



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental

1ª Fase - 20 e 21 de setembro de 2025

Nome: _____

Série: _____

Nível JA
Ensino Fundamental
6ª a 9ª série

Instruções de Prova

- I. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos das **6ª a 9ª série do ensino fundamental**. Ela contém **20** questões.
- II. Cada questão tem 5 alternativas de resposta e apenas uma delas é correta.
- III. A duração máxima desta prova é de **quatro horas**. Além do tempo de prova, serão concedidos **5 minutos** correspondentes ao preenchimento online do gabarito.
- IV. É permitido o uso de calculadoras.
- V. A prova deve ser feita individualmente e não é permitido falar sobre a solução das questões durante o período de aplicação da prova **dias 20 e 21 de setembro de 2025**.
- VI. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: aceleração gravitacional na superfície da terra $g = 10 \text{ m/s}^2$; calor específico da água líquida $c_a = 1 \text{ cal/(g}^\circ\text{C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80 \text{ cal/g}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$.

Apoio:





Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



Curiosidades:

Jorge André Swieca (Varsóvia, 16 de dezembro de 1936 – Campos do Jordão, 22 de dezembro de 1980) foi um físico teórico polonês-brasileiro, considerado um dos mais brilhantes e influentes de sua geração. Professor na Universidade de São Paulo (USP) e na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), fez contribuições profundas e originais para a teoria quântica de campos. Seus trabalhos sobre quebra espontânea de simetria e a estrutura de superseleção em teorias de calibre são mundialmente reconhecidos. Sua morte prematura foi uma perda imensurável para a física brasileira. Em sua homenagem, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) instituiu o "Prêmio Jorge André Swieca", uma das mais importantes distinções concedidas a teses de doutorado na área de física de partículas e teoria de campos no Brasil.



Questão 1. Em uma de suas aulas experimentais, o professor Trucas decide ir para o laboratório junto com sua turma. Então, ele decide realizar um experimento com uma chama produzida a partir de um bico de Bunsen. O laboratório é um ambiente fechado. Para obter resultados mais precisos sobre o comportamento da chama em um ambiente comum (sem ventos ou outros fatores que afetem a chama), qual a melhor atitude que Trucas pode tomar?

- a) Aumentar a temperatura ambiente.
- b) Colocar a chama em uma caixa de vidro sem nenhum ar dentro, para impedir interferências externas.
- c) Ensinar o manual de segurança do laboratório para os alunos.
- d) Desligar o ar condicionado ou o ventilador do laboratório.
- e) Não há nada a se fazer para aumentar tal precisão.

Solução: Vamos analisar cada alternativa separadamente:

- (a) Aumentar a temperatura da chama não possui nenhum efeito direto positivo com relação ao problema.
- (b) Sem nenhum ar dentro, a combustão do bico de Bunsen seria diretamente afetada, modificando muito as condições da chama. Isso sem contar a grande dificuldade realizar tal feito de maneira efetiva.
- (c) Tal ato não se relaciona com o comportamento da chama.
- (d) Essa é a alternativa correta. O ar condicionado pode mudar significativamente as condições do ar ao redor da chama.
- (e) Como dito no item anterior, há sim algo que possa ser feito.

Item D

Questão 2. Sussia, um agricultor formado em física, precisa levar um balde de água cheio até sua plantação. O balde possui um volume por volta de 20 L. Porém, por estar em uma época bem seca e quente do ano, Sussia quer derrubar o mínimo de água possível. Qual desses métodos é o menos eficiente para fazer isso? Lembre de considerar também a velocidade do processo.

- a) Trazendo o balde na mão. Como Sussia não faz muita academia, ele teria que parar várias vezes ao longo do caminho, demorando um tempo por volta de 2h para poder realizar a tarefa.
- b) Esperar até a noite para fazer a movimentação da água, com o objetivo de diminuir perdas por vaporização. Ele terá que esperar 1h até o anoitecer.



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



- c) Dividir a água em dois baldes de 20L de capacidade e realizar procedimento de ida e volta. No fim, o processo inteiro dura por volta de 3h.
- d) Utilizar garrafas de 2L para carregar a água dos baldes. Sussia pode levar duas garrafas por vez e cada viagem dura por volta de 20 minutos (o tempo de enchimento de cada garrafa é de 5 minutos).
- e) Levar uma pipeta comum de laboratório (com 0,1 L), encher ela de água e depois trazer à plantação. O tempo de transporte de cada viagem dura por volta de 15 minutos e Sussia pode levar 4 pipetas por vez (o tempo de encher cada pipeta é de 1 minuto).

Solução:

Alternativa a) O tempo é dado diretamente no enunciado.

$$T_a = 2 \text{ horas}$$

Alternativa b) Esta é uma estratégia para reduzir a perda de água, não um método de transporte. O tempo total seria a espera mais o tempo de transporte. Se assumirmos o transporte do item (a), o tempo total seria 1 h (espera) + 2 h (transporte).

$$T_b \approx 3 \text{ horas}$$

Alternativa c) O tempo é dado diretamente no enunciado.

$$T_c = 3 \text{ horas}$$

Alternativa d) Precisamos calcular o tempo total de enchimento e transporte.

