

ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

Física e Química A – 11.º Ano

Ficha de trabalho de iniciação F1.3 – n.º 4

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

Unidade 1: Mecânica - Subunidade 1.3: Forças e movimentos

1.3.2. Movimento circular uniforme.

- Os satélites

- Grandezas características dos movimentos periódicos

1.3.2. Movimento circular uniforme.

- Grandezas características dos movimentos periódicos

1. Uma roda realiza 30 voltas em 5s. Determine a sua frequência.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{30}{5} = 6,0 \text{ Hz}$$

2. Uma partícula em movimento circular uniforme possui frequência de 1200 rpm. Determine a sua frequência, em Hertz

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ Hz}$$

3. Uma serra circular executa 10 rotações em 5 s. Determine o seu período e a sua frequência.

$$T = \frac{\Delta t}{n^{\circ} \text{ voltas}} = \frac{5}{10 \text{ rot.}} = 0,50 \text{ s}$$

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{10 \text{ rot.}}{5} = 2,0 \text{ Hz} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,50} = 2,0 \text{ Hz}$$

4. Determine o período, em unidades SI, de:

- 4.1. Translação da Terra em torno do Sol.

$$T = 365 \times 24 \times 3600 = 31536000 \text{ s} = 3,15 \times 10^7 \text{ s}$$

- 4.2. Rotação da Terra em torno do próprio eixo.

$$T = 24 \text{ h} = 24 \times 3600 = 86\,400 \text{ s}$$

- 4.3. Ponteiro dos minutos de um relógio.

$$T = 60 \text{ min} = 60 \times 60 = 3600 \text{ s}$$

- 4.4. Ponteiro das horas de um relógio.

$$T = 12 \text{ h} = 12 \times 3600 = 43\,200 \text{ s}$$

5. Um corpo efetua 600 voltas numa circunferência, em 2 minutos. Determine a frequência, em hertz e o período do movimento, em segundos.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{600}{2 \times 60} = 5 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5} = 0,20 \text{ s}$$

6. Uma partícula em movimento circular possui frequência de 600 rpm. Determine a sua frequência, em hertz, o seu período, em segundo, e sua velocidade angular em rad/s.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{600}{60} = 10 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ s}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 = 62,8 \text{ rad s}^{-1}$$

7. Uma partícula descreve um movimento circular e uniforme numa circunferência de raio 20 cm, com frequência de 120 rpm. Determine a velocidade angular e a velocidade escalar da partícula.

$$r = 0,20 \text{ m}$$

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{120}{60} = 2,0 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 2 = 12,6 \text{ rad s}^{-1}$$

$$v = 2\pi r f = 2\pi \times 0,20 \times 2 = 2,5 \text{ m s}^{-1}$$

8. Uma mosca pousa a 3,0 cm do centro de um disco que está efetuando 30 rpm. Quais as velocidades angular e linear da mosca?

$$r = 0,030 \text{ m}$$

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{30}{60} = 0,50 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 0,5 = 3,14 \text{ rad s}^{-1}$$

$$v = 2\pi r f = 2\pi \times 0,030 \times 0,50 = 0,094 \text{ m s}^{-1}$$

9. A roda de uma máquina tem raio de 20 cm e gira com velocidade constante, executando 3 600 rpm. Determine a frequência, o período, a velocidade angular e a velocidade escalar para um ponto colocado na periferia da roda.

$$r = 0,20 \text{ m e } 3600 \text{ rpm} = 3600 \text{ voltas em } 60 \text{ s.}$$

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ voltas}}{\Delta t} = \frac{3600}{60} = 60 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0,017 \text{ s}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 377 \text{ rad s}^{-1}$$

$$v = 2\pi r f = 2\pi \times 0,20 \times 60 = 75 \text{ m s}^{-1}$$

10. Um corpo percorre uma circunferência de raio igual a 4,0 m com movimento uniforme e velocidade 0,40 m/s. Calcule a velocidade angular do corpo e o período de rotação.

$$v = \omega r \Leftrightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{0,40}{4} = 0,10 \text{ rad s}^{-1}$$

$$T = ?$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \times 4,0}{0,40} = 62,8 \text{ s}$$

11. Calcule a força centrípeta que atua sobre um automóvel de 1200 kg quando ele descreve uma rotunda com 100 m de raio a 54 km h⁻¹.

$$v = \frac{54 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{54\,000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$$

$$F_c = m \frac{v^2}{r} = 1200 \times \frac{15^2}{100} = 2700 = 2,7 \times 10^3 \text{ N}$$

12. As pás de uma ventoinha rodam com velocidade angular de $200\pi \text{ rad s}^{-1}$.

- 12.1. Qual é o período do movimento de rotação das pás da ventoinha?

