

# **PROVA EXPERIMENTAL**

Segunda-feira, 29 de Setembro de 2008

Leia estas instruções antes de iniciar a prova.

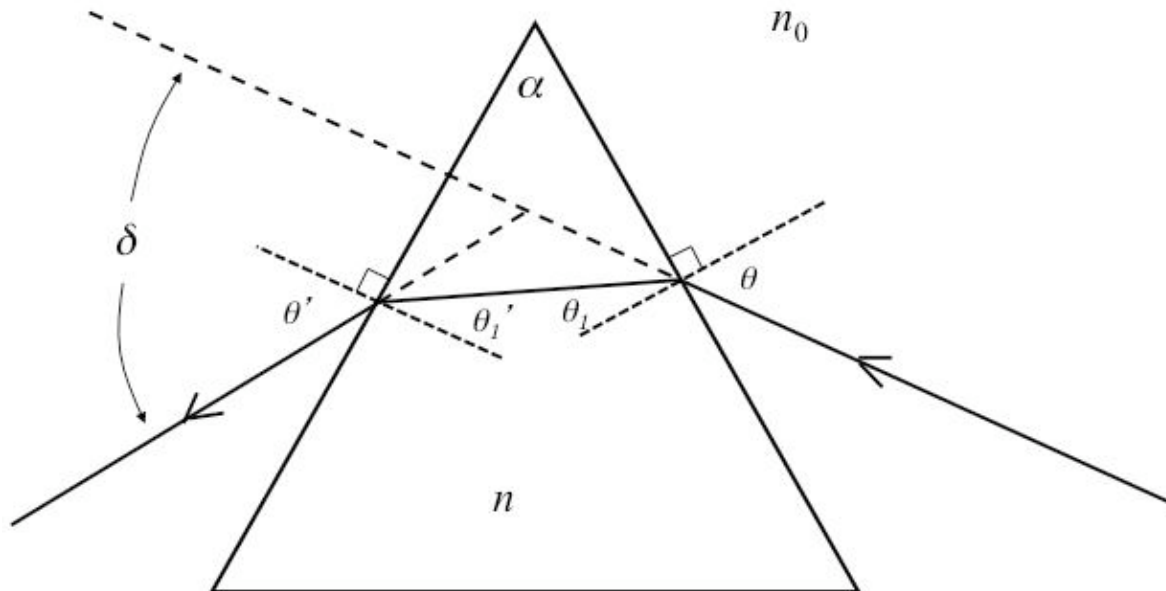
1. O tempo disponível para esta prova é 5 horas.
2. A prova consta de um único problema.
3. Utilize apenas o lápis que lhe for fornecido.
4. Não escreva o seu nome em qualquer das folhas de resposta, excepto na folha de rosto.
5. Numere as páginas do exame (utilizando 2/5, por exemplo, para indicar a segunda folha de cinco).
6. No final, coloque as folhas de resposta no envelope e entregue-o em conjunto com a folha de rosto, preenchida.
7. Recorde que não se deve olhar directamente para o laser.

## Problema Experimental

*XIII Olimpíada Ibero-americana de Física, 2008, Morelia, Michoacán, México*

### Índice de refração

O objectivo deste problema é medir o índice de refração  $n$  de um material transparente e obter a relação entre o ângulo de saída do feixe refractado e o ângulo de entrada do feixe incidente. O objecto a estudar será um prisma triangular feito de uma resina. A física do problema é muito simples. Observe a figura.



Um feixe de luz (laser) incide sobre uma das faces do prisma, fazendo um ângulo  $\theta$  com a normal a essa face. O feixe refractado faz um ângulo  $\theta_1$  com a normal à face de entrada e incide posteriormente na face oposta fazendo um ângulo  $\theta_1'$  com a normal a essa face. O feixe é finalmente refractado nesta segunda face, fazendo um ângulo  $\theta'$  com a normal à face. Seja  $\alpha$  o ângulo do vértice do prisma. Designe por  $\delta$  o ângulo que o feixe refractado faz, ao sair do prisma, com a direcção do feixe incidente. Considere que o índice de refração do ar é  $n_0=1,0$ .

Recorde-se que os ângulos de incidência e refração de um feixe de luz monocromática que passa de um meio de índice de refração  $n_1$  para outro de índice de refração  $n_2$  estão relacionados pela lei de Snell:

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2 \quad (1)$$

onde  $\varphi_1$  e  $\varphi_2$  são os ângulos que o feixe faz com a normal à superfície entre os meios.

Como consequência da lei de Snell e da geometria do sistema composto pelo prisma e pelo feixe de luz, pode demonstrar-se que existe uma função que relaciona o ângulo  $\delta$  com o ângulo  $\theta$ , isto é,  $\delta = \delta(\theta)$ . Esta função tem um mínimo para um ângulo  $\theta_c$ . Seja  $\delta_{\min}$  este mínimo, isto é,  $\delta_{\min} = \delta(\theta_c)$ . Pode-se mostrar que  $\delta_{\min}$  obedece à seguinte relação:

$$n \sin \frac{\alpha}{2} = n_0 \sin \left( \frac{\delta_{\min} + \alpha}{2} \right) \quad (2)$$

**AVISO: NUNCA OLHE DIRECTAMENTE PARA A LUZ DO FEIXE LASER!**

**MATERIAL** (Não é necessário utilizar todo o material fornecido)

- Prisma
- Laser
- Base de madeira
- Ecrã de madeira
- Ecrã de cartão (10 cm × 10 cm)
- Régua graduada
- Esquadros
- Papel branco
- Papel milimétrico
- Tesouras
- Fita-cola
- Lápis
- Afia-lápis
- Borracha
- Calculadora
- Fio

**Devido às possíveis imperfeições do prisma, assegure-se que o feixe laser incide sempre sobre a mesma face do prisma.**

**Tente que o feixe laser incida sempre sobre a zona central da face do prisma.**

**Meça todo os ângulos a partir do centro da mancha luminosa do feixe do laser. Assim, a incerteza reside apenas na medida dos ângulos e a largura do feixe laser origina apenas um erro sistemático.**

**TAREFA 1.** Faça um esquema de uma montagem experimental que permita medir os ângulos  $\delta$  e  $\theta$ . **(3 pontos)**

**TAREFA 2.** Determine o índice de refração  $n$  do prisma, utilizando a fórmula do ângulo mínimo, equação (2). **(8 pontos)**

- (2.a) Determine o ângulo  $\alpha$  do prisma.
- (2.b) Meça o ângulo mínimo. Apresente os seus resultados em forma de tabela.
- (2.c) Calcule as incertezas (erros) no ângulo  $\alpha$  e no ângulo mínimo  $\delta_{\min}$ .
- (2.d) Apresente o valor do índice de refração  $n$  e da respectiva incerteza.

**TAREFA 3.** Determinação experimental da relação entre  $\delta$  e  $\theta$ . **(6 pontos)**

- (3.a) Faça medidas experimentais de pares de ângulos  $(\delta, \theta)$  suficientes para o objectivo. Apresente os resultados em forma de tabela.
- (3.b) Represente os seus pontos experimentais numa folha de papel milimétrico.

**TAREFA 4.** Determinação teórica da função  $\delta = \delta(\theta)$  e comparação com o resultado experimental. **(3 pontos)**

- (4.a) Deduza uma expressão para a função  $\delta = \delta(\theta)$ . *Sugestão:* Use as seguintes relações que podem ser deduzidas a partir da figura:

$$\delta = \theta + \theta' - \alpha \quad \text{e} \quad \alpha = \theta_1 + \theta'_1 \quad (3)$$

- (4.b) Calcule os valores de  $\delta(\theta)$  para os valores de  $\theta$  obtidos em (3.a). Acrescente estes valores à folha de papel milimétrico da pergunta (3.b). Utilize os valores do índice de refração  $n$  e do ângulo  $\alpha$  obtidos na TAREFA 2.