- **Viagens:** $20 \text{ L} / (2 \text{ L/garrafa}) = 5$ viagens.
- **Tempo de transporte:** $5 \text{ viagens} \times 20 \text{ min/viagem} = 100$ minutos.
- **Tempo de enchimento:** $10 \text{ garrafas} \times 5 \text{ min/garrafa} = 50$ minutos.
- **Tempo total:** $100 \text{ min} + 50 \text{ min} = 150$ minutos.

$$T_d = 2,5 \text{ horas}$$

Alternativa e) Este é o método mais complexo.

- **Número de pipetas:** $20 \text{ L} / 0,1 \text{ L/pipeta} = 200$ pipetadas.
- **Viagens:** $200 \text{ pipetadas} / 4 \text{ pipetas/viagem} = 50$ viagens.
- **Tempo de transporte:** $50 \text{ viagens} \times 15 \text{ min/viagem} = 750$ minutos.
- **Tempo de enchimento:** $200 \text{ pipetadas} \times 1 \text{ min/pipetada} = 200$ minutos.
- **Tempo total:** $750 \text{ min} + 200 \text{ min} = 950$ minutos.

Convertendo para horas: $950 \text{ min} / 60 \text{ min/h} \approx 15,8$ horas.

$$T_e \approx 15,8 \text{ horas}$$

Conclusão: Comparando os tempos totais ($T_a = 2\text{h}$, $T_b \approx 3\text{h}$, $T_c = 3\text{h}$, $T_d = 2,5\text{h}$, $T_e \approx 15,8\text{h}$), o método de levar a água com uma pipeta é drasticamente mais demorado e, portanto, o menos eficiente.

Item E

Questão 3. Iuam é um jovem muito curioso e, por isso, quer saber o tempo que demora para ir a pé para



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



seu colégio em um dia normal (sem eventos ou complicações que afetem o resultado significativamente). Então, todo dia, ele mede tal tempo para depois tentar fazer uma média. Qual dessas medidas é a que menos possui impacto positivo na precisão de tal experimento?

- a) Realizar muitas medidas.
- b) Tentar regular sua velocidade de forma que ela seja quase a mesma sempre.
- c) Não contabilizar medidas de dias anormais (com eventos ou complicações que afetem o resultado significativamente).
- d) Contabilizar todos os dias, sem exceção.
- e) Sempre seguir o mesmo caminho até o colégio.

Solução: A única alternativa que não possui um efeito positivo sobre a precisão do experimento é a alternativa d), já que é especificado no enunciado que Iaum quer saber seu tempo médio em um dia **normal** (sem eventos ou complicações que afetem o resultado significativamente).

Item D

Questão 4. David Iron quer convencer seu professor que resistência do ar não existe. Então, o teimoso aluno pegava uma bola em suas mãos e lançava-a com uma velocidade oblíqua. Quais dessas medidas são as melhores que David poderia tomar para que seus dados tenham mais chance de convencer seu professor?

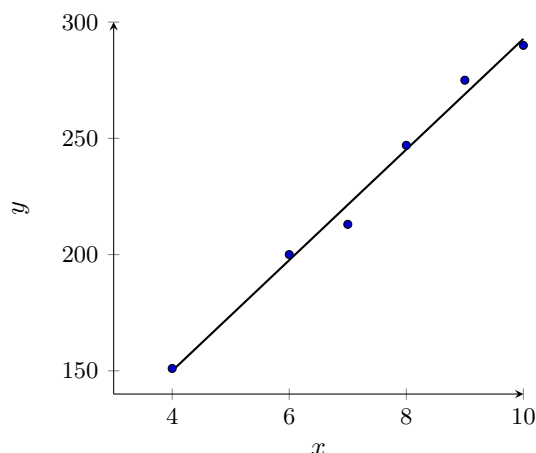
- a) Utilizar uma bola com tamanho grande.
- b) Evitar lançar a bola com velocidade altas.
- c) Buscar que a bolinha tenha o maior alcance possível.
- d) Realizar o experimento em um espaço aberto com uma forte ventania.
- e) Fazer o experimento na chuva.

Solução: Para que os dados se aproximem de um lançamento oblíquo ideal (sem resistência do ar), o efeito da resistência do ar deve ser o menor possível. A força de resistência do ar aumenta drasticamente com a velocidade do objeto (geralmente com o quadrado da velocidade, $F_{ar} \propto v^2$). Analisando as opções:

- a) Uma bola grande aumenta a área de seção transversal, o que *aumenta* a resistência do ar.
- b) Lançar a bola com velocidades baixas é a forma mais eficaz de *minimizar* a força de resistência do ar, fazendo com que a trajetória se pareça mais com a parábola ideal.
- c) Maior alcance exige alta velocidade, o que *aumenta* o efeito do arrasto.
- d) e e) Vento e chuva introduzem forças externas complexas, afastando ainda mais o resultado do modelo ideal.

