

# OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2023

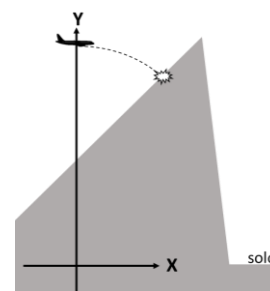
2ª FASE – NÍVEL A (alunos(as) do 9º ano – Ensino Fundamental)



## LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Ela contém cinco questões teóricas e um procedimento experimental com quatro questões.
- 02) Além deste caderno com as questões, você deve receber um Caderno de Resoluções. 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 e trinta minutos**, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o aluno permanecer na sala por no **mínimo noventa (90) minutos**.

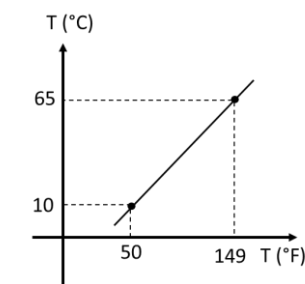
01. Um avião em voo estava com problemas e iria colidir com uma montanha. Quando chegou próximo a essa montanha, o piloto liberou uma carga pesada. Com menos peso, o avião conseguiu ganhar altitude. Ao ser abandonada, a carga descreveu uma trajetória curva (linha tracejada representada na figura) até colidir com a montanha. Usando o plano cartesiano da figura, as coordenadas  $X$  e  $Y$  de cada ponto dessa trajetória se relacionam conforme a equação  $Y = 400 - 0,01X^2$ . A lateral da montanha que foi atingida pela carga era retilínea. Usando o mesmo plano cartesiano, as coordenadas  $X$  e  $Y$  de cada ponto que pertence a essa lateral da montanha se relacionam conforme a equação  $Y = 200 + X$ . Essas equações são válidas com  $X$  e  $Y$  medidos em metros. Com base nas informações e nas suas habilidades matemáticas, responda as perguntas abaixo.



- Quais as coordenadas  $X$  e  $Y$  do local da montanha onde a carga caiu?
- Se o avião não conseguisse se livrar da carga, ele manteria a altura que tinha ao se livrar da carga e colidiria com o pico da montanha. Quais as coordenadas  $X$  e  $Y$  do local que o avião atingiria nessa situação?

02. Um termômetro digital infravermelho é um leitor de **frequência** da radiação térmica (radiação infravermelha) emitida pelo corpo para o qual a pessoa está mirando esse termômetro. Todo corpo emite radiação térmica com várias frequências e esse tipo de termômetro identifica aquela frequência associada à maior quantidade de energia térmica. Quanto maior a temperatura do corpo, maior será essa frequência. Se a temperatura  $T$  estiver na escala *kelvin* e essa frequência  $f$  estiver em *terahertz*, THz, a relação entre essas grandezas é  $T \cong 9,6 f$  (Lei de Wien).

Sabendo que o zero absoluto corresponde à  $-273\text{ }^\circ\text{C}$  e que a gráfico abaixo representa a relação entre as escalas termométricas Celsius e Fahrenheit,



use as informações do texto

- Os termômetros digitais infravermelhos vendidos em farmácias dos Estados Unidos mostram, em seu visor, a temperatura na escala Fahrenheit. Digamos que um estadunidense usou um termômetro desse tipo para avaliar o estado de saúde de sua filha e verificou que no visor indicava 80,6. Qual a frequência, em *terahertz*, que esse equipamento leu?
- Você já se perguntou como é possível medir a temperatura do Sol estando tão distante? Usa-se um termômetro digital infravermelho capaz de fazer a leitura de radiações térmicas com frequências elevadas. Se mirássemos um equipamento em direção ao Sol, ele indicaria 600 THz de frequência. Baseado nessa leitura e na lei de Wien, qual a temperatura do Sol, em Celsius?

03. A figura 1 representa uma pessoa tentando andar com o pé enterrado na neve e outra pessoa usando um equipamento chamado raquete de neve que evita isso. Para saber se uma pessoa vai afundar o pé na neve, ou não, é preciso determinar a **pressão** que o peso da pessoa exerce na superfície de neve que suporta esse peso.



