



## OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2023

Prova da 3ª Fase

21 DE OUTUBRO DE 2023

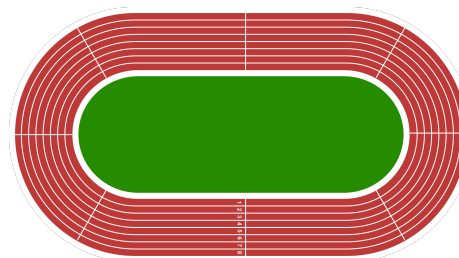
NÍVEL I  
Ensino Fundamental  
8º e 9º Anos

### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos do **8º e 9º anos do ensino fundamental**. Ela contém **oito** questões.
2. Não é permitido uso de calculadoras e material de consulta.
3. Todas as respostas devem ser justificadas.
  - As resoluções e respostas devem ser dadas a tinta com caneta esferográfica azul ou preta (não use caneta de ponta porosa).
  - Use o verso das folhas de questões como rascunho.
4. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
5. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
6. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
7. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\sin(30^\circ) = 0,50$ ;  $\cos(30^\circ) = 0,85$ ;  $\sin(45^\circ) = 0,70$ ;  $\pi = 3$ ; densidade da água =  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ; calor específico da água =  $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ;  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ ; calor latente de vaporização da água =  $540 \text{ cal/g}$ ; velocidade da luz no vácuo  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ; e aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$ .

### Questão 1.

João e Maria costumam treinar juntos em uma pista olímpica de atletismo que tem 8 raias, veja a figura. A raia interna tem 400 m de extensão. Certo dia, João, que está se recuperando de uma pequena lesão, deve caminhar enquanto Maria corre. Eles iniciam o treinamento escolhendo o sentido em que vão dar as voltas, começam no mesmo instante e partem da linha de largada.



O treinamento termina quando Maria completa a décima volta. Sabendo que ambos usam a raia interna e João e Maria se exercitam com velocidades escalares constantes de, respectivamente, 6,00 km/h e 12,0 km/h, determine:

- (a) A distância percorrida por João no instante em que Maria completa a décima volta.
- (b) O número de vezes que Maria ultrapassa João, se ambos dão voltas no sentido anti-horário.
- (c) O número de vezes que Maria cruza com João, se Maria dá voltas no sentido anti-horário e João dá voltas no sentido horário.

### Questão 2.

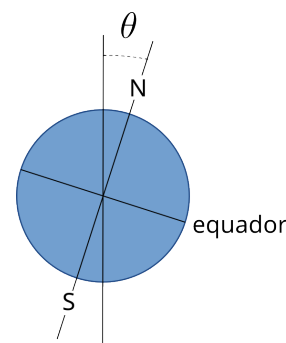
Ondas de calor no Brasil frequentemente levam a temperatura ambiente muito acima da zona de conforto térmico. Em locais abertos como por exemplo estações rodoviárias, pátios de restaurantes, etc, é cada vez mais comum a presença de sistemas de refrigeração que usam nebulizadores, que podem ou não estar acoplados a um ventilador, como o mostrado na figura ao lado. Suponha que um aparelho desses nebulize 100 ml de água por minuto, em um ambiente aberto com ar quente e seco e que 50% das gotículas de água formada se evaporam.



- (a) Explique o funcionamento desses aparelhos em termos dos fenômenos físicos envolvidos. Por que a água deve ser nebulizada? Qual a função do ventilador?
- (b) Estime a quantidade de calor retirada do ambiente por segundo, em joules por segundo, J/s ou Watt ( $1 \text{ J/s} \equiv 1 \text{ W}$ ), de funcionamento desse aparelho.
- (c) A capacidade de resfriamento de ar condicionados convencionais é usualmente dada em BTU (*British Thermal Unit*), onde  $1 \text{ BTU} \approx 0,3 \text{ J/s}$  ou  $1 \text{ BTU} \approx 0,3 \text{ W}$ . Qual a capacidade de refrigeração do aparelho dessa questão em BTU?

### Questão 3.

Seja  $\theta$  a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol. A representação esquemática da Terra dada na figura ao lado, além de  $\theta$ , mostra o eixo de rotação da Terra que passa pelos polos norte (N) e sul (S) e o plano do equador que divide a Terra em dois hemisférios. Considere os casos hipotéticos em que:



(a)  $\theta = 0^\circ$

(b)  $\theta = 90^\circ$

Em cada caso, faça um diagrama que mostre a posição da Terra em torno do Sol e a sua orientação. Em cada diagrama, represente os dias  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ , que marcam, respectivamente os inícios do verão, outono, inverno e primavera no hemisfério Sul. Considerando uma cidade de latitude de  $10^\circ$  sul, indique o intervalo de tempo de claridade em cada um desses dias.

**Questão 4.** Através da famosa equação da equivalência entre massa e energia,  $E = mc^2$ , proposta por Einstein, sabemos que a toda reação, nuclear ou química, que libera energia é acompanhada por uma variação de massa. Sejam,  $m_r$  a massa dos reagentes e  $m_p$  a massa dos produtos, então, a energia liberada na reação é dada por

$$|\Delta E| = |(m_p - m_r)|c^2$$

onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

A primeira Bomba atômica, chamada "Little Boy", detonada sobre a cidade de Hiroshima continha cerca de 64 kg de urânio, dos quais 80% eram o urânio 235, que é a substância físsil, ou seja que sofre fissão nuclear e libera energia. Estima-se que sua explosão liberou uma energia equivalente à explosão de 15 mil toneladas do explosivo químico TNT. A explosão de mil toneladas (1 quiloton, ou 1 kt) de TNT libera, uma energia de, aproximadamente,  $4,2 \times 10^{12}$  J.

