

UNICAMP
vestibular
2016

2ª FASE

FÍSICA

2ª Fase • FÍSICA

Introdução

A prova de física constou de 6 questões com dois itens cada. Sendo os itens independentes, pode-se dizer que foram elaboradas 12 questões. Isso permitiu com que a prova abordasse um amplo espectro de temas. O candidato foi convidado a interpretar enunciados elaborados e a manejar informações de forma coerente. Houve a preocupação em contextualizar as questões o máximo possível, incluindo, no caso da questão 9, um problema real publicado em uma conceituada revista científica internacional.

Questão 7

Recentemente, a sonda New Horizons tornou-se a primeira espaçonave a sobrevoar Plutão, proporcionando imagens espetaculares desse astro distante.

- a) A sonda saiu da Terra em janeiro de 2006 e chegou a Plutão em julho de 2015. Considere que a sonda percorreu uma distância de 4,5 bilhões de quilômetros nesse percurso e que 1 ano é aproximadamente 3×10^7 s. Calcule a velocidade escalar média da sonda nesse percurso.
- b) A sonda New Horizons foi lançada da Terra pelo veículo espacial Atlas V 511, a partir do Cabo Canaveral. O veículo, com massa total $m = 6 \times 10^5$ kg, foi o objeto mais rápido a ser lançado da Terra para o espaço até o momento. O trabalho realizado pela força resultante para levá-lo do repouso à sua velocidade máxima foi de $\tau = 768 \times 10^{11}$ J. Considerando que a massa total do veículo não variou durante o lançamento, calcule sua velocidade máxima.

Objetivo da Questão

A questão aborda conceitos de velocidade escalar média e focaliza trabalho realizado por uma força resultante e sua relação com a variação da energia cinética.

Tais conhecimentos podem ser aplicados em outras máquinas que se deslocam mediante a utilização de motores.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O item **a** envolve o cálculo da velocidade escalar média. O resultado correto se obtém dividindo o deslocamento da sonda pelo tempo transcorrido.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{4,5 \times 10^{12} \text{ m}}{3 \times 10^7 \times 9,5 \text{ s}} = 15,8 \times 10^3 \text{ m/s}$$

b) (2 pontos)

No item **b**, para obter a velocidade pedida, o candidato pode utilizar o fato de que o trabalho realizado pela força é exatamente a variação da energia cinética do objeto submetido a tal força.

$$\tau = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\tau}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 768 \times 10^{11}}{6 \times 10^5}} = 1,6 \times 10^4 \text{ m/s}$$

2ª Fase • FÍSICA

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi 2,2.

Comentários Gerais

Questão considerada fácil pela banca elaboradora. Apenas 4,9% dos candidatos tiraram nota zero, como era esperado pela banca.

Questão 8

Plutão é considerado um planeta anão, com massa $M_p = 1 \times 10^{22} \text{ kg}$, bem menor que a massa da Terra. O módulo da força gravitacional entre duas massas m_1 e m_2 é dado por $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, em que r é a distância entre as massas e G é a constante gravitacional. Em situações que envolvem distâncias astronômicas, a unidade de comprimento comumente utilizada é a Unidade Astronômica (UA).

- a) Considere que, durante a sua aproximação a Plutão, a sonda se encontra em uma posição que está $d_p = 0,15 \text{ UA}$ distante do centro de Plutão e $d_T = 30 \text{ UA}$ distante do centro da Terra. Calcule a razão $\left(\frac{F_{gT}}{F_{gP}} \right)$ entre o módulo da força gravitacional com que a Terra atrai a sonda e o módulo da força gravitacional com que Plutão atrai a sonda. Caso necessário, use a massa da Terra $M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- b) Suponha que a sonda New Horizons estabeleça uma órbita circular com velocidade escalar orbital constante em torno de Plutão com um raio de $r_p = 1 \times 10^{-4} \text{ UA}$. Obtenha o módulo da velocidade orbital nesse caso. Se necessário, use a constante gravitacional $G = 6 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$. Caso necessário, use 1 UA (Unidade astronômica) = $1,5 \times 10^8 \text{ km}$.

