

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2023

2ª FASE – NÍVEL B (alunos(as) da 1ª e 2ª séries – Ensino Médio)



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela compreende oito **questões teóricas e um procedimento experimental com seis 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 **somente para alunos(as) da 1ª série**. **As Provas Experimentais da 1ª e 2ª 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 do início da prova.
- 04) 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. (somente para alunos(as) da 1ª série) Um paraquedista pulou de um helicóptero e abriu seu paraquedas. Quando ele estava a 200 m do solo, ele passou a descer verticalmente mantendo a velocidade de 5 m/s. Nesse mesmo momento, um cronômetro foi acionado ($t = 0$ s) e um projétil foi disparado do solo para cima com a velocidade de 60 m/s, movimentando-se paralelamente ao paraquedista. Esse projétil possui uma aerodinâmica tão eficiente que o ar não interferiu significativamente no seu movimento.

Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , responda as perguntas abaixo.

- Qual a altura do paraquedas quando o projétil retornou ao solo?
- Qual(is) a(a) altura(s) que esses móveis ficaram lado a lado?

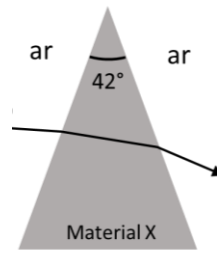
02. (somente para alunos(as) da 1ª série) Carlos mora em uma casa, que possui 4 cômodos com uma lâmpada em cada, onde ele trabalha, por meio do computador. Ele passou o mês de abril em casa, dormindo 8 horas por dia. Ao dormir, ligava o condicionador de ar e enrolava-se totalmente com um cobertor grosso de lã. Sua geladeira possui 10 anos de uso e nunca sofreu uma manutenção. Deixava a porta da geladeira aberta enquanto preparava suas refeições com alimentos contidos nela e, após cozinhar sua comida e retirar o quanto usará, colocava imediatamente o restante na geladeira. A tabela abaixo descreve o consumo da residência de Carlos para o mês de abril de 2023.

Aparelho	Potência	Descrição do uso	consumo (tempo)
chuveiro elétrico	3 kW	Para refrescar, Carlos tomava 4 banhos durante o dia.	20 min por banho
máquina de lavar	1.200 W	Executava um ciclo de lavagem todos os dias.	20 min por ciclo
Ferro Elétrico	1 kW	Carlos não deixava acumular roupas lavadas e secas.	36 min por dia
ar-condicionado	750 W	Carlos deixava o ar-condicionado ligado, enquanto dorme.	8 horas diárias
Computador	300 W	Só o desligava quando estava dormindo.	16 horas por dia
Geladeira	200 W	Ele ouvia o motor da geladeira funcionando o dia todo.	15 h por dia
Lâmpadas	100 W	Carlos gostava que todas ficassem acesas ao anoitecer.	4 h por dia
Ventilador	100 W	Deixava ligado enquanto o computador estivesse ligado.	16 horas por dia

Sabendo que o mês de abril possui 30 dias, responda as perguntas abaixo sobre o consumo de energia elétrica dessa residência.

- Excluindo os impostos e considerando que 1 kWh custa R\$ 0,60, determine o custo do consumo de energia elétrica dessa residência para o mês de abril.
- Apresente mudanças no comportamento de Carlos que economizaria energia elétrica no uso dos cinco tipos de aparelhos que mais consomem energia na residência dele, sem gerar desconforto.

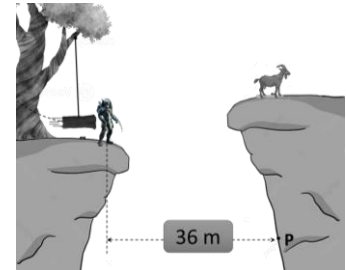
03. (somente para alunos(as) da 1ª série) A figura representa a trajetória de um raio de luz monocromático que atravessa um prisma. Na primeira refração, o ângulo de incidência é 21° e o de refração mede 12° . Considerando que o índice de refração do ar é 1, use a tabela e a lei da refração para responder às perguntas abaixo.



