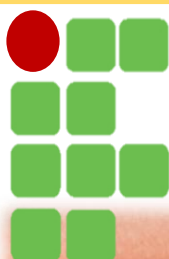




$$F_R = m \cdot a$$

$$F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$$

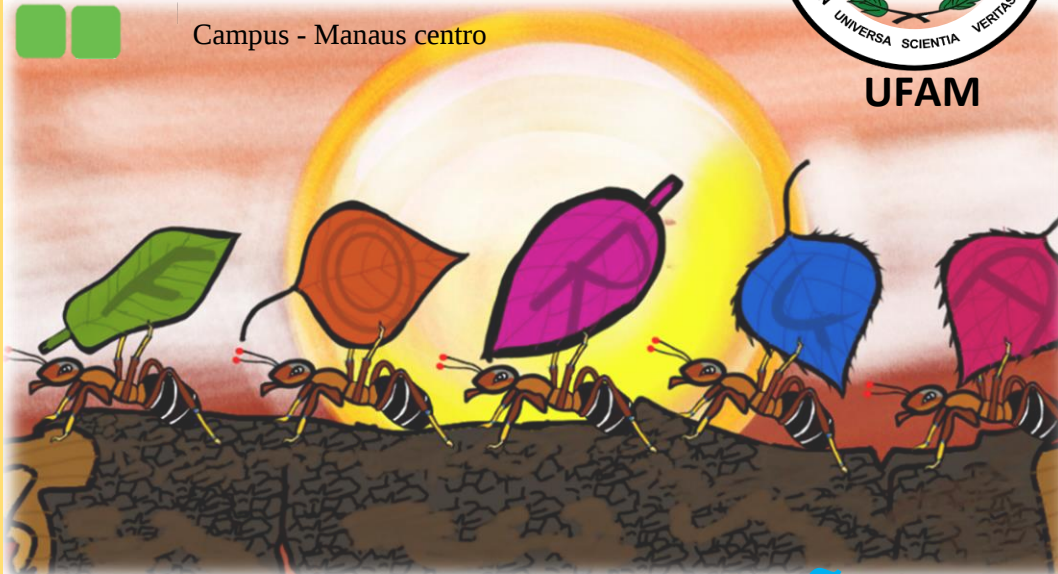


INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS

Campus - Manaus centro



UFAM



A GRAVITAÇÃO

UNIVERSAL E

AS LEIS DE NEWTON



ESCOLA ESTADUAL
ANTÔNIO LUCENA BITTENCOURT



MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



2021

A GRAVITAÇÃO
UNIVERSAL
E
AS LEIS DE NEWTON

ELIVELTON RAMOS DE SOUSA

UFAM e IFAM

ORIENTADO POR: Prof. Dr. DENILSON DA SILVA BORGES

UFAM

Manaus – AM

S725g Sousa, Elivelton Ramos de.

A gravitação universal e as leis de Newton. / Elivelton Ramos de Sousa. – 2021.

53 f.; il; color.

Produto Educacional da Dissertação – Utilização de histórias em quadrinhos no ensino de conteúdos de gravitação universal e das leis de Newton.

(Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Denilson da Silva Borges.

1. Ensino de física. 2. Ensino lúdico. 3. História em quadrinhos. I. Borges, Denilson da Silva. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530.07

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597

Apresentação

Caro professor, esta revista é um produto educacional, criado por Elivelton Ramos de Sousa sob orientação do professor Dr. Denilson Borges, solicitado pelo Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Ela tem por objetivo auxiliá-lo durante suas aulas de física sobre Gravitação Universal e as Leis de Newton. A revista não substitui a sua aula sobre esses conteúdos, mas ela auxilia dando uma base para os alunos, para que possam ter uma maior motivação e maior facilidade na compreensão durante suas aulas.

Os temas aqui abordados seguem uma sequência didática. Iniciando por um breve comentário sobre Newton, desde o seu nascimento, passando por alguns momentos de sua vida até sua graduação. Em seguida apresenta alguns cientistas como: Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei. Na sequência apresentamos alguns dos trabalhos de Newton, mencionamos Aristóteles e o experimento de Galileu na torre de Pisa. Em seguida apresenta-se o conteúdo principal, A lei da Gravitação Universal e As Leis de Newton, seguindo com os temas: princípio da inércia; força de contato; força de campo; equilíbrio estático; equilíbrio dinâmico; princípio fundamental da dinâmica, princípio da Ação e reação.

Por fim, segue alguns questionamentos que os alunos costumam fazer em sala de aula e outros tópicos como: queda livre; aceleração da gravidade; força peso e problemas referentes aos conteúdos abordados.

A respeito de como trabalhar a revista em sala de aula, fica a critério de cada professor. Mas se precisar de uma sugestão, sugiro que se faça uma leitura em grupo, de modo que cada aluno leia algum trecho da revista para que todos possam participar da dinâmica.

A revista pode ser apresentada impressa ou digital (PDF - para quem preferir). No final da revista, tem algumas questões para que os alunos possam aplicar o conhecimento adquirido.

Bons estudos!

Autor.

ISAAC NEWTON

Onde tudo começou

EUROPA – 1642



INGLATERRA – 1642



Inglaterra, ano de 1642, início da guerra civil inglesa. Conflito entre os partidários do rei Carlos I da Grã-Bretanha e os parlamentares.

A Guerra Civil Inglesa, que aconteceu durante a Revolução Inglesa, foi uma guerra civil entre os partidários do rei Carlos I da Inglaterra e do Parlamento, liderado por Oliver Cromwell. Começou em 1642 e acabou com a condenação à morte de Carlos I, em 1649.

O rei controlava o noroeste do país, enquanto o Sudeste — incluindo Londres — encontrava-se sob o domínio do parlamento.

Os pais de Isaac Newton

*Woolsthorpe, - aldeia na Inglaterra.
- Fazenda do senhor Isaac Newton.*

Hannah Ayscough, nasceu no ano de 1623 em Market Overton, na Inglaterra. A família de Hannah era envolvida com a igreja e até tinham membros que estudaram em importantes universidades inglesas.

Isaac Newton, nasceu no ano de 1606 em Woolsthorpe na Inglaterra. A família de Newton sobrevivia graças à agricultura e criação de ovelhas.



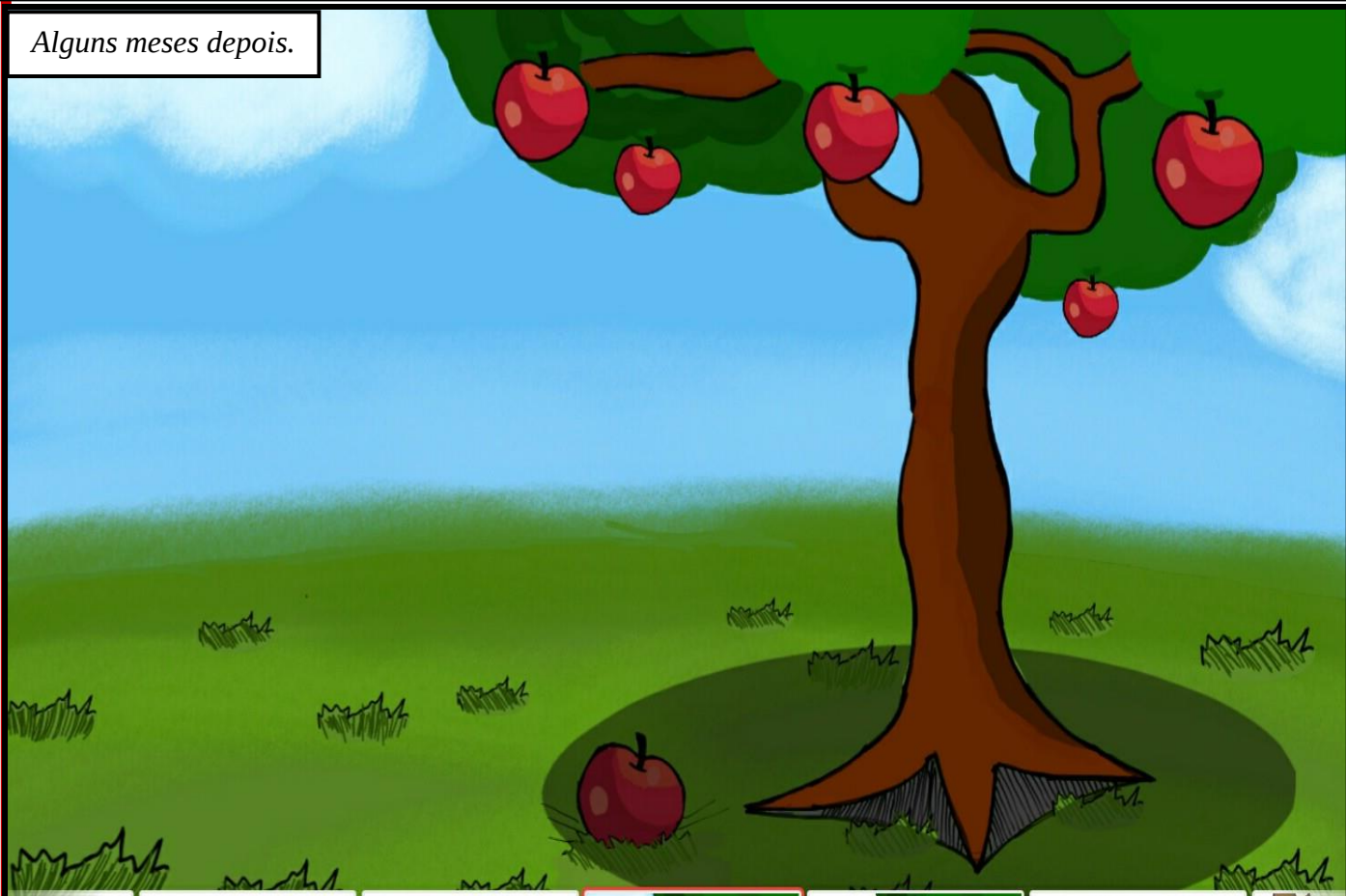
Os Newton não eram uma família rica muito menos nobre, porém a família não era tão pobre.

Por ter um pouco mais de condições que os populares locais, graças a renda da fazenda, e uma leve ascensão social, Isaac Newton pode fazer um pedido de casamento a *Hannah*.

Havia interesse financeiro e de status em qualquer casamento. Muitas famílias foram salvas da pobreza graças ao casamento de uma filha com alguém que possuía posses. O casamento era como uma moeda de troca.

O casamento

Alguns meses depois.



Em abril de 1642 Hannah Ayscough casa-se com o fazendeiro Isaac Newton.



A morte e o nascimento

Outubro de 1642,
Isaac Newton morre
deixando Hannah
grávida de 5 meses.



Em 25 de Dezembro de 1642 (pelo calendário
juliano, vigente na época na Inglaterra) nasce o
filho de Hannah Ayscough. Pelo calendário
gregoriano, vigente hoje, essa data seria
equivalente à 4 de janeiro de 1643.

Você se chamará
Isaac Newton.
Assim com seu pai.



Um novo casamento

Hannah criou o pequeno Newton até os três anos de idade.

1- Meu filho você irá morar com seus avós.

2- Por que mamãe?

1 - Porque eu irei me casar novamente.

2 - Tudo bem, Mamãe!

A fazenda

1- Meu filho você precisa deixar a escola e cuidar da nossa fazenda.

Ano de 1655, morre o segundo marido de Hannah. Newton, aos 12 anos, volta a morar com sua mãe e seus meios irmãos.

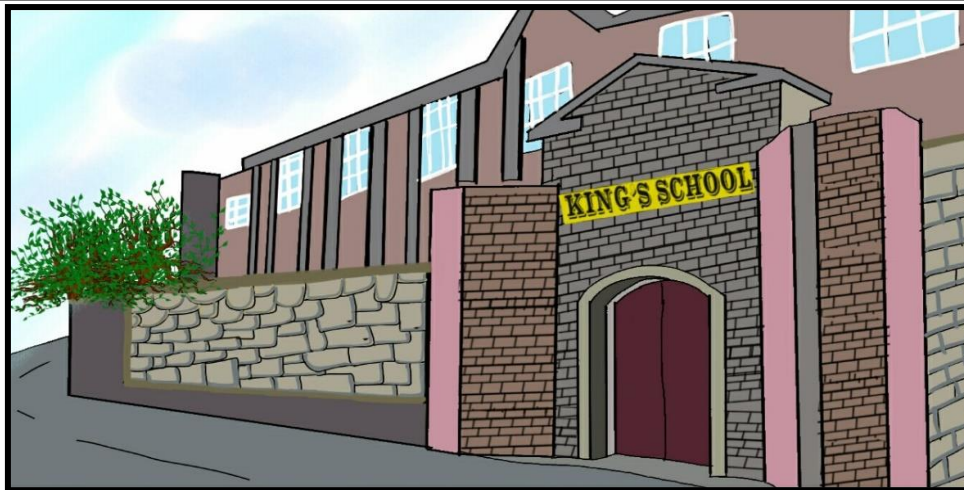
2 - Tudo bem, Mamãe!
Farei isso!

Newton não tem afinidades com a fazenda e acaba fracassando nos negócios da família.

