Escrito por Ualype Uchôa

SIMULADO NOIC – OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 3ª FASE – 24 DE SETEMBRO DE 2020	NÍVEL 3 Ensino Médio 3ª série Ensino Técnico 4ª série

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

1 – Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **3ª série do Ensino Médio** e **4ª série do Ensino Técnico.** Ela contém **oito** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos (máximo oito questões respondidas).

2 - O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.

3 - Todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades no Sistema Internacional e seguindo as instruções específicas da questão.

4 - A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3; \sqrt{2} = 1{,}4; \sqrt{3} = 1{,}7; \sqrt{5} = 2{,}2; \cos 53° = sen\ 37° = 0{,}60; \text{sen}\ 53° = cos\ 37° = 0{,}80$; aceleração da gravidade na superfície $g = 10\ m/s^2$; velocidade da luz no vácuo $c = 3{,}00 * 10^8\ m/s$; raio da Terra $R_T = 6{,}40 * 10^6\ m$; duração do dia terrestre $T_E = 24$ h; índice de refração do ar $n_{ar} = 1{,}00$.

Questão 1. Uma partícula de massa m interage gravitacionalmente com uma massa maior M ($M \gg m$), movendo-se em torno dela numa órbita circular estável de raio r_0. Um pequeno impulso é dado à massa m, de tal forma que ela começa a executar pequenas oscilações radiais. Determine a razão entre o período das oscilações e o período do movimento na órbita circular. Como sua resposta mudaria caso houvesse a presença de poeira estelar de densidade ρ uniformemente distribuída em todo o espaço? Pode ser útil utilizar a aproximação $(1+x)^n \approx 1 + nx$, para $|x| \ll 1$.

Questão 2. Em um par de condutores cilíndricos coaxiais, o cilindro interior possui raio a, e o exterior – chamado de ânodo – possui raio b, como mostra figura a seguir. O espaço entre eles é evacuado e então aplica-se um campo magnético estático e homogêneo de intensidade B paralelo ao eixo do cilindro, dirigido para fora do plano do papel. Um elétron de carga $-e$ é liberado da superfície do cilindro interior com velocidade de módulo v_0 na direção radial, dirigida para o cilindro externo. Negligencie quaisquer efeitos relativísticos ou cargas induzidas nas superficies dos cilindros.

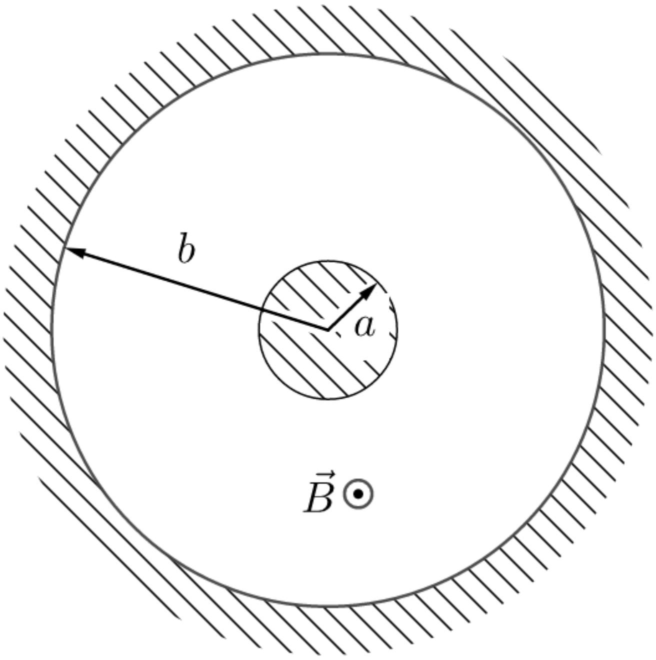

Figura 1: Cilindros coaxiais, com campo magnético $\vec{B}$ aplicado no espaço entre eles.

(a) Se o campo magnético for maior que um valor crítico B_c, o elétron não consegue alcançar o ânodo. Esboce a trajetória do elétron quando o valor do campo é levemente maior do que B_c.

(b) Determine B_c.

Questão 3. Observações radio-interferométricas da luz vinda de estrelas distantes são de essencial importância para o estudo astronômico do nosso Universo. Analisando-se o(s) sinal(is) recebido(s) com duas ou mais antenas separadas entre si, é possível obter um padrão de interferência que resulta em observações de alta qualidade, devido à boa resolução angular obtida com instrumentações desse tipo. Vamos estudar um modelo simplificado, no qual a radiação emitida por uma estrela longínqua (que se encontra no plano do Equador) é recebida por intermédio de duas antenas sobre o Equador, separadas entre si de uma distância $L = 2{,}00 * 10^2\ m$. Os sinais captados são enviados a um receptor através de cabos de mesmo comprimento. Mostre que, devido à rotação da Terra, a amplitude do sinal recebido varia harmonicamente com o tempo durante a observação, e então determine seu período de oscilação. A recepção dos sinais é realizada na frequência $\nu = 3{,}00 * 10^2\ MHz$. Considere que a estrela se afasta muito pouco do zênite durante a observação. Você pode precisar utilizar a aproximação $(1 + x)^n \approx 1 + nx$, para $|x| \ll 1$, bem como $sen\ \alpha \approx \alpha$ $(em\ rad)$, para $\alpha \ll 1$ rad.

