

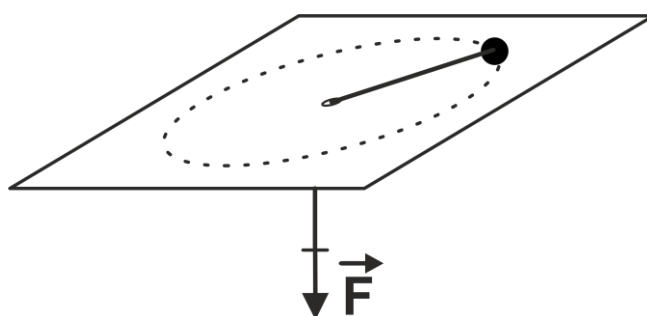


**Duração dos Testes: 1h45m (1 T - Perguntas 1, 2 e 3;
2 T - Perguntas 3, 4 e 5; cotações x20/18)**
Duração do Exame: 2h15m (Perguntas 1, 2, 3 e 5; cotação x20/24)
Só serão cotadas as respostas em que há trabalho mostrado

- 1) Uma espingarda com uma massa de 5 kg dispara uma bala de 6 g com uma velocidade de 800 m/s

- [2,0] a) Calcule a velocidade de recuo da espingarda após o disparo.
- [2,0] b) Qual é a força média exercida pela espingarda no ombro do atirador, sabendo que o impacto dura cerca de 0.15 s.
- [2,0] c) Admita que o individuo que realizou o disparo tem uma massa de 75 kg e encontra-se no extremo de um vagão com 100 kg de massa e 20 m de comprimento que pode deslizar sem atrito e que está inicialmente em repouso. A bala fica encrustada na parede oposta do vagão. Qual é o deslocamento do vagão?

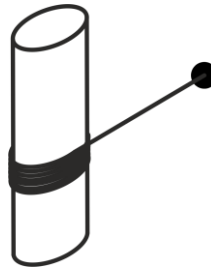
- 2) Uma massa $m=70$ g ligada a um fio move-se no plano horizontal sem atrito como se vê na figura. Inicialmente a massa encontra-se à distância $r_0 = 0.8$ m do centro e move-se com uma velocidade $v_0 = 2$ m/s.



- [2,0] a) No instante $t=0$ a corda passa a ser puxada para o centro com uma velocidade constante $V = 3$ m/s até que distância do corpo ao centro se reduz a $r_0/60$. Calcule a velocidade angular do corpo em função do tempo. Qual é a velocidade do corpo na posição final?
- [2,0] b) Calcule a força F que deverá ser exercida na corda em cada instante ao longo desse período de tempo.

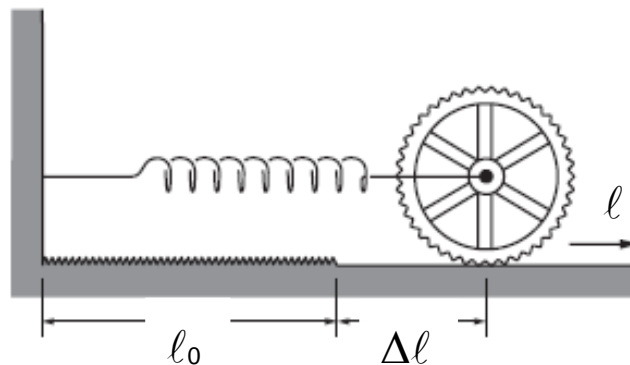
[2,0]

- c) Suponha agora um outro sistema em que o fio que se liga ao corpo se enrola num tubo de raio $r_t = r_0/60$ como mostra a figura.



Despreze o efeito da gravidade. Sabendo que o corpo tem de novo velocidade $v_0 = 2 \text{ m/s}$ num ponto à distância $r_0 = 0.8 \text{ m}$ do centro do tubo, calcule a velocidade do corpo no instante imediatamente antes de tocar no tubo.

- 3) Uma roda dentada de massa $m=0.3 \text{ kg}$ e raio $R=0.05 \text{ m}$ encontra-se ligada pelo seu eixo a uma mola elástica de constante $k=500 \text{ N/m}$ e comprimento natural $\ell_0=0.5 \text{ m}$. A roda apoia-se numa superfície



dentada que a impede de deslizar até à distância ℓ_0 da parede e numa superfície lisa e sem qualquer atrito daí em diante. O momento de inércia da roda é $I_{CM}=0.8 \text{ mR}^2$. Inicialmente a roda é libertada do repouso de uma distância $\ell_i=0.7 \text{ m}$.

[2,0]

- a) Calcule a velocidade do centro de massa da roda imediatamente antes de atingir a superfície dentada ($\ell=\ell_0$).

[2,0]

- b) No momento em que os dentes da roda e da superfície se engrenam a roda sofre uma colisão inelástica. A pequena altura dos dentes permite admitir que a força que actua sobre a roda no momento da colisão é aplicada aproximadamente ao nível do chão. Calcule a velocidade do centro de massa da roda depois da colisão.

[2,0]

- c) Calcule a distância mínima a que a roda se aproxima da parede.

- 4) A configuração de GPS atual consiste em cerca de 27 satélites de massa $m = 1.8 \times 10^3$ kg numa órbita terrestre média (MEO) com um período aproximado de 12 horas.

[2,0] a) Determine a altitude da órbita de um dos satélites GPS.

[2,0] b) Calcule a energia total desse satélite?

[2,0] c) Suponha que um satélite colide frontalmente com um detrito de um meteoróide de massa, $m_{\text{det}}=10$ kg, e velocidade, $v_{\text{det}}= 20$ km/s. Sabendo que o detrito se incrusta no satélite sem o desintegrar, determine no movimento que o satélite adquire, a menor distância a que este passa do centro da Terra.

- 5) Um fóton de momento $p=4 \times 10^{-19}$ kg m/s colide com uma partícula em repouso de massa $m=1.67 \times 10^{-27}$ kg.

[2,0] a) Calcule a energia do sistema no referencial do laboratório.

[2,0] b) Calcule a energia do sistema no referencial do centro de massa do sistema.

[2,0] c) Calcule a velocidade do centro de massa do sistema no referencial do laboratório.

Aceleração da gravidade (Terra)		g=9.8 m/s ²	
Constantes de Gravitação		G=6.67260x10 ⁻¹¹ Nm ² kg ⁻²	
Massa da Terra		M _T =5.97x10 ²⁴ kg	
Raio da Terra		R _T =6.37x10 ³ km	
1 UA		1.5x10 ¹¹ m	
Velocidade da Luz		c=2.99x10 ⁸ m/s	
Massa do próton		m _p =1.67x10 ⁻²⁷ kg	
Transformações de Lorentz		$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$ $t = \frac{t' + \frac{x'V}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$	
		$E = \frac{E' + Vp'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$ $p = \frac{p' + \frac{E'V}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$	
Conversão de Energia		1 eV= 1.6 ×10 ⁻¹⁹ J	
Conversão massa	Mass (kg)	Mass (u)	Mass (MeV/c ²)
1 unidade de massa atômica	1.660540 x 10 ⁻²⁷ kg	1.000 u	931.5 MeV/c ²