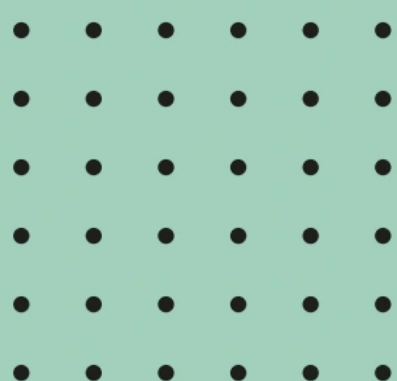


JÁ SEI COLISÕES



o teu • de partida



Com.s⁺go⁺
ipvc





FICHA TÉCNICA:

Título do ebook: **Já Sei Colisões.**

Autores: Paulo Caldas, Gonçalo Vaz

Editores ebook: Isabel Araújo (coordenadora), Elisabete Cunha

Edição ebook: Unidade de Ensino Digital e a Distância do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (UE2D-IPVC)

Capa: Tânia Araújo (UE2D-IPVC)

Paginação: Tânia Araújo (UE2D-IPVC)

Edição ebook: 2024

ISBN e-book: 978-989-9141-26-1

DOI: 10.57910/ipvc-ese-pwm7-v087



PREFÁCIO

No âmbito da promoção do sucesso académico e combate ao abandono escolar, surge o projeto Com.Sigo, com o objetivo estimular o desenvolvimento de mecanismos de apoio à integração académica dos novos estudantes e à promoção do seu sucesso. Foram identificadas diversas debilidades que podem ser colmatadas através do projeto Com.Sigo. Neste contexto, foi desenvolvida uma coletânea de e-books, designado “Com.Sigo Já sei ...”, nos quais podes aceder a alguma informação através de vídeos da Khan Academy.

Diversos temas básicos de Física são indispensáveis para a obtenção de sucesso nas unidades curriculares desta área no ensino superior. Tendo em consideração todos aqueles que, por qualquer motivo, não tenham presente alguns desses temas, desenvolveram-se vários e-books, relativos a diferentes temáticas. Assim, este e-book visa nivelar os conhecimentos básicos, que constituem pré-requisitos das unidades curriculares de Física ministradas no ensino superior.

Com.Sigo **Já Sei Colisões** destina-se a todos aqueles que pretendem recordar ou mesmo estudar alguns conceitos de Física.

Será, certamente, um bom auxiliar de estudo!

Quem o utilizar, vai rever muito do que é essencial da temática **Colisões** e será uma oportunidade para melhor assimilar esta temática.

Ao longo do livro existem alguns vídeos para uma melhor compreensão dos conteúdos.

Aproveita!

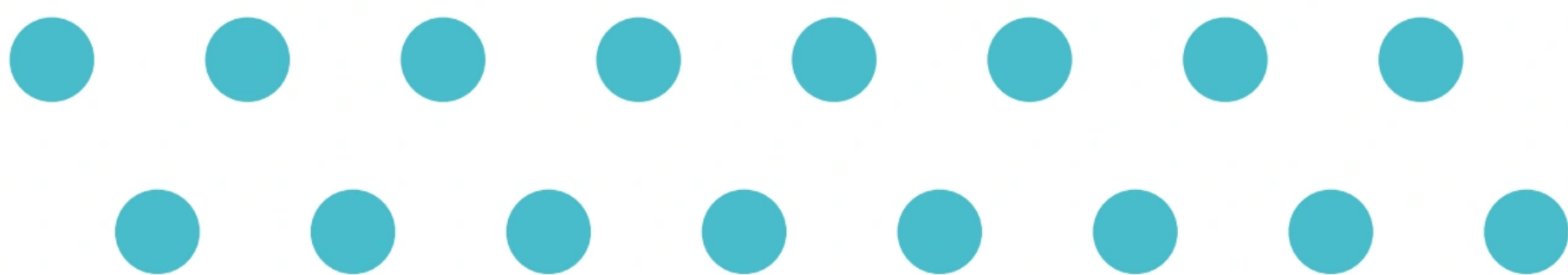
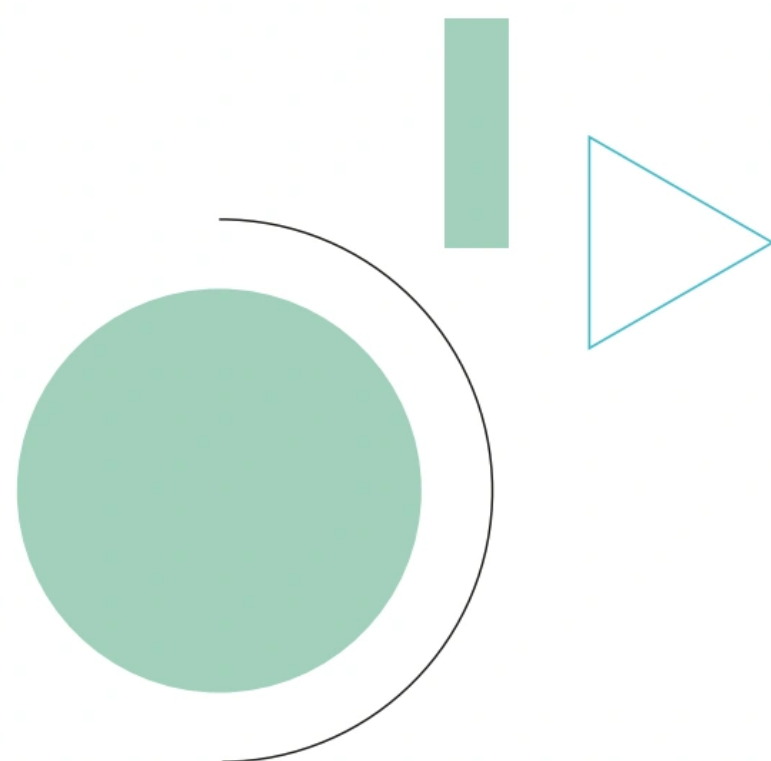
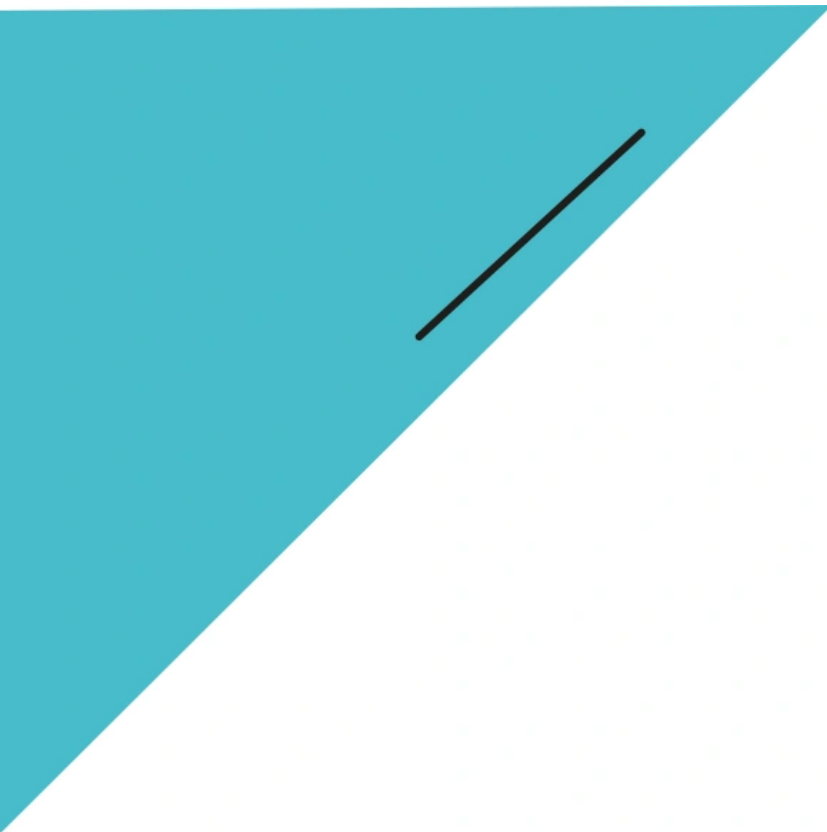
Não avances se não perceberes.