Questão 4. Em um acelerador de partículas, é realizado um experimento, no qual uma partícula de carga q e massa de repouso m_0 parte do repouso, e passa a ser acelerada por uma diferença de potencial V. Determine a velocidade final v atingida pela carga

(a) desconsiderando efeitos relativísticos;
(b) levando em conta efeitos relativísticos. Resgate o resultado clássico (do item anterior), para $v \ll c$.

Questão 5. O grande oculista Paulo Henrique está fazendo alguns experimentos com lentes esféricas. Um deles consiste em analisar o que ocorre com um feixe de raios paralelos quando este atravessa uma semiesfera de raio $R = 3{,}00\ cm$ e índice de refração $n = 1{,}25$. O feixe se propaga perpendicularmente à face plana, e a cobre completamente. O eixo OO' é o eixo óptico da lente, como mostra a figura a seguir.

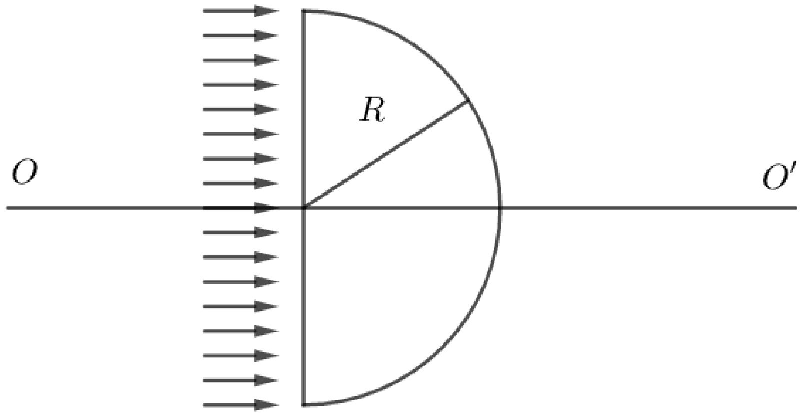

Figura 2: Semiesfera de raio R e seu eixo óptico OO'.

(a) Encontre o raio máximo do feixe de raios paralelos que ainda sofrem refração ao atravessar a face esférica. Não considere reflexões secundárias.
(b) Determine o raio mínimo do feixe de raios paralelos ao eixo óptico que emergem da lente paralelamente, no sentido contrário ao de incidência.
(c) Define-se como raios marginais aqueles que emergem tangencialmente à superfície curva da lente, e raios paraxiais aqueles que incidem muito próximos do eixo óptico. Determine a distância, medida ao longo do eixo óptico, entre o ponto onde convergem os raios marginais e o ponto onde convergem os paraxiais. Se precisar, use $\sin\alpha \approx tg\,\alpha \approx \alpha$ para ângulos pequenos.

(d) Agora, Paulo resolve colocar um anteparo a uma distância $d = 13{,}0\ cm$ do centro da face plana e paralelamente à ela. Ele observa que uma mancha luminosa circular é formada sobre o anteparo. Ajude-o a calcular o raio da mancha.

Questão 6. O estudante de Física MarckBis está brincando com seu ioiô, que possui raios interno e externo r e R, respectivamente, massa m e momento de inércia I em relação ao centro de massa. MarckBis puxa o fio enrolado em seu eixo central, de forma a rolar sem deslizar sobre a mesa horizontal na qual se encontra. Para isso, é aplicada uma tração $\vec{T}$ $(T = |\vec{T}|)$, formando um ângulo θ com a horizontal., conforme mostra a figura.

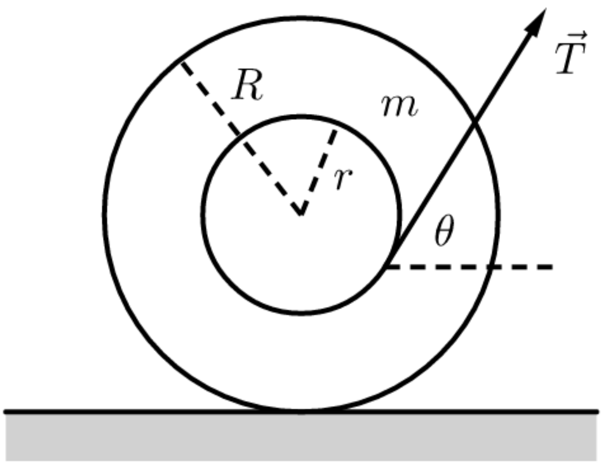

Figura 3: Ilustração do ioiô.

(a) Escreva a condição relacionando T e θ para que o ioiô permaneça em contato com a mesa.

(b) Calcule a aceleração do centro de massa do ioiô. Determine o seu sentido de movimento nos seguintes casos: **(i)** $\cos\theta < r/R$; **(ii)** $\cos\theta = r/R$; **(iii)** $\cos\theta > r/R$.

Questão 7. Uma máquina térmica opera segundo um Ciclo de Carnot, com a fonte quente à temperatura $T_1 = 800\ K$, conforme ilustra o esquema a seguir.

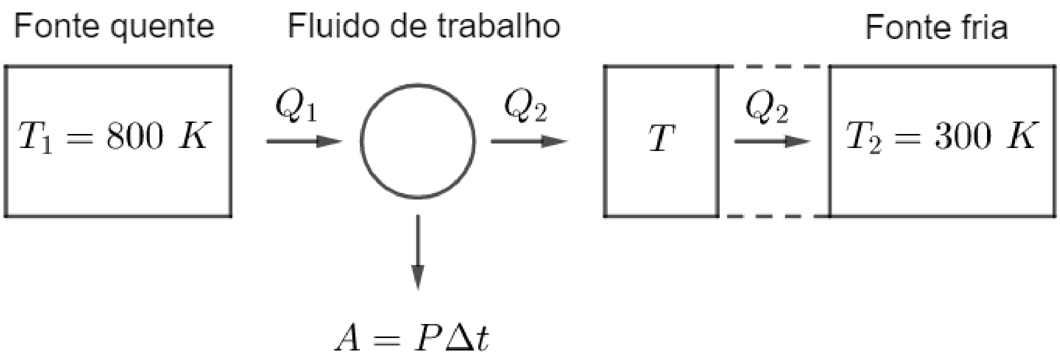

Figura 4: Diagrama do ciclo termodinâmico.

A troca de calor entre o fluido operante e a fonte fria – cuja temperatura é $T_2 = 300\,K$ – é realizada por intermédio de um corpo massivo à temperatura constante T, termicamente isolado do ambiente que o circunda. Durante um intervalo de tempo Δt, o corpo transfere à fonte fria todo o calor Q_2 recebido da máquina através de condução térmica, seguindo a lei

$$Q_2 = \alpha(T - T_2)\Delta t,$$

onde $\alpha = 1\,kW/K$. A temperatura T do corpo depende do trabalho $A = P\Delta t$ realizado pela máquina, em que P é a potência desenvolvida por esta.

(a) Expresse P em função de T_1, T_2 e T.
(b) Determine o valor requerido de T para que a potência desenvolvida pela máquina térmica seja máxima.
(c) Determine a potência máxima P_{max}, se as condições do item anterior forem satisfeitas, bem como a eficiência η do ciclo.

Questão 8. As famosas "rodas d'água" são mecanismos cujo funcionamento ocorre mediante o aproveitamento de uma correnteza de água que impulsiona um dispositivo giratório composto de várias pás. Considere um sistema desse tipo, composto de um grande tanque de água, que possui um pequeno furo a uma profundidade h, de secção reta S, pelo qual sai um jato d'água que se choca constantemente com as pás de uma roda que possui raio R (comprimento de uma pá), fazendo-a girar com velocidade angular constante ω. Considerando que a água atinge perpendicularmente a superfície de cada pá num choque inelástico, determine a força exercida pelo jato d'água na roda, em termos dos parâmetros fornecidos, bem como a densidade da água ρ e a gravidade g.

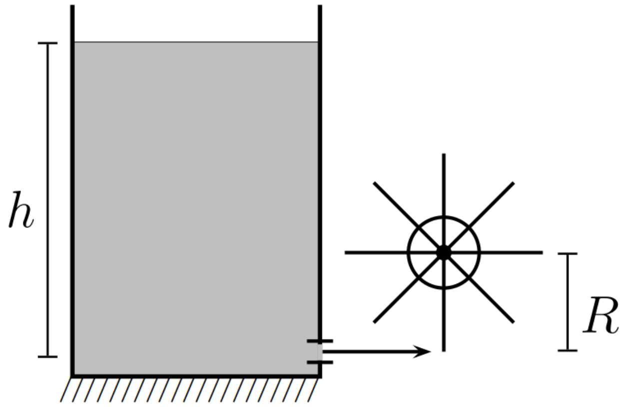

Figura 5: Ilustração do tanque de água e roda giratória composta por várias pás.