

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2015  
2ª FASE - NÍVEL C (alunos do 3º e 4º anos - Ensino Médio/Ensino Técnico)



- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 3ª e 4ª séries do Ensino Médio e Técnico. Ela contém **cinco questões teóricas e um procedimento experimental com duas questões**.
- 02) Além deste caderno com as questões você deve receber um caderno de resoluções e um kit experimental. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do caderno de resoluções antes do início da prova.
- 03) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa (90) minutos**. Você poderá levar o Kit Experimental ao final da prova.

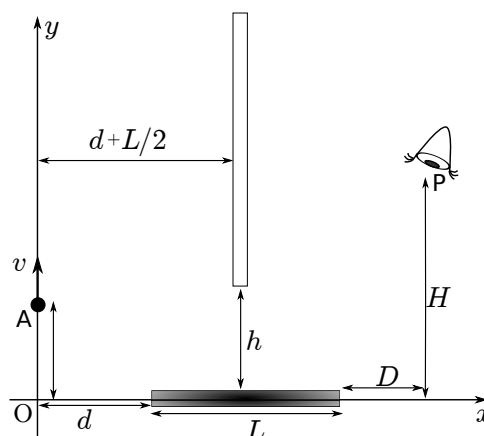
## Questões teóricas

### Questão 1

Uma bolinha de borracha é solta de uma altura  $H$  sobre uma superfície horizontal plana, colide com o solo e volta a subir verticalmente. A cada colisão a bola perde  $p\%$  da energia que ela tinha antes da colisão. Desconsidere quaisquer outras perdas e calcule a distância total percorrida pela bolinha.

### Questão 2

A propagação retilínea da luz já era conhecida pelos gregos antigos e Heron de Alexandria afirmou que “a luz sempre percorre o menor caminho possível entre dois pontos”. Com base nessa afirmação ele explicou a reflexão por espelhos planos. Na configuração ilustrada na figura ao lado (fora de escala), um raio luminoso procedente de um objeto puntiforme  $A$ , após atingir um espelho plano de comprimento  $L$  é refletido e chega ao olho do observador no ponto  $P$ . O objeto  $A$ , partindo de valores negativos de  $y$ , se move ao longo do eixo  $y$  com velocidade constante  $v = 4,0$  m/s.



Considerando que  $h = 4,0$  m,  $H = 6,0$  m,  $L = 1,0$  m,  $d = 1,0$  m e  $D = 2,0$  m, utilize o princípio de Heron para determinar por quanto tempo o observador irá visualizar a imagem do objeto no espelho.

---

**Questão 3**

---

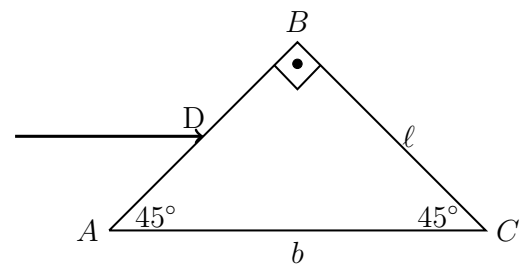
Considere um recipiente cilíndrico com um êmbolo metálico móvel, de massa desprezível e carregado com uma carga  $+q$ . A base, de raio  $r$ , do recipiente é metálica e está carregada com uma carga  $-q$ . As paredes laterais do recipiente são isolantes térmicos e elétricos e possuem altura muito menor do que  $r$ . Sabendo que o recipiente contém  $n$  mols de um gás ideal, determine a capacitância do sistema em função da temperatura do gás.

---

**Questão 4**

---

Um feixe de luz laser incide no ponto  $D$  sobre a face  $AB$  de um prisma de vidro, como indicado na figura ao lado. O índice de refração do vidro para o comprimento de onda do laser é  $n = 1,5$  e o comprimento do lado  $AB$  é  $\ell = 10$  cm. Determine a distância  $DB$  máxima pela qual o feixe sai pela face  $AC$ .



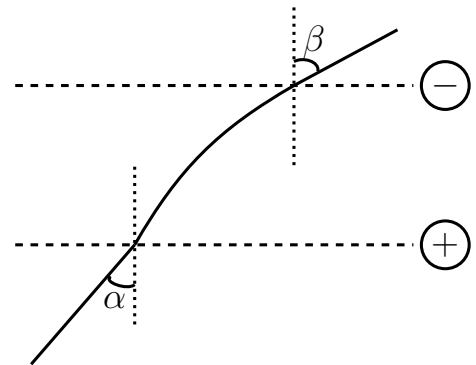
Considere que  $\sin(28,1^\circ) \approx \sqrt{2}/3$ ,  $\sin(41,8^\circ) \approx 2/3$ ,  $\text{tg}(28,1^\circ) \approx 0,53$ .

---

**Questão 5**

---

A refração é um fenômeno típico da propagação luminosa. No entanto, um sistema constituído por um feixe de elétrons e um capacitor pode apresentar características parecidas ao fenômeno da refração. Considere no vácuo um capacitor cujas armaduras são duas grades metálicas paralelas, com distância  $d$  entre elas e mantidas a uma ddp  $V$  constante. Um feixe de elétrons com energia  $E_0$  penetra no capacitor formando um ângulo  $\alpha$  com a armadura inferior, como indicado na figura ao lado.



Para calcular o campo elétrico no capacitor as duas grades metálicas podem ser tratadas como superfícies contínuas, que deixam passar os elétrons. Chamando  $\beta$  o ângulo de saída dos elétrons, mostre que a razão entre  $\sin \alpha$  e  $\sin \beta$  é uma constante, como no caso da luz que se propaga de um meio material para outro. Todos os efeitos gravitacionais são desprezíveis.

