

# OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2015

2ª FASE - NÍVEL B (alunos do 1º e 2º ano - Ensino Médio)



- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela contém **oito questões teóricas e um procedimento experimental com duas questões**.
- 02) Os alunos da 1ª série devem escolher no máximo 5 questões teóricas. Os alunos da 2ª série também escolhem 5 questões teóricas excetuando as indicadas como **exclusiva para alunos da 1ª série**. Não há restrições nas questões experimentais.
- 03) 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.
- 04) 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

(**exclusiva para alunos da 1ª série**) Uma gota esférica de sabão possui raio de 0,9 mm. Estime o raio da bolha produzida por essa gota, considerando que sua espessura é igual a  $3 \times 10^{-10}$  m.

### Questão 2

(**exclusiva para alunos da 1ª série**) Uma das primeiras tentativas de medição da velocidade da luz foi realizada por Galileu no século XVII. O experimento envolvia dois homens e duas lanternas. Os dois homens, cada um com uma lanterna, ficariam no topo de duas montanhas, a uma distância de cerca de 1,5 km, com as duas lanternas cobertas. O primeiro homem deveria descobrir sua lanterna e o segundo fazer o mesmo quando visse a luz da lanterna do colega. Este último mediria o tempo desde que ele tinha descoberto sua lanterna até enxergar a luz da outra lanterna. Assim, conhecendo distância e tempo, a velocidade da luz poderia ser aferida.



O experimento de Galileu não trouxe o resultado desejado; hoje em dia sabemos que a velocidade da luz é  $c = 3 \times 10^8$  m/s, então, é evidente que os tempos de reação dos observadores foram muito maiores do que o tempo de percurso da luz entre as duas pessoas. Além disso, na época de Galileu não existiam instrumentos suficientemente sensíveis para medir intervalos de tempo muito pequenos. Desconsiderando o tempo de reação dos observadores, qual deve ser a resolução de um cronômetro para que o experimento de Galileu consiga medir  $c$ ?

---

### Questão 3

---

Um ciclista percorre, em linha reta, a distância  $L$  em um intervalo de tempo  $\tau$  com velocidade constante. Não ocorre deslizamento entre o piso e o pneu. Sabendo que a roda da bicicleta possui raio  $R$  calcule:

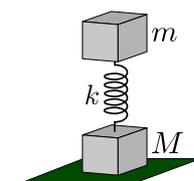
- a) A velocidade do ciclista;
- b) O número de voltas completadas por cada roda nesse percurso.

---

### Questão 4

---

Dois corpos de massas  $m$  e  $M$ , conectados por uma mola de constante elástica  $k$ , encontram-se em equilíbrio sobre uma mesa. A mesa é retirada rapidamente, de modo que o conjunto cai livremente. Calcule a aceleração de cada corpo no instante em que a mesa é removida.




---

### Questão 5

---

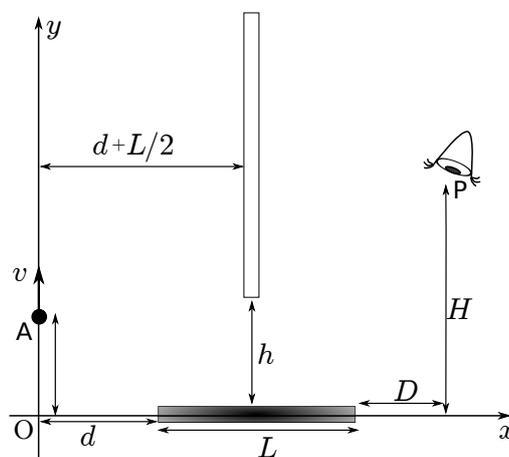
Uma pessoa se encontra em repouso sobre a superfície da Terra à latitude  $60^\circ$  N. Sabendo que o raio médio da Terra é igual a  $6,4 \times 10^6$  m, calcule a distância por ela percorrida em um intervalo de tempo de 1,0 minuto devido ao movimento de rotação Terra. (Considere  $\pi \approx 3,0$ )