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{200\pi} = 0,010 \text{ s}$$

- 12.2. Todos os pontos das pás rodam com a mesma velocidade linear? Justifique.

Não. Porque a velocidade linear depende do raio e diferentes pontos têm diferentes raios.

- 12.3. Calcule a distância ao centro da ventoinha de um ponto que roda a $94,2 \text{ m s}^{-1}$.

$$v = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow r = \frac{v T}{2\pi} = \frac{94,2 \times 0,01}{2\pi} = 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

13. Qual das seguintes características se associa ao movimento circular uniforme?

- (A) Velocidade e aceleração constantes.
 (B) Velocidade constante e aceleração nula.
 (C) Velocidade com módulo constante e direção paralela à aceleração.
 (D) Velocidade com módulo constante e direção perpendicular à aceleração.

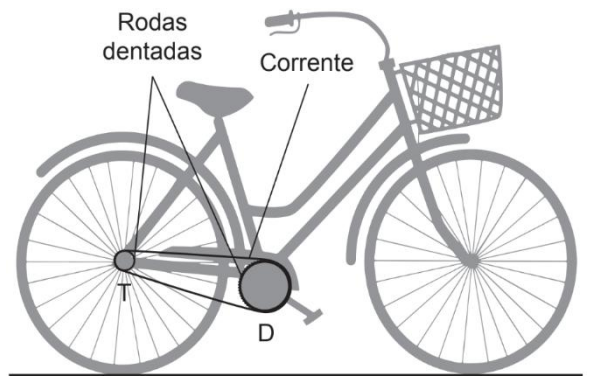
Opção D. No movimento circular uniforme, a velocidade é tangente em cada ponto à trajetória curva e a aceleração centrípeta é radial, logo, perpendicular à direção da velocidade.

Exame FQA 2022 EE

14. As bicicletas têm uma corrente que liga uma roda dentada dianteira, D, movimentada pelos pedais, a uma roda dentada traseira, T, fixa à roda traseira, tal como se representa na figura.

Considere uma rotação completa da roda dentada dianteira, D, em 1 s. Mostre que, quanto maior for a razão dos raios das duas rodas dentadas, $\frac{r_D}{r_T}$, maior será a frequência de rotação da roda dentada traseira, T.

Comece por relacionar as velocidades lineares das rodas dentadas D e T.



Como $T_D = 1 \text{ s}$ então $f_D = \frac{1}{T_D} = \frac{1}{1} = 1 \text{ Hz}$

Como as rodas D e T estão ligados por uma corrente então $v_D = v_T$

$$v_D = v_T \Leftrightarrow 2\pi r_D f_D = 2\pi r_T f_T$$

$$\Leftrightarrow \frac{r_D}{r_T} = \frac{f_T}{f_D} \Leftrightarrow \frac{r_D}{r_T} = \frac{f_T}{1} \Leftrightarrow \frac{r_D}{r_T} = f_T$$

Quando maior a relação $\frac{r_D}{r_T}$ maior será a frequência da roda traseira T.

Os satélites

Dados: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $m_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; $r_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$

15. Deduza a fórmula que permite calcular o módulo da velocidade orbital de um satélite com órbita circular à volta da Terra à partir da sua força gravítica.

$$F_c = F_g$$

$$\Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{G \frac{m_T}{r}}$$

16. Considere um satélite que descreve uma órbita circular em torno da Terra, a uma altitude equivalente ao raio do planeta, r_T .

16.1. Qual é a expressão que permite determinar o módulo da força centrípeta responsável pelo movimento circular uniforme do satélite?

(A) $F_c = G \frac{m_T m_s}{r_T^2}$

(C) $F_c = G \frac{m_T m_s}{2r_T^2}$

(B) $F_c = G \frac{m_T m_s}{4r_T^2}$

(D) $F_c = G \frac{m_T}{4r_T^2}$

16.2. Qual é a expressão que permite determinar o módulo da aceleração centrípeta do satélite?

(A) $a_c = G \frac{m_T}{r_T^2}$

(C) $a_c = G \frac{m_T}{2r_T^2}$

(B) $a_c = G \frac{m_T m_s}{4r_T^2}$

(D) $a_c = G \frac{m_T}{4r_T^2}$

16.3. Qual das seguintes expressões permite determinar o módulo da velocidade do satélite?

(A) $v = \sqrt{G \frac{m_T}{r_T}}$

(C) $v = \sqrt{G \frac{m_s}{4r_T}}$

(B) $v = \sqrt{G \frac{m_T}{4r_T}}$

(D) $v = \sqrt{G \frac{m_T}{2r_T}}$

16.1. Opção B. A distância entre os centros de massa dos dois corpos equivale ao dobro do raio da Terra, $r = r_T + h = 2 r_T$. Ao substituir no r^2 fica $(2r_T)^2 = 4 r_T^2$

