Gravitação Universal

Resumo

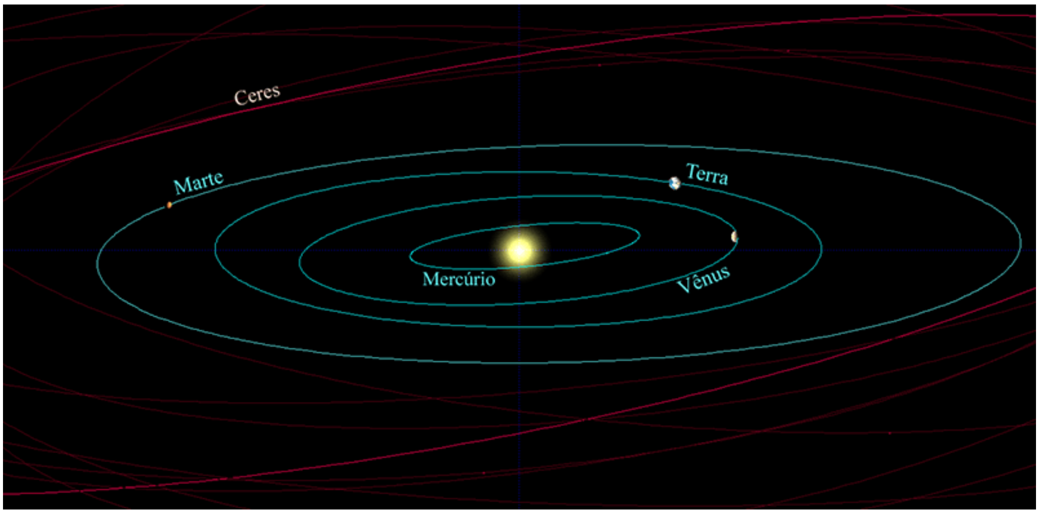
A gravitação é uma das quatro forças elementares (Força Gravitacional, Força Eletromagnética, Força Nuclear Fraca e Força Nuclear Forte), das quais ela é, de todas, a mais fraca.

Leis de Kepler

1ª Lei de Kepler: Lei das órbitas

“As órbitas descritas pelos planetas em redor do sol são elipses, com o Sol num dos focos”.

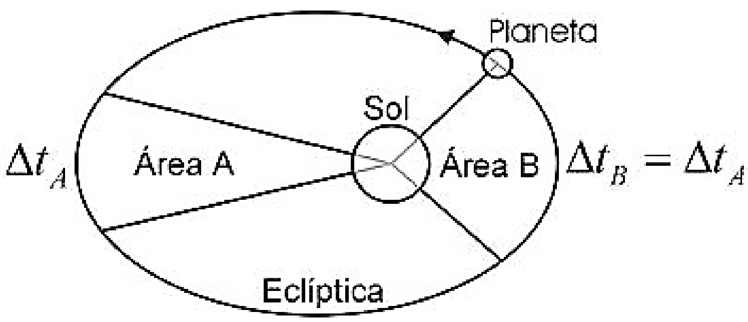
Ou seja, Kepler descobriu que as órbitas dos planetas não era circular, como dizia a física em sua época, mas eram elípticas. Ele também percebeu que o movimento do planeta ao longo da órbita não é uniforme: a velocidade é maior quando ele está no ponto mais próximo do sol – chamado de periélio (peri: perto, hélio: sol) – e menor quando ele está mais afastado – chamado de afélio (aphelium: longínquo).



A figura mostra as órbitas elípticas de alguns planetas do sistema solar.

2ª Lei de Kepler: Lei das áreas

“O raio vetor que liga um planeta ao Sol descreve áreas iguais em tempos iguais”.



Ou seja, se o intervalo de tempo para percorrer uma certa área A for igual ao intervalo de tempo para percorrer uma certa área B, essas áreas são iguais. Da figura: [Área A] = [Área B].

3ª Lei de Kepler: Lei dos períodos

"Os quadrados dos períodos de revolução de dois planetas quaisquer estão entre si como os cubos de suas distâncias médias ao Sol".

