



## Prova Final de Seleção para a XVII Olimpíada Iberoamericana de Física

**Sábado, 28 de Julho de 2012**

**Por favor, leia as instruções antes de iniciar a prova:**

1. O tempo disponível para a prova é de 4 horas. A prova tem 3 questões.
2. Utilizar apenas caneta.
3. Utilize apenas o lado da frente das folhas de papel fornecidas para resposta e o local indicado.
4. Se houver resultados numéricos, estes devem ser escritos com o número de algarismos significativos apropriado, conforme indicado no problema. Não se esqueça de indicar as unidades.
5. Escrever nas folhas de resposta **tudo** o que considerar relevante para a resolução da questão. Utilize o mínimo de texto possível, devendo exprimir-se, sobretudo com equações, números, figuras e gráficos.
6. O verso das folhas pode ser utilizado como rascunho.
7. Ao final da prova este caderno e o caderno de resposta ao fiscal.

Nome:	
e-mail:	
Nº e tipo de Documento de Identificação:	
Nome da Escola:	
Cidade:	Estado:
Assinatura:	Telefone:

# 1 Esfera carregada num Campo Magnético

(30 pontos)

Neste problema, vamos estudar o movimento de precessão de uma esfera carregada com densidade uniforme de carga  $\rho$ , portanto carga total  $q$ , numa região preenchida por um campo magnético constante  $\vec{B}$ . Considere, durante todo o problema, que o campo magnético gerado pela densidade de carga  $\rho$  possa ser desprezado no que se pede em todos os itens seguintes.

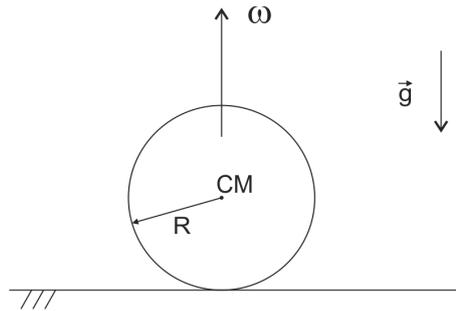


Figura 1: Esfera girando sobre uma mesa horizontal

(a) Considere que a esfera homogênea de massa  $m$ , densidade  $3m/4\pi R^3$  e raio  $R$  esteja girando em torno de seu centro, sobre uma mesa plana e horizontal, com velocidade angular  $\omega$  na direção perpendicular à mesa, de acordo com a Fig. 1. Define-se a *razão giromagnética*  $g$  como sendo a razão entre o momento angular  $L$  e o momento magnético  $\mu$  de um corpo. Determine a razão giromagnética  $g$  neste caso.

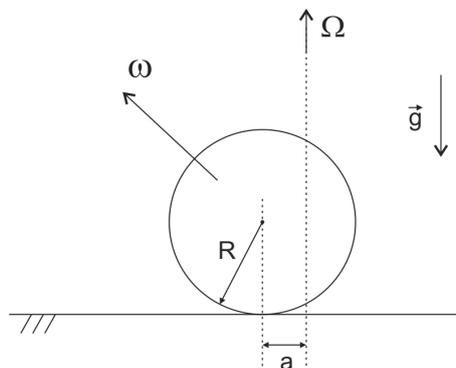


Figura 2: Precessão da esfera sobre a mesa horizontal

Um campo magnético  $\vec{B}$  é aplicado ao sistema na direção perpendicular à mesa sobre a qual está a esfera. Neste momento, o eixo da esfera é levemente girado de um pequeno ângulo  $\theta$  e seu centro de massa passa a girar em torno de um eixo vertical que está a uma distância  $a$  do ponto de contato entre a esfera e a mesa, como mostra a Fig. 2. Considere que a velocidade angular  $\omega$  da esfera em torno do seu centro de massa é a mesma que no problema anterior.

(b) Determine o torque do campo magnético  $\vec{B}$  sobre o momento magnético  $\vec{\mu}$  da esfera carregada.

(c) Determine a velocidade angular  $\Omega$  e precessão da esfera, considerando que  $\Omega \ll \omega$ , e a distância  $a$ .

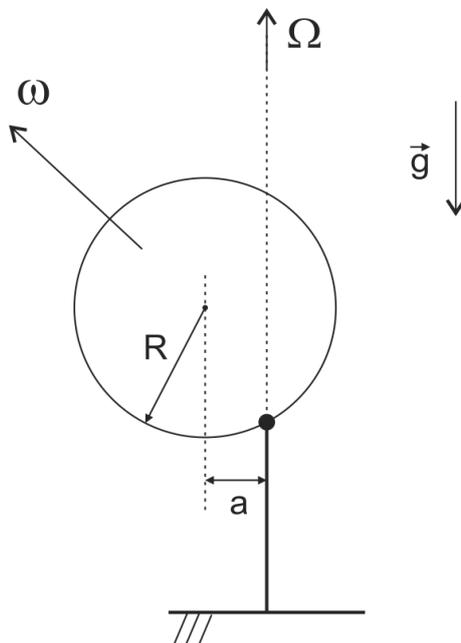


Figura 3: Precessão de uma esfera colocada sobre uma haste rígida

Considere agora que a esfera seja colocada sobre uma haste rígida sobre a qual a mesma pode girar sem atrito em torno de qualquer direção como mostra a Fig. 3.

(d) Determine os novos valores de  $a$  e  $\Omega$  neste caso.

## 2 Interferômetro de Fabry-Perot

(35 pontos)

O interferômetro de Fabry-Perot é um instrumento óptico que utiliza a interferência de múltiplos feixes luminosos. Ele é constituído por dois espelhos voltados para um material transparente com índice de refração  $n$  e espessura  $d$ , como mostra a Fig. 4.

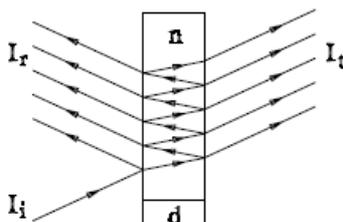


Figura 4: Interferômetro de Fabry-Perot.

Na figura dada  $I_i$ ,  $I_r$  e  $I_t$  são, respectivamente, as intensidades incidente, refletida e transmitida através do interferômetro. O comprimento de luz incidente é  $\lambda$  e o número de onda correspondente é  $k = 2\pi/\lambda$ . Despreze todos os tipos de absorção no material.

A refletância e a transmitância para as *amplitudes* nas interfaces refletoras são  $r$ ,  $r'$ ,  $t$  e  $t'$ , definidas de acordo com a Fig. 5.



Figura 5: Transmissão e reflexão através de uma face.

Devido à invariância temporal é possível observar que

$$\begin{aligned} tt' + rr &= 1 \\ tr' + rt &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

(a) Justifique o resultado (1).

A partir da expressão (1) definimos a refletância  $R$  e a transmitância  $T$  para a *intensidade* luminosa como

$$R = r^2, \quad T = tt'$$

(b) Supondo que um raio de luz incida normalmente ao interferômetro de Fabry-Perot, determine a amplitude complexa  $A_r$  refletida pelo sistema, como função da amplitude incidente  $A_i$ ,  $r$ ,  $R$  e da diferença de fase  $\delta = 2kdn$ .

(c) Obtenha a amplitude transmitida  $A_t$  como função de  $A_i$ ,  $T$ ,  $R$  e  $\delta$  (como definido no item anterior).

(d) Obtenha as *Fórmulas de Airy*

$$\frac{I_r}{I_i} = ?$$
$$\frac{I_t}{I_i} = ?$$

que indicam as intensidades refletida e transmitida pelo sistema.

Costuma-se definir o *coeficiente de finesse*  $Q_R$  como

$$Q_R = \frac{4R}{(1 - R)^2}$$

(e) Faça um esboço do gráfico da função de transmissão  $I_t/I_i$  para  $Q_R = 0, 5, Q_R = 5, Q_R = 50$  e  $Q_R = 500$ . Faça o gráfico como função da *ordem de interferência*  $N = \delta/2\pi$ .

(f) Discuta os resultados obtidos e indique uma possível aplicação para este tipo de instrumento.

### 3 Refratômetro de Abbe

(35 pontos)

Um refratômetro de Abbe é um instrumento utilizado na medida de índices de refração de substâncias líquidas. Ele é composto por um prisma reto de índice de refração conhecido  $n$  e um sistema que permite a medida do ângulo de refração que emerge deste prisma.

(a) (10 pontos) Proponha um esquema de como seria possível montar um refratômetro para a medida do índice de refração de um líquido e qual o princípio que esta envolvido;

(b) (10 pontos) Deseja-se medir o índice de refração de  $n_1$  de um líquido. Determine a partir do sistema proposto no item anterior de como o valor de  $n_1$  poderia ser obtido a partir das variáveis propostas no seu esquema.

(c) (15 pontos) Considere que a precisão no índice de refração do prisma é da ordem de  $\Delta n$  e que  $\Delta\theta_i$  é a imprecisão na determinação do ângulo refratado. Determine qual é a imprecisão no índice de refração do líquido  $\Delta n_1$ .