ângulo	seno	ângulo	seno
6°	0,10	30°	0,50
10°	0,18	37°	0,60
12°	0,20	40°	0,64
21°	0,36	46°	0,72
24°	0,40	59°	0,86
29°	0,48	64°	0,90

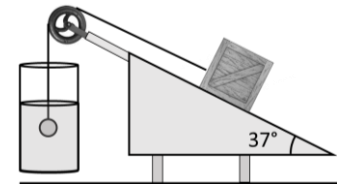
- Qual o valor do índice de refração do material X que constitui o prisma?
- Qual o valor do desvio total sofrido pelo raio de luz apresentado?

04. Na beira de um abismo, um caçador manteve um tronco de 144 kg escondido na copa de uma árvore para atacar um monstro de 180 kg. O caçador liberou o tronco que desceu preso a uma corda, descrevendo uma trajetória curva até colidir com o monstro. Devido ao impacto, o monstro foi lançado horizontalmente em direção ao abismo com velocidade de 20 m/s e, nesse instante, o tronco parou imediatamente. O ponto P da figura é o local onde o monstro atingiu o outro lado do abismo. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e desprezando a resistência do ar, responda:



- Por quantos metros o monstro desceu para atingir o ponto P?
- Qual o valor do coeficiente de restituição da colisão entre o tronco e o monstro?

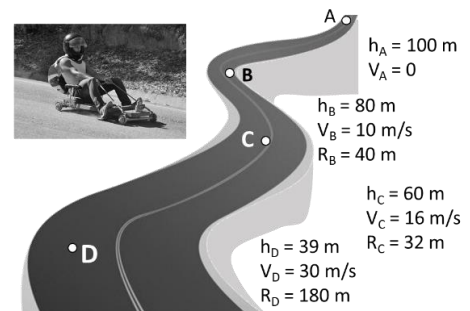
05. Uma caixa de madeira de 10 kg foi colocada em repouso sobre um plano inclinado de madeira. A caixa é ligada a uma esfera oca de 2 L que se encontra imersa em água, conforme a figura. Sabe-se que a força de resistência R que a água produz na esfera obedece à relação $R = 5v^2$, sendo v a velocidade da esfera. Considerando que os coeficientes de atrito para esse par de superfícies de madeira medem 0,2 e 0,4, use seus conhecimentos de Mecânica para responder as perguntas abaixo.



Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; Densidade da água = 1 kg/L

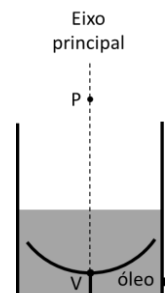
- Quais os valores que a massa da esfera pode assumir para ela ficar em repouso?
- Qual a massa da esfera para que ela mantenha-se subindo com 2 m/s enquanto estiver imersa na água?

06. Um piloto no seu carrinho de rolimã, com massa total de 100 kg, desceu uma ladeira, representada na figura, sem usar seus músculos para se movimentar. Na figura, h é altura, V é a velocidade do móvel e R é o raio da curva que este móvel descreveu. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e sabendo que os rolamentos das rodas não possuem uma boa lubrificação, responda as perguntas abaixo.



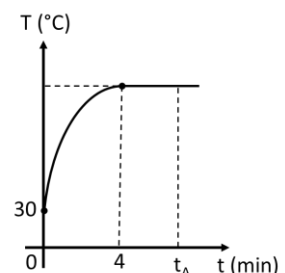
- Qual dos pontos apresentados esse móvel teve mais chance de derrapar? Justifique sua resposta.
- Sendo a capacidade térmica de 1 litro de água igual a $4000 \text{ J/}^\circ\text{C}$, qual seria o aumento de temperatura de 1 litro de água se usássemos o calor gerado do ponto A até o ponto D para isso?

07. Uma fonte de luz pontual P encontra-se a 60 cm de um espelho gaussiano côncavo cuja distância focal mede 40 cm. O espelho encontra-se dentro de um recipiente e imerso em óleo, conforme figura. Os raios de luz oriundos de P refratam na superfície do óleo, refletem no espelho côncavo e retornam sobre si mesmos. Sabendo que os índices de refração do ar e do óleo são, respectivamente, iguais a 1 e 1,5, responda as perguntas abaixo.



- Qual a distância do nível do óleo ao vértice V do espelho?
- Ao esvaziar o recipiente, a luz oriunda de P que reflete no espelho converge para um ponto Q. Qual a distância de Q ao vértice V do espelho?