Ou seja, podemos montar a equação: $(T1/T2)^2 = (R1/R2)^3$

Assim, a partir da relação entre os períodos de revolução de dois planetas, é possível descobrir a relação entre suas distâncias médias ao Sol.

Como descobrir o período T de revolução de um corpo artificial em órbita a uma distância R do centro do sol?

Podemos afirmar, então, que:

$$R^3/T^2=C$$

A partir de cálculos envolvendo o movimento do planeta, podemos dizer que essa constante C vale $C = GM/4\pi^2 = GR^2/4\pi^2$. Dessa forma:

$$R^3/T^2 = C = GM/4\pi^2 = GR^2/4\pi^2$$

Em que M e R são, respectivamente, a Massa do Sol e a distância entre o corpo e o centro do sol.

A Lei da Gravitação Universal de Newton

A equação do módulo da força gravitacional exercida por um corpo de massa M sobre um corpo de massa m e vice-versa (devido à terceira lei de Newton) que estão distantes a uma distância R um do outro pode ser simplificada como:

$$F = G\ Mm/R^2$$

em que G é a constante gravitacional universal.

A partir de cálculos empíricos podemos afirmar que ela vale, aproximadamente: G=6,67408 × 10-11 m3.kg-1.s-2

A partir de cálculo avançado podemos descobrir o valor da Energia Potencial Gravitacional

A energia potencial gravitacional associada a duas partículas de massas M e m separadas pela distância R é:

$$U = - GMm/R$$

Ou seja, ela sempre é negativa.

Na prática:

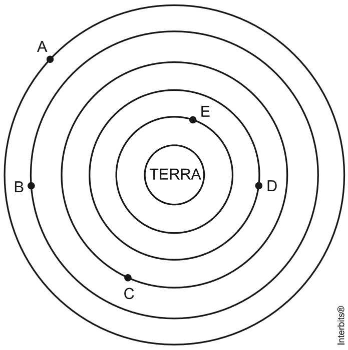
Já ouviu falar que a maré é influenciada pelas fases da Lua? Pois isso é verdade! Dependendo da posição da Lua em sua órbita ao redor da terra, a maré se comporta de um modo diferente. Na verdade, não só a Lua influencia nas marés, também o Sol, dependendo da posição dos dois astros em relação ao nosso planeta, as marés têm comportamentos diferentes. Aqui que entram as fases lunares. Quando a Terra, a Lua e o Sol estão alinhados, a atração gravitacional dos dois últimos se soma, ampliando seu efeito na massa marítima. Por outro lado, quando as forças de atração da Lua e do Sol se opõem, quase não há diferença entre maré alta e baixa. No entanto, essa influência não é igual em toda parte, porque o contorno da costa e as dimensões do fundo do mar também alteram a dimensão das marés. Por exemplo, em algumas localidades abertas, a água se espalha por uma grande área e se eleva em apenas alguns centímetros nas marés máximas. Em outras, o nível pode se elevar vários metros

Exercícios

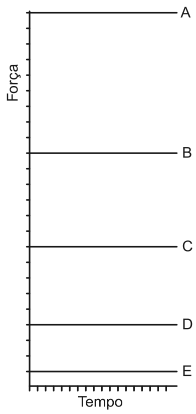
1. A Lei da Gravitação Universal, de Isaac Newton, estabelece a intensidade da força de atração entre duas massas. Ela é representada pela expressão:

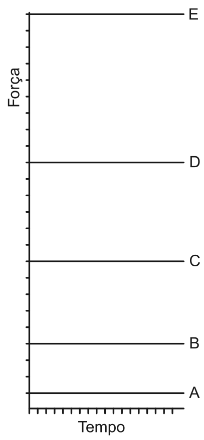
$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

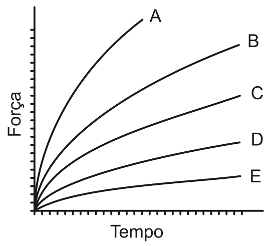
onde m_1 e m_2 correspondem às massas dos corpos, d à distância entre eles, G à constante universal da gravitação e F à força que um corpo exerce sobre o outro.
O esquema representa as trajetórias circulares de cinco satélites, de mesma massa, orbitando a Terra.

