Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Campus São Paulo

Cinemática

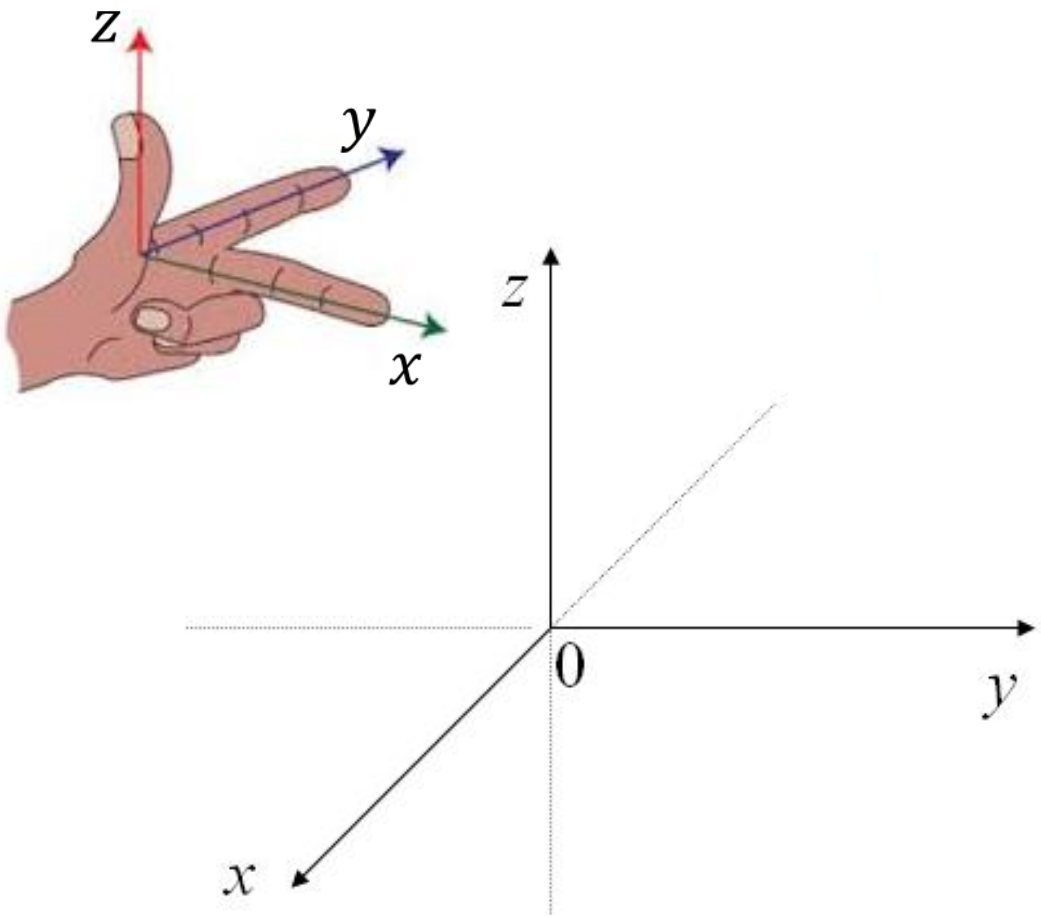
FIS 2ª série EMI

André Cipoli

Movimento

É a mudança contínua de posição à medida que o tempo passa.

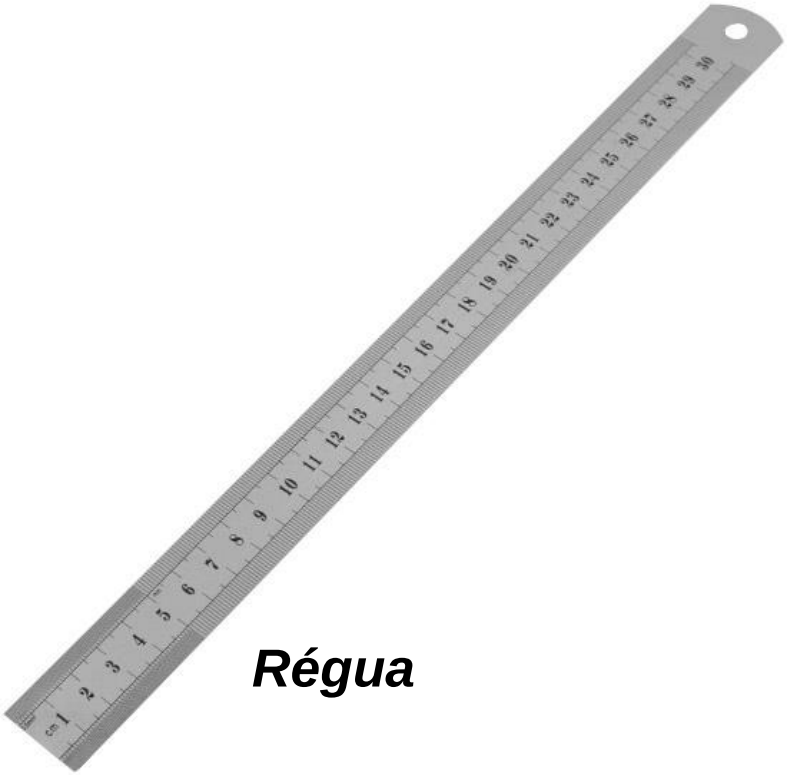
- ***Sistema de Referência*** ou ***de Coordenadas***



- ***Grandezas físicas fundamentais na Cinemática***

É a parte da Física que estuda os movimentos,
sem se preocupar com suas causas (***forças***).

Posição, Tempo



Régua

Relógio

Cinemática

Parte da mecânica que estuda os movimentos, desconsiderando suas causas (Forças).

Grandezas cinemáticas: tempo (instante t, intervalo de tempo Δt), posição (S, x, y, z, deslocamento ΔS etc), velocidade V (média, instantânea, escalar, vetorial), aceleração a (média, instantânea, escalar, vetorial) etc.

Observação importante:

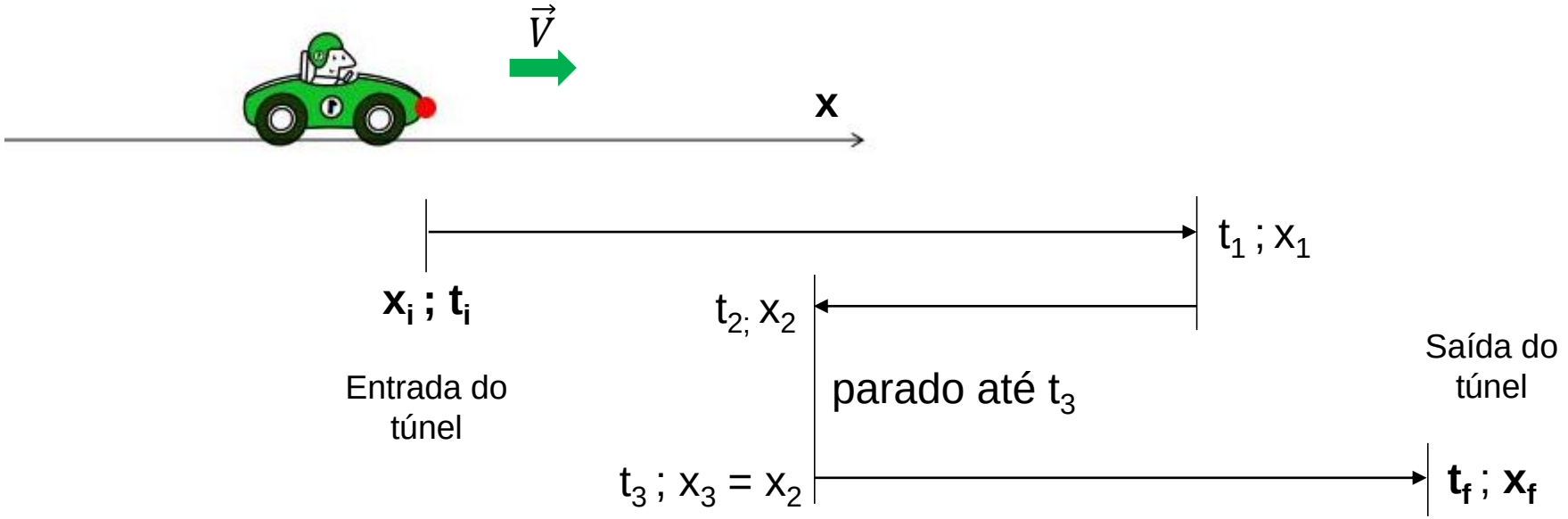
Na Física, ***deslocamento*** tem um significado bem diferente de ***espaço total percorrido*** ou ***distância total percorrida***.