08. Em $t = 0 \text{ s}$, uma amostra de 600 g de água estava com 30°C de temperatura e recebia calor de uma chama através da base do recipiente cilíndrico que a continha. A face da base que estava em contato com a chama, manteve-se a 210°C e a face da base que estava em contato com a água, compartilhava a mesma temperatura T de toda a amostra da água. Essa temperatura se comportou conforme gráfico ao lado. Em t_A , 10% da amostra original já tinha vaporizado. Considerando que a água só trocou calor via base e que a evaporação foi desprezível, responda as perguntas abaixo.



Dados sobre a água: calor específico = $4 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$ e calor latente de vaporização = 2200 J/g

- Quanto calor a amostra recebeu de 0 s até t_A ?
- Se, em $t = 0 \text{ s}$, o fluxo térmico pela base era de 0,9 kW, qual o valor de t_A ?

OBFEP2023 - Prova Experimental Nível B

Determinação do índice de refração de um bloco transparente

Kit experimental

- Laser
- Transferidor
- Régua
- Bloco transparente (de acrílico)
- Suporte de borracha

Atenção: não mire o laser no rosto de seus colegas; o reflexo da luz do laser também pode causar incômodo à visão dos colegas e até mesmo à sua própria; aconselha-se a ligar o laser apenas quando realizar as medições.

Introdução

Ao se propagar por um meio, a luz (que é uma onda eletromagnética) interage com a matéria e, como consequência, sua velocidade é reduzida. Como não há matéria no vácuo, a velocidade da luz tem seu máximo valor (c), por volta de 300 milhões m/s^1 , mas na água, por exemplo, interage com as moléculas de H_2O e sua velocidade é por volta de 220 milhões m/s .

A luz tem uma velocidade específica em cada material. Como resultado, é possível definir um índice que compara a velocidade da luz no material (v) com a velocidade da luz no vácuo (c): o índice de refração, $n = c/v$. Por exemplo, o índice de refração da água é $n_{\text{água}} = 1,3$; agora, se o meio em questão for o próprio vácuo, como $v = c$, $n_{\text{vácuo}} = 1$. Quando a luz atravessa de um meio para outro, sua direção de propagação sofre um desvio, dependendo do **ângulo de incidência** e do índice de refração do meio *em que ela entra*. Vamos usar esse comportamento para determinar o *índice de refração do bloco transparente* n_{bloco} .

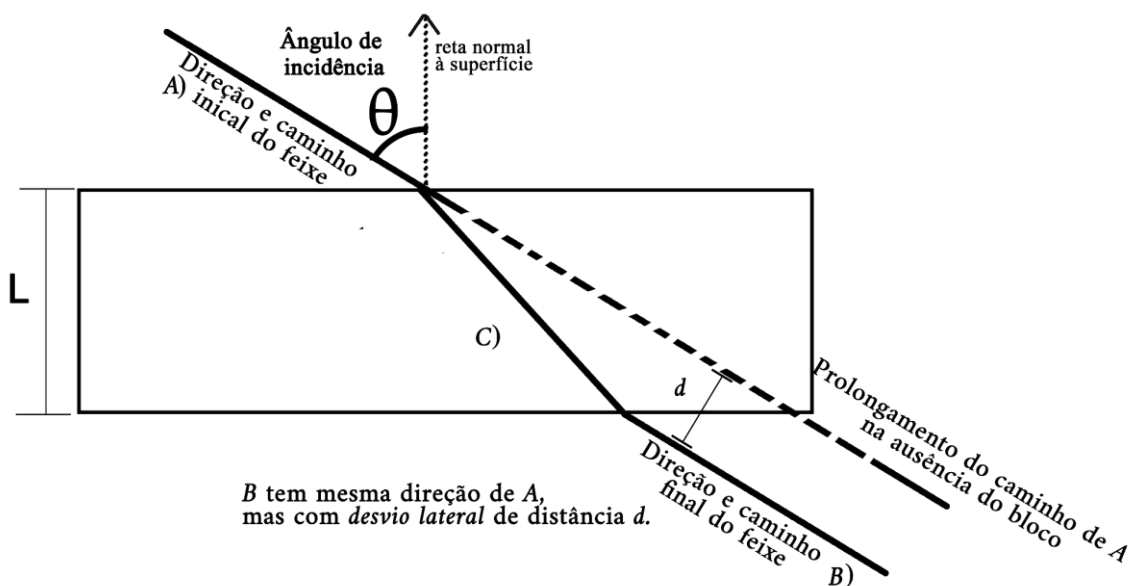


Figura 1: Representação esquemática do fenômeno de desvio lateral, visão de cima.

