Prof. Bruno Fazio
Física

Lista de Exercícios – Movimento Circular Uniforme

Parte 1 – Período, frequência, velocidade linear e angular.

1*. (Uerj 2019) Em um equipamento industrial, duas engrenagens, A e B giram 100 vezes por segundo e 6000 vezes por minuto, respectivamente. O período da engrenagem A equivale a T_A e o da engrenagem B a T_B. A razão $\frac{T_A}{T_B}$ é igual a:

a) $\frac{1}{6}$ b) $\frac{3}{5}$ c) 1 d) 6

2*. (Uern 2015) Dois exaustores eólicos instalados no telhado de um galpão se encontram em movimento circular uniforme com frequências iguais a $2{,}0Hz$ e $2{,}5Hz$. A diferença entre os períodos desses dois movimentos é igual a

a) $0{,}1\ s$. b) $0{,}3\ s$. c) $0{,}5\ s$. d) $0{,}6\ s$.

3. (Pucrj 2013) A Lua leva 28 dias para dar uma volta completa ao redor da Terra. Aproximando a órbita como circular, sua distância ao centro da Terra é de cerca de 380 mil quilômetros. A velocidade aproximada da Lua, em km/s, é:

a) 13 b) $0{,}16$ c) 59 d) 24 e) 1

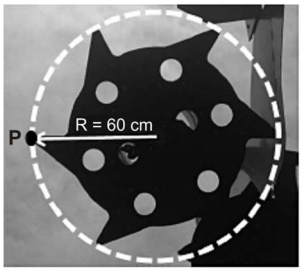
4*. (Unicamp 2016) Anemômetros são instrumentos usados para medir a velocidade do vento. A sua construção mais conhecida é a proposta por Robinson em 1846, que consiste em um rotor com quatro conchas hemisféricas presas por hastes, conforme figura abaixo. Em um anemômetro de Robinson ideal, a velocidade do vento é dada pela velocidade linear das conchas. Um anemômetro em que a distância entre as conchas e o centro de rotação é $r = 25\ cm$ em um dia cuja velocidade do vento é $v = 18\ km/h$ teria uma frequência de rotação de

THE ROBINSON ANEMOMETER.

Se necessário, considere $\pi \approx 3$.

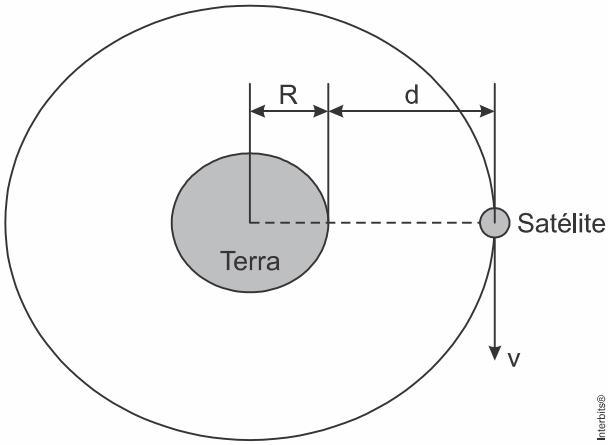
a) $3\ rpm$ b) $200\ rpm$ c) $720\ rpm$ d) $1200\ rpm$

5*. (Unicamp 2014) As máquinas cortadeiras e colheitadeiras de cana-de-açúcar podem substituir dezenas de trabalhadores rurais, o que pode alterar de forma significativa a relação de trabalho nas lavouras de cana-de-açúcar. A pá cortadeira da máquina ilustrada na figura abaixo gira em movimento circular uniforme a uma frequência de 300 rpm. A velocidade de um ponto extremo P da pá vale (considere $\pi \approx 3$)



a) $9\ m/s$ b) $15\ m/s$ c) $18\ m/s$ d) $60\ m/s$

6*. (Famema 2018) A figura representa um satélite geoestacionário em movimento circular e uniforme a uma distância (d) da superfície da Terra. A trajetória desse satélite está contida no plano equatorial terrestre e seu período de translação é igual ao de rotação da Terra, cerca de 24h.