Entrada $\rightarrow$ $x_i; t_i$

Saída $\rightarrow$ $x_f; t_f$

Deslocamento

$$\Delta x(t_i \rightarrow t_f) = x_f - x_i$$



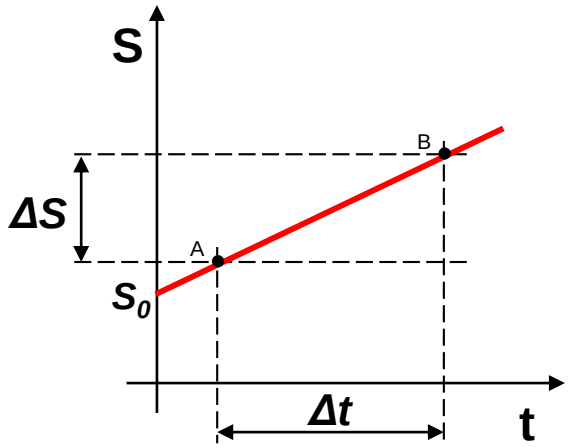
Espaço (ou distância) total percorrido(a)

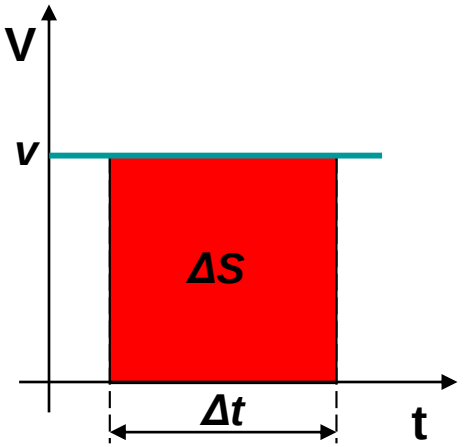
$$L(t_i \rightarrow t_f) = +|x_1 - x_i| + |x_2 - x_1| + |x_3 - x_2| + |x_f - x_3|$$

• ***Movimento Uniforme*** *(o módulo da velocidade "v" é constante):*

Gráficos:

$S = f(t)$ ← Função Horária → $V = f(t)$





Equações: $S(t) = S_0 + v.t$ | $v = cte \neq 0$ | $a = 0$

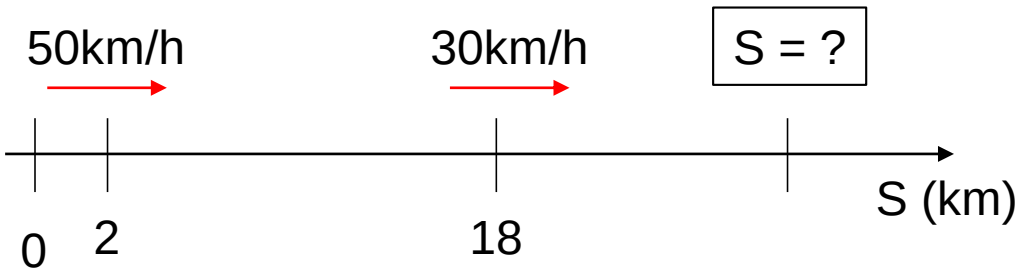
S_0 → ***posição do móvel quando t = 0.***

$v = \Delta S/\Delta t = v_m$ → $\Delta S = v.\Delta t$ → ***Graficamente***

Exemplo

Um móvel em uma rodovia sai da posição 18km e anda de acordo com o sentido positivo da trajetória com velocidade constante de 30km/h. Outro móvel sai da posição 2km e anda no sentido positivo da trajetória com velocidade constante de 50km/h. Determine o ponto onde os dois móveis se encontrarão.

"Perseguição"



$$S(t) = S_0 + v.t$$

$$S_1(t) = S_{0_1} + v_1.t$$

$$S_1(t) = +18 + 30.t$$

$$S_2(t) = S_{0_2} + v_2.t$$

$$S_2(t) = +2 + 50.t$$

$$S_1(t) = S_2(t)$$

$$+18 + 30.t = +2 + 50.t$$

$$+16 = +20.t$$

$$t = +0{,}8h$$

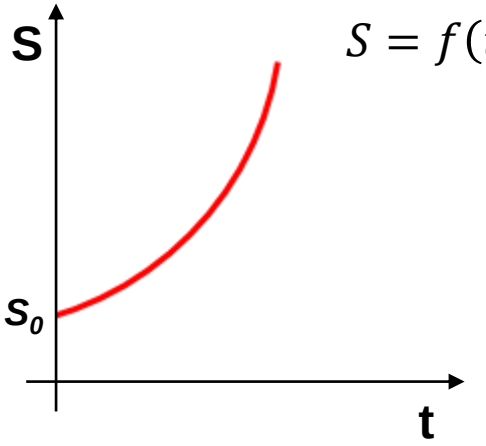
$$\rightarrow S_2\ (t) = +2 + 50.0{,}8$$

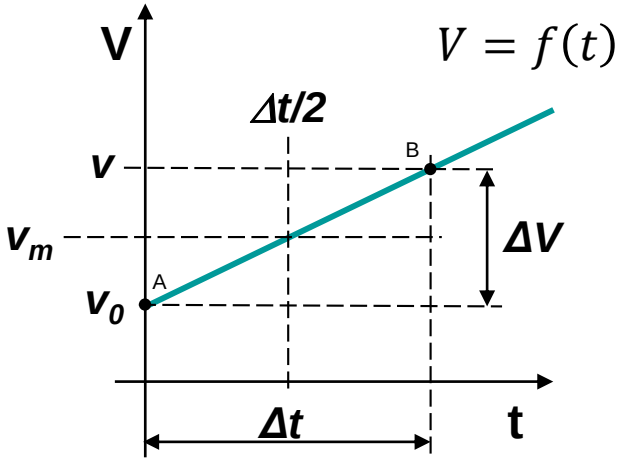
$$S_2(t) = +42km$$

"Ponto de encontro"

• ***Movimento Uniformemente Variado*** ***(o módulo da aceleração "a" é constante):***

Gráficos:





Equações: $S(t) = S_0 + v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2$

a = cte ≠ 0

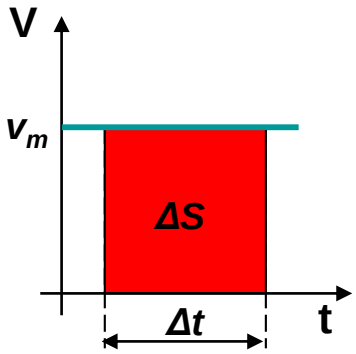
S_0 → ***posição do móvel quando t = 0.***

v_0 → ***velocidade do móvel quando t = 0.***

$v(t) = v_0 + a.t$

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

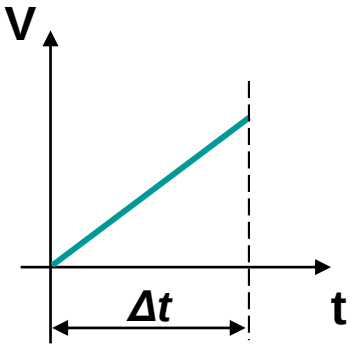
e ΔS ??



ΔS = v_m.Δt

$$v_m = \frac{v + v_0}{2}$$

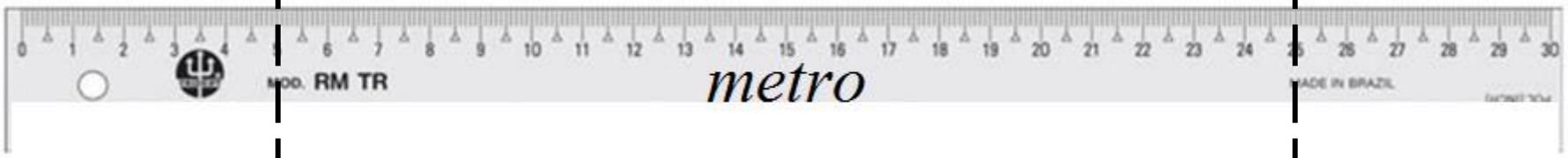
• Qual é o significado da Velocidade Média no ***Movimento Uniformemente Variado?***



