

Nome:

Nº USP:

PROVA 1

Física I

12 de junho de 2020

Leia com atenção essas instruções antes de iniciar a prova:

1. Esta prova inicia-se às 14hs e termina às 18hs, mas você deve começar o upload dos arquivos das respostas escaneadas no site antes das 17hs50.
2. Cada questão deve ser resolvida em uma ou mais folhas de papel branco A4, sem pauta, usando caneta preta.
3. Coloque seu nome e número USP em cada página pois vamos imprimir para corrigir.
4. Identifique bem os itens de cada questão que você está respondendo para facilitar a correção e garantir que o professor não irá achar que você não respondeu algum item.
5. Não responda questões diferentes na mesma folha.
6. A(s) folha(s) correspondente(s) a uma determinada questão deve(m) ser escaneada(s) em formato PDF e colocada(s) em um arquivo cujo nome deve ser P1_QX.pdf onde X corresponde ao número da questão.
7. Você deve fazer o upload desses arquivos PDF separados no site da disciplina.
8. É proibida a consulta a colegas, livros, apontamentos e internet. Lembre-se que você é o principal interessado em saber o quanto aprendeu.
9. Não serão aceitas respostas sem justificativa.
10. Leia toda a prova com cuidado antes de começar. Escolha as três questões de sua preferência.
11. Você deve resolver apenas 3 questões das 6 questões propostas.
12. O valor de cada questão está entre colchetes na frente do número da questão. Note que dependendo do valor das questões que você selecionar a sua prova pode valer entre 10 e 12,5 pontos.
13. Faça a prova com calma, com cuidado e atenção. Verifique as contas e seu raciocínio, antes de escanear a prova, para certificar-se que não cometeu nenhum erro elementar. Envie uma mensagem para o responsável do seu grupo após o upload da prova no site.
14. Note que há um pequeno formulário na última página, com integrais que podem aparecer na prova e que não precisam ser demonstradas.

Boa Prova!

Questão 1 [3,0]

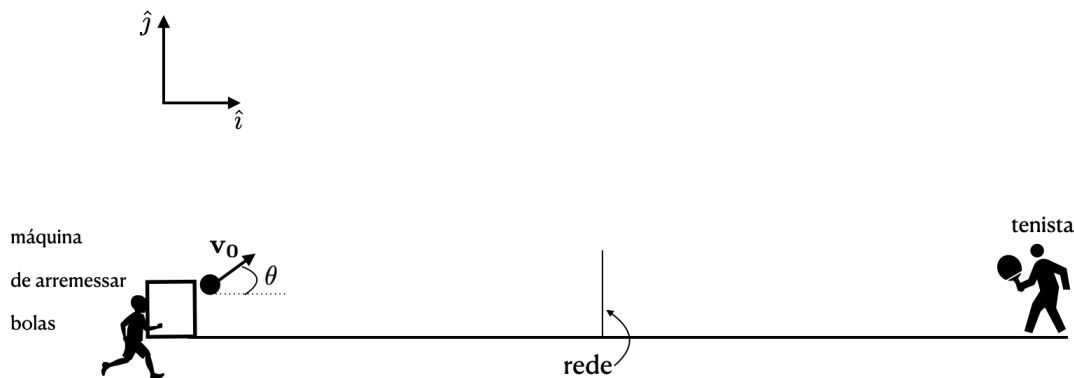


Figura 1: Máquina de arremessar bolas de tênis numa quadra de saibro.

Uma máquina de arremessar bolas de tênis, localizada no fundo de um dos lados de uma quadra de saibro como visto na fig. 1, dispara bolas com velocidade \mathbf{v}_0 que faz um ângulo θ com o piso da quadra. O objetivo é arremessar bolas para o treinamento do tenista que encontra-se do outro lado da rede. Desconsidere a altura da máquina, ou seja, admita que a bola saiu do chão.