Não te esqueças que é indispensável exercitar.

Segue rumo ao sucesso!

Isabel Araújo





COLISÕES

• Introdução	6
• Centro de Massa	7
• Movimento de Centro de Massa de um Sistema	9
• Movimento Linear	11
• Conservação do momento linear	13
• Colisões (Choques)	16
• Exercícios	22



Introdução

Nas situações anteriormente estudadas, os sistemas em estudo eram constituídos por uma partícula. A partir deste momento vamos estudar o caso em que temos várias partículas e queremos estudar o seu movimento.

Em primeiro lugar vamos identificar quais as forças que estão envolvidas num sistema de partículas. São dois os tipos de forças envolvidas:

- Forças internas, $\vec{f}_i$: são forças que se exercem entre as partículas do sistema e cuja causa física existe no próprio sistema, isto é, as forças atuam numa dada partícula devido à sua interação com todas as outras partículas.

- Forças externas, $\vec{f}_e$, são forças cuja causa física não pertence ao sistema, isto é, cuja causa física é externa ao sistema.



Centro de Massa

Considere a figura seguinte onde estão representadas várias partículas com massas diferentes que possuem velocidade que varia em intensidade e direção. Este conjunto de partículas formam um sistema de partículas e em que cada partícula é localizada por um vetor posição no referencial escolhido. Analisar o movimento deste sistema de partículas é complexo, pois seria necessário analisar o movimento de cada uma das partículas que constituem este sistema. Para facilitar a análise deste tipo de sistema usa-se o conceito de centro de massa.

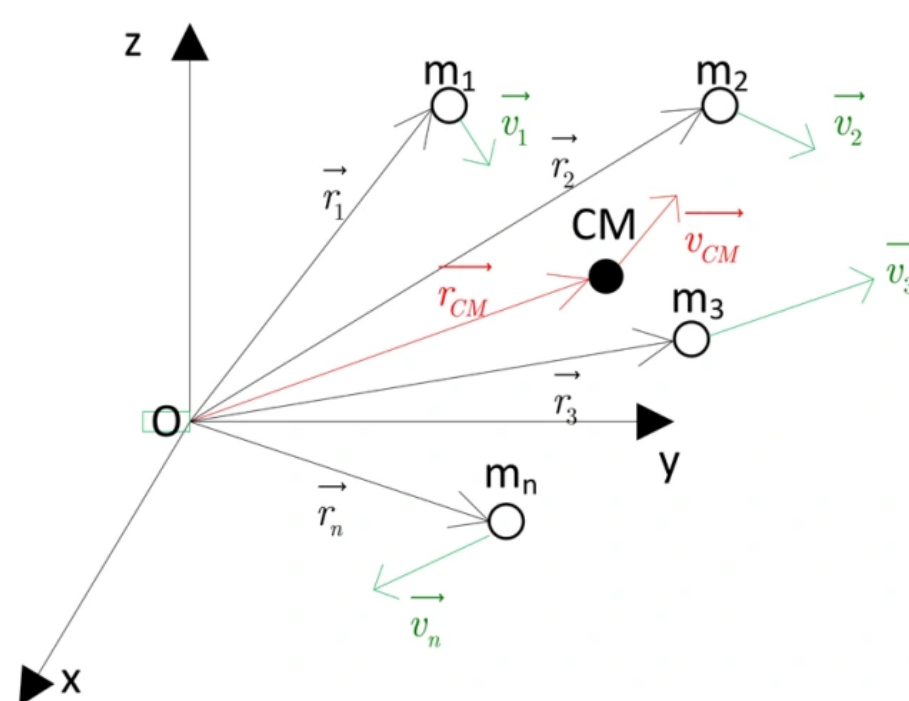


Figura 1 – Centro de Massa.

O centro de massa é um ponto que se move como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nele. Assim, o movimento de um corpo qualquer extenso ou sistema de partículas que pode ser escrito em termos do movimento do centro massa. Matematicamente, define-se centro de massa ou baricentro de um sistema de partículas como o ponto cujo vetor posição em origem do referencial de inércia é dado por:

$$\overset{ur}{R}_{CM} = \frac{\overset{\circ}{a} \sum_k m_k \overset{ur}{r}_k}{\overset{\circ}{a} \sum_k m_k} = \frac{\overset{\circ}{a} \sum_k m_k \overset{ur}{r}_k}{M} \quad (1)$$

Onde $M = \sum_k m_k$. A posição do centro de massa depende somente das massas das partículas e das suas posições relativas, sendo independente do referencial que se usa para estudar o movimento do sistema. O centro de massa não precisa coincidir com o centro geométrico ou o centro de gravidade (ou

De uma maneira geral não podemos esquecer que

$$\vec{R}_{CM} = X_{CM}\hat{i} + Y_{CM}\hat{j} + Z_{CM}\hat{k}, \text{ o que implica:}$$

$$X_{CM} = \frac{\sum_k m_k x_k}{M} \quad (2)$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum_k m_k y_k}{M}$$

$$Z_{CM} = \frac{\sum_k m_k z_k}{M}$$

As fórmulas anteriores são válidas para o caso de um sistema constituído por objetos pontuais. No caso de figuras planas, o centro de massa é calculado pelas seguintes expressões:

$$X_{CM} = \frac{\sum_k A_k x_k}{\sum_k A_k} \quad (3)$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum_k A_k y_k}{\sum_k A_k}$$



Movimento do Centro de Massa de um Sistema

Como já foi referido, a análise do movimento de partículas ou de um corpo extenso é complexo. Para facilitar este estudo vamos usar o conceito de centro de massa para descrever o movimento.

A velocidade do centro de massa é dada pela derivada ao tempo do vetor posição dada por:

$$\mathbf{v}_{CM} = \frac{d\mathbf{R}_{CM}}{dt} = \frac{1}{M} \sum_k \dot{\mathbf{a}}_k m_k \frac{d\mathbf{r}_k}{dt} = \frac{\sum_k \dot{\mathbf{a}}_k m_k \mathbf{v}_k}{\sum_k \dot{\mathbf{a}}_k m_k} \quad (4)$$

Por sua vez, se derivarmos o vetor velocidade em ordem ao tempo (ou derivarmos o vetor posição duas em ordem ao tempo) obtemos a aceleração do centro de massa.

$$\mathbf{A}_{CM} = \frac{d\mathbf{v}_{CM}}{dt} = \frac{1}{M} \sum_k \ddot{\mathbf{a}}_k m_k \frac{d\mathbf{v}_k}{dt} = \frac{\sum_k \ddot{\mathbf{a}}_k m_k \mathbf{a}_k}{\sum_k \ddot{\mathbf{a}}_k m_k} \quad (5)$$

De acordo com a segunda lei de Newton, a massa de uma partícula multiplicada pela aceleração é igual à força resultante que age sobre a partícula. Assim, pode-se substituir cada parcela $m_k \mathbf{a}_k$ por $\mathbf{F}_k$. As forças que atuam sobre a partícula podem ser separadas em duas categorias: forças internas (interação entre as partículas) e forças externas. Ou seja,

$$\mathbf{F}_k = m_k \mathbf{a}_k = \mathbf{F}_{k,int} + \mathbf{F}_{k,ext} \quad (6)$$

O que implica que a equação (5) pode ser escrita da seguinte forma:

$$M\dot{\mathbf{A}}_{CM} = \sum_k \dot{\mathbf{a}} \mathbf{F}_{k,int} + \sum_k \dot{\mathbf{a}} \mathbf{F}_{k,ext} \quad (7)$$

Pela 3ª lei de Newton, as forças internas atuam em pares, iguais em módulo, o que implica que as forças internas se cancelam, ficando somente as forças externas. Assim, a equação (7) fica:

$$\mathbf{F}_{ext} = \sum_k \dot{\mathbf{a}} \mathbf{F}_{k,ext} = M\dot{\mathbf{A}}_{CM} \quad (7)$$

Esta equação leva ao teorema do movimento do centro de massa:

“O centro de massa de um sistema de partículas move-se como se toda a massa estivesse aí concentrada e a resultante das forças exteriores aí aplicada.”