Considerando que o raio equatorial da Terra mede R e adotando $\pi = 3$, a velocidade orbital desse satélite é de

a) $\frac{3(R+d)}{4}$ b) $\frac{(R+d)}{4}$ c) $\frac{2(R+d)}{3}$ d) $\frac{(R+d)}{12}$

e) $\frac{(R+d)}{8}$

7*. (Uece 2019) Um disco, do tipo DVD, gira com movimento circular uniforme, realizando $30\ rpm$. A velocidade angular dele, em rad/s, é

a) 30π b) 2π c) π d) 60π

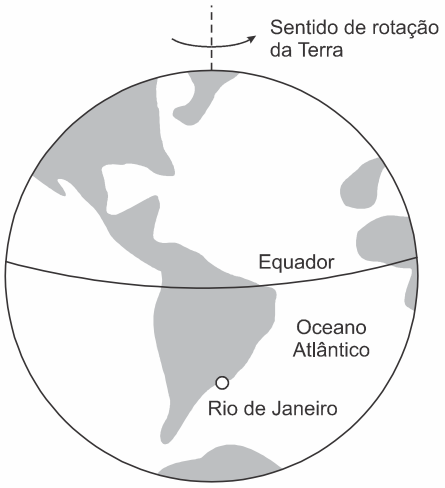
8. (Eear 2018) Um ponto material descreve um movimento circular uniforme com o módulo da velocidade angular igual a $10\ rad/s$. Após $100\ s$, o número de voltas completas percorridas por esse ponto material é
Adote $\pi = 3$

a) 150 b) 166 c) 300 d) 333

9. (Ufjf-pism 2 2016) Maria brinca em um carrossel, que gira com velocidade constante. A distância entre Maria e o centro do carrossel é de $4{,}0\ m$. Sua mãe está do lado de fora do brinquedo e contou 20 voltas nos $10\ min$ em que Maria esteve no carrossel. Considerando essas informações, CALCULE:

a) A distância total percorrida por Maria.
b) A velocidade angular de Maria, em rad/s.

10. (Enem 2019) Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto "cortavam o céu". Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano.



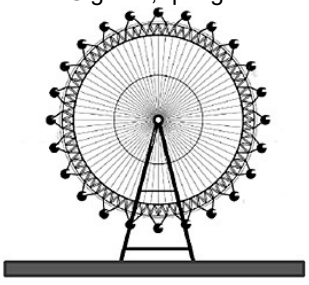
LAS CASAS, R. *Lixo espacial*. Observatório Astronômico Frei Rosário, ICEx, UFMG. Disponível em: www.observatorio.ufmg.br. Acesso em: 27 set. 2011 (adaptado).

De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era
a) igual à da Terra e no mesmo sentido.
b) superior à da Terra e no mesmo sentido.
c) inferior à da Terra e no sentido oposto.
d) igual à da Terra e no sentido oposto.
e) superior à da Terra e no sentido oposto.

11.* (Upf 2019) Um corpo descreve um movimento circular uniforme cuja trajetória tem 5 m de raio. Considerando que o objeto descreve 2 voltas em 12 s, é possível afirmar que sua velocidade tangencial, em m/s, é de, aproximadamente

(Considere $\pi = 3{,}14$ rad)
a) 3,14 b) 5,2 c) 15,7 d) 6,28 e) 31,4

12*. (Ufpa 2016) Durante os festejos do Círio de Nazaré, em Belém, uma das atrações é o parque de brinquedos situado ao lado da Basílica, no qual um dos brinquedos mais cobiçados é a Roda Gigante, que gira com velocidade angular ω, constante.