V_{final}

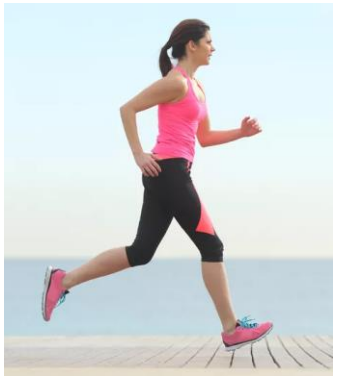
$V_{inicial} = 0$

$aceleração = constante$

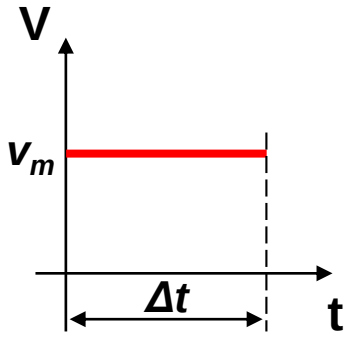


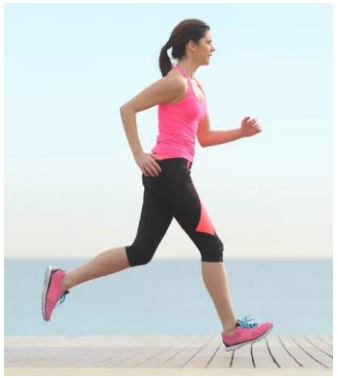
$S_i(t_i = 0s)$

$S_f(t_f = 20s)$



$V = constante$





Deslocamento

$$\Delta S = S_f - S_i$$

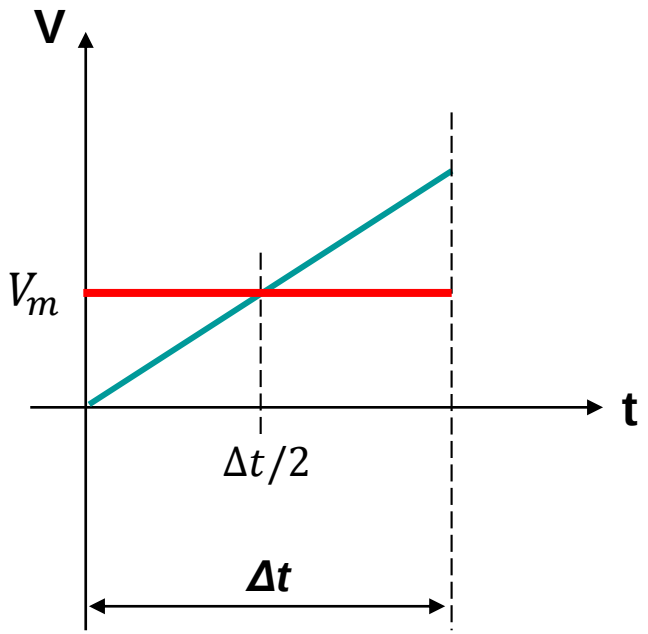
$$\Delta S = 25 - 5 = 20m$$

Intervalo de Tempo

$$\Delta t = t_f - t_i$$

$$\Delta t = 20 - 0 = 20s$$

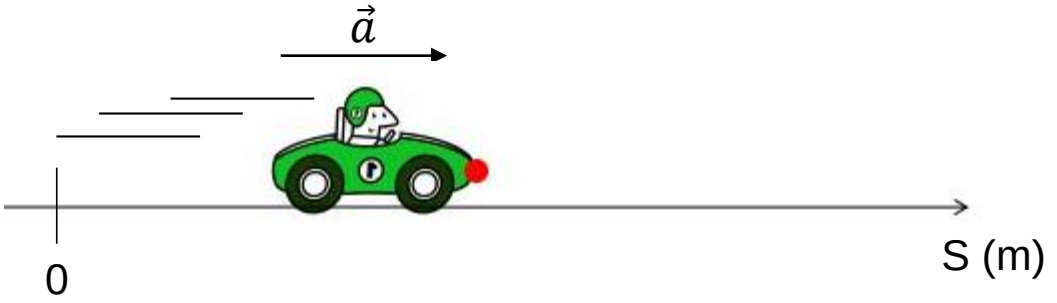
Velocidade Média é uma velocidade *hipotética*, de valor constante, que permite que um objeto percorra o ***mesmo deslocamento no mesmo intervalo de tempo*** que um móvel em movimento uniformemente variado (situação real).



Exemplo

(FUVEST) Um veículo parte do repouso em movimento retilíneo e acelera com aceleração escalar constante e igual a 2,0 m/s^2. Pode-se dizer que sua velocidade escalar e a distância percorrida após 3,0 segundos, valem, respectivamente:

• *em linha reta:*



$v_0 = 0\dfrac{m}{s}\ (repouso)$

$a = +2\dfrac{m}{s^2}$

Velocidade escalar instantânea

$v(t) = v_0 + a.t$

$v(3s) = 0 + (+2).3$

$v(3s) = +6\dfrac{m}{s}$

Posição escalar instantânea

$S(t) = S_0 + v_0.t + \dfrac{1}{2}.a.t^2$

$S(t) - \overset{0}{\cancel{S_0}} = +v_0.t + \dfrac{1}{2}.a.t^2$

$\Delta S(3s) = +0.t + \dfrac{1}{2}.(+2).3^2$

$\Delta S(3s) = +9m$

O deslocamento tem valor igual ao da distância percorrida.

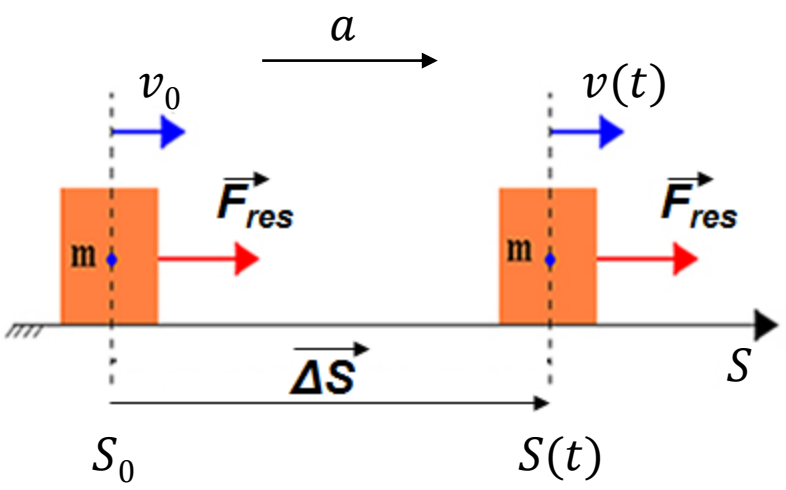
Exemplo

A equação horária do espaço referente ao movimento de um corpo é dada por (***S*** em metro e ***t*** em segundo):

$$S = 5 + 40.t - 2.t^2$$

a) Em que instante (t) e em que posição (s) o corpo para?
b) Qual a distância percorrida pelo corpo desde $t_0 = 0$ até parar?
c) Trace o gráfico da velocidade escalar em função de t, de $t_0 = 0$ até parar.

• ***Movimento Uniformemente Variado*: um resultado importante!**



$$S(t) = S_0 + v_0.t + \frac{1}{2}.a.t^2$$

$$S(t) - S_0 = \Delta S = +v_0.t + \frac{a}{2}.t^2 \qquad (1)$$

$$v(t) = v_0 + a.t$$

Isolando-se ***t*** : $t = \dfrac{v(t) - v_0}{a}$ (2)

Substituindo (2) em (1): $\Delta(S) = +v_0.\left(\dfrac{v(t) - v_0}{a}\right) + \dfrac{a}{2}.\left(\dfrac{v(t) - v_0}{a}\right)^2$

Desenvolvendo: $\Delta S = +\dfrac{v_0.v(t) - {v_0}^2}{a} + \dfrac{[v(t)^2 - 2.v(t).v_0 + v_0^2]}{2.a}$

Separando as frações: $$\Delta S = +\frac{v_0.v(t)}{a} - \frac{{v_0}^2}{a} + \frac{v(t)^2}{2.a} - \frac{2.v(t).v_0}{2.a} + \frac{{v_0}^2}{2.a}$$

$$\Delta S = +\frac{v_0.v(t)}{a} - \frac{{v_0}^2}{a} + \frac{v(t)^2}{2.a} - \frac{v(t).v_0}{a} + \frac{{v_0}^2}{2.a}$$

$$\Delta S = -\frac{{v_0}^2}{a} + \frac{v(t)^2}{2.a} + \frac{{v_0}^2}{2.a}$$

$$\Delta S = +\frac{v(t)^2}{2.a} - \frac{{v_0}^2}{2.a}$$

Multiplicando-se os dois lados da igualdade por (*2.a*): $$v(t)^2 - {v_0}^2 = 2.a.\Delta S$$

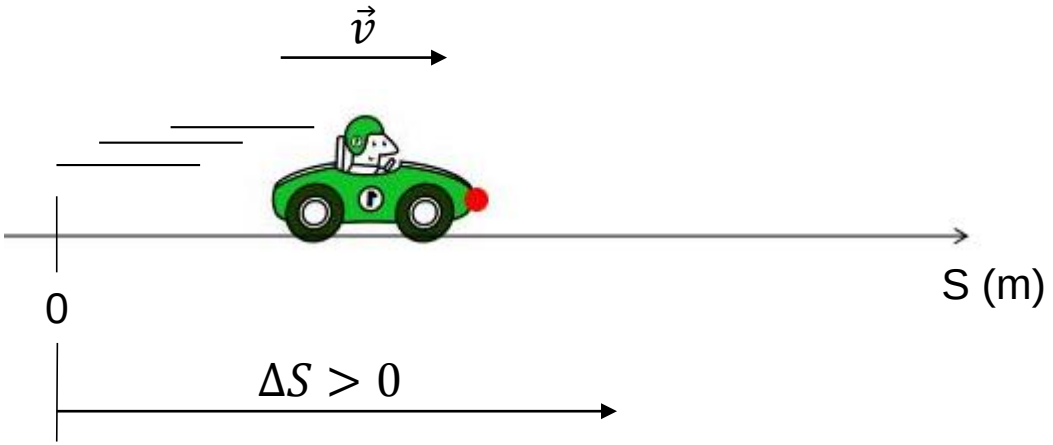
que é a relação conhecida como

“ *Equação de Torricelli* ”

Evangelista Torricelli
1608 - 1647

Exemplo

(UFPA) Um ponto material parte do repouso em movimento uniformemente variado e, após percorrer 12 m, está animado de uma velocidade escalar de 6,0 m/s. A aceleração escalar do ponto material, em m/s^2, vale:



$v_0 = 0\,\frac{m}{s}\ (repouso)$

$\Delta S = +12m$

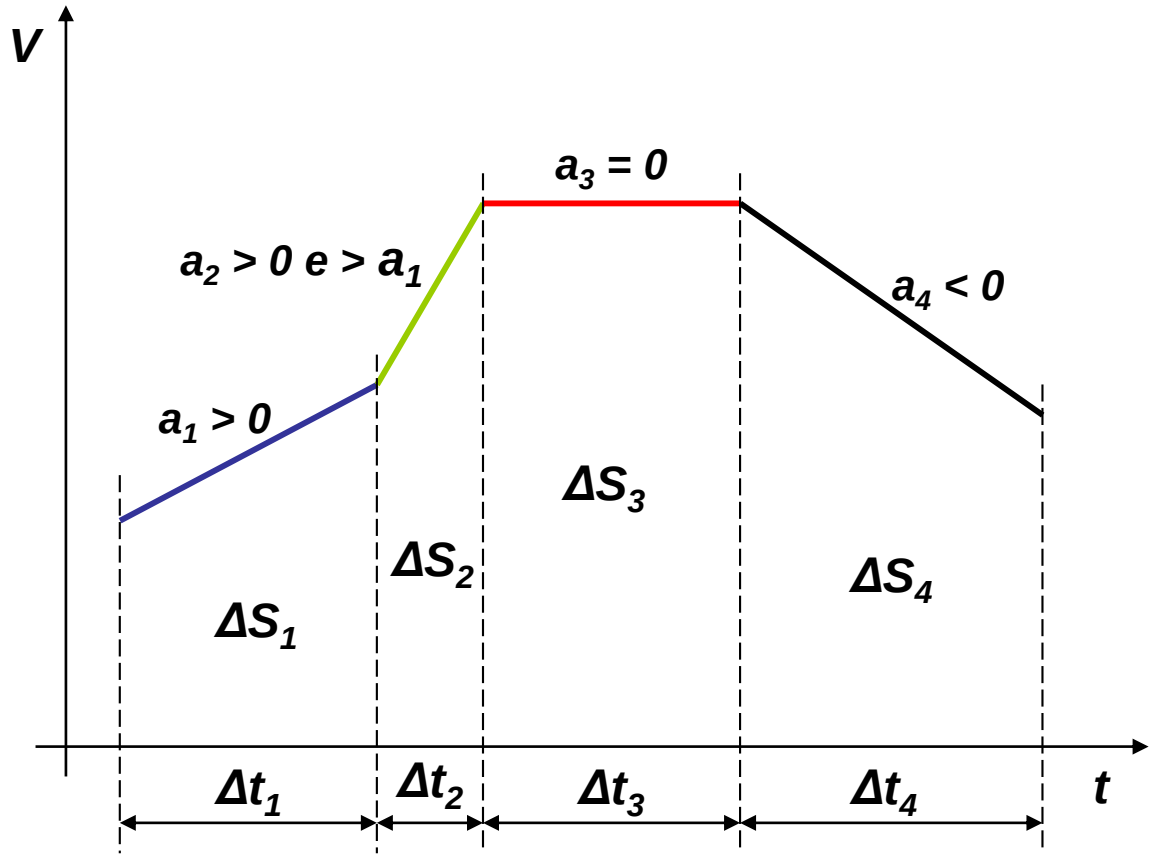
$v = +6{,}0\,\frac{m}{s}$

$v(t)^2 - {v_0}^2 = 2.a.\Delta S$

$(+6)^2 - (0)^2 = 2.a.(+12)$

$$a = +1{,}5\,\frac{m}{s^2}$$

• ***Movimentos Uniformemente Variados*** ***("a" variável, porém constantes em cada intervalo de tempo):***



• Como determinar ΔS_{total}?

$$\Delta_{total} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$

$$\Delta_{total} = v_{m1}.\Delta t_1 + v_{m2}.\Delta t_2 + v_{m3}.\Delta t_3 + v_{m4}.\Delta t_4$$

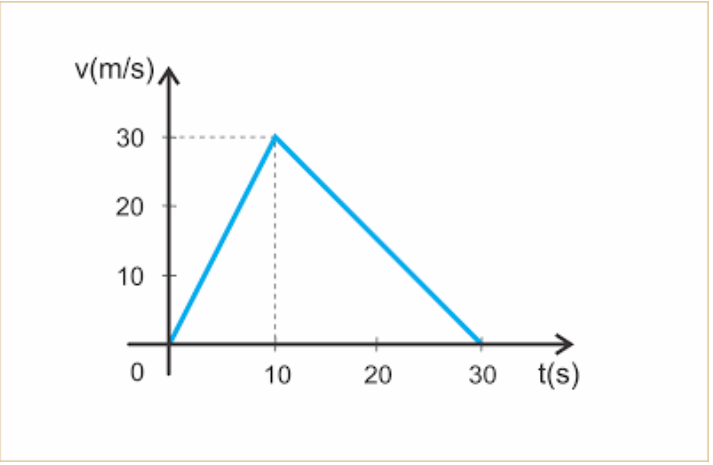
Não se esqueça de assistir aos seguintes vídeos:

https://www.youtube.com/watch?v=CnZW1767BFw - Análise gráfica

https://www.youtube.com/watch?v=CB1IpRx5cl0 - Exercícios sobre aceleração

Exercícios

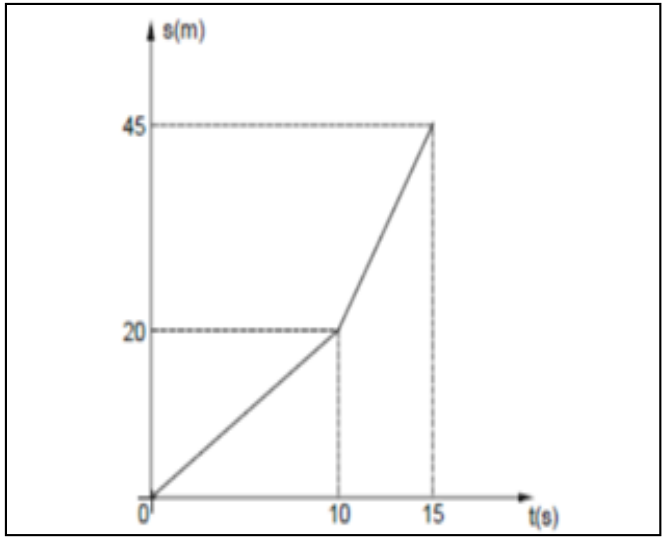
1. A velocidade escalar de um carro varia com o tempo, conforme indica o gráfico.



a) Determine a aceleração do carro entre os instantes 0 e 10 s e entre 10 e 30 s.

b) Qual é a variação de espaço entre os instantes 0 e 30 s e qual é, neste intervalo, a velocidade escalar média?

2. (UFS-SE) Um carrinho se desloca em trajetória retilínea. O gráfico representa a sua posição s em função do tempo t.

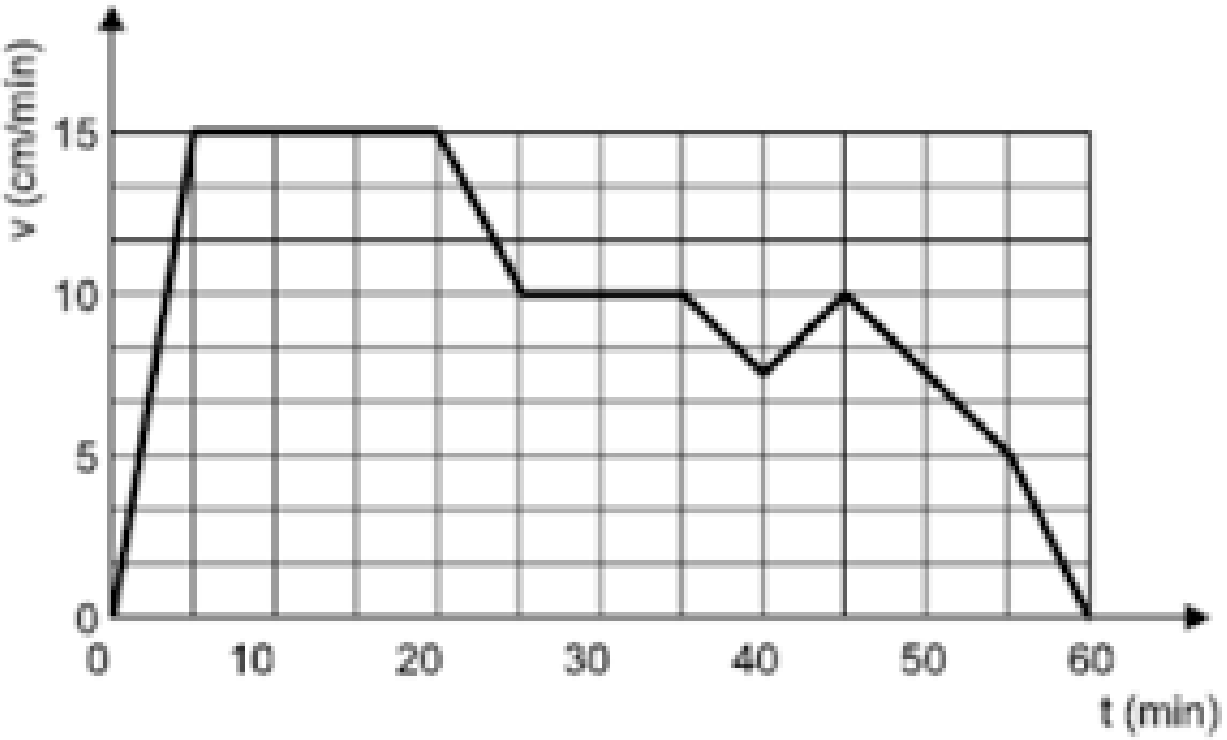


Analise as afirmações sobre o movimento do carrinho.

0 - O deslocamento entre os instantes 3,0 s e 8,0 s é de 21 m.
1 - A velocidade no instante 12 s é 5,0 m/s.
2 - A velocidade média de t = 0 a t = 15 s é 3,5 m/s.
3 - A aceleração no instante 7,0 s é nula.
4 - A aceleração média no intervalo de 7,0 s a 12 s é 0,60 m/s^2.

3. (FATEC-SP) O jipe-robô Curiosity da NASA chegou a Marte, em agosto de 2012, carregando consigo câmaras de alta resolução e um sofisticado laboratório de análises clínicas para uma rotina de testes. Da Terra, uma equipe de testes comandava seus movimentos e lhe enviava as tarefas que deveria realizar. Imagine que, ao verem uma rocha de aspecto muito peculiar, os técnicos da NASA, no desejo de que a Curiosity a analisasse, determinaram uma trajetória reta que une o ponto de observação até a rocha e instruem o robô para iniciar seu deslocamento, que teve duração de uma hora. Nesse intervalo de tempo, o Curiosity desenvolveu as velocidades indicadas no gráfico. O deslocamento total realizado pelo Curiosity do ponto de observação ao seu destino foi, em metros,

a) 9. b) 6. c) 4. d) 2. e) 1.