A Figura 1 é uma representação do experimento. A luz emitida pelo laser mudará de meio **duas vezes**, uma vez ao entrar e outra ao sair do bloco, e isso causa **dois desvios de trajetória**: um de A) para C) e outro de C) para B). Na Figura 1, o **ângulo de incidência** (θ) é medido entre o feixe incidente A) e a reta (pontilhada) normal à superfície.

Tanto em A) quanto em B) a luz tem a mesma direção, pois se propaga no mesmo meio, o ar. Mas, como em C) o meio é diferente a luz muda de direção percorrendo uma distância *adjacente* igual a L , a largura do bloco; por isso o caminho de B) acaba se afastando do *caminho prolongado* de A) (linha tracejada) por uma distância d , o chamado *desvio lateral*.

¹ Mais precisamente, a velocidade da luz no vácuo é 299.792.458 metros por segundo

Se soubermos o **ângulo de incidência**, o *desvio lateral* e a largura L do bloco podemos determinar o índice de refração η_{bloco} por meio de uma relação matemática.

Então, vamos medir o *desvio lateral* para determinados ângulos θ , **em graus**, usando o transferidor. Mas nos cálculos vamos transformar o valor de θ , em *grau*, **para o equivalente em radiano**, ϵ . Dessa forma, poderemos usar uma aproximação muito útil: para pequenos valores, o *seno* de um ângulo (*em radianos*) é, aproximadamente, o próprio ângulo:

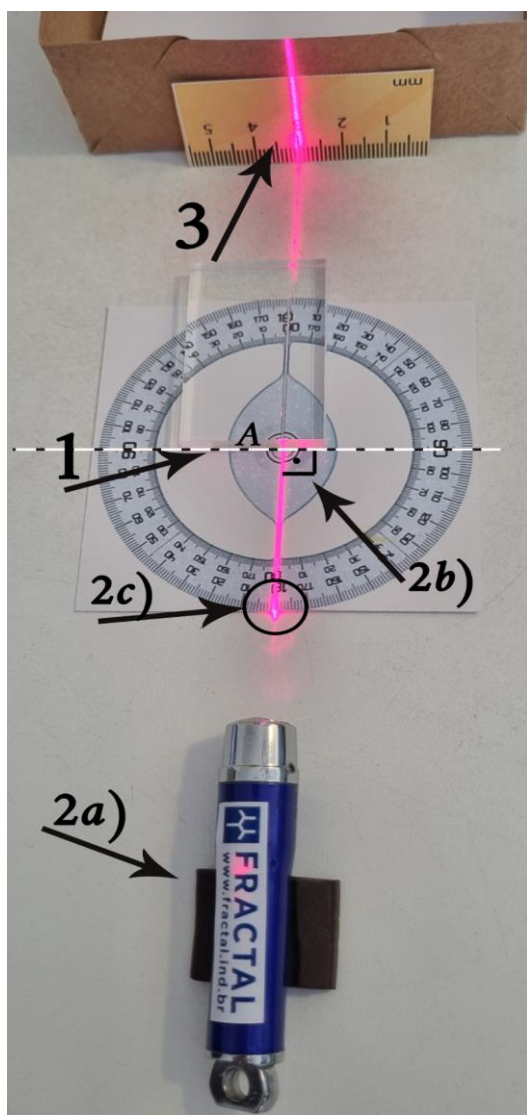
$$\text{sen. } \epsilon \approx \epsilon, \quad (1)$$

e isso só vale quando usamos *radianos*.

Usando esta estratégia, a expressão do *desvio lateral* pode ser escrita, **no presente caso**, como:

$$d = \Delta L \epsilon \quad (2)$$

- d é o *desvio lateral*, a distância em milímetros em que o feixe é deslocado;
- L é a largura do material em milímetros (medido na direção da reta normal);
- ϵ é o **ângulo de incidência** em radianos;
- $\Delta = \frac{1}{\eta_{inicial}} - \frac{1}{\eta_{bloco}}$, o que nos dá uma relação entre η_{bloco} e $\eta_{inicial}$.²



Montagem Experimental

Certifique-se de preparar o laser desrosqueando completamente a tampa traseira, retirando o isolante entre as pilhas e rosqueando-a de volta em seguida.