Portanto, a melhor medida é evitar velocidades altas. **Item B**

Questão 5. Guilherme Del Carta fez a prova da OBF experimental de 2052. Ao ver suas notas, percebeu que ele não recebeu pontuação completa no seguinte gráfico. Qual(is) erro(s) Guilherme cometeu que devem ter gerado essa penalização? Aqui está uma foto do gráfico feito por Guilherme:



- a) Falta de cores no gráfico.
- b) Não escrever, dentro do gráfico, o valor numérico exato dos dados de cada ponto.
- c) Não escrever, dentro do gráfico, o número de pontos tomados, explicitamente em algum lugar.
- d) A falta de título, legenda e barras de erro.
- e) Com certeza os dados não estão precisos.

Solução: Um gráfico científico completo deve apresentar claramente todas as informações do experimento. Analisando o gráfico de Guilherme:

- **Falta um Título:** O gráfico não informa o que está sendo medido (ex: "Posição vs. Tempo").
- **Faltam Unidades nos Eixos:** Os eixos são apenas "x" e "y", sem especificar as unidades de medida (ex: metros, segundos, etc.).
- **Falta uma Legenda:** Não há indicação do que os pontos e a reta representam.
- **Faltam Barras de Erro:** Em um gráfico experimental, é fundamental representar as incertezas das medidas através de barras de erro nos pontos.

A alternativa (d) engloba os erros mais significativos e essenciais para a representação de dados experimentais. As outras alternativas descrevem práticas que não são obrigatórias (cores) ou até mesmo desaconselhadas (escrever valores numéricos no gráfico). **Item D**

Questão 6. Prucas foi realizar um experimento com ímãs para descobrir a dependência da força magnética com a distância entre os ímãs. Então, assumiu-se que a força magnética é da forma: $F = kx^n$. Onde k é uma constante e x é a distância entre os ímãs. Sendo assim, Encontre como Prucas deveria linearizar a função a fim de encontrar n .

- a) Fazendo $\log F$ por $\log x$.
- b) Fazendo x^n por x .
- c) Fazendo F por x .
- d) Fazendo $\log(kx^n)$ por x .
- e) Não é possível linearizar tal curva.



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



Solução: Para linearizar uma função do tipo potência ($F = kx^n$), o método mais eficaz é aplicar logaritmos em ambos os lados da equação.

$$F = kx^n$$

Aplicando o logaritmo (em qualquer base):

$$\log(F) = \log(kx^n)$$

Usando as propriedades dos logaritmos, $\log(ab) = \log(a) + \log(b)$ e $\log(a^b) = b \log(a)$, podemos reescrever a equação como:

$$\log(F) = n \cdot \log(x) + \log(k)$$

Esta equação tem a forma de uma reta, $Y = mX + c$, onde:

- $Y = \log(F)$
- $X = \log(x)$
- A inclinação (coeficiente angular) é $m = n$
- O intercepto (coeficiente linear) é $c = \log(k)$

Portanto, ao fazer um gráfico de $\log(F)$ versus $\log(x)$, obteremos uma reta cuja inclinação é o expoente n .

Item A

Questão 7. Trufas Larates está analisando um movimento de MRU. Porém, Trufas está com preguiça e por isso só irá medir o tempo da partícula (a velocidade já era conhecida). Assim, pela equação do MRU, ele descobria o valor da posição. Determine a incerteza da posição obtida por meio desse método. Observação: $\sigma_t = 0,5 \text{ s}$, $v = 2 \text{ m/s}$ e a incerteza de v é desprezível.

- a) 0,25 m
- b) 0,5 m
- c) 1 m
- d) 2 m
- e) 4 m

Solução: Normalmente, a incerteza de x é dada como:

$$\sigma_x = \sqrt{(v\sigma_t)^2 + (\sigma_v t)^2}$$

Como a incerteza de v é desprezível, a expressão da incerteza de x é:

$$\sigma_x = v\sigma_t = (2 \text{ m/s}) \cdot (0,5 \text{ s}) = 1 \text{ m}$$

Item C

Questão 8. Sidoro está cozinhando no fogão. Ao ver a receita da comida, ele percebe que a mesma deve ficar em uma temperatura de 100°C . Porém, Sidoro apenas tem acesso à temperatura do fogo que sai do fogão, que é diferente da temperatura da comida, e o mesmo não tem nenhum termômetro adequado para medir a temperatura da comida. Qual a melhor maneira que Sidoro pode progredir para tentar chegar na temperatura certa? Dado: o termômetro do fogão tem incerteza $\sigma_f = 5^\circ\text{C}$.