- Encontre o **vetor** que representa a velocidade da bola em função do tempo, $\vec{v}(t)$. [0,5]
- Encontre o **vetor** que representa o deslocamento da bola em função do tempo, $\vec{r}(t)$. [0,5]
- A que distância máxima da máquina pode estar o tenista para receber a bola antes que caia no chão? [0,5]
- Qual a altura máxima que a bola atinge em função de θ ? [0,5]
- Assumindo que a rede se encontre a meio caminho entre a máquina e o tenista, e que a bola deva atingir a altura máxima na rede, *estime* o ângulo mínimo que a bola deve ser arremessada para ultrapassar a rede. Você deve usar números razoáveis aqui. Não é para usar calculadora, trata-se de uma estimativa.[0,5]
- Imagine que um garoto, que inicialmente encontra-se do lado da máquina, comece a correr em direção à rede no momento que a máquina arremessa uma bola. Qual a trajetória da bola como vista pelo garoto se sua velocidade for $\vec{v}_g = v_0 \cos \theta \hat{i}$? Explique ou mostre.[0,5]

Questão 2 [3,5]

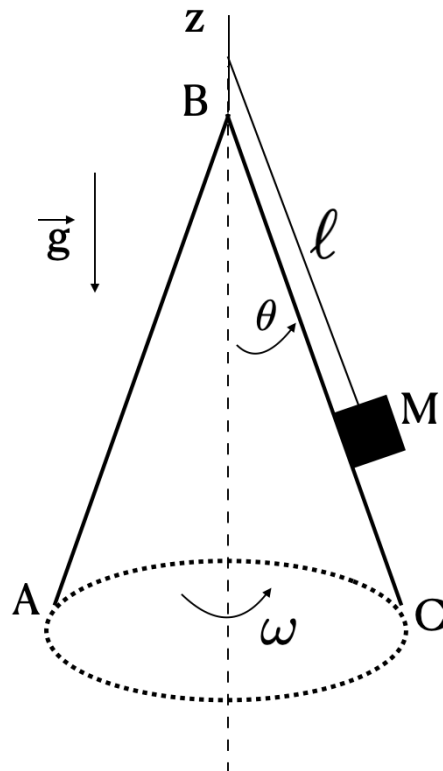


Figura 2: Corpo de massa M sobre uma superfície cônica girante.

Considere um corpo de massa M que se encontra sobre uma superfície cônica ABC , sem atrito, ambos girando em torno do eixo z com velocidade angular constante ω , segundo a fig. 2. O sistema está perto da superfície da Terra, onde a aceleração pode ser considerada constante e de magnitude g .

- O corpo pode ser considerado um sistema de referência inercial? Explique. [0,5]
- Considere um sistema de referência inercial e defina um sistema de coordenadas. Encontre o **vetor** velocidade linear do corpo. [1,0]
- Encontre o **vetor** força de reação da superfície no corpo em termos das variáveis dadas. [1,0]
- Encontre o **vetor** força de tensão sobre o fio em termos das variáveis dadas. [0,5]
- Qual a velocidade angular ω necessária para que a reação do plano seja nula? [0,5]

Questão 3 [4,0]

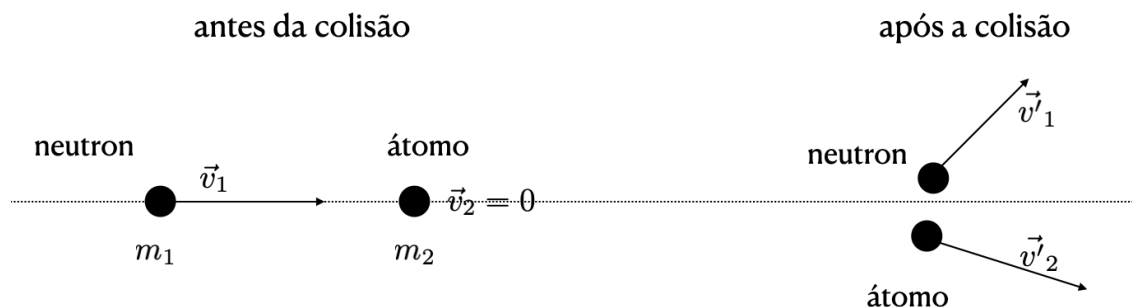


Figura 3: Colisão elástica entre um nêutron rápido e um átomo no referencial de laboratório.

Em reatores nucleares, nêutrons rápidos são produzidos pela fissão do urânio. Esses nêutrons sofrem freamento (chamado de moderação) quando são submetidos a colisões elásticas enquanto movem-se através de um material (o moderador). Considere um nêutron de massa m_1 com velocidade \vec{v}_1 e um átomo de massa m_2 que pode ser considerado como estando em repouso, i.e. $\vec{v}_2 = 0$ no referencial de laboratório, segundo a fig. 3.

- Calcule a velocidade do centro de massa (CM) do sistema, \vec{v}_{CM} , antes da colisão. [0,25]
- Calcule as velocidades do nêutron e do átomo antes da colisão no referencial do CM. [0,25]
- Encontre a velocidade \vec{v}'_1 do nêutron no referencial de laboratório após a colisão. Use o fato que ϕ é o ângulo entre \vec{v}_{CM} e \vec{v}'_1 nesse referencial. Exprima sua resposta apenas em função de v_1 , ϕ e da razão m_2/m_1 . [1,5]
- Encontre a relação entre a energia cinética do nêutron antes e depois da colisão em função de m_2/m_1 e ϕ , no referencial de laboratório. [1,0]
- Qual o valor de ϕ para que o nêutron perca o máximo de energia? Qual o material moderador mais eficiente para frear os nêutrons, aquele cuja massa m_2 é maior, menor ou igual a m_1 ? Explique. [1,0]

Questão 4 [4,0]

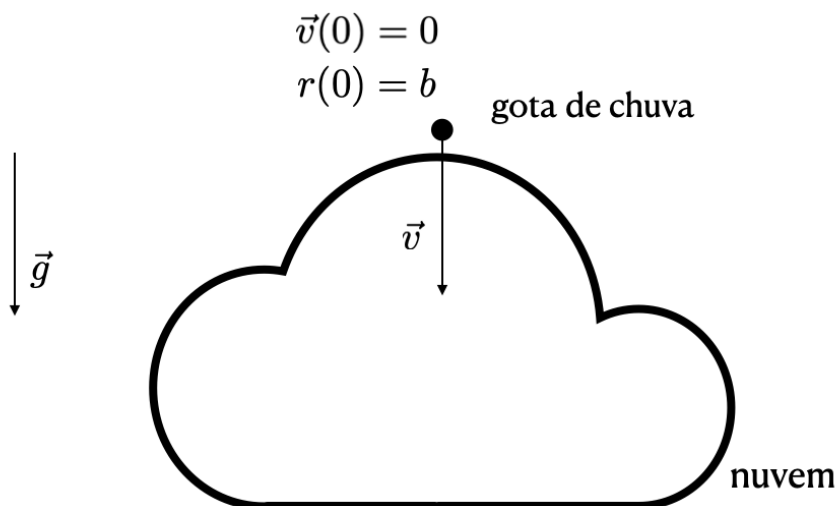


Figura 4: Gota de chuva atravessando uma nuvem estacionária.

Suponha que uma gota de chuva atravesse uma nuvem estacionária, como na fig. 4, acumulando massa a uma taxa de αr^2 , onde r é o raio da gota e $\alpha > 0$ é uma constante. Assuma que a gota continue sempre esfericamente simétrica, que a densidade da gota de água seja ρ e que inicialmente ela comece em repouso e com raio b . A nuvem está numa região onde a aceleração da gravidade tem magnitude g .

- Encontre como o raio da gota varia com o tempo. [1,0]
- Deduza a equação de movimento para a gota. Essa é a equação que deriva da segunda lei de Newton. [0,5]
- Calcule o momento $p(t)$ e a velocidade $v(t)$ da gota. [1,5]
- Estime a velocidade da gota quando seu raio atinge 10 vezes seu valor inicial. Faça aproximações apropriadas. Qual a aceleração da gota nessas circunstâncias? [1,0]

Questão 5 [4,5]