Considerando-se que a velocidade escalar de um ponto qualquer da periferia da Roda é $V = 1\ m/s$ e que o raio é de $15\ m$, pode-se afirmar que a frequência de rotação f, em hertz, e a velocidade angular ω, em rad/s, são respectivamente iguais a:

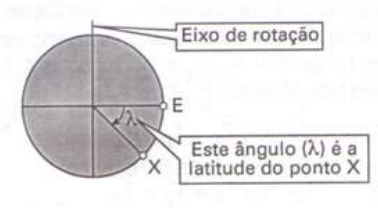
a) $\frac{1}{30\pi}$ e $\frac{2}{15}$ b) $\frac{1}{15\pi}$ e $\frac{2}{15}$ c) $\frac{1}{30\pi}$ e $\frac{1}{15}$ d) $\frac{1}{15\pi}$ e $\frac{1}{15}$ e) $\frac{1}{30\pi}$ e $\frac{1}{30\pi}$

13.* (Uemg 2019) Após estudar física exaustivamente para as provas de vestibular, Lívia sentiu-se mal e precisou receber a visita de um médico.

Disponível: https://www.efeitojoule.com/2011/04/vestibulario-tirinhas-do-vestibular-de.html Acesso: 11 dez. 2018.

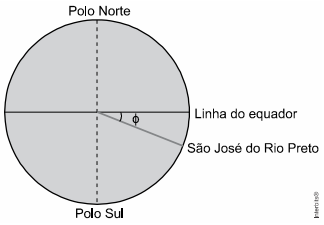
Com base nas informações do diálogo apresentado e considerando uma roda que gire em torno do seu próprio eixo com velocidade angular (ω) constante, o período de rotação dessa roda é dado por:
a) $2 \cdot (\omega \cdot \pi)^{-1}$.
b) $2 \cdot \pi \cdot \omega^{-1}$.
c) $\omega \cdot 2 \cdot \pi$.
d) $\omega \cdot (2 \cdot \pi)^{-1}$.

14*. Considerando a aproximação de que a Terra seja perfeitamente esférica (ela não é plana!), de raio igual a 6400 km e levando em consideração apenas o seu movimento de rotação, determine:



a) a velocidade escalar de um ponto no equador terrestre, em km/h (para este item, adote $\pi = 3$).
b) a velocidade angular de um ponto no equador terrestre, $°/h$.
c) a velocidade angular de um ponto no equador terrestre, rad/h.
d) a velocidade escalar de um ponto da superfície da Terra com latitude de $60°$, em km/h (para este item, adote $\pi = 3$).
e) a velocidade angular de um ponto da superfície da Terra com latitude de $60°$, em $°/h$.

15.* (Famerp 2019) Uma pessoa parada sobre a linha do equador terrestre apresenta uma velocidade tangencial, devido à rotação da Terra, de módulo próximo a 1.700 km/h.



Sabendo que $\text{sen}\ 21° = 0{,}36$ e $\cos 21° = 0{,}93$, uma pessoa em repouso sobre o solo, em São José do Rio Preto, cuja latitude é aproximadamente $\phi = 21°$ Sul, tem uma velocidade tangencial de módulo próximo a
a) 1.830 km/h. b) 610 km/h. c) 1.700 km/h.
d) 4.700 km/h. e) 1.580 km/h.

16. (Ufu 2017) Ainda que tenhamos a sensação de que estamos estáticos sobre a Terra, na verdade, se tomarmos como referência um observador parado em relação às estrelas fixas e externo ao nosso planeta, ele terá mais clareza de que estamos em movimento, por exemplo, rotacionando junto com a Terra em torno de seu eixo imaginário. Se consideramos duas pessoas (A e B), uma deles localizada em Ottawa (A) Canadá, (latitude 45° Norte) e a outra em Caracas (B), Venezuela, (latitude 10° Norte), qual a relação entre a velocidade angular média (ω) e velocidade escalar média (v) dessas duas pessoas, quando analisadas sob a perspectiva do referido observador?

a) $\omega_A = \omega_B$ e $V_A = V_B$ b) $\omega_A < \omega_B$ e $V_A < V_B$ c) $\omega_A = \omega_B$ e $V_A < V_B$ d) $\omega_A > \omega_B$ e $V_A = V_B$