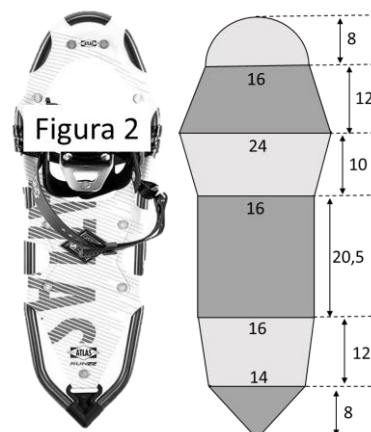
Sabe-se que:

- A pressão é a razão entre o peso do corpo e a área de contato com a neve, ou seja:

$$\text{pressão} = \frac{\text{peso do corpo}}{\text{área de contato}}$$

- O peso é a força que a gravidade terrestre produz nas pessoas, portanto a unidade de peso é o newton (N). Entretanto, o peso e a massa se relacionam: cada 1 kg pesa 10 N.
- Com base na definição de pressão, podemos concluir que a unidade da pressão é a razão  $\text{N/m}^2$ . Essa razão chama-se **pascal**, cujo símbolo é **Pa**.
- Um corpo afunda na neve fofa se a pressão derivada do seu peso ultrapassar o valor de 20.000 Pa, conforme verificação experimental.
- Quanto menor a área da superfície de contato com a neve, maior será a pressão e mais chance a pessoa terá de afundar o pé na neve.

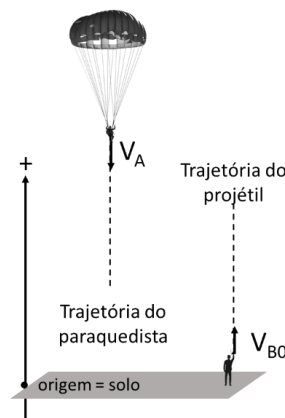
A figura 2, ao lado, representa uma raquete de neve e uma figura geométrica que possui a mesma área desse utensílio. Os valores apresentados são comprimentos horizontais e verticais expressos em centímetros.



Considerando  $\pi$  igual a 3 e a densidade do ferro igual a  $8.000 \text{ kg/m}^3$ , utilize as informações apresentadas e seus conhecimentos matemáticos para responder as perguntas abaixo.

- Uma pessoa de 99 kg afundaria na neve fofa ao andar com essa raquete de neve apresentada na figura 2?
- Qual o valor da aresta máxima que um cubo de ferro precisaria ter para não afundar na neve fofa, se esse for colocado sobre a neve com uma das faces voltada para baixo?

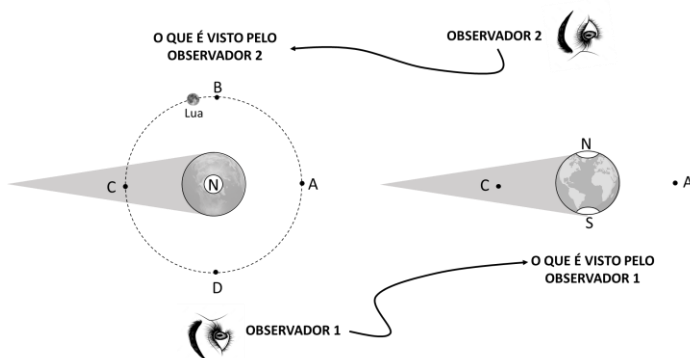
**04.** Um paraquedista, após saltar de um helicóptero e abrir seu paraquedas, entrou em movimento vertical e uniforme com velocidade  $V_A$  ( $|V_A| = 10 \text{ m/s}$ ). Quando um cronômetro foi acionado, em  $t = 0 \text{ s}$ , o paraquedista estava a 80 m do solo e um projétil foi disparado do solo para cima com velocidade  $V_{B0} = 40 \text{ m/s}$ , conforme figura. Esse projétil possui uma aerodinâmica tão eficiente que o ar não interferiu significativamente no seu movimento. Devido à gravidade, o projétil adquiriu uma aceleração para baixo cujo módulo é  $|a_B| = 10 \text{ m/s}^2$ . Para localizar verticalmente esses móveis, adotou-se o solo como origem e o sentido positivo para cima. Sabendo-se que grandezas que apontam no sentido oposto ao positivo devem assumir valores negativos nas equações de cinemática, responda as questões abaixo.



- Monte as equações de espaço (altura) em função do tempo do paraquedista e do projétil e use-as para determinar os instantes indicados pelo cronômetro que esses móveis terão a mesma altura.
- Identifique os nomes e os sentidos das forças que agem nos dois móveis e determine para onde aponta a força resultante, justificando sua resposta.