Objetivo da Questão

A questão aborda o tema gravitação no item **a** e aceleração centrípeta no item **b**. Conhecimentos sobre gravitação são comumente aplicados ao movimento de planetas em razão das grandes massas envolvidas.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

No item **a** o candidato deve retirar do próprio enunciado a expressão para a força gravitacional e montar a razão corretamente, como se indica abaixo. Ao montar a razão pedida, o candidato percebe que algumas grandezas aparecem tanto no numerador quanto no denominador e se cancelam.

$$\frac{F_{gT}}{F_{gP}} = \frac{m_T d_p^2}{d_T^2 m_p} = \frac{6 \times 10^{24}}{10^{22}} \left(\frac{0,15}{30} \right)^2 = 1,5 \times 10^{-2}$$

b) (2 pontos)

No item **b** o candidato deve igualar a aceleração centrípeta com a aceleração gravitacional experimentada pela sonda em sua órbita em torno de Plutão, tal como se fez abaixo. Feito isso, obtém o módulo da velocidade pedida sem maiores problemas, isolando-a na equação abaixo.

2ª Fase • FÍSICA

$$\frac{v^2}{r_p} = \frac{GM_p}{r_p^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_p}{r_p}} = 2 \times 10^2 \text{ m/s}$$

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi 1,6.

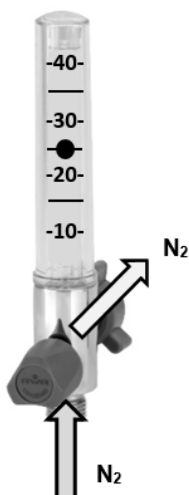
Comentários Gerais

Questão considerada de dificuldade média pela banca elaboradora. 38,8% dos candidatos tiraram nota igual a zero, o maior índice entre as questões da prova.

Questão 9

Os reguladores de pressão são acessórios de segurança fundamentais para reduzir a pressão de gases no interior dos cilindros até que se atinja sua pressão de utilização. Cada tipo de gás possui um regulador específico.

- a) Tipicamente, gases podem ser armazenados em cilindros a uma pressão interna de $P_0 = 2,0 \times 10^7 \text{ Pa}$ e ser utilizados com uma pressão de saída do regulador de $P_1 = 1,6 \times 10^7 \text{ Pa}$. Considere um gás ideal mantido em recipiente fechado a uma temperatura inicial de $T_0 = 300 \text{ K}$. Calcule a temperatura final T_1 do gás se ele for submetido isovolumetricamente à variação de pressão dada acima.
- b) Quando os gases saem dos reguladores para o circuito de utilização, é comum que o fluxo do gás (definido como sendo o volume do gás que atravessa a tubulação por unidade de tempo) seja monitorado através de um instrumento denominado fluxômetro. Considere um tanque cilíndrico com a área da base igual a $A = 2,0 \text{ m}^2$ que se encontra inicialmente vazio e que será preenchido com gás nitrogênio. Durante o preenchimento, o fluxo de gás que entra no tanque é medido pela posição da esfera sólida preta do fluxômetro, como ilustra a figura abaixo. A escala do fluxômetro é dada em **litros/minuto**. A medida do fluxo de nitrogênio e sua densidade $d = 1,0 \text{ kg/m}^3$ permaneceram constantes durante todo o processo de preenchimento, que durou um intervalo de tempo $\Delta t = 12 \text{ h}$. Após este intervalo de tempo, a válvula do tanque é fechada com certa quantidade de gás nitrogênio em repouso no seu interior. Calcule a pressão exercida pelo gás na base do tanque. Caso necessário, use $g = 10 \text{ m/s}^2$.