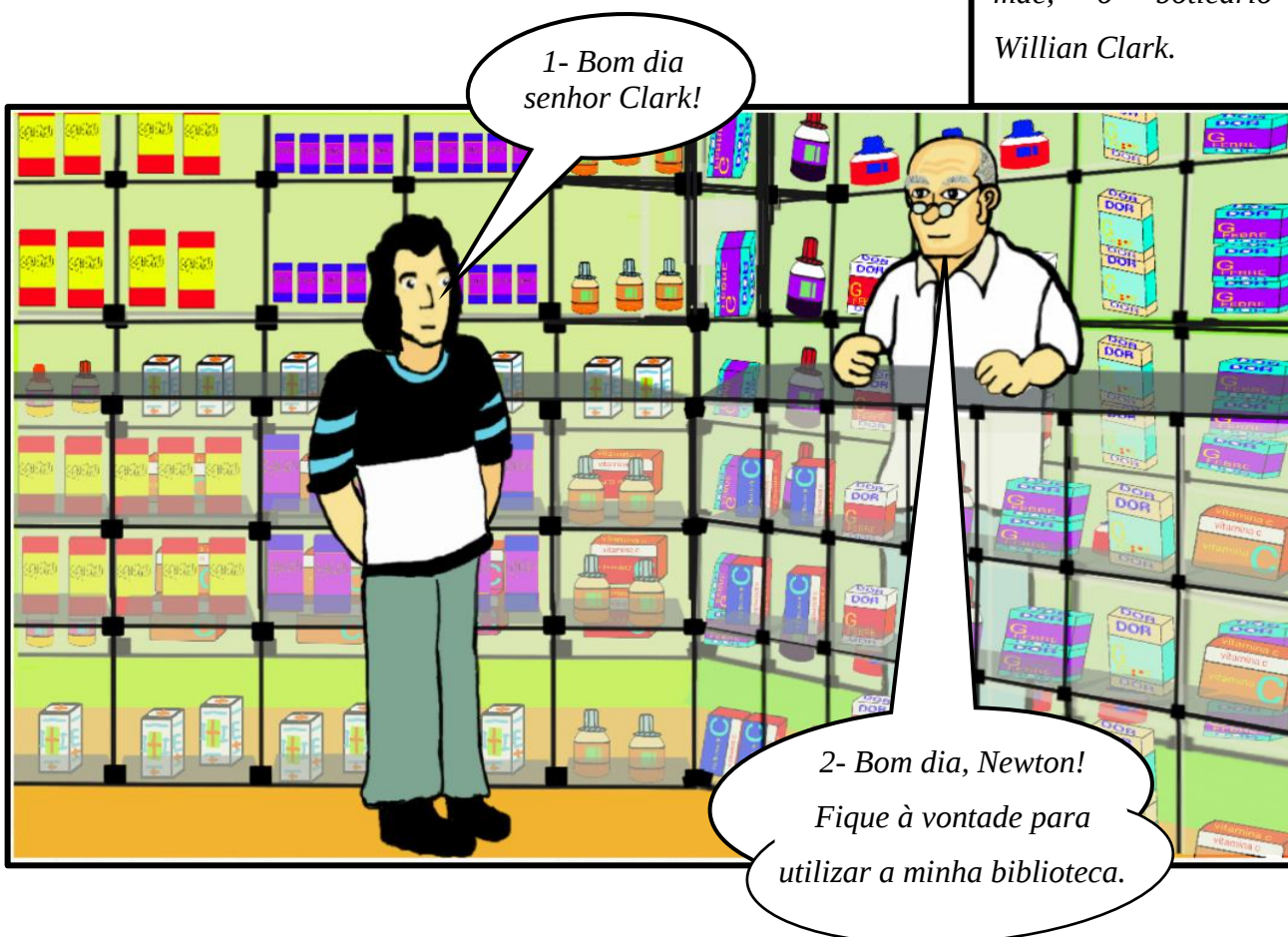
1- Como você não leva jeito para cuidar da fazenda, vai estudar na KING'S SCHOOL, em Grantham.

2- Mas mamãe fica muito longe, cerca de 10 km

De volta as aulas



Newton precisa estudar, porém não tem como ir à escola e voltar para a sua casa todos os dias, pois mora distante da escola. Ainda, em 1655, Newton passa a morar em Grantham, com um amigo de sua mãe, o boticário Willian Clark.



De volta as aulas



Newton gostava de ler, ficou deslumbrado com a biblioteca do senhor Clark.



Newton, anotava tudo que achava interessante e importante.

A graduação

Ao contrário do que muitos pensam, Isaac Newton não foi um aluno brilhante. Era mediano.

Na KING'S SCHOOL, Newton estudou latim, grego, teologia, conceitos básicos de geometria e aritmética.

Ele não fez cálculos nem estudou teorias matemáticas ou fórmulas físicas. Mas teve que criar alguns mecanismos para poder entender e explicar como acontece certos fenômenos na natureza.



O tio de Newton ao perceber as habilidades intelectuais de seu sobrinho, acredita que ele deveria cursar uma graduação.

Em 1661, seu tio sugere a Hannah a colocá-lo na graduação, na Universidade de Cambridge, onde o próprio foi graduado.



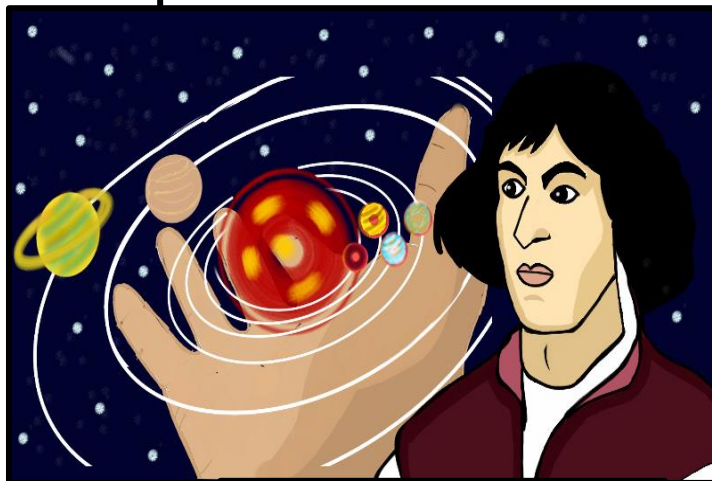
2- Está bem, mandarei Newton para Cambridge.

1- Andei conversando com Newton e percebi que ele é um garoto talentoso. Você deveria colocá-lo na graduação!

Em pleno século XVII, Newton chega a Cambridge, onde a revolução científica estava com força total. Onde a visão heliocêntrica do universo teorizada pelos astrônomos Nicolau Copérnico e Johannes Kepler, e depois refinada por Galileu Galilei, era conhecida em todo circuito acadêmico europeu.



Nicolau Copérnico, 1473-1543, (astrônomo polonês). **Em 1510** descreveu uma teoria para o sistema planetário, em sua obra *Commentariolus* (Pequeno comentário), descreve uma versão preliminar de sua revolucionária teoria **heliocêntrica** do universo, que circulou anonimamente entre seus amigos e colegas. Sua obra final foi publicada em 1543, após sua morte como desejado, no livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Sobre as revoluções das esferas celestes).

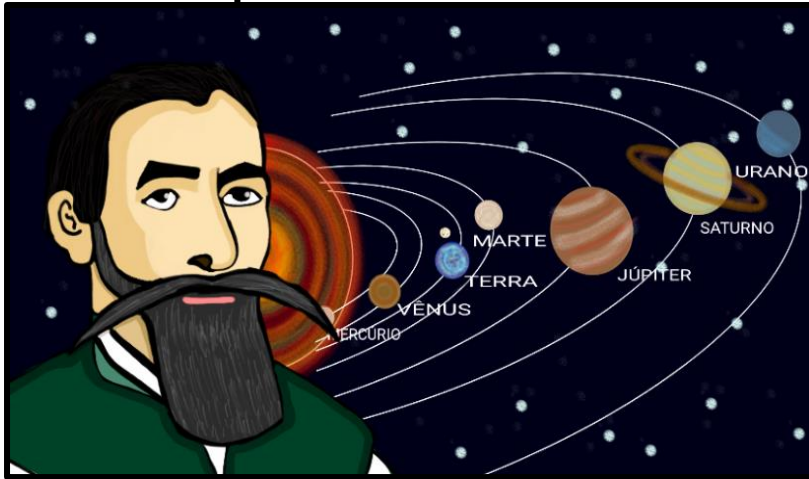


A teoria Heliocêntrica de Copérnico, diz que a Terra e os demais planetas se movem ao redor de um ponto vizinho

ao Sol, sendo este, o verdadeiro centro do Sistema Solar. A sucessão de dias e noites é uma consequência do movimento de rotação da Terra sobre seu próprio eixo.

Os gigantes que inspiraram Newton: Johannes Kepler

Johannes Kepler (1571-1630, matemático e astrônomo alemão) assistente de Tycho Brahe (1546 - 1601). Kepler usou as medidas coletadas por seu mestre para estabelecer suas leis de movimento dos planetas. As duas primeiras publicadas em 1609 e a terceira, em 1619. A versão final das três leis foi publicada, em 1620, no IV livro do *Epítome Astronomiae Copernicanae* (Compêndio da Astronomia Copernicana).

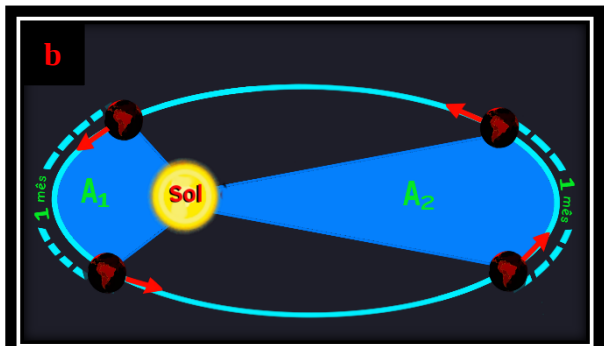
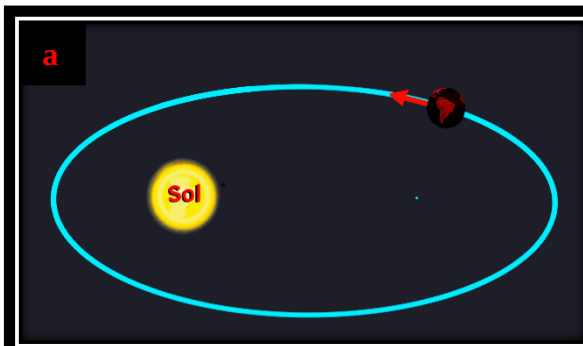


A terceira lei de Kepler foi de grande importância para os estudos de Newton da gravitação, em particular, na compreensão da universalidade da lei da atração gravitacional.

As Leis de Kepler, são apresentadas da seguinte forma:

1. **1ª Lei:** Todos os planetas se movem em orbitas elípticas tendo o Sol como um dos focos.

2. **2ª Lei:** Uma linha unindo um planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalo de tempos iguais.



Representação sem escala e em cores fantasia (a) da 1ª Lei de Kepler; (b) da 2ª Lei de Kepler.

3ª Lei: O quadrado do período de qualquer planeta em torno do Sol é diretamente proporcional ao cubo da distância média entre o planeta e o Sol.

Onde:

$$T^2 = K a^3$$

T: representa o período.

a: representa a distância média entre o centro do planeta e o Sol.

K: representa uma constante de proporcionalidade.

Os gigantes que inspiraram Newton: Galileu Galilei

Galileu Galilei (1564-1642) nasceu em Pisa, Itália, estudou medicina na Universidade de Pisa e então mudou para a matemática. Foi um físico, matemático, astrônomo e filósofo.

Cedo desenvolveu um interesse pelo movimento e logo estava em conflito com seus contemporâneos, que sustentavam as ideias aristotélicas sobre a queda dos corpos. O experimento de Galileu com corpos em queda desacreditou a afirmação de Aristóteles de que a velocidade de um objeto em queda fosse

proporcional a seu peso, como discutiremos adiante.



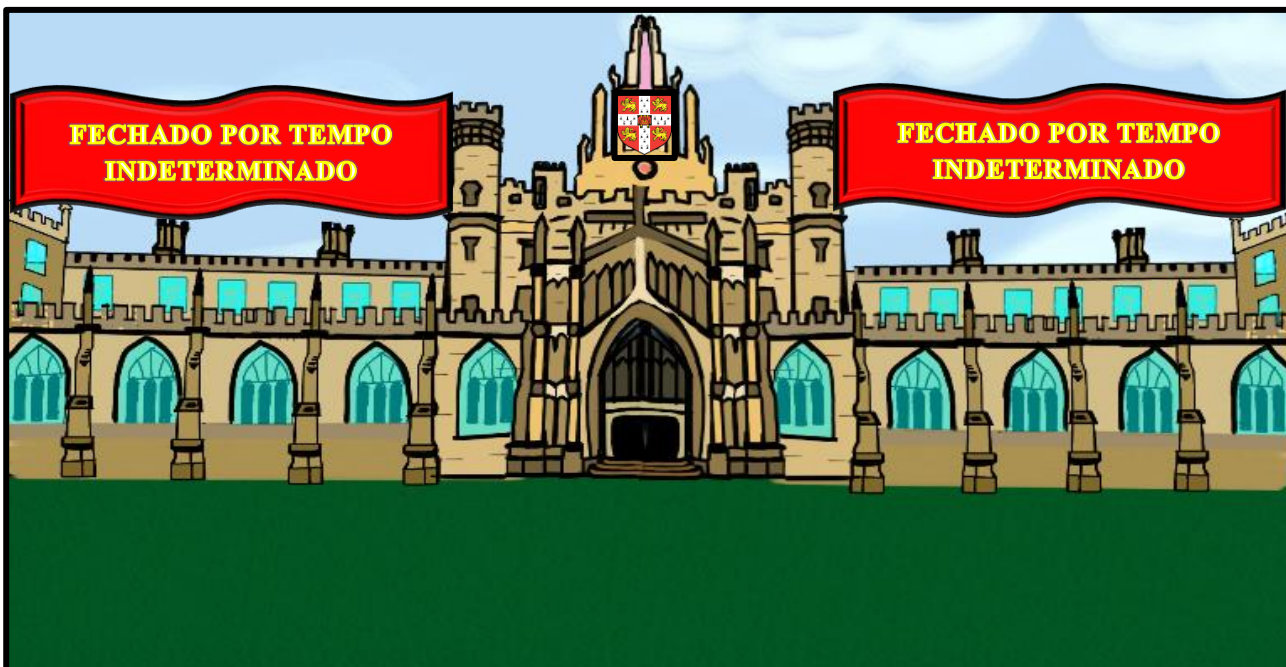
Dando continuidade aos estudos astronômicos,

em 1609, Galileu desenvolveu seu próprio telescópio que tomou como modelo uma luneta criada em 1608 pelo inventor holandês Hans Lippershey.