**05.** O sistema Terra-Lua possui algumas características marcantes: a Terra sofre rotação e translação, em relação ao Sol; a Lua sofre rotação e translação, em relação à Terra; o eixo de rotação da Terra é inclinado de  $24^\circ$  em relação ao seu plano de translação; o plano de translação da Lua em relação à Terra é inclinado de  $6^\circ$  em relação ao da Terra em relação ao Sol. Essas características, isoladamente ou em conjunto, são responsáveis pelos seguintes fenômenos: [1] O ano possui 4 estações; [2] ocorrem 1, 2 ou 3 eclipses (solares ou lunares) a cada 173 dias; [3] fases lunares com ciclo de aproximadamente um mês; [4] uma parte da Lua nunca pode ser vista da Terra (face oculta); [5] ciclo de dia e noite de 24 h. Vamos imaginar uma situação fictícia que diferencia da real apenas nas seguintes características: planos de translação da Terra em relação ao Sol e da Lua em relação à Terra coincidissem e o eixo de rotação da Terra é perpendicular ao seu plano de translação em relação ao Sol, conforme a figura abaixo. Nessa imagem, a linha tracejada representa a trajetória da Lua em relação à Terra, com a Lua seguindo a sentido A, B, C e D. Vemos também a sombra da Terra e os Polos Norte (N) e Sul (S) da Terra. Considerando as características desse sistema fictício Terra-Lua-Sol, responda as perguntas abaixo.

- Comparando o sistema fictício ao real, identifique se existiu ou não, mudanças nos cinco fenômenos apresentados, quais foram as mudanças e qual das duas características alteradas seria responsável pelas mudanças?
- Digamos que, além das características citadas, a Terra e a Lua não sofressem rotação. Quais as mudanças que a ausência de cada rotação produzirá nos cinco fenômenos apresentados?



# OBFEP2023 - Prova Experimental Nível A

## Dinamômetro: determinação da constante elástica da mola e seu uso como balança

### Kit Experimental

Na caixa indicada como “Kit Experimental” encontra-se:

- uma base de plástico
- uma haste de ferro com suporte para a fixação da mola
- uma régua de 20 cm
- uma caixinha com cinco chapas quadradas pequenas de 3,5 g, duas chapas quadradas grandes de massas desconhecidas e uma mola de comprimento  $L_0$ , em repouso, e um clipe modificado.

A haste de ferro é encaixada na base e assim temos um Dinamômetro.

### Dinamômetro

O dinamômetro é um dispositivo comumente usado como balança, pois com ele pode-se medir a grandeza de uma força mecânica.

Esse kit é um dinamômetro simples e foi feito especialmente para servir como balança. Possui uma mola que se estica proporcionalmente à força peso agindo sobre ela. Para cada quantidade de massa colocada a mola se alonga por uma quantidade específica; sabendo a diferença entre o alongamento inicial (sem peso) e o final (com o peso) podemos determinar a massa do objeto pendurado. Cada tipo de mola tem uma constante que lhe é inerente, a *constante de elasticidade*.

A relação entre a força ( $F$ ) agindo na mola e seu alongamento  $x$  é mediada por essa constante sendo descrita matematicamente pela Lei de Hooke:  $F = kx$  (em módulo).

### O Experimento

Em primeiro lugar temos que calibrar nossa balança, ou seja, descobrir o quanto a mola se alonga para determinadas massas. Usando chapas quadradas cuja massa é conhecida e medindo o alongamento que causam, vamos aplicar uma regra matemática para determinar o *valor médio* da constante  $k$ .

Sabendo o valor dessa constante podemos determinar a massa de objetos desconhecidos apenas pelo alongamento que esse objeto causa quando pendurado na mola. Para isso usaremos outra relação matemática.

Por fim, introduziremos conceitos de *incerteza experimental*; nas respostas desta parte é mais importante apresentar um raciocínio coerente do que uma resposta numérica exata.

