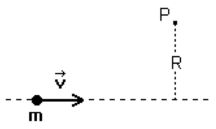
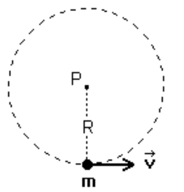
Universidade Federal do Rio Grande do Sul **FIS01200**
Instituto de Física - Departamento de Física **Área 4 - Lista 2**

1. Partindo da definição $l = r \times p$, mostre que, em relação ao ponto P (veja a figura ao lado), o momento angular da partícula de massa *m* e velocidade *v* é um vetor perpendicular ao plano da página, saindo dela, cujo módulo vale *Rmv*.

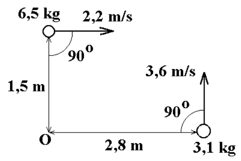


2. Partindo da definição $l = I\,\omega$, mostre que, em relação ao ponto P (veja a figura ao lado), o momento angular da partícula de massa *m* que se desloca com velocidade *v* em uma trajetória circular de raio *R* é um vetor perpendicular ao plano da página, saindo dela, e cujo módulo vale *Rmv*.

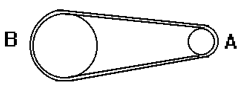


3. Dois objetos movem-se como é indicado na figura ao lado. Qual é o momento angular total do sistema em relação ao ponto O?

Resp.: 9,8 kg m^2/s^2, perpendicular à página e saindo dela.



4. Duas rodas A e B, são ligadas por uma correia, como indicado na figura. O raio de B é 3 vezes o raio de A. Determine a razão entre os momentos de inércia I_A / I_B supondo que (a) as rodas possuem o mesmo momento angular; e que (b) as duas rodas possuem a mesma energia cinética de rotação. Admita que a correia não deslize.



Resp.: (a) 1/3; (b) 1/9.

5. Uma roda gira com velocidade angular de 800 rev/min sobre um eixo cujo momento de inércia é desprezível. Uma segunda roda, inicialmente em repouso, e com momento de inércia igual ao dobro do momento de inércia da primeira, é subitamente acoplada ao mesmo eixo. (a) Qual é a velocidade angular do sistema resultante constituído pelo eixo juntamente com as duas rodas? (b) Calcule a fração da energia cinética inicial perdida neste processo. Resp.: (a) 267 rev/min; (b) 67%.

6. Dois discos são montados em mancais, com atrito desprezível, sobre o mesmo eixo e podem permanecer unidos, de modo a girarem como se fossem um disco único. O primeiro disco possui momento de inércia igual a 3,3 kg m^2 e gira a 450 rpm. O segundo disco, com momento de inércia igual a 6,6 kg m^2, gira com 900 rpm no mesmo sentido do primeiro. A seguir os discos são unidos. (a) Calcule a velocidade angular dos dois discos acoplados. (b) Suponha agora que o disco que possuía uma velocidade angular de 900 rpm esteja girando em sentido contrário ao mencionado anteriormente. Calcule a velocidade angular do acoplamento dos discos neste caso. Resp.: (a) 750 rpm; (b) - 450 rpm.

7. Um homem está em pé sobre uma plataforma, que gira sem atrito com velocidade angular de 1,2 rev/s; os braços do homem estão abertos e ele segura um peso em cada mão. Nesta posição, o momento de inércia total do homem, mais os pesos e mais a plataforma, é igual a 6,0 kg m^2. Quando ele aproxima os pesos do seu corpo, o momento de inércia total é reduzido a 2,0 kg m^2. (a) Calcule a velocidade angular da plataforma nesta posição. (b) Calcule a razão entre a nova energia cinética de rotação e a energia cinética inicial. De onde vem esta energia? Resp.: (a) 3,6 rev/s; (b) 3.

8. Uma criança (massa M) está em pé na borda de um carrossel (massa 10 M, raio R, inércia rotacional I) sem atrito e em repouso. Ela joga uma pedra (massa m) em uma direção horizontal que é tangente à borda externa do carrossel. A velocidade da pedra, em relação ao solo, é v. Quais são (a) a velocidade angular do carrossel; (b) a velocidade linear da criança depois que a pedra foi jogada? Resp.: (a) mvR/(I + MR^2); (b) vmR^2/(I + MR^2).

9. Num "playground", existe um pequeno carrossel com raio igual a 1,2 m e massa de 180 kg. O raio de giração é igual a 91 cm. Uma criança, de massa igual a 44 kg, corre com uma velocidade de 3 m/s tangenciando a periferia do carrossel, quando este está em repouso. A seguir, pula para o seu interior, nas proximidades da periferia. Despreze o atrito entre os mancais e o eixo do carrossel. Calcule: (a) o momento de inércia do carrossel em torno do eixo de rotação; (b) o momento angular da criança, enquanto ela corre em torno do carrossel; (c) a velocidade angular do carrossel e da criança depois que ela pula em cima do carrossel.

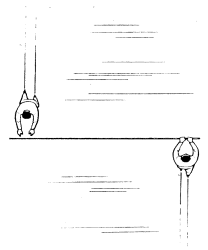
Resp.: (a) 149 kg m^2; (b) 158 kg m^2/s; (c) 0,746 rad/s.

10. Uma barata de massa m corre no sentido anti-horário sobre a borda de um disco montado em um eixo vertical. O disco tem raio R, momento de inércia I e está montado em rolamentos sem atrito. A velocidade escalar da barata, em relação à Terra, é v, e o disco gira no sentido horário com velocidade angular ω_0. A barata encontra um farelo de pão na borda do disco e pára. (a) Calcule a velocidade angular do disco depois que a barata pára. (b) A energia mecânica é conservada?

Resp.: (a) ω = (I ω_0 - m R v) / (I + m R^2); (b) Não.

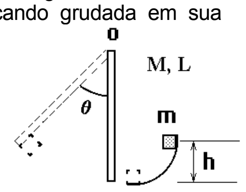
11. Um disco uniforme, de raio R e massa M, gira com velocidade angular ω_0 em torno de um eixo horizontal que passa pelo seu centro, perpendicular à face do disco. (a) Qual é a sua energia cinética? (b) E o seu momento angular? (c) Um fragmento de massa m *destaca-se* da borda do disco, de forma a ser lançado *verticalmente* acima do ponto em que se destacou. Que altura acima deste ponto ele alcança antes de começar a cair? (d) Quais são a velocidade angular, (e) o momento angular, e (f) a energia finais do disco quebrado? Resp.: (a) MR$^2\omega_0^2$/4; (b) MR$^2\omega_0$/2; (c) R$^2\omega_0^2$/2g; (d) ω_0; (e) (M/2 - m)R$^2\omega_0$; (f) (M/2 - m)R$^2\omega_0^2$/2.

12. Dois patinadores deslocam-se em sentidos contrários, ao longo de retas paralelas separadas por uma distância igual a 3 m, como é esquematizado na figura. Cada patinador tem 50 kg de massa e velocidade de mesmo módulo (e sentidos contrários) de 10 m/s. O primeiro patinador transporta um bastão de 3 m de comprimento e o segundo agarra-se na extremidade livre desse bastão, quando a alcança. Despreze o atrito com a pista de gelo e a massa do bastão. (a) Descreva o movimento dos patinadores depois que eles permanecem ligados pelo bastão. (b) Puxando o bastão, os patinadores reduzem a distância entre si para 1 m. Qual será a velocidade angular do sistema neste instante? (c) Calcule a energia cinética do sistema para as partes (a) e (b). De onde vem a variação de energia cinética? (d) Descreva qualitativamente o movimento dos patinadores se suas velocidades fossem diferentes, ou se suas massas não fossem iguais.



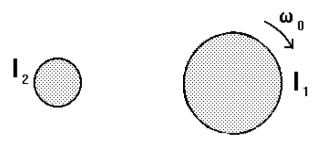
Resp.: (a) Os patinadores movimentam-se em MCU com ω = 6,7 rad/s; (b) 60,0 rad/s; (c) $K_{(a)}$ = 5 kJ e $K_{(b)}$ = 45 kJ.

13. A partícula de massa m, indicada na figura, escorrega sem atrito sobre a superfíce curva, e colide com uma barra vertical, ficando grudada em sua extremidade. A barra é pivotada no ponto O e gira num ângulo θ antes de entrar em repouso. Calcule θ em termos dos parâmetros indicados na figura.



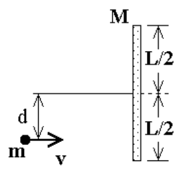
Resp.: $\theta = \arccos\left[1 - \dfrac{6m^2h}{(M+2m)(M+3m)L}\right]$

14. Dois cilindros de raios R_1 e R_2 e momentos de inércia I_1 e I_2, respectivamente, estão sendo suportados por eixos ortogonais ao plano indicado na figura. O cilindro maior gira inicialmente com uma velocidade angular ω_0. O cilindro menor é deslocado para a direita até tocar no cilindro maior, começando a girar devido ao atrito de contato entre as duas superfícies cilíndricas. Num dado instante, o deslizamento termina e os dois cilindros começam a rolar, sem deslizar, em sentidos contrários. Calcule a velocidade angular final ω_2 do cilindro menor, em termos de I_1, I_2, R_1, R_2 e ω_0. (Dica: Não existe conservação nem do momento angular nem da energia cinética. *Aplique diretamente a equação do impulso angular para cada um dos dois cilindros*: $\int \tau dt = \bar{F} R \Delta t = I(\omega_f - \omega_i)$).



Resp.: $|\omega_2|$ = $|\omega_0|$ (R_1 I_2 / R_2 I_1 + R_2 / R_1)$^{-1}$.

15. Uma haste de comprimento L está sobre uma mesa horizontal sem atrito. Sua massa é M e ela pode se mover livremente. Um disco de hóquei de massa m, que se move com velocidade v, como indicado na figura, colide elasticamente com a haste. (a) Que grandezas são conservadas na colisão? (b) Qual deve ser a massa m do disco de modo que ele permaneça em repouso imediatamente após a colisão?



Resp.: (a) A energia mecânica, o momento linear e o momento angular; (b) m = (M L^2) / (L^2 + 12 d^2).

16. Considere a mesma figura do problema anterior. Suponha que a haste tem L = 1,00 m de comprimento e massa M = 800 g. A massa do disco vale m = 200 g e sua velocidade é 5,00 m/s. O disco colide com a haste a uma distância d = 30,0 cm do seu centro de massa. (a) Considerando uma colisão perfeitamente inelástica, calcule a velocidade linear do centro de massa e a velocidade angular do sistema. (b) Considerando uma colisão elástica, calcule a velocidade final do disco, e as velocidades do centro de massa e angular da haste após a colisão.

Resp.: (a) 1,00 m/s e 3,70 rad/s; (b) - 1,58 m/s, 1,64 m/s e 5,92 rad/s.

Gravitação

17. As massas e coordenadas de três esferas são dadas por:

Esfera	*m* (kg)	*x* (m)	*y* (m)
1	20,00	0,5000	1,000
2	40,00	- 1,000	1,000
3	60,00	0	- 0,5000

Calcule o módulo da força gravitacional que atua sobre uma esfera de 20,00 kg localizada na origem.

Resp.: $3{,}582 \times 10^{-7}$ N a $268{,}5^0$ da direção positiva de x.

18. Considere uma pessoa de 50,0 kg sobre a superfície da Terra. Calcule a força gravitacional exercida sobre esta pessoa (a) pela Terra, (b) pela Lua, quando esta encontra-se acima de sua cabeça, (c) pelo Sol, quando este encontra-se acima de sua cabeça, e (d) por uma outra massa de 50,0 kg a 1,00 m de distância.

Resp.: (a) $4{,}91 \times 10^{2}$ N; (b) $1{,}74 \times 10^{-3}$ N; (c) $2{,}95 \times 10^{-1}$ N; (d) $1{,}67 \times 10^{-7}$ N.

19. Uma nave espacial viaja da Terra até a Lua em trajetória retilínea ligando os centros dos dois corpos. A que distância da Terra a força gravitacional total sobre a nave se anula ?

Resp.: $3{,}4 \times 10^{8}$ m.

20. Calcule a altura acima da superfície terrestre onde $g = 4{,}9$ m/s^2.

Resp.: $2{,}35 \times 10^{6}$ m.

21. (a) Calcule a aceleração da gravidade na superfície da Lua. (b) Determine o peso de um objeto na Lua sabendo que na Terra ele pesa 100 N. (c) Calcule a que distância da Terra este objeto deveria estar para que a força gravitacional fosse a mesma do item anterior, expressando a resposta em termos do raio da Terra.

Resp.: (a) 1,62 m/s^2; (b) 16,5 N; (c) 2,46 R_T.

22. (a) Calcule a velocidade horizontal que deve ser comunicada a um satélite artificial em uma órbita circular a 160 km acima da superfície terrestre. (b) Qual seria seu período nesta órbita?

Resp.: (a) 7,82 km/s; (b) 87,5 min.

23. *"Há muito tempo não acontecia nada tão espetacular no espaço. Às 10 horas da manhã da última quinta-feira (hora de Brasília), duas engenhocas pesando mais de 100 toneladas cada uma se encontraram sobre a Ásia Central, a 392 quilômetros da superfície terrestre. Uma era a Mir, a estação orbital russa, na qual três cosmonautas - dois russos e um americano - haviam passado os últimos três meses. A outra era o ônibus espacial americano Atlantis, que havia decolado dois dias antes da Flórida com sete astronautas - cinco americanos e dois russos. A manobra de aproximação, entre o momento em que as duas tripulações se avistaram no espaço e a acoplagem final, demorou seis horas."* (VEJA, 5 DE JULHO, 1995) (a) Com que velocidade ao redor da Terra as duas naves emparelharam para a acoplagem? (b) Quantas voltas foram executadas em volta da Terra durante a acoplagem? (c) Qual é a aceleração da gravidade nesta órbita? (d) Qual é o peso aparente de um astronauta de 80,0 kg nesta órbita?

Resp.: (a) $2{,}76 \times 10^4$ km/h; (b) 3,90 voltas; (c) 8,72 m/s^2; (d) zero.

24. Considere a distribuição de massas proposta no problema 1 e determine a energia potencial gravitacional de uma esfera de 20,00 kg localizada na origem.

Resp.: $2{,}217 \times 10^{-7}$ J.

25. Um projétil é disparado verticalmente da superfície terrestre com uma velocidade de 10 km/s. Desprezando o atrito com a atmosfera, calcule a altura que ele atingirá.

Resp.: $2{,}5 \times 10^4$ km acima da superfície terrestre.

26. Um foguete é acelerado até uma velocidade $v = 2\,(g R_T)^{1/2}$, onde R_T é o raio da Terra, nas vizinhanças da superfície terrestre, e dirige-se verticalmente de baixo para cima com esta velocidade inicial. (a) Mostre que este foguete escapa da atração terrestre. (b) Mostre que, no infinito, sua velocidade será $v = (2 g R_T)^{1/2}$.

27. Marte tem um diâmetro médio igual a $6{,}9 \times 10^{3}$ km; o diâmetro da Terra vale $1{,}3 \times 10^{4}$ km. A massa de Marte é igual 0,11 M_T, onde M_T é a massa da Terra. A partir destes dados, (a) determine a razão entre as densidades médias de Marte e da Terra. (b) Sabendo que a densidade média da Terra vale 5,5 g/cm^3, calcule a aceleração da gravidade na superfície de Marte. (c) Usando apenas estes dados, calcule a velocidade de escape na superfície de Marte.

Resp.: (a) 0,74; (b) 3,9 m/s^2; (c) 5,2 km/s.

28. (a) Calcule a velocidade de escape de um planeta hipotético de raio igual a 500 km, e cuja aceleração da gravidade na superfície é $g_0 = 3{,}0$ m/s^2. (b) Até que altura deverá se elevar uma partícula que tem uma velocidade inical de 1000 m/s, orientada de baixo para cima? (c) Com que velocidade um objeto se choca contra o planeta, se ele for largado de um ponto situado a 1500 km do centro do planeta?
(Dica: Lembre que $g_0 = G\, M_P / R_P^2 = 3{,}0$ m/s^2.)

Resp: (a) $1{,}73 \times 10^3$ m; (b) 250 km; (c) $1{,}41 \times 10^3$ m.

29. Uma das luas de Júpiter, Io, tem uma órbita com raio médio de $4{,}22 \times 10^8$ m e um período de $1{,}53 \times 10^5$ s. (a) Determine o raio médio de outra lua de Júpiter, Callisto, cujo período é de $1{,}44 \times 10^6$ s. (b) Use o valor conhecido de *G* para calcular a massa de Júpiter.

Dados: $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 / kg^2
$M_{Terra} = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg, $R_{Terra} = 6{,}37 \times 10^{6}$ m
$M_{Lua} = 7{,}36 \times 10^{22}$ kg, $R_{Lua} = 1{,}74 \times 10^{6}$ m
$R_{Terra\text{-}Lua} = 3{,}82 \times 10^{8}$ m