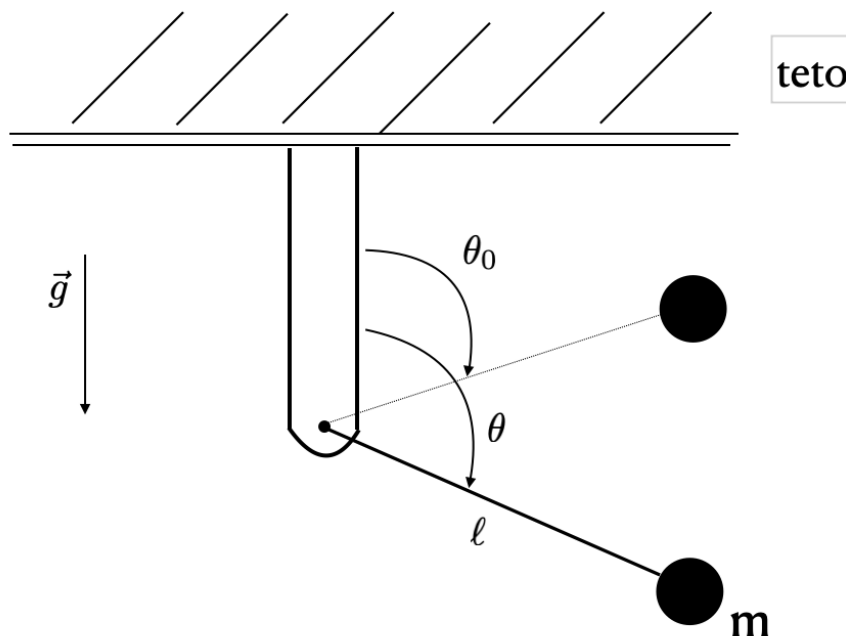


Figura 5: Pêndulo Invertido.

Considere o pêndulo invertido da fig. 5, que consiste de uma haste rígida de comprimento ℓ , massa desprezível, ligada a uma massa m , que pode girar em torno de uma barra rígida fixa ao teto. O pêndulo é liberado do repouso quando o ângulo que a haste faz com a vertical é θ_0 . O sistema está próximo à superfície da Terra onde a aceleração tem magnitude g .

- Encontre o **vetor** que representa a velocidade do pêndulo $\vec{v}(\theta)$ quando ele encontra-se na posição que corresponde a θ na fig. 5. Para que valor de θ , $v = |\vec{v}|$ é máximo? [0,5]
- Qual o trabalho realizado sobre o pêndulo para levá-lo de θ_0 até θ ? Esse trabalho depende do caminho? Por quê? [0,75]
- Considere agora que o movimento do pêndulo sofra a oposição de uma força resistiva (atrito) $\vec{F} = -k\theta \frac{\vec{v}}{v}$, onde k é uma constante positiva, que se opõe ao movimento do mesmo. Escreva as equações de movimento na direção radial e na tangencial que o corpo de massa m deve obedecer. [1,0]
- Qual o trabalho que a força resistiva realiza sobre o pêndulo quando este se desloca de θ_0 até θ ? Esse trabalho depende de caminho? Explique. [1,5]
- Encontre a equação que θ satisfaz quando a velocidade do pêndulo anula-se pela primeira vez na presença da força resistiva? [0,75]

Questão 6 [3,5]

Um paraquedista de massa m caindo verticalmente sofre a ação da força da gravidade e da força de resistência do ar, $\vec{F}_R = -\eta\vec{v}$, que se opõe ao movimento. Considere que a aceleração da gravidade local é g e que η é uma constante.

- (a) Escreva a equação de movimento para o paraquedista. [0,5]
- (b) Assumindo que sua velocidade inicial seja nula, calcule $v(t)$. [1,0]
- (c) Calcule a distância que o paraquedista percorreu após um tempo t . [1,0]
- (d) Calcule a velocidade limite do paraquedista. [0,5]
- (d) Depois de quanto tempo a aceleração do paraquedista se reduz à metade de sua aceleração inicial? [0,5]

Formulário

- $\int dx (a + bx)^n = \frac{(a + bx)^{n+1}}{b(n + 1)}$
- $\int d\theta \sin \theta = -\cos \theta$
- $\int d\theta \cos \theta = \sin \theta$
- $\int dx \frac{1}{a + bx} = \frac{1}{b} \ln(a + bx)$
- $\int dx e^{ax} = \frac{e^{ax}}{a}$