2ª Fase • FÍSICA

Objetivo da Questão

A questão aborda termodinâmica, mais especificamente, a equação de estado para gases ideais e o conceito de pressão.

Os conhecimentos envolvidos na questão podem ser facilmente aplicados a fenômenos atmosféricos, além do mencionado no próprio enunciado do problema.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

No item **a** se escreve a equação de estado para gases ideais. Aplicando essa equação aos dois estados mencionados no enunciado e percebendo que o produto da constante universal R pelo número de moles n é o mesmo para ambos os estados, encontra-se a temperatura pedida, tal como se faz abaixo.

$$PV = nRT$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

$$T_1 = \frac{1,6 \times 10^7 \times 300}{2 \times 10^7} = 240K$$

b) (2 pontos)

No item **b** deve-se lembrar que a pressão exercida pelo gás na base do tanque equivale ao seu peso dividido pela área da base do tanque. Para isso, deve-se calcular primeiramente a massa do gás contido no tanque através de sua densidade, fornecida no enunciado, e do volume de gás, calculado pelo produto entre o fluxo medido e o intervalo de tempo de 12h.

$$V = 25 \frac{l}{min} \times 12h \times 60 \frac{min}{h} = 18000l$$

$$m = d \times V = 1 \frac{kg}{m^3} \times 18000 \times 10^{-3} m^3 = 18kg$$

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{180}{2} = 90Pa$$

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi 2,4.

Comentários Gerais

Questão considerada de média a difícil pela banca elaboradora. 18,5% dos candidatos tiraram nota igual a zero, baixo índice se comparado com questões de mesmo nível de dificuldade.

Questão 10

O Parque Güell em Barcelona é um dos mais impressionantes parques públicos do mundo e representa uma das obras mais marcantes do arquiteto Antoni Gaudí. Em sua obra, Gaudí utilizou um número imenso de azulejos coloridos.

2ª Fase • FÍSICA

- a) Considere que, no Parque Güell, existe um número $N = 2 \times 10^6$ de azulejos cujas faces estão perfeitamente perpendiculares à direção da radiação solar quando o sol está a pino na cidade de Barcelona. Nessa situação, a intensidade da radiação solar no local é $I = 1200 \text{ W/m}^2$. Estime a área de um azulejo tipicamente presente em casas e, a partir da área total dos N azulejos, calcule a energia solar que incide sobre esses azulejos durante um tempo $t = 60 \text{ s}$.
- b) Uma das esculturas mais emblemáticas do parque Güell tem a forma de um réptil multicolorido conhecido como *El Drac*, que se converteu em um dos símbolos da cidade de Barcelona. Considere que a escultura absorva, em um dia ensolarado, uma quantidade de calor $Q = 3500 \text{ kJ}$. Considerando que a massa da escultura é $m = 500 \text{ kg}$ e seu calor específico é $c = 700 \text{ J/(kg.K)}$, calcule a variação de temperatura sofrida pela escultura, desprezando as perdas de calor para o ambiente.

Objetivo da Questão

A questão mobiliza conhecimentos de Termodinâmica e envolve estimativa das dimensões de um azulejo comum. Os conhecimentos envolvidos (intensidade de radiação solar, energia transferida, variação de temperatura) podem ser aplicados diretamente em questões importantes como energias renováveis (células solares).

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

No item **a**, pede-se ao candidato que calcule a energia incidente nos azulejos durante 60 s. Para isso, deve multiplicar a intensidade da radiação solar por 60s e pela área total dos N azulejos. Se estimarmos a área de um azulejo como 100 cm^2 , teremos:

$$E = I \times A \times \Delta t = 1,2 \times 10^3 \times 2 \times 10^6 \times 60 \times A \quad A \cong 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} .$$

Estimando a área de um azulejo como $A \cong 10^{-2} \text{ m}^2$, temos $E = 1,44 \times 10^9 \text{ J}$.

b) (2 pontos)

No item **b** deve-se lembrar que o calor transferido (energia), neste caso, equivale ao produto da massa da escultura por seu calor específico e pela variação da temperatura experimentada por ela. Desta forma, obtém-se a variação de temperatura pedida como se resolve abaixo.