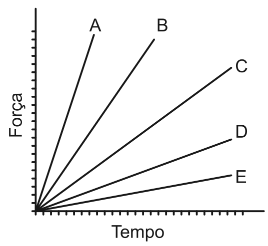


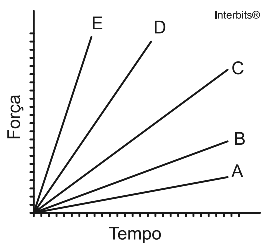
Qual gráfico expressa as intensidades das forças que a Terra exerce sobre cada satélite em função do tempo?

a)


b)


c)


d)


e)


2. A primeira lei de Kepler demonstrou que os planetas se movem em órbitas elípticas e não circulares. A segunda lei mostrou que os planetas não se movem a uma velocidade constante.

PERRY, Marvin. *Civilização Ocidental:* uma história concisa. São Paulo: Martins Fontes, 1999, p. 289. (Adaptado)

É correto afirmar que as leis de Kepler

a) confirmaram as teorias definidas por Copérnico e são exemplos do modelo científico que passou a vigorar a partir da Alta Idade Média.

b) confirmaram as teorias defendidas por Ptolomeu e permitiram a produção das cartas náuticas usadas no período do descobrimento da América.

c) são a base do modelo planetário geocêntrico e se tornaram as premissas cientificas que vigoram até hoje.

d) forneceram subsídios para demonstrar o modelo planetário heliocêntrico e criticar as posições defendidas pela Igreja naquela época.

3. Um planeta orbita em um movimento circular uniforme de período T e raio R, com centro em uma estrela. Se o período do movimento do planeta aumentar para 8T, por qual fator o raio da sua órbita será multiplicado?

a) 1/4

b) 1/2

c) 2

d) 4

e) 8

4. Considerando que o módulo da aceleração da gravidade na Terra é igual a 10 m/s^2, é correto afirmar que, se existisse um planeta cuja massa e cujo raio fossem quatro vezes superiores aos da Terra, a aceleração da gravidade seria de

a) 2,5 m/s^2.

b) 5 m/s^2.

c) 10 m/s^2.

d) 20 m/s^2.

e) 40 m/s^2.

5. A massa da Terra é de $6,0 \cdot 10^{24}$ kg, e a de Netuno é de $1,0 \cdot 10^{26}$ kg. A distância média da Terra ao Sol é de $1,5 \cdot 10^{11}$ m, e a de Netuno ao Sol é de $4,5 \cdot 10^{12}$ m. A razão entre as forças de interação Sol-Terra e Sol-Netuno, nessa ordem, é mais próxima de

a) 0,05.

b) 0,5.

c) 5.

d) 50.

e) 500.

6. Consideramos que o planeta Marte possui um décimo da massa da Terra e um raio igual à metade do raio do nosso planeta. Se o módulo da força gravitacional sobre um astronauta na superfície da Terra é igual a $700\ \text{N}$, na superfície de Marte seria igual a:

a) 700 N

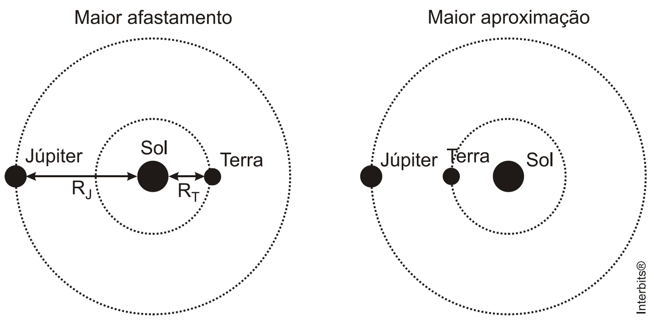
b) 280 N

c) 140 N

d) 70 N

e) 17,5 N

7. Em setembro de 2010, Júpiter atingiu a menor distância da Terra em muitos anos. As figuras abaixo ilustram a situação de maior afastamento e a de maior aproximação dos planetas, considerando que suas órbitas são circulares, que o raio da órbita terrestre (R_T) mede $1{,}5 \cdot 10^{11}\text{m}$ e que o raio da órbita de Júpiter (R_J) equivale a $7{,}5 \cdot 10^{11}\text{m}$.



