SIMULADO NOIC
OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA
3ª Fase - 5 de Novembro de 2025

Nível JR
Ensino Fundamental
II
6° e 7° Anos

Escrito por Tiago Rocha, João Vitor Garcia, Davi Tsuchie, Eduardo Shashike, Mateus Moreira

Instruções de Prova

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **6ª e 7ª séries do ensino fundamental.** Ela contém **8** questões.

2. A duração máxima desta prova é de **quatro** horas.

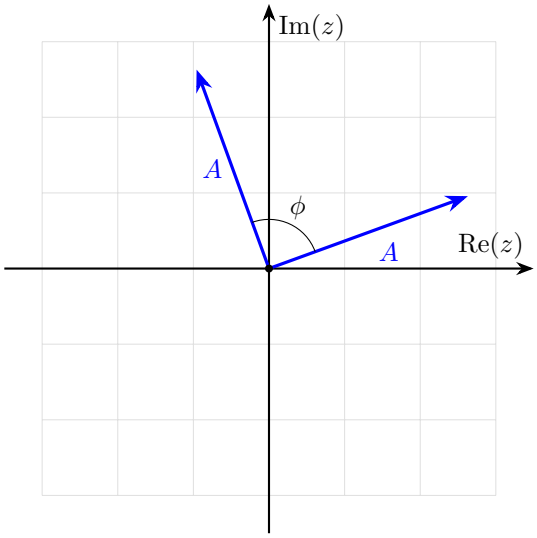
3. Não é permitido o uso de calculadoras.

4. Se necessário, e a menos que indicado ao contrário, use: $\pi = 3,0$; $\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\sqrt[3]{2} = 1,26$; $\sin 30° = 0,50$; $\cos 30° = 0,85$; $\sin 45° = \cos 45° = 0,70$; aceleração gravitacional na superfície da Terra $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$; calor específico da água líquida $c_a = 1\,\mathrm{cal/(g\,°C)}$; calor latente de fusão do gelo $L = 80\,\mathrm{cal/g}$; $1\,\mathrm{cal} = 4,2\,\mathrm{J}$; densidade da água líquida $\rho = 1,0\,\mathrm{g/cm^3}$.

Questão 1. No experimento de dupla fenda, a luz de uma fonte monocromática ilumina duas fendas estreitas. Ao atravessar as fendas, a luz se espalha por difração. As duas ondas se superpõem na tela e produzem um padrão de franjas claras e escuras.

Para estudar o que ocorre em um ponto P da tela, podemos representar cada onda por uma seta no plano de Argand–Gauss, chamada *fasor*. O comprimento da seta representa a amplitude da onda, e sua orientação indica em que etapa da oscilação ela se encontra. As duas setas giram com a mesma velocidade angular e, para um ponto P fixo, o ângulo ϕ entre elas permanece constante.

A figura mostra os dois fasores em um mesmo instante. Considere que as ondas chegam a P com a mesma amplitude A.



Tratando os fasores como vetores, podemos obter resultados interessantes a partir dessa construção:

a) Determine a amplitude e o ângulo que o fasor resultante faz com o eixo das abcissas, se o primeiro fasor forma um ângulo α com tal eixo.

b) Calcule a componente do fasor resultante no eixo das abcissas, valor que é usado efetivamente para os cálculos de interferência.

Item 1

Se α é o ângulo que o primeiro fasor faz com o semieixo positivo das abscissas. No instante representado, o segundo fasor faz um ângulo $\alpha + \phi$ com esse mesmo semieixo.

Pela regra do paralelogramo, o fasor resultante é representado pela diagonal que parte da origem. Como os dois fasores têm o mesmo módulo A, o paralelogramo é um losango. Sua diagonal divide o ângulo ϕ ao meio. Portanto, o ângulo θ que o fasor resultante faz com o semieixo positivo das abscissas é

$$\boxed{\theta = \alpha + \frac{\phi}{2}}.$$

Seja R o módulo do fasor resultante. As diagonais do losango são perpendiculares e se cortam ao meio. Assim, um lado do losango e as metades de suas diagonais formam um triângulo retângulo de hipotenusa