Galileu foi o primeiro a usar o telescópio como um instrumento astronômico. Ele descobriu as manchas solares; descobriu as quatro primeiras luas de Júpiter; entre outras descobertas.

Tempo para as grandes ideias

Newton começa a estudar na faculdade Trinity College, que fazia parte da grande e importante Universidade de Cambridge. Os primeiros anos de Newton na Universidade foram dedicados as matérias básicas, onde estudava os filósofos antigos. Porém, Newton também lia os trabalhos dos filósofos modernos. Nesse período, ele escreveu algumas anotações, como por exemplo "Quaestiones Quaedam Philosophicae" ("Certas Questões Filosóficas"). Newton estava começando a contribuir com a Revolução Científica.



Em 1665, Newton voltou para casa para estudar. Pelo fato de a Universidade de Cambridge ter sido fechada por 18 meses por conta da Grande Praga.



Nesse período,

ele criou o cálculo infinitesimal, construiu as bases para sua teoria das cores. Teve algumas idéias sobre as leis do movimento planetário.

Tempo para as grandes ideias



Acredita-se que foi durante esse período que ele começou a formular a lei da Gravitação Universal, ao perceber uma maçã em queda.

Em 1679, morre Hannah Ayscough, isso faz com que Newton ficasse isolado. Newton se afasta do meio intelectual por aproximadamente seis anos. Nesse período, ele se dedicou mais aos seus estudos sobre a gravidade e seus efeitos nas órbitas dos planetas.

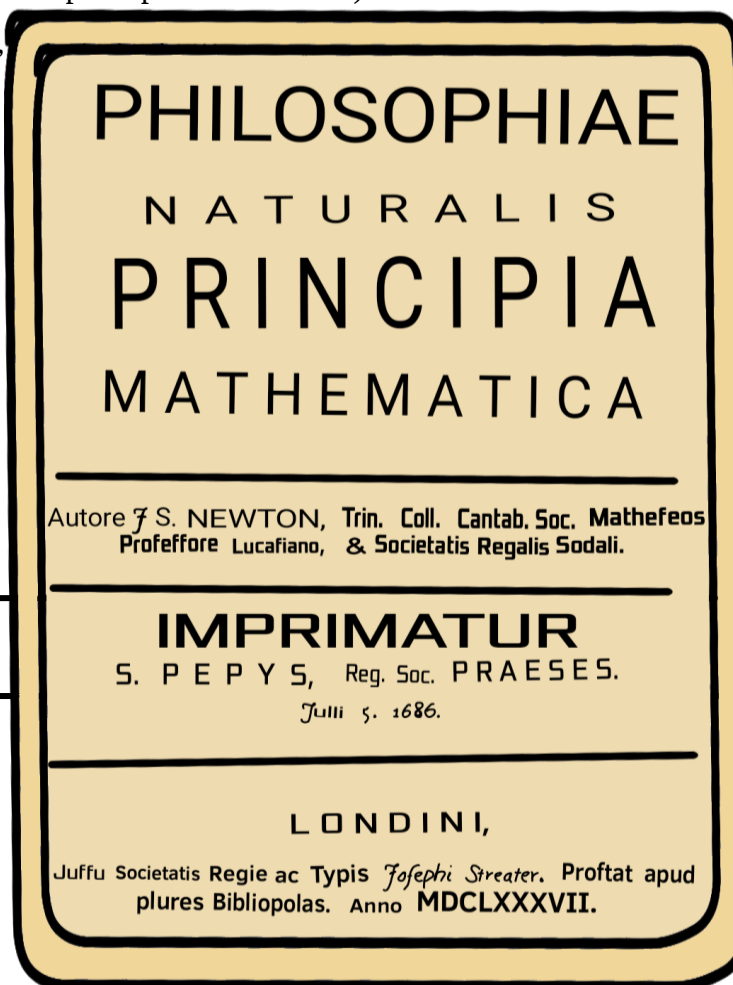
Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural

Em 5 de julho de 1687, Isaac Newton, publica Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (em latim: *Philosophiae naturalis principia mathematica*). É uma obra de três volumes, Newton publicou outras duas edições,

Após a publicação, Robert Hooke acusou Newton de plágio. Mas a acusação era infundada, já que a maioria dos cientistas sabia que Hooke havia apenas teorizado sobre a ideia e nunca a provou sob quaisquer circunstâncias. Newton ficou furioso e defendeu fortemente suas descobertas.

O livro ficou conhecido como “Principia”. É um livro bastante influente, pois contém informações sobre grande parte dos conceitos essenciais da física.

Com a publicação, sua reputação como cientista estava consolidada, pois o seu livro “Principia” o transformaria no cientista mais importante da época. O livro representa o ápice da revolução científica iniciada por Copérnico, 200 anos antes.



O Principia expõe:

- A Lei da Gravitação Universal.
- As Leis de Newton:
 - ✓ A Lei da Inércia;
 - ✓ O Princípio Fundamental da Dinâmica;
 - ✓ O Princípio da Ação e Reação.
- Entre outros.

Os estudos de Newton adentram em

uma ampla área do conhecimento científico.

Onde se destacam:

- Física,
- Matemática,
- Política,
- Filosofia,
- Religião.

A queda dos objetos em direção à Terra

Você já deve ter percebido que quando joga um objeto para cima ele retorna. Já se perguntou por que esse fenômeno ocorre?

Por que as coisas caem sobre a terra? Na figura a seguir temos Newton observando a queda da maçã.



A busca de uma explicação, pelo homem, para o motivo das coisas cáírem se pendurou por muitos séculos. Dentre as primeiras tentativas de explicar como e por que os objetos caem em direção à Terra, é citado o filósofo grego Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.).

*Se a matéria é formada pelos quatro elementos: **Terra, Água, Ar e Fogo**. Então, todos os corpos se movem em direção ao seu lugar natural.*



➤ Alguns objetos tinham o centro da terra

como seu lugar natural, portanto, eles cairiam em direção a ela.

➤ Para outros objetos, o lugar natural seria a esfera celeste e, como tal, gases — ou vapores, por exemplo — afastavam-se do centro da Terra em direção ao céu e à Lua.

A velocidade dos objetos em movimento era supostamente proporcional à massa do objeto:

➤ objetos pesados caem mais rápido que os leves.

Aristóteles e os quatro elementos

Os movimentos naturais dos quatro elementos, segundo Aristóteles, se caracterizam da seguinte maneira:

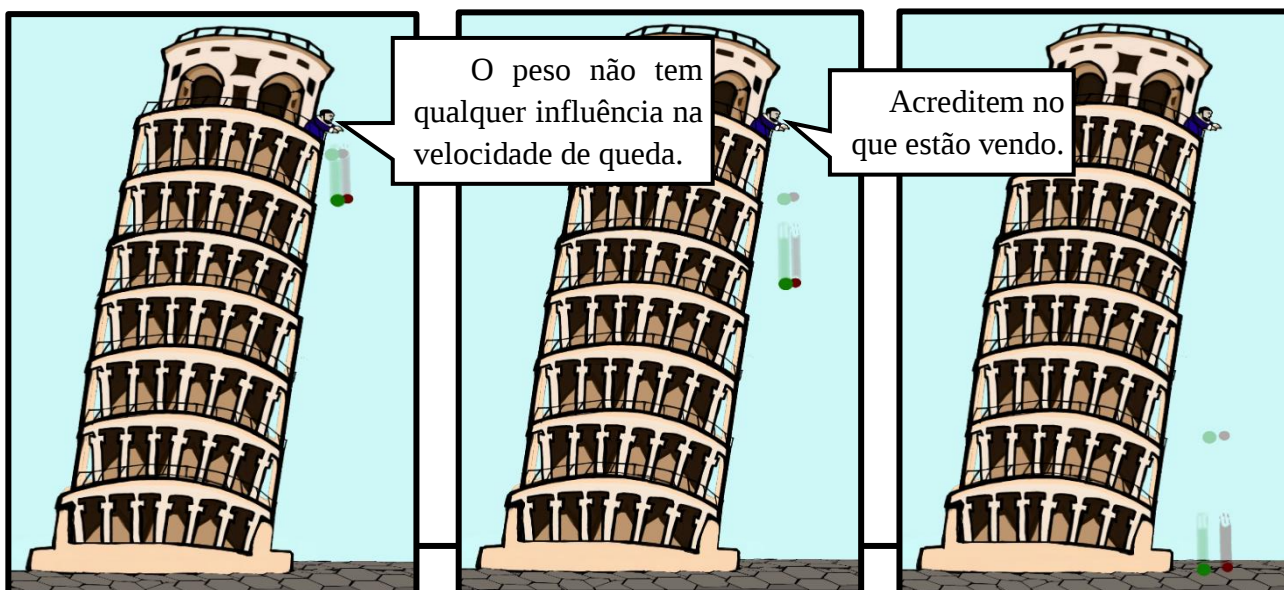
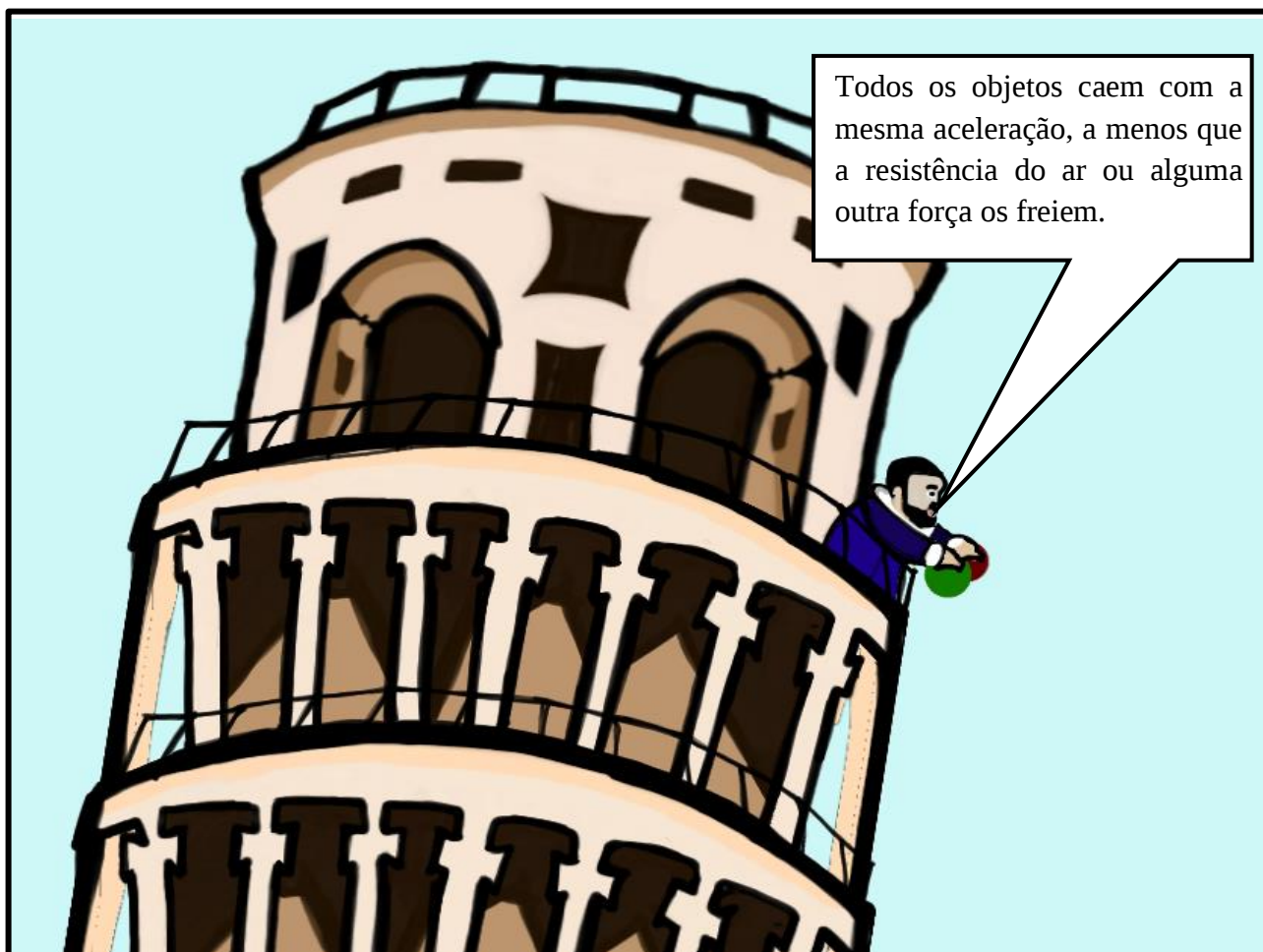


1 - O lugar natural da terra e da água é embaixo, pois, dentre os quatro elementos são os “mais pesados”. Assim, toda vez que estiverem em cima eles tendem a se mover para baixo. Por ser “mais leve” do que a terra, a água procura o seu lugar natural sobre a terra.



