

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2017

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

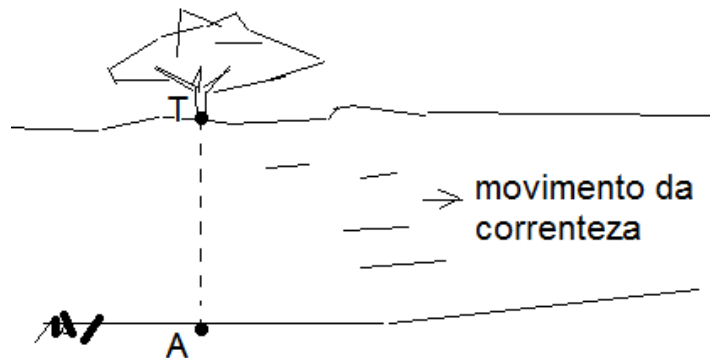


LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela contém **oito questões teóricas**.
 - 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 a 1ª série**.
 - 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 da prova é de **quatro horas**, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa(90) minutos**.
-

QUESTÕES TEÓRICAS

B.1 – (somente para a 1ª série) Na escola em que Fernando estuda surgiu o seguinte problema: colocando um barco a motor para atravessar um rio, em direção sempre perpendicular à correnteza e com velocidade constante, como saber a distância que ele irá atracar na margem oposta? Após intensa discussão, concluiu-se precisar conhecer a velocidade do barco, a largura do rio e a velocidade da correnteza. Para determinar a largura do rio Fernando propôs o método da triangulação uma vez que, do lado oposto, havia uma árvore na margem do rio. Ele mostrou, através de um diagrama, como proceder: marcou no papel a árvore, existente na margem oposta, com a letra T. Traçou uma linha perpendicular ao movimento da correnteza, da árvore até a margem na qual se encontrava, e marcou a posição onde deveria ser fincada uma estaca colocando a letra A como mostra o desenho. Deste ponto, a pessoa deveria se afastar da margem do rio e fincar uma estaca na posição B de maneira que esta fique alinhada com a estaca A e a árvore. Em seguida deve retornar ao ponto A, andar no sentido da correnteza e paralelo a ela e fincar uma estaca na posição C. Depois ir para a estaca B e afastar-se dela, andando no mesmo sentido da correnteza e paralelo ela, até encontrar uma posição para colocar a estaca D de maneira que ela fique alinhada com a estaca C e a árvore T.



- a) O desenho só mostra os pontos T e A indicados por Fernando. Faça um diagrama completo da situação, conforme as explicações dele;
- b) Supondo que os comprimentos encontrados foram $AB = 6$ m, $AC = 60$ m e $BD = 62$ m, determine a largura do rio;

B.2 – (somente para a 1ª série) A Física ganhou notoriedade porque é capaz não apenas de descrever um fenômeno, mas também de quantificá-lo. Esta quantificação tanto pode utilizar equações algébricas como representação gráfica. Uma situação simples descrita abaixo permite o uso das duas.

Dois automóveis encontram-se em uma estrada, distantes e voltados um para o outro. O automóvel A move-se com velocidade constante igual a 5m/s enquanto o automóvel B encontra-se parado. Quando o automóvel A fica a 100m do automóvel B, este começa o movimento a partir do repouso, com aceleração constante igual a 10 m/s². Considere os automóveis como pontos materiais e que o automóvel A tem seu deslocamento no sentido positivo do eixo dos deslocamentos. Calcule algebricamente o instante em que eles se encontram.

B.3—Em 1644 René Descartes, ao publicar sua obra *Princípios de Filosofia*, afirmou:

[...] parece-me evidente que só pode ser Deus, cuja onipotência deu origem à matéria com o seu movimento e repouso das suas partes [...] tendo posto as partes da matéria em movimento de diversas maneiras, manteve-as sempre a todas da mesma maneira e com as mesmas leis que lhes atribuiu ao criá-las e conserva incessantemente nesta matéria uma quantidade igual de movimento¹.

A discussão sobre a “conservação do movimento” era ponto de destaque entre os intelectuais no século XVII. O problema girava em torno da quantificação desta quantidade de movimento.

Em 1668, Christiaan Huygens analisou o problema pormenorizadamente e forneceu uma maneira de calcular (considerando a soma da quantidade aritmética mv^2), porém não era em qualquer interação que ela se conservava.

Resolver o problema primeiro passava por usar as palavras em sentido mais preciso o que não acontecia na época. Em certos momentos usavam uma palavra que parecia dizer o que hoje denominamos empurrão, em outro, momento linear e, às vezes, o que hoje denominamos energia.

Na obra, “*Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*”, Isaac Newton começou por definir o que ele entendia por quantidade de movimento, como “a obtida da velocidade e da quantidade de matéria conjuntamente” (ou seja, $m.v$) e nos Axiomas ou leis do movimento, em seu Corolário III afirmou que:

A quantidade de movimento que se obtém tomando a soma dos movimentos realizados em uma direção e a diferença dos realizados em sentidos contrários, não muda pela ação dos corpos entre si².

Ao definir quantidade de movimento ele focou no fenômeno, e no corolário apresentou a solução para problemas observados na época, como a aparente “destruição do movimento” quando dois corpos em movimentos contrários se chocam e param. Nesta situação a quantidade de movimento do sistema era nula antes do choque e permaneceu nula após o choque: portanto, houve conservação.