Resolução do exercício 3:

Sabe-se que um gráfico de ***V*** *x* ***t*** fornece o ***deslocamento*** ***∆S*** do móvel. Então,

1. entre 0 e 5min, usa-se a fórmula da área de um **triângulo**:

$$\Delta S_1 = \frac{5min.\,15\,\frac{cm}{min}}{2} = +37{,}5cm$$

2. entre 5 e 20min, usa-se a fórmula da área de um **retângulo**:

$$\Delta S_2 = 15min.\,15\,\frac{cm}{min} = +225cm$$

3. entre 20 e 25min, usa-se a fórmula da área de um **trapézio**:

$$\Delta S_3 = \frac{\left(15\,\frac{cm}{min} + 10\,\frac{cm}{min}\right)}{2}.\,5min = +62{,}5cm$$

4. entre 25 e 35min, usa-se a fórmula da área de um **retângulo**:

$$\Delta S_4 = 10min.10\frac{cm}{min} = +100cm$$

5. entre 35 e 40min, usa-se a fórmula da área de um **trapézio**:

$$\Delta S_5 = \frac{\left(10\frac{cm}{min} + 7{,}5\frac{cm}{min}\right)}{2}.5min = +43{,}75cm$$

6. entre 40 e 45min, usa-se a fórmula da área de um **trapézio**:

$$\Delta S_6 = \frac{\left(10\frac{cm}{min} + 7{,}5\frac{cm}{min}\right)}{2}.5min = +43{,}75cm$$

7. entre 45 e 55min, usa-se a fórmula da área de um **trapézio**:

$$\Delta S_7 = \frac{\left(10\frac{cm}{min} + 5\frac{cm}{min}\right)}{2}.10min = +75cm$$

8. entre 55 e 60min, usa-se a fórmula da área de um **triângulo**:

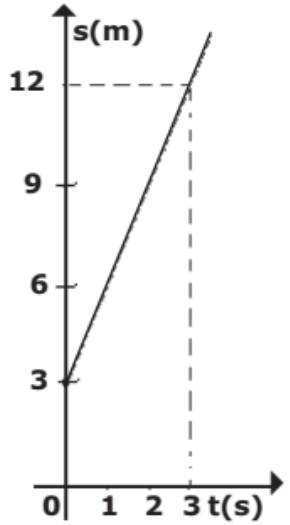
$$\Delta S_8 = \frac{5min.5\frac{cm}{min}}{2} = +12{,}5cm$$

$$\Delta S_{total} = 37{,}5 + 225 + 62{,}5 + 100 + 2.43{,}75 + 75 + 12{,}5$$

$$\Delta S_{total} = 600cm \rightarrow \qquad \boxed{\Delta S_{total} = 6m}$$

+ ***Exercícios***

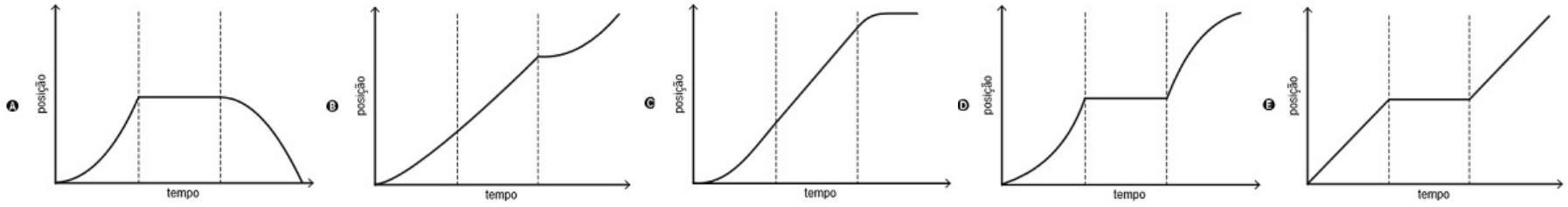
4. (**ESPCEX 2020 -** adaptada**)** Considere um objeto que se desloca em movimento retilíneo uniforme durante 10s. O desenho ao lado representa o gráfico da posição em função do tempo. A posição do objeto no instante t = 10s, em metros, é:



Desenho Ilustrativo - Fora de Escala

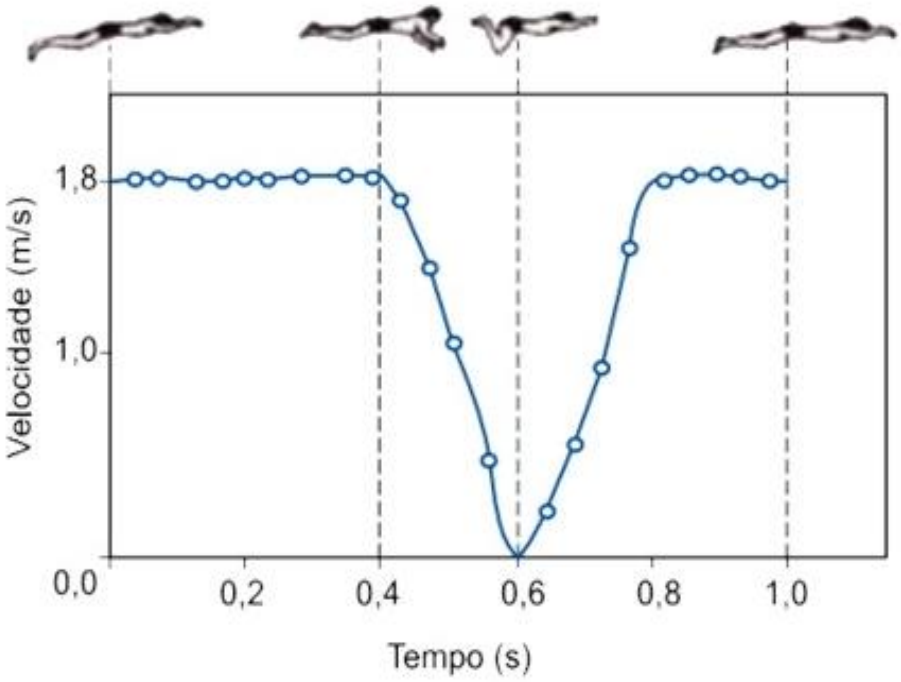
a) 25 m. b) 30 m. c) 33 m. d) 36 m. e) 40 m.

5. Para melhorar a mobilidade urbana na rede metroviária é necessário minimizar o tempo entre estações. Para isso a administração do metrô de uma grande cidade adotou o seguinte procedimento entre duas estações: a locomotiva parte do repouso com aceleração constante por um terço do tempo de percurso, mantém a velocidade constante por outro terço e reduz sua velocidade com desaceleração constante no trecho final, até parar. Qual é o gráfico de posição (eixo vertical) em função do tempo (eixo horizontal) que representa o movimento desse trem?



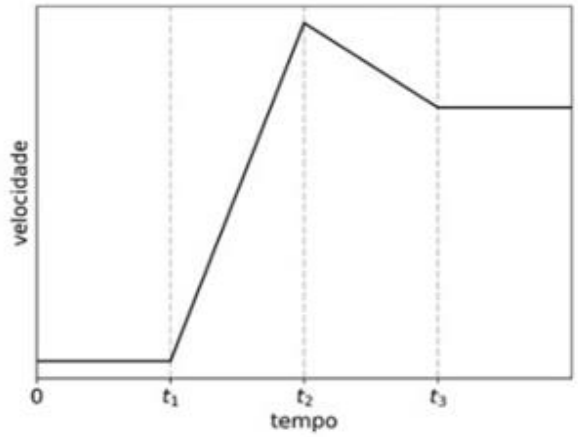
6. (**Unesp/2020)** O gráfico representa a velocidade escalar de um nadador em função do tempo, durante um ciclo completo de braçadas em uma prova disputada no estilo nado de peito, em uma piscina. Considerando que, em um trecho de comprimento 36m, o nadador repetiu esse ciclo de braçadas e manteve o ritmo de seu nado constante, o número de braçadas completas dadas por ele foi em torno de

a) 20.
b) 35.
c) 15.
d) 30.
e) 25.

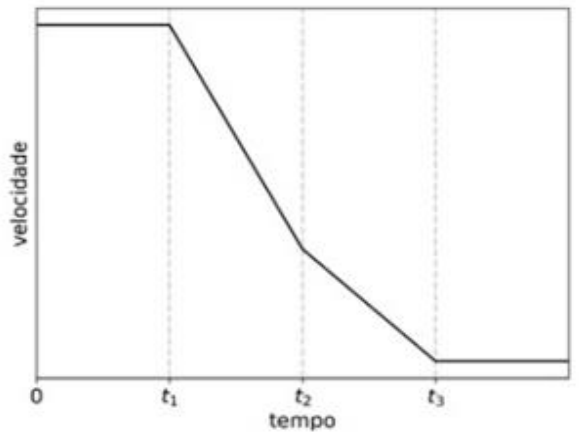


7. (**Unicamp/2020)** A volta da França é uma das maiores competições do ciclismo mundial. Num treino, um ciclista entra num circuito reto e horizontal (movimento em uma dimensão) com velocidade constante e positiva. No instante t_1, ele acelera sua bicicleta com uma aceleração constante e positiva até o instante t_2. Entre t_2 e t_3, ele varia sua velocidade com uma aceleração também constante, porém negativa. Ao final do percurso, a partir do instante t_3, ele se mantém em movimento retilíneo uniforme. De acordo com essas informações, o gráfico que melhor descreve a velocidade do atleta em função do tempo é

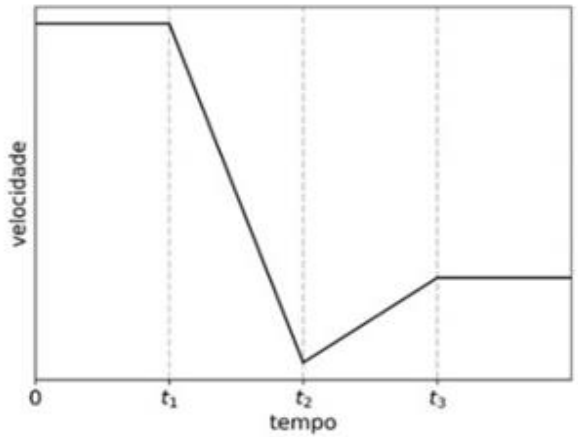
a)