16.2. Opção D. Pois a aceleração centrípeta é $a_c = \frac{F_g}{m_s}$. É parecida à expressão da força gravítica, mas sem a massa do satélite.

16.3. Opção D. Como $r = 2 r_T$, e na expressão da velocidade orbital o r não fica ao quadrado.

17. O Sputnik foi o primeiro satélite artificial a ir para o Espaço, lançado pela ex-União Soviética, em 1957. Calcule o módulo da força gravítica a que este satélite (que tinha 83 kg) estava sujeito sabendo que, numa órbita a 300 km de altitude, se deslocava a $7,5 \text{ km s}^{-1}$. Dados: $r_{\text{terra}} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$.

$$F_g = F_c = m \frac{v^2}{r} = 83 \times \frac{(7,5 \times 10^3)^2}{(6,37 \times 10^6 + 300 \times 10^3)} = 700 \text{ N}$$

18. A figura representa as órbitas de dois satélites, $r_B = 2 \times r_A$, e a massa do satélite B é dupla da massa de A.

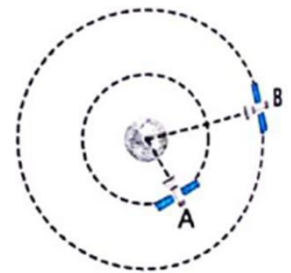
18.1. Que relação existe entre o módulo das forças centrípetas a que cada satélite está sujeito?

(A) $F_{cA} = \frac{1}{2} F_{cB}$

(C) $F_{cA} = 2 F_{cB}$

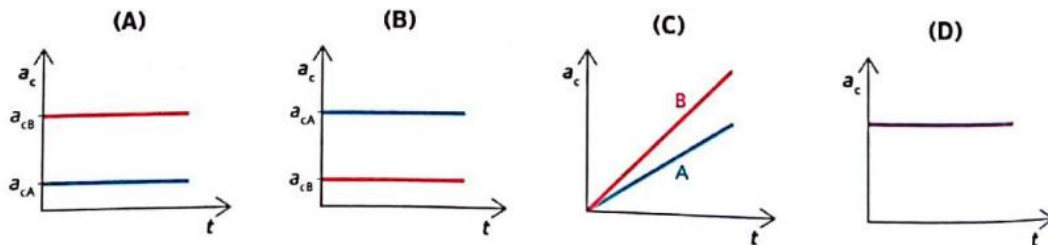
(B) $F_{cA} = F_{cB}$

(D) $F_{cA} = 4 F_{cB}$



18.2. Estabeleça a relação entre a velocidade angular dos dois satélites.

18.3. Qual dos gráficos relaciona o módulo das acelerações dos dois satélites em função do tempo?



18.1. Opção C

Como $r_B = 2 r_A$ e $m_B = 2 m_A$ verifica-se que:

$$F_{cA} = G \frac{m_T m_A}{r_A^2} \text{ e que } F_{cB} = G \frac{m_T 2m_A}{4r_A^2}, \text{ ou seja } F_{cA} = 2 F_{cB}$$

18.2.

$$\text{Como } F_c = m a_c = m \omega^2 r$$

$$\text{Fica } F_{cA} = m_A \omega_A^2 r_A \text{ e } F_{cB} = 2 m_A \omega_A^2 2r_A$$

$$\text{E da alínea anterior } F_{cA} = 2 F_{cB}$$

$$\frac{F_{cA}}{F_{cB}} = \frac{m_A \omega_A^2 r_A}{m_B \omega_B^2 r_B} \Leftrightarrow \frac{2 F_{cB}}{F_{cB}} = \frac{2 m_A \omega_A^2 2r_A}{2 m_A \omega_B^2 2r_A} \Leftrightarrow \frac{2}{1} = \frac{\omega_A^2}{4 \omega_B^2} \Leftrightarrow \frac{\omega_A^2}{\omega_B^2} = 8 \Leftrightarrow \frac{\omega_A}{\omega_B} = \sqrt{8}$$