2 - O lugar natural do fogo e do ar é em cima, pois dentre os quatro elementos, estes são os “mais leve”. Assim, toda vez que estiverem embaixo eles tendem a se mover para cima. Por ser “mais leve” do que o ar, o fogo procura o seu lugar natural acima do ar.

A Torre de Pisa e o experimento de Galileu



Os dois corpos chegaram juntos ao solo. Assim conclui-se que corpos, no vácuo, a uma mesma altura caem com a mesma aceleração.

A partir desse momento os cientistas passaram a fazer mais experiências para descobrir a verdade.

A Gravitação

O conhecimento científico surgiu da necessidade do ser humano de querer entender como as coisas funcionam ao invés de simplesmente aceitá-las. Com este tipo de conhecimento o homem começou a entender o porquê de vários fenômenos naturais.

Deve existir ao redor da maçã um campo de força.



As pessoas sabiam que existia uma força que as atraem em direção ao chão, porém pensavam que essa força fosse uma propriedade exclusiva da terra. Newton foi além e mostrou que essa propriedade também pertence a outros corpos.

Por isso que a maçã cai, por que existe uma força no espaço que a puxa em direção ao chão.



A Gravitação

Newton chegou a conclusão de que a força que puxava a maçã para baixo era a mesma que mantinha a lua em órbita.



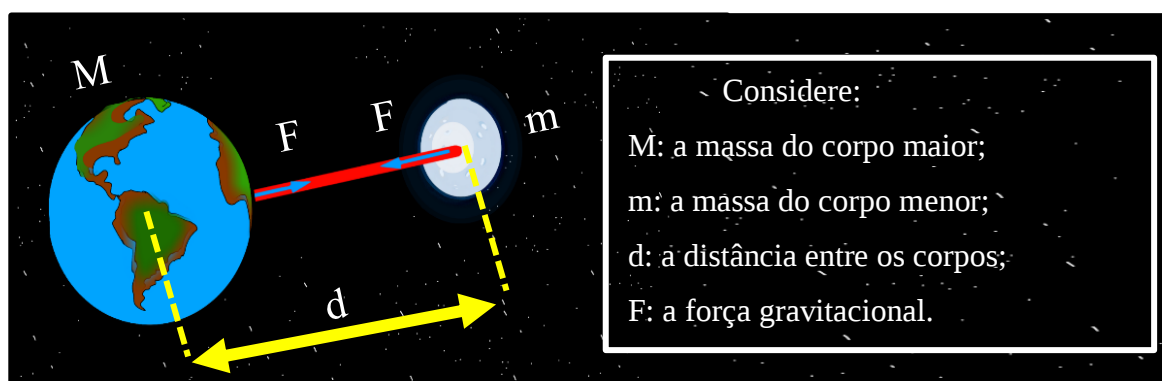
Gravitação é a propriedade, que todo corpo possui, de atrair outros corpos.

A terra, por exemplo, tem um campo gravitacional. Qualquer corpo que estiver nesse campo estará sujeito a ação de uma força de atração. Tal força, chamamos de peso.



A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Formulada por Isaac Newton, a Lei da Gravitação Universal afirma que, se dois corpos possuem massa, ambos sofreram uma força de atração mútua diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade.



Força de atração diretamente proporcional às massas, significa que quanto maior forem as massas dos corpos envolvidos, maior será a força de atração entre eles.

$$\uparrow F \propto \uparrow Mm$$

$$\downarrow F \propto \downarrow Mm$$

Força de atração inversamente proporcional ao quadrado da distância, significa que quanto maior for a distância entre as massas dos corpos envolvidas, menor será a Força de atração entre eles.

$$\downarrow F \propto \uparrow \frac{1}{d^2}$$

$$\uparrow F \propto \downarrow \frac{1}{d^2}$$

A Força de Atração Gravitacional

Newton estabeleceu a lei da gravitação, que unifica todos os fenômenos terrestres e celestes de atração entre os corpos. Essa Lei ficou conhecida como a **Lei da Gravitação Universal**, representada pela seguinte equação:

The diagram shows the equation $F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$ on a scroll. Labels with arrows point to parts of the equation:

- Força de atração entre os corpos de massa M e massa m .** points to F
- Constante Gravitacional.** points to G
- Massa do corpo 1.** points to M
- Produto.** points to $\cdot$
- Massa do corpo 2.** points to m
- Dividido por.** points to $/$
- Ao quadrado.** points to d^2
- Distância entre os corpos.** points to d

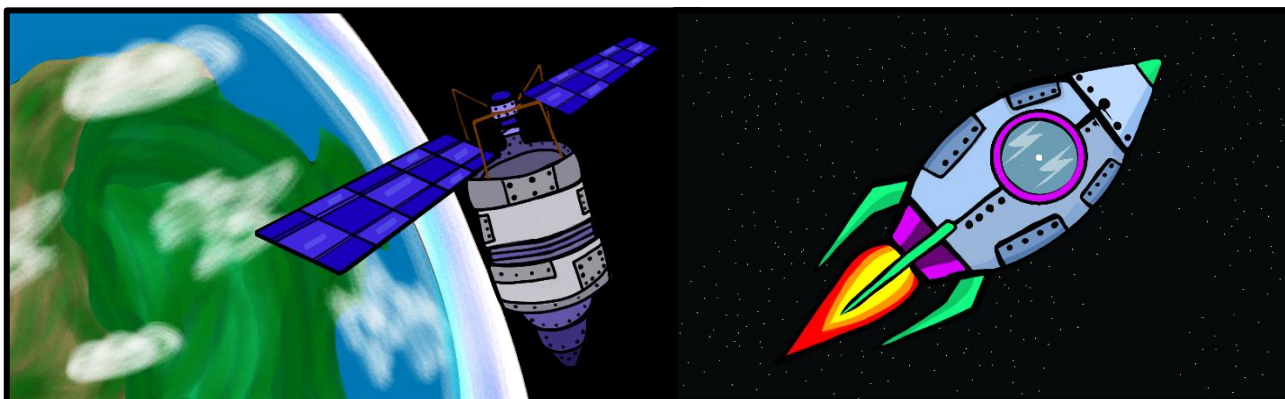
A Constante Gravitacional Universal foi medida pela primeira vez em 1798, um século após a época de Newton, pelo físico Henry Cavendish.

Henry Cavendish (Nasceu em 10 de outubro de 1731, em Nice, na França, Faleceu em 24 de fevereiro de 1810, em Londres, no Reino Unido), foi um físico e químico conhecido pela precisão de suas medições. Descobriu o hidrogênio, que ele chamou de "ar inflamável". Entre outras contribuições.

No Sistema Internacional de Unidades, utiliza-se a unidade de medida **Newton** para representar a força, em homenagem a Isaac Newton. 1 newton corresponde à força exercida sobre um corpo de massa igual a 1 kg que lhe induz uma aceleração de 1 m/s^2 na mesma direção e sentido da força.

$G = 6,674184 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

As Leis de Newton



A Física

Para que você possa admirar inteiramente a beleza da natureza, você precisa entender as leis que conduzem os fenômenos naturais. A física estuda as leis da natureza e nos mostra como tudo na natureza está conectado. Estudando física, você vai aperfeiçoar a maneira como você enxerga o mundo e passa a entender como ocorrem os fenômenos a sua volta.



A 1ª Lei de Newton



A toalha da mesa foi puxada rapidamente e o que estava em cima permaneceu em seu estado inicial.



Como eu puxei rapidola¹ só a toalha, o copo, o bule e a xicara não se movem nem com nojo²!

Como você explica tal fenômeno?

Pense e faça sua anotação.

Expressões usadas em alguns lugares da região norte:

Rapidola¹: significa rapidamente, algo rápido.

Nem com nojo²: de jeito nenhum., indica negação. Utilizada para referir que algo realmente não irá acontecer.

A tendência de permanecer parado



Considere a seguinte situação:

Um **ônibus parado**, dentro dele duas pessoas em pé e o motorista.

Um dos passageiros está se segurando e o outro não.



Observe que quando o motorista arranca bruscamente, o passageiro que não se segurava em nenhuma parte do veículo cai para trás.

Você consegue explicar esse fenômeno?

Expressões usadas em alguns lugares da região norte:

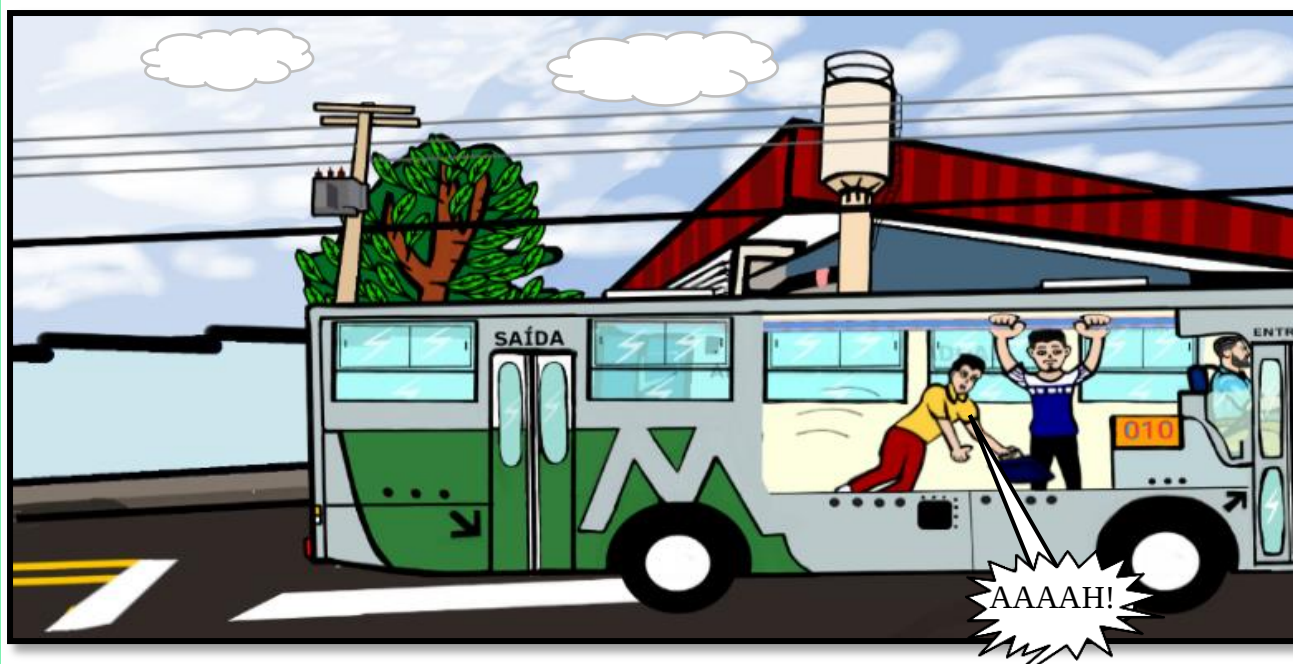
Mano, telesé!³: mano = amigo e telesé = "tu é leso é?". A expressão é o mesmo que, "amigo, você não tem noção?"

Até parece!⁴: significa desdém em tom de ironia. O mesmo que, "não vai acontecer!"

A tendência de permanecer em movimento

Considere a seguinte situação:

Um **ônibus em movimento**, dentro dele duas pessoas em pé e o motorista. Um dos passageiros está se segurando e o outro não.



Observe que quando o motorista freia bruscamente, o passageiro que não se segurava em nenhuma parte do veículo cai para frente. Você consegue explicar esse fenômeno?

Expressões usadas em alguns lugares da região norte:

Mano, te segura! Senão tu vai levar uma queda!⁵: o mesmo que, “amigo, segure-se! caso contrário vai cair!”

Isso é lorota.⁶: O mesmo que, “isso é mentira!”

A tendência de permanecer em movimento

Se um cavalo está em alta velocidade e para rapidamente, se quem o está montando não se segurar firmemente, este vai continuar em movimento até ser parado por algum obstáculo.

Você consegue explicar esse fenômeno?

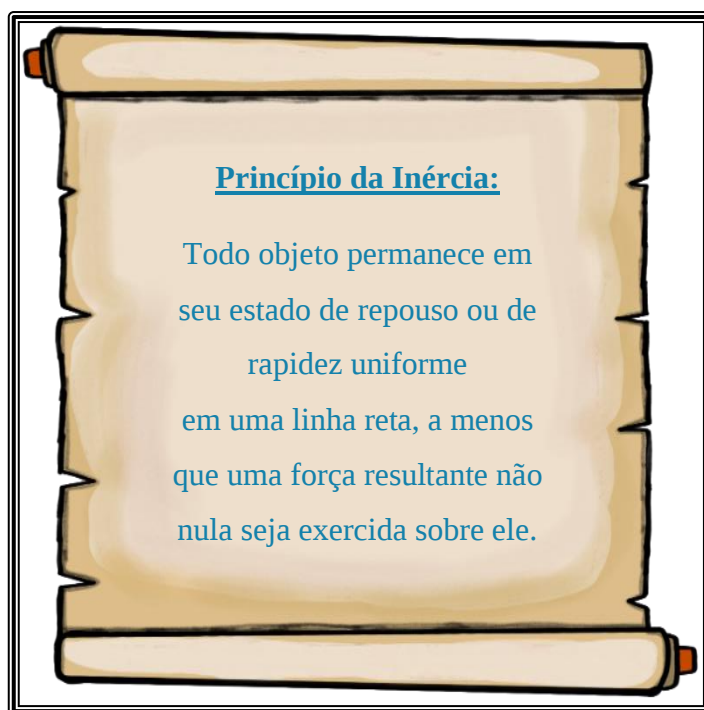


Diante dessas situações, você percebe que existe uma tendência do corpo em permanecer em seu estado natural. Se o estado natural do corpo for o repouso, a tendência é permanecer em repouso; se o estado natural do corpo for o movimento retilíneo uniforme, ele tende a permanecer nesse movimento.



O Princípio da Inércia.

Newton refinou a ideia de Galileu e formulou a **Primeira Lei de Newton**, conhecida como **Princípio da inércia**.



Voltando a situação onde o garoto puxou a toalha da mesa e os objetos permaneceram em seus lugares, isso ocorreu por causa da inércia. Os objetos estavam parados e, por inércia, a tendência era que permanecessem parados, como a força aplicada não foi suficiente para romper a inércia dos objetos eles permaneceram em seu estado natural de repouso. Da mesma forma o rapaz que cai para trás dentro do ônibus quando o motorista dá uma arrancada brusca, isso ocorre por causa da inércia, onde seu corpo tende a permanecer na mesma posição em estado de repouso.

No exemplo do ônibus em movimento onde temos um rapaz que não está se segurando firmemente, quando o ônibus parar, a tendência do rapaz é permanecer em movimento, por isso ele cai para frente. O mesmo ocorre quando um cavalo em movimento para bruscamente, por inércia, a tendência de quem está montando o cavalo é de permanecer em movimento. Se não se segurar firme para vencer a inércia, o cavaleiro cai.

Quando você se desloca, você sai um lugar e vai para outro.

Nessa situação dizemos que você realizou um movimento. Você nunca se perguntou como você consegue se movimentar? Haveria alguma situação onde você tentasse se mover e não conseguiria? Você sabe o que causa os movimentos dos corpos? Sabe o que é necessário para modificar o estado de repouso ou estado de movimento de um corpo?

Você já deve ter percebido que quando você quer movimentar algum objeto, você o empurra ou puxa, ou ainda, o levanta e leva até onde deseja.



Essa ação que você faz de empurrar ou puxar, é a aplicação de uma força para tentar mover algo.

Expressões usadas em alguns lugares da região norte:

Galera⁷: significa um grupo de pessoas. “mais força galera!” é o mesmo que, “mais força pessoal!”

Maceta⁸: significa enorme. “Esse carro tem um peso maceta!” é o mesmo que, “Esse carro tem um peso enorme!”

Segundo a história, o primeiro a abordar o conceito de força foi Aristóteles. Ele defendia a ideia de que os corpos tinham a tendência de estar em repouso e as forças provocavam o movimento. Essa ideia foi aperfeiçoada por Isaac Newton.



Força resultante é uma grandeza que tem a capacidade de vencer a inércia de um corpo, modificando-lhe a velocidade.

As vezes a força aplicada não é suficiente para vencer a inercia do corpo e, nesse caso, não é capaz de movê-lo ou de pará-lo.

CLASSIFICAÇÃO DAS FORÇAS

As Forças são classificadas em dois grupos:

As Forças de contato:

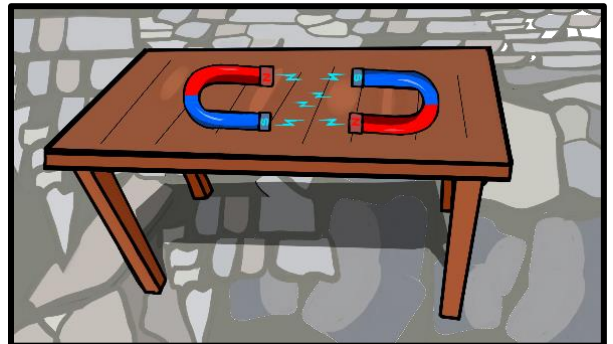
São aquelas forças que atuam quando há contato direto entre dois corpos.



Ao empurrar um carrinho de supermercado, por exemplo, a força envolvida é do tipo de contato.

As Forças de campo: São

aquelas forças que atuam a uma certa distância sem que haja contato entre os corpos.



Na situação onde dois ímãs se atraem, por exemplo, a força envolvida é do tipo de campo.

Quando a soma das forças que atuam sobre um corpo é nula, dizemos que ele está em equilíbrio. Temos dois tipos de equilíbrio:

1) Equilíbrio estático:

É representado pelo estado de repouso do corpo, quando a soma das forças que atuam sobre ele é igual a zero.

2) **Equilíbrio dinâmico:** É representado pelo estado de movimento de um corpo com velocidade constante descrevendo uma trajetória em linha reta, quando a soma das forças que atuam sobre ele é igual a zero. Esse tipo de movimento é chamado de Movimento Retilíneo Uniforme.

A 2ª Lei de Newton

Segundo Newton, força resultante $\vec{F}$ que atua em uma partícula é igual à taxa temporal de variação do seu momento linear $\vec{P}$ em um sistema de referência inercial.

Em notação matemática fica:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada.”

Momento linear, também chamado de quantidade de movimento, é o produto da massa pela velocidade de um objeto.

Assim teremos:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

Se comparamos dois corpos A e B, corpo A de massa 1000 kg a uma velocidade de 20 m/s e corpo B de massa 2000 kg a uma velocidade de 20 m/s. Qual deles tem maior momento linear? Se respondeu o corpo B, você está correto devido ter mais massa.

Para sistemas onde a massa permanece constante, ela pode ser retirada da forma diferencial.

Assim teremos:

$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$, onde $\frac{d\vec{v}}{dt}$ representa a aceleração do corpo. Assim,

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Galileu introduziu o conceito de aceleração, a qual representa a razão entre a variação da velocidade e a variação do tempo. Em notação matemática fica:

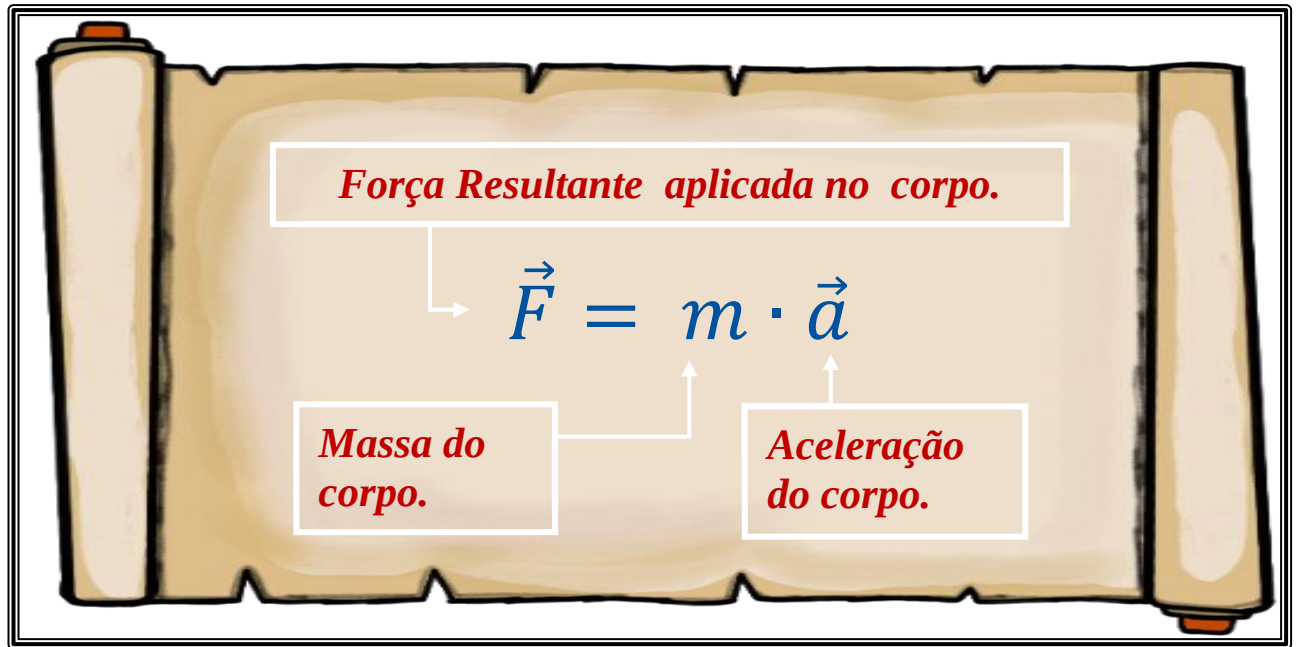
$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

O que produz a aceleração?

A resposta é dada pela segunda Lei de Newton.

É a força.

Princípio fundamental da dinâmica



$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

A força resultante aplicada a um corpo produz uma aceleração a ela diretamente proporcional. Isso significa que, quando a massa é constante, se dobrarmos a intensidade da força resultante sobre um corpo, a aceleração deste dobrará; se triplicarmos a intensidade da força resultante sobre um corpo, sua aceleração triplicará.

A aceleração de um sistema é inversamente proporcional a massa do sistema. Isso significa que, quando a força é constante, se dobrarmos a massa do sistema, a aceleração deste diminuirá pela metade; se quadruplicarmos a massa do sistema, sua aceleração reduzirá a um quarto.

Princípio fundamental da dinâmica:

A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que essa força e é inversamente proporcional à massa do objeto.

Ação e Reação

Você já se perguntou como conseguimos caminhar? Já escorregou na rua e quis entender o motivo de tal fenômeno?



Quando caminhamos, empurramos o chão para trás com nossos pés. Em resposta a essa ação, o chão empurra nossos pés para frente. Produzindo assim o movimento de nosso corpo para frente.

Na superfície do solo e embaixo dos nossos pés há pequenas imperfeições que chamamos de rugosidades, graças a elas existe o atrito entre seus pés e o chão. A interação entre seus pés e o chão, o atrito entre eles, permite que haja um par de forças de ação e reação,



O atrito causa uma força contrária ao deslizamento.

Ao deslizar seu pé para trás você aplica uma força no solo, se não houvesse o atrito você ficaria deslizando sem sair do lugar.

A força que você aplica não é suficiente para vencer a força de atrito, por outro lado, a força de reação do solo sobre você, que é igual a força de ação que seu pé aplicou, é suficiente para mudar o sentido do movimento do seu pé causando um deslocamento para frente.

Ação e Reação



Na imagem acima temos uma moça correndo e se chocando com uma parede. Perceba que ao se chocar com a parede, a moça aplica uma força de ação e em resposta, a parede aplica sobre a moça uma força reação de mesma intensidade, mesma direção, porém, em sentido oposto. Na imagem abaixo, note que essa força não foi suficiente para vencer a inércia do muro, porém foi suficiente para vencer a inércia da moça que ao se chocar com a parede acaba mudando o sentido do seu movimento, caindo para trás.



Percebe-se que sempre temos um par de forças e estas atuam em corpos diferentes. Veja no exemplo de caminhar, temos uma força sendo aplicada no chão e outra força sendo aplicada no pé. No exemplo da garota indo de encontro com a parede, temos uma força sendo aplicada na parede e outra igual sendo aplicada na garota, configurando, assim, um par de forças que chamamos de ação e reação.

Os pares de força de ação e reação sempre atuam em corpos diferentes, tem mesma intensidade, mesma direção, porém, tem sentidos contrários.

Forças em pares.

Se você colocar um tijolo em uma rampa com uma superfície rugosa e outro em uma rampa com superfície lisa, qual deles terá maior dificuldade de deslizar?



O tijolo que está sobre a superfície rugosa terá maior dificuldade de deslizar devido atrito entre a superfície e a face do tijolo que está sobre ela.

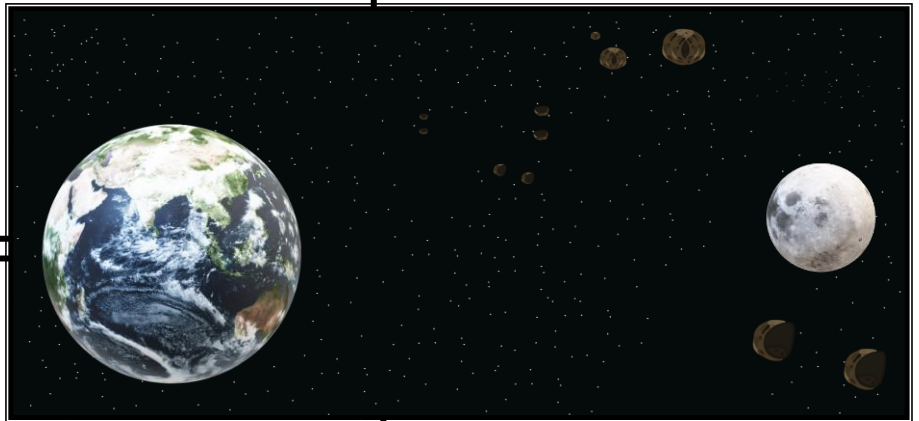
Se você tem um ímã e uma moeda próximos um do outro, haverá entre eles forças de atração. Esse é mais um exemplo de um par de força de ação e reação.



O ímã atrai a moeda e a moeda atrai o ímã com a mesma intensidade de força. Entretanto, se for um ímã de massa muito maior que a massa da moeda, essa força não é suficiente para vencer a inércia do ímã, por outro lado, ela consegue vencer a inércia da moeda permitindo o seu movimento.

A 3ª Lei de Newton

Um outro exemplo, da 3ª Lei de Newton, de um par de forças de ação e reação, são as forças de atração gravitacional entre a terra e a lua.



Talvez você se questione, por que a Lua então não cai sobre a Terra?

A resposta é: devido a lua ter uma certa velocidade e por inércia a tendência de um corpo em movimento é permanecer em seu estado de movimento e em linha reta até que uma força o obrigue a mudar. A força de atração da terra sobre a lua, funciona como uma força centrípeta, sempre apontando para o centro da trajetória e mudando o sentido da velocidade.

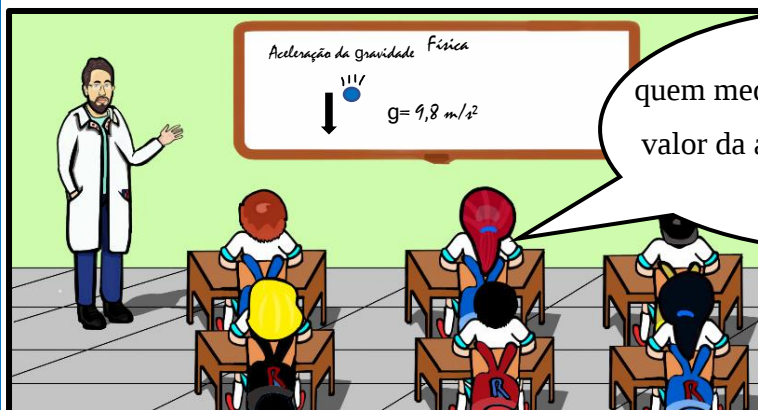
Para que você entenda melhor, imagine uma pedra amarrada na ponta de um fio e na outra ponta você segura e começa a girar. Veja que a pedra terá uma velocidade e a força de tração no fio agirá como uma força centrípeta, apontando para o centro da trajetória, mudando a sentido do seu movimento. Se a pedra se soltar, por inércia, tenderá seguir em linha reta.



Princípio da ação e reação:

Sempre que um corpo A exerce uma força em um corpo B, este reagirá exercendo em A outra força, de mesma intensidade e direção, mas sentido contrário.

Alguém tem alguma pergunta?

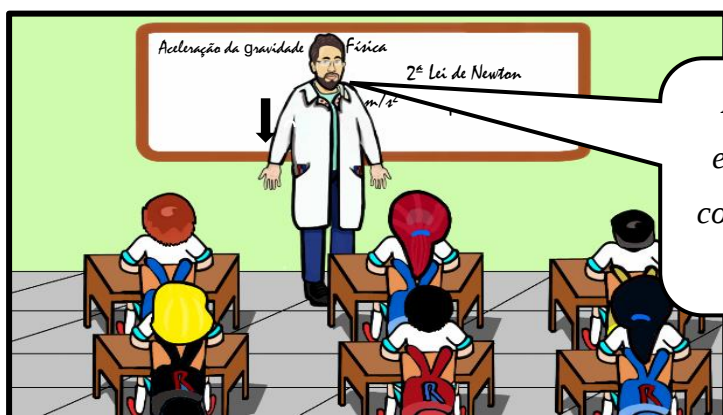


Professor,
quem mediu pela primeira vez o
valor da aceleração dos objetos
em queda?

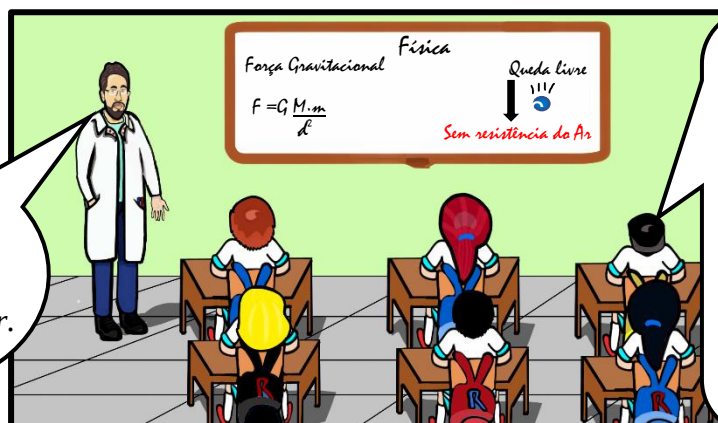
Foi Galileu que estabeleceu o
conceito de aceleração e o
primeiro a medir a aceleração
de objetos em queda, porém, ele
não sabia explicar por que
objetos com massas diferentes
caem com acelerações iguais.



A 2ª Lei de Newton fornece a
explicação do por que objetos
com massas diferentes caem com
acelerações iguais.



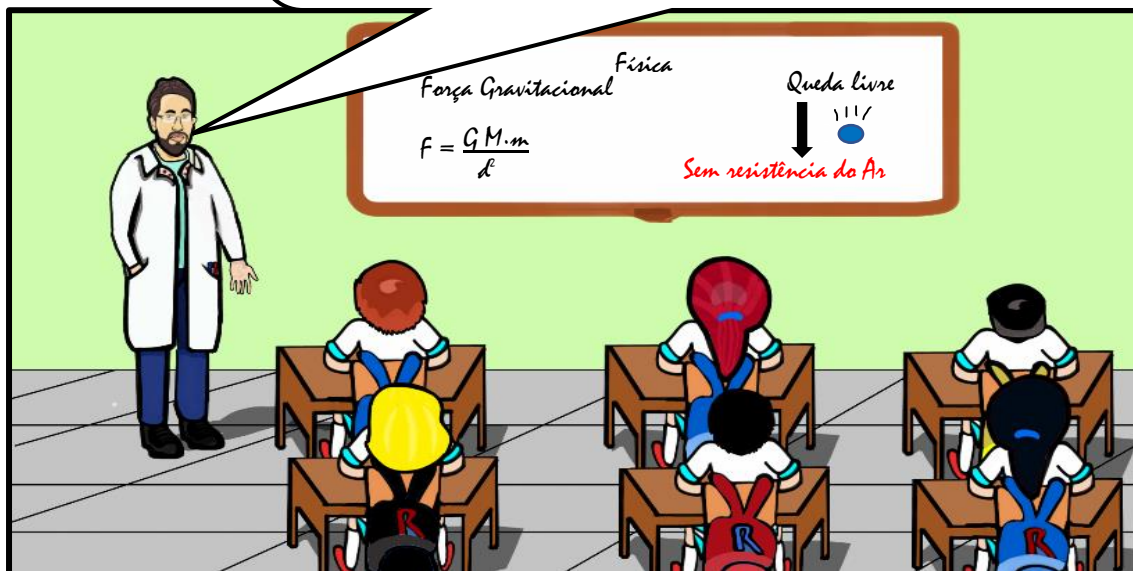
2- Isso ocorre
por causa da
resistência do ar.



1 - Professor, se todos
os corpos caem com
acelerações iguais,
por que percebemos
uma moeda caindo
primeiro do que uma
folha de papel?

Durante a aula

Sabe-se que um objeto em queda acelera na direção da Terra devido à força de atração gravitacional entre ele e a Terra. Quando a força da gravidade é a única força – isto é, quando a resistência do ar é desprezível – dizemos que o objeto está num estado de queda livre.



1- Quando percebemos os objetos caindo com velocidades diferentes é por causa da resistência do ar?

Força Gravitacional

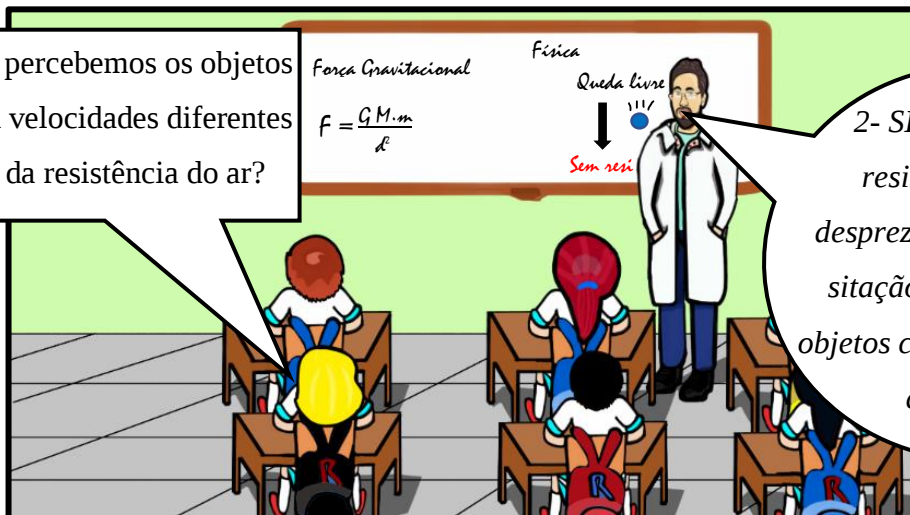
$$F = \frac{G M \cdot m}{d^2}$$

Física

Queda livre

Sem resi

2- SIM! E quando a resistência do ar é desprezível, teremos uma situação em que todos os objetos cairão com a mesma aceleração.



1- Se eu tenho em uma mão 1kg de farinha e na outra 3 kg de farinha, sinto que a porção de 3kg é mais pesada porque a força de atração gravitacional entre ela e a Terra é maior do que com a de 1 kg?

Força Gravitacional

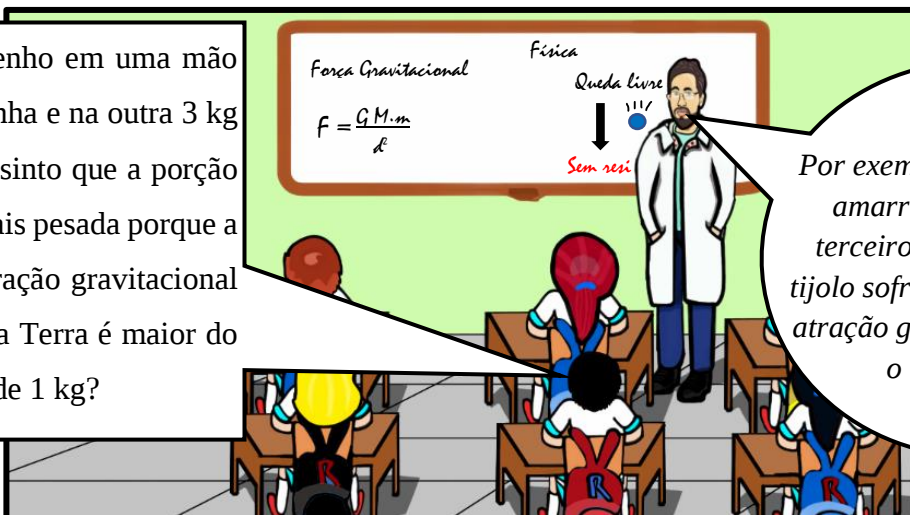
$$F = \frac{G M \cdot m}{d^2}$$

Física

Queda livre

Sem resi

2- SIM!
Por exemplo, três tijolos, um amarrado no outro e o terceiro sozinho. O duplo tijolo sofrerá duas vezes mais atração gravitacional do que o tijolo único.



Queda livre, razão entre força resultante e massa.

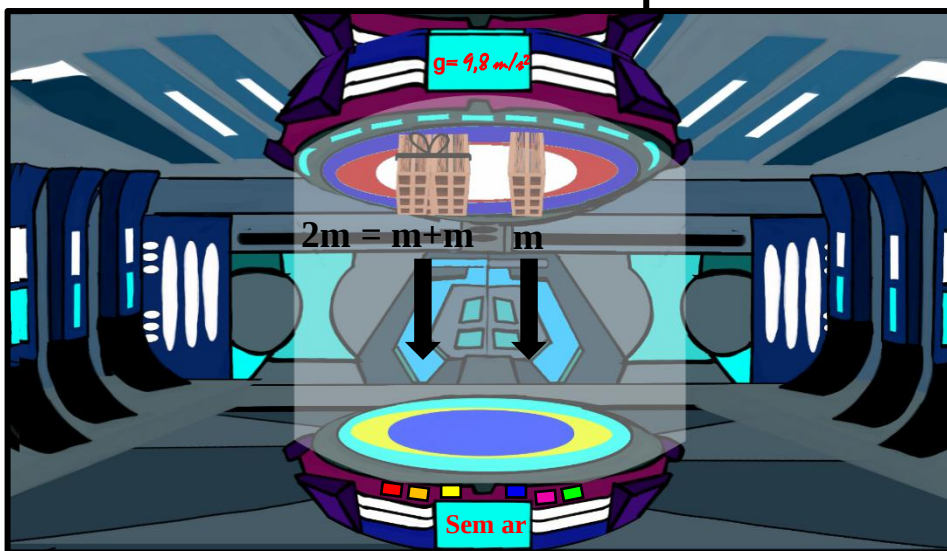
De acordo com a 2ª Lei de Newton, a força resultante é: $F = m \cdot a$

Assim, se a única força que atua em um corpo em queda é a de atração gravitacional, teremos a força resultante:

$$F = m \cdot g$$

Onde g é a aceleração da gravidade. Podemos reescrever a fórmula,

assim:
$$g = \frac{F}{m}$$



Para o único tijolo temos:



m

$$g = \frac{F}{m}$$



Para o duplo tijolo temos:



$2m$

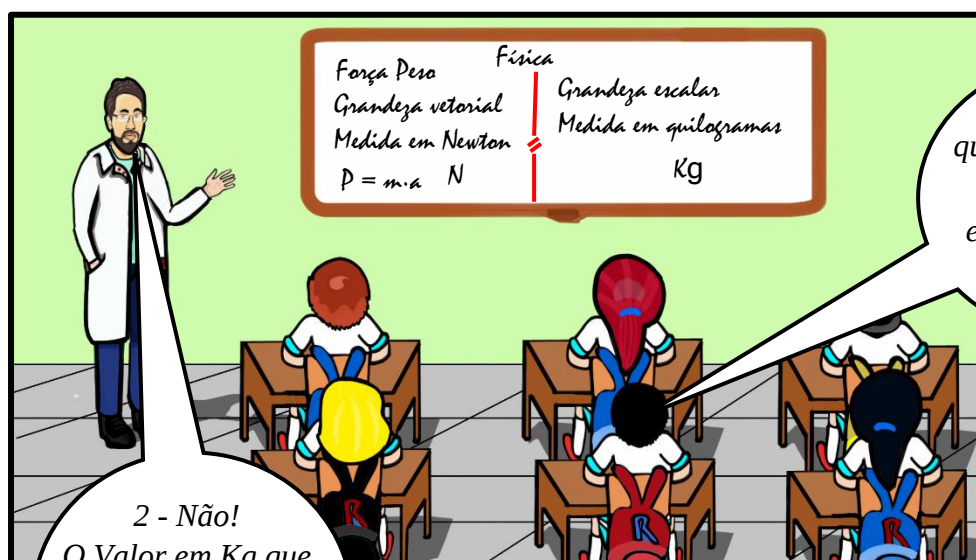
$$g = \frac{2F}{2m}$$



Nesse caso a razão entre a força e a massa sempre será g .

Podemos concluir que: A razão entre a força da gravidade (F) e a massa (m) é igual para todos os objetos na mesma localização; assim na ausência de resistência do ar, a aceleração é a mesma para todos os objetos.

Força Peso



1 - Professor, quando subimos em uma balança estamos medindo nosso peso?

2 - Não!
O Valor em Kg que aparece na balança é a medida da massa de quem está sobre ela.

A força Peso
ou simplesmente o Peso de um objeto,
é a força gravitacional sofrida por este objeto
em virtude da atração gravitacional nele exercida por um outro
corpo massivo. Ou seja, o Peso aqui na terra corresponde a força
de atração gravitacional com que a terra o atrai para seu centro.

Assim, quando a força de atração gravitacional

for $F = m \cdot g$, o peso do corpo será:

$$P = m \cdot g.$$

Quando a queda não é livre

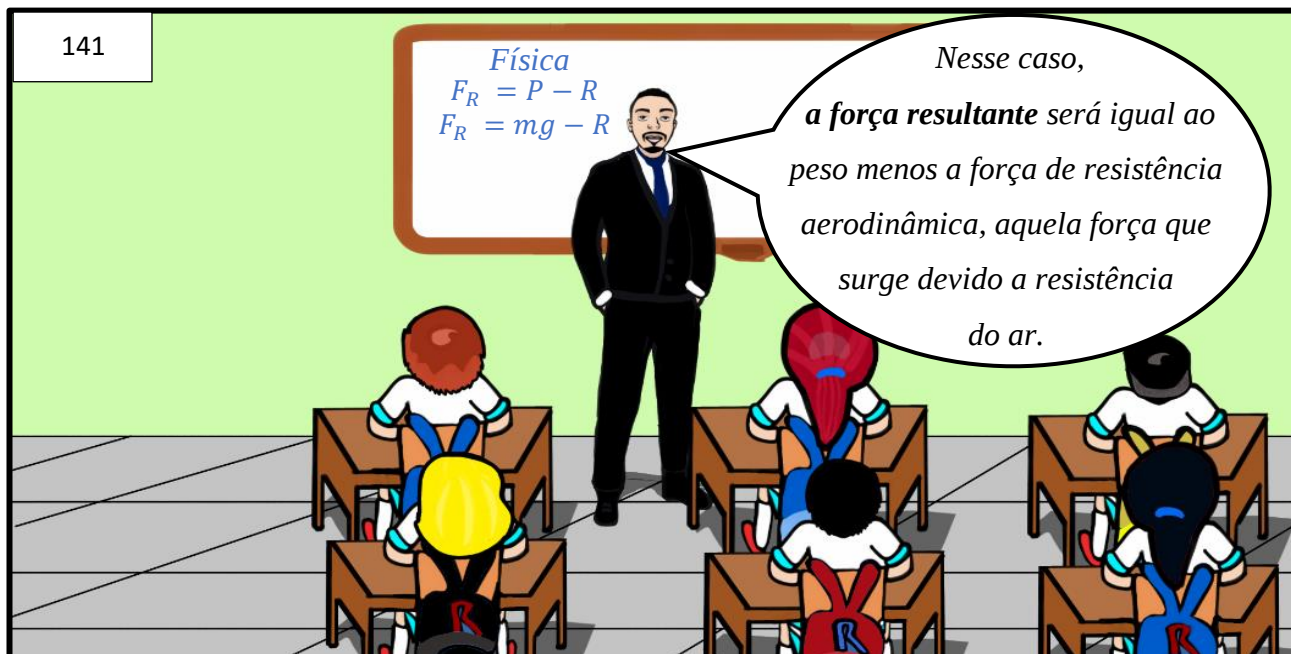
Ainda que uma pedra e uma pena, no vácuo, caíam ao mesmo tempo, elas caem de maneiras bem diferentes no ar. As Leis de Newton se aplicam nas duas situações, pois, elas se aplicam a todos os objetos, tanto em queda livre quanto na presença de forças resistentes.

As acelerações dos corpos são diferentes nos dois casos. Entretanto, o importante é manter a ideia de força resultante.

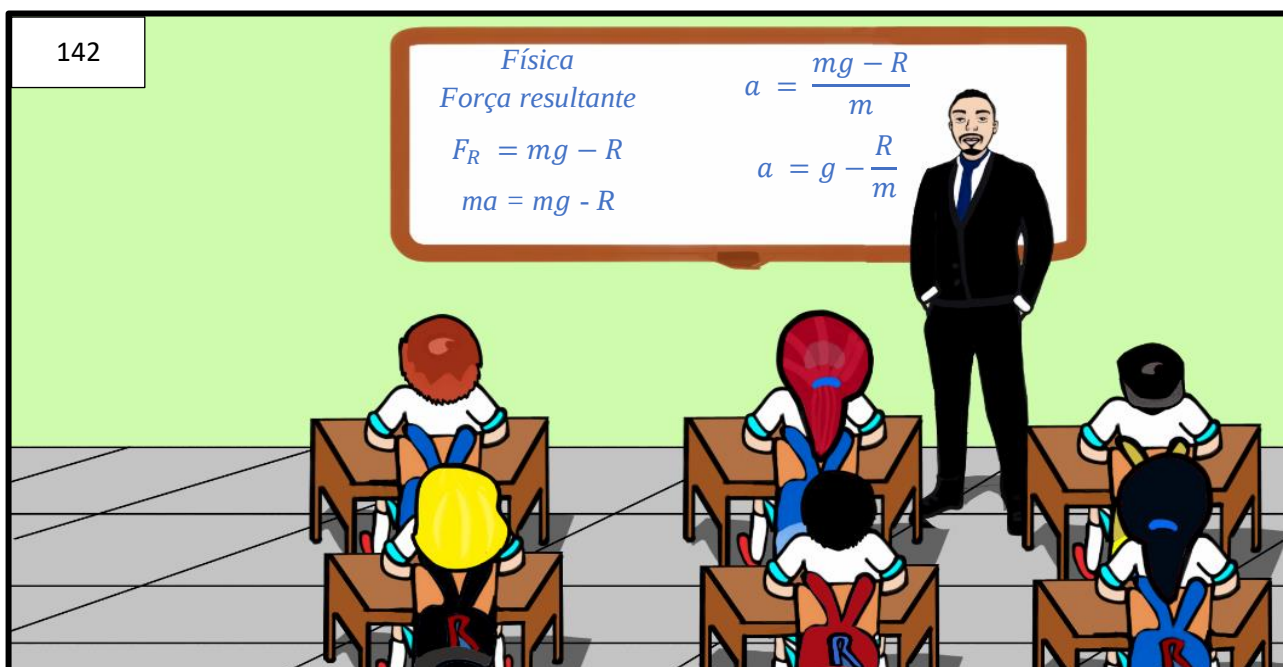


Quando a queda não é livre

141



142



Note três situações:

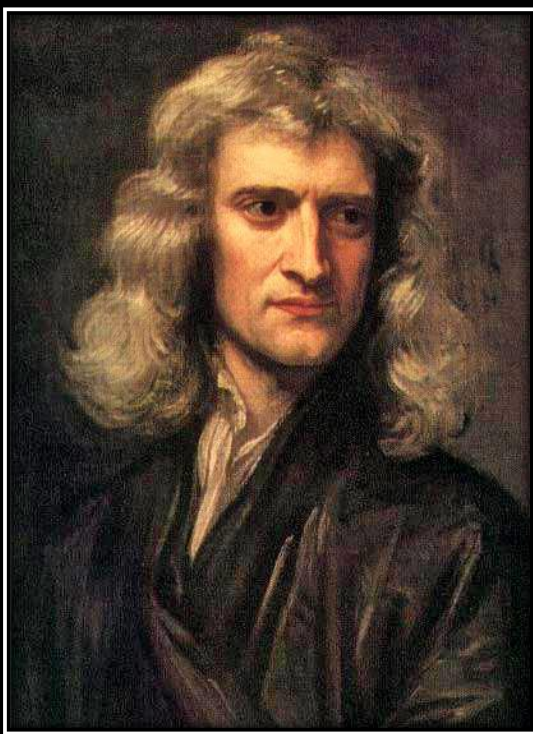
1) Quando não houver resistência do ar, isto é, $R = 0$: Teremos uma aceleração igual à da gravidade, ou seja,

$$\mathbf{a = g}$$

2) Quando houver resistência do ar: Teremos uma aceleração menor que a da gravidade, ou seja,

$$\mathbf{a = g - \frac{R}{m} .}$$

3) Quando resistência do ar é igual ao peso, isto é, $\mathbf{R = mg}$: Teremos uma aceleração nula, ou seja, $\mathbf{a = 0}$. Assim o corpo cai com velocidade constante.



Newton retratado por Godfrey Kneller, 1689 (com 46 anos de idade).

Nascimento: 4 de janeiro de 1643, Woolsthorpe-by-Colsterworth, hoje Woolsthorpe, Lincolnshire, Reino da Inglaterra, hoje Inglaterra.

Morte: 31 de março de 1727 (84 anos), Kensington, Middlesex, hoje Londres, Reino da Grã-Bretanha Unida, hoje Reino Unido

Nacionalidade: Inglês

Progenitores: Mãe: Hannah Ayscough e Pai: Isaac Newton.

Alma mater: Trinity College (Universidade de Cambridge)

Ocupação: Cientista

Principais trabalhos: Philosophiae Naturalis Principia Mathematica; Leis de Newton.

Assinatura:

Is. Newton

- A Lei da Gravitação Universal, representada pela seguinte equação:

$$F = G \frac{M \cdot m}{d^2}, \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

- As Leis de Newton:

- ✓ 1ª Lei: O Princípio da Inércia:

“Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de rapidez uniforme em uma linha reta, a menos que uma força resultante não nula seja exercida sobre ele.”

- ✓ 2ª Lei: O Princípio Fundamental da Dinâmica:

“A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que essa força e é inversamente proporcional à massa do objeto.”

$$F = m \cdot a$$

- ✓ 3ª Lei: O Princípio da Ação e Reação:

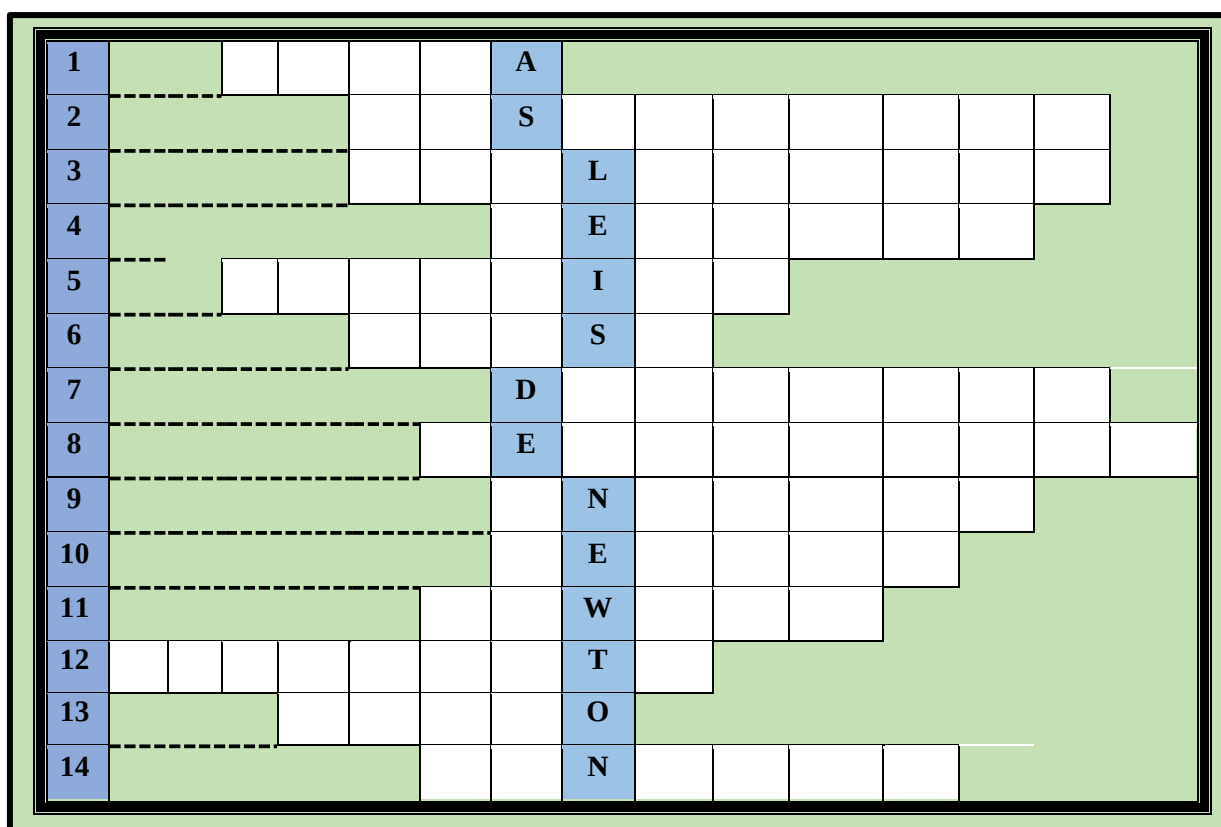
“Sempre que um corpo A exerce uma força em um corpo B, este reagirá exercendo em A outra força, de mesma intensidade e direção, mas sentido contrário.”