---

### Questão 6

---

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 7

---

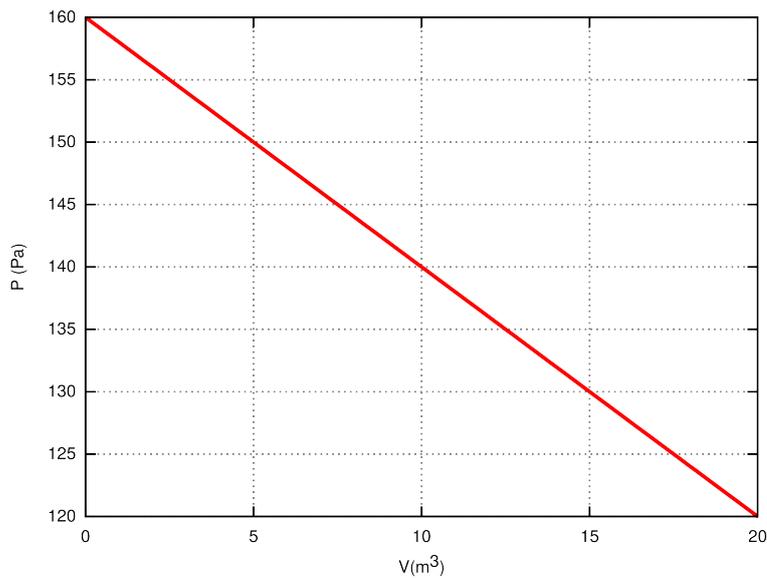
Em um deserto usa-se uma trena metálica de coeficiente de dilatação linear  $\alpha$  (em  $1/^\circ\text{C}$ ), calibrada com a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e que possui  $N$  divisões e um comprimento  $l_0$ . Calcule o número de divisões da trena necessários para se medir a distância entre dois pontos fixos de distância  $d = l_0$  durante (a) a noite com uma temperatura de  $0^\circ\text{C}$  e (b) durante o dia com uma temperatura de  $50^\circ\text{C}$ . Explique se o resultado das medições durante o dia e a noite serão menores ou maiores do que  $l_0$ .

---

### Questão 8

---

Um mol de gás ideal sofre a transformação indicada na figura ao lado. Sabendo que a constante dos gases ideais é  $R \approx 8,0 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ , determine a temperatura máxima, em graus celsius, alcançada pelo gás durante a transformação.



# 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.

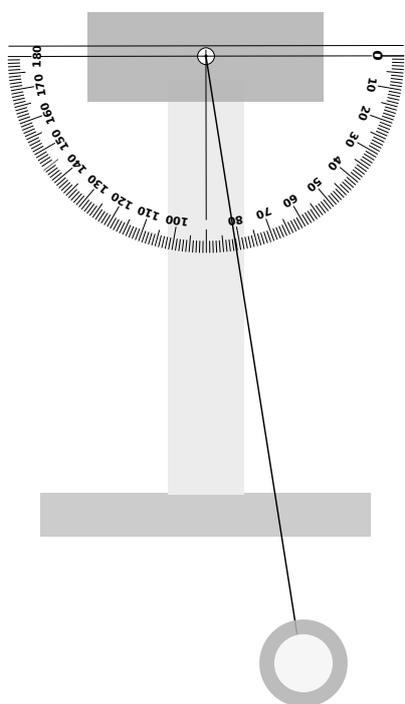


Inicialmente fixe o transferidor no pino de metal da haste de plástico e, após encaixar a haste na base de plástico, use as etiquetas adesivas para fixar a base na mesa. Amarre uma extremidade do fio à arruela e a outra extremidade ao pino da haste, conforme figura acima. Garanta que o comprimento do 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 a fita métrica fornecida meça e anote o comprimento do fio, do pino de fixação na base até o 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 do 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 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

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

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

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

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.