Seja  $\eta = (m_p - m_r)/m_r$  a variação relativa de massa envolvida em uma reação nuclear ou química.

- (a) Qual a variação de massa que ocorreu na explosão da "Little Boy"?
- (b) Determine  $\eta$  da explosão da "Little Boy" considerando que todo o material físsil foi consumido.
- (c) Estime  $\eta$  para uma explosão de TNT com energia igual à liberada por "Little Boy". Considere que o único reagente da explosão do TNT é o próprio TNT.

**Questão 5.** Arquimedes, diz a lenda, descobriu uma maneira de verificar se a coroa do rei de Siracusa era feita de ouro puro ou se tinha sido adulterada com um metal menos denso. Suponha que o rei de Siracusa entregou uma barra de ouro de 1000 g a um ourivez para que ele fizesse uma coroa do mesmo peso. Arquimedes descobriu que o volume da coroa poderia ser medido mergulhando a coroa em água e medindo o volume deslocado. Considere as densidades aproximadas, do ouro  $19,0 \text{ g/cm}^3$ , da prata  $10,0 \text{ g/cm}^3$ , da platina  $21,5 \text{ g/cm}^3$  e do cobre  $9,00 \text{ g/cm}^3$ .

- (a) Suponha que o ourives entregou ao rei uma coroa feita com 800 g de ouro e 200 g de prata. Qual a diferença de volume entre a coroa adulterada e uma coroa feita toda de ouro?
- (b) Considere uma liga de cobre e platina. Qual deve ser a proporção de cada metal, em massa, para que a liga possa ser usada em joalheria, em substituição ao ouro, sem que a fraude possa ser identificada pelo método de Arquimedes?

**Questão 6.**

Três bolas de brinquedo,  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , de mesmo raio e massas diferentes são abandonadas, em  $t = 0 \text{ s}$ , da janela de um prédio, localizada 20 m acima de um pátio vazio no piso térreo. A tabela ao lado mostra a altura aproximada das bolas em função do tempo  $t$ .

As bolas estão sob a ação da força gravitacional (peso) e da força de resistência do ar, ou força de arrasto,  $\vec{F}_{ar}$ . Essa força é oposta ao movimento do corpo e sua intensidade é dada por  $F_{ar} = bv^2$ , onde  $v$  é o módulo da velocidade do corpo em relação ao ar e  $b$  é uma constante positiva que depende da geometria do corpo e da densidade do ar.

$t \text{ (s)}$	$y_A \text{ (m)}$	$y_B \text{ (m)}$	$y_C \text{ (m)}$
0,0	20,00	20,00	20,00
0,2	19,80	19,80	19,80
0,4	19,23	19,21	19,20
0,6	18,34	18,23	18,20
0,8	17,21	16,90	16,80
1,0	15,90	15,23	15,00
1,2	14,47	13,26	12,80
1,4	12,97	11,03	10,20
1,6	11,41	8,56	7,20
1,8	9,83	5,89	3,80
2,0	8,25	3,04	0,00

A ação de  $\vec{F}_{ar}$  pode ser desprezada devido, entre outros, à combinação dos seguintes fatores: (1) velocidade suficientemente baixa e (2) corpo suficientemente massivo.

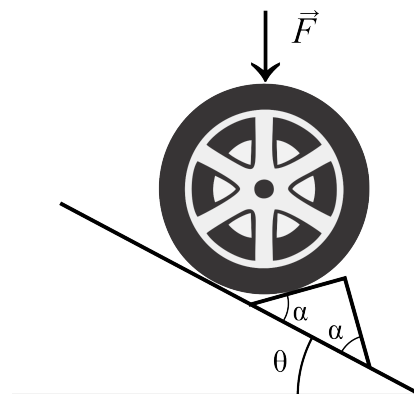
- (a) Todos os corpos em queda no ar, depois de um intervalo de tempo suficientemente longo, se movem com velocidade constante, chamada velocidade terminal. A bola mais leve já atingiu a velocidade terminal? Quando? Qual seu valor?
- (b) Sabendo que a massa da bola mais leve é 10,0 g, qual o valor da constante  $b$ ?
- (c) A ação de  $F_{ar}$  durante toda a queda é desprezível para alguma bola? Qual? Justifique.

### Questão 7.

Um carro está estacionado em um plano inclinado de ângulo  $\theta = 30^\circ$ . Para se assegurar que não deslize, foram colocados calços sob as rodas, conforme esquema na figura. O calço, que está fixo no plano inclinado, forma ângulo  $\alpha$  com ele. Considere uma roda em equilíbrio estático no qual atua uma força  $\vec{F}$  de intensidade de 6000 N. Essa força, aplicada no eixo da roda, corresponde à resultante da carga do carro mais o peso da própria roda.

Desconsidere as forças de atrito. Determine  $N_p$  e  $N_c$ , respectivamente, as intensidades das forças que o plano inclinado e o calço exercem na roda, nos seguintes casos:

- (a)  $\alpha = 30^\circ$
- (b)  $\alpha = 60^\circ$



### Questão 8.

Um copo com base quadrada de lado 5,00 cm e altura 12,0 cm contém 270 cm<sup>3</sup> de água. O copo está fixado em uma base de comprimento  $L = 15,0$  cm, que pode ser inclinada variando-se a altura  $h$ , conforme esquema dado na figura ao lado. Determine:

- (a) A altura do nível da água em relação ao fundo do copo quando a base de fixação é horizontal ( $h = 0$  cm).
- (b) A altura  $h$  de inclinação da base de fixação quando a água no copo está na iminência de derramar.