1) Utilize as dicas abaixo para preencher o diagrama ao lado:

- 1) A grandeza física que vence a inércia de um corpo e que produz aceleração, modificando a velocidade do corpo.
- 2) A soma de todas as forças que atuam sobre um corpo é chamada de força _____.
- 3) A razão entre a força resultante e a massa de um corpo é igual a _____.
- 4) Um fenômeno físico no qual o móvel permanece na mesma posição, no decorrer do tempo, em relação a um determinado referencial devido a força resultante nula.
- 5) O estado de repouso do corpo quando o somatório das forças (força resultante) que atuam sobre ele é igual a zero é chamado de equilíbrio _____.
- 6) A grandeza física representada pela letra **m** na fórmula:
F = m · a
- 7) Estado de movimento de um corpo com velocidade constante descrevendo uma trajetória em linha reta, quando a soma das forças que atuam sobre ele é igual a zero é chamado de equilíbrio _____.

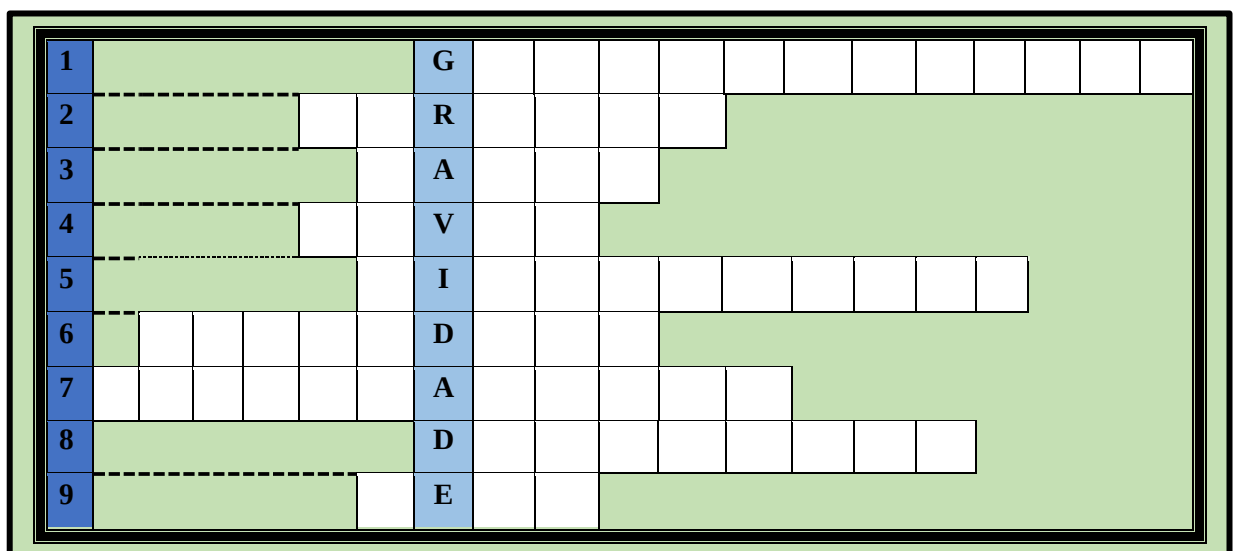
8) Quando um corpo está em movimento e a aceleração é nula, sua _____ é constante.

- 8) A tendência natural que cada corpo tem de manter seu estado inicial, seja de repouso ou de movimento retilíneo uniforme.
- 9) Sempre que um corpo A exerce uma força em um corpo B, este reagirá exercendo em A outra força, de mesma intensidade e direção, mas sentido contrário. Este é conhecido como o princípio da ação e _____.
- 10) No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de medida para representar a força é _____.
- 11) Em um ônibus, após o motorista frear bruscamente, os passageiros sentem seus corpos sendo "avançados" para frente. Nesse caso, isso ocorre porque os corpos tendem a permanecer em _____.
- 13) As forças que atuam a uma certa distância sem que haja contato, são as forças de _____.
- 14) Quando se empurra um carrinho de supermercado a força envolvida é do tipo de _____.



2) Utilize as dicas abaixo para preencher o diagrama ao lado:

- 1) Na fórmula $F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$, G representa a constante _____.
- 2) Existe um campo gravitacional ao redor da terra e qualquer corpo que estiver nesse campo estará sujeito a ação de uma força de _____.
- 3) A força gravitacional é uma força que atuam a uma certa distância sem que haja contato, portanto podemos dizer que ela é uma força de _____.
- 4) Quando os corpos estão caindo e desprezamos a resistência do ar, dizemos que o corpo está em queda _____.
- 5) De acordo com a Lei da Gravitação Universal, a força de atração gravitacional é _____ proporcional ao produto das massas.
- 6) Desprezando resistência do ar, todos os corpos caem com a mesma aceleração, chamada de aceleração da _____.
- 7) Dois corpos de massa M e m se atraem com uma força de acordo com a Lei da Gravitação Universal, essa força é _____ proporcional ao quadrado da distância que separa os centros de gravidade dos corpos envolvidos.
- 8) Na fórmula $F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$, d representa a _____ entre os centros de massa dos corpos M e m.
- 9) A força de atração gravitacional com que a terra o atrai um corpo para o seu centro também é chamada de força _____.



3) Imagine um carro em movimento em alta velocidade, considerando que o motorista precise frear bruscamente em algum momento, a respeito do cinto de segurança podemos inferir que:

- a) O motorista e os demais passageiros não precisam usar o cinto de segurança, pois estão bem seguros dentro do carro que está em alta velocidade. O carro os protegerá de qualquer eventual acidente.
- b) O motorista e os demais passageiros devem usar o cinto de segurança apenas para não levar multa do agente de trânsito.
- c) Caso haja um eventual acidente, o cinto de segurança não protege as pessoas que estão dentro do carro, pois elas acabam sofrendo alguns ferimentos.
- d) O cinto de segurança é apenas um apetrecho de luxo.
- e) Usar o cinto de segurança dentro de um carro, é um ato de prevenção. Caso haja uma frenagem ou colisão, o cinto de segurança impede que as pessoas sejam arremessadas para fora do carro ou que batam a cabeça contra o para-brisas ou qualquer outra parte do carro, em virtude da tendência de permanecer em movimento (inércia).

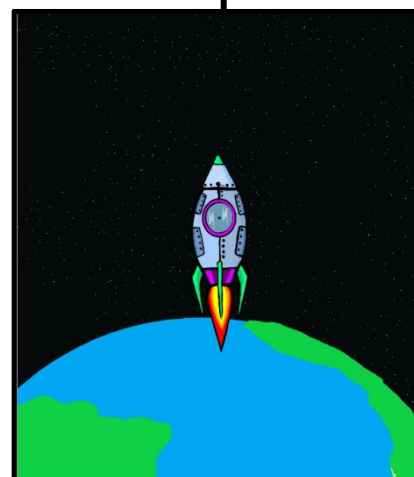
4) Considere as afirmativas:

- I. A força que a terra exercendo sobre a Lua é de contato.
- II. A força que o Sol exerce sobre a Terra é uma força de campo.
- III. A força que a Terra exerce sobre uma maçã é a força gravitacional.
- IV. Um corpo em queda, considerando a resistência do ar, está em queda livre.

Está (ão) correto (s):

- a) Apenas I.
- b) Somente III e IV.
- c) Somente II e IV.
- d) Todos os itens.
- e) Apenas II e III.

5) Um balão cheio de ar recua quando o ar é expelido. Se o ar é expelido para baixo, o balão acelera para cima. O mesmo princípio se aplica a um foguete, se o gás é expelido para baixo o foguete vai para cima. Cada molécula do gás ejetado é como uma minúscula bala disparada do foguete por uma força de ação e, o conjunto destas, aplicam no foguete uma força de reação o impulsionalado no sentido contrário. Esse fenômeno é um exemplo da:



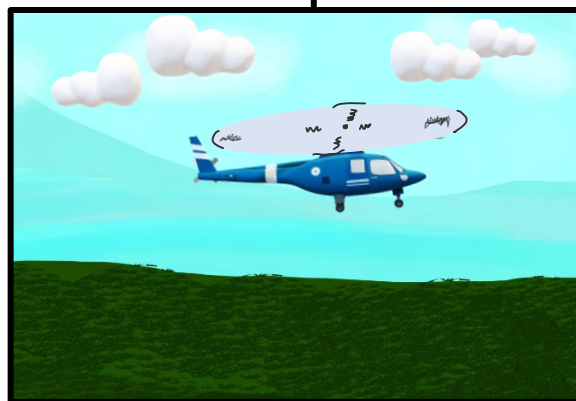
- a) Terceira Lei de Newton interpretada pelo Princípio da inércia.
- b) Segunda Lei de Newton interpretada pelo Princípio da Ação e Reação.
- c) Terceira Lei de Newton interpretada pelo Princípio da Ação e Reação.
- d) Primeira Lei de Newton interpretada pelo Princípio da Fundamental da Dinâmica.
- e) Terceira Lei de Newton interpretada pelo Princípio da Fundamental da Dinâmica.

6) Enquanto um foguete se afasta cada vez mais da Terra, a força gravitacional de um sobre o outro diminui. A respeito da força gravitacional em reação ao inverso do quadrado da distância, podemos inferir que:

- a) A força gravitacional diminui com o quadrado da distância crescente.
- b) A força gravitacional aumenta com o quadrado da distância crescente.
- c) A força gravitacional diminui com o quadrado da distância decrescente.
- d) A força gravitacional permanece a mesma com o quadrado da distância crescente.
- e) A força gravitacional permanece a mesma com o quadrado da distância decrescente.

7) Um helicóptero consegue sua força de sustentação:

- a) empurrando ar para baixo, sofrendo uma reação pelo ar que o empurra para cima.
- b) empurrando ar para cima, sofrendo uma reação pelo ar que o puxa para cima.
- c) empurrando ar para os lados, sofrendo uma ação pelo ar que o empurra para baixo.
- d) pela inércia, pois a tendência dos objetos é sempre subir.
- e) anulando a foça da gravidade, através de uma força de atração entre o helicóptero e as nuvens.



Isaac Newton foi quem idealizou a possibilidade do lançamento de objetos que pudessem permanecer em órbita ao redor da Terra, pois, da mesma forma que a Lua orbita a Terra, também seria possível fazer com que objetos quaisquer pudessem orbitar nosso planeta. A equação a seguir determina a mínima velocidade necessária para o lançamento de um satélite artificial.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Para essa equação, G é a constante de gravitação universal; M é a massa da Terra; e R é o raio da órbita do satélite.



8) Os satélites artificiais são levados, acoplados a um foguete, a uma certa altura. Ao atingir a altura desejada, o satélite é acelerado a fim de alcançar a velocidade necessária para entrar em órbita. Os satélites ocupam posições ao redor da Terra onde:

- a) existe atrito com o ar, a fim de garantir dos satélites como explica o princípio de ação e reação.
- b) não existe atrito com o ar, o que garante que não haja perda de energia cinética. Com isso, o satélite mantém o movimento em linha reta.
- c) existe atrito com o ar, o que garante que haja perda de energia cinética, dessa forma os satélites conseguem mudar de sentido e passam a orbitar ao redor da terra.
- d) não existe atrito com o ar e por isso todos os satélites ficam fixados nas posições onde foram abandonados.
- e) não existe atrito com o ar, o que garante que não haja perda de energia cinética.

9) O que faz o satélite mudar o sentido de sua velocidade e trajetória é:

- a) uma pessoa aqui na terra através de um controle remoto.
- b) uma pessoa aqui na terra através de um computador.
- c) uma pessoa em uma estação espacial através de um controle remoto.
- d) a força de repulsão gravitacional exercida pela terra que atua como uma força centrípeta.
- e) a força de atração gravitacional exercida pela terra que atua como uma força centrípeta.

10) Considerando a expressão para determinar a velocidade mínima necessária para o lançamento de um satélite artificial. Se dobramos a massa de um satélite já em órbita ao redor da terra, é esperado que:

- a) sua órbita permaneça inalterada.
- b) sua velocidade diminua pela metade.
- c) saia de órbita, caindo sobre a terra.
- d) sua velocidade seja dobrada.
- e) seu raio diminua pela metade.

REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Aristóteles>> Acesso em: 10/08/2018.

BALOLA, Raquel. Princípios Matemáticos da Filosofia Natural: A lei de inércia, 2010. 119 f. Dissertação de Mestrado em Estudos Clássicos. Universidade de Lisboa Faculdade de Letras Departamento de Estudos Clássicos.

BONJORNO, José Roberto et al. Física: Mecânica, 1º ano, 3.ed. – São Paulo: FTD, 2016.

GALILEU GALILEI. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Galileu_Galilei> Acesso em: 26/06/2018.

GUERRA CIVIL INGLESA. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_Civil_Inglesa> Acesso em: 20/05/2018.

HENRY CAVENDISH. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Henry_Cavendish> Acesso em: 10/11/2018.

HEWITT, Paul G. Física conceitual – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

ISAAC NEWTON. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton> Acesso em: 20/05/2018.

JOHANNES KEPLER. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler> Acesso em: 26/06/2018.

NICOLAU COPÉRNICO. WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_Copérnico> Acesso em: 26/06/2018.

WESTFALL, R. S. A Vida de Isaac Newton. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, no. 2, junho, 2001.