Porém, como você pode perceber na descrição do fenômeno, alguma coisa aparentemente parece não ter se conservado. Realmente, a quantidade hoje conhecida como $\frac{mv^2}{2}$, energia cinética, nem sempre se conserva. O exemplo de uma colisão na qual as duas quantidades acima se conservam é a seguinte:

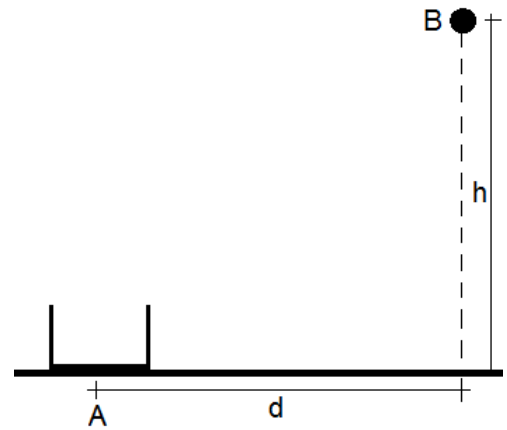
“Quando uma bola A colide com outra B, parada e de igual massa, a primeira bola A para e a segunda B entra em movimento com a velocidade que possuía a primeira”.

Esta situação é consistente simultaneamente com a lei da conservação do momento linear e da conservação da energia cinética. Mostre que a primeira afirmação (a primeira bola A para e a segunda B entra em movimento com a velocidade que possuía a primeira) é correta combinando as equações que exprimem as duas leis.

¹DESCARTES, René. *Princípios da Filosofia*. Portugal. Lisboa: Edições 70.

²NEWTON, Isaac. *Principios Matemáticos de la Filosofia Natural*. Vol.1. Espanha. Madrid, Alianza Editorial, S.A., 1987.

B.4 – Sobre uma superfície horizontal sem atrito move-se uma caixa de massa 10 kg, oca e aberta em sua parte superior, com velocidade igual a 4,0 m/s. Quando a caixa passa pela posição A deixa-se cair, da posição B a 20 m de altura da superfície horizontal, sob ação da gravidade, uma bola plástica de massa igual a 10 kg que cai dentro da caixa e fica grudada no fundo dela (considere $g = 10 \text{ m/s}^2$). Determine o incremento da energia térmica da bola após o impacto.



B.5 – Quando Copérnico lançou sua obra “De Revolutionibus Orbium Coelestium” em 1543, provocou profundas questões filosóficas. Os problemas foram tantos que parece surpreendente que sua teoria tenha sobrevivido no século XVI.

O modelo proposto por Copérnico precisou vencer muita oposição, não apenas teológica, mas também científica. “A reação quase unânime dos astrônomos foi considerar a teoria de Copérnico como fisicamente absurda, embora matematicamente genial e adequada” [...] ele não “resolveu os problemas básicos do heliocentrismo: mostrar que a Terra se move, desenvolver uma dinâmica não aristotélica, estabelecer uma teoria da gravidade [...] como ele pretendia descrever a realidade, precisaria ter boas respostas para certas perguntas: [...] por que não somos atirados para fora da Terra, por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que mostre que ela se move?”³. Afinal, o eminente Johannes de Sacrobosco, por volta do século XIII, escreveu em seu “Tratado da Esfera”, “que o assento da Terra seja no meio do firmamento se prova desta maneira: quer as estrelas estejam no meio do céu, quer no Oriente, quer no Ocidente, de uma mesma quantidade parecem aos que estão na face da Terra”⁴.

Hoje, com exceção de uns poucos criacionistas representados pela The Creation Science Association for Mid-America, que ainda acreditam no geocentrismo, a maioria da população aceita o heliocentrismo. Esta aceitação, porém, ocorre muitas vezes em função da autoridade usufruída pela ciência na sociedade e não porque o cidadão comum reconheça os fatos físicos envolvidos. O próprio Copérnico afirmou que pensar na mobilidade da Terra era uma opinião que parecia absurda.

Provavelmente ele pensava que, em estando a Terra em movimento, um corpo deixado cair do alto de uma torre, não tocaria o pé da torre, como acontece na realidade, e sim uma posição mais adiante ou mesmo se chocaria com a torre. Os fatos pareciam contradizer a ideia do movimento da Terra, pois as pedras sempre caem ao pé da torre. Para muitos esta seria a prova que a Terra se encontra em repouso. Para demonstrar que esta conclusão é falsa a seguinte experiência pode ser realizada:

“Coloca-se um barco em movimento com velocidade constante de 10 m/s e em linha reta, em um lago de águas paradas, deslocando-se para a direita em relação a um observador postado na margem do lago. Do alto do mastro, um marinheiro solta uma pedra. A altura que ele solta a pedra é de 5 m. A aceleração da gravidade local é de 10 m/s^2 e a resistência do ar é desprezada para o cálculo.

- Qual das três Leis do Movimento de Newton explica o fato de que a bola, abandonada do alto do mastro, venha a cair ao pé dele, mesmo com o barco em movimento?
- Qual a distância horizontal percorrida pela pedra desde o instante que o marinheiro a abandonou até ela chegar ao convés do barco?”

³MARTINS, Roberto de Andrade. Commentariolous, Nicolau Copérnico. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2ª edição, 2003.

⁴SACROBOSCO, Johannes de. Tratado da Esfera. Tradução de Pedro Nunes, atualização para o português contemporâneo Carlos Ziller Camenietzki. São Paulo: Editora UNESP, 2011.

B.6 – No século XVII, no continente europeu, era comum a retirada de água de poços por intermédio de bombas de elevação. Na figura 1 temos o diagrama de uma bomba de elevação comumente usada na época para elevar água. Ela possui as válvulas, A e B, um pistão, um cabