

**Física 1 – 4302111**  
**Instituto de Física, Universidade de São Paulo**  
**Prof. Eric C. Andrade**  
**Lista para REC - 06/12/2022**

1. O gráfico da velocidade em função do tempo para uma partícula que parte da origem,  $x(0) = 0$ , e se move ao longo do eixo  $x$  é mostrado na figura abaixo

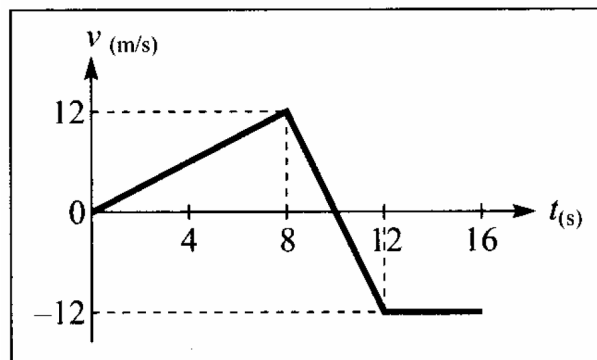


Figure 1: Velocidade como função do tempo para um movimento unidimensional.

- (a) Quantos metros (para a frente e para trás) a partícula percorre nos intervalos  $0 s < t < 8 s$ ,  $8 s < t < 12 s$  e  $12 s < t < 16 s$ ?
- (b) Escreva as expressões analíticas das funções velocidade  $v_1(t)$ ,  $v_2(t)$  e  $v_3(t)$ , válidas nos intervalos  $0 s < t < 8 s$ ,  $8 s < t < 12 s$  e  $12 s < t < 16 s$  respectivamente.
- (c) Escreva as expressões analíticas e esboce o gráfico da posição e da aceleração da partícula para  $0 s < t < 16 s$ .

2. Uma máquina de Atwood com  $m_2 \geq m_1$  é mostrada na figura abaixo. Considere que a polia de massa  $M$  e raio  $r$  seja um disco uniforme.

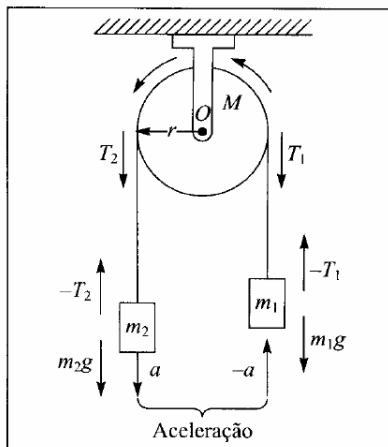


Figure 2: Máquina de Atwood.

- Calcule a aceleração  $a$  das massas. Argumente que  $a$  é idêntica para ambas.
  - Quais condições sobre as massas  $m_1$ ,  $m_2$  e  $M$  devemos ter para que  $T_1 = T_2$ . Considere tanto a situação de equilíbrio ( $a = 0$ ) quanto a dinâmica ( $a > 0$ ).
  - Considere que, inicialmente, as duas massas estejam em repouso à mesma altura. Calcule o módulo velocidade de  $m_2$  após ela descer de uma altura  $h$ .
3. Um disco uniforme de raio  $R$  e massa  $M$  gira com uma velocidade angular constante  $\omega_0$  rad/s com relação a um eixo que passa pelo seu centro de massa. Um outro disco concêntrico de massa  $m$  e raio  $r$ , inicialmente em repouso, cai sobre o primeiro a partir de uma altura desprezível e os dois passam a girar juntos. Veja a figura abaixo:

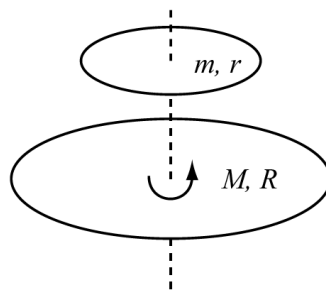


Figure 3: Dois discos concêntricos

- Calcule explicitamente o momento de inércia de cada um dos discos.
- Encontre a velocidade angular final  $\omega$  com a qual o sistema gira.
- Qual é a razão entre a energia cinética final e a inicial do sistema?
- Qual é o processo físico equivalente no caso de uma colisão entre dois blocos?

4. Uma pessoa está de pé sobre uma prancha de 3m de comprimento apoiada sobre um ponto  $O$  e que tem um suporte adicional à esquerda. A massa da pessoa é 50 kg, a massa da prancha (que é homogênea) é de 28kg. A distância  $d$  da figura é  $d = 1\text{m}$ . Considere  $g = 10\text{m/s}^2$ .
- (a) Calcule as forças no ponto de apoio  $O$  e na extremidade esquerda da prancha.
- (b) Se não houvesse o suporte à esquerda, qual deveria ser a distância  $d$  para que o sistema permanecesse em equilíbrio?

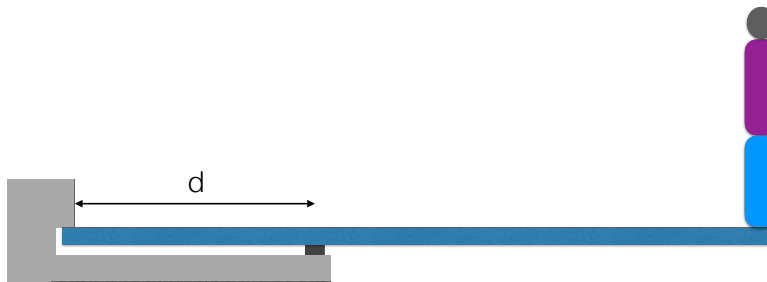


Figure 4: Pessoa sobre a prancha.

5. Um cilindro de massa  $M$  e raio  $R$  é mantido parado em um plano inclinado que possui ângulo de inclinação  $\theta$ . Qual é o menor valor do coeficiente de atrito estático  $\mu$  entre o cilindro e o plano para que essa seja uma posição de equilíbrio?
6. Uma viga homogênea de comprimento  $\ell$  e massa  $M$  está ligada a um suporte móvel no ponto  $P$  ao redor da qual pode girar livremente sem atrito. Na situação inicial, ela é presa à parede por fio que faz um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Veja a figura abaixo.

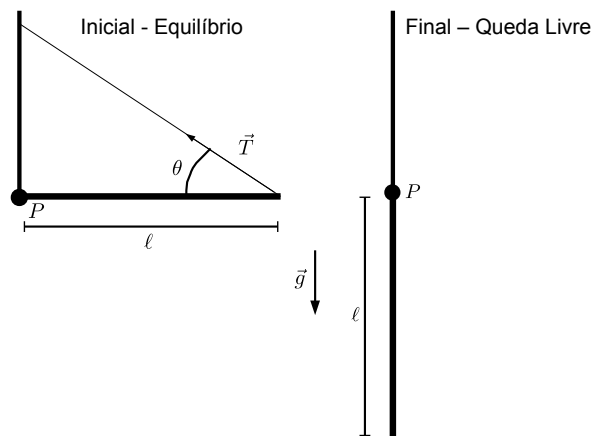


Figure 5: Viga homogênea.

- (a) Na situação de inicial de equilíbrio, calculado o módulo da tensão no fio  $T$  bem como o módulo a direção e o sentido da força que o suporte faz na viga no ponto  $P$ .
- (b) Num determinado instante, o cabo se rompe. A viga está sujeita à gravidade e pode agora fazer um movimento de rotação com relação ao ponto de apoio  $P$ . Calcule, por integração, o momento de inércia da viga com relação a  $P$ . Confira seu resultado utilizando o teorema dos eixos paralelos.
- (c) Usando conservação da energia, encontre a velocidade angular  $\omega$  da viga quando ela estiver cruzando a vertical (situação final).
7. Um foguete de testes com massa  $m = 1000$  kg é lançado do solo com uma velocidade inicial de módulo  $|\vec{v}_0| = 200$  m/s em uma direção que faz um ângulo  $\theta = 45^\circ$  com a horizontal. Apenas 5 s após o lançamento, o foguete explode devido uma falha mecânica. Ignorando a resistência do ar:
- (a) Faça um esboço da trajetória do foguete a partir de sua posição inicial até o momento da explosão.
- (b) Determine as velocidades iniciais nas direções  $\hat{i}$  e  $\hat{j}$  (lembre-se que  $\sin(45^\circ) = \cos(45^\circ)$ ).
- (c) Com a origem do sistema de coordenadas no ponto de lançamento, determine o vetor posição  $\mathbf{r}(t)$  do foguete no instante da explosão.
- (d) Qual era a energia mecânica total do sistema no instante imediatamente anterior à explosão?
- (e) Qual seria o alcance desse foguete (em quilômetros) caso ele não houvesse explodido?
8. Dois blocos de massa  $M = 4$  kg e  $m = 2$  kg estão conectados por uma corda de massa desprezível como mostrado na figura abaixo. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco de 4 kg e a superfície plana é de  $\mu = 0,35$ . Desconsidere a massa da polia.

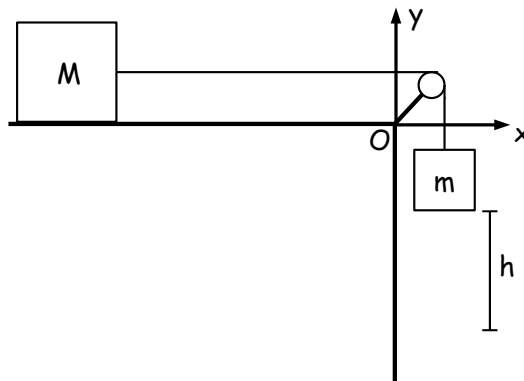


Figure 6: Dois blocos

- (a) Calcule a aceleração com a qual o bloco de massa de 2 kg cai, bem como a tensão na corda.
- (b) Utilizando o eixo de coordenadas indicado na figura, escreva o vetor posição de cada um dos blocos:  $\mathbf{r}_M(t)$  (bloco  $M$ ) e  $\mathbf{r}_m(t)$  (bloco  $m$ ). Assuma que em  $t = 0$  os dois blocos estejam em repouso e que  $\mathbf{r}_m(t = 0) = 0$  e que  $\mathbf{r}_M(t = 0) = -d$  (em metros).
- (c) Assumindo, como em (b), que em  $t = 0$  os dois blocos estejam em repouso, calcule a energia dissipada pelo atrito quando o corpo de 2 kg houver caído de uma altura  $h$  qualquer (despreze o atrito estático entre o bloco de 4 kg e a superfície plana).
- (d) Calcule o vetor velocidade do bloco de 2 kg após ele ter caído de uma altura  $h = 2$  m a partir do repouso.
9. Um carrinho de massa  $M$  desliza, a partir do repouso, de um plano inclinado de altura  $H$  e inclinação  $\theta$ . Ao final desse plano inclinado, está localizada uma montanha russa de raio  $R$  como no desenho abaixo.

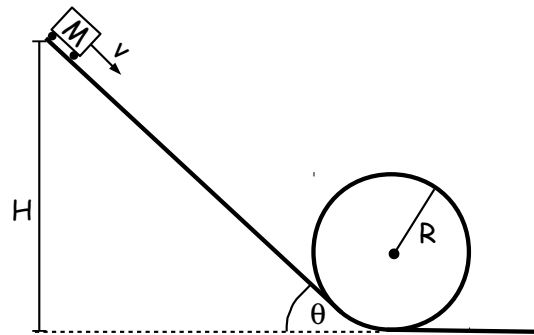


Figure 7: Montanha russa

- (a) Na ausência de atrito, qual é a velocidade mínima que o carrinho precisa ter para conseguir dar uma volta completa na montanha russa?
- (b) Ainda na ausência de atrito, qual é o menor valor de  $H$  necessário para que o carrinho dê uma volta completa na montanha russa?
- (c) Assumindo agora um coeficiente de atrito cinético  $\mu$  entre o carrinho e o plano inclinado, mas ainda desprezando o atrito entre o carrinho e a montanha russa, qual deve ser a nova altura para que o carrinho complete uma volta (despreze o atrito estático entre o carrinho e o plano inclinado)?
10. Um carrinho de montanha russa é solto do repouso de uma altura  $h$  conforme a figura abaixo. Durante a descida não há nenhum tipo de atrito. Após a descida o carrinho passa a ter um atrito com o trilho, segundo um coeficiente de atrito cinético  $\mu$ . A uma distância  $d$  do fim da montanha russa existe uma mola de constante elástica  $k$ , que está em equilíbrio.