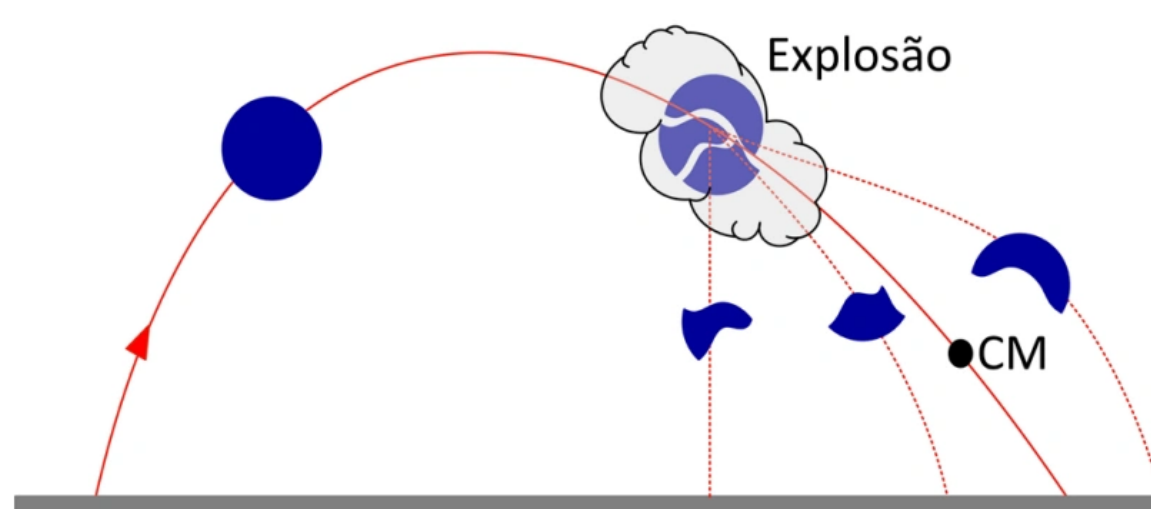


Figura 2 – Movimento do Centro de Massa.

Na figura anterior está representado um projétil que explode no ar e divide-se em vários fragmentos. A única força externa que atua no projétil é a força da gravidade. O projétil irá descrever, como estudado anteriormente no lançamento de projéteis, uma trajetória parabólica. Assim, o centro de massa do projétil terá igualmente uma trajetória parabólica. Ao explodir, no projétil além da força externa passamos a ter forças internas. No entanto, como verificamos anteriormente, estas forças não irão afetar o movimento do centro de massa. Assim, após a explosão, o centro de massa dos fragmentos irá seguir a mesma trajetória que o projétil teria seguido, se não houvesse uma explosão.



Momento Linear

A 2ª lei de Newton diz que todo corpo em repouso precisa de uma força para se movimentar e todo corpo em movimento precisa de uma força para parar. O corpo adquire a velocidade e sentido de acordo com a força aplicada. Ou seja, quanto mais intensa for a força resultante, maior será a aceleração adquirida pelo corpo. A relação entre a causa (força resultante) e o efeito (aceleração) constitui o objetivo principal da Segunda Lei de Newton, cujo enunciado pode ser simplificado assim:

“A resultante das forças que agem num corpo é igual à taxa de variação do momento linear (quantidade de movimento) do mesmo em relação ao tempo.”

Matematicamente, a 2ª lei de Newton pode ser escrita da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \\ \vec{F} &= \frac{d\vec{p}}{dt} \end{aligned} \quad (8)$$

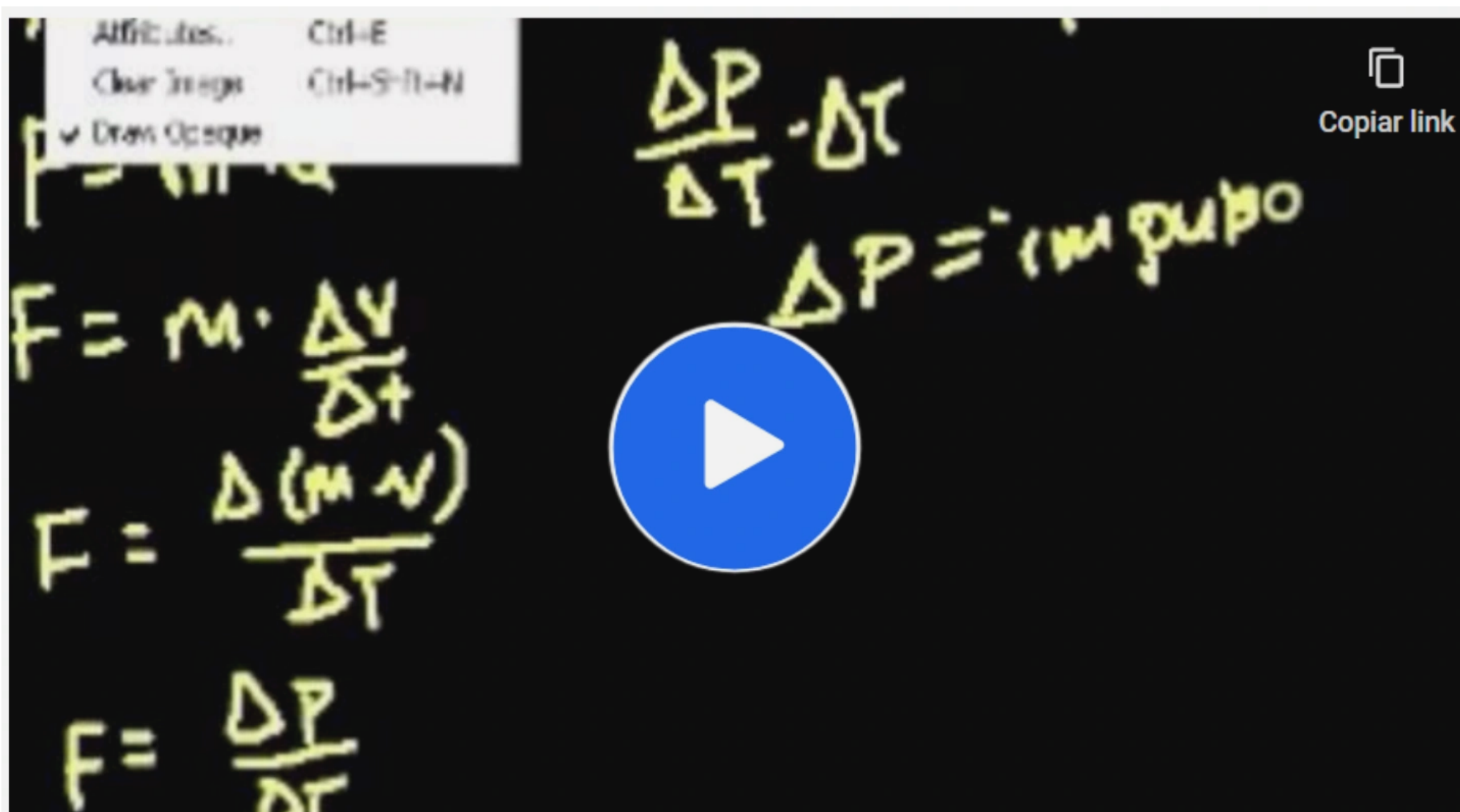
Em Física, o momento linear é uma grandeza que descreve o movimento de um objeto que depende da massa e da velocidade. Matematicamente, este é representado pela equação:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (9)$$

Sendo o momento uma grandeza vetorial com a direção do vetor velocidade. As unidades SI do momento linear são kgm/s . Se uma partícula se mover numa direção qualquer, o vetor momento linear terá três componentes dadas por:

$$\begin{cases} p_x = mv_x \\ p_y = mv_y \\ p_z = mv_z \end{cases} \quad (10)$$

[Khan Academy – Introdução ao momento:](#)



Conservação do Momento Linear

Como já foi referido anteriormente, o momento linear, $\vec{p}$, é dado por:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (11)$$

E verificamos igualmente que a 2ª lei de newton pode ser obtida a partir do momento, derivando em ordem ao tempo, ficando:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\vec{a} \text{ e } \vec{F}_{res} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (12)$$

O resultado dado pela equação (12) é muito importante, pois se não existir nenhuma força externa que atue o momento linear conserva-se, ou seja, permanece constante no decorrer do tempo. Vamos agora estudar um sistema constituído por várias partículas. Como exemplo, vamos considerar que o sistema em estudo é constituído por duas partículas de massa m . Vamos supor que a única força que atua sobre as partículas resulta da interação entre elas. Assim, a única força que atua em cada partícula, pela terceira lei de Newton, será igual em módulo, mas oposta em sentido.

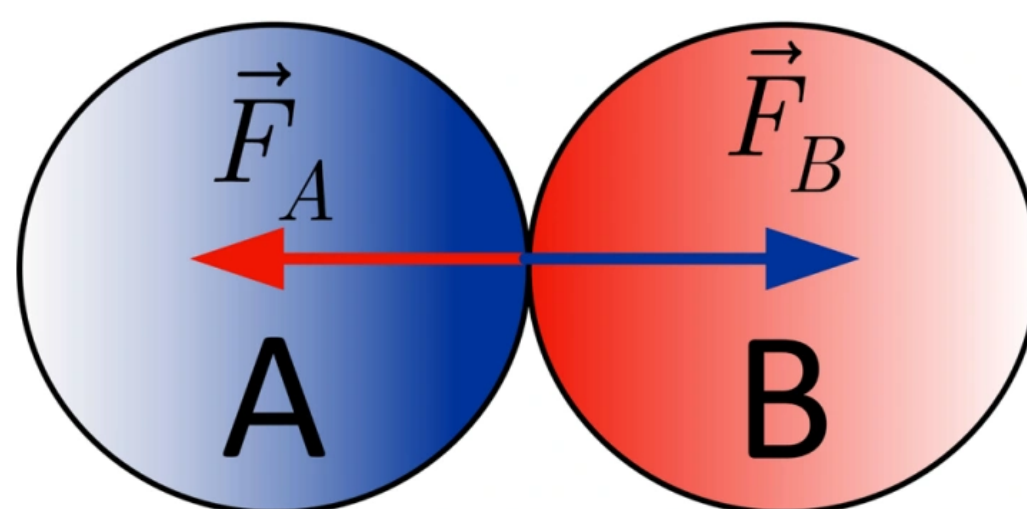


Figura 3 – Exemplo Colisão.

Seja $\vec{F}_A$ a força exercida pela partícula B sobre a partícula A e $\vec{F}_B$ a força exercida pela partícula A sobre a partícula B. Se não existir mais nenhuma força a atuarem sobre o sistema, estas forças serão as únicas responsáveis pela variação do momento linear de cada partícula, ficando:

$$\vec{F}_A = \frac{d\vec{p}_1}{dt} \quad (13)$$

$$\vec{F}_B = \frac{d\vec{p}_2}{dt}$$

Pela 3ª Lei de Newton, $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$, a equação (13) fica:

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} = -\frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad \hat{=} \quad \frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = 0 \quad \hat{=} \quad \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \text{const.} \quad (14)$$

Este resultado implica que o momento linear do sistema, $\vec{p}_{sist}$, é igual à soma dos momentos lineares de cada partícula:

$$\vec{p}_{sist} = \sum_k \vec{p}_k = \sum_k m_k \vec{v}_k \quad (15)$$

Em termos de centro de massa, o momento total do sistema é dado por:

$$\vec{p}_{sist} = M\vec{V}_{CM} = \sum_k m_k \vec{v}_k \quad (16)$$

Derivado em ordem ao tempo, obtém-se:

$$\frac{d\vec{p}_{sist}}{dt} = M\vec{A}_{CM} \quad (17)$$



Obtendo-se a 2ª lei de Newton,

$$\sum_k \vec{F}_{k_{ext}} = \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}_{sist}}{dt} \quad (18)$$

Quando a força externa é nula, a equação (18) fica:

$$\frac{d\vec{p}_{sist}}{dt} = 0 \hat{U} \vec{p}_{sist} = const. \quad (19)$$

Em que $\vec{p}_{sist}$ (16). O resultado de (19) dá a lei da conservação do momento linear, que diz:

Se a força externa resultante que atua no sistema for nula, a velocidade do centro de massa do sistema é constante e o momento total do sistema conserva-se, isto é, permanece constante.

$$\vec{p}_{sist} = const. \hat{U} \vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} \quad (20)$$

Uma das aplicações da conservação do momento linear é a análise de colisões.

Colisões (Choques)

Os princípios de impulso e momento linear, já estudados, são importantes no tratamento dos choques. A figura seguinte representa uma colisão típica onde estão envolvidos os conceitos de impulso e momento linear. Numa colisão o tempo de interação é curto, $\Delta t \ll 0$, e as forças exteriores são pequenas quando comparadas com a força de interação. Isto resulta num impulso que provoca uma alteração no seu movimento. No entanto, como as forças exteriores são praticamente nulas podemos considerar que o momento linear permanece constante.

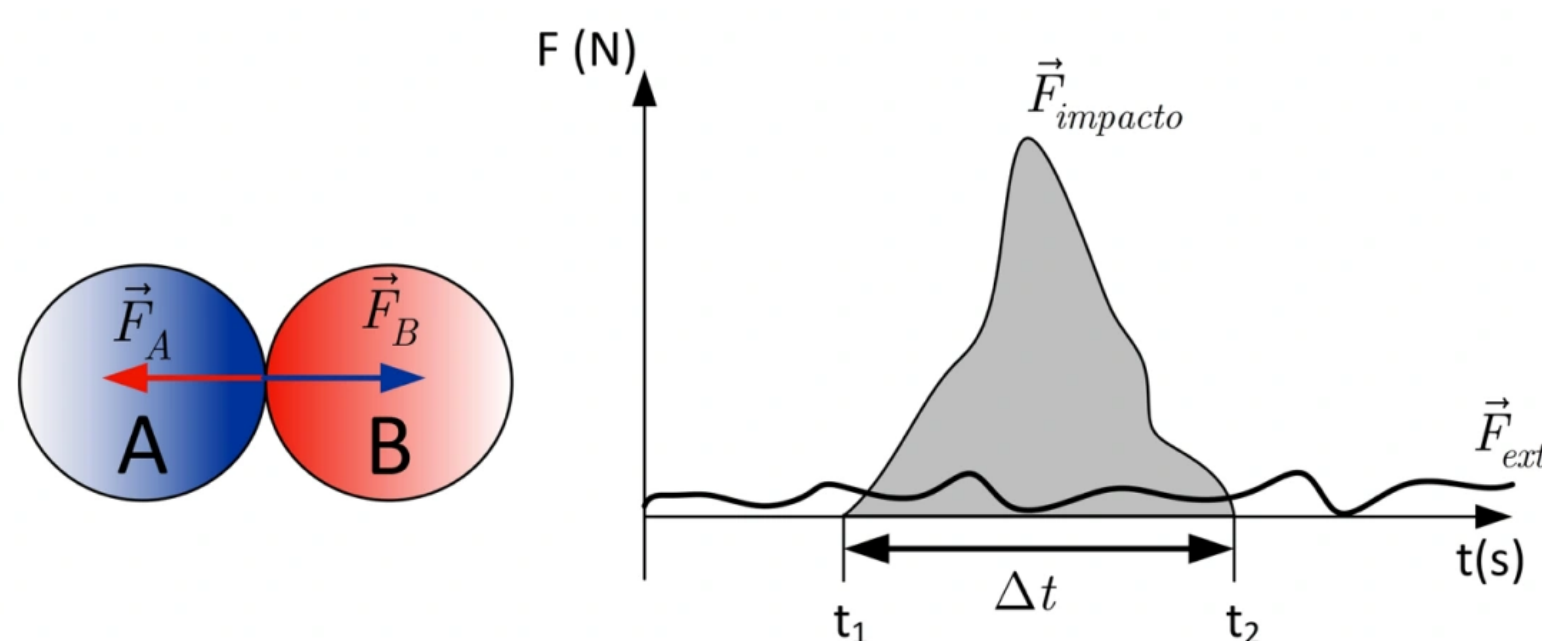


Figura 4 – Colisão.

Como mostra a figura anterior os dois objetos só estão em contacto durante um curto intervalo de tempo, e pela definição da segunda lei de Newton usando a definição de momento linear, obtemos pela 3ª lei de Newton $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$:

$$D\vec{p}_1 = -D\vec{p}_2 \quad \hat{U} \quad \vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} \quad (21)$$

Este resultado é exatamente o que esperávamos, pois não existem forças externas a atuar sobre o sistema. Este resultado também

contínuo válido se considera o movimento um pouco antes e depois da colisão. Uma vez que as forças que atuam no sistema são forças internas, estas não afetam o movimento total do sistema. Assim, podemos concluir que:

“Em qualquer tipo de colisão, o momento linear total do sistema um pouco antes da colisão é igual ao momento linear total do sistema logo após a colisão”

Quando dois objetos macroscópicos colidem, a colisão é geralmente acompanhada por perda de energia cinética. A perda de energia cinética deve-se fundamentalmente à sua conversão em:

- Calor (devido a atritos)
- Deformação permanente dos objetos
- Som

Assim, numa colisão temos sempre conservação do momento linear total do sistema, mas a energia cinética do sistema nem sempre se conserva. Podemos classificar as colisões em três tipos:

1. Colisão elástica: é uma colisão em que se conserva o momento linear e a energia cinética do sistema.

2. Colisão inelástica: uma colisão na qual se conserva o momento linear, mas não a energia cinética do sistema.

3. Colisão perfeitamente inelástica: é uma colisão em que os dois corpos, após a colisão, ficam reunidos de modo que têm a mesma velocidade final. Nesta colisão conserva-se o momento linear, mas não a energia cinética do sistema.

As colisões elásticas e perfeitamente inelásticas são os limites das colisões, sendo que a maioria das colisões tem um carácter intermédio (colisão inelástica). Neste caso a colisão é dividida em dois períodos: um período de deformação e outro de retituição.

(colisão inelástica). Neste caso a colisão é dividida em dois períodos: um período de deformação e outro de retituição.

A relação entre a velocidade relativa das partículas do sistema antes e depois da colisão é dada pelo coeficiente de restituição e mede a capacidade de os corpos recuperarem a forma após uma colisão. O coeficiente de restituição, e , é dado por:

$$e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}} = \frac{\text{Velocidade relativa de separação}}{\text{Velocidade relativa de aproximação}} \quad (22)$$

Com o coeficiente de restituição varia entre 0 e 1, sendo os 3 tipos de colisões classificados da seguinte forma:

- Colisão elástica: $e=1$

$$v_{2f} - v_{1f} = v_{1i} - v_{2i}$$

- Colisão perfeitamente inelástica: $e=0$
Corpos seguem juntos após a colisão

- Colisão inelástica: $0 < e < 1$
Caso geral

COLISÕES A UMA DIMENSÃO

Vamos agora estudar o caso de uma colisão a uma dimensão. Considere-se o exemplo seguinte



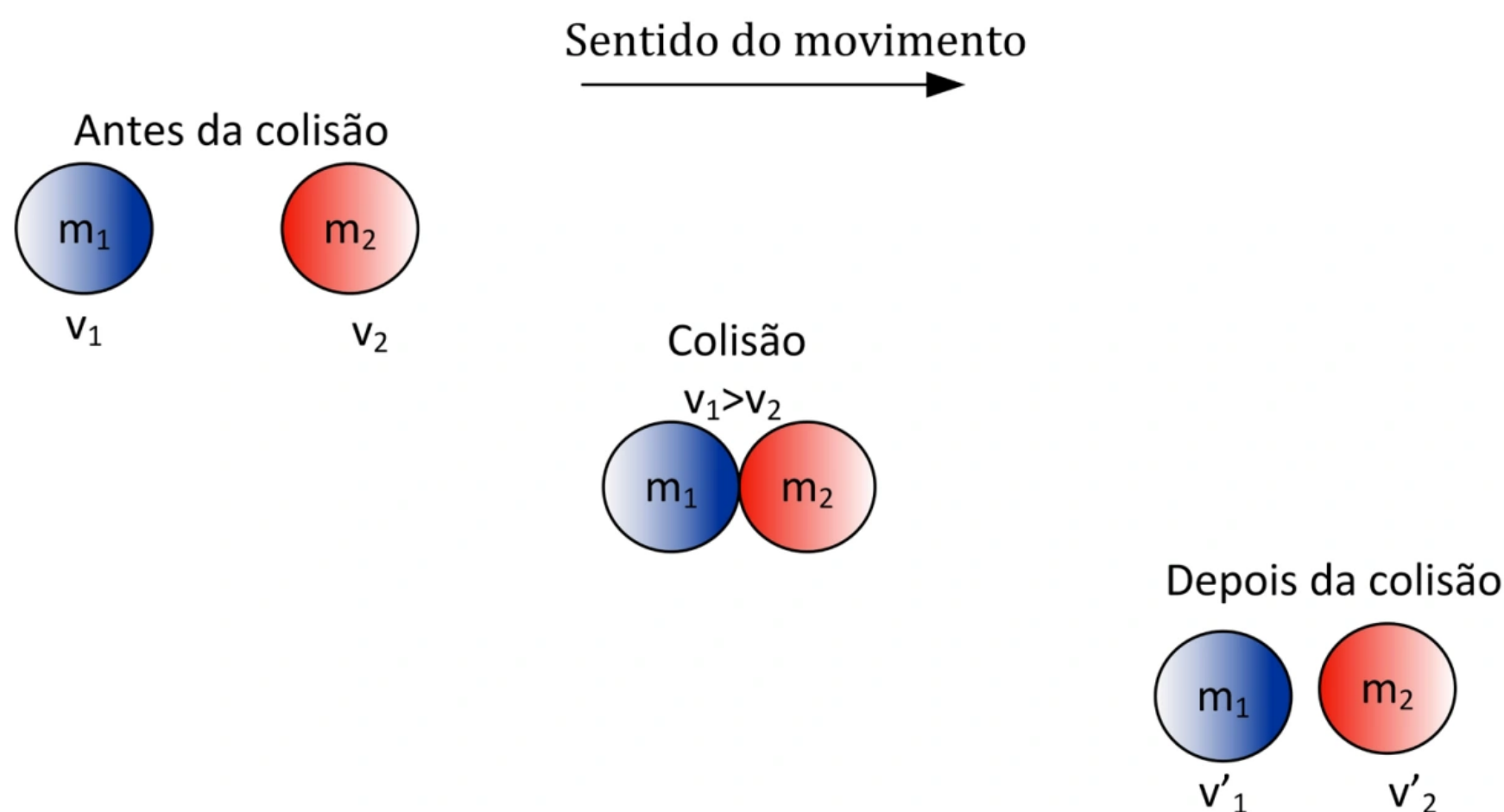


Figura 5 – Colisão a uma dimensão

Na figura estão representados dois objetos que vão colidir com massa m_1 e m_2 e velocidades iniciais v_1 e v_2 e v'_1 e v'_2 representas as velocidades finais. Neste caso o choque ocorre frontalmente e segundo a direção xx . O sentido da velocidade é o mesmo em que $v_1 > v_2$. Não existindo forças exteriores a atuarem no sistema irá existir conservação do momento linear, ou seja:

$$\begin{aligned} p_{1i} + p_{2i} &= p_{1f} + p_{2f} \\ m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} &= m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \end{aligned} \quad (23)$$

No que respeita ao tipo de colisão que resulta da interação dos dois objetos podemos ter:

1. Elástico: Existe conservação do momento linear e conservação da energia total do sistema, $\frac{1}{2}m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1 v_{1f}^2 + m_2 v_{2f}^2$, temos:

$$\begin{cases} m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f} \\ \frac{1}{2}m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1 v_{1f}^2 + m_2 v_{2f}^2 \end{cases} \quad (24)$$

E sabendo as massas dos objetos e as velocidades dos corpos iniciais podemos determinar as velocidades finais:

$$\begin{cases} v_{1f} = \left\{ \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right\} v_{1i} + \left\{ \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right\} v_{2i} \\ v_{2f} = \left\{ \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right\} v_{1i} + \left\{ \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right\} v_{2i} \end{cases} \quad (25)$$

Neste caso determinávamos as velocidades após os choques. No entanto, o uso da equação (24) permite determinar qualquer variável da equação.

2. Totalmente inelástico: neste caso os objetos seguem juntos após a colisão tendo a mesma velocidade final. Neste caso não existe conservação da energia cinética. Pela equação (87) é possível determinar a velocidade final do sistema, dada por:

$$v_f = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{m_2}{m_1 + m_2} v_{2i} \quad (26)$$

CHOQUES A DUAS DIMENSÕES

Quando o choque entre partículas não é frontal, as velocidades antes e depois do choque não são paralelas e não coincidem com a linha de impacto. Um exemplo deste tipo de colisão está na figura seguinte.

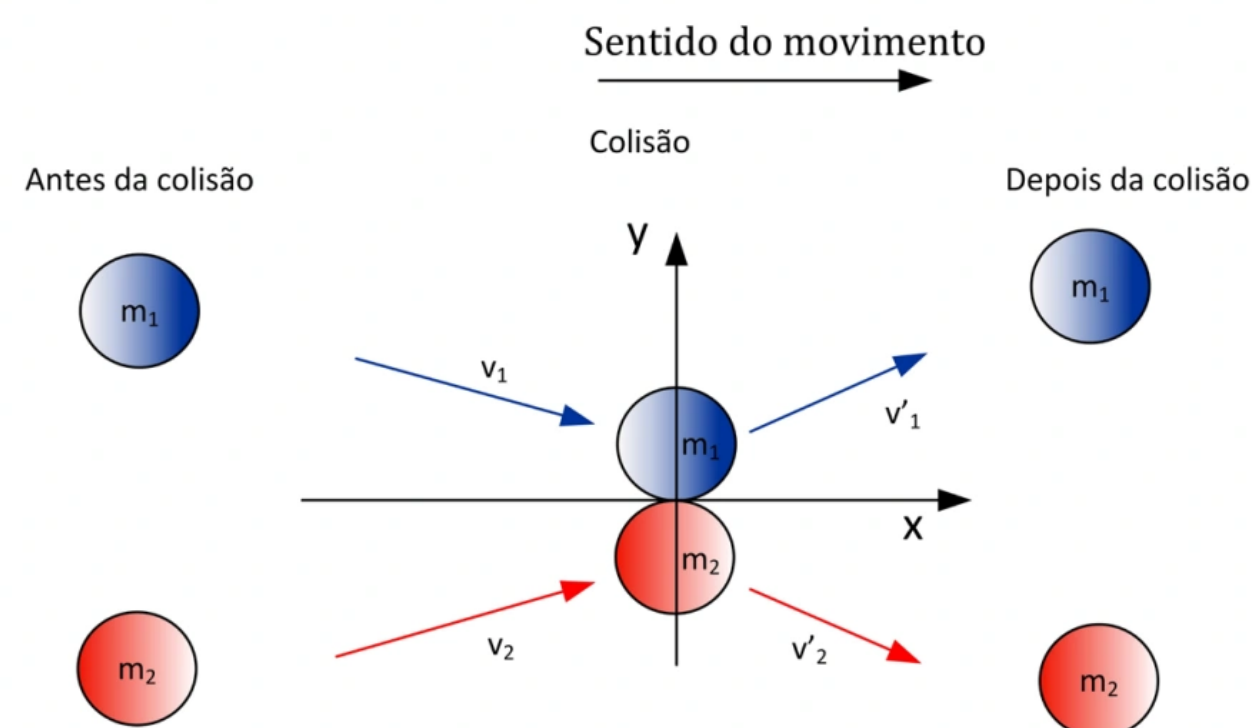


Figura 6 – Colisão a duas dimensões



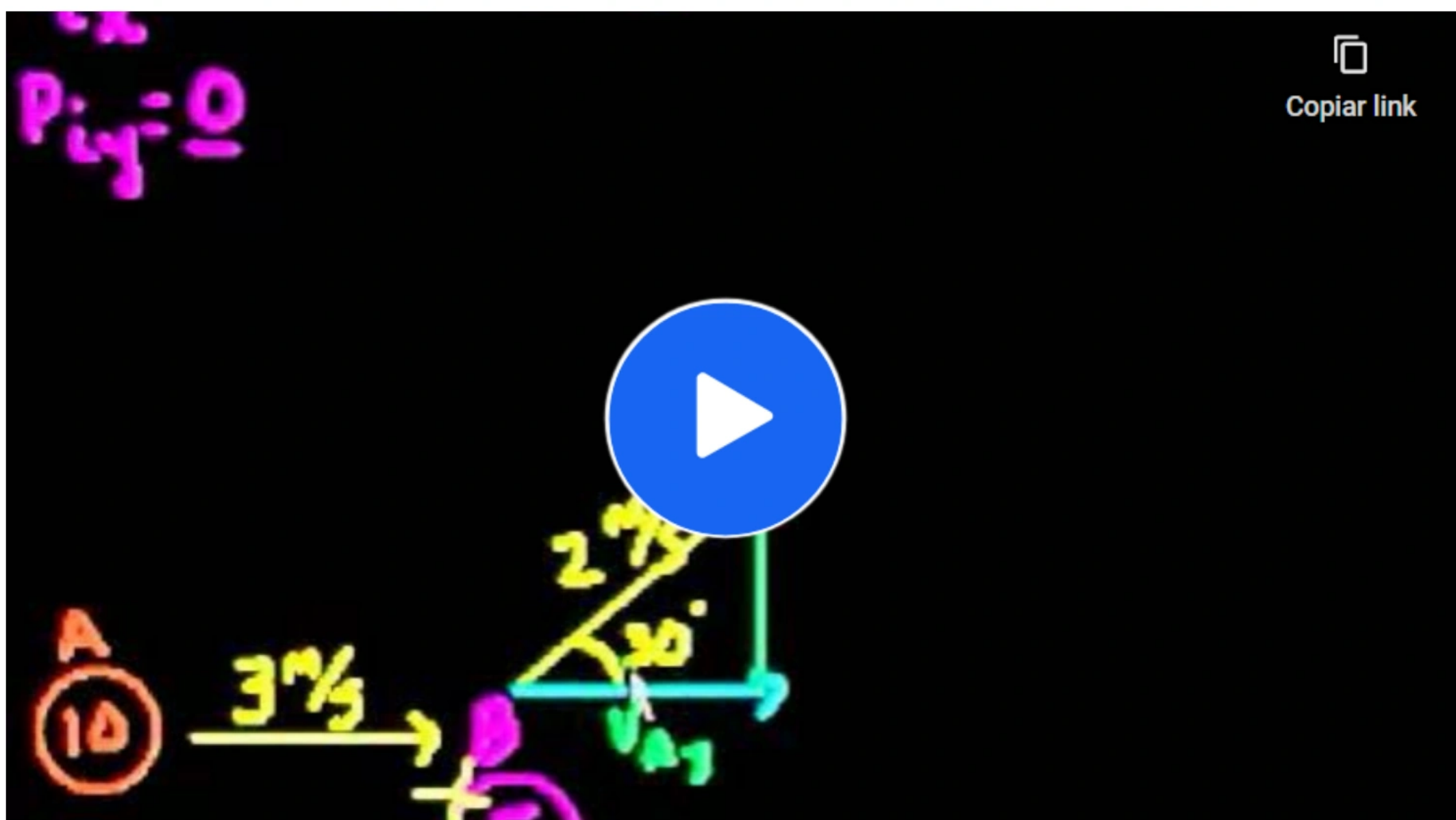
Uma forma de analisar uma colisão a duas dimensões é considerar um sistema de coordenadas cartesianas, considerando cada componente da velocidade, e escrever as equações do momento linear para esse referencial, não esquecendo que o momento linear total do sistema permanece constante, logo o momento linear em qualquer componente permanece constante,

$$p_{xi} = p_{xf}, p_{yi} = p_{yf}, p_{zi} = p_{zf}$$

Assim, e considerando a figura anterior teríamos:
:

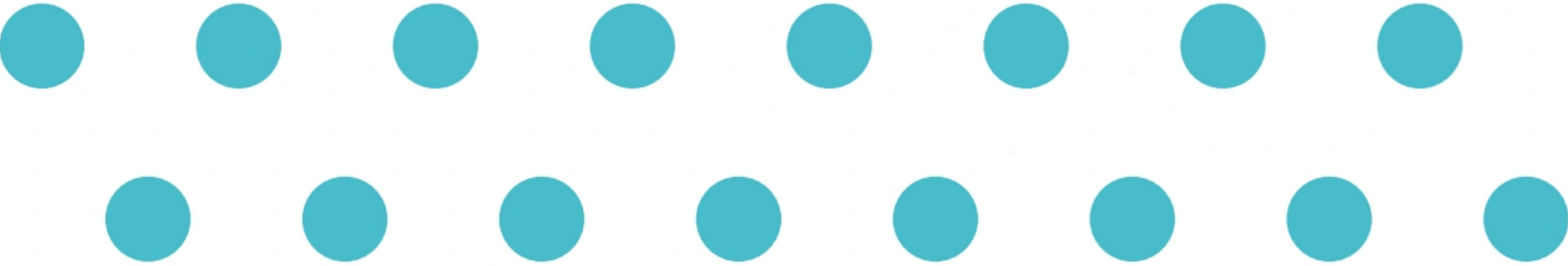
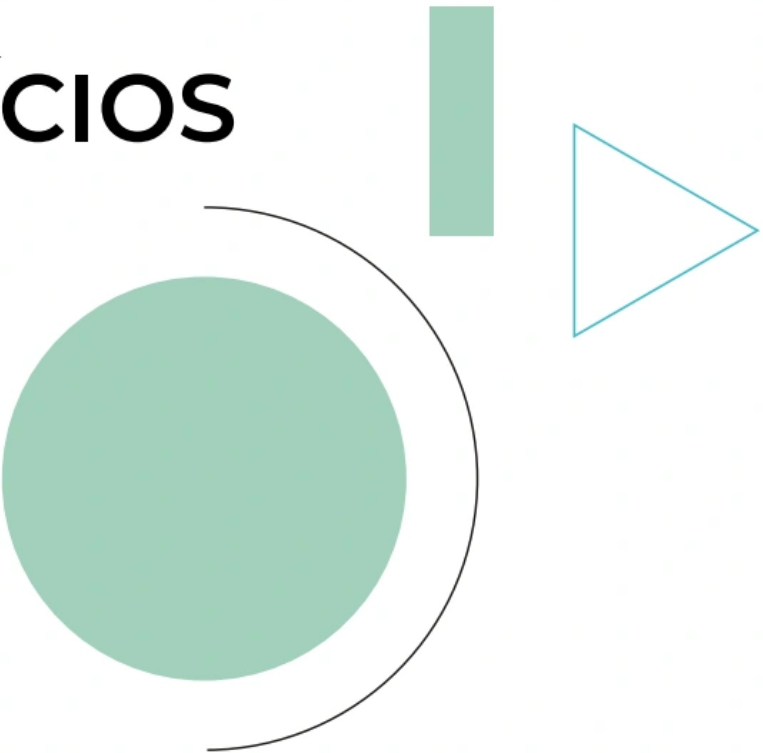
$$\begin{cases} m_1 v_{x_{1i}} + m_2 v_{x_{2i}} = m_1 v_{x_{1f}} + m_2 v_{x_{2f}} \\ m_1 v_{y_{1i}} + m_2 v_{y_{2i}} = m_1 v_{y_{1f}} + m_2 v_{y_{2f}} \end{cases} \quad (27)$$

[Khan Academy – Problema de momento bidimensional:](#)

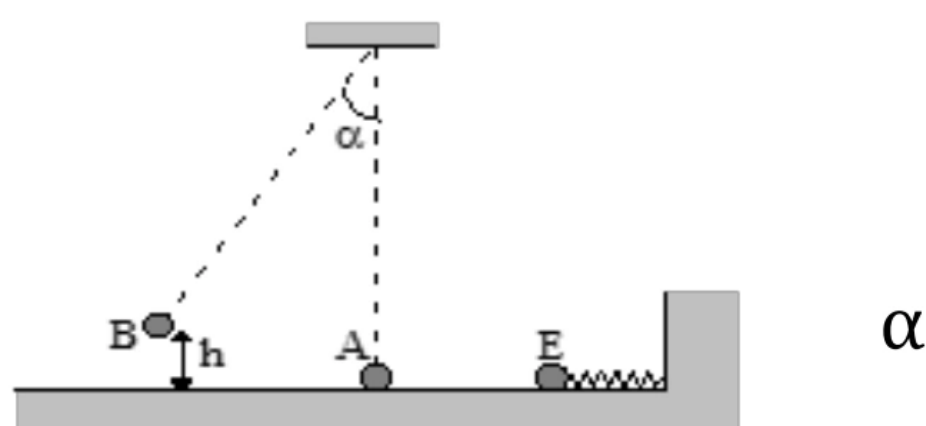




EXERCÍCIOS



1. Na figura seguinte está representada uma mola elástica que se encontra comprimida. A compressão da mola é de 0,1 m. A esfera E de massa 200g está encostada à mola. A mola distende-se e a esfera adquire uma velocidade de 5 m/s, indo colidir com o pêndulo de massa 300g e comprimento 0,8 m. Após o choque a esfera E fica com uma velocidade de 0,5 m/s e desloca-se em sentido contrário ao inicial. Despreze o atrito. Calcule:

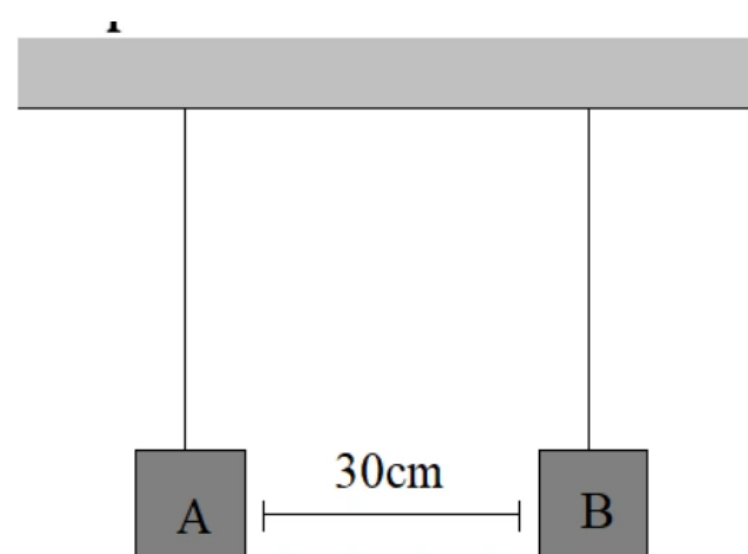


- a) A constante de elasticidade da mola.
- b) A velocidade da esfera do pêndulo após o choque.
- a) A altura h que pêndulo atinge e o ângulo α .
- b) O módulo da tensão na posição extrema.

2. Numa tentativa frustrada de colocar um satélite em órbita, o foguetão que o transportava à velocidade de 3km/s na vertical, explodiu separando-se em duas partes. Uma delas continuou a subir, segundo um ângulo de 45° com a vertical, à velocidade de 3,5km/s após a explosão. Determine:

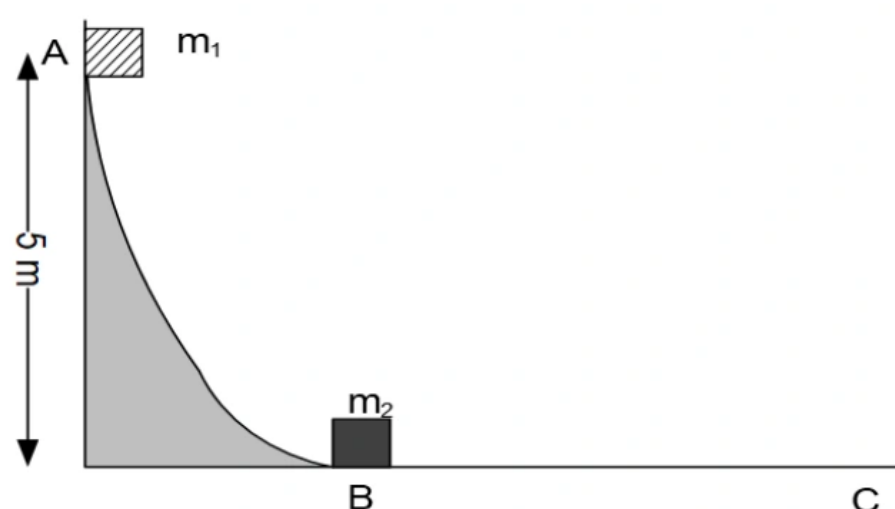
- a) A direção e o módulo da velocidade do segundo fragmento, sabendo que a sua massa vale 0,6 da massa total do foguetão.
- b) A velocidade do centro de massa do foguetão logo após a explosão.

3. Uma bala de 30g é disparada na direção horizontal, passa através do bloco A, de massa 5 kg, e crava-se no bloco B, de massa 4kg (figura seguinte). A bala provoca o movimento de A e B com velocidades de 5m/s e 4m/s, respetivamente. Determine:



- O módulo da velocidade inicial da bala e a altura máxima atingida pelo bloco B.
- O tempo gasto pela bala no trajeto entre A e B.
- A tensão do fio do bloco B quando atinge a altura máxima (comprimento do fio de 1.5m)
- A percentagem de energia gasta pela bala ao atravessar o bloco A.

4. Consideremos o trilho sem atrito ABC que aparece na figura. Um bloco de massa $m_1 = 5 \text{ kg}$ parte do repouso em A. Colide depois, frontalmente, com o bloco de massa $m_2 = 10 \text{ kg}$, que estava em repouso, em B. Calcular:



- a altura máxima que m_1 poderá atingir depois da colisão se a colisão for elástica e velocidade de m_2 .
- a velocidade dos dois corpos depois da colisão se a colisão for perfeitamente inelástica.

5. Um projétil P, de massa 20g, é disparado horizontalmente com velocidade de 250m/s sobre um bloco A, de 800g de massa, suspenso por um fio de 2,5m de comprimento, que se encontra em equilíbrio. Despreze a resistência do ar e considere as duas seguintes situações:

I – Após o impacto o projétil fica incrustado no bloco.

II – Após o choque o projétil emerge com velocidade de 120m/s.

e) Para a situação I, determine:

i. Qual o desvio que o bloco sofre relativamente à vertical.

ii. A tensão máxima e mínima do fio

iii. O trabalho realizado pelo peso e tensão entre a posição inicial e a final.

Para a situação II, calcule o módulo da velocidade do bloco imediatamente após a saída do projétil.

6. Uma bala de massa 5g choca com um bloco de massa 495g suspenso por um ponto fixo por um fio de 1,5m de comprimento, ficando incrustada nele. Devido ao choque, o bloco desvia-se até um ângulo de 30° . Determine:

a) A velocidade inicial da bala e classifique a colisão.

b) A tensão mínima e máxima no fio.

c) O trabalho realizado pela tensão quando se desloca entre a posição extrema e média.

7. Um pêndulo simples, de 1,25m de comprimento e com 0,9 kg de massa, é deslocado lateralmente de modo que a extremidade inferior fica 35 cm acima da posição média. Neste ponto o pendulo é largado. Determine:

a) Calcule o módulo da tensão do fio numa posição extrema e equilíbrio.

b) Qual o valor do trabalho realizado pela tensão do fio e pelo peso, quando se desloca de uma posição média para a posição extrema.

c) Qual a velocidade quando a extremidade inferior fica 20 cm acima da posição média.

8. Uma pequena esfera de 0,6 kg, suspensa por um fio de comprimento 10 cm, passa pela posição de equilíbrio com velocidade tal, que a força centrípeta nesse ponto tem módulo igual à sua força gravítica.

- a) Determine a velocidade da esfera neste ponto.
- b) A altura máxima atingida pela esfera e a sua posição.
- c) O valor da tensão na posição extrema e de equilíbrio
- d) Qual o valor do trabalho realizado pela tensão e pela força gravítica quando a esfera se desloca entre as posições extremas.



» Referências Bibliográficas

David Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker “Fundamentals of physics —10th edition”, 2014, John Wiley & Sons.

Hugh D. Young, Roger A. Freedman - Física I: Mecânica -Pearson Prentice Hall (2016)

Douglas C. Giancoli” Physics: Principles with Applications, 7th edition” Pearson Prentice Hall (2015).

Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr” Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Tenth Edition” Cengage Learning (2019)



Com.s^{go}⁺
ipvc