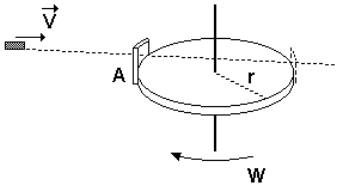
17. (Enem 2018) Visando a melhoria estética de um veículo, o vendedor de uma loja sugere ao consumidor que ele troque as rodas de seu automóvel de aro 15 polegadas para aro 17 polegadas, o que corresponde a um diâmetro maior do conjunto roda e pneu.
Duas consequências provocadas por essa troca de aro são:

a) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais instável e aumentar a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
b) Abaixar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais instável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
c) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e aumentar a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
d) Abaixar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.
e) Elevar a posição do centro de massa do veículo tornando-o mais estável e diminuir a velocidade do automóvel em relação à indicada no velocímetro.

18. (Fuvest 2019) Em uma fábrica, um técnico deve medir a velocidade angular de uma polia girando. Ele apaga as luzes do ambiente e ilumina a peça somente com a luz de uma lâmpada estroboscópica, cuja frequência pode ser continuamente variada e precisamente conhecida. A polia tem uma mancha branca na lateral. Ele observa que, quando a frequência de *flashes* é 9 Hz, a mancha na polia parece estar parada. Então aumenta vagarosamente a frequência do piscar da lâmpada e só quando esta atinge 12 Hz é que, novamente, a mancha na polia parece estar parada. Com base nessas observações, ele determina que a velocidade angular da polia, em rpm, é

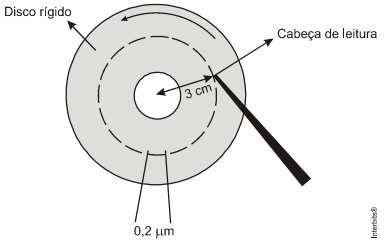
a) 2160 b) 1260 c) 309 d) 180 e) 36

19. (Fuvest) Um disco de raio r gira com velocidade angular w constante. Na borda do disco, está presa uma placa fina de material facilmente perfurável. Um projétil é disparado com velocidade $\vec{v}$ em direção ao eixo do disco, conforme mostra a figura, e fura a placa no ponto A. Enquanto o projétil prossegue sua trajetória sobre o disco, a placa gira meia circunferência, de forma que o projétil atravessa mais uma vez o mesmo orifício que havia perfurado. Considere a velocidade do projétil constante e sua trajetória retilínea. O módulo da velocidade $\vec{v}$ do projétil é:



a) $\frac{wr}{\pi}$ b) $\frac{2wr}{2\pi}$ c) $\frac{wr}{2\pi}$ d) wr e) $\frac{\pi w}{r}$

20. (Unicamp 2015) Considere um computador que armazena informações em um disco rígido que gira a uma frequência de 120 Hz. Cada unidade de informação ocupa um comprimento físico de 0,2 μm na direção do movimento de rotação do disco. Quantas informações magnéticas passam, por segundo, pela cabeça de leitura, se ela estiver posicionada a 3 cm do centro de seu eixo, como mostra o esquema simplificado apresentado abaixo? (Considere $\pi \approx 3$).



a) $1{,}62 \times 10^6$. b) $1{,}8 \times 10^6$. c) $64{,}8 \times 10^8$. d) $1{,}08 \times 10^8$.