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{3,5 \times 10^6}{5 \times 10^2 \times 7 \times 10^2} = 10 \text{ K}$$

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi 2,5,

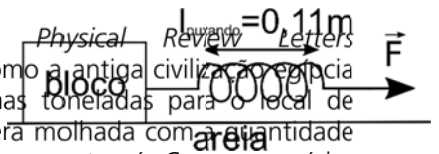
Comentários Gerais

Questão de dificuldade média; apenas 15,8 % dos candidatos tiraram nota zero, o segundo menor índice entre as questões da prova.

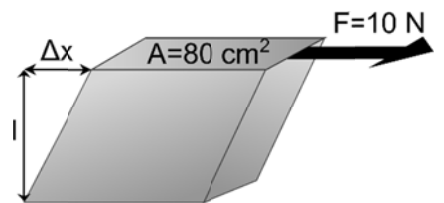
2ª Fase • FÍSICA

Questão 11

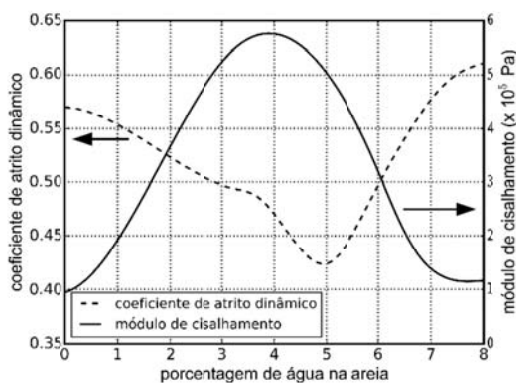
Um estudo publicado em 2014 na renomada revista científica *Physical Review Letters* (<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.112.175502>) descreve como a antiga civilização egípcia reduzia o atrito entre a areia e os trenós que levavam pedras de até algumas toneladas para o local de construção das pirâmides. O artigo demonstrou que a areia na frente do trenó era molhada com uma quantidade certa de água para que ficasse mais rígida, diminuindo a força necessária para puxar o trenó. Caso necessário, use $g = 10 \text{ m/s}^2$ para resolver as questões abaixo.



a) Considere que, no experimento realizado pelo estudo citado acima, um bloco de massa $m = 2 \text{ kg}$ foi colocado sobre uma superfície de areia úmida e puxado por uma mola de massa desprezível e constante elástica $k = 840 \text{ N/m}$, com velocidade constante, como indica a figura ao lado. Se a mola em repouso tinha comprimento $l_{\text{repouso}} = 0,10 \text{ m}$, qual é o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e a areia?



b) Neste experimento, o menor valor de coeficiente de atrito entre a areia e o trenó é obtido com a quantidade de água que torna a areia rígida ao cisalhamento. Esta rigidez pode ser caracterizada pelo seu módulo de cisalhamento, dado por $G = F / A\Delta x$, em que F é o módulo da força aplicada tangencialmente a uma superfície de área A de um material de espessura l , e que a deforma por uma distância Δx , como indica a figura ao lado. Considere que a figura representa o experimento realizado para medir G da areia e também o coeficiente de atrito dinâmico entre a areia e o bloco, ambos em função da quantidade de água na areia. O resultado do experimento é mostrado no gráfico apresentado no espaço de resolução abaixo. Com base no experimento descrito, qual é o valor da razão $l / \Delta x$ da medida que resultou no menor coeficiente de atrito dinâmico?



Note que há duas escalas para o eixo das ordenadas, uma para cada curva. A legenda e as setas indicam as escalas de cada curva.

2ª Fase • FÍSICA

Objetivo da Questão

Além de exigir conhecimentos básicos como força de atrito e força elástica, essa questão procura avaliar a capacidade do candidato em leitura de gráficos mais complexos. O gráfico da questão exige uma dupla leitura. Os demais conhecimentos necessários para a solução do problema se encontram no enunciado. O problema foi inspirado em um artigo publicado recentemente em uma revista científica internacional de alto nível (referência no enunciado do problema).

Os conhecimentos aqui abordados foram utilizados na tentativa de elucidar uma grande questão relacionada à arquitetura egípcia.

Resposta Esperada

No item **a** o candidato deve igualar a força de atrito dinâmico com a força elástica exercida pela mola, tal como exposto a seguir:

a) **(2 pontos)**

$$F_{at} = \mu \times N = \mu \times m \times g = K \times \Delta l$$

$$\mu = \frac{K \Delta l}{mg} = \frac{840 \times 0,01}{2 \times 10} = 0,42$$

No item **b**, da leitura do gráfico se conclui que 5% de água na areia correspondem ao menor coeficiente de atrito dinâmico. Logo, também a partir do gráfico, temos:

b) **(2 pontos)**

$$G = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$G = \frac{F l}{A \Delta x}$$

$$\frac{l}{\Delta x} = \frac{AG}{F} = \frac{80 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^5}{10} = 400.$$

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi: 1,6.

Comentários Gerais

A questão envolve a interpretação de um texto com um número elevado de informações e a leitura dupla de um gráfico. A questão foi considerada difícil pela banca elaboradora; 37,8% dos candidatos tiraram nota zero, o segundo maior índice entre as questões da prova.

Questão 12

Sabe-se atualmente que os prótons e nêutrons não são partículas elementares, mas sim partículas formadas por três *quarks*. Uma das propriedades importantes do *quark* é o sabor, que pode assumir seis tipos diferentes: *top*, *bottom*, *charm*, *strange*, *up* e *down*. Apenas os *quarks up* e *down* estão presentes nos prótons e nos nêutrons. Os *quarks* possuem carga elétrica fracionária. Por exemplo, o *quark up* tem carga elétrica igual a $q_{up} = +2/3 e$ e o *quark down* $q_{down} = -1/3 e$, onde e é o módulo da carga elementar do elétron.

a) Quais são os três *quarks* que formam os prótons e os nêutrons?

2ª Fase • FÍSICA

- b) Calcule o módulo da força de atração eletrostática entre um *quark up* e um *quark down* separados por uma distância $d = 0,2 \times 10^{-15} \text{ m}$. Caso necessário, use $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$ e $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Objetivo da Questão

Trata-se de uma questão sobre física moderna, que aborda o conceito de força eletrostática. O candidato não precisa dominar física nuclear para resolver a questão. Todas as informações pertinentes estão no enunciado.

Resposta Esperada

No item **a**, deve-se efetuar uma conta simples para se chegar aos *quarks* pedidos, de tal forma que o nêutron resulte com carga zero e o próton com carga $+e$.

a) (2 pontos)

$$q_n = 0$$

$$q_p = +e$$

$$n \text{ p } 1 \text{ up} + 2 \text{ down}$$

$$p \text{ p } 2 \text{ up} + 1 \text{ down}$$

O item **b** envolve a aplicação direta da expressão para a força eletrostática entre duas cargas elétricas, como se faz abaixo:

b) (2 pontos)

$$F = \frac{Kq_1q_2}{d^2}$$

$$= \frac{-\frac{2}{3} \times \frac{1}{3} \times 9 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{(0,2 \times 10^{-15})^2} = -1,28 \times 10^3 \text{ N}$$

$$|F| = 1280 \text{ N}$$

Desempenho dos candidatos

A nota média dos candidatos (entre zero e 4 pontos) foi: 1,9.

Comentários Gerais

A questão foi considerada fácil pela banca elaboradora, porém 29% dos candidatos tiraram zero e a nota média foi a segunda mais baixa da prova. Pelo nível de conhecimento envolvido, este resultado não era esperado pela banca.