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



- a) Construir um termômetro caseiro que mede a temperatura da comida com incerteza de $\sigma_T = 5^\circ\text{C}$ e ajustar a temperatura da comida até ela chegar em $T = 100^\circ$.
- b) Calcular, por meio de um modelo teórico, que a temperatura do fogão deve ser $(10 \pm 4)^\circ\text{C}$ maior que 100°C para que a comida fique na temperatura correta (100°C).
- c) Calcular, por meio de um modelo teórico, que a temperatura do fogão deve ser $(10 \pm 4)^\circ\text{C}$ menor que 100°C para que a comida fique na temperatura correta (100°C).
- d) Fechar janelas e desligar ar condicionados para reduzir tal diferença de temperatura.
- e) Temperar a comida com sais minerais para assim diminuir tal diferença de temperatura.

Solução: Vamos analisar as incertezas dos métodos. O método (a) envolve medir diretamente a temperatura da comida com um termômetro de incerteza $\sigma_T = 5^\circ\text{C}$. A incerteza final é a do próprio instrumento, 5°C .

O método (b) envolve usar o termômetro do fogão e um modelo teórico. A temperatura final da comida dependerá da temperatura do fogão (com incerteza $\sigma_f = 5^\circ\text{C}$) e do modelo (com incerteza $\sigma_{\text{modelo}} = 4^\circ\text{C}$). A incerteza total seria a propagação desses erros:

$$\sigma_{\text{final}} = \sqrt{\sigma_f^2 + \sigma_{\text{modelo}}^2} = \sqrt{5^2 + 4^2} = \sqrt{25 + 16} = \sqrt{41} \approx 6,4^\circ\text{C}$$

Como a incerteza do método (a) (5°C) é menor que a do método (b) ($\approx 6,4^\circ\text{C}$), o primeiro método é mais preciso.

Item A

Questão 9. Esmeralda está jogando um jogo eletrônico sobre capturar monstros. Um dia, ela captura um Bulcaroma pela primeira vez, que tinha uma altura de $h_0 = 2,33$ m. Ela acredita ser raro por ter uma altura maior que o normal daquela espécie. Então, para verificar se a mesma está certa, ela decide capturar vários outros monstros da mesma espécie e registrar suas alturas na tabela:

Tabela: Alturas registradas por Esmeralda

h(m)
2,33
1,98
1,95
1,90
2,20
2,15
2,50
2,24
2,30
2,32
2,21

Esmeralda considera seu Bulcaroma original raro se sua altura for $h_0 > h_{\text{medio}} + \sigma_h$, onde h_{medio} é a média das alturas de todos os monstros capturados daquela espécie por ela e σ_h o desvio padrão amostral considerando todas as alturas. Sendo assim, selecione a alternativa correta.

- a) O Bulcaroma original é raro, já que $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h + 0,04$.
- b) O Bulcaroma original é raro, já que $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h + 0,08$.



- c) O Bulcaroma original não é raro, já que $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h - 0.04$.
d) O Bulcaroma original não é raro, já que $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h - 0.08$.
e) O Bulcaroma original não é raro, já que $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h$.

Solução: Primeiro, calculamos a média (h_{medio}) de todas as 11 alturas:

$$h_{\text{medio}} = \frac{2,33 + 1,98 + 1,95 + 1,90 + 2,20 + 2,15 + 2,50 + 2,24 + 2,30 + 2,32 + 2,21}{11} \approx 2,19 \text{ m}$$

Em seguida, o desvio padrão amostral (σ_h):

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum (h_i - h_{\text{medio}})^2}{n - 1}} \approx 0,18 \text{ m}$$

Agora, verificamos a condição de raridade: $h_0 > h_{\text{medio}} + \sigma_h$.

$$h_{\text{medio}} + \sigma_h \approx 2,19 + 0,18 = 2,37 \text{ m}$$

Como $h_0 = 2,33 \text{ m}$, a condição $2,33 > 2,37$ é falsa. O Bulcaroma não é raro. A diferença é:

$$h_0 - (h_{\text{medio}} + \sigma_h) \approx 2,33 - 2,37 = -0,04 \text{ m}$$

Portanto, $h_0 \approx h_{\text{medio}} + \sigma_h - 0,04$.

Item C

Questão 10. Um certo ventilador de teto gira, em média, $\Delta\theta = (300 \pm 5)^\circ$ por segundo. A potência média registrada no manual desse ventilador é de $P = (60 \pm 3) \text{ W}$. Sendo assim, determine, em média, a energia gasta de um ventilador ao realizar uma volta completa, junto com sua respectiva incerteza.

- a) $(60 \pm 4) \text{ J}$
b) $(72 \pm 4) \text{ J}$
c) $(60 \pm 3) \text{ J}$
d) $(72 \pm 3) \text{ J}$
e) $(48 \pm 3) \text{ J}$

Solução: Primeiro, calculamos o tempo para uma volta completa (360°): $t = 360^\circ / (300^\circ/\text{s}) = 1,2 \text{ s}$. Com esse tempo, a energia média gasta é $E = P \cdot t = 60 \text{ W} \cdot 1,2 \text{ s} = 72 \text{ J}$.