A. O cateto adjacente ao ângulo $\phi/2$ mede $R/2$. Logo,

$$\cos\left(\frac{\phi}{2}\right) = \frac{R/2}{A} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{R = 2A\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)}.$$

Item 2

A componente horizontal R_x é a projeção do fasor resultante sobre o eixo das abscissas. Como o ângulo entre a resultante e esse eixo é θ, temos $R_x = R\cos\theta$. Substituindo os resultados do item anterior, obtemos

$$\boxed{R_x = 2A\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)\cos\left(\alpha + \frac{\phi}{2}\right)}.$$

Também podemos projetar cada fasor separadamente e somar suas componentes horizontais. Esse procedimento fornece a forma equivalente

$$\boxed{R_x = A\cos\alpha + A\cos(\alpha + \phi)}.$$

Questão 2. Um estudante de 40 kg está em pé sobre uma balança dentro de um elevador. Inicialmente, o elevador está parado. Em seguida, ele começa a subir com aceleração constante, até atingir uma certa velocidade. Depois, continua subindo com velocidade constante e, por fim, freia uniformemente até parar.

Durante a aceleração inicial, a balança indica 480 N. Considere $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$.

a) Qual é a aceleração do elevador no início da subida?

b) Quanto a balança indica quando o elevador está subindo com velocidade constante?

c) Sabendo que o módulo da aceleração durante a frenagem é igual ao da aceleração inicial, determine a indicação da balança nessa etapa.

d) Um estudante afirma que, enquanto o elevador estiver subindo, a balança sempre indicará um valor maior que o peso real da pessoa. Ele está certo? Justifique.

a) Pela segunda lei de Newton:

$$N - mg = ma$$

$$480 - 400 = 40a \Rightarrow \boxed{a = 2\,\mathrm{m/s^2}}$$

b) Como a velocidade é constante, a aceleração é nula:

$$N = mg = \boxed{400\,\mathrm{N}}$$

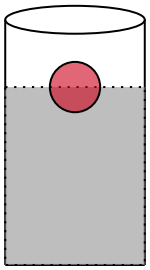
c) Na frenagem, a aceleração é para baixo:

$$N - mg = -ma$$

$$N = 400 - 40 \cdot 2 = \boxed{320\,\mathrm{N}}$$

d) Não. A indicação depende da aceleração, e não da velocidade. Mesmo subindo, o elevador pode estar freando, fazendo a balança indicar menos que o peso real.

Questão 3. O grande pesquisador Caio está analisando o comportamento de seu formato favorito, uma bola, quando esse boia em certos líquidos. Percebeu que para um certo líquido de coloração acinzentada e de densidade ρ, a bola fica com exatamente metade de seu volume para fora do líquido. Como demonstra a figura a seguir:



Sabendo que a gravidade é g e o raio da esfera é R, determine o peso da bolinha vermelha e a densidade necessária para exatamente $\eta\%$ do volume da bola estar submergido.

Sabemos que o volume de uma esfera é $\frac{4}{3}\pi R^3$ e que a força do empuxo será $\rho V g$, em que V é o volume submergido. Logo para metade estar submerso temos $\rho \cdot \frac{2}{3}\pi R^3 g = mg \implies m = \rho\frac{2}{3}\pi R^3$.

Para $\eta\%$ do volume estar submerso, temos que $V = \frac{\eta}{100} \cdot (\frac{4}{3}\pi R^3)$ logo, obtemos que:

$$\rho' V = m \implies \rho' = \rho\frac{2}{3}\pi R^3 \cdot \frac{100}{\eta \cdot \frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{100}{\eta} \tag{1}$$

Questão 4. Dois planetas, A e B, possuem a mesma densidade média. Ambos são esféricos e têm distribuição uniforme de massa. O raio de B é o dobro do raio de A.

Um astronauta de massa 60 kg pesa 600 N na superfície de A.