Parte 2 – Encontro em movimento circular

21. (Puccamp) Dois corredores percorrem um pista circular de comprimento 600 m, partindo do mesmo ponto e no mesmo instante. Se a percorrerem no mesmo sentido, o primeiro encontro entre eles acontecerá depois de $5{,}0$ minutos. Se a percorrerem em sentidos opostos, o primeiro encontro ocorrerá $1{,}0$ minuto após a partida. Admitindo constantes as velocidades dos corredores, em módulo e em m/s, seus valores serão, respectivamente,

a) $5{,}0$ e $5{,}0$ b) $6{,}0$ e $4{,}0$ c) $8{,}0$ e $6{,}0$ d) 10 e $5{,}0$ e) 12 e $6{,}0$

22*. (Fuvest) Dois carros percorrem uma pista circular, de raio R, no mesmo sentido, com velocidades de módulos constantes e iguais a v e $3v$. O tempo decorrido entre dois encontros sucessivos vale:

a) $\pi\, R/3v$. b) $2\pi R/3v$. c) $\pi R/v$. d) $2\pi R/v$ e) $3\pi R/v$

Parte 3 - Transmissão de movimento circular

23. (Insper 2019) A figura mostra uma réplica do Benz Patent Motorwagen, de 1885, carro de dois lugares e três rodas. O diâmetro da roda dianteira mede 60 cm, e o das rodas traseiras mede 80 cm.

(wikipedia)

Em um teste recém-realizado, o veículo percorreu, em linha reta, 7,2 km em 12 minutos, mantendo sua velocidade praticamente constante. Assim, considerando $\pi = 3$, a frequência de giro das rodas dianteira e traseiras deve ter sido, em Hz, aproximada e respectivamente, de

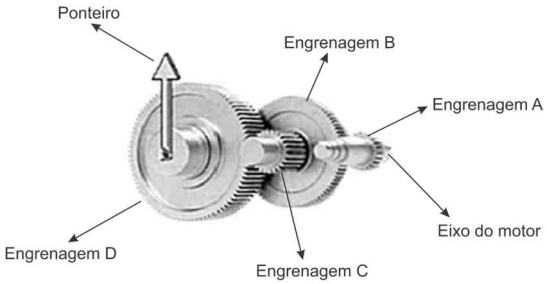
a) 5,5 e 4,2. b) 5,5 e 4,4. c) 5,6 e 4,2. d) 5,6 e 4,4. e) 5,8 e 4,5.

24*. (Eear 2016) Duas polias estão acopladas por uma correia que não desliza. Sabendo-se que o raio da polia menor é de $20\ cm$ e sua frequência de rotação f_1 é de $3600\ rpm$, qual é a frequência de rotação f_2 da polia maior, em rpm, cujo raio vale $50\ cm$?

a) 9000 b) 7200 c) 1440 d) 720

25*. (Enem 2016) A invenção e o acoplamento entre engrenagens revolucionaram a ciência na época e propiciaram a invenção de várias tecnologias, como os relógios. Ao construir um pequeno cronômetro, um relojoeiro usa o sistema de engrenagens mostrado. De acordo com a figura, um motor é ligado ao eixo e movimenta as engrenagens fazendo o ponteiro girar. A frequência do motor é de 18 rpm, e o número de dentes das engrenagens está apresentado no quadro.

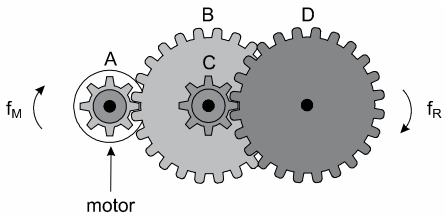
Engrenagem	Dentes
A	24
B	72
C	36
D	108



A frequência de giro do ponteiro, em rpm, é

a) 1. b) 2. c) 4. d) 81. e) 162.

26*. (Unesp 2016) Um pequeno motor a pilha é utilizado para movimentar um carrinho de brinquedo. Um sistema de engrenagens transforma a velocidade de rotação desse motor na velocidade de rotação adequada às rodas do carrinho. Esse sistema é formado por quatro engrenagens, A, B, C e D, sendo que A está presa ao eixo do motor, B e C estão presas a um segundo eixo e D a um terceiro eixo, no qual também estão presas duas das quatro rodas do carrinho.