Para a incerteza, usamos a propagação de erro para a equação $E = 360 \cdot P/\omega$:

$$\left(\frac{\sigma_E}{E}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_\omega}{\omega}\right)^2$$

Substituindo os valores:

$$\left(\frac{\sigma_E}{72}\right)^2 = \left(\frac{3}{60}\right)^2 + \left(\frac{5}{300}\right)^2 \approx 0,002778$$

Isso resulta em uma incerteza $\sigma_E = 72 \cdot \sqrt{0,002778} \approx 3,8 \text{ J}$. Arredondando, a incerteza é de 4 J . O resultado final é $(72 \pm 4) \text{ J}$.

Item B



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



Questão 11. Em 2035, o projeto NOIB (Núcleo Olímpico de Incentivo ao Baralho) decide realizar uma análise sobre as participações na competição OBOT (Olimpíada Brasileira Online de Truco) ao longo dos anos, considerando os dados da tabela a seguir:

Tabela: Dados sobre participações ao longo do ano

Ano	Número de inscritos	Número de participantes
2025	15343	12357
2026	20417	18910
2027	28520	27865
2028	41290	40987
2029	55596	50987
2030	72384	70876
2031	90198	88097
2032	118973	109982
2033	138949	121896
2034	169087	160987
2035	201982	198975

Curioso, o presidente do NOIB de tal ano decide encontrar a taxa total de participantes que fizeram a prova (foram participantes), considerando todos os anos. Qual o valor aproximado de tal taxa, em porcentagem?

- a) 94.
- b) 95.
- c) 96.
- d) 97.
- e) 98.

Solução: Para encontrar a taxa total, somamos o total de participantes e o total de inscritos ao longo de todos os anos.

$$\text{Total de inscritos} = 952739$$

$$\text{Total de participantes} = 901919$$

A taxa é a razão entre esses dois totais:

$$\text{Taxa} = \frac{\text{Total de participantes}}{\text{Total de inscritos}} = \frac{901919}{952739} \approx 0,94666$$

Em porcentagem, isso é aproximadamente 94,7%, que arredondado para o inteiro mais próximo é 95%.

Item B

Leia o texto para as próximas duas questões: James Rock decide finalmente encontrar como a bateria do seu celular (B) carrega com o tempo (t) e se a previsão dada em seu celular para carregamento total (T) realmente é acurada. Então, ele deixa seu celular carregando em uma situação fixa e anota seus dados na tabela:

Tabela: Medições feitas por James



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



t(s)	B(%)	T(s)
0	40	3600
217	45	3420
438	50	3180
716	55	2940
1005	60	2700
1259	65	2460
1558	70	2220
1845	75	1980
2100	80	1680
2426	85	1440

Assuma que a bateria de um celular varia linearmente com um tempo no modelo abordado.

Questão 12. Encontre a taxa de carregamento do celular por meio de uma regressão com dados de B e t.

- a) 0,9%/min.
- b) 1,0%/min.
- c) 1,1%/min.
- d) 1,2%/min.
- e) 1,3%/min.

Solução: Fazendo uma regressão entre os dados na forma $y=a+bx$ (onde y é B e x é t), obtermos os coeficientes:

$$a = 41,3\%$$

$$b = 0,0184\%/s$$

Perceba que b é a taxa de carregamento. Passando b para a unidade das alternativas(multiplicando por 60), temos:

$$b \approx 1,1\%/min$$

Item C

Questão 13. Sobre os dados B e T e a relação entre eles, selecione a alternativa correta.

- a) Apesar de apresentar uma linearidade maior do que a encontrada entre os dados B e t, a regressão entre os dados revela uma grande disparidade entre o tempo T de previsão dado pelo celular e o tempo Δt até $B = 100\%$. A taxa de carregamento, por meio desses dados, é por volta de 1,2%/min.
- b) Apesar de apresentar uma linearidade maior do que a encontrada entre os dados B e t, a regressão entre os dados revela uma grande disparidade entre o tempo T de previsão dado pelo celular e o tempo Δt até $B = 100\%$. A taxa de carregamento, por meio desses dados, é por volta de 1,0%/min.
- c) Os dados apresentam uma linearidade maior do que a encontrada entre os dados B e t. A regressão entre os dados revela uma pequena disparidade(abaixo de 5 min, no geral) entre o tempo T de previsão dado



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



pelo celular e o tempo Δt até $B = 100\%$. A taxa de carregamento, por meio desses dados, é por volta de 1,0%/min.