Outra forma:

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m \omega^2 r = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow \omega^2 = G \frac{m_T}{r^3}$$

$$\frac{\omega_A^2}{\omega_B^2} = \frac{G \frac{m_T}{r_A^3}}{G \frac{m_T}{r_B^3}} = \frac{r_B^3}{r_A^3} \Leftrightarrow \frac{\omega_A}{\omega_B} = \sqrt{\frac{(2 \times r_A)^3}{r_A^3}} = \sqrt{8}$$

18.3. Opção B

O módulo da aceleração do satélite não depende da sua massa, mas é inversamente proporcional ao quadrado do raio da sua trajetória. $a_c = G \frac{m_T}{r^2}$

ATENÇÃO: Usar apenas a fórmula $a_c = \omega^2 r$ para movimentos com período (T) conhecido. Pois o T também depende do raio nos satélites. T^2 é proporcional ao r^3 .

Como o raio da trajetória do satélite B é dobro do raio da trajetória do satélite A, então o módulo da aceleração do satélite B é quatro vezes menor que o da aceleração do satélite A.

19. O movimento da Lua à volta da Terra pode ser considerado circular uniforme.

19.1. Represente os vetores velocidade, força centrípeta e aceleração associados à Lua no seu movimento à volta da Terra.

19.2. O movimento da Lua é uniforme, mas não se pode dizer que a sua velocidade seja constante. Justifique.

Porque a direção do vetor velocidade varia.

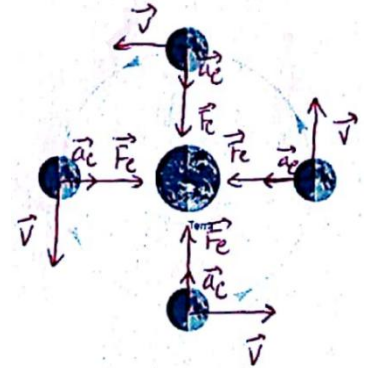
19.3. Determine a aceleração centrípeta a que a Lua está sujeita. Sabendo que demora 27,3 dias a descrever a sua órbita com $3,84 \times 10^5$ km de raio.

$$T = 27,3 \times 24 \times 3600 = 2358720 \text{ s}$$

$$r = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \times 3,84 \times 10^8}{2358720} = 1023 \text{ m s}^{-1}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{1023^2}{3,84 \times 10^8} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-2} \text{ ou usar } a_c = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \times r$$



20. Qual das seguintes descrições se associa aos satélites geostacionários?

- (A) Durante o seu movimento mantêm a posição relativamente à Terra, por isso são usados no sistema de posicionamento GPS.
 (B) A sua velocidade orbital é igual à velocidade orbital da Terra, por isso são usados em sistemas de comunicações.
 (C) O seu movimento de rotação está sincronizado com o da Terra, por isso são usados em sistemas de comunicações.
 (D) A sua frequência orbital é superior à frequência de rotação da Terra, por isso são usados para monitorizar a atmosfera terrestre.

R: Opção C

21. Deduza a fórmula que permite relacionar o raio da órbita de um satélite com o seu período orbital.

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = G \frac{m_T}{r} \\ \Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2}$$

22. Os satélites usados em comunicação têm órbitas circulares a cerca de 36 000 km de altitude. Determine a velocidade a que devem ser colocados em órbita.

Dados: $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; $m_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; $r_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2}$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{G \frac{m_T}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{6,37 \times 10^6 + 36\,000 \times 10^3}} = 3,1 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

23. Os satélites usados em comunicação são maioritariamente geoestacionários.

23.1. O que caracteriza este tipo de satélites?

Permanecem sempre no mesmo ponto da Terra acompanhando o movimento de rotação da Terra a grande distância. O seu período é de 24 h.