## Procedimento experimental

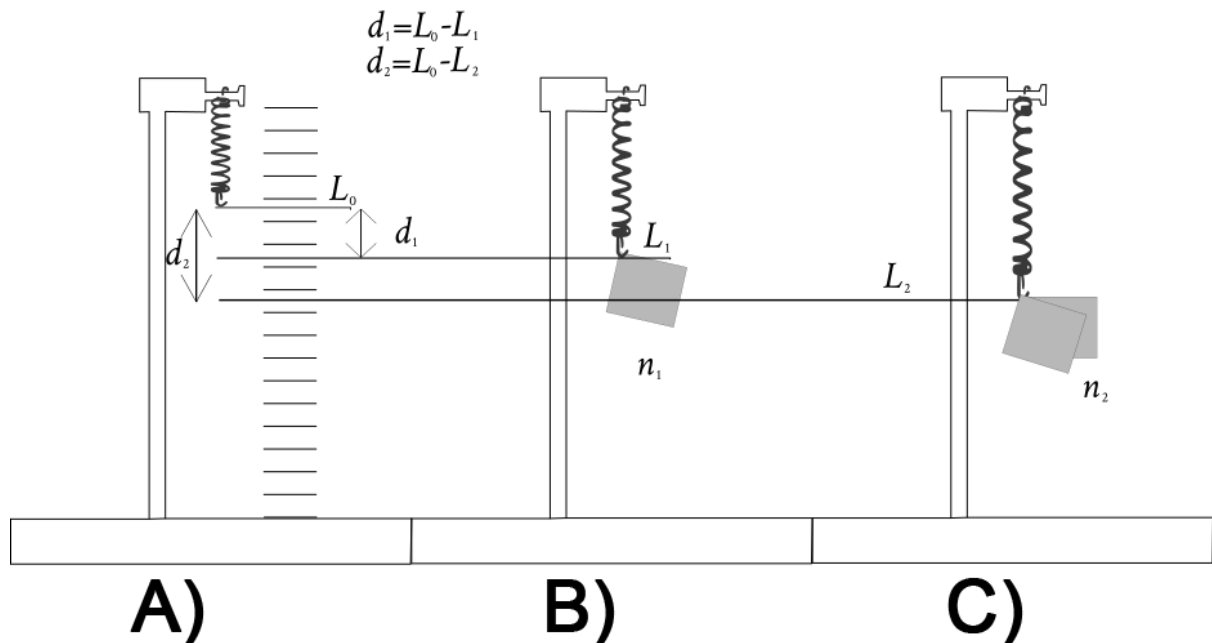


Figura 1

Procedimento inicial para montar o dinamômetro:

- A haste de ferro é encaixada no centro da base de plástico;
- Uma extremidade da mola é fixada ao parafuso do suporte e na outra deve-se fixar o clipe de papel.

Assim temos um Dinamômetro.

### Parte 1 – Medições Experimentais

**Considere que a mola tem massa nula.**

**Atenção:** os índices  $n$  abaixo das letras indicam que existem  $n$  valores para tais letras. Para a parte 1, usando as chapas quadradas menores,  $n$  vai de 1 a 5; para a parte 3,  $n$  vai de 1 a 2. Então existem 5 valores  $d_n$  e 2 valores de  $D_n$ .  $L_0$  é sempre o mesmo

Primeiro deixe a régua paralela à haste e meça a altura de  $L_0$ , partindo da base de plástico até a parte **inferior** do clipe de papel (conforme  $L_0$  da Figura 1A); depois, pendure uma das chapas quadradas menores e meça novamente a altura da extremidade inferior do clipe ( $L_1$  da Figura 1B); adicione mais uma chapa à mola e meça a altura do clipe da mesma forma ( $n = 2$  e  $L_2$  da Figura 1C). As medidas seguintes ( $n = 3, n = 4$  e  $n = 5$ ) serão feitas adicionando mais uma chapa quadrada menor, e anotando a posição final do clipe de papel até que todas as 5 chapas menores estiverem penduradas.

## Lei de Hooke Simplificada

Até a parte 2 deste experimento vamos considerar a seguinte reformulação da Lei de Hooke para nossas aplicações:

$$nm_0 = Kd \quad \text{Equação (1)}$$

- $n$  é o número de chapas quadradas menores penduradas;
- $d$  é o alongamento da mola (o quanto esticou) (em  $cm$ );
- $K$  é a constante de elasticidade simplificada (em  $g/cm$ )<sup>1</sup>;
- $m_0$  é a massa de cada uma das chapas quadradas menores,  $m_0 = 3,5 g$ .

(Dica:  $\frac{1}{m_0} \approx 0,3 g^{-1}$ ).

**Questão 1)** Reproduza a Tabela 1 ao lado, na página 4 do Caderno de Resoluções e depois complete-a com o que é pedido nos itens abaixo:

- a) a posição inicial  $L_0$  da mola.
- b) os valores da posição do fim da mola  $L_1, L_2, L_3, L_4$  e  $L_5$ .
- c) calcule e anote o alongamento  $d_n = L_0 - L_n$  para cada  $n$ .
- d) calcule e anote a média aritmética  $\underline{d}$  dos valores de  $d_n$ .