- d) Os dados apresentam uma linearidade maior do que a encontrada entre os dados B e t . A regressão entre os dados revela uma pequena disparidade (abaixo de 5 min, no geral) entre o tempo T de previsão dado pelo celular e o tempo Δt até $B = 100\%$. A taxa de carregamento, por meio desses dados, é por volta de 1,2%/min.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Solução: Agora, devemos realizar uma regressão entre os dados na forma $y=a+bx$ (onde y é B e x é T), obtendo os coeficientes:

$$a = 115\%$$

$$b = -0,0206\%/s$$

Agora, b é o oposto da taxa de carregamento. Passando b para minutos, temos:

$$b \approx 1,2\%/min$$

Então, utilizando a equação de regressão, podemos encontrar T quando $B = 100\%$

$$100 = a + bT_{100} \rightarrow T_{100} \approx 12min$$

Porém, quando a bateria está completa, T deveria ser 0(já que ele é o tempo até o carregamento completo). Logo, existe uma disparidade considerável(de aproximadamente 12 min) entre o tempo dado por T e o dado por Δt . Se você for analisar dados isolador(como por exemplo o tempo entre $B = 40\%$ e $B = 100\%$), também encontrará uma grande disparidade. Sendo assim, levando em conta esse fato e o resultado de b , a alternativa correta é o item (A).

Item A

Leia o texto a seguir para as próximas três questões: Totomelli registra os seguintes dados sobre algumas quantidades: $A = 0,40$; $B = 0,11$; $C = 0,234$; $D = 0,0532$. Porém, o mesmo quer calcular as quantidades: $E = A + B - C + D$; $F = \frac{B+D}{A+C}$.

Questão 14. Com quantos algarismos significativos ficarão E e F ? Neste item, considere que todas as quantidades possuem incertezas desprezíveis.

- a) E : 2. F : 2.
b) E : 4. F : 4.
c) E : 1. F : 2.
d) E : 2. F : 4.
e) E : 1. F : 1.



Solução: Para determinar o número de algarismos significativos, aplicamos as regras de operações, considerando a premissa de que $A = 0,40$.

- **Para a variável E ($A + B - C + D$):** A regra para adição/subtração determina que o resultado deve ter o mesmo número de casas decimais que o termo menos preciso.
 - $A = 0,40$ (2 casas decimais)
 - $B = 0,11$ (2 casas decimais)
 - $C = 0,234$ (3 casas decimais)
 - $D = 0,0532$ (4 casas decimais)

Os termos menos precisos são agora A e B , ambos com duas casas decimais (centésimos). Portanto, o resultado final de E deve ser arredondado para a casa dos centésimos, resultando em um número com **2 algarismos significativos** (na forma $0,xx$).

- **Para a variável F ($\frac{B+D}{A+C}$):** A regra para divisão afirma que o resultado deve ter o mesmo número de algarismos significativos do termo com a menor quantidade. Primeiro, determinamos os algarismos dos termos intermediários.
 - **Numerador ($B + D$):** Na soma $0,11 + 0,0532$, o resultado deve ser arredondado para 2 casas decimais (seguindo $B = 0,11$). Um número como $0,xx$ possui **2 algarismos significativos**.
 - **Denominador ($A + C$):** Na soma $0,40 + 0,234$, o resultado deve ser arredondado para 2 casas decimais (seguindo $A = 0,40$). Um número como $0,xx$ possui **2 algarismos significativos**.

Na divisão final, como ambos os termos (numerador e denominador) possuem 2 algarismos significativos, o resultado também deve ter **2 algarismos significativos**.

Portanto, tanto E quanto F devem ser expressos com 2 algarismos significativos.

Item A

Questão 15. Somente neste item, sabe-se que as incertezas $\sigma_A = 0,04$, $\sigma_B = 0,01$, $\sigma_C = 0,02$ e $\sigma_D = 0,005$, que são, respectivamente, as incertezas de A , B , C e D . Calcule o valor de E junto com sua incerteza.

- a) $0,3292 \pm 0,065$
- b) $0,329 \pm 0,046$
- c) $0,33 \pm 0,05$
- d) $0,33 \pm 0,1$
- e) $0,33 \pm 0,07$

Solução: Primeiro, calculamos o valor de E :

$$E = A + B - C + D = 0,4 + 0,11 - 0,234 + 0,0532 = 0,3292$$

Para a incerteza em somas e subtrações, propagamos os erros em quadratura:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2 + \sigma_D^2} = \sqrt{(0,04)^2 + (0,01)^2 + (0,02)^2 + (0,005)^2}$$

$$\sigma_E = \sqrt{0,0016 + 0,0001 + 0,0004 + 0,000025} = \sqrt{0,002125} \approx 0,04609$$

A incerteza deve ser arredondada para um ou dois algarismos significativos. Arredondando para um,



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



$\sigma_E \approx 0,05$. O valor de E deve ser arredondado para a mesma casa decimal da incerteza (centésimos).

$$E \approx 0,33$$

O resultado final é $E = 0,33 \pm 0,05$.

Item C

Questão 16. Apenas neste item, sabe-se que a incerteza de F é $\sigma_F = 0,03$. Sendo assim, calcule o valor de F junto com a sua incerteza.