---

# Procedimento Experimental

## Medição da aceleração da gravidade local

O kit experimental encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de plástico;
- uma haste de plástico com pino de metal;
- uma fita métrica de 150 cm;
- um cronômetro digital;
- um transferidor;
- duas etiquetas adesivas;
- um saquinho plástico contendo:
  - uma arruela;
  - um fio de comprimento aproximado de 120 cm.

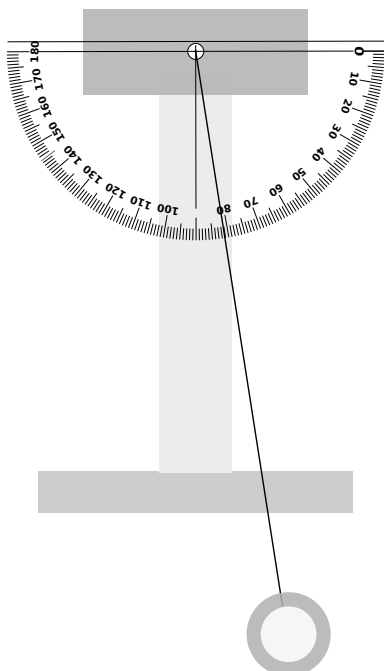


Inicialmente fixe o transferidor no pino de metal da haste de plástico e, após encaixar a haste na base de plástico, use as etiquetas adesivas para fixar a base na mesa. Amarre uma extremidade do fio à arruela e a outra extremidade ao pino da haste, conforme figura acima. Garanta que o comprimento do fio seja da ordem de um metro.

Caso tenha dificuldade em montar o pêndulo chame o seu professor e solicite ajuda.

## Questões experimentais

### Questão 1: Medição de $g$ na aproximação de pequenos ângulos.



Utilizando fita métrica fornecida meça e anote o comprimento do fio, do pino de fixação na base até centro da arruela e anote o resultado.

**Comprimento do pêndulo:** .....

a) Aproximação de pequenos ângulos.

Solte o pêndulo de um ângulo menor ou igual a  $10^\circ$ , conforme ilustrado pela figura ao lado. Meça três vezes o período de uma oscilação completa com o cronômetro.

**Período do pêndulo, medição 1:** .....

**Período do pêndulo, medição 2:** .....

**Período do pêndulo, medição 3:** .....

Após essa medição, observa-se que os três tempos diferem bastante. Parte desse resultado, deve-se ao tempo de resposta do experimentador ao inicializar e parar o cronômetro.

O tempo de resposta pode ser estimado em 0,5 s. Para amenizar esse efeito, meça o tempo de dez oscilações completas e divida esse tempo por dez para encontrar o período do pêndulo. Dessa forma a incerteza devida ao tempo de resposta também será dividida por dez e resultará  $\Delta T = 0,05$  s.

Usando a metodologia exposta, e soltando o pêndulo de um ângulo menor ou igual a  $10^\circ$ , determine:

**Período do pêndulo:** .....

A partir comprimento  $\ell$  e do período  $T$  do pêndulo é possível aferir a aceleração da gravidade  $g$  por meio da seguinte relação

$$g = 4\pi^2 \frac{\ell}{T^2},$$

encontre o valor de  $g$  com uma casa decimal, e especifique as unidades.

b) Correção além da aproximação de pequenos ângulos.

A correção além da aproximação de pequenos ângulos, para a aceleração da gravidade  $g$  é dada pela da seguinte relação

$$g = 4\pi^2 \frac{\ell}{T^2} \left( 1 + \frac{1}{8}\theta^2 \right), \quad \text{com } \theta \text{ em radianos.}$$

Determine o valor de  $g$  com uma casa decimal, soltando o pêndulo com um ângulo de  $45^\circ$ , e especifique as unidades.

**Relações úteis**

Expresão	Valor
$\pi/4$	0,79
$4\pi^2$	39,5
$\pi^4/32$	3,0

## Questão 2: Estimativa da incerteza sobre $g$

O resultado de uma medição consiste sempre em um intervalo de valores possíveis para a grandeza medida. Tal intervalo é definido como

$$\boxed{(\overline{\text{Valor Médio}} \pm \text{Incerteza}) \text{ Unidade.}}$$

O valor de  $\bar{g}$ , o valor médio de  $g$ , e de sua incerteza  $\Delta g$  podem ser obtido, usando-se as seguintes relações

$$\bar{g} = \frac{g_{max} + g_{min}}{2} \quad \Delta g = \frac{g_{max} - g_{min}}{2}$$

nas quais

$$\begin{array}{lll} g_{max} = 4\pi^2 \frac{\ell}{T_{min}^2} & \text{e} & g_{min} = 4\pi^2 \frac{\ell}{T_{max}^2}. & \text{Pequenas oscilações} \\ g_{max} = 4\pi^2 \frac{\ell}{T_{min}^2} \left(1 + \frac{1}{8}\theta^2\right) & \text{e} & g_{min} = 4\pi^2 \frac{\ell}{T_{max}^2} \left(1 + \frac{1}{8}\theta^2\right). & \text{Correção} \end{array}$$

Aqui, os valores de  $T_{min}$  e  $T_{max}$  são respectivamente dados por

$$T_{min} = T - \Delta T \quad \text{e} \quad T_{max} = T + \Delta T$$

- Determine o valor da aceleração da gravidade e a incerteza associada a sua medição, de  $g$  no caso de pequenas oscilações.
- Determine o valor da aceleração da gravidade e a incerteza associada a sua medição, de  $g$  na correção além de pequenas oscilações.
- Determine se os dois valores obtidos para a aceleração da gravidade são consistentes, isto é, se há intersecção dos dois intervalos que representam os valores das medições.