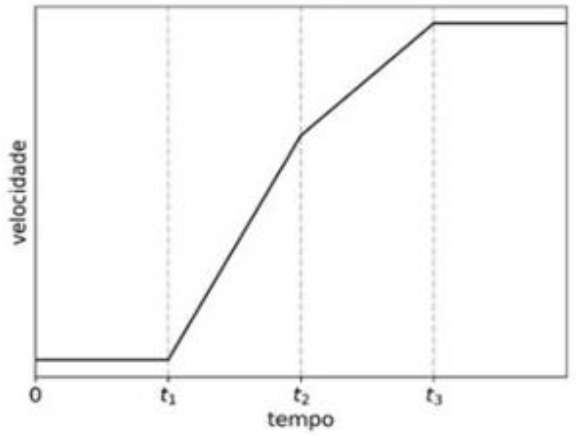
c)



b)



d)



8. (**UFJF - PISM/2019)** Automóveis cada vez mais potentes estão sempre sendo apresentados na mídia, de modo a atrair compradores. O desempenho de um novo modelo é registrado no gráfico abaixo:

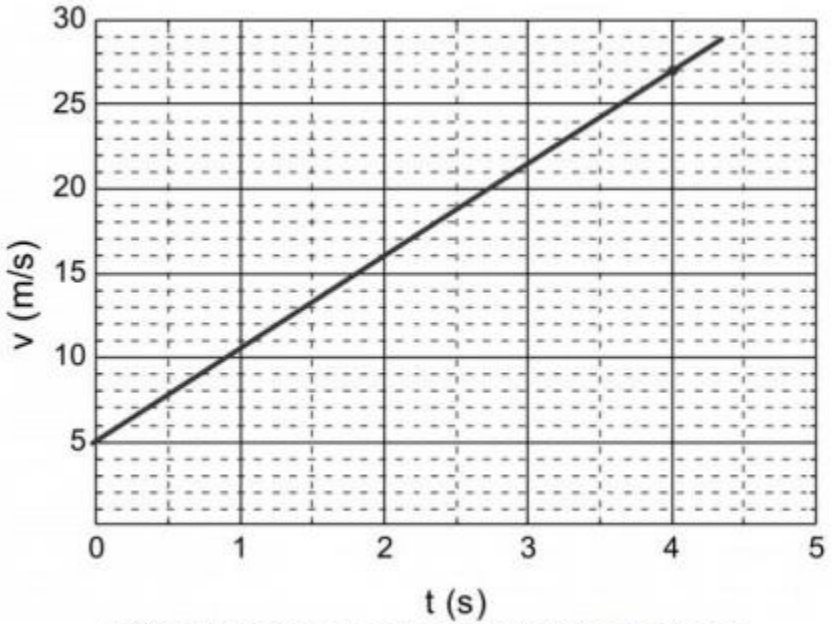


Gráfico da variação da velocidade do carro em função do tempo

Se esse automóvel continuar se deslocando com a mesma aceleração dos 4 primeiros segundos de contagem do tempo, ele atingirá, aos 10 segundos, uma velocidade de:

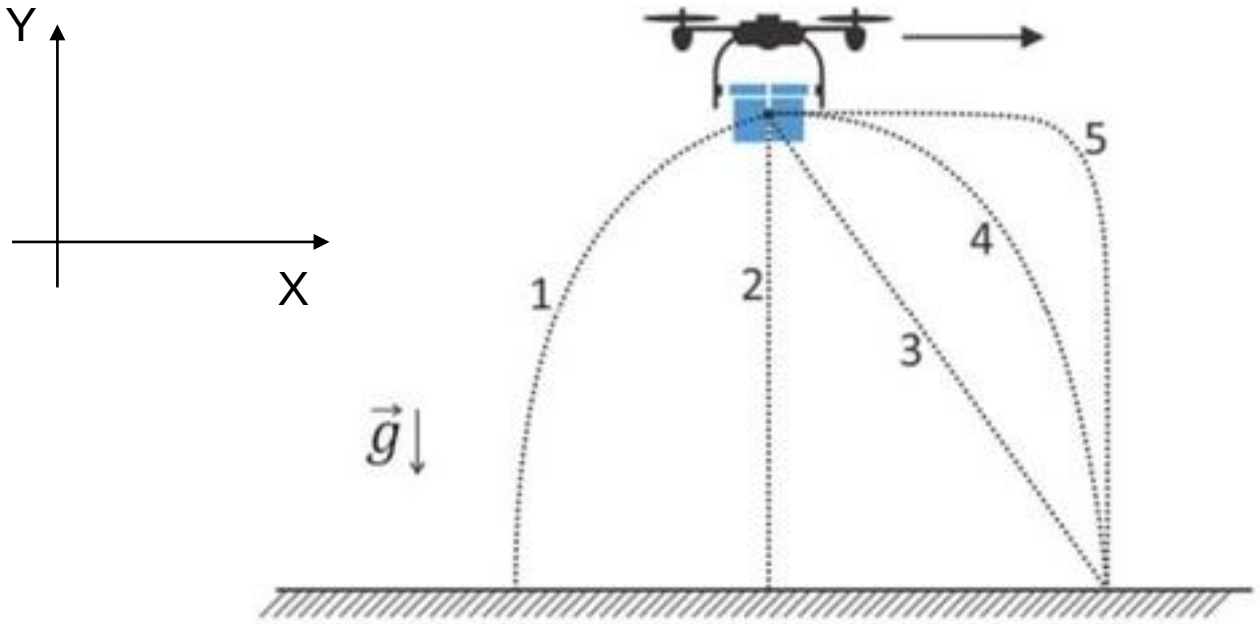
a) 108 km/h
b) 198 km/h
c) 216 km/h
d) 230 km/h
e) 243 km/h

Desafio com justificativa

Dica: separe em dois movimentos, uniformemente variado na vertical (Y), e uniforme, na horizontal (X). Depois, isole o tempo na expressão do movimento uniforme e o substitua na expressão do MUV para encontrar a expressão da trajetória do movimento do pacote de livros.

(**FUVEST/2020)** Um drone voando na horizontal, em relação ao solo (como indicado pelo sentido da seta na figura), deixa cair um pacote de livros. A melhor descrição da trajetória realizada pelo pacote de livros, segundo um observador em repouso no solo, é dada pelo percurso descrito na

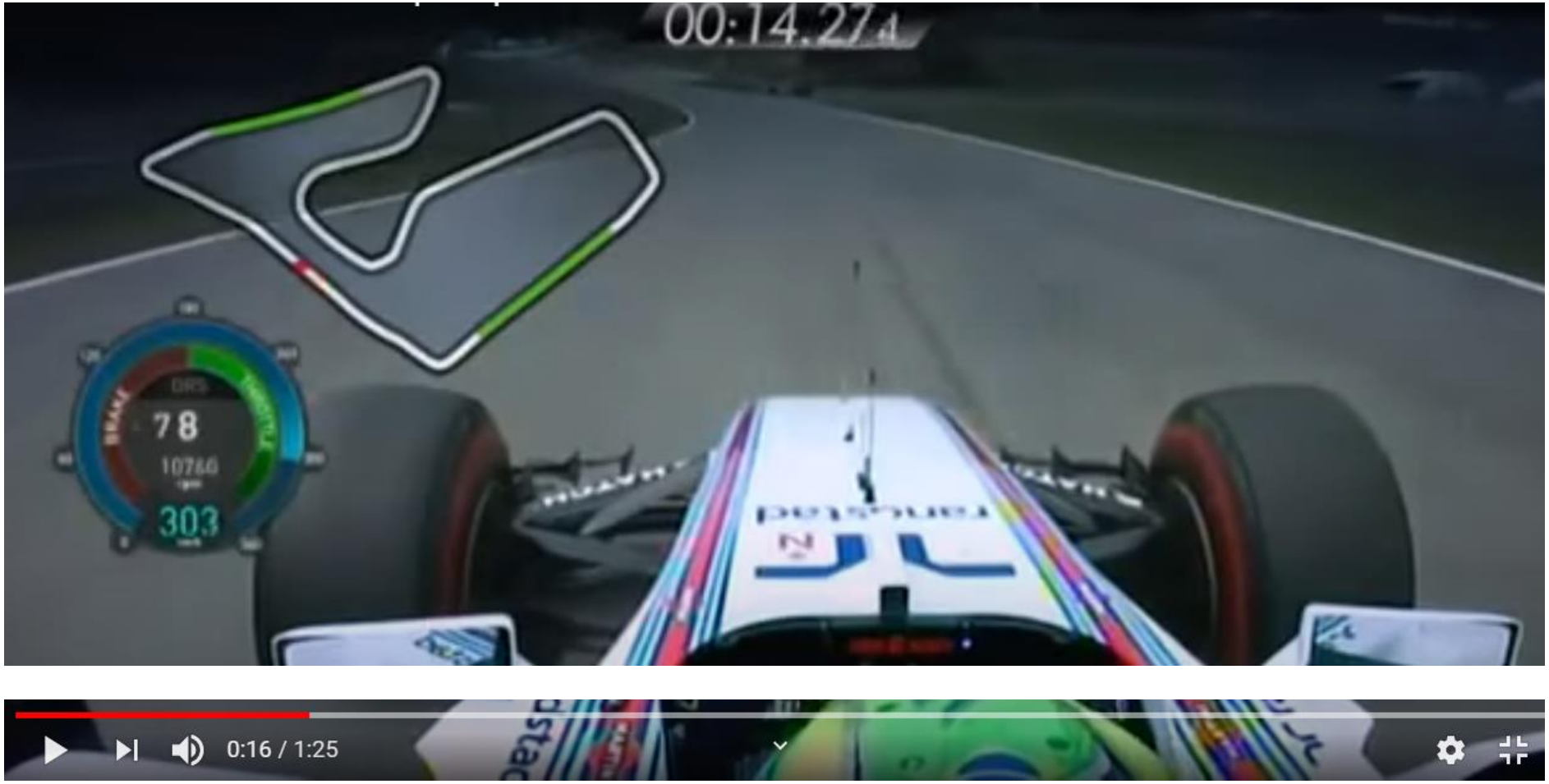
a) trajetória 1. b) trajetória 2. c) trajetória 3. d) trajetória 4. e) trajetória 5.