- a) $0,2667 \pm 0,03$
- b) $0,2574 \pm 0,03$
- c) $0,27 \pm 0,03$
- d) $0,26 \pm 0,03$
- e) $0,30 \pm 0,03$

Solução: Primeiro, calculamos o valor de F:

$$F = \frac{B + D}{A + C} = \frac{0,11 + 0,0532}{0,4 + 0,234} = \frac{0,1632}{0,634} \approx 0,257413...$$

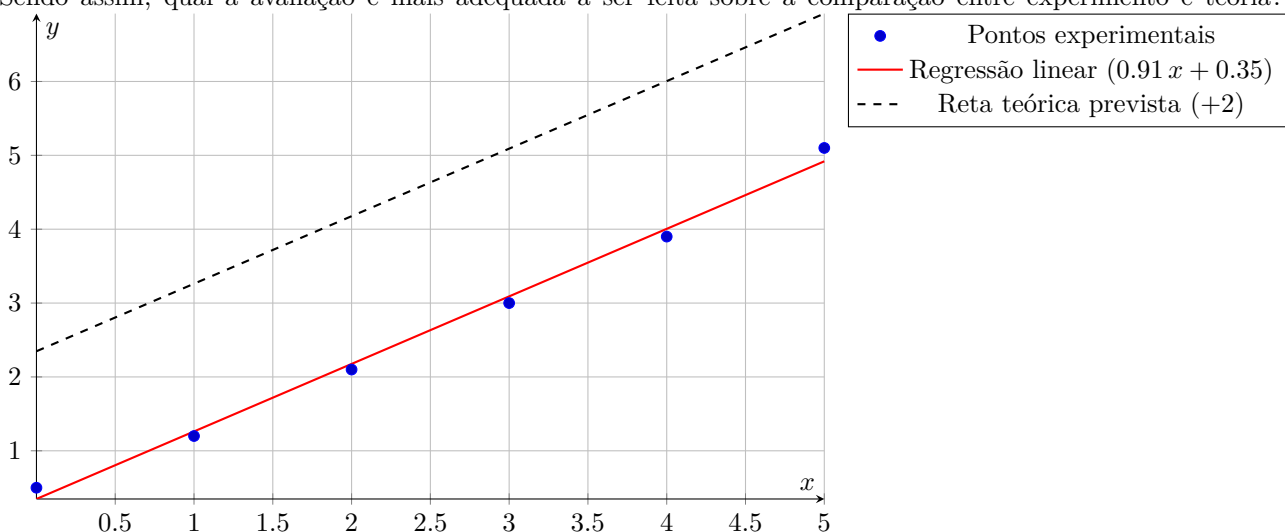
A incerteza é dada como $\sigma_F = 0,03$. Como a incerteza está na casa dos centésimos, devemos arredondar o valor de F para a mesma casa decimal.

$$F \approx 0,26$$

O resultado final é $F = 0,26 \pm 0,03$.

Item D

Questão 17. Ao realizar um experimento, Mary decidiu registrar seus dados em um gráfico e comparar seus dados com a reta prevista teoricamente. Aqui está uma foto do gráfico de Mary junto com a reta teórica: Sendo assim, qual a avaliação é mais adequada a ser feita sobre a comparação entre experimento e teoria?



- a) Parece que o experimento sofre principalmente de erro aleatório, já que a reta de regressão está bem distante da reta teórica, apesar da distribuição dos pontos estar bem consistente (gerando um desvio padrão baixo).



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



- b) Parece que o experimento sofre principalmente de erro sistemático, já que a reta de regressão está bem distante da reta teórica, apesar da distribuição dos pontos estar bem consistente (gerando um desvio padrão baixo).
- c) Parece que o experimento sofre principalmente de erro aleatório, já que a distribuição de dos dados está bem inconsistente (gerando um desvio padrão elevado).
- d) Parece que o experimento sofre principalmente de erro sistemático, já que a distribuição de dos dados está bem inconsistente (gerando um desvio padrão elevado).
- e) A comparação entre teoria e experimento mostra que ambos concordam perfeitamente, não havendo nenhuma forma de erro relevante.

Solução: Vamos analisar as características do gráfico:

- **Distribuição dos pontos:** Os pontos experimentais (azuis) estão muito próximos da sua própria reta de regressão (vermelha). Isso indica que as medidas foram consistentes entre si, com pouca dispersão. Portanto, o **erro aleatório é baixo**.
- **Comparação com a teoria:** A reta de regressão (vermelha) está sistematicamente deslocada em relação à reta teórica (preta tracejada). Elas têm inclinações semelhantes, mas a reta experimental está consistentemente abaixo da teórica. Este tipo de desvio constante é a definição de um **erro sistemático**.

A alternativa (b) descreve perfeitamente essa situação: um erro sistemático (que afasta a reta experimental da teórica) e uma distribuição consistente (baixo erro aleatório). **Item B**

Questão 18. Davi Lucas decide utilizar de gravações para tomar medidas de posição de um objeto, com o passar do tempo. Para isso, ele usa aplicativo que consegue ler 60 "frames" para cada segundo de filmagem. A cada "frame", uma medida é feita e contabilizada. Sendo assim, por quanto tempo, aproximadamente, Davi Lucas precisará filmar para conseguir ter acesso a 1000 medidas?

- a) $\Delta t = 16$ s
- b) $\Delta t = 17,0$ s
- c) $\Delta t = 17,5$ s
- d) $\Delta t = 18$ s
- e) $\Delta t = 15$ s

Solução: Se o aplicativo lê 60 frames (medidas) a cada 1 segundo, podemos usar uma regra de três simples para encontrar o tempo Δt para 1000 medidas:

$$\frac{60 \text{ frames}}{1 \text{ s}} = \frac{1000 \text{ frames}}{\Delta t}$$
$$\Delta t = \frac{1000}{60} \approx 16,67 \text{ s}$$

O valor mais próximo nas alternativas é 17,0 s.

Item B

Questão 19. Jairgon realiza um experimento em seu laboratório e registra suas medidas por meio de uma câmera. Porém, ele decide tentar medir com a filmagem em câmera lenta, pensando que assim poderia obter



Olimpíada Brasileira Online de Física Experimental



mais dados. Contudo, ao verificar as filmagens em câmera lenta, ele percebe que em alguns momentos as luzes do laboratório apagam de repente, impossibilitando um grande número de medições. Diante disso, selecione a alternativa correta.

- a) Não existe explicação para as luzes apagarem e, por isso, não há nada a ser feito.
- b) Se a câmera for colocada em uma velocidade mais alta que o normal, o efeito também pode ser percebido na filmagem. Logo, a única opção de Jairgon para não se deparar mais com o efeito é adotar a velocidade comum ou uma muito próxima dela.
- c) Se a câmera for colocada em uma velocidade mais alta que o normal, o efeito também pode ser percebido na filmagem. Porém, Jairgon pode ignorar as medições perdidas pelo efeito e se manter na velocidade que desejar.
- d) As luzes na verdade sempre estão apagando e desligando a todo momento, mas a frequência com a qual isso acontece é muito baixa para observarmos. Uma forma de resolver o problema pode ser medir os dados na velocidade comum da filmagem e fazer mais filmagens para garantir mais dados.
- e) As luzes na verdade sempre estão apagando e desligando a todo momento, mas a frequência com a qual isso acontece é muito alta para observarmos. Uma forma de resolver o problema pode ser medir os dados na velocidade comum da filmagem e fazer mais filmagens para garantir mais dados.

Solução: O fenômeno observado por Jairgon é real e bem conhecido. Lâmpadas alimentadas por corrente alternada (AC), como as fluorescentes e alguns LEDs, não brilham continuamente. Elas piscam (cintilam) em uma frequência muito alta, geralmente o dobro da frequência da rede elétrica (120 Hz no Brasil).

A visão humana não percebe essa cintilação devido a um efeito chamado "persistência da visão". No entanto, uma câmera de alta velocidade (usada para fazer câmera lenta) captura quadros em uma taxa muito maior que nossos olhos. Se a taxa de quadros da câmera se aproxima da frequência de cintilação da luz, a câmera irá capturar momentos em que a luz está acesa e outros em que ela está "apagada" em seu ciclo. Na filmagem, isso aparece como um pisca-pisca lento ou como se as luzes apagassem de repente.

A alternativa (e) descreve corretamente a causa (frequência de cintilação muito alta para a observação a olho nu) e uma solução prática (filmar em velocidade normal para evitar o efeito e fazer mais vídeos para compensar a menor quantidade de dados por segundo).

Item E

Questão 20. Sobre o desvio padrão amostral, selecione a alternativa falsa. Considere que n é a quantidade de dados analisados.

- a) O desvio padrão amostral é nulo apenas se todos os dados analisados forem iguais.
- b) O desvio padrão amostral é proporcional $(n - 1)^{-0,5}$.
- c) A incerteza aleatória relacionada a um conjunto de dados depende diretamente do desvio padrão amostral.
- d) O desvio padrão amostral pode ser tanto positivo quanto negativo.
- e) O desvio padrão amostral é diferente do desvio padrão populacional, sendo cada um normalmente utilizado em contextos diferentes.

Solução: A fórmula do desvio padrão amostral é:

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$



Vamos analisar as alternativas:

- a) Verdadeira. Se todos os dados x_i são iguais, a média $\bar{x}$ é igual a eles, a soma dos quadrados das diferenças é zero, e o desvio padrão é nulo.
- b) Verdadeira. O termo $\sqrt{1/(n-1)}$ pode ser escrito como $(n-1)^{-0,5}$.
- c) Verdadeira. A incerteza aleatória da média é $\sigma_{\text{média}} = \sigma_{n-1}/\sqrt{n}$, que depende diretamente do desvio padrão amostral.
- d) Falsa. Como a fórmula envolve a raiz quadrada de uma soma de quadrados, o resultado é sempre maior ou igual a zero. O desvio padrão não pode ser negativo.
- e) Verdadeira. O desvio padrão populacional usa n no denominador em vez de $n-1$.

Item D