**(Importante:** meça os valores do alongamento para **todas** as chapas, conforme o procedimento aqui apresentado. Durante a correção é possível perceber se as medições são genuínas ou se são valores "inventados"; então, qualquer tentativa de manipulação dos dados experimentais resultará na anulação da questão.

$L_0$ (cm)			
	$n$	$L_i$ (cm)	$d_i$ (cm)
Medida 1	1		
Medida 2	2		
Medida 3	3		
Medida 4	4		
Medida 5	5		
	$\underline{n}$		$\underline{d}$ (cm)
Média	3		

Tabela 1

## Parte 2 – Calibragem do dinamômetro

Agora, vamos usar a média dos deslocamentos  $d$  e do número de quadrados  $n$  para encontrar o valor de  $K$ . Partindo da Lei de Hooke reformulada (simplificada), temos que:

$$K = \frac{nm_0}{\underline{d}} \quad \text{Equação (2)}$$

**Questão 2)** Com a Equação (2) e os valores de  $\underline{d}$  e  $\underline{n}$  da Tabela 1, calcule o valor de  $K$  e anote-o na página 4 do Caderno de Resoluções.

## Parte 3 – Aplicação

Como já determinamos o valor de  $K$ , agora é hora de determinar a massa  $M_i$  de cada uma das chapas quadradas maiores. Temos:

$$M_i = KD_i \quad \text{Equação (3)}$$

- $K$  é a constante de elasticidade que foi determinada na **Questão 2**).
- $D_i$  é o alongamento (em  $cm$ ) da mola, quando uma das chapas maiores é pendurada.
- $M_i$  é a massa esperada (em  $g$ ). da chapa quadrada maior pendurada.

<sup>1</sup> Note que, numericamente, com as unidades especificadas para  $m_0$  e  $d$ , simplificando,  $K=100k$

**Questão 3)** Reproduza a Tabela 2 na página 4 do Caderno de Resoluções, e depois complete-a com o que é pedido a seguir:

a) Meça e anote o valor  $D_1$  (de uma chapa) e depois o valor  $D_2$  (da outra).

b) Calcule e anote os valores de  $M_1$  e  $M_2$ , use  $D_1$ ,  $D_2$  e  $K$  na Equação (3).

$L_1(cm)$	$D_1(cm)$	$M_1(g)$
$L_2(cm)$	$D_2(cm)$	$M_2(g)$

Tabela 2

## Parte 4 – Incertezas

Todo valor físico obtido experimentalmente possui uma incerteza associada, ou seja, o valor medido ou esperado (caso de produção industrial de ferramentas, por exemplo) pode não ser exatamente o valor verdadeiro. A *incerteza* mensura o valor máximo para esse desvio. Então, podemos afirmar que o valor verdadeiro de uma grandeza física está **contido** num intervalo centrado num *valor mais provável* (por exemplo, um valor médio ( $A$ )) e de meia largura igual ao valor da incerteza  $s_A$ . O *valor nominal*  $a$  é representado da seguinte forma:

$$a = A \pm s_A$$

em que  $A$ , por exemplo, é o valor médio, e  $s_A$  é a sua incerteza associada.

Objetos produzidos pela indústria também têm valor nominal. Considere a produção de uma esfera de chumbo a partir de um molde preenchido pelo metal derretido, sua *massa nominal* (*valor nominal* da massa), pode ser dada por:

$$M_{esfera} = 10,0 \pm 0,2 \text{ kg} \quad \text{Exemplo (1)}$$

Isso significa que o valor esperado é de 10 kg, mas tolera-se um desvio de 0,2 kg para mais ou para menos ( $\pm$  representa isso), ou seja, o valor verdadeiro da  $m_{esfera}$  pode variar de 9,8 kg até 10,2 kg. Dessa forma, uma esfera de massa verdadeira 9,9 kg está **compatível** com o *valor nominal da massa*  $M_{esfera}$ .

**Questão 4)** Considere agora o processo produtivo de três molas supostamente de mesmo tamanho, mas quando mensurado o comprimento em repouso ( $L_0$ ) de cada uma delas foi: 10mm, 10,5mm e 10,75 mm.

Escreva o *valor nominal*  $a$  do comprimento da mola, ou seja, determine um valor médio ( $A$ ) e uma incerteza ( $s_A$ ).

**Explique seu raciocínio para chegar na resposta.**