Atividade sobre Cinemática

Vídeo da *pole position* de Felipe Massa (Williams–Mercedes *FW36*), no Grande Prêmio da Áustria de F1, ano 2014

Em 2024, ***1m04s314***.

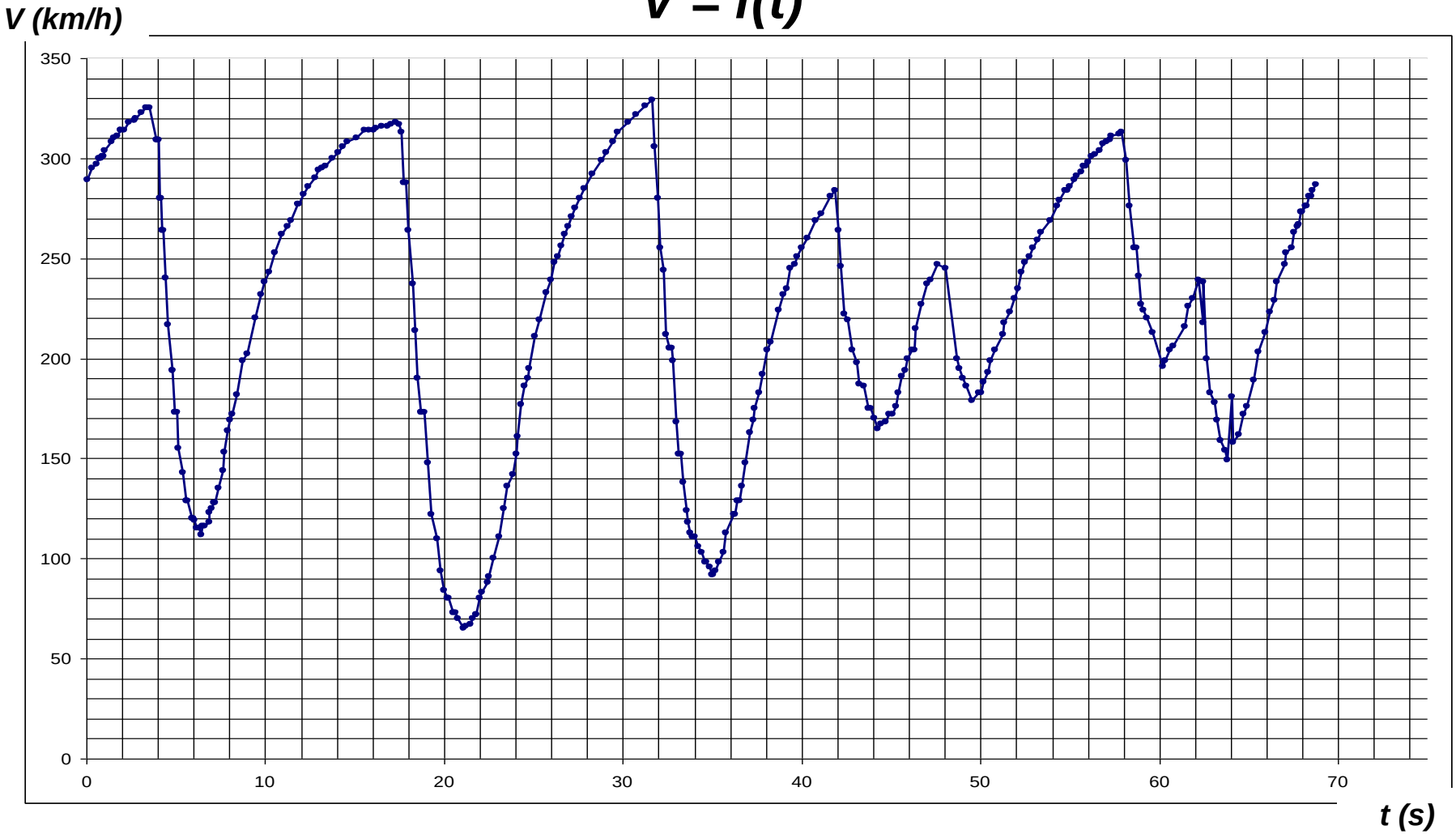


https://www.youtube.com/watch?v=wWo2s8M9c00

Atividade sobre Cinemática

Dados coletados da *pole position* de Felipe Massa (Williams–Mercedes *FW36*)
Grande Prêmio da Áustria de F1, ano 2014

V = f(t)



Questões:

1) Com os dados coletados do vídeo, desenhe, no Excel, o gráfico de velocidade instantânea em função do instante, ***V = f(t).*** Com base no gráfico, descreva, resumidamente, as reações/decisões do piloto em uma volta completa. Associe a cada trecho (1-2, 2-3... e 9-1) marcado na imagem do circuito, fornecida abaixo, a sua correspondente região do gráfico.

2) Em qual intervalo de tempo a velocidade do carro atinge seu maior valor? Estime esse valor e diga se ele é instantâneo ou médio, e se é escalar ou vetorial.

3) Analisando apenas os trechos 9-1 e 1-2, estime o intervalo de tempo que o piloto gastou para percorrer cada um deles.

4) Desenhe, no Excel, o gráfico da aceleração média em função do instante, $\boldsymbol{a_m = f(t)}$.

5) Analisando o gráfico, mostre em quais trechos do circuito ocorrem as maiores acelerações, ***em módulo***. Estime este valor, em ***(km/h)/s***, usando a definição de aceleração média ***escalar***. Compare este valor com o limite médio para aceleração que causa tonturas, desmaios e desorientação em humanos (***49 m/s²***).

$$a_m = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$$

6) Usando o resultado do item 4 e sabendo que a massa ***M*** do carro + piloto vale ***691 kg***, estime o valor da maior resultante de forças que atua sobre o conjunto, em ***newton*** (N).

7) Usando as informações do gráfico, como poderia ser determinado o comprimento do circuito? (valor declarado: L = ***4.326m***). Faça uma estimativa deste comprimento, usando apenas uma linha paralela ao eixo dos tempos. Compare-o com o valor declarado e responda se esta ***aproximação*** satisfaz as expectativas. Como poderíamos melhorar essa aproximação?

8) Usando a definição de velocidade média, estime o valor da velocidade ***média escalar***, em ***km/h***, da volta completa.

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i}$$

9) Usando a definição de velocidade média, estime o valor da velocidade ***média vetorial***, em ***km/h***, da volta completa.

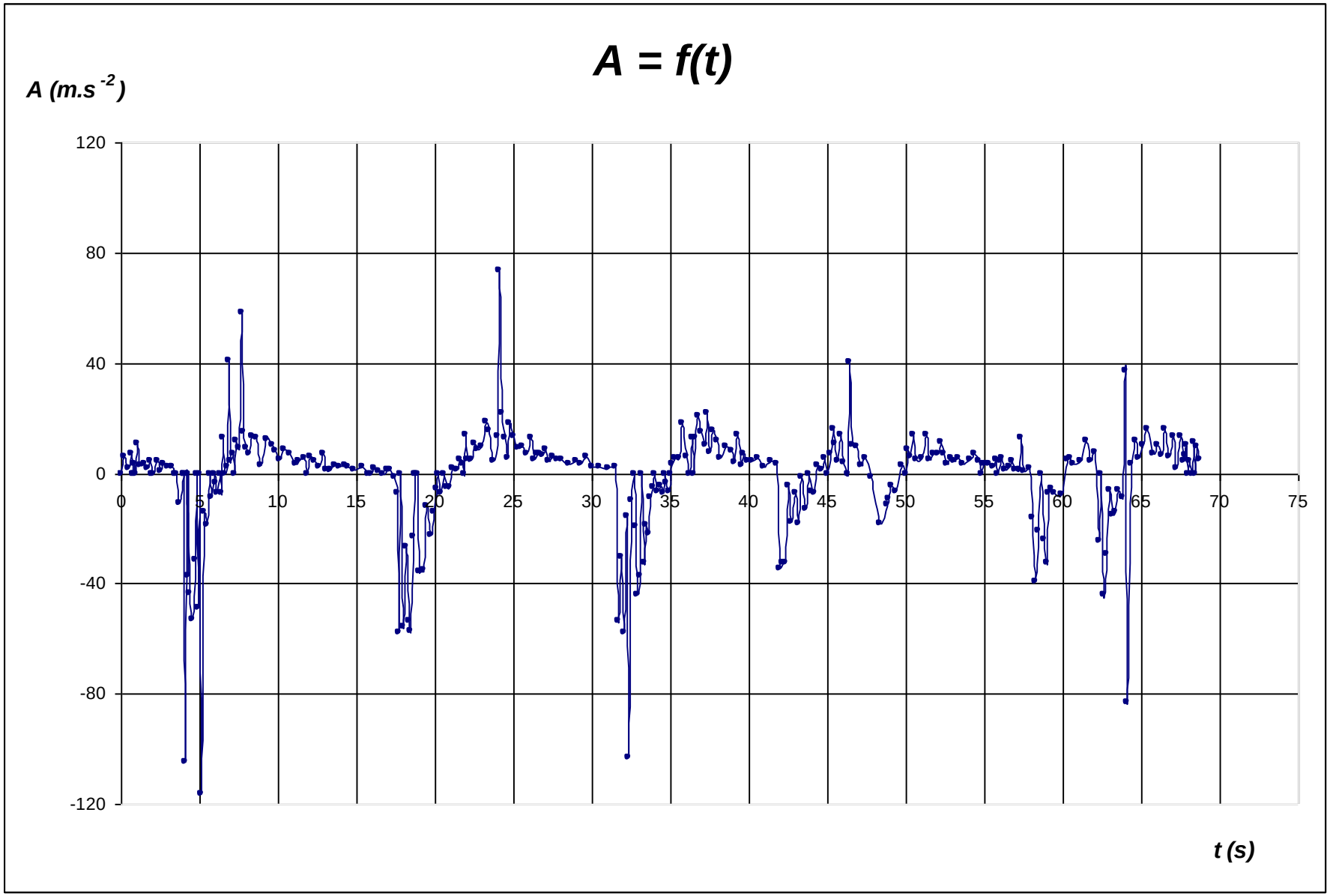
$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} = \frac{\vec{S}_f - \vec{S}_i}{t_f - t_i}$$