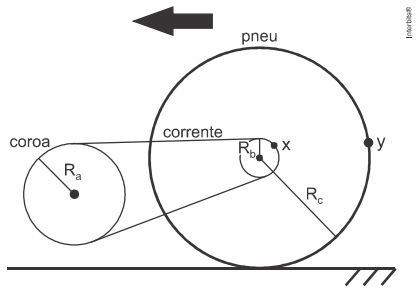


(www.mecatronicaatual.com.br. Adaptado.)

Nessas condições, quando o motor girar com frequência f_M as duas rodas do carrinho girarão com frequência f_R. Sabendo que as engrenagens A e C possuem 8 dentes, que as engrenagens B e D possuem 24 dentes, que não há escorregamento entre elas e que $f_M = 13{,}5\ Hz$, é correto afirmar que f_R, em Hz é igual a

a) 1,5. b) 3,0. c) 2,0. d) 1,0. e) 2,5.

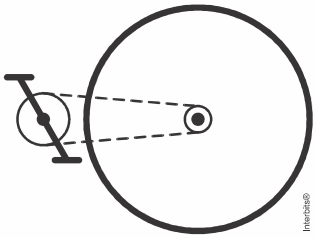
27*. (Ufu 2018) Assuma que as dimensões das engrenagens e do pneu de uma bicicleta sejam as indicadas abaixo.



Dados: R_a = 18 cm; R_b = 6 cm; R_c = 20 cm (figura fora de escala)

a) Considerando-se os pontos x e y indicados na figura, qual deles terá menor velocidade linear? Explique sua resposta.
b) Pedalando em uma bicicleta com as dimensões descritas, um ciclista foi instruído de que, para vencer uma corrida, deve se manter à velocidade constante de $65\ km/h$ durante toda a prova. Qual o número de pedaladas por segundo que ele deve dar para manter a velocidade indicada?

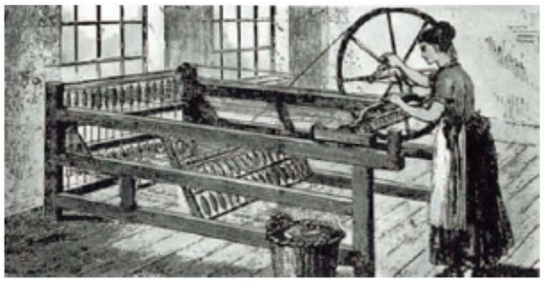
28. (Ufpr 2017)



O raio da roda de uma bicicleta é de 35 cm. No centro da roda há uma engrenagem cujo raio é de 4 cm. Essa engrenagem, por meio de uma corrente, é acionada por outra engrenagem com raio de 8 cm, movimentada pelo pedal da bicicleta. Um ciclista desloca-se fazendo uso dessa bicicleta, sendo gastos 2 s a cada três voltas do pedal. Assim, determine:
(Obs.: represente a constante pi apenas por π. Não é necessário substituir o seu valor numérico nos cálculos.)

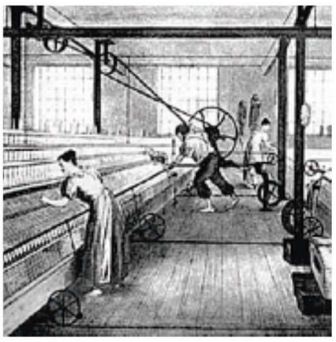
a) A velocidade angular da engrenagem do pedal, em radianos por segundo.
b) O valor absoluto da velocidade linear de um dos elos da corrente que liga a engrenagem do pedal à engrenagem do centro da roda.
c) A distância percorrida pela bicicleta se o ciclista mantiver a velocidade constante, nas condições citadas no enunciado do problema, durante 5 minutos.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:
Analise as figuras a seguir e responda à(s) questão(ões).



Máquina de tear manual

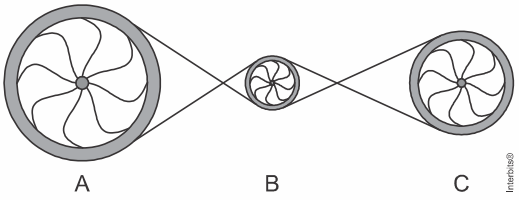
(Disponível em: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1PZQNHNNF-L7R6322M31/capitalismo%204.jpg>. Acesso em: 2 maio. 2017.)