O laser será ativado ao ser rosqueado, impulsionando as pilhas para dentro, e desligado ao ser desrosqueado parcialmente. Una os dois transferidores, formando um círculo completo. e posicione o bloco transparente sobre eles **conforme é exibido na Figura 2) (ao lado)**:

Seta 1: A face de entrada (A) deve estar alinhada com as marcações de 90° (linha tracejada).

Seta 2: a) coloque o laser sobre o suporte;
b) aponte-o perpendicularmente à face do bloco (o feixe de luz vai estar exatamente na reta normal à face do bloco);
c) o feixe de luz deve estar alinhado ao ângulo 0° do transferidor.

Seta 3: Posicione a régua à frente do bloco, centralizando o feixe em alguma gradação (ex: número 3), esse número será o nosso zero, a origem das medições. Deixe a régua de cabeça para baixo para visualizar a coincidência do feixe desviado de maneira clara com as gradações da régua. Use a caixinha onde estava o kit experimental para apoiar a régua.

Figura 2: Montagem experimental

² Note que o meio inicial aparece porque é nele que a luz entra na **segunda** troca de meio.

Medição

Considere $\eta_{v\u00e1cuo} = \eta_{ar} = 1$.

Neste experimento vamos coletar o valor de d para cada \u00e2ngulo de incid\u00eancia θ indicado na prova. Ent\u00e3o, vamos determinar o valor de Δ e, finalmente, o valor do \u00edndice de refra\u00e7\u00e3o do material que constitui o bloco. Para as medi\u00e7\u00f5es siga o procedimento exemplificado na **Figura 3** (ao lado) e descrito abaixo:

Sempre gire o bloco e o transferidor em torno do centro e no sentido hor\u00e1rio, de modo que:

Seta 1: O feixe do laser incide ao mesmo tempo no bloco e exatamente no centro do transferidor.

Seta 2: O \u00e2ngulo de incid\u00eancia θ (em graus) \u00e9 exatamente o \u00e2ngulo do transferidor iluminado pelo feixe (por isso \u00e9 importante que, inicialmente, alinhe-se o feixe do laser ao \u00e2ngulo 0°).

Seta 3: Na r\u00e9gua, dois feixes estar\u00e3o vis\u00edveis (conforme esquematizado na Figura 4): o feixe principal e um feixe deslocado. **A dist\u00e2ncia entre esses dois feixes**, \u00e9 o *desvio lateral* d .

Aten\u00e7\u00e3o: O laser deve permanecer im\u00f3vel durante todo o experimento, de modo que o *feixe principal* se mantenha sobre a mesma grada\u00e7\u00e3o (por exemplo, o **centro** da r\u00e9gua definido se\u00e7\u00e3o anterior, **Seta 3**).

Nota: A presen\u00e7a de dois feixes sobre a r\u00e9gua se d\u00e1 porque a parte superior do feixe passa por cima do bloco, n\u00e3o sendo desviada, j\u00e1 a parte inferior atravessa o bloco e atinge a r\u00e9gua em uma posi\u00e7\u00e3o diferente e com menor intensidade luminosa.