23.2. Aplicando a 2.ª lei de Newton, determine a altitude a que orbitam estes satélites.

$$T = 24 \times 3600 = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$$

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = G \frac{m_T}{r}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{G m_T T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} \times (8,64 \times 10^4)^2}{4\pi^2}} = 4,2 \times 10^7 \text{ m}$$

A altitude (h) será dada por:

$$h = r - r_T = 4,2 \times 10^7 - 6,37 \times 10^6 = 3,6 \times 10^7 \text{ m (36 000 km)}$$

- 24.** Os satélites do sistema GPS descrevem um movimento circular uniforme em torno da Terra, a uma altitude de cerca de $20,2 \times 10^3$ km. Calcule:

24.1. O período do movimento destes satélites.

Deduzindo a relação entre o raio ao cubo e o período ao quadrado ficamos com $\frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2}$, podemos calcular o período destes satélites.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2} \Leftrightarrow \frac{(6,37 \times 10^6 + 2,02 \times 10^7)^3}{T^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{4\pi^2} \Leftrightarrow T = 4,31 \times 10^4 \text{ s} \approx 12 \text{ h}$$

24.2. A velocidade linear destes satélites.

$$v = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow v = \frac{2\pi \times (6,37 \times 10^6 + 2,02 \times 10^7)}{12 \times 3600} = 3,9 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

- 25.** Determine o número de voltas que um satélite que orbita 1000 km de altitude dá diariamente à Terra. Aplicando a 2.ª lei de Newton chegamos à relação do r^3 com T^2 .

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = G \frac{m_T}{r}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = G \frac{m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_T}{4\pi^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G m_T}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 (6,37 \times 10^6 + 1000 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}} = 6,3 \times 10^3 \text{ s (uma volta)}$$

Um dia (24 h) o satélite fará:

$$\frac{24 \times 3600}{6,3 \times 10^3} = 13,7 \text{ voltas}$$

Outra forma de fazer:

$$1 \text{ volta} \text{ --- } 6,3 \times 10^3 \text{ s}$$

$$x \text{ --- } 24 \times 3600 \text{ s}$$

$$x = \frac{24 \times 3600}{6,3 \times 10^3} = 13,7 \text{ voltas}$$

Exame FQA 2020 F2 GIV

- 26.** Io, Europa, Ganimedes e Calisto são satélites de Júpiter que foram descobertos por Galileu, no início do século XVII.

Considere o movimento de translação destes satélites em torno de Júpiter e admita que as órbitas por eles descritas são aproximadamente circulares.

26.1. A aceleração de um satélite no seu movimento de translação em torno de Júpiter

(A) depende do raio da órbita e da massa do satélite.

(B) depende do raio da órbita, mas não depende da massa do satélite.

(C) não depende do raio da órbita nem da massa do satélite.

(D) não depende do raio da órbita, mas depende da massa do satélite.

Opção B. A resultante das forças que atuam sobre o satélite é centrípeta e igual à força gravitacional.

$$F_c = F_g \Leftrightarrow m_s a_c = G \frac{m_J m_s}{r^2} \Leftrightarrow a_c = G \frac{m_J}{r^2}$$

A aceleração do satélite depende do raio da órbita, r , mas é independente da sua massa, m_s , sendo a opção correta a (B).

26.2. A massa de Júpiter pode ser determinada a partir de uma relação entre os períodos de translação, T , dos seus satélites e os raios, r , das órbitas por estes descritas, verificando-se que T^2 varia linearmente com r^3 . Na tabela seguinte, apresentam-se os valores de r^3 e de T^2 dos satélites de Júpiter descobertos por Galileu.

Determine a massa de Júpiter.

Satélites	r^3 / m^3	T^2 / s^2
Io	$7,50 \times 10^{25}$	$2,34 \times 10^{10}$
Europa	$30,2 \times 10^{25}$	$9,41 \times 10^{10}$
Ganimedes	123×10^{25}	$38,2 \times 10^{10}$
Calisto	667×10^{25}	208×10^{10}

Na resposta:

- Deduza a expressão de T^2 em função de r^3 , a partir da segunda lei de Newton e da lei da gravitação universal;
- Apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de T^2 em função de r^3 (despreze a ordenada na origem);
- Calcule o valor solicitado.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

- $F_c = F_g \Leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m_J m}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = G \frac{m_J}{r}$
 $\Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = G \frac{m_J}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = G \frac{m_J}{r} \Leftrightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{G m_J}{4\pi^2} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{G m_J} r^3$
- A reta de ajuste a $T^2 = f(r^3)$, obtida na calculadora gráfica com os valores apresentados na tabela do enunciado, é $T^2 = 3,12 \times 10^{-16} r^3$
- Comparando esta equação com a dedução anterior concluímos que o declive é:

$$3,12 \times 10^{-16} = \frac{4\pi^2}{G m_J} \Leftrightarrow 3,12 \times 10^{-16} = \frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11} m_J}$$

$$\Leftrightarrow m_J = \frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11} \times 3,12 \times 10^{-16}} = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$$

A massa de Júpiter é igual a $1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$