



Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas 2025



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

MINISTÉRIO DA
CIÉNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Realização

Apoio

2^a FASE – NÍVEL B (estudantes das 1^a e 2^a séries – Ensino Médio)

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

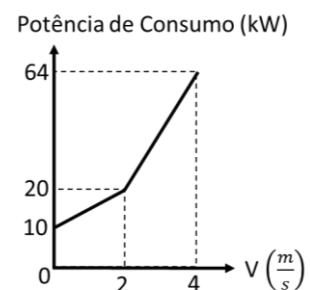
- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a estudantes das 1^a e 2^a séries do Ensino Médio. Ela contém uma **Parte Teórica** com **oito questões**, e uma **Parte Experimental** com **seis questões**.
- 02) Estudantes da 1^a série devem escolher no máximo **5 questões teóricas**. Estudantes da 2^a série também fazem **5 questões teóricas**, excetuando as indicadas como **somente para estudantes da 1^a série**. As **Partes Experimentais das 1^a e 2^a séries são iguais**.
- 03) 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 de iniciar a prova.
- 04) A duração desta prova é de **quatro horas e trinta minutos**, com uma extensão de **até trinta (30) minutos**, devendo o(a) estudante permanecer na sala por, no **mínimo, noventa (90) minutos**.

01. (somente para estudantes da 1^a série) O gelo no planeta pode ser dividido em dois grupos: o que se encontra sobre o solo e o que se encontra boiando nos oceanos. A segunda porção é insignificante em relação à primeira, sendo formada pelo congelamento da água dos oceanos e pelos icebergs — blocos de gelo que se desprenderam das calotas terrestres. Estima-se que atualmente existem 27×10^{15} toneladas de gelo sobre o solo e sua densidade média é 0,9 tonelada/m³. Os oceanos ocupam 360 milhões de quilômetros quadrados — cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra — e suas águas têm densidade média de 1,027 tonelada/m³. A água resultante do degelo possui densidade de 1,00 tonelada/m³, mas, ao se misturar aos oceanos, adquire a mesma densidade da água oceânica, absorvendo sal sem causar aumento significativo do seu volume. Com base nos valores apresentados, responda às perguntas abaixo.

- a) Se todo o gelo sobre o solo derretesse e fosse incorporado aos oceanos, qual seria a elevação do nível dos oceanos, em metros? Para esse cálculo, desconsidere o aumento da área ocupada pelos oceanos em decorrência da elevação do nível da água.
- b) Se a porção de gelo que se encontra sobre o solo estivesse na forma de icebergs, qual seria o aumento do nível dos oceanos se esse gelo derretesse?

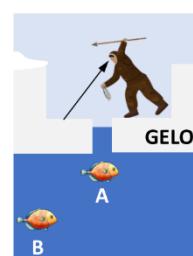
02. (somente para estudantes da 1^a série) Povoados de baixa renda estabelecidos em ilhas próximas geralmente acessam os recursos do litoral por meio de barcos a motor movidos a óleo diesel. Vejamos o caso de um morador do povoado (A), que utiliza seu barco para percorrer os 20 quilômetros até a cidade mais próxima (B), localizada no litoral. O gráfico ao lado relaciona a potência consumida pelo motor com as velocidades que esse barco pode atingir. Considerando que a travessia ocorre em movimento uniforme e que a correnteza é desprezível, responda às perguntas abaixo.

- (a) Sabendo que a combustão de cada litro de diesel libera 40 milhões de joules de energia, quantos litros de diesel seriam consumidos na travessia mais rápida de A até B? (b) Qual é a velocidade do barco que resulta no menor consumo de combustível na travessia de A até B? Justifique sua resposta.



03. (somente para estudantes da 1^a série) Um caçador construiu, no gelo, uma pequena plataforma horizontal. Nessa plataforma, cavou um buraco até a água para caçar peixes que passassem próximo à superfície. Em determinado momento, observou dois peixes: A e B. Do peixe A, a luz chega praticamente na direção vertical. Já do peixe B, a luz que chega aos olhos do caçador forma um ângulo de 60,1° em relação à direção vertical — tudo conforme imagem ao lado. Os índices de refração do gelo e da água salgada são, respectivamente, 1,3 e 4/3. O caçador sabe que está vendo ilusões óticas (imagens dos peixes). Considerando que o índice de refração do ar é igual ao do vácuo, responda:

- a) Qual a verdadeira profundidade do peixe A se, aos olhos do caçador, esse peixe encontra-se a 60 cm de profundidade?
- b) Qual o valor do desvio angular total sofrido pelo raio de luz emitido pelo peixe B até chegar aos olhos do caçador?

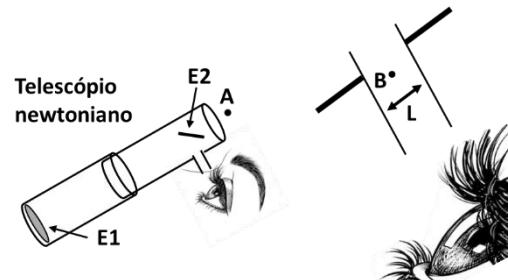


ângulo	seno
40,5°	0,65
41,8°	$0,6 = 2/3$
42,3°	0,67
42,8°	$0,68 = 17/25$
44,4°	0,70
60,1°	$0,86 = 13/15$

04. O oceano é uma imensa fonte de recursos para a humanidade, mas o seu potencial energético é pouco explorado. As energias das ondas (ondomotriz) e das correntes de maré (maremotriz) poderiam mover geradores elétricos. Atualmente, o custo de instalação de usinas marítimas é muito alto, pois sua tecnologia está em fase embrionária. Mesmo assim, o mundo está atento a essas possibilidades, já que se trata de energias limpas e renováveis. No caso do aproveitamento das correntes de maré, a estratégia é usar turbinas submersas semelhantes aos aerogeradores. Para garantir uma correnteza suficiente para girar suas hélices, essas turbinas poderiam ser instaladas nos acessos mais estreitos de grandes baías. Sobre usinas submersas, responda aos itens abaixo.

- a) Liste duas vantagens e duas desvantagens de uma usina maremotriz em comparação com uma usina eólica.
 b) A água que atravessa os 30 m^2 da área varrida pela hélice de uma turbina maremotriz possui velocidade de 4 m/s . A energia maremotriz trazida por essa água corresponde à energia cinética que teria a 6 m/s . Considerando que 80% da energia maremotriz retirada pela hélice é convertida em energia elétrica, determine a potência de produção de energia elétrica dessa turbina, em kW . Dados: densidade da água = 1 tonelada/m^3 .

05. Conhecemos bem a influência de Isaac Newton no campo da Mecânica. Entretanto, suas colaborações na Óptica também são amplas e importantes. Uma dela foi a criação do telescópio refletor. Os telescópios refratores (lunetas) produziam distorções nas imagens, pois usavam apenas lentes. O telescópio de Newton corrigiu esse problema ao substituir lentes por espelhos. Como os objetos observados por meio dos telescópios estão muito distantes – são astros – os raios de luz que deles se originam chegam à superfície da Terra praticamente paralelos entre si. Newton usava um espelho (E1) para coletar a luz oriunda de um astro e direcioná-la para um ponto próximo à sua frente, o ponto A representado na imagem ao lado. Antes que os raios alcancem esse ponto, um espelho plano (E2) desvia a luz na direção do observador. Assim, em vez de se concentrar no ponto A, os raios convergem para o ponto B, onde formam uma imagem. Essa imagem é minúscula, o que dificulta sua observação. Para ampliá-la, uma lente (L) é posicionada entre o ponto B e o observador, formando uma nova imagem que pode ser vista – mas não fotografada. Com base nessa descrição, responda:



- a) Sobre o espelho E1 e seu papel nesse instrumento: (1) ele é côncavo ou convexo; (2) onde fica o ponto A em relação aos pontos principais desse espelho; (3) qual o fenômeno que deixa de ocorrer com a luz branca quando usamos esse espelho no lugar de uma lente. Esse fenômeno é o motivo das distorções nas imagens produzida pelos telescópios refratores.

b) Classifique o objeto e a imagem para a luz que interage com o espelho E2 e para a luz que interage com a lente L. Use os seguintes critérios: real ou virtual para as imagens e para os objetos.

c) Se a distância focal da lente L for 40 cm , calcule a distância entre B e o centro óptico dessa lente para que a ampliação linear transversal produzida por ela seja igual a 10 .

06. Os esquimós vivem em regiões de clima extremamente frio, sobrevivendo essencialmente da pesca e da caça de focas e baleias. São nômades, cooperativos, pacíficos, não possuem classes sociais nem sistema político formal, tampouco uma pátria definida, e seguem leis próprias que favorecem sua sobrevivência. Seu principal meio de transporte é o trenó puxado por cães. Os esquimós são conhecidos por viverem em iglus de gelo, construídos em forma de hemisfério. Na verdade, essas moradias são geralmente usadas durante o inverno e são feitas de neve compacta – um material cerca de 15 vezes mais isolante que o gelo. A construção dos iglus envolve diversas técnicas especiais, transmitidas de geração em geração, permitindo que a temperatura interna possa alcançar 16°C . Além da forte influência externa, a cultura dos esquimós está enfraquecendo devido às mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global. Com base no que foi apresentado, responda ao que está sendo pedido a seguir.

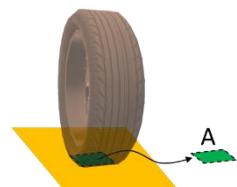
- a) Cite e descreva o fenômeno que está se intensificando e provocando o aquecimento global.
 b) Determine a temperatura que se estabiliza no interior de um iglu de $2,0 \text{ m}$ de raio com paredes e piso de 20 cm de espessura que abriga uma família de esquimós, em um ambiente externo a -24°C . Adote $\pi = 3$ e considere que as pessoas dentro desse iglu liberam, no total, 540 W de calor e que a condutividade térmica da neve compacta é $0,15 \text{ W/(m.K)}$.

07. Uma pessoa queria que um caixote de 48 kg fosse erguido do solo até a altura de $3,2 \text{ m}$, para colocá-lo na carroceria de um caminhão. Para isso, ela prendeu um saco de grãos, localizado na beira de uma plataforma, ao caixote por meio de uma corda que passava por duas roldanas, conforme imagem ao lado. O saco foi lentamente arrastado pela pessoa até perder o contato com a beira da plataforma. A partir desse momento, o saco começa a descer, erguendo simultaneamente o caixote com movimento uniformemente variado, apresentando uma aceleração de $0,4 \text{ m/s}^2$. Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando atritos, bem como as massas das roldanas e da corda, responda às seguintes perguntas abaixo sobre a situação descrita.



- a) Quanto tempo leva para o caixote atingir a altura desejada e qual será sua velocidade nesse instante?
 b) Qual é a massa do saco de grãos?

08. A parte inferior dos pneus acoplados a um carro é suavemente deformada em relação ao formato dos pneus quando estão em pé e livres. Essa deformação existe para aumentar a área de contato (A) entre os pneus e a estrada, a fim de suportar o peso do veículo. A quantidade de ar inserida no pneu é aquela que gera uma pressão adequada para que ele se deforme como planejado, à temperatura ambiente. Por isso, que cada pneu possui uma pressão ideal de uso, que varia conforme modelo de carro, o tipo de pneu e a quantidade de pessoas transportadas. Essa pressão é geralmente medida em PSI.



Um certo carro possui 1120 kg e está ocupado por um motorista de 80 kg e um passageiro de 60 kg . Nessa condição, cada pneu apresenta uma pressão de 30 PSI , possui um volume interno de 16 litros e está a 27°C (ou 300 K). Considerando que o ar nos pneus se comporta como um gás ideal e que o peso do carro é igualmente distribuído pelas quatro rodas, responda às perguntas abaixo sobre a situação descrita.

- a) Quantas gramas de ar foram colocadas em um dos pneus desse carro?
 Adote: constante dos gases ideais = 8 J/mol.K , $1 \text{ PSI} = 7,0 \text{ kPa}$ e massa molecular do ar = 30 g/mol .
 b) Qual a área de contato (A) entre um dos pneus e a estrada? Dê a resposta em cm^2 .

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2025

2^a FASE – PROVA EXPERIMENTAL

NÍVEL B (estudantes das 1^a e 2^a séries - Ensino Médio)



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR:

01 – Esta prova destina-se exclusivamente a estudantes das 1^a e 2^a séries do Ensino Médio

02 – O Caderno de Resoluções possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova. As resoluções devem ser transcritas no local indicado no Caderno de Resoluções. **Respostas fora do local indicado não serão consideradas.**

03 – Leia com atenção todas as questões da prova antes de iniciá-la.

04 – Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas.

PÊNDULO SIMPLES E COLISÃO ELÁSTICA

1. Kit Experimental

O material para realização do experimento encontra-se numa caixa indicada como “Kit Experimental”. Dentro da caixa você irá encontrar:

- uma base de madeira (para ser colocada na posição horizontal);
- uma segunda base de madeira com transferidor impresso (para ser colocada na posição vertical);
- uma régua de papel graduada em mm;
- duas folhas de papel de formato A5;
- uma folha de papel carbono;
- um saquinho plástico contendo:
 - um parafuso com porca borboleta para manter juntos os dois suportes de madeira;
 - um parafuso com porca (para ser fixado na base horizontal);
 - um parafuso com porca (para ser fixado na base vertical, e servir como eixo);
 - duas esferas, sendo uma delas com um tubinho de plástico a ela fixado;
 - uma cesta.

Constam no Anexo informações sobre a montagem e ajuste do kit.



2. Pêndulo simples

Um pêndulo simples (ver **Figura 1**) é constituído de uma haste de massa desprezível, sustentada em uma das extremidades por um eixo de rotação, e na qual é suspenso na outra extremidade um objeto considerado puntiforme com massa (designada por m). O pêndulo, quando é largado fora de sua posição de equilíbrio (vertical), tende a voltar a esta posição devido ao efeito da força gravitacional. Desprezando perdas por atrito, este movimento envolve a transformação de energia potencial para energia cinética e vice-versa durante o movimento oscilatório.

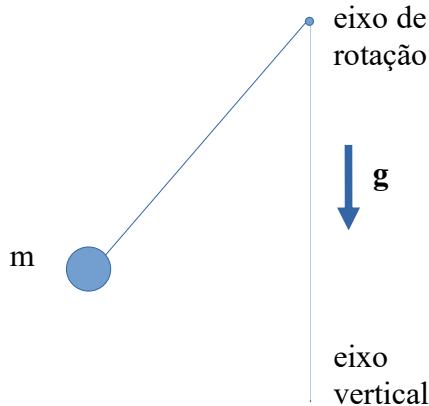


Figura 1: Pêndulo simples

3. Colisão elástica

Consideremos 2 objetos puntiformes A e B. A colisão do objeto A com o objeto B é considerada elástica quando a energia cinética do sistema constituído pelos 2 objetos, antes e depois da colisão, é conservada.

O experimento

A proposta do experimento é utilizar um pêndulo simples para realizar colisões elásticas de duas esferas idênticas, consideradas puntiformes, para formular o modelo do experimento, e implementar um estudo de lançamento em duas dimensões, testando um modelo teórico válido para pequenos ângulos θ (ver sistema ilustrado na **Figura 2**).

Teoria

Consideremos um pêndulo simples de comprimento L e cuja massa (da esfera A) é m . Desprezando perdas de energia por atrito, a aplicação da lei de conservação da energia mecânica do sistema pêndulo/Terra permite igualar a energia cinética adquirida pela esfera, quando o pêndulo se encontra na posição vertical, com o valor absoluto da variação da energia potencial:

$$\frac{1}{2}mV_A^2 = mgL(1 - \cos\theta) \quad (1)$$

onde θ corresponde ao ângulo de largada do pêndulo (ver **Figura 2**).

Quando o pêndulo se encontra na posição vertical, a esfera A choca-se com a esfera B, promovendo uma colisão que consideraremos elástica. Neste caso, aplicando a lei de conservação do momento linear total do sistema esfera A / esfera B, obtemos as duas relações (2a, 2b) a seguir, levando em conta que as duas esferas são idênticas. As relações entre as quantidades de movimento (mV) (Eq. 2a) e as energias cinéticas (K) (Eq. 2b) antes (membros da esquerda), e depois (membros da direita) da colisão são:

$$p_A = p_B \Rightarrow mV_A = mV_B \Rightarrow V_A = V_B \quad (2a)$$

$$K_A = K_B \Rightarrow \frac{1}{2}mV_A^2 = \frac{1}{2}mV_B^2 \quad (2b)$$

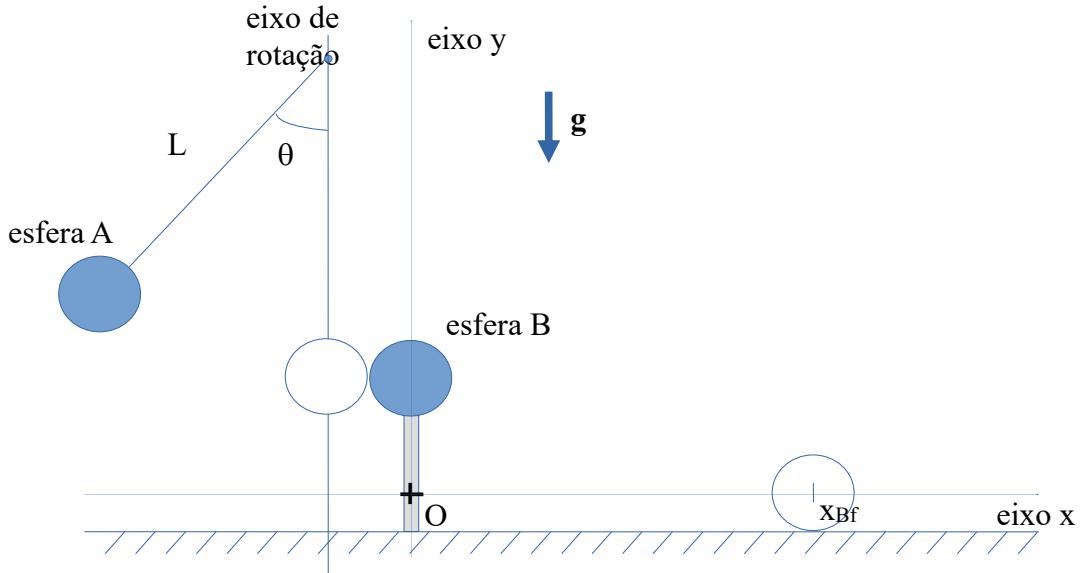


Figura 2: Esquema do sistema experimental (os discos cheios indicam as posições iniciais e os discos vazios as posições finais das esferas A e B)

A esfera B (o seu centro de massa), após a colisão, descreve uma trajetória parabólica dada pelas equações dependentes do tempo 3a e 3b ($t = 0$ corresponde ao instante da colisão):

$$x_B(t) = V_B t, \quad (3a)$$

em que $V_B = \sqrt{2gL(1 - \cos\theta)} = 2\sqrt{gL} \sin \frac{\theta}{2}$,

$$\text{e} \quad y_B(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \quad (3b)$$

onde h é a elevação da parte inferior da esfera B antes da colisão, em relação ao plano (de impacto) que contém a folha de papel. Obtendo o tempo t da Eq. 3a e substituindo-o na Eq. 3b, tem-se a equação da trajetória do centro de massa da esfera B, ou seja:

$$y_B = h - \frac{g}{2V_B^2} x_B^2. \quad (4)$$

Obtém-se, então, a expressão da posição x_{Bf} da esfera B quando ela atinge a folha de papel carbono, que corresponde à coordenada vertical $y = 0$:

$$x_{Bf} = V_B \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (5)$$

Combinando as expressões (1), (2) e (5), obtém-se a expressão do alcance em função do ângulo de largada (θ):

$$x_{Bf} = 2\sqrt{2hL} \sin(\theta/2). \quad (6)$$

Para ângulos pequenos expressos em radianos ($\theta/2 \ll 1$, ou seja, $\theta/2 \ll 57,3^\circ$), obtém-se uma expressão simplificada do alcance (que passaremos a denominar x_{Bf}^{cal}), que utilizaremos no experimento:

$$x_{Bf}^{cal} = \sqrt{2hL}\theta = k\theta \quad (7)$$

Procedimento experimental

Objetivo: Verificar a validade da relação (7), que fornece o alcance da esfera B em função do ângulo de largada da esfera A.

ATENÇÃO: Todas as respostas às Questões de 1 a 6 devem estar na página prevista (página 4) do Caderno de Resoluções.

Questão 1

1.1) Com o material do kit experimental, siga as instruções de montagem que constam no ANEXO A.