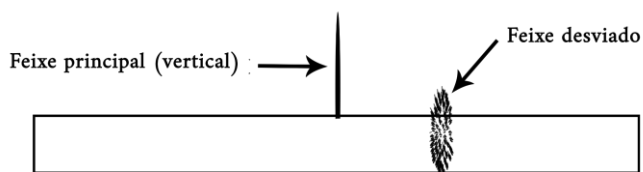
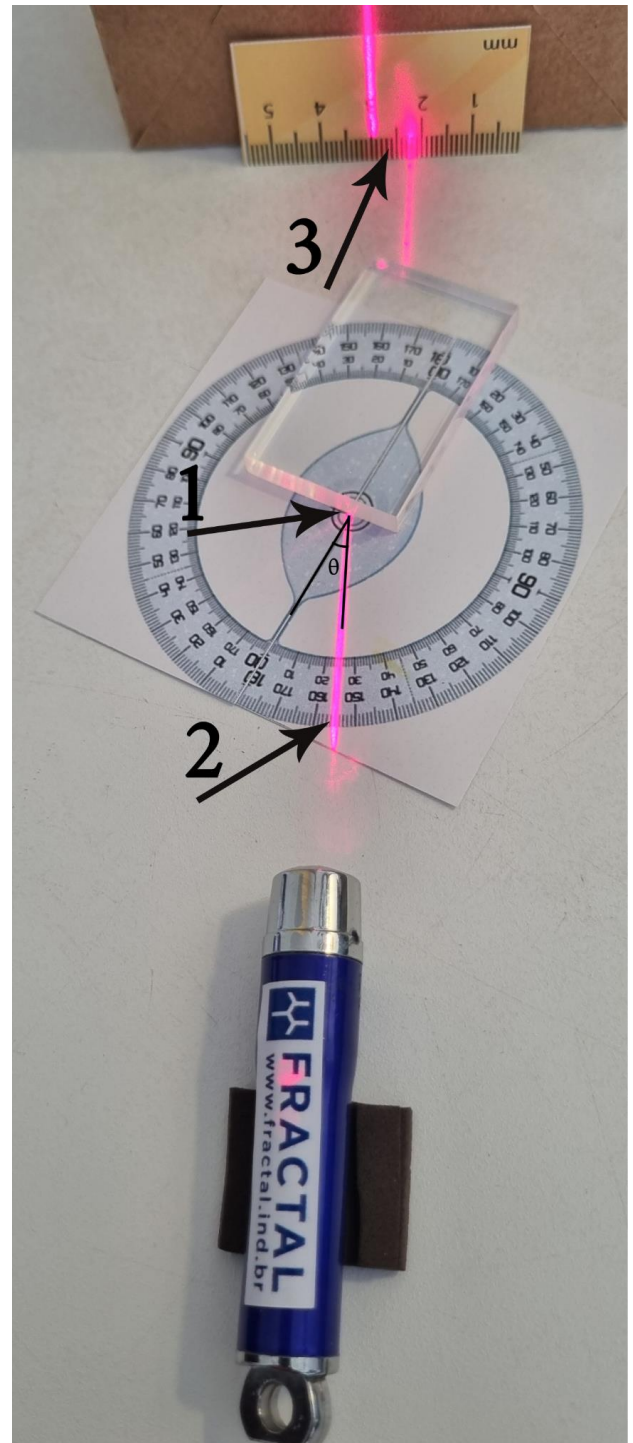


Figura 4: Imagem esperada na r\u00e9gua.

Figura 3



Coleta de dados

Questão 1) Reproduza a Tabela ao lado, na página 4 do Caderno de Resoluções (CR), depois complete-a com o que se pede:

(Use a unidade do milímetro)

- o comprimento L do bloco; o desvio lateral d associado a cada um dos ângulos de incidência $\theta = 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ e 25° .
- calcule a média \hat{d} dos quatro valores de d .

Questão 2) Reproduza a figura abaixo, **Gráfico 1**, na página 4 do CR e, em seguida: **complete a escala do eixo vertical** e insira os quatro pontos correspondentes a cada um dos pares de valores d e ϵ .

	Ângulo de incidência θ (graus)	Equivalente ϵ (radianos)	Deslocamento lateral d (mm)
Medida 1	10°	0,17	
Medida 2	15°	0,26	
Medida 3	20°	0,35	
Medida 4	25°	0,44	
	$\hat{\theta}$	$\hat{\epsilon}$	\hat{d}
Média	18°	0,31	
Comprimento de L (mm)			

Interpretação dos dados

Questão 3) Observando o padrão da distribuição dos pontos experimentais no gráfico, obtido na **Questão 2)**, o que você pode concluir?

Análise dos dados experimentais

Pelo exposto na introdução, a relação entre os valores médios do *desvio lateral* e do ângulo ϵ , em radianos, é dada por

$$\hat{d} = \Delta L \hat{\epsilon} \quad (3)$$

Questão 4) Use os valores das médias \hat{d} e $\hat{\epsilon}$ na equação (3) para encontrar o valor de Δ e escreva-o na página 4 do Caderno de Resoluções (CR).

Questão 5) Porque é mais apropriado usar a média das medidas de \hat{d} e $\hat{\epsilon}$ em vez da média dos valores de Δ ?

Questão 6) Considerando a expressão de Δ , dada na **Introdução**, estabeleça na página 4 do CR a expressão do índice de refração do bloco, η_{bloco} e calcule seu valor.

Gráfico 1

Gráfico do desvio lateral (em milímetros) para cada ângulo ϵ (em radianos)