10) Estime o valor da ***Rapidez*** (***Speed***) da volta completa, em ***km/h***.

$$R = \frac{L}{\Delta t}$$

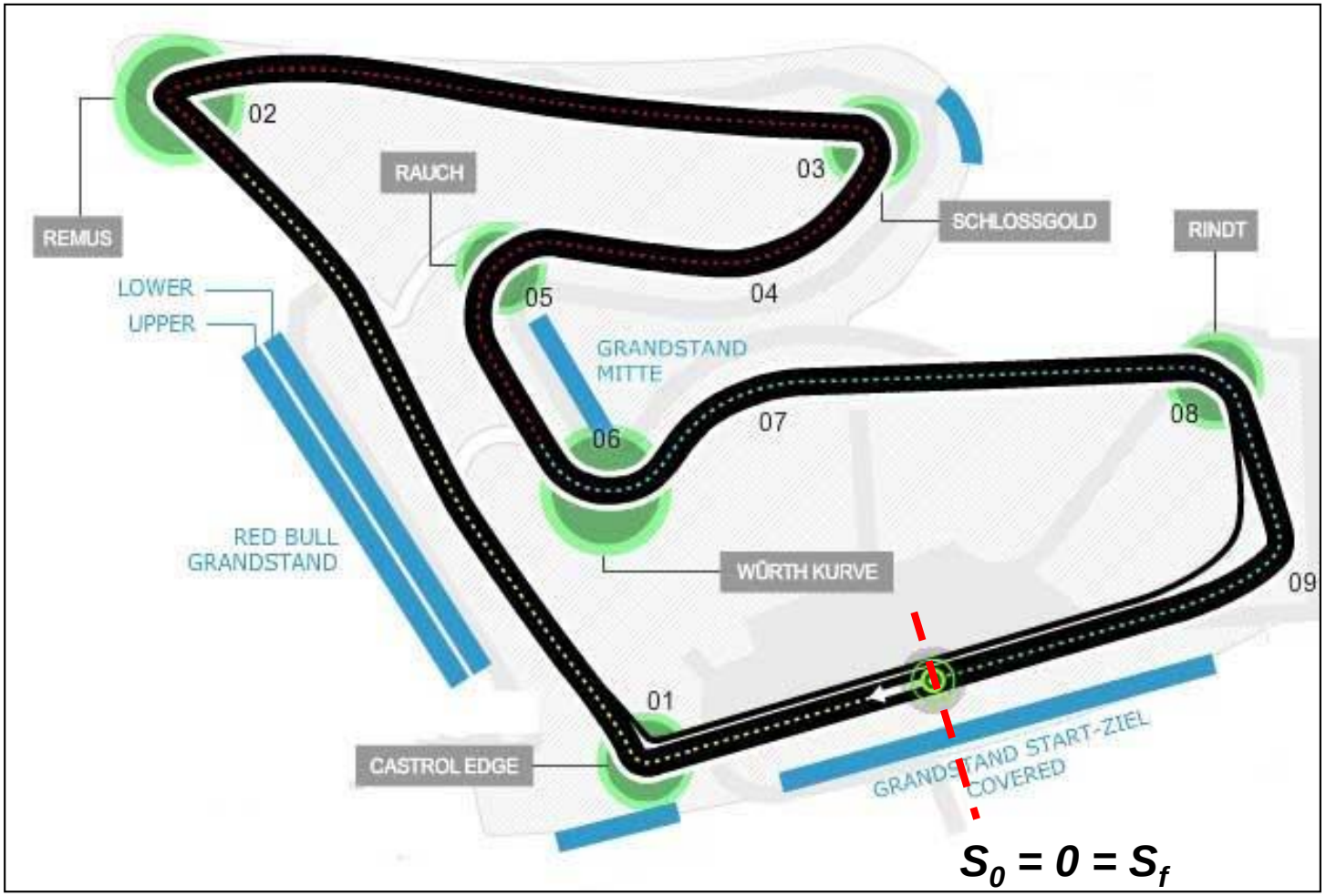
https://www.youtube.com/watch?v=wWo2s8M9c00

Gráfico da aceleração (***A***) em função do tempo (***t***)



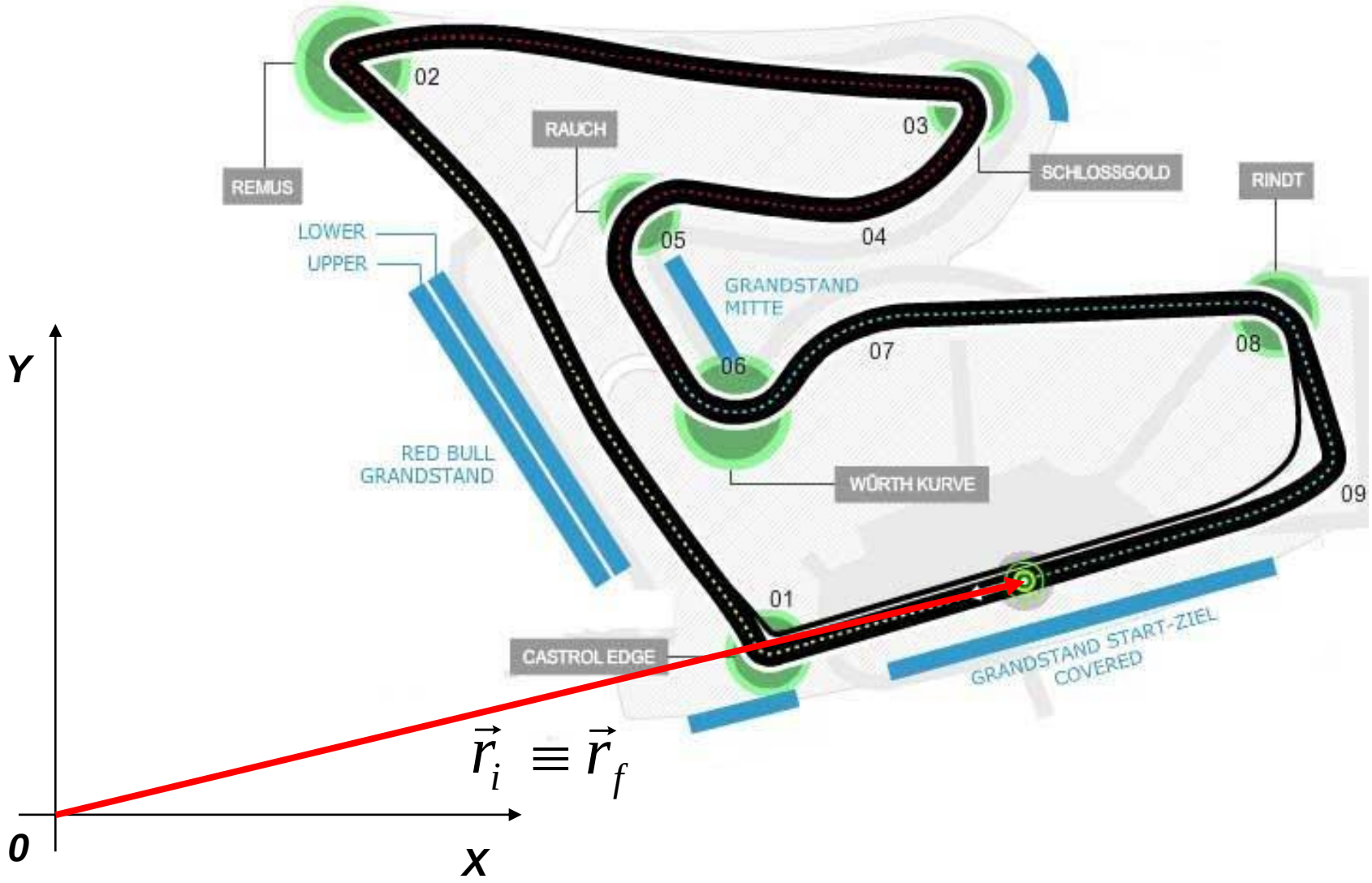
- Velocidade ***<u>média</u>*** ***<u>escalar</u>***

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} \rightarrow v_m = 0$$



- Velocidade ***média vetorial***

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} = \frac{\vec{S}_f - \vec{S}_i}{t_f - t_i} \rightarrow \vec{v}_m = \vec{0}$$



https://www.youtube.com/spacex

Referências Sitiográficas

- http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/04/cursos-do-blog-mecanica_22.html
- https://www.vestibulandoweb.com.br/educacao/fisica/questoes-cinematica-graficos/