Considere que a aceleração gravitacional na superfície de um planeta é dada por

$$g = \frac{GM}{R^2}.$$

a) Quantas vezes a massa de B é maior que a massa de A?

b) Determine a gravidade na superfície de B e o peso do astronauta nesse planeta.

c) O astronauta é levado a uma altura igual ao raio de B acima da superfície desse planeta. Qual será seu peso nessa posição?

d) Uma pequena esfera é solta do repouso de uma mesma altura h, próxima à superfície de cada planeta. Desprezando a resistência do ar e considerando h muito menor que os raios dos planetas, determine a razão entre os tempos de queda em A e B.

a) Como os planetas têm a mesma densidade, $M \propto R^3$:

$$\frac{M_B}{M_A} = \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^3 = 2^3 = \boxed{8}$$

b) Usando $g = GM/R^2$:

$$\frac{g_B}{g_A} = \frac{8}{2^2} = 2$$

$$g_A = \frac{600}{60} = 10\,\text{m/s}^2$$

$$\boxed{g_B = 20\,\text{m/s}^2}$$

$$P_B = 60 \cdot 20 = \boxed{1200\,\text{N}}$$

c) A distância ao centro passa a ser $2R_B$. Como a força varia com o inverso do quadrado da distância:

$$P = \frac{1200}{2^2} = \boxed{300\,\text{N}}$$

d) Pela equação da queda livre:

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\frac{t_A}{t_B} = \sqrt{\frac{g_B}{g_A}} = \boxed{\sqrt{2}}$$

Questão 5. Ana mora em Goiânia e Bruno mora em Brasília. Os dois combinaram de se encontrar em uma pamonharia na beira da BR-060, que liga as duas cidades, mas cada um vai parar onde o outro estiver no momento do encontro. Ana sai de Goiânia às 8h00, dirigindo com velocidade constante de 60 km/h rumo a Brasília. Bruno, como sempre atrasado, sai de Brasília apenas às 8h30, com velocidade constante de 90 km/h rumo a Goiânia. Considere que a distância entre as duas cidades pela rodovia é de 210 km e despreze os tempos de aceleração e frenagem.

a) A que horas Ana e Bruno se encontram?

b) A que distância de Goiânia fica o ponto de encontro?

c) Os dois param por 15 minutos para comer uma pamonha e depois cada um segue viagem até a cidade do outro, mantendo as mesmas velocidades de antes. Calcule a velocidade média de Ana na viagem inteira, de Goiânia até Brasília. Ela é igual a 60 km/h? Explique.

a) Quando Bruno sai (8h30), Ana já dirigiu por meia hora e percorreu:

$$d_0 = 60 \times 0{,}5 = 30 \text{ km}$$

Logo, nesse instante, a distância entre eles é $210 - 30 = 180$ km. Como os dois se movem em sentidos opostos, um se aproxima do outro com velocidade relativa:

$$v_{\text{rel}} = 60 + 90 = 150 \text{ km/h}$$

O tempo até o encontro, contado a partir das 8h30, é:

$$t = \frac{180}{150} = 1{,}2 \text{ h} = 1 \text{ h } 12 \text{ min}$$

Portanto, o encontro acontece às 8h30 + 1h12 = 9h42.

b) Até o encontro, Ana dirigiu por 0,5 + 1,2 = 1,7 h:

$$d_{\text{Ana}} = 60 \times 1{,}7 = 102 \text{ km}$$

Verificando: Bruno percorreu $90 \times 1{,}2 = 108$ km, e $102 + 108 = 210$ km.

c) Após a parada, Ana retoma a viagem às 9h42 + 15 min = 9h57 e ainda precisa percorrer os 108 km restantes:

$$t_{\text{resto}} = \frac{108}{60} = 1{,}8 \text{ h} = 1 \text{ h } 48 \text{ min}$$

Ela chega a Brasília às 9h57 + 1h48 = 11h45. O tempo total da viagem (das 8h00 às 11h45) é de 3 h 45 min = 3,75 h, e a velocidade média é:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{210}{3{,}75} = 56 \text{ km/h}$$

A velocidade média é menor que 60 km/h porque ela é definida como a distância total dividida pelo tempo total, e o tempo total inclui os 15 minutos em que Ana ficou parada.

Questão 6. Uma folha de papel tem espessura de 0,1 mm. Cada dobra ao meio dobra a espessura da pilha. Use $\pi \approx 3$, raio da Terra $R = 6{,}4 \times 10^6$ m e $2^{10} \approx 10^3$.

a) Quantas dobras são necessárias para que a espessura da pilha seja suficiente para cobrir a circunferência da Terra no equador?

b) Quantas dobras são necessárias para que a espessura da pilha preencha a distância entre Oslo e São Petersburgo, ambas à latitude de 60° N, sendo a diferença de longitude entre elas de 20°? O papel deve ser colocado ao longo do paralelo de 60° N.