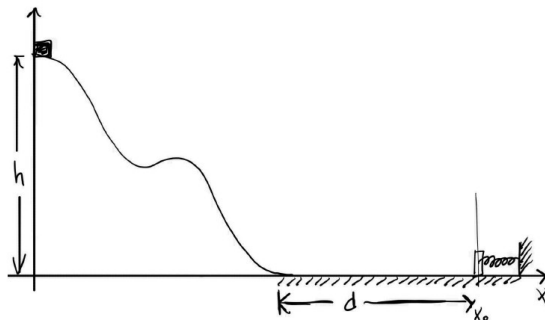


Figure 8: Montanha russa com caixa de areia

- (a) Na ausência de atrito na montanha, qual é a velocidade do carrinho ao final da descida?
- (b) Qual é o valor máximo para  $\mu$  para que o carrinho consiga chegar até a mola?
- (c) Para  $\mu = h/2d$ , calcule a velocidade do carrinho no instante imediatamente anterior a colisão com a mola.
- (d) Calcule a compressão máxima da mola,  $\Delta x$ , para:  $k = 2 \text{ N/m}$ ,  $m = 1 \text{ kg}$ ,  $h = 4 \text{ m}$ ,  $d = 2 \text{ m}$ ,  $\mu = h/2d$  e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Lembre-se de considerar o atrito durante a compressão da mola.
11. Um projétil pontual de massa  $m$  e velocidade constante  $\vec{v} = v\hat{j}$  se move sem atrito até se colidir e ficar preso na borda de um disco uniforme e homogêneo de massa  $M$  e raio  $R$ . Esse disco, que se encontra inicialmente em repouso, está preso por um eixo que passa por sua origem  $O$  (ao redor do qual pode girar livremente), veja a figura abaixo.

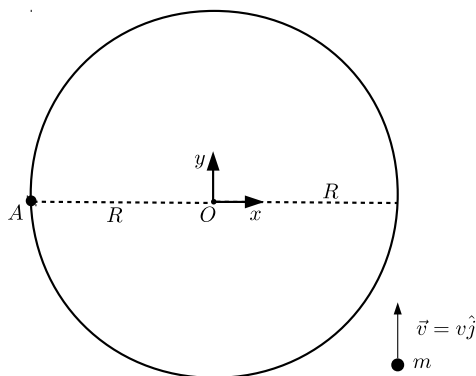


Figure 9: Projétil que se aloja em um disco

- (a) Calcule a energia cinética inicial do projétil e explique brevemente se a energia cinética do sistema projétil + disco é conservada após a colisão.
- (b) Calcule o módulo do momento angular do projétil antes da colisão e explique brevemente se o momento angular do sistema projétil + disco é conservado após a colisão.
- (c) Calcule o momento de inércia, com relação a  $O$ , do sistema projétil + disco após a colisão. Você deve calcular explicitamente o momento de inércia do disco.
- (d) Encontre a velocidade angular final  $\omega_f$  com a qual o sistema projétil + disco gira com relação a  $O$ .
- (e) Qual seria a velocidade angular final  $\omega'_f$  com a qual o sistema projétil + disco giraria se, em vez de passar por  $O$ , o eixo de rotação passasse pelo ponto  $A$ , que fica diametralmente oposto ao ponto no qual o projétil se alojou?
12. O bloco A de massa  $m$  move-se com velocidade  $+v$  em direção ao bloco B de massa  $2m$  que está em repouso. À direita do bloco B, temos o bloco C de massa  $m$  também em repouso. Despreze o atrito.

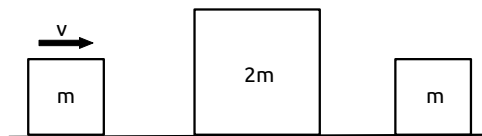


Figure 10: Colisão de três blocos.

- (a) Encontre a velocidade final dos três blocos assumindo que todas as colisões sejam perfeitamente inelásticas. Faça um esboço da situação final.
- (b) Encontre agora a velocidade final dos três blocos assumindo que todas as colisões sejam perfeitamente elásticas. Faça um esboço dessa outra situação final.

13. Um haltere formado por dois discos iguais e de massa  $m$  unidos por uma barra rígida de massa desprezível e comprimento  $l = 40$  cm repousa sobre uma mesa de ar horizontal. Um terceiro disco massa  $2m$  desloca-se com velocidade  $v_0 = 4$  m/s sobre a mesa, perpendicularmente ao haltere, e colide frontalmente com um dos discos, ficando colado à ele após a colisão. Despreze a dimensão dos discos.



Figure 11: Colisão disco haltere.

- (a) Descreva o movimento do sistema após a colisão. Quais quantidades são conservadas?
- (b) Calcule a velocidade de translação bem como a velocidade angular de rotação do sistema após a colisão. Discuta claramente sua solução.