Máquina de tear industrial

(Disponível em: <http://www.sohistoria.com.br/resumos/revolucaoindustrial_clip_image001.jpg>. Acesso em: 2 maio. 2017.)

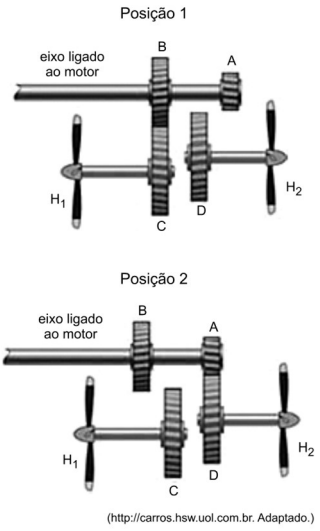
29. (Uel 2018) Suponha que a máquina de tear industrial (na figura acima), seja composta por 3 engrenagens (A, B e C), conforme a figura a seguir.



Suponha também que todos os dentes de cada engrenagem são iguais e que a engrenagem A possui 200 dentes e gira no sentido anti-horário a 40 rpm. Já as engrenagens B e C possuem 20 e 100 dentes, respectivamente.

Com base nos conhecimentos sobre movimento circular, assinale a alternativa correta quanto à velocidade e ao sentido.
a) A engrenagem C gira a 800 rpm e sentido anti-horário.
b) A engrenagem B gira 40 rpm e sentido horário.
c) A engrenagem B gira a 800 rpm e sentido anti-horário.
d) A engrenagem C gira a 80 rpm e sentido anti-horário.
e) A engrenagem C gira a 8 rpm e sentido horário.

30. (Unesp 2015) A figura representa, de forma simplificada, parte de um sistema de engrenagens que tem a função de fazer girar duas hélices, H_1 e H_2. Um eixo ligado a um motor gira com velocidade angular constante e nele estão presas duas engrenagens, A e B. Esse eixo pode se movimentar horizontalmente assumindo a posição 1 ou 2. Na posição 1, a engrenagem B acopla-se à engrenagem C e, na posição 2, a engrenagem A acopla-se à engrenagem D. Com as engrenagens B e C acopladas, a hélice H_1 gira com velocidade angular constante ω_1 e, com as engrenagens A e D acopladas, a hélice H_2 gira com velocidade angular constante ω_2.



(http://carros.hsw.uol.com.br. Adaptado.)

Considere r_A, r_B, r_C, e r_D, os raios das engrenagens A, B, C e D, respectivamente. Sabendo que $r_B = 2 \cdot r_A$ e que $r_C = r_D$, é correto afirmar que a relação $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ é igual a

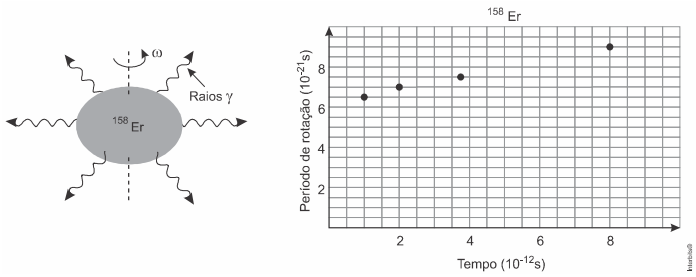
a) 1,0. b) 0,2. c) 0,5. d) 2,0. e) 2,2.

Parte 4 - Movimento circular variado

31. (Fei) Um móvel em trajetória circular de raio r = 5 m parte do repouso com aceleração angular constante de 10 rad/s^2. Quantas voltas ele percorre nos 10 primeiros segundos?

a) 500 b) $\frac{250}{\pi}$ c) 100π d) $\frac{500}{\pi}$ e) 500π

32. (Fuvest 2018) Núcleos atômicos podem girar rapidamente e emitir raios γ. Nesse processo, o núcleo perde energia, passando sucessivamente por estados de energia cada vez mais baixos, até chegar ao estado fundamental, que é o estado de menor energia desse sistema. Nos laboratórios onde esses núcleos são estudados, detectores registram dados dos pulsos da radiação γ emitida, obtendo informações sobre o período de rotação nuclear. A perda de energia devido à emissão de radiação eletromagnética altera o período de rotação nuclear. O gráfico mostra quatro valores do período de rotação de um dos isótopos do núcleo de érbio (^{158}Er) durante um certo intervalo de tempo, obtidos a partir de dados experimentais.



Obtenha o valor da

a) velocidade angular de rotação, ω, , do núcleo no instante $t = 8 \times 10^{-12}$ s, em rad/s;

b) aceleração angular média, α, do núcleo entre os instantes $t = 2 \times 10^{-12}$ s e $t = 8 \times 10^{-12}$ s em rad/s^2;

c) aceleração centrípeta, a_c, de uma porção de matéria nuclear localizada a uma distância $R = 6 \times 10^{-15}$ m do eixo de rotação nuclear para o instante $t = 8 \times 10^{-12}$ s;

d) energia, E, emitida pelo ^{158}Er sob a forma de radiação eletromagnética entre os instantes $t = 2 \times 10^{-12}$ s e $t = 8 \times 10^{-12}$ s.

Note e adote:

Radiação γ: radiação eletromagnética de frequência muito alta.

Energia rotacional do núcleo $E_R = (1/2)\, I\, \omega^2$, onde $I = 12 \times 10^{-55}$ J s^2 é constante.

$\pi = 3$

GABARITO

1: [C] **2:** [A] **3:** [E] **4:** [B] **5:** [C] **6:** [B] **7:** [C] **8:** [B]

9: a) $d = n 2\pi R = 20 \times 2\pi \times 4 \Rightarrow$ $\boxed{d = 160\pi \text{ m}}$.

b) $\omega = \dfrac{n2\pi}{\Delta t} = \dfrac{20 \times 2\pi}{10 \times 60} \Rightarrow \boxed{\omega = \dfrac{\pi}{15}\ \text{rad/s.}}$

10: [B] **11:** [B] **12:** [C] **13:** [B]

14: a) 1600 km/h b) 15 °/h c) π/12 rad/h d) 800 km/h e) 15 °/h

15: [E] **16:** [C] **17:** [B] **18:** [C] **19:** [A] **20:** [B] **21:** [B] **22:** [D] **23:** [A] **24:** [C] **25:** [B] **26:** [A]

27: a) Y tem velocidade maior. b) 4,8 Hz

28:a) 3π rad/s

b) 24 π cm/s

c) 630 π m

29: [D] **30:** [D] **31:** [B]
32:
a)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{9 \cdot 10^{-21}}$$

$$\therefore \omega \cong 6{,}7 \cdot 10^{20}\ \text{rad/s}$$

b)

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} = 2\pi \cdot 10^{21} \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{7}\right) \cdot \frac{1}{6 \cdot 10^{-12}}$$

$$\therefore \alpha \cong -3{,}2 \cdot 10^{31}\ \text{rad/s}^2$$

c)

$$a_c = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{9} \cdot 10^{21}\right)^2 \cdot 6 \cdot 10^{-15}$$

$$\therefore a_c \cong 2{,}7 \cdot 10^{27}\ \text{m/s}^2$$

d)

$$E_R = \frac{I\omega^2}{2} \Rightarrow \Delta E_R = \frac{I}{2}\left(\omega_1^2 - \omega_2^2\right)$$

$$E = \Delta E_R = \frac{12 \cdot 10^{-55}}{2} \cdot \left(2\pi \cdot 10^{21}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{7^2} - \frac{1}{9^2}\right)$$

$$\therefore E \cong 1{,}7 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$$