A força gravitacional entre dois corpos de massa m_1 e m_2 tem módulo $F = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$, em que *r* é a distância entre eles e $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11} \dfrac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$. Sabendo que a massa de Júpiter é $m_J = 2{,}0 \cdot 10^{27}\text{kg}$ e que a massa da Terra é $m_T = 6{,}0 \cdot 10^{24}\text{kg}$, o módulo da força gravitacional entre Júpiter e a Terra no momento de maior proximidade é

a) $1{,}4 \cdot 10^{18}\text{N}$

b) $2{,}2 \cdot 10^{18}\text{N}$

c) $3{,}5 \cdot 10^{19}\text{N}$

d) $1{,}3 \cdot 10^{30}\text{N}$

8. Leia a tirinha a seguir e responda à(s) questão(ões).

(Disponível em: <https://dicasdeciencias.com/2011/03/28/garfield-saca-tudo-de-fisica/>. Acesso em: 27 abr. 2016.)

Com base no diálogo entre Jon e Garfield, expresso na tirinha, e nas Leis de Newton para a gravitação universal, assinale a alternativa correta.

a) Jon quis dizer que Garfield precisa perder massa e não peso, ou seja, Jon tem a mesma ideia de um comerciante que usa uma balança comum.

b) Jon sabe que, quando Garfield sobe em uma balança, ela mede exatamente sua massa com intensidade definida em quilograma-força.

c) Jon percebeu a intenção de Garfield, mas sabe que, devido à constante de gravitação universal "g", o peso do gato será o mesmo em qualquer planeta.

d) Quando Garfield sobe em uma balança, ela mede exatamente seu peso aparente, visto que o ar funciona como um fluido hidrostático.

e) Garfield sabe que, se ele for a um planeta cuja gravidade seja menor, o peso será menor, pois nesse planeta a massa aferida será menor.

9. A tabela a seguir resume alguns dados sobre dois satélites de Júpiter.

Nome	Diâmetro aproximado (km)	Raio médio da órbita em relação ao centro de Júpiter (km)
Io	$3,64 \cdot 10^3$	$4,20 \cdot 10^5$
Europa	$3,14 \cdot 10^3$	$6,72 \cdot 10^5$

Sabendo-se que o período orbital de Io é de aproximadamente 1,8 dia terrestre, pode-se afirmar que o período orbital de Europa expresso em dia(s) terrestre(s), é um valor mais próximo de

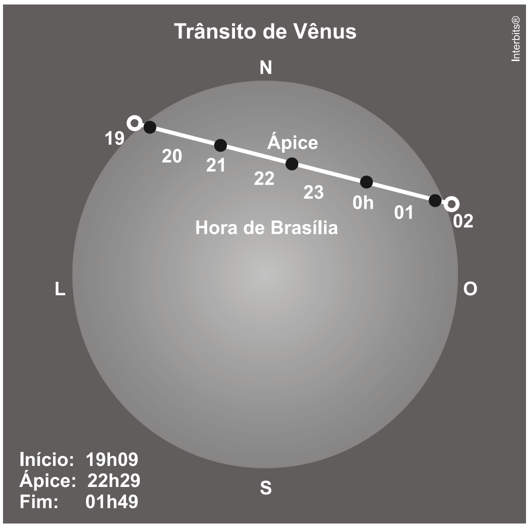
a) 0,90

b) 1,50

c) 3,60

d) 7,20

10. No dia 5 de junho de 2012, pôde-se observar, de determinadas regiões da Terra, o fenômeno celeste chamado trânsito de Vênus, cuja próxima ocorrência se dará em 2117.



(www.apolo11.com. Adaptado.)

Tal fenômeno só é possível porque as órbitas de Vênus e da Terra, em torno do Sol, são aproximadamente coplanares, e porque o raio médio da órbita de Vênus é menor que o da Terra.

Portanto, quando comparado com a Terra, Vênus tem

a) o mesmo período de rotação em torno do Sol.

b) menor período de rotação em torno do Sol.

c) menor velocidade angular média na rotação em torno do Sol.

d) menor velocidade escalar média na rotação em torno do Sol.

e) menor frequência de rotação em torno do Sol.

descomplica

Gabarito

1. B

A intensidade da força de atração gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a Terra e o satélite. Como as órbitas são circulares, a distância para cada satélite é constante, sendo também constante a intensidade da força gravitacional sobre cada um. Como as massas são iguais, o satélite mais distante sofre força de menor intensidade.

Assim: $F_A < F_B < F_C < F_D < F_E$.

2. D

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

As leis de Kepler forneceram subsídios para o modelo heliocêntrico (Sol no centro) contrapondo-se ao sistema geocêntrico (Terra no centro) até, então, defendido pela igreja naquela época.

[Resposta do ponto de vista da disciplina de História]

Somente a alternativa [D] está correta. A questão remete ao Renascimento Científico vinculado ao Renascimento Cultural dos séculos XIV, XV e XVI. O espírito Renascentista é pautado pela investigação, a busca do conhecimento, seja pelo método indutivo vinculado ao Empirismo ou ao pelo método dedutivo associado ao Racionalismo. Questionava-se qualquer tipo de autoridade, sobretudo o poder da Igreja que era ancorada na filosofia grega de Aristóteles. Este pensador defendia uma visão geocêntrica de mundo e teve apoiou de outros estudiosos antigos como Ptolomeu. A Igreja católica no medievo baseou-se no pensamento aristotélico-ptolomaico antigo e também defendeu o geocentrismo. No entanto, alguns estudiosos do Renascimento Científico começaram a questionar esta pseudo-visão. Entre eles estão Copérnico, 1473-1543, que escreveu o livro "Da Revolução Das Esferas Celestes", em que combateu a tese geocêntrica e defendeu o heliocentrismo e Johannes Kepler, 1571-1630, pensador alemão que formulou três leis importantes para a Revolução Cientifica do século XVII que consolidou o heliocentrismo. Primeira Lei: das órbitas, os planetas giram em órbitas elípticas ao redor do sol. Segunda Lei: das áreas, um planeta girará com maior velocidade quanto mais próximo estiver do sol. Terceira Lei: a relação do cubo da distância média de um planeta ao sol e o quadrado do período da revolução do planeta é uma constante sendo a mesma para todos os planetas.

3. D

Analisando a questão com base na terceira lei de Kepler, temos:

$$\frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{T_D^2}{R_D^3} \Rightarrow \frac{T_A^2}{R_A^3} = \frac{(8T_A)^2}{R_B^3} \Rightarrow \frac{1}{R_A^3} = \frac{64}{R_B^3} \Rightarrow \frac{R_B^3}{R_A^3} = 64 \Rightarrow \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^3 = 64 \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \sqrt[3]{64} \Rightarrow \therefore \boxed{\frac{R_B}{R_A} = 4}$$

4. A

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Terra: } g = G\dfrac{M}{R^2} = 10 \\ \text{Planeta: } g' = G\dfrac{(4\ M)}{(4\ R)^2} = \dfrac{4}{16}\ G\dfrac{M}{R^2} = \dfrac{1}{4}\ (10) \end{array} \right\rangle \Rightarrow g' = 2{,}5\ m/s^2.$$

5. D

Dados: $m_T = 6\times10^{24}$kg; $m_T = 1\times10^{26}$kg; $d_{TS} = 1{,}5\times10^{11}$m; $d_{NS} = 4{,}5\times10^{12}$m.

Da lei de Newton da Gravitação:

$$\begin{cases} F_{ST} = \dfrac{G\ M\ m_T}{(d_{TS})^2} \\ F_{SN} = \dfrac{G\ M\ m_N}{(d_{NS})^2} \end{cases} \div \Rightarrow \frac{F_{ST}}{F_{SN}} = \frac{\cancel{G}\ \cancel{M}\ m_T}{(d_{TS})^2} \times \frac{(d_{NS})^2}{\cancel{G}\ \cancel{M}\ m_N} \Rightarrow$$

$$\frac{F_{ST}}{F_{SN}} = \frac{m_T}{m_N} \times \left(\frac{d_{NS}}{d_{TS}}\right)^2 \Rightarrow \frac{F_{ST}}{F_{SN}} = \frac{6\times10^{24}}{1\times10^{26}} \times \left(\frac{4{,}5\times10^{12}}{1{,}5\times10^{11}}\right)^2 = 6\times10^{-2}\cdot9\times10^{2} \Rightarrow$$

$$\frac{F_{ST}}{F_{SN}} = 54.$$

6. B

Pela Lei da Gravitação Universal, podemos escrever:

$$\text{Terra} \to F_T = \frac{GM_Tm}{R_T^2} = 700$$

$$\text{Marte} \to F_M = \frac{GM_Mm}{R_M^2} = \frac{G\frac{M_T}{10}m}{\left(\frac{R_T}{2}\right)^2} = \frac{1}{2{,}5}.\frac{GM_Tm}{R_T^2} = \frac{1}{2{,}5}x700 = 280N$$

7. B

Dados: m_T = 6,0×10^{24} kg; m_J = 2,0×10^{27} kg; R_T = 1,5×10^{11} m; R_J = 7,5×10^{11} m; G = 6,7×10^{-11} N·m^2/kg^2.

No momento de maior proximidade, a distância entre os dois planetas é:

$$r = R_J - R_T = 7{,}5\times10^{11} - 1{,}5\times10^{11} \Rightarrow r = 6\times10^{11}\ \text{m}.$$

Substituindo os valores na fórmula da força gravitacional:

$$F = G\frac{m_Tm_J}{r^2} \Rightarrow F = 6{,}7\times10^{-11}\ \frac{6\times10^{24}\times2\times10^{27}}{\left(6\times10^{11}\right)^2} = \frac{8\times10^{41}}{36\times10^{22}} \Rightarrow$$

$$F = 2{,}2\times10^{18}\ \text{N}.$$

8. A

Análise das alternativas:

a) Verdadeira.

b) Falsa: A balança mede massa em quilogramas. Quilograma-força é uma unidade de força.

c) Falsa: É a massa do gato que é a mesma em qualquer planeta.

d) **Falsa:** As balanças medem massa.
e) **Falsa:** Neste caso o peso seria menor pelo fato da gravidade ser menor, mas não alteraria a massa do Garfield.

9. C

Matematicamente, a terceira lei de Kepler pode ser expressa por: $\frac{T^2}{r^3} = K$, em que T representa o período orbital, r o raio médio orbital e K uma constante de proporcionalidade.

Como os satélites Io e Europa giram em torno do mesmo centro, que é Júpiter, devido à força gravitacional trocada com o planeta, podemos escrever que:

$$\frac{T^2_{Europa}}{r^3_{Europa}} = \frac{T^2_{Io}}{r^3_{Io}} \rightarrow \frac{T^2_{Europa}}{(6{,}72.10^5)^3} = \frac{(1{,}8)^2}{(4{,}20.10^5)^3} \rightarrow T^2_{Europa} \approx 13{,}27$$

$T_{Europa} \approx 3{,}64$ dias terrestres.

10. B

- Sendo **r** o raio médio da órbita e **T** o período de translação do planeta, analisando a 3ª Lei de Kepler: $\frac{T^2_{Vênus}}{r^3_{Vênus}} = \frac{T^2_{Terra}}{r^3_{Terra}}$. Sendo o raio médio da órbita de Vênus menor que o da Terra, o período de translação de Vênus é menor que o da Terra, logo a frequência é maior.
- a velocidade angular é: $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Como Vênus tem menor período, sua velocidade angular é maior.
- Para analisar a velocidade linear (**v**), aproximando as órbitas para circulares, a força gravitacional age como resultante centrípeta. Sendo **m** a massa do planeta e **M** a massa do Sol:

  $R_{Cent} = F_{Grav} \Rightarrow \frac{m\,v^2}{r} = \frac{G\,M\,m}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G\,M}{r}}$. Sendo o raio médio da órbita de Vênus menor que o da Terra, Vênus tem maior velocidade linear que a Terra.