Após n dobras, a espessura é $e \cdot 2^n$, com $e = 0{,}1$ mm $= 10^{-4}$ m.

a) Comprimento do equador:

$$C = 2\pi R \approx 2 \cdot 3 \cdot 6{,}4 \times 10^6 \approx 3{,}8 \times 10^7 \text{ m.}$$

Condição: $10^{-4} \cdot 2^n \geq 3{,}8 \times 10^7$, ou seja, $2^n \geq 3{,}8 \times 10^{11}$.

Como $2^{40} = (2^{10})^4 \approx 10^{12}$, temos:

- $2^{39} \approx 5 \times 10^{11}$, que é maior que $3{,}8 \times 10^{11}$;
- $2^{38} \approx 2{,}5 \times 10^{11}$, que é menor que $3{,}8 \times 10^{11}$.

$$\boxed{n = 39 \text{ dobras}}$$

b) O raio do paralelo de 60° é $r = R\cos 60° = R/2$. Seu comprimento total é $2\pi r = \pi R$.

Uma diferença de longitude de 20° corresponde a $20/360 = 1/18$ do paralelo:

$$d = \frac{1}{18}\pi R \approx \frac{3 \cdot 6{,}4 \times 10^6}{18} \approx 1{,}1 \times 10^6 \text{ m}$$

Condição: $10^{-4} \cdot 2^n \geq 1{,}1 \times 10^6$, ou seja, $2^n \geq 1{,}1 \times 10^{10}$.

Como $2^{30} \approx 10^9$:

- $2^{33} \approx 8 \times 10^9$, que é menor que $1{,}1 \times 10^{10}$;
- $2^{34} \approx 1{,}6 \times 10^{10}$, que é maior que $1{,}1 \times 10^{10}$.

$\boxed{n = 34 \text{ dobras}}$

Questão 7. Quatro crianças, A, B, C e D, movem-se em trajetórias circulares concêntricas, cada uma com um raio diferente. As crianças A e B têm velocidade angular ω, e as crianças C e D têm velocidade angular 2ω. Em $t = 0$, todas estão em suas posições iniciais.

a) Qual é o período de cada criança, isto é, o tempo para voltar ao seu lugar de partida?

b) Qual é o menor tempo ($t > 0$) para que as quatro estejam simultaneamente em suas posições iniciais?

Quatro crianças, A, B, C e D, movem-se em trajetórias circulares concêntricas, cada uma com um raio diferente. As crianças A e B têm velocidade angular ω, e as crianças C e D têm velocidade angular 2ω. Em $t = 0$, todas estão em suas posições iniciais.

a) Qual é o período de cada criança, isto é, o tempo para voltar ao seu lugar de partida?

b) Qual é o menor tempo ($t > 0$) para que as quatro estejam simultaneamente em suas posições iniciais?

Questão 8. Vatares, um estudantes de física, se questiona sobre alguns fenômenos envolvendo queda livre. Assim, ele faz experimentos com uma pena(de 0,1 kg) e uma pedra(de 1 kg). Considere dissipações energéticas.

a) Explique qual a principal força responsável por uma pena cair mais lentamente que uma pedra, quando ambas são soltas no ar.

b) O experimento é repetido em uma câmara de vácuo. A pena e a pedra são soltas, do repouso, de uma altura de 45 m. Calcule o tempo de queda de cada objeto. Use $g = 10$ m/s^2.

a) No ar, além do peso, atua sobre cada corpo a força de resistência do ar, que depende da área e da velocidade e se opõe ao movimento. O peso de cada corpo, apesar de diferentes, gerariam uma mesma aceleração da gravidade.

b) No vácuo não há resistência, então os dois corpos têm aceleração g, independente da massa. Partindo do repouso:

$$h = \frac{1}{2}\, g\, t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45}{10}} = \sqrt{9} = 3 \text{ s}.$$

$\boxed{\text{Pena e pedra caem em 3 s, chegando ao solo juntas.}}$