1.2) Realização de medidas preliminares e preenchimento da **Tabela 1**:

- i) Faça, no Caderno de Resoluções, a **Tabela 1**;
- ii) Meça a distância (chamada Δx) entre a haste, suporte da esfera B, que está na vertical da origem das coordenadas e a borda do suporte de madeira (ver **Figura A1** do anexo A);
- iii) Meça a altura h , elevação da parte inferior da esfera B, em relação ao plano da folha de papel;
- iv) Meça o comprimento L do pêndulo, distância entre o eixo de rotação e o centro da esfera A;
- v) Calcule o valor da constante k da equação (7), expressando-o em *mm*. Para este cálculo, utilize a aproximação seguinte (onde h e L são expressos em *mm*):

$$k \approx 100 \left(1 - \frac{5000 - hL}{10000}\right) \quad (8)$$

vi) Trace, na folha A5 (ver **Figura A1**), o eixo Ox passando pela origem das coordenadas que se encontra na vertical do suporte da esfera B.

vii) Passe os dados obtidos nas medidas para a **Tabela 1** do Caderno de Resoluções.

OBS: A cestinha do kit deve ser usada para recolher a bolinha após o 1º contato com a mesa.

Tabela 1: Valores numéricos ⁽¹⁾ de parâmetros do modelo do experimento

Δx (mm)	h (mm)	L (mm)	k (mm)

⁽¹⁾ arredondar os valores encontrados para valores inteiros em *mm*

Questão 2

2.1) Faça a **Tabela 2** no Caderno de Resoluções.

2.2) Para cada um dos 3 ângulos de largada, repita os procedimentos seguintes, iniciando o experimento com o ângulo maior (ver **Tabela 2**):

- i) Ajuste o pêndulo para que a colisão seja frontal e a trajetória da esfera B seja paralela ao eixo Ox ;
- ii) Afaste o pêndulo da posição de equilíbrio, de um ângulo θ tabelado (**Tabela 2**), e solte o pêndulo;
- iii) Realize **cinco vezes** o procedimento (ii);
- iv) Após realizar os cinco lançamentos do item (iii), retire a folha de papel carbono e delimite, com uma caneta, cada impacto (desenhar um círculo) assim como a região onde se encontram estes impactos, e escreva o valor do ângulo de lançamento ao lado deste conjunto;
- v) Determine o valor médio de $x(\theta)$ na direção Ox (afastamento médio estimado em relação à linha reta), marcando o limite da caixa de madeira (ver **Figura A1** do Anexo A), e escreva na **Tabela 2** o valor de $x_{Bf}^{\text{exp}}(\theta) = x(\theta) + \Delta x$;

vi) Calcule k , com a expressão (7), e escreva em mm na **Tabela 2**

vii) Calcule, e escreva na **Tabela 2**, a discrepância relativa (em %) entre valores calculados e valores experimentais (escrever os resultados sem casa decimal), usando:

$$\Delta(\%) = 100 \left| \frac{x_{Bf}^{cal} - x_{Bf}^{exp}}{x_{Bf}^{exp}} \right|$$

Tabela 2: Valores experimentais e calculados

Grandezas medidas e calculadas	ângulo θ_1 20 (graus)	ângulo θ_2 40 (graus)	ângulo θ_3 60 (graus)
ângulo θ_j (rad)	0,35	0,70	1,05
x_{Bf}^{exp} (em mm)			
x_{Bf}^{cal} (em mm) ⁽¹⁾			
Discrepância relativa (%)			

⁽¹⁾ arredondar os valores encontrados, expressados em mm, para valores inteiros

Questão 3

Explique porque há uma dispersão dos cinco (5) impactos marcados na folha para um dado ângulo de largada;

Questão 4

i) Passe para o Caderno de Resoluções a **Figura 3**, defina as escalas dos eixos x e y - colocando no eixo horizontal (θ) as graduações da escala (em radianos) até o valor de 1,6 - e marque os 3 pontos experimentais $x_{Bf}^{exp}(\theta_i)$ com o símbolo “+”;

ii) Trace uma linha reta, passando pela origem das coordenadas, que melhor se ajuste aos pontos experimentais (dica: utilizar a caixa de madeira como régua para traçar esta reta).

Questão 5

Determine o valor do coeficiente angular (c) da linha reta de equação $x_{Bf} = c\theta$ obtida no **item ii** da Questão 4 e compare-o com o valor de k encontrado anteriormente. Comente o resultado explicitando razões que podem explicar uma eventual diferença;

Questão 6

Para fins de registro na prova utilize, no Caderno de Resoluções, o papel carbono para transferir os pontos experimentais (marcados com uma cruz) e a linha tangente à caixa de madeira assim como o eixo $0x$:

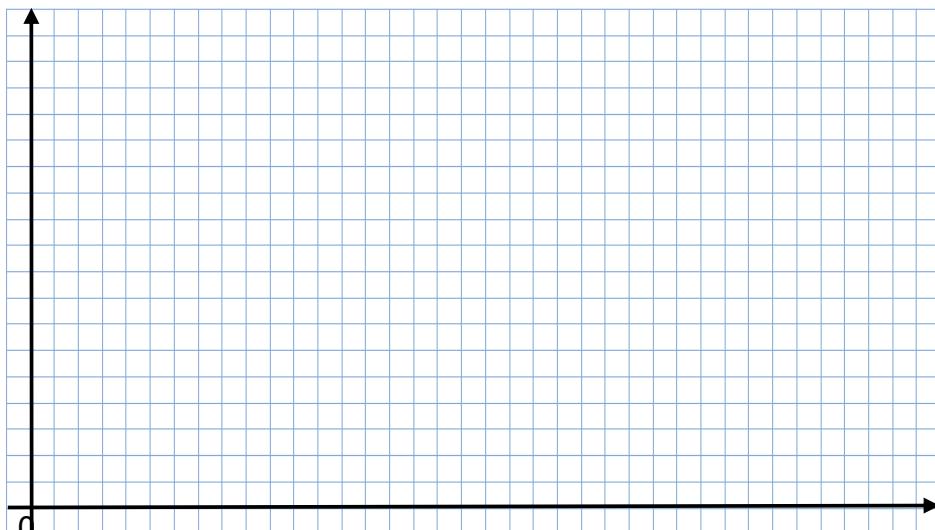


Figura 3: Gráfico x_{Bf} (em mm) versus θ (em radianos)

ANEXO A

- A1)** Monte, com os elementos do kit, o aparato experimental de acordo com a **Figura A1**. As duas peças de madeira são interligadas com um parafuso e uma porca borboleta. A posição relativa das duas peças deve ser ajustada para que as esferas A e B estejam na mesma altura, conforme ilustrado abaixo;
- A2)** Posicione a folha de papel A5 com o kit apoiado, conforme a **Figura A1**, para segurá-la;
- A3)** Marque a linha delimitando a borda do suporte (indicada pela ponta do lápis da foto);
- A4)** Posicione a folha de papel carbono por cima da folha A5 (a folha do kit é maior que aquela da foto).

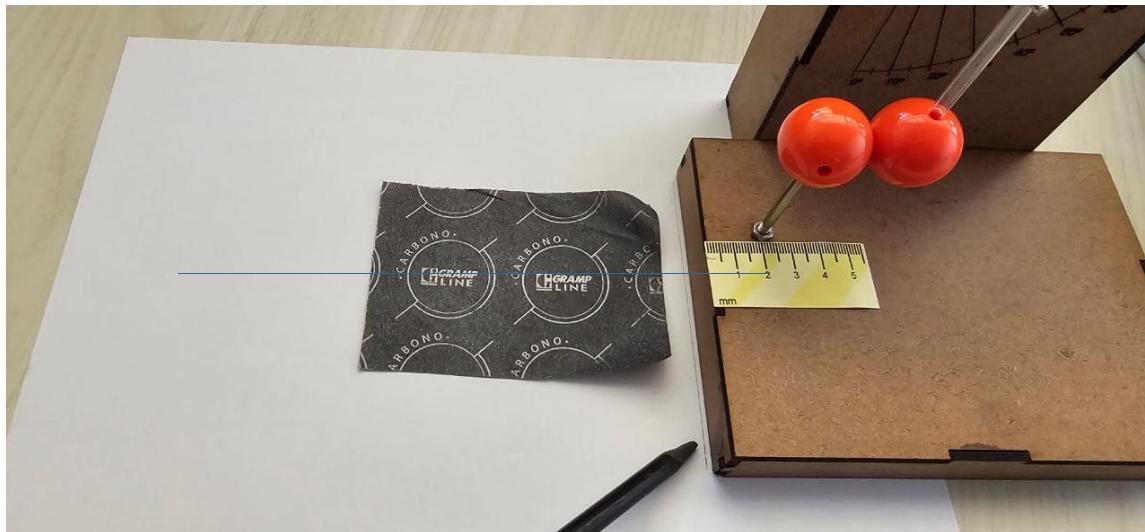


Figura A1: Visualização do aparato montado

Siga a OBFEP no Instagram: [@obfep](https://www.instagram.com/@obfep)
