



MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA

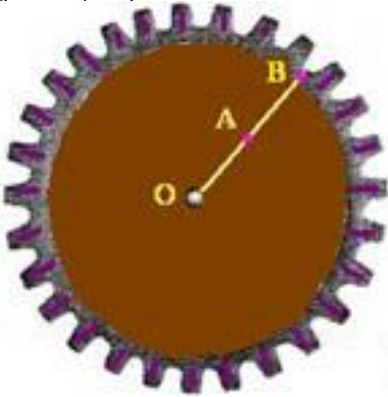
MOVIMENTO CIRCULAR

01-(UFB) Um menino passeia em um carrossel. Sua mãe, do lado de fora do carrossel, observa o garoto passar por ela a cada 30 s. Determine a frequência do carrossel em Hz e rpm.

02-(UFRS) Um corpo em movimento circular uniforme completa 20 voltas em 10 segundos. O período (em s) e a frequência (em s⁻¹) do movimento são, respectivamente:

- a) 0,50 e 2,0 b) 2,0 e 0,50 c) 0,50 e 5,0 d) 10 e 20 e) 20 e 2,0

03-(UFB) A polia da figura abaixo está girando em torno de um eixo (ponto O). O ponto B dista 1m de O e o ponto A, 0,5m de O.



Sabendo que a polia gira com frequência de 10Hz, Pede-se:

- a) O período de rotação de cada ponto
b) a velocidade escalar de cada ponto
c) a velocidade angular de cada ponto

04-(UNIFESP-SP) Pai e filho passeiam de bicicleta e andam lado a lado com a mesma velocidade. Sabe-se que o diâmetro das rodas da bicicleta do pai é o dobro do diâmetro das rodas da bicicleta do filho. Pode-se afirmar que as rodas da bicicleta do pai giram com

- a) a metade da frequência e da velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
b) a mesma frequência e velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
c) o dobro da frequência e da velocidade angular com que giram as rodas da bicicleta do filho.
d) a mesma frequência das rodas da bicicleta do filho, mas com metade da velocidade angular.
e) a mesma frequência das rodas da bicicleta do filho, mas com o dobro da velocidade angular.

05-(FGV-SP) Toda caneta esferográfica possui em sua ponta uma pequena esfera feita de liga de tungstênio, cuja

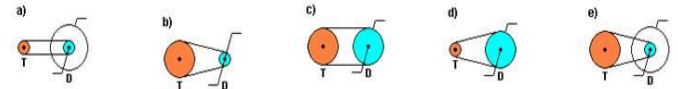


finalidade é transferir a tinta do reservatório para o papel. Quando um desenhista traça uma linha reta, transladando sua caneta com velocidade constante $v = 0,2 \text{ m/s}$, a pequena esfera

de 0,8 mm de diâmetro gira sobre seu centro com velocidade angular ω , em rad/s, de valor:

- a) 160 b) 200 c) 250 d) 400 e) 500

06-(CPS) Um cidadão brasileiro resolve construir uma bicicleta com objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade do ar e de sua própria saúde. A bicicleta possui uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira (D) movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada no eixo da roda traseira (T). O rendimento da roda traseira depende do tamanho relativo das coroas. Dos esquemas das coroas representadas a seguir, a roda traseira que dá o maior número de voltas por pedaladas é:



07-(UEJF-MG) Um velocímetro comum de carro mede, na realidade, a velocidade angular do eixo da



roda, e indica um valor que corresponde à velocidade do carro. O velocímetro para um determinado carro sai da fábrica calibrado para uma roda de 20 polegadas de diâmetro (isso inclui o pneu). Um motorista resolve trocar as rodas do carro para 22 polegadas de diâmetro. Assim, quando o velocímetro indica 100km/h, a velocidade real do carro é:

- a) 100km/h
b) 200km/h
c) 110km/h
d) 90km/h
e) 160km/h

08-(FUVEST-SP) A figura ilustra uma roda d'água constituída de 16 cubas. Cada cuba recebe 5L de água de uma bica cuja vazão é 160L/min. A roda gira em movimento uniforme.

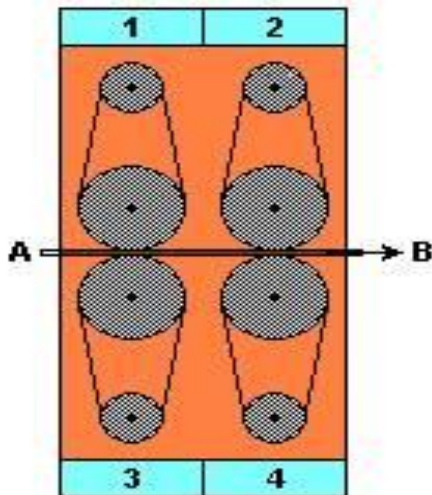


- a) Qual é o período de rotação da roda?
b) Qual é a quantidade de água utilizada em 1 hora de funcionamento do sistema?



MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA

09-(ENEM-MEC) Na preparação da madeira em uma indústria de móveis, utiliza-se uma lixadeira constituída de quatro grupos de polias, como ilustra o esquema ao lado. Em cada grupo, duas polias de tamanhos diferentes são interligadas por uma correia provida de lixa. Uma prancha de madeira é empurrada pelas polias, no sentido A ã B (como indicado no esquema), ao mesmo tempo em que um sistema é acionado para frear seu movimento, de modo que a velocidade da prancha seja inferior à da lixa.



O equipamento anteriormente descrito funciona com os grupos de polias girando da seguinte forma:

- 1 e 2 no sentido horário; 3 e 4 no sentido anti-horário.
- 1 e 3 no sentido horário; 2 e 4 no sentido anti-horário.
- 1 e 2 no sentido anti-horário; 3 e 4 no sentido horário.
- 1 e 4 no sentido horário; 2 e 3 no sentido anti-horário.
- 1, 2, 3 e 4 no sentido anti-horário.

10-(PUC-RJ) Um ciclista pedala em uma trajetória circular de raio $R = 5$ m, com a velocidade de translação $v = 150$ m/min. A velocidade angular do ciclista em rad/min é:

- 60
- 50
- 40
- 30
- 20

11 – Um avião voa com velocidade constante de 720 Km/h. Calcule a aceleração, em metros por segundos ao quadrado, ao realizar uma curva de raio igual a 4 km.

12 – Um ponto material percorre com UM uma circunferência de 40 cm de diâmetro efetuando 30 rpm. Determine:

- A frequência em hertz;
- O período;
- As velocidade angular;
- A aceleração centrípeta.

13 – Uma partícula executa um MCU de 1 m com aceleração $0,25$ m/s². Qual é o período desse movimento?

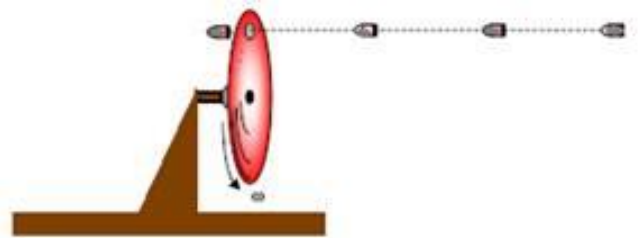
14 – Uma partícula percorre uma trajetória circular de 10 m de raio, com velocidade constante em módulo, gastando 4,0 s num percurso de 80 m. Calcule o período e a aceleração do movimento.

15-(UFB) Para comemorar as 24 horas de Le mans, a McLaren produziu só 5 unidades da versão



McLaren F1 LM, que atingia a frequência de 4.500 rpm . Movendo-se nessa frequência, quanto indica o velocímetro do carro? Considere o raio da roda (incluindo o pneu) como $R=30$ cm e adote $\pi=3$.

16-(UFPE) Uma arma dispara 30 balas por minuto. Essas balas atingem um disco girante sempre num mesmo ponto atravessando



McLaren F1 LM, que atingia a um orifício. Qual é a frequência do disco, em rotações por minuto?

17-(FATEC-SP) As rodas dentadas A, B e C têm, respectivamente, 32, 64 e 96 dentes, como mostra a figura.



Sabendo que C, de raio 12cm, tem velocidade angular de 6 rad/s, a velocidade linear de um ponto da periferia da roda B e a velocidade angular da roda A são, respectivamente:

- 72 cm/s e 9,0 rad/s
- 36 cm/s e 9,0 rad/s
- 72 cm/s e 18 rad/s
- 36 cm/s e 18 rad/s
- 18 cm/s e 36 rad/s

18-(PUC-RJ) O ponteiro dos minutos de um relógio tem 1 cm.



Supondo que o movimento deste ponteiro é contínuo e que $\pi = 3$, a velocidade de translação na extremidade deste ponteiro é:

- 0,1 cm/min.
- 0,2 cm/min.
- 0,3 cm/min.
- 0,4 cm/min.
- 0,5 cm/min.



MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA

19-(PUC-RJ) Um satélite geoestacionário encontra-se sempre posicionado sobre o mesmo ponto em relação à Terra. Sabendo-se que o raio da órbita deste satélite é de 36×10^3 km e considerando-se $\pi = 3$, podemos dizer que sua velocidade é:

a) 0,5 km/s.
 b) 1,5 km/s.
 c) 2,5 km/s.
 d) 3,5 km/s.
 e) 4,5 km/s.

20-(MACKENZIE-SP) Um menino percorre, de bicicleta, uma pista circular. Sua velocidade escalar é constante e a frequência do movimento é igual à do ponteiro dos segundos, de um relógio convencional que funciona normalmente. O raio da trajetória descrita é 96 m e o espaço percorrido pelo menino, durante 1,0 minuto, é aproximadamente:

a) 1,6.102 m
 b) 6,0.102 m
 c) 9,6.102 m
 d) 1,0.103 m
 e) 3,8.104 m

21-(PUC-SP) Lucas foi presenteado com um ventilador que, 20s após ser ligado, atinge uma frequência de 300rpm em um movimento uniformemente acelerado. O espírito científico de Lucas o fez se perguntar qual seria o número de voltas efetuadas pelas pás do ventilador durante esse intervalo de tempo. Usando seus conhecimentos de Física, ele encontrou

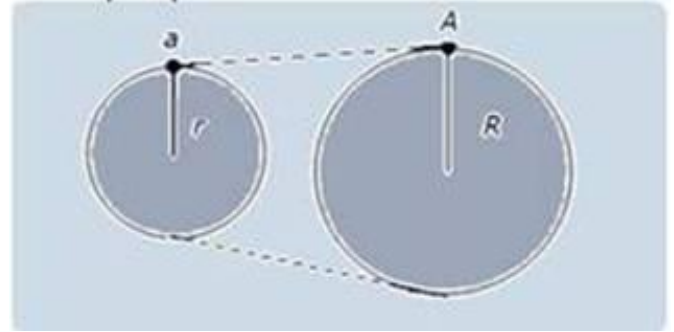
A) 300 voltas
 B) 900 voltas
 C) 18000 voltas
 D) 50 voltas
 E) 6000 voltas

22-(UFPR-PR) Um ciclista movimenta-se com sua bicicleta em linha reta a uma velocidade constante de 18 km/h. O pneu, devidamente montado na roda, possui diâmetro igual a 70 cm. No centro da roda traseira, presa ao eixo, há uma roda dentada de diâmetro 7,0 cm. Junto ao pedal e preso ao seu eixo há outra roda dentada de diâmetro 20 cm. As duas rodas dentadas estão unidas por uma corrente, conforme mostra a figura. Não há deslizamento entre a corrente e as rodas dentadas. Supondo que o ciclista imprima aos pedais um movimento circular uniforme, assinale a alternativa correta para o número de voltas por minuto que ele impõe aos pedais durante esse movimento. Nesta questão, considere $\pi = 3$.

a) 0,25 rpm.
 b) 2,50 rpm.
 c) 5,00 rpm.
 d) 25,0 rpm.
 e) 50,0 rpm.

23-(UECE-CE) Duas rodas de raios R e r, com $R > r$, giram acopladas por meio de uma correia inextensível que não desliza em relação às rodas. No instante inicial, os pontos A e a se encontram na posição mais alta, conforme a figura abaixo. Qual deve ser a razão R/r para que após 2/3 de giro completo

da roda grande, o ponto a esteja na mesma posição inicial pela primeira vez?



- A) 2/3. B) 2/3. C) 3/2. D) 6.

RESPOSTAS

1	1/3Hz	9600	40m/s
2	A	C	486
3	0,1 s	D	30rpm
	20π	10	C
	20π	0,5	A
4	A	2	C
5	E	πrad/s	B
6	D	20 π	D
7	C	4 π	E
8	30s	πs	C

FORÇA CENTRÍPETA

01-(PUC-RJ) Um carro de massa $m = 1000$ kg realiza uma curva de raio $R = 20$ m com uma velocidade angular $\omega = 10$ rad/s.



A força centrípeta atuando no carro em newtons vale:

a) $2,0 \cdot 10^6$. b) $3,0 \cdot 10^6$. c) $4,0 \cdot 10^6$. d) $2,0 \cdot 10^5$. e) $4,0 \cdot 10^5$.

02-(PUC-SP) Um automóvel percorre uma curva circular e horizontal de raio 50 m a 54 km/h. Adote $g = 10$ m/s². O mínimo coeficiente de atrito estático entre o asfalto e os pneus que permite a esse automóvel fazer a curva sem derrapar é

a) 0,25 b) 0,27 c) 0,45 d) 0,50 e) 0,54

(FGV-SP) Texto para as questões de números 03 e 04
 Vendedores aproveitam-se da morosidade do trânsito para vender amendoins, mantidos sempre aquecidos em uma bandeja perfurada encaixada no topo de um balde de alumínio; dentro do balde, uma lata de leite em pó, vazada por cortes laterais, contém carvão em brasa. Quando o carvão está por se acabar, nova quantidade é repostada. A lata de leite é enganchada a uma haste de metal e o conjunto é girado vigorosamente sob um plano vertical por alguns segundos , reavivando a chama.



MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA

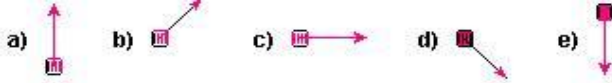
03-(FGV-SP) Considere um braseiro (balde com furos e carvão em seu interior) em movimento circular de raio 80cm para ativar as brasas.



Mantendo esse movimento circular, determine a menor velocidade que a lata deve possuir no ponto mais alto de sua trajetória para que o carvão não caia da lata:

- a) $\sqrt{2}$ b) 2 c) $2\sqrt{2}$ d) 4 e) $4\sqrt{2}$

04-(FGV-SP) Com relação ao exercício anterior, no momento em que o braseiro atinge o ponto mais baixo de sua trajetória, considerando que ele descreve um movimento no sentido anti-horário e que a trajetória é percorrida com velocidade constante, dos vetores indicados, aquele que mais se aproxima da direção e sentido da força resultante sobre a lata é



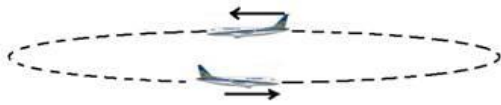
05-(UNIFESP-SP) A trajetória de uma partícula, representada na figura, é um arco de circunferência de raio $r = 2,0$ m, percorrido com velocidade de módulo constante, $v = 3,0$ m/s.



O módulo da aceleração vetorial dessa partícula nesse trecho, em m/s^2 , é

- a) zero. b) 1,5. c) 3,0. d) 4,5. e) impossível de ser calculado.

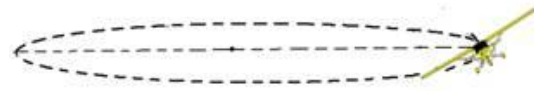
06-(UFMG-MG) Devido a um congestionamento aéreo, o avião em que Flávia viajava permaneceu voando em uma trajetória horizontal e circular, com velocidade de módulo constante.



Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que, em certo ponto da trajetória, a resultante das forças que atuam no avião é

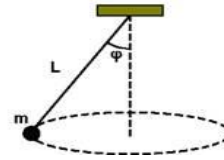
- a) horizontal.
b) vertical, para baixo.
c) vertical, para cima.
d) nula.

07-(ITA-SP) Para um avião executar uma curva nivelada (sem subir ou descer) e equilibrada, o piloto deve incliná-lo com respeito à horizontal (à maneira de um ciclista em uma curva), de um ângulo α . Se $\alpha = 60^\circ$, a velocidade da aeronave é 100 m/s e a aceleração local da gravidade é $9,5$ m/s², qual é aproximadamente o raio de curvatura?



- a) 600 m. b) 750 m. c) 200 m. d) 350 m. e) 1000 m.

08-(UNICAMP-SP) Um pêndulo cônico é formado por um fio de massa desprezível e comprimento $L = 1,25$ m, que suporta uma massa $m = 0,5$ kg na sua extremidade inferior.



A extremidade superior do fio é presa ao teto, conforme ilustra a figura a seguir. Quando o pêndulo oscila, a massa m executa um movimento circular uniforme num plano horizontal, e o ângulo que o fio forma com a vertical é $\phi = 60^\circ$.

- a) Qual é a tensão no fio?
b) Qual é a velocidade angular da massa? Se for necessário, use: $\sin 60^\circ = 0,87$, $\cos 60^\circ = 0,5$.

09- (ITA) Uma mosca em movimento uniforme descreve a trajetória curva indicada abaixo:



Quanto à intensidade da força resultante na mosca, podemos afirmar:

- a) é nula, pois o movimento é uniforme
b) é constante, pois o módulo de sua velocidade é constante;
c) está diminuindo
d) está aumentando
e) n.d.a.

10 (FUVEST) Um carro percorre uma pista curva superelevada ($\tan \theta = 0,20$) de 200m de raio. Desprezando o atrito, qual a velocidade máxima sem risco de derrapagem? Adote $g = 10m/s^2$



- a) 60km/h b) 72km/h c) 80km/h d) 40km/h e) 48km/h

11-(PUC-SP)





MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA

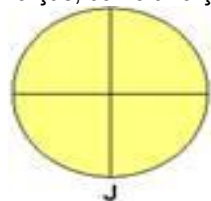
A figura representa em plano vertical um trecho dos trilhos de uma montanha russa na qual um carrinho está prestes a realizar uma curva. Despreze atritos, considere a massa total dos ocupantes e do carrinho igual a 500 kg e a máxima velocidade com que o carrinho consegue realizar a curva sem perder contato com os trilhos igual a 36 km/h. O raio da curva, considerada circular, é, em metros, igual a: ($g=10\text{m/s}^2$)

- a) 3,6 b) 18 c) 1,0 d) 6,0 e) 10

12-(Ufrj-RJ) Foi que ele viu Juliana na roda com João
Uma rosa e um sorvete na mão
Juliana seu sonho, uma ilusão
Juliana e o amigo João

GIL, Gilberto. "Domingo no Parque".

A roda citada no texto é conhecida como RODA-GIGANTE, um brinquedo de parques de diversões no qual atuam algumas forças, como a força centrípeta.

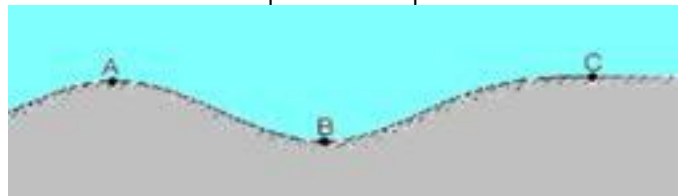


Considere:

- o movimento uniforme; - o atrito desprezível; - aceleração da gravidade local de 10 m/s^2 ; - massa da Juliana 50 kg;
- raio da roda-gigante 2 metros; - velocidade escalar constante, com que a roda está girando, 36 km/h.

Calcule a intensidade da reação normal vertical que a cadeira exerce sobre Juliana quando a mesma se encontrar na posição indicado pelo ponto J.

13-(UFB) A figura representa a seção vertical de um trecho de rodovia. Os raios de curvatura dos pontos A e B são iguais e valem 100m e o trecho que contém o ponto C é horizontal.



Um automóvel de massa 2.103 kg percorre a rodovia com velocidade escalar constante de 36km/h.. Sendo NA, NB e NC a reação normal da rodovia sobre o carro nos pontos A, B e C, respectivamente, determine suas intensidades.

14(Ufpb) Após a ocorrência de um pequeno acidente, um astronauta necessita fazer um reparo na parte externa de sua espaçonave, que possui um formato cilíndrico com um raio de 10m. Ressalte-se que a nave espacial está girando em torno de seu próprio eixo, dando uma volta completa a cada 20 segundos, e o astronauta precisa se segurar na mesma para realizar o conserto e não ser lançado no espaço. Determine a força mínima, em newtons, para que o astronauta de 70kg se mantenha preso à espaçonave.

15-(UNESP-SP) Uma espaçonave de massa m gira em torno da Terra com velocidade constante, em uma órbita circular de

raio R . A força centrípeta sobre a nave é $1,5\text{ Gm/R}^2$, onde G é a constante de gravitação universal e M a massa da Terra.

a) Desenhe a trajetória dessa nave. Em um ponto de sua trajetória, desenhe e identifique os vetores velocidade \vec{v} e aceleração centrípeta \vec{a} da nave.

b) Determine, em função de M , G e R , os módulos da aceleração centrípeta e da velocidade da nave.

16-(Uff-RJ) A figura 1 mostra uma rampa de skate constituída de um trecho curvo que corresponde a um quarto de circunferência de raio R , e de um trecho plano horizontal.



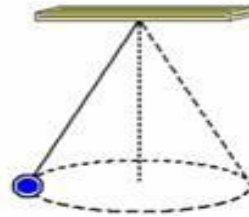
Os dois pontos A e B, indicados no esquema da figura 2, se encontram localizados, respectivamente, no topo e no meio do trecho curvo da pista de skate.

Para a análise desse movimento o jovem, junto com sua prancha de skate, pode ser tratado como uma partícula de massa total m . Admita, também, que os efeitos de forças dissipativas sobre o movimento dessa partícula possam ser ignorados.

a) Indique e identifique, na figura 2, as forças que atuam sobre a partícula quando ela se encontra no ponto A e quando se encontra no ponto B.

b) Obtenha, em função de R , m e g (aceleração da gravidade local) o módulo da força exercida pela rampa sobre a partícula, quando essa se encontra no ponto B.

17-(UFMG-MG) Durante uma aula de Física, o Professor Raimundo faz uma demonstração com um pêndulo cônico. Esse pêndulo consiste em uma pequena esfera pendurada na extremidade de um fio, como mostrado nesta figura:



Nesse pêndulo, a esfera descreve um movimento circular com velocidade de módulo constante, em um plano horizontal, situado a 1,6 m abaixo do ponto em que o fio está preso ao teto. A massa da esfera é 0,40 kg, o raio de sua trajetória é 1,2 m e o comprimento do fio é 2,0 m. Considere a massa do fio desprezível. Despreze, também, qualquer tipo de atrito.

Com base nessas informações:

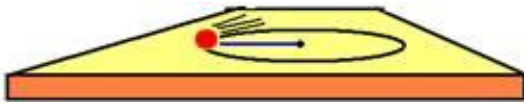
a) DESENHE e NOMEIE, na figura, as forças que atuam na esfera. RESPONDA: Quais são os agentes que exercem essas forças?

b) CALCULE a tensão no fio.

18-(CESUPA-PA) Um corpo de massa 500 g gira num plano horizontal em torno de um ponto fixo, preso à extremidade de um fio de 1 m de comprimento e massa desprezível.



MOVIMENTO CIRCULAR E FORÇA CENTRÍPETA



(considere $\pi^2=10$).

Se o corpo efetua 60 voltas completas a cada meio minuto, então a força de tração exercida pelo fio, em newtons, é:

- a) 10.
- b) 80.
- c) 30.
- d) 160.
- e) 50.

19-(CEESP-PE) Um caminhão transporta em sua carroceria uma carga de 2,0 toneladas. Determine, em newtons, a intensidade da força normal exercida pela carga sobre o piso da carroceria, quando o veículo, a 30 m/s, passa pelo ponto mais baixo de uma depressão com 300 m de raio. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



20-(Mackenzie-SP) A figura representa a seção vertical de um trecho de rodovia. Os raios de curvatura dos pontos A e B são iguais e o trecho que contém o ponto C é horizontal. Um automóvel percorre a rodovia com velocidade escalar constante. Sendo N_A , N_B e N_C a reação normal da rodovia sobre o carro nos pontos A, B e C, respectivamente podemos dizer que:



- a) $N_B > N_A > N_C$.
- b) $N_B > N_C > N_A$.
- c) $N_C > N_B > N_A$.
- d) $N_A > N_B > N_C$.
- e) $N_A = N_C = N_B$.

21- (UEL-PR) Um carro consegue fazer uma curva plana e horizontal, de raio 100 m, com velocidade constante de 20 m/s. Sendo $g=10\text{m/s}^2$, o mínimo coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista deve ser:

- a) 0,20
- b) 0,25
- c) 0,30
- d) 0,35
- e) 0,40

22-(Ufrj-RJ) Um motoqueiro deseja realizar uma manobra radical num "globo da morte" (gaiola esférica) de 4,9 m de raio. Para que o motoqueiro efetue um "looping" (uma curva completa no plano vertical) sem cair, o módulo da velocidade mínima no ponto mais alto da curva deve ser de

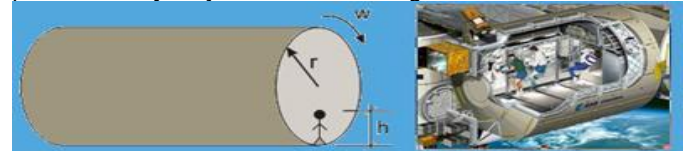
- Dado: Considere $g=10\text{m/s}^2$.
- a) 0,49m/s.
 - b) 3,5m/s.
 - c) 7m/s.
 - d) 49m/s.
 - e) 70m/s.

23-(UFPR-PR) Convidado para substituir Felipe Massa, acidentado nos treinos para o grande prêmio da Hungria, o piloto alemão Michael Schumacker desistiu após a realização

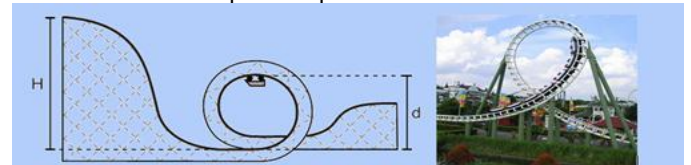
de alguns treinos, alegando que seu pescoço doía, como consequência de um acidente sofrido alguns meses antes, e que a dor estava sendo intensificada pelos treinos. A razão disso é que, ao realizar uma curva, o piloto deve exercer uma força sobre a sua cabeça, procurando mantê-la alinhada com a vertical. Considerando que a massa da cabeça de um piloto mais o capacete seja de 6,0 kg e que o carro esteja fazendo uma curva de raio igual a 72 m a uma velocidade de 216 km/h, assinale a alternativa correta para a massa que, sujeita à aceleração da gravidade, dá uma força de mesmo módulo.

- a) 20 kg.
- b) 30 kg.
- c) 40 kg.
- d) 50 kg.
- e) 60 kg.

24-(UFOP-MG) Uma estação espacial é projetada como sendo um cilindro de raio r , que gira em seu eixo com velocidade angular constante W , de modo a produzir uma sensação de gravidade de $1g = 9,8 \text{ m/s}^2$ nos pés de uma pessoa que está no interior da estação. Admitindo-se que os seus habitantes têm uma altura média de $h = 2 \text{ m}$, qual deve ser o raio mínimo r da estação, de modo que a variação da gravidade sentida entre os pés e a cabeça seja inferior a 1% de g ?



25-(UNESP-SP) Algumas montanhas-russas possuem inversões, sendo uma delas denominada loop, na qual o carro, após uma descida íngreme, faz uma volta completa na vertical. Nesses brinquedos, os carros são erguidos e soltos no topo da montanha mais alta para adquirirem velocidade.



Parte da energia potencial se transforma em energia cinética, permitindo que os carros completem o percurso, ou parte dele. Parte da energia cinética é novamente transformada em energia potencial enquanto o carro se move novamente para o segundo pico e assim sucessivamente. Numa montanha-russa hipotética, cujo perfil é apresentado, o carro (com os passageiros), com massa total de 1 000 kg, é solto de uma altura $H = 30 \text{ m}$ (topo da montanha mais alta) acima da base de um loop circular com diâmetro $d = 20 \text{ m}$. Supondo que o atrito entre o carro e os trilhos é desprezível, determine a aceleração do carro e a força vertical que o trilho exerce sobre o carro quando este passa pelo ponto mais alto do loop. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

RESPOSTAS

1	A	6	A	11	C	16	$\sqrt{2mg}$	21	E
2	C	7	A	12	3000	17	5	22	C
3	C	8	10/4	13	$18 \cdot 10^3$ $22 \cdot 10^3$ $20 \cdot 10^3$	18	B	23	B
4	A	9	D	14	$7\pi^2$	19	$2,6 \cdot 10^4$	24	200
5	D	10	B	15	$\frac{\sqrt{1,5GM}}{R}$	20	B	25	E