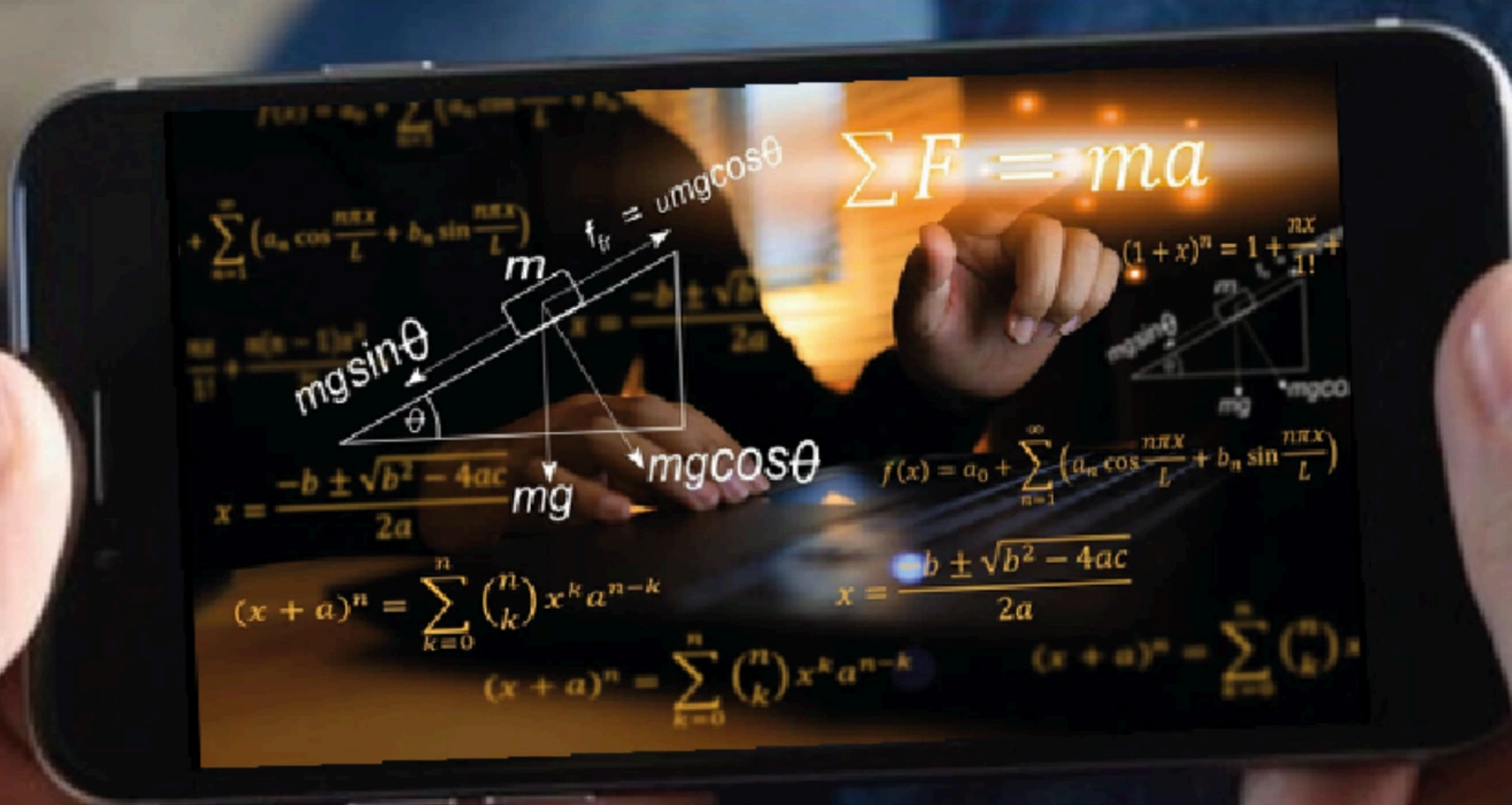
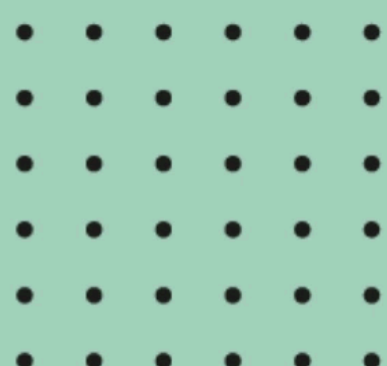
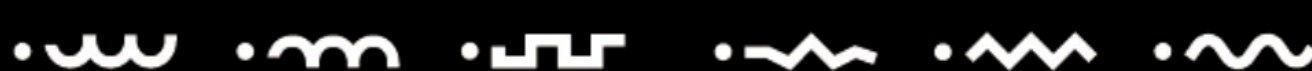


02

JÁ SEI INTERAÇÕES E SEUS EFEITOS



o teu de partida



Com. S⁺go⁺
ipvc





FICHA TÉCNICA:

Título do ebook: **Já Sei Interações e seus efeitos.**

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: 978-989-9141-23-0

DOI: 10.57910/ipvc-es-e-hbp5-ff59



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 Interações e seus efeitos** 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 das **Interações e os seus efeitos** no movimento dos objetos e será uma oportunidade para melhor assimilar esta temática.

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

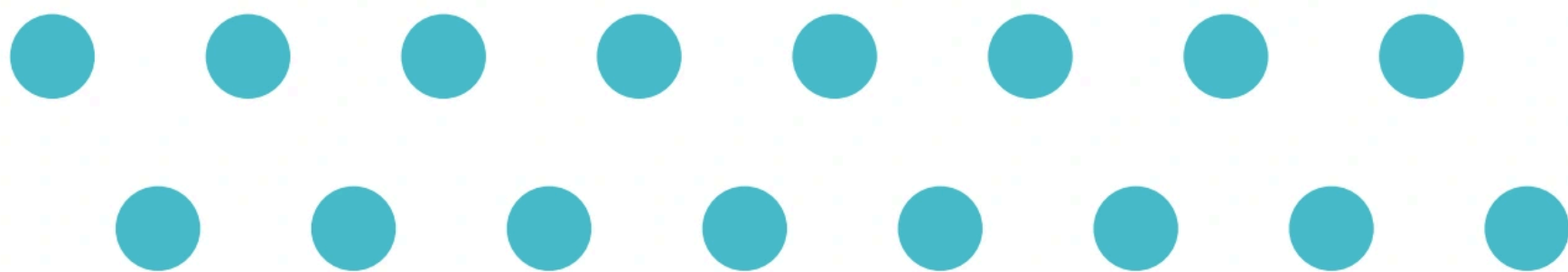
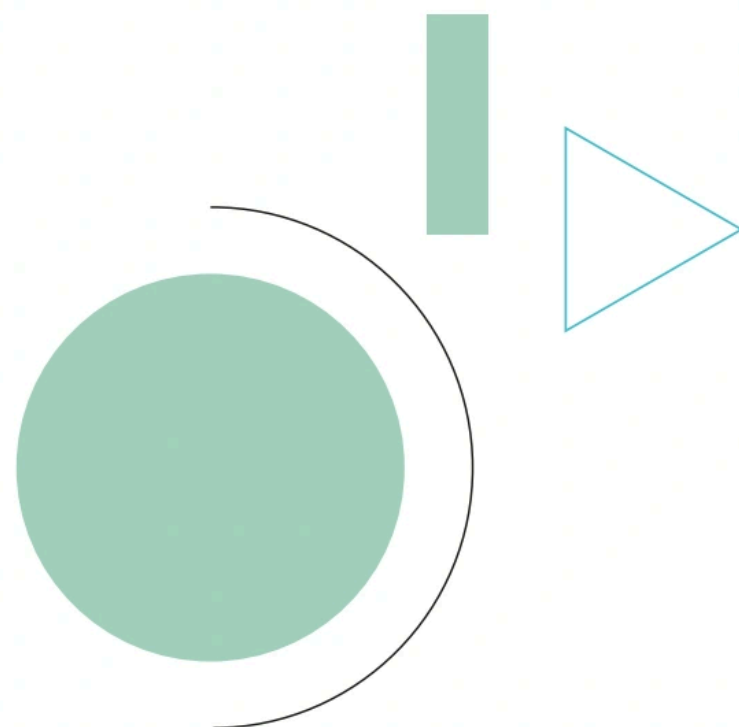
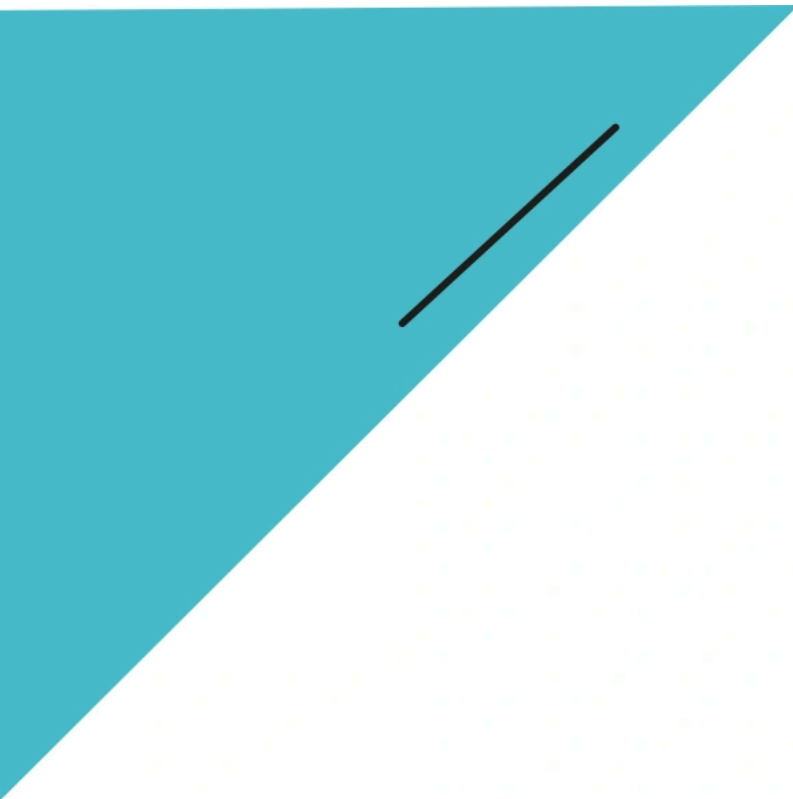
Aproveita!

Não avances se não perceberes.

Não te esqueças que é indispensável exercitar.

Segue rumo ao sucesso!

Isabel Araújo



INTERAÇÕES E OS SEUS EFEITOS

• Introdução	6
• Diferentes tipos de Força	8
• Leis de Newton	12
• Tipos de Força	19
• Exercícios	27



Introdução

Até ao momento, o movimento foi descrito em termos de velocidade e aceleração sem falarmos das causas que provocam estas alterações. A compreensão dos movimentos só faz sentido quando são entendidas as suas causas. Agora lidamos então com a questão de porque os objetos se movem: o que faz um objeto em repouso começar a se mover? O que faz com que um objeto acelere ou desacelere? O que está envolvido quando um objeto se move numa trajetória curva? Podemos responder que em cada caso que é necessária uma força, que provocar-lhe-á uma mudança na sua velocidade e consequentemente uma variação no seu estado de movimento.

O conceito de força em Física serve para exprimir uma interação entre dois corpos (sistemas físicos). Força é uma grandeza vetorial, à qual se associa um ponto de aplicação, uma direção, um sentido e uma intensidade (valor ou módulo). No Sistema Internacional (SI) exprime-se em newton (N). Na Física, a Dinâmica é o ramo que estuda as alterações do movimento e as causas dessas alterações provocadas pelas diferentes interações.

As Leis Fundamentais que governam o Universo são baseadas em apenas quatro interações (forças) fundamentais que permitem explicar todo o tipo de interações que se manifestam na Natureza:

- a) Forças gravíticas – forças relativamente fracas.
- b) Forças eletromagnéticas – forças relativamente fortes.
- c) Forças nucleares – forças fortes que ligam prótons e os neutrões, mantendo a coesão dos núcleos.
- d) Forças de interação fraca – forças envolvidas na interação de muitas partículas elementares.



As interações entre corpos podem ocorrer à distância ou por contacto. As interações à distância dão-se entre corpos que estejam afastados por uma determinada distância e podem ser atrativas ou repulsivas.

O estudo da dinâmica é basicamente a análise da relação entre as forças e as variações do movimento que resultam da sua aplicação.

A palavra massa também ocorre no nosso vocabulário, embora facilmente reconhecida como parte de palavra “massivo”. Assim, massa está relacionada com a quantidade de matéria e, portanto, é uma grandeza escalar. Na realidade, sendo uma propriedade intrínseca de um corpo a massa mede a resistência desse corpo à aceleração.

Diferentes tipos de Forças

Existem quatro forças fundamentais no Universo, que permitem explicar todas as interações possíveis. Essas são:

FORÇAS GRAVÍTICAS

A Força Gravítica é a força de atração entre quaisquer dois corpos com massa. Esta é responsável, entre outras coisas, por nos manter “presos” à superfície da Terra e pela órbita dos planetas à volta do Sol. Todos os corpos próximos da superfície da terra caem devido à gravidade provocando uma aceleração de $g=9,81 \text{ m/s}^2$.

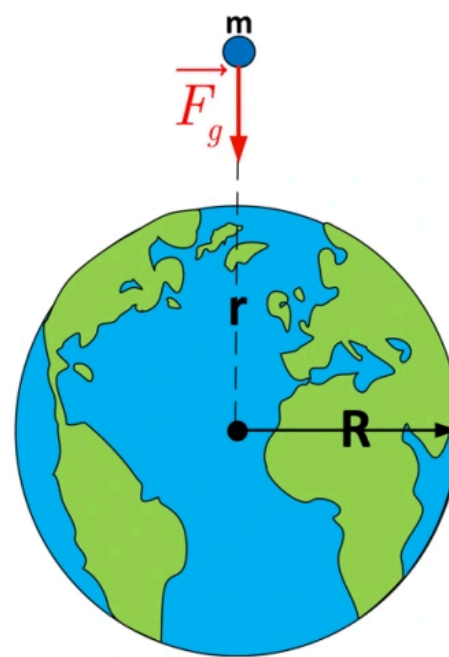


Figura 1 –Lei da gravitação universal

A lei da gravitação universal foi descoberta por Newton em 1686 e diz:

Toda a partícula de matéria no universo exerce uma força atrativa sobre qualquer outra partícula dirigida ao longo da reta que une as partículas e cujo módulo é diretamente proporcional ao produto das massas das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Vectorialmente a força gravítica é dada por:



$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} \quad (1)$$

em que G representa a constante universal da gravitação que tem o valor de $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$, m_1 e m_2 as massas dos objetos pontuais, r_{12} representa a separação entre os dois objetos e $\hat{r}_{12}$ o vetor unitário que aponta da massa m_1 para m_2 . Assim, a expressão anterior representa a força que o objeto 1 exerce no objeto 2. A força que o objeto 2 exerce sobre o objeto 1 é igual em módulo. Então, o módulo da força gravítica é:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2)$$

A lei da gravitação universal somente é válida para partículas pontuais. Muitos objetos não podem ser considerados pontuais devido às suas elevadas dimensões. Um facto útil e importante associado com a gravitação é o resultado do seguinte teorema:

A distribuição de uma massa com simetria esférica à volta do seu centro produz a mesma força num corpo fora dessa esfera como seria produzida se toda a massa dentro da esfera estivesse concentrada no núcleo.

Fazendo uso desta propriedade a lei da gravitação pode ser aplicada à análise das orbitas dos planetas.

FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

A Força Eletromagnética é a força de interação entre objetos com cargas elétricas (positivas ou negativas) e partículas carregadas em movimento. Esta é a força por trás de fenômenos elétricos, como os relâmpagos durante tempestades, representado na Figura 2; e magnéticos, como a atração de limalha de ferro por um íman, representado na Figura 3.

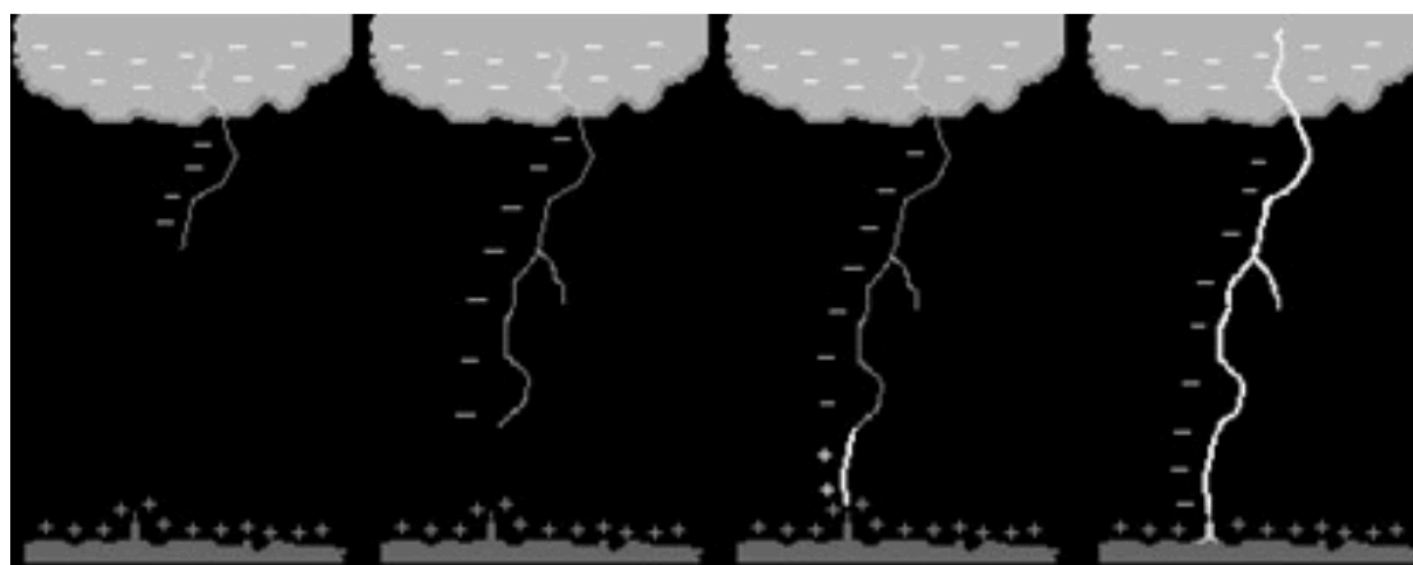


Figura 2 - Descarga de cargas elétricas negativas por uma nuvem.

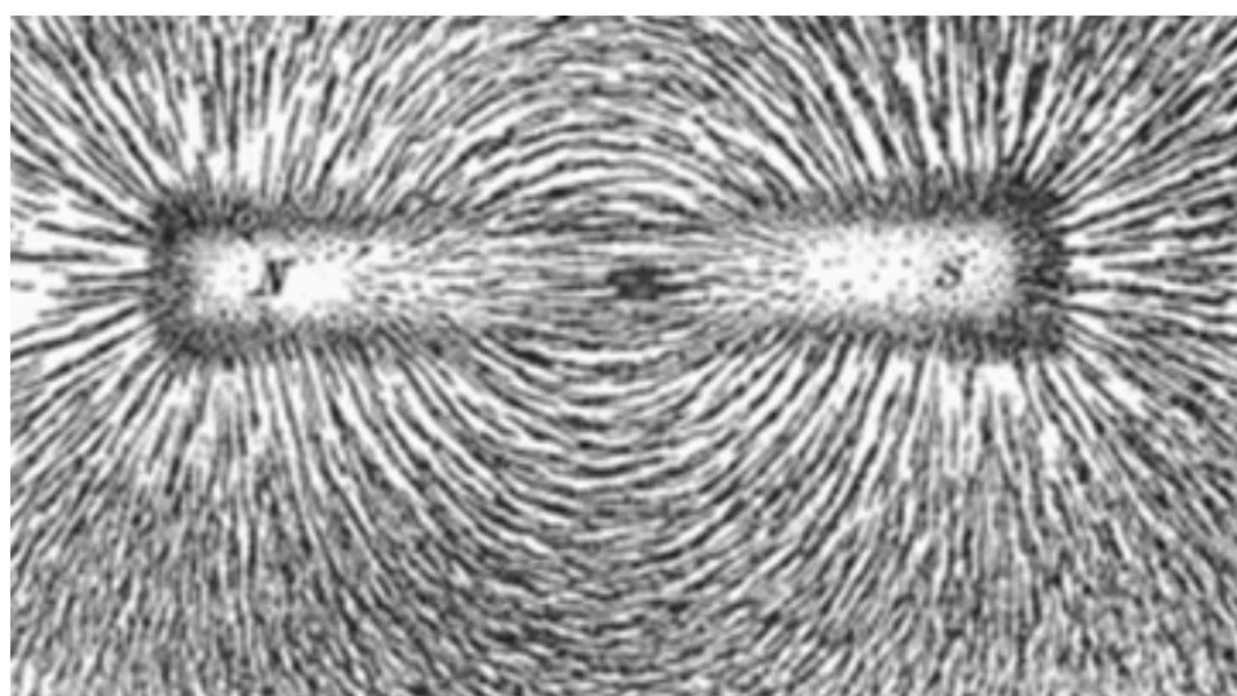


Figura 3 - Interação entre limalha de ferro e um íman.



FORÇAS NUCLEARES FORTES E FORÇAS NUCLEARES FRACAS

No século XX, ao pesquisar o interior dos átomos que formam toda a matéria, descobriram-se duas novas forças: a força nuclear forte e a força nuclear fraca. A Força Nuclear Forte é responsável por manter os núcleos dos átomos estáveis, apesar da repulsão elétrica que estes sofrem. Esta é uma força que só atua a distâncias muito curtas, na ordem do fentómetro (10^{-15}m). A Força Nuclear Fraca é responsável pelo decaimento radioativo de certos elementos atômicos.

	Distância (m)	Interação	Intensidade relativa	Alcance (m)
Partículas elementares	10^{-20}	Nuclear fraca Nuclear forte	10^{-5}	10^{-18}
Núcleo atômico	10^{-15}		1	10^{-15}
Átomos/moléculas	10^{-10} 10^{-5}	Eletromagnética	10^{-2}	Infinito
Homem Terra	1			
Sistema Solar	10^5 10^{10}	Gravítica	10^{-40}	Infinito
Galáxia distante	10^{15}			

Leis de Newton

Quando falamos de movimentos, e das forças que os afetam, não podemos deixar de falar dos princípios fundamentais que os regem. As interações entre corpos são regidas pelas leis de Newton. Isaac Newton (1642-1727) apresentou em 1686, na sua obra *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*, as três leis que permitiam descrever o movimento dos corpos na Natureza.

1ª LEI DE NEWTON - LEI DA INÉRCIA

A primeira lei de Newton diz que objeto em repouso permanecerá em repouso, e um objeto em movimento continuará em movimento com a mesma velocidade e na mesma direção, a menos que uma força externa seja aplicada sobre ele. Introduz igualmente o conceito de inércia, que é a tendência de um objeto resistir a mudança do seu estado de movimento.

A 1ª lei diz o seguinte:

Quando a resultante das forças exteriores que atuam num objeto é nula, esse objeto permanece num estado de repouso ou num estado de movimento retilíneo uniforme.

Matematicamente, a 1ª lei expressa-se por:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3)$$



Alguns objetos tem uma maior tendência do que outros para manter o seu movimento. Esta tendência é referida como inércia. Quanto maior for a quantidade de matéria que o objeto contém maior é a sua inércia. Quantitativamente, a inércia de um objeto é medida pela sua massa

Assim:

Inércia é a tendência natural de um objeto para permanecer no seu movimento inicial (repouso ou movimento uniforme retilíneo). Massa de um objeto é a medida quantitativa da inércia.

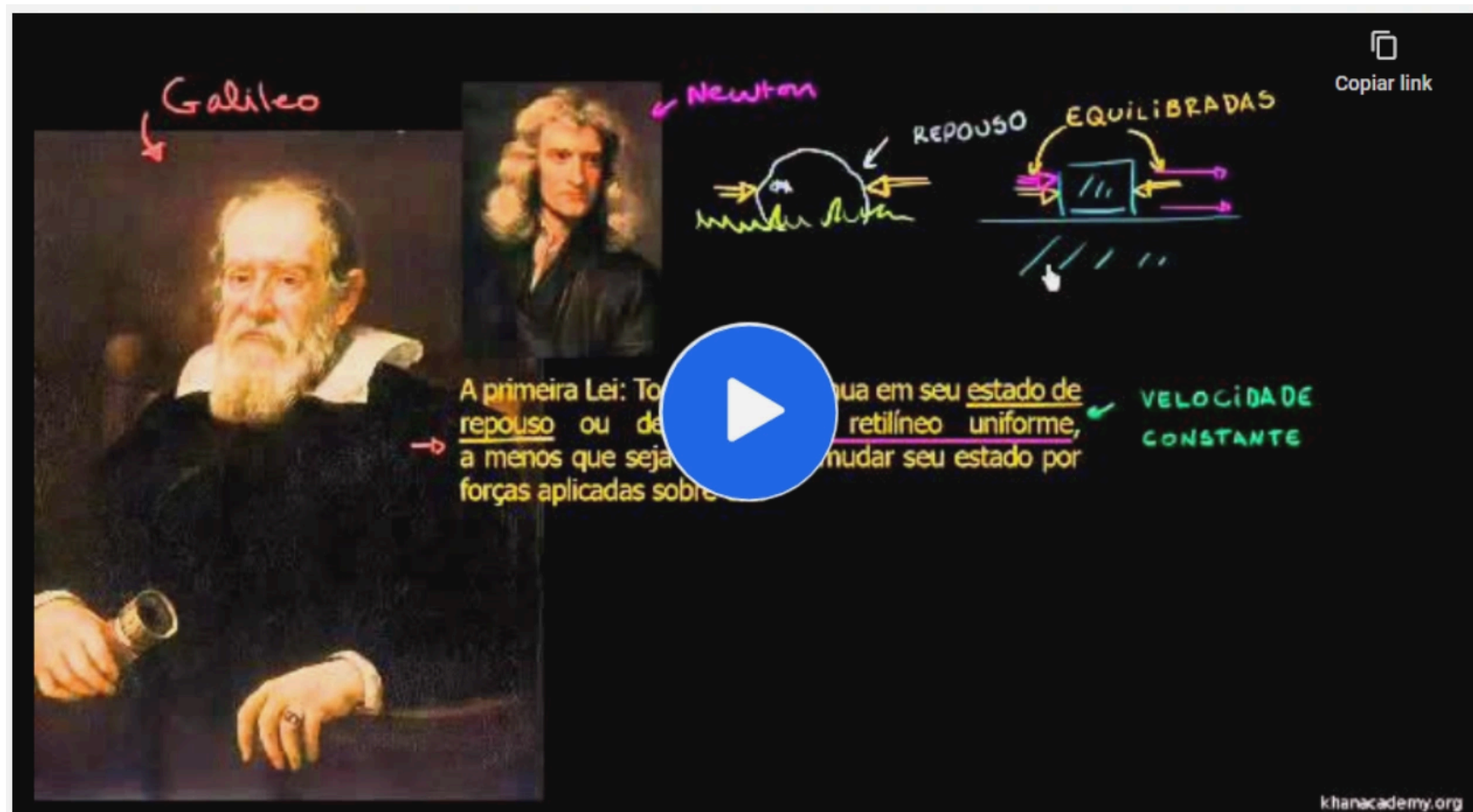
Devido ao facto de movimento ser um conceito relativo, quando se enuncia a 1.ª Lei de Newton deve-se indicar o sistema de referência usado. Um referencial de inércia é aquele no qual a lei de inércia é válida. Todas as leis de Newton são válidas em referenciais de inércia.

A 1ª lei de Newton estabelece as noções de Inércia e referencial de inércia e afirma que repouso ou movimento uniforme são os estados naturais de um corpo, isto é, estados de somente se modificam se a resultante das forças que actuam no corpo for não nula.

Assim, da 1ª lei de Newton, podemos concluir que:

- a. repouso ou movimento uniforme são estados naturais de um corpo, isto é, estados que somente se modificam se a resultante das forças que atuam no corpo for não nula.
- b. os objetos têm tendência para permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Esta tendência é referida como inércia.
- c. do ponto de vista físico não existe diferença entre repouso e movimento com velocidade constante

Khan Academy – 1ª Lei de Newton:



The image shows a video player interface for a Khan Academy video titled "1ª Lei de Newton". The video content includes:

- A portrait of Galileo Galilei on the left, with the name "Galileo" written in red above it.
- A portrait of Isaac Newton in the center, with the name "Newton" written in pink above it.
- Hand-drawn diagrams illustrating the concepts of "REPOUSO" (rest) and "EQUILIBRADAS" (balanced forces) with arrows and a block.
- A central blue play button icon.
- Text in Portuguese describing the First Law: "A primeira Lei: Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja forçado a mudar seu estado por forças aplicadas sobre ele." The words "estado de repouso" and "movimento retilíneo uniforme" are underlined in yellow.
- The phrase "VELOCIDADE CONSTANTE" (constant velocity) in green text on the right.
- A "Copiar link" (Copy link) button in the top right corner.
- The URL "khanacademy.org" in the bottom right corner.



2ª LEI DE NEWTON - LEI DA FORÇA E DA ACELERAÇÃO

A 1ª lei de Newton indica que se a resultante das forças aplicadas num objeto for nula, a velocidade do objeto permanece inalterada. A 2ª lei descreve o caso em que o somatório das forças resultantes é diferente de zero. A 2ª lei de Newton diz:

Uma partícula sujeita a uma ou mais forças tem em cada instante uma aceleração proporcional à resultante das forças. A direção da aceleração é a direção dessa resultante.

A constante de proporcionalidade chamam-se massa. Este mede a inércia do corpo, isto é, a sua maior ou menor resistência ao movimento. A 2ª lei de Newton é descrita por:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (4)$$

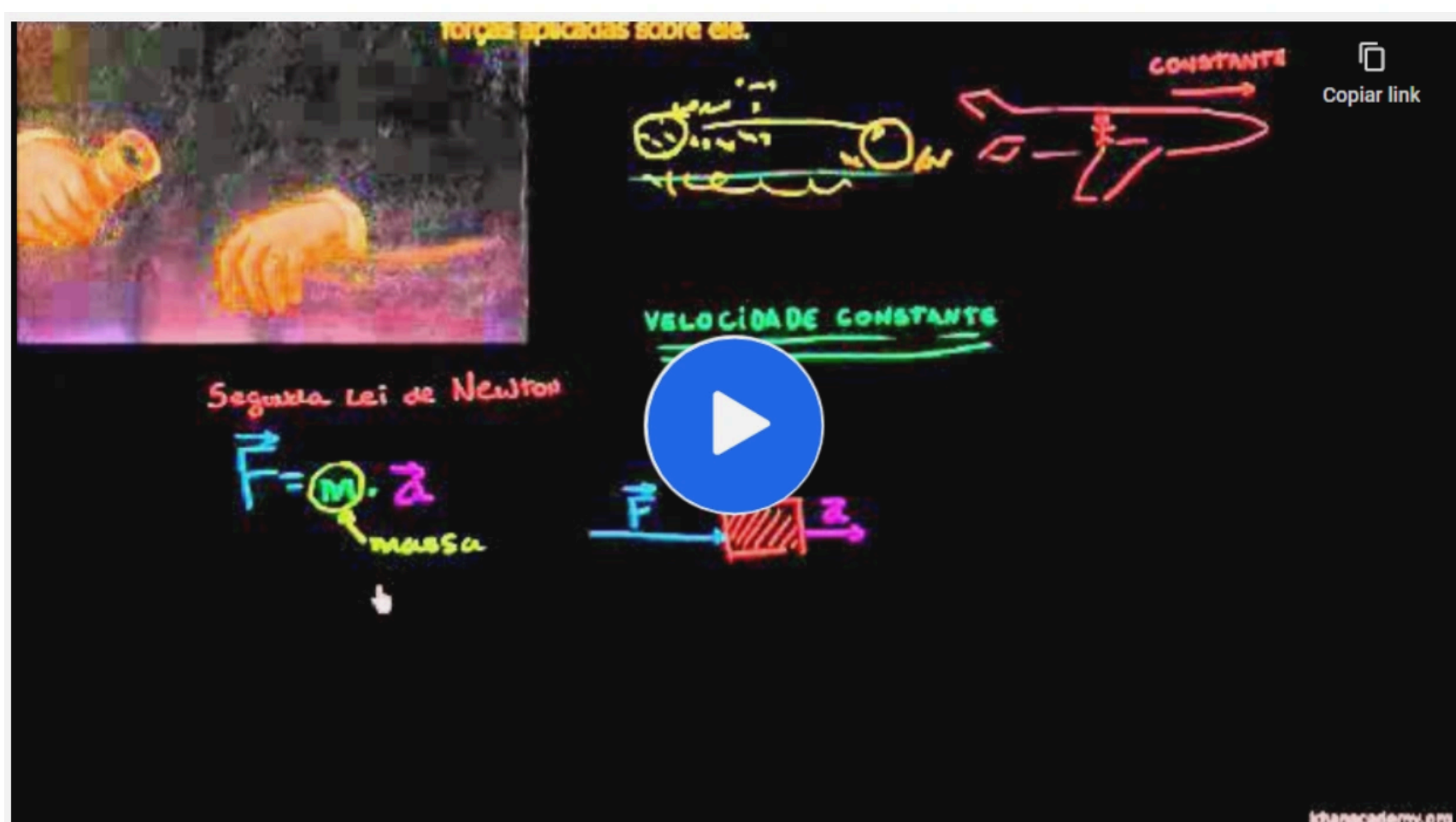
A 1ª lei de Newton pode ser considerada como um caso especial da 2ª lei, neste caso:

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{const.} \quad (5)$$

No caso em que se tem mais que uma dimensão, a equação que representa a 2ª lei pode ser desdobrada para cada uma das componentes da força resultante e da aceleração. Por exemplo no caso tridimensional ficaria:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \\ \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \\ \sum \vec{F}_z = m\vec{a}_z \end{cases} \quad (6)$$

Khan Academy – 2ª Lei de Newton:



3ª LEI DE NEWTON - PRINCÍPIO DE AÇÃO E REAÇÃO

A 1ª e 2ª leis de Newton especificam como os corpos se movem sob a ação de forças. A 3ª lei ocupa-se de uma característica de todas as forças.

Quando 2 corpos interagem, a força que um corpo exerce no outro é igual em módulo, e de sentido contrário à força que o segundo corpo exerce no primeiro. Matematicamente, a 3ª lei de Newton é descrita por:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (7)$$

É importante sublinhar que toda a ação (força) dá origem a uma reação igual mas oposta. Por outras palavras, as forças ocorrem sempre em pares.

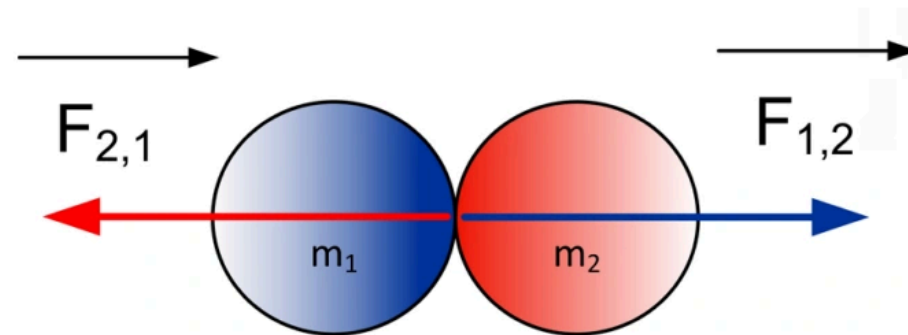
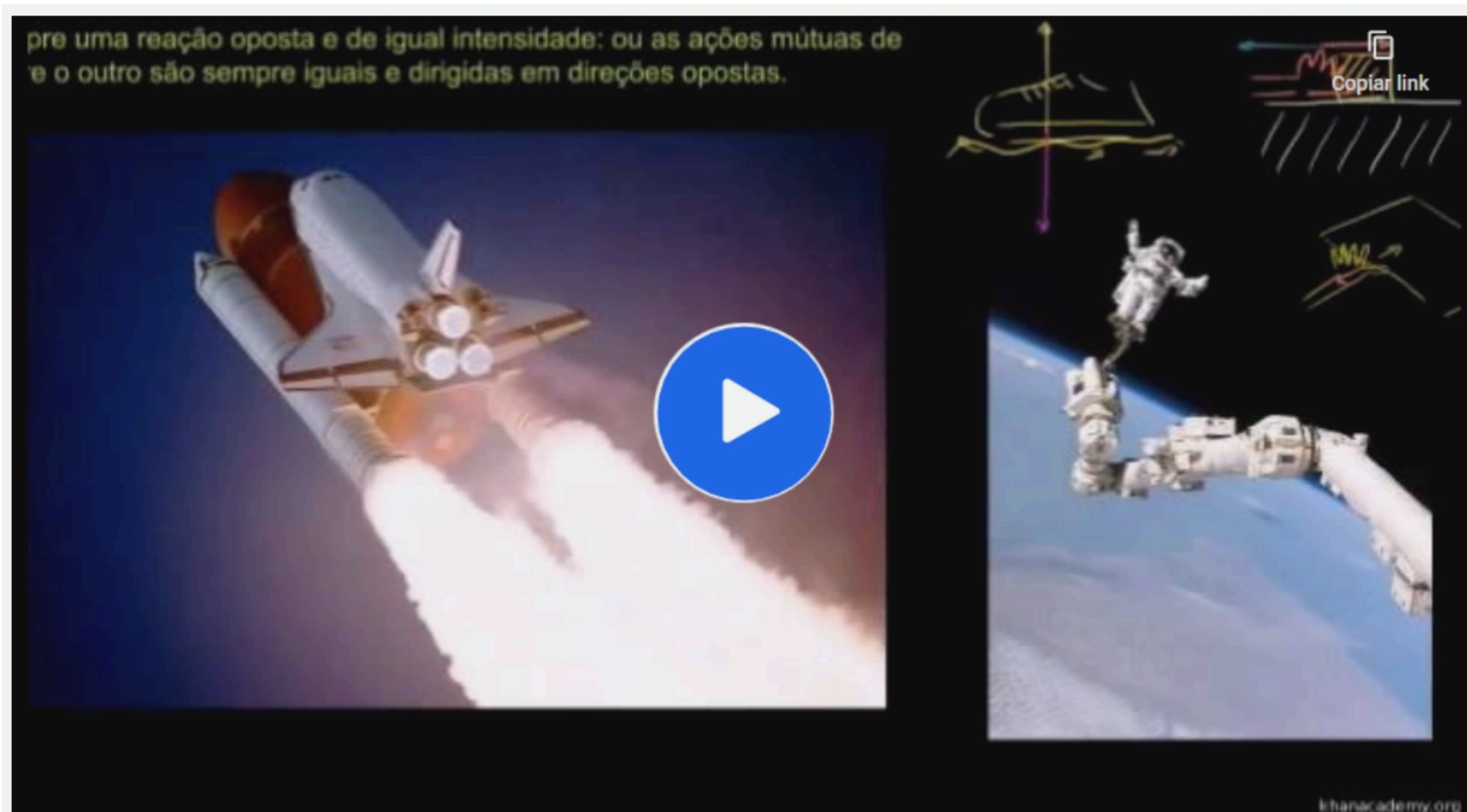


Figura 4 – Interação dois corpos e os seus pares ação-reação.

Khan Academy – 3ª Lei de Newton:



Tipos de Força

PESO

A força gravítica que a Terra exerce sobre um objeto próximo da superfície é o que designamos de peso. No caso de estarmos noutro planeta, o peso será a força gravítica que o planeta exerce sobre o objeto.

Se um corpo de massa m for deixado cair livremente perto da Terra a força gravítica vai provocar neste uma aceleração designada por aceleração da gravidade $\vec{g}$, que estará sempre dirigida para o centro da Terra. Isto só é válido para o caso em que a resistência do ar é desprezada.

Pela segunda lei de newton ($\vec{F} = m\vec{a}$) o peso de um corpo é dado pela seguinte expressão:

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (8)$$

em que g é a aceleração que um corpo sofre devido à gravidade. Usando a lei da gravitação universal o peso é dado por:

$$\vec{P} = G \frac{M_T m_2}{r^2} \hat{r} \quad (9)$$

Igualando as expressões 1.4 e 1.5, obtém-se a expressão para a aceleração:

$$g = G \frac{M_T}{r^2} \quad (10)$$

As equações anteriores permitem concluir que:

- Peso e massa são grandezas diferentes.
- A aceleração da gravidade e o peso dos objetos diminui quando a distancia dos objetos ao centro da terra aumenta.
- A massa é uma propriedade intrínseca da matéria e não varia com a posição dos objetos.

FORÇA NORMAL

A força normal, $\vec{F}_n$ ou $\vec{R}_N$, é uma componente da força que uma superfície exerce num objeto com o qual está em contacto, nomeadamente a componente que é normal à superfície (figura 5 a)). Caso atuem várias forças nessa direção a componente da força normal é igual à soma vetorial de todas as forças segundo essa direção e como consequência da terceira lei de Newton (figura 5 b)).

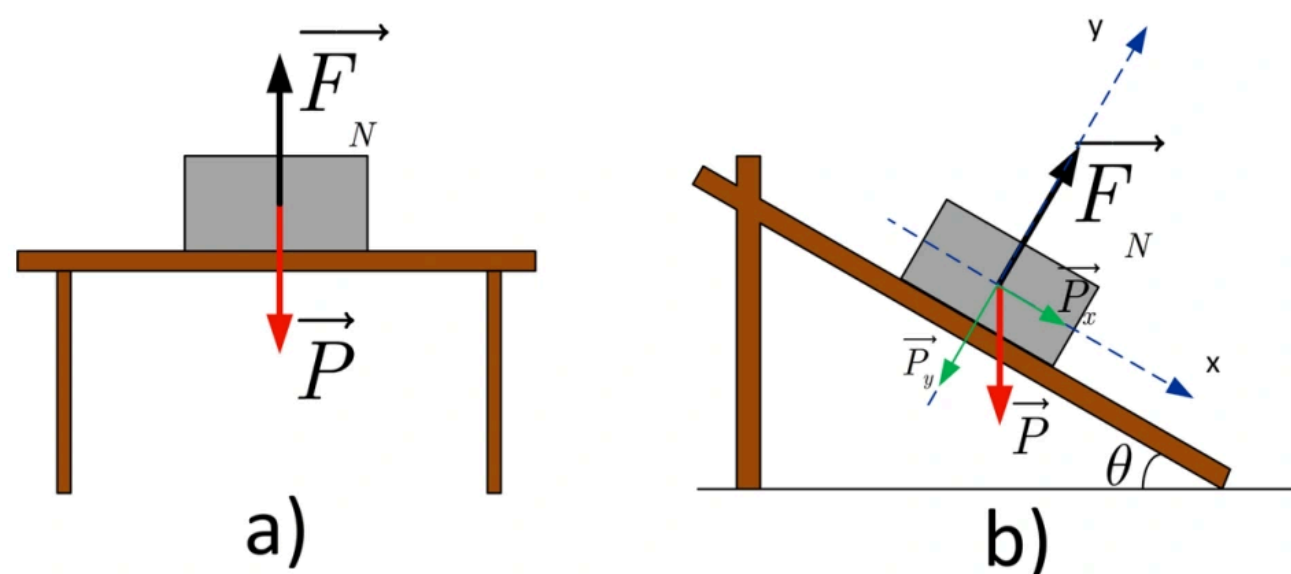


Figura 5 – Reação Normal



FORÇA DE ATRITO

Quando um objeto está em contacto com uma superfície ou outro objeto existe uma força que atua no objeto. Quando o objeto se move ou tenta mover-se ao longo da superfície, para além da componente da força normal, existe também uma componente da força que é paralela à superfície chamada força de atrito, que se opõe ao movimento.

Tal como a força normal, a força de atrito não é uma força fundamental, mas é devida à interação entre as moléculas dos corpos em contacto. As forças de atrito dependem dos seguintes fatores:

- Rugosidade das superfícies em contacto
- Natureza das superfícies em contacto
- Velocidade

O atrito pode ser:

- Benéfico – sem atrito não podíamos andar
- Prejudicial – O atrito causa desgaste dos pistões dos motores dos automóveis. O uso do óleo reduz o atrito

As forças de atrito podem ser:

FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO

O módulo da força de atrito estático, f_e , pode ter qualquer valor entre zero e um valor de $f_e^{\max}$ dependendo da força aplicada, é proporcional à força normal entre as superfícies em contacto:

$$f_e^{\max} = \mu_e F_n \quad (11)$$

Onde μ_e é o coeficiente de atrito estático. Este coeficiente depende da natureza das superfícies em contacto. Em geral:

$$f_e \leq \mu_e F_n \quad (12)$$

Quando dois objetos estão em contacto e não existe movimento relativo entre os dois, se for aplicada uma força de forma a iniciar movimento, pode ocorrer duas situações:

- $\vec{F} \leq f_e^{\max}$ então os objetos em contacto mantêm-se em repouso.
- $\vec{F} \leq f_e^{\max}$ a força é suficiente para quebrar as ligações provocadas pelas forças intermoleculares de natureza eletromagnética e começa a existir um movimento relativo entre os objetos em contacto.

Após o início do movimento, verifica-se que a manutenção de uma força aplicada $\vec{F} = -\vec{f}_e^{\max}$ provoca um movimento acelerado, pelo que, para manter um movimento uniforme é suficiente a aplicação de uma força $\vec{F} = -\vec{f}_e$ tal que $f_e < f_e^{\max}$.

FORÇA DE ATRITO CINÉTICO

A força de atrito cinético tem sentido oposto ao movimento e é proporcional à força normal. A constante de proporcionalidade é o coeficiente de atrito cinético μ_c . O módulo da força de atrito é:

$$f_c = \mu_c F_n \quad (13)$$

Experimentalmente verificou-se que:



- O coeficiente de atrito cinético é menor que o coeficiente de atrito estático
- O Coeficiente de atrito cinético depende da velocidade relativa entre as superfícies
- Os coeficientes de atrito são dependentes da natureza das superfícies em contato mas independentes da área de contacto.

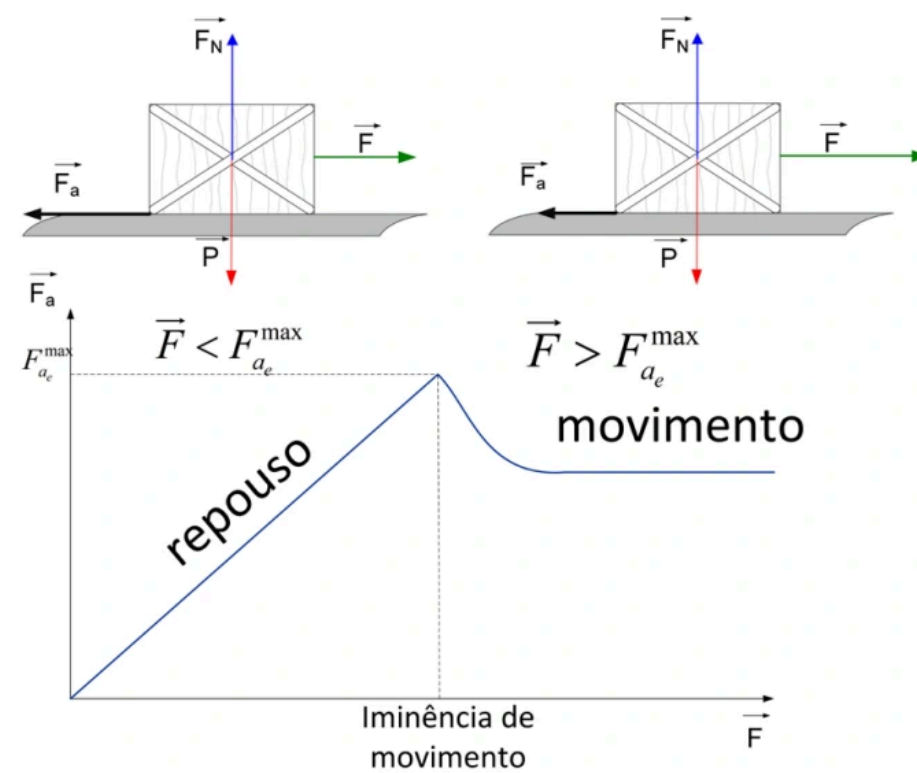
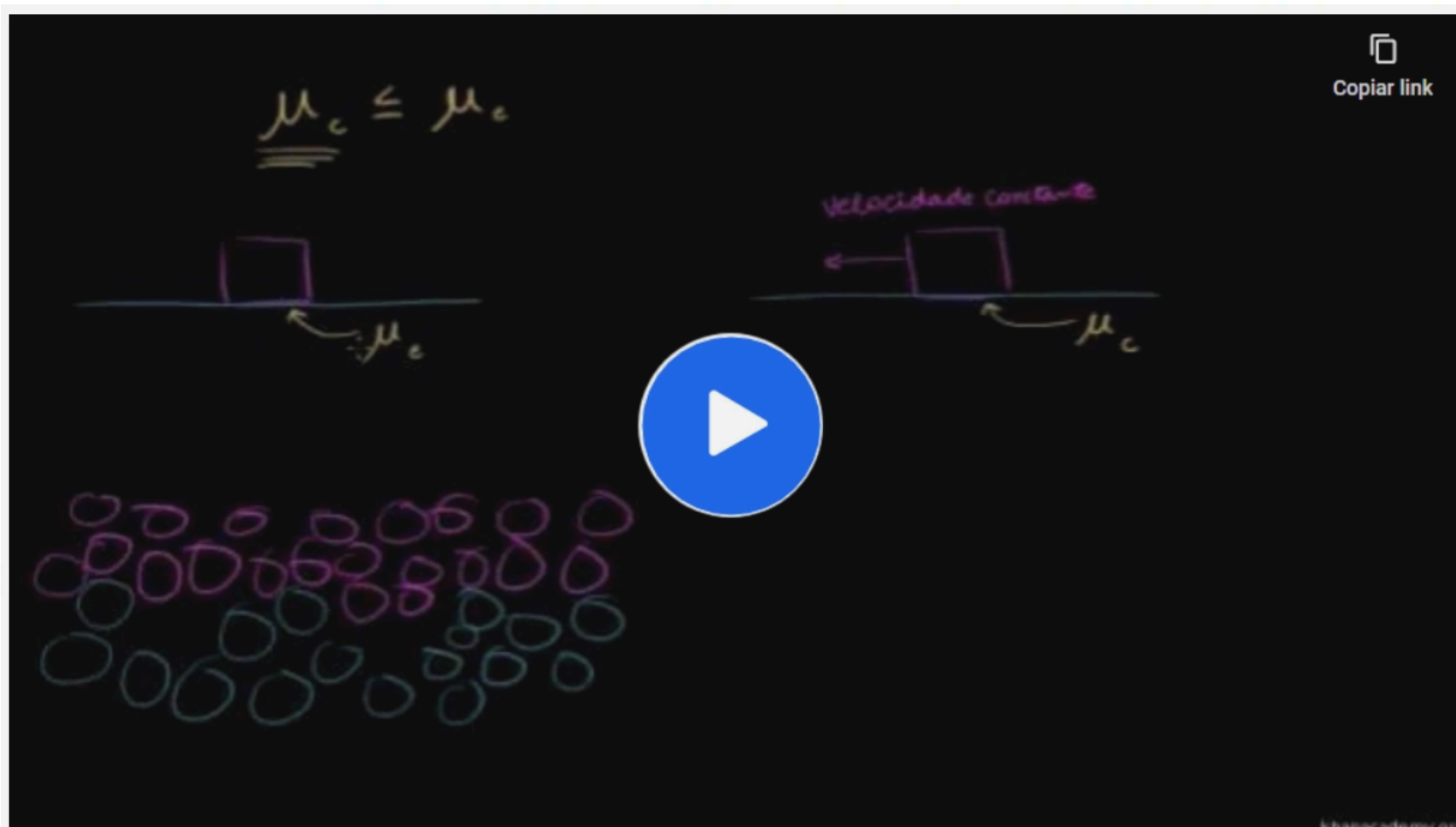


Figura 6 - Variação da Força de Atrito para um objeto em repouso.

Khan Academy – 3ª Lei de Newton:



TENSÃO

Outro tipo de forças que é comum encontrar é a chamada Tensão. Esta é uma força interna que existe dentro de uma corda quando é aplicada uma força exterior a esta.

Consideremos agora que se prendem dois corpos entre si por uma corda. Quando se exerce uma força a um deles, a corda irá exercer uma força de tensão em ambos os corpos, de forma a que estes se mantenham ligados.

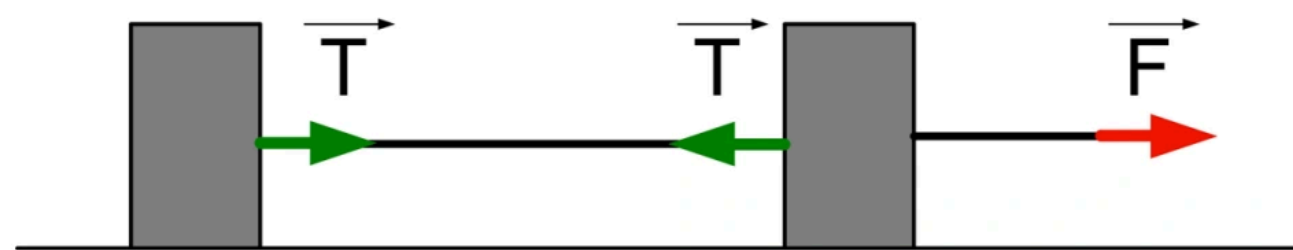


Figura 7 - Tensão entre dois corpos ligados.

Para este caso, por análise de forças, podemos concluir que a Tensão que é aplicada ao corpo da direita tem a mesma intensidade e direção, mas sentido oposto, que a que é aplicada ao corpo da esquerda.

COMO RESOLVER UM EXERCÍCIO

Na figura seguinte está o exemplo mais comum das leis de newton. Desprezando o atrito e a massa da corda, é possível determinar a aceleração do sistema e a tensão.

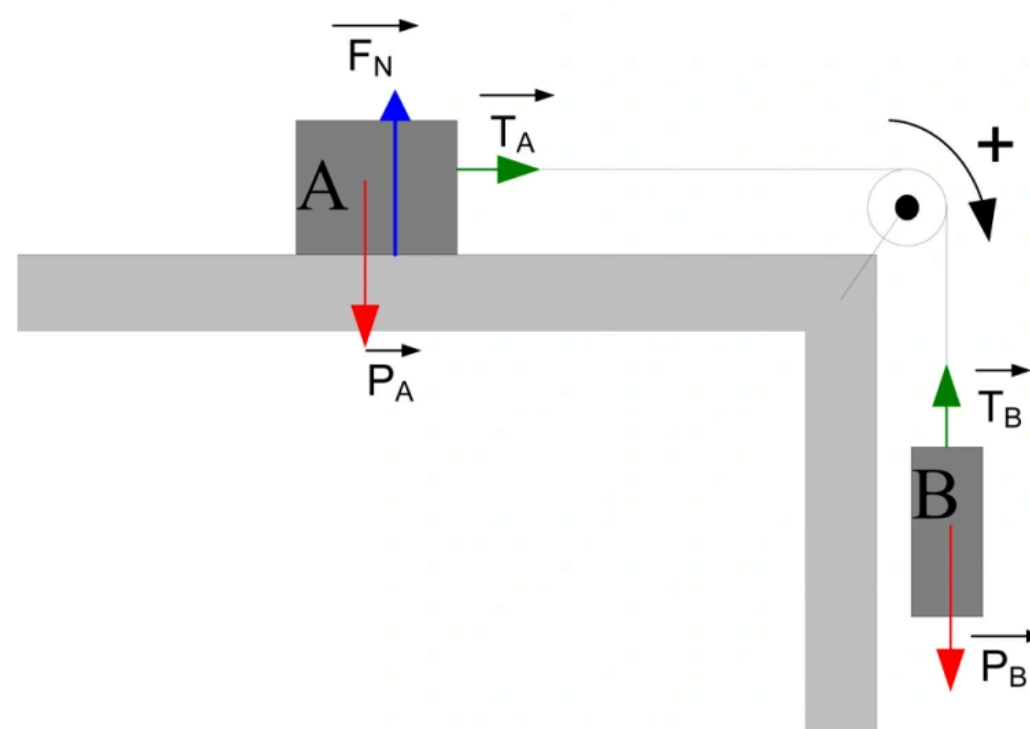


Figura 8 - Aplicação das leis de Newton



Em primeiro lugar devemos escolher qual sentido do movimento, depois escolher o referencial para cada corpo, que podem ser diferentes (ver Figura 9), mas que devem ser escolhidos por forma a simplificar o problema. Em seguida representa-se as forças que estão envolvidas em cada um dos corpos. Por fim aplica-se a cada corpo as leis de Newton.

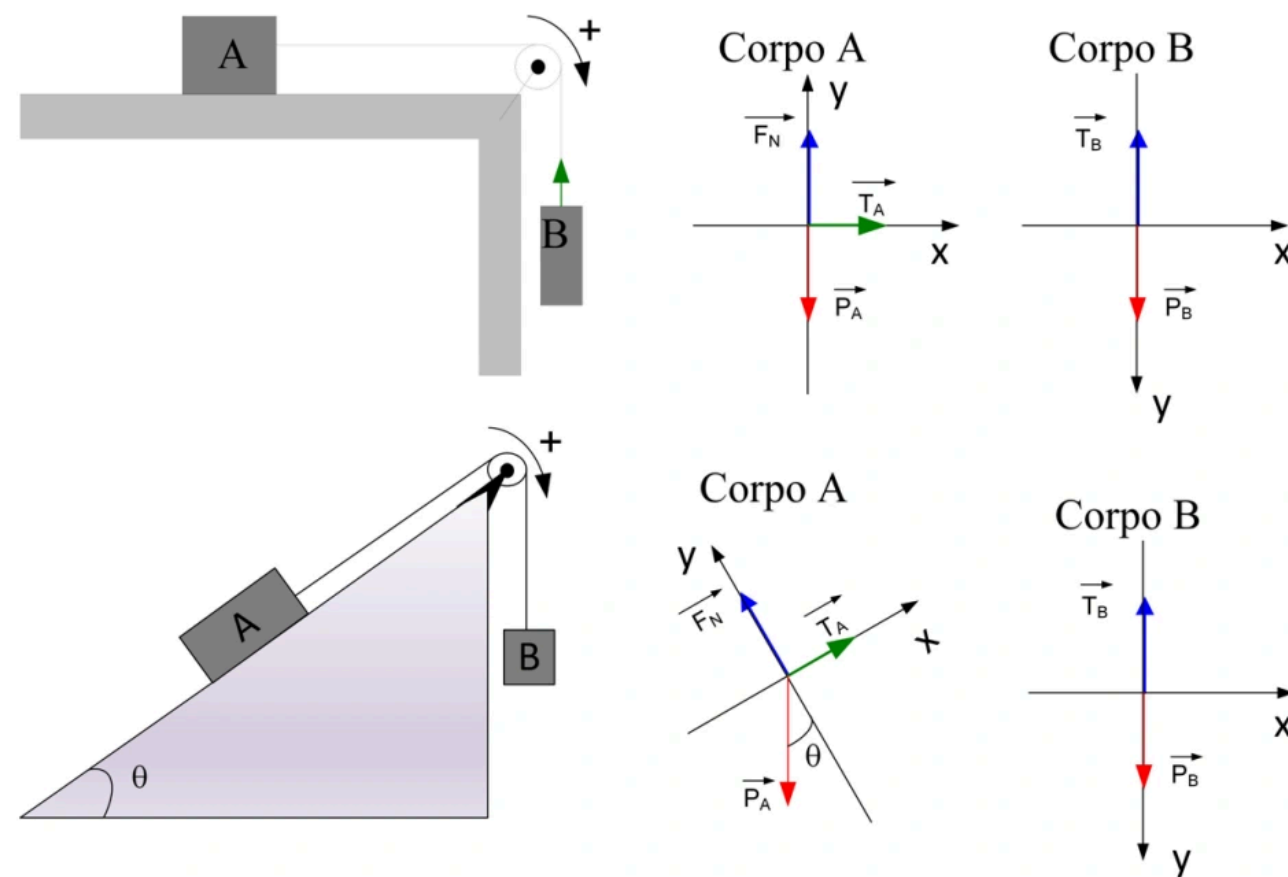


Figura 9 - Escolha de referenciais.

Para o exemplo da Figura 8 temos:

Corpo A

$$\begin{cases} T_A = m_A a_A \\ F_n - P_A = 0 \end{cases} \quad (14)$$

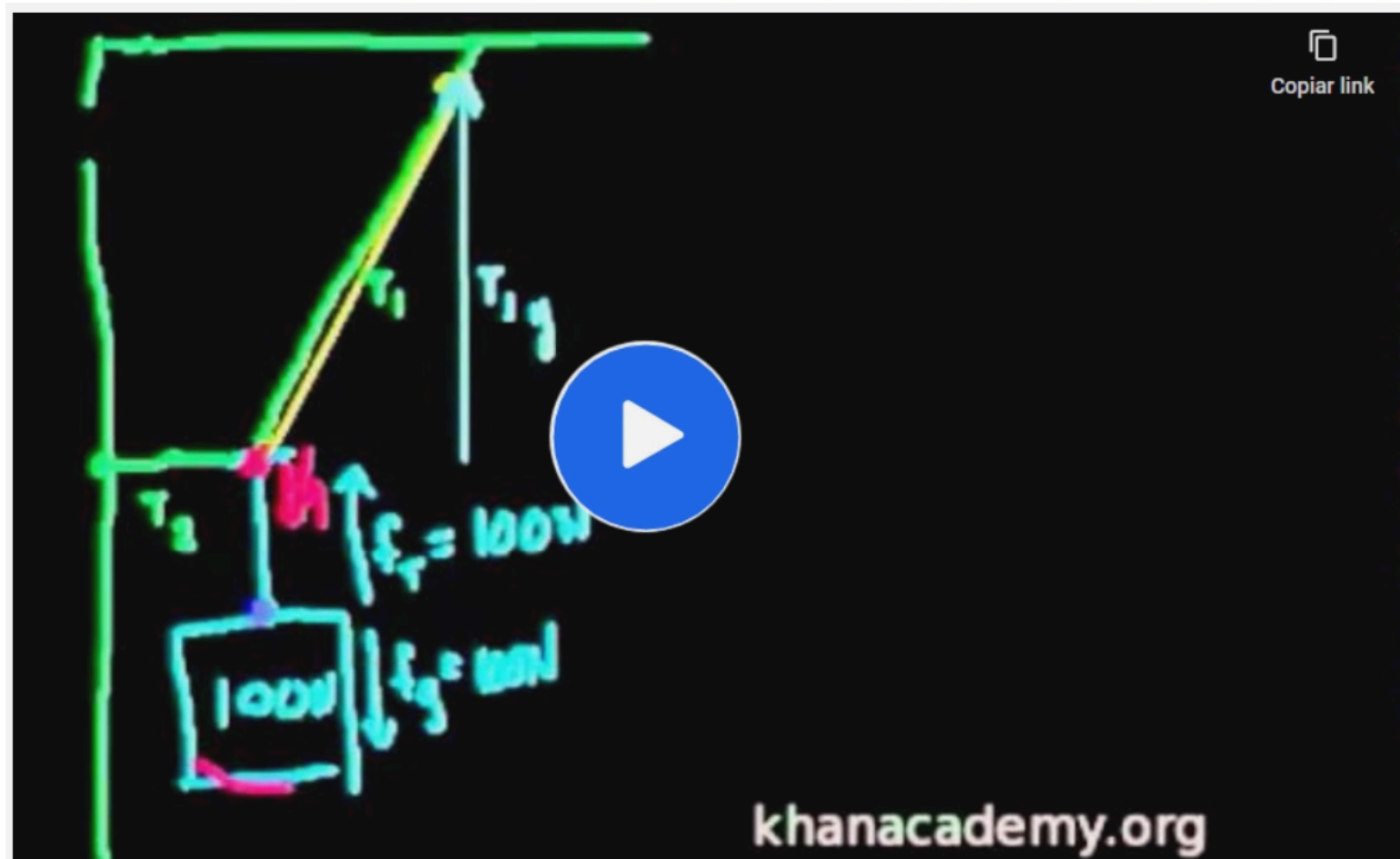
Corpo B

$$\begin{cases} - \\ P_B - T_B = m_B a_B \end{cases} \quad (15)$$



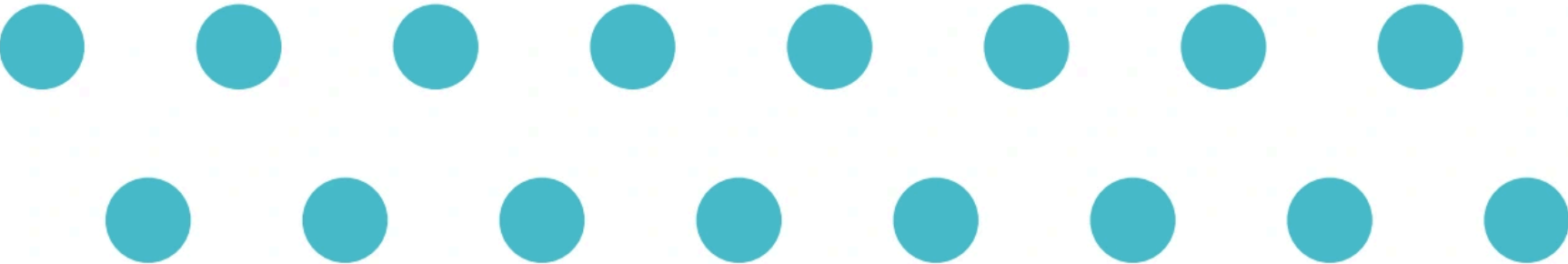
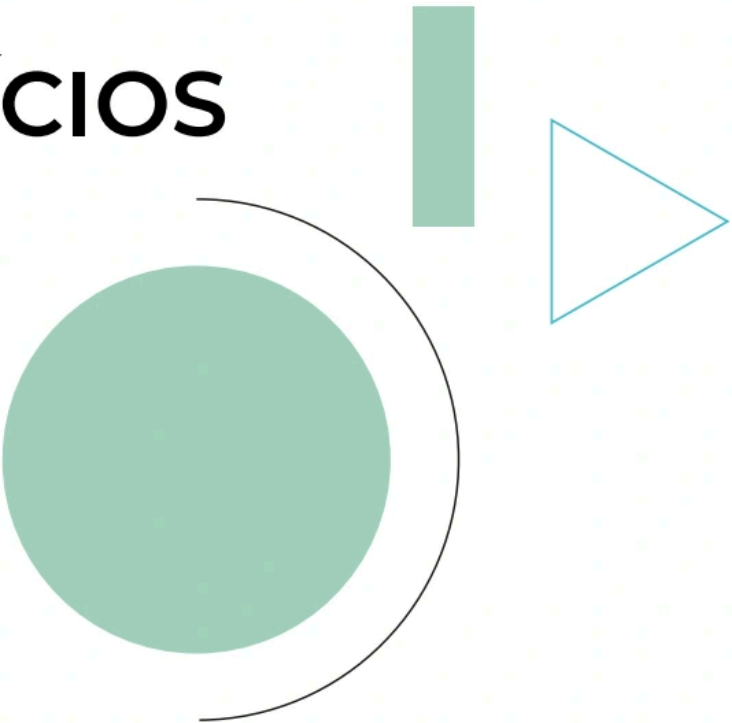
Nestes sistemas os corpos devem ser analisados separadamente, mas não de forma independente (movimentos com constrangimentos). A aceleração dos corpos é a mesma, logo $a_A = a_B = a$ e a corda não sofre nenhuma aceleração servindo unicamente como meio de transmissão de forças logo as tensões T_A e T_B são iguais. Desta forma o sistema torna-se fácil de resolver.

Khan Academy – Introdução à Tensão:





EXERCÍCIOS



Dados: Massa da Terra: $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
Raio médio da Terra: $R_T = 6,35 \times 10^6 \text{ m}$;
Constante de Gravitação Universal: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

1. Calcule o peso de uma criança, de 50 kg de massa, quando esta se encontra à superfície da Terra, utilizando a equação que traduz a Lei da Gravitação Universal.
2. Considere uma pessoa com a massa de 75 kg. Calcule a força gravítica dessa pessoa quando se encontra à superfície de Marte ($m_M = 6,5 \times 10^{23} \text{ kg}$; $r_M = 3398 \text{ km}$)
3. Quando um objeto cai sobre a mão de uma pessoa, esta magoa-se porque (assinale a opção correta):
 - A. A pessoa exerce uma força sobre o objeto.
 - B. O objeto exerce uma força sobre a pessoa.
 - C. O objeto exerce maior força sobre a pessoa do que a pessoa sobre ele.
5. Sobre um corpo de massa 5,0kg, atua uma força, F , como indica a figura 1, de intensidade 30N. O corpo desloca-se com velocidade de valor constante.

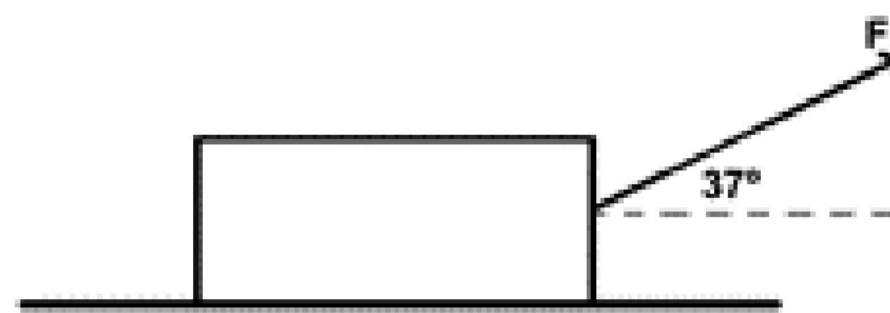


Figura 1

- 5.1 Represente na figura as forças que atuam no corpo.
- 5.2 Determine o módulo da força de atrito, F_a .
- 5.3 Calcule o módulo da força normal que a superfície exerce no corpo, R_n .

6. Um objeto ($m=2,0\text{kg}$) desce um plano inclinado sem atrito, tal como ilustra a figura 3.

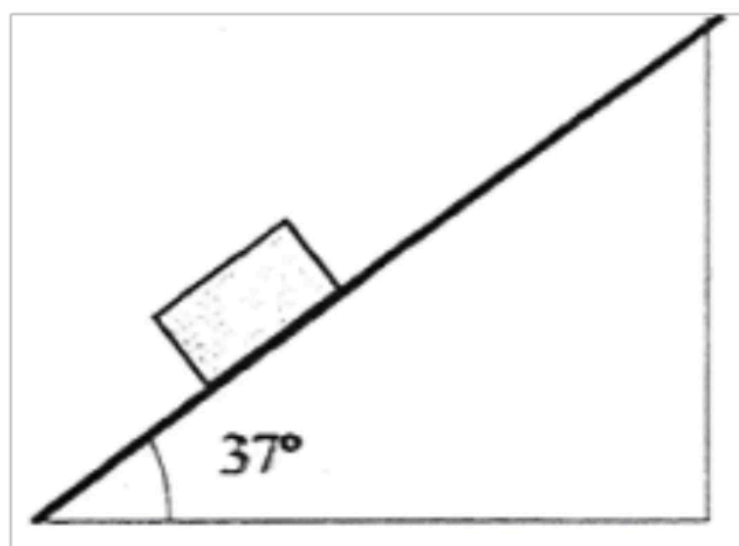


Figura 2

6.1 Represente em diagrama todas as forças que se encontram aplicadas no corpo.

6.2 Determine o valor da aceleração aplicada no corpo.

7. Observar o sistema representado na figura 4. Considerando a corda inextensível e de massa desprezável e sabendo que a intensidade da força de atrito entre o corpo A e o plano é $50,0\text{N}$, $m_B=10,0\text{kg}$ e $m_A=30,0\text{kg}$, responda às seguintes alíneas:

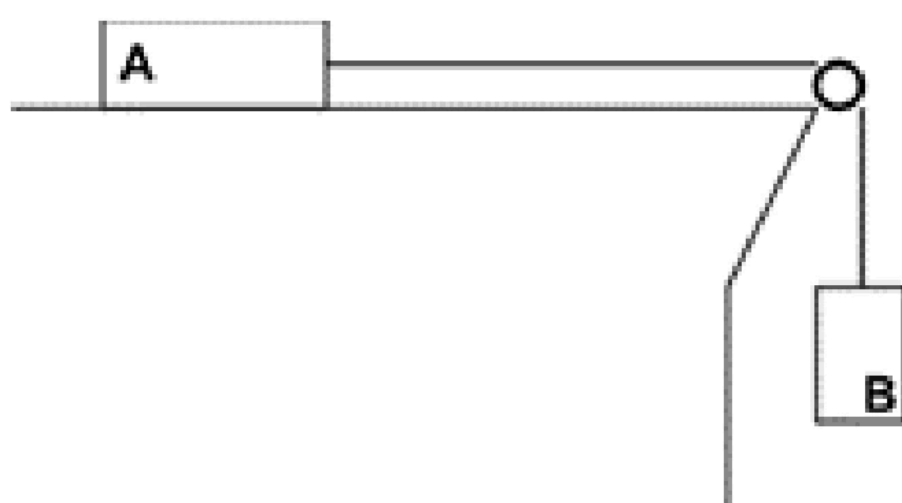


Figura 3

7.1 Represente todas as forças que se encontram aplicadas nos corpos A e B.

7.2 Determine o valor da aceleração do sistema.

7.3 Determine a intensidade da tensão do fio.

8. O corpo A, de massa 5,0 kg, e o corpo B, de massa 2,0 kg, estão ligados por um fio inextensível e de massa desprezável, que passa pela gola de uma roldana ideal. A força de atrito entre o corpo A e a superfície de apoio tem de intensidade 3,0 N, tal como a figura 5 ilustra.

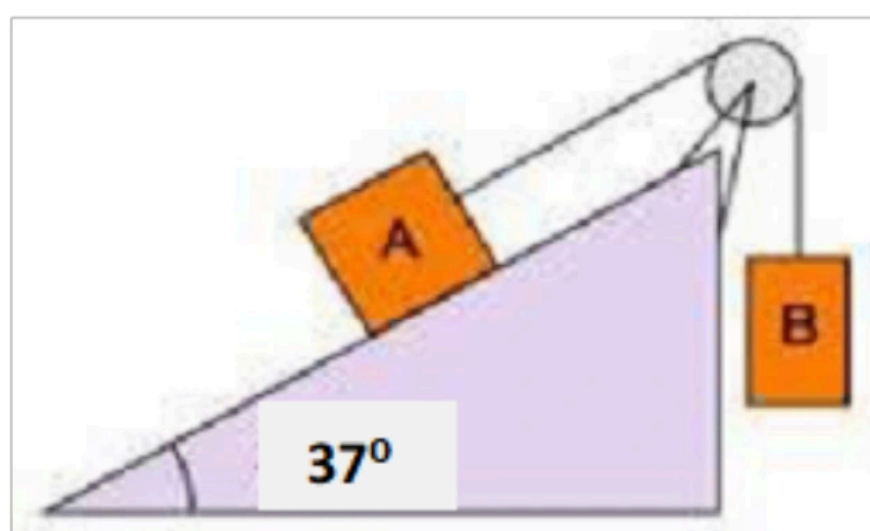


Figura 4

8.1 Desenhe o diagrama de forças que atuam sobre os corpos A e B.

8.2 Calcule o valor da aceleração do sistema de corpos A e B.

8.3 Determine a intensidade da tensão do fio.

[L]
[SEP]

[L]
[SEP]



» 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. **sgo⁺**
ipvc

