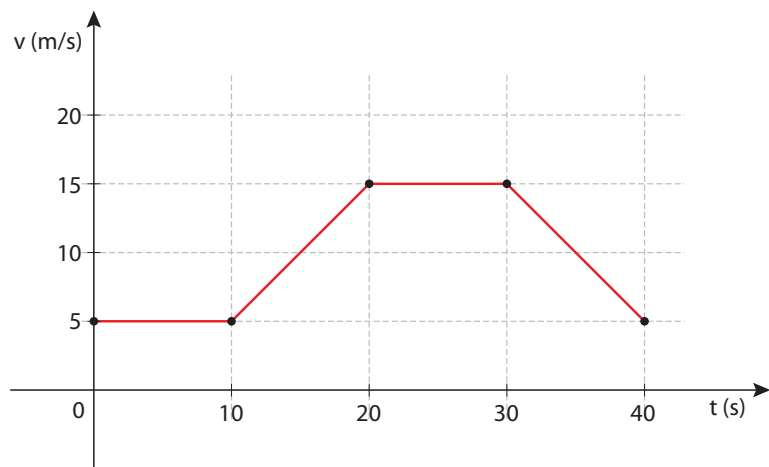
Desempenho	
0 km/h – 100 km/h	11,6 s
40 km/h – 80 km/h	5 s
60 km/h – 100 km/h	6,1 s
Frenagem 120 km/h a 0	9 s
Consumo cidade	7,7 km/L
Consumo estrada	11 km/L

a) A aceleração média desse carro é maior no intervalo entre quais velocidades? Justifique sua resposta.

- 0 a 100 km/h.
- 40 a 80 km/h.
- 60 a 100 km/h.

b) Ainda com base nessa tabela, o que é maior: a aceleração ou a desaceleração do carro?

2 O gráfico abaixo representa o movimento de um trem num trecho ao longo da linha entre duas estações consecutivas.



© Sidnei Moura

a) Em qual(is) trecho(s) a velocidade é constante?

b) Em qual(is) trecho(s) o movimento é acelerado?

c) Em qual(is) trecho(s) esse movimento é retardado?



A propaganda de automóveis utiliza como destaque a aceleração que eles são capazes de desenvolver. É comum a propaganda afirmar que o carro vai de zero a 100 km/h em poucos segundos. Qual é a vantagem de um carro ter boa aceleração? Qual é a diferença de ir de 0 a 100 km/h em 4 ou 6 segundos? Isso é de fato muito importante ou apenas um recurso para o carro parecer melhor? O que é mais seguro?

HORA DA CHECAGEM

Atividade 1 - Referencial e posição

1 Sim, mas com base em referenciais diferentes. A primeira estudante se refere à segunda fileira a partir da frente da sala, e à terceira coluna a partir de um dos lados da sala (o lado direito da figura). Já a outra disse que a carteira estava na quarta fileira a partir do fundo da sala e na quarta coluna a partir do outro lado da sala (lado esquerdo da figura).

2 Faltou informar qual seria o referencial que elas utilizaram para começar a contar as fileiras e as colunas.

Atividade 2 - Trajetória e espaço

1 Os espaços do ônibus são:

Posição 1: -30 km (está antes da origem das medidas);

Posição 2: 0 km (está na origem das medidas dos espaços); e

Posição 3: +20 km (está depois da origem dos espaços).

2 A variação de espaço foi de 60 km, já que $+20 - (-40) = 20 + 40 = 60$ km.

3 Lembrando que $\Delta S = S_f - S_i$, a variação de espaço foi $-10 - (-40) = 30$ km.

A distância que ele percorreu foi de 90 km, sendo 60 km para ir do espaço inicial -40 km ao espaço +20 km e mais 30 km, para ir do espaço +20 km ao espaço -10 km.

Atividade 3 - Unidades de velocidade

1

a) 10 m. Para alcançar esse resultado, você pode utilizar uma “regra de três”: se em 1 segundo você anda 1 metro e a sua velocidade é sempre a mesma (constante), em 10 segundos caminhará 10 metros.

b) 60 m. Utilize o mesmo raciocínio anterior: se em 1 segundo você anda 1 metro e a sua velocidade é constante, em 1 minuto (que é equivalente a 60 segundos), você caminhará 60 metros.

c) 3.600 m ou 3,6 km. Se em 1 s você anda 1 m e a sua velocidade é constante, em 1 hora (que é equivalente a 60 min ou 3.600 s), você caminhará 3.600 m. Para saber a distância em quilômetros, lembre-se de que $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$. Portanto, dividindo 3.600 por $1.000 = 3,6$ km.

d) $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$. Para chegar a essa conclusão, você deve lembrar que 1 h equivale a 3.600 s e 1 km é igual a 1.000 m. Então: $1 \text{ m/s} = \frac{1.000}{3.600} \text{ s}$ ou $3,6 \text{ km/h}$.

e) 3,6 km. Como a velocidade foi dobrada (passou de 1 m/s para 2 m/s), você percorrerá a mesma distância (3,6 km) na metade do tempo (de 1 hora para meia hora).

2 Para chegar a todas as respostas, observe os seguintes raciocínios:

Em Fortaleza, o táxi percorre 10 km em 15 min, então fará a distância de 40 km em 1 h, que são 60 min ($4 \cdot 15 \text{ min}$), ou seja, sua velocidade será de 40 km/h.

No Rio de Janeiro, o táxi percorre 3 km em 20 min, então cobrirá 9 km em 1 hora, que são 60 min ($3 \cdot 20 \text{ min}$), ou seja, sua velocidade será de 9 km/h.

Em Salvador, o táxi percorre 25 km em 45 min, então se deslocará cerca de 33 km em 1 h (fazendo uma regra de 3), ou seja, sua velocidade será de $\cong 33 \text{ km/h}$.

Em São Paulo, o táxi transita por 11 km em 40 min, então percorrerá 16,5 km em 1 h (fazendo uma regra de 3), ou seja, sua velocidade será de 16,5 km/h.

Já em Recife, como percorre 11 km em meia hora, vai se deslocar 22 km em 1 h, ou seja, sua velocidade será de 22 km/h.

Logo, a maior velocidade média ocorre em Fortaleza.

- Entre 40 km/h e 80 km/h, $\Delta v = v_f - v_i = 80 - 40 = 40$ km/h; ou, ainda: $\Delta v = \frac{40.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} \cong 11 \text{ m/s}$; logo, $a = \frac{40 \text{ km/h}}{5 \text{ s}} = 8 \text{ km/h/s}$ ou $a = \frac{11}{5} = 2,2 \text{ m/s}^2$.
- Entre 60 km/h e 100 km/h, $\Delta v = v_f - v_i = 80 - 40 = 40$ km/h; ou, ainda: $\Delta v = \frac{40.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} \cong 11 \text{ m/s}$; logo, $a = \frac{40 \text{ km/h}}{6,1 \text{ s}} \cong 6,6 \text{ km/h/s}$ ou $a = \frac{11}{6,1} \cong 1,8 \text{ m/s}^2$.

Portanto, a aceleração média é maior no intervalo entre 0 e 100 km/h.

- b)** A desaceleração, pois $\frac{120}{9} \cdot \frac{\text{km/h}}{\text{s}} \cong 13,3 \text{ km/h/s}$, ou, ainda: $\frac{13.300}{3.600} \cdot \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \frac{13.300}{3.600} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot \text{s}} \cong 3,7 \text{ m/s}^2$, que é maior que a maior aceleração média encontrada.

2

- a) Pode-se observar no gráfico que a velocidade não muda nos intervalos de tempo de 0 s a 10 s ($v = 5 \text{ m/s}$) e de 20 s a 30 s ($v = 15 \text{ m/s}$).
- b) O movimento é acelerado quando a velocidade aumenta. Pode-se observar, no gráfico, que a velocidade cresce entre 10 s e 20 s.
- c) O movimento é retardado quando a velocidade diminui. Pode-se observar, no gráfico, que a velocidade reduz-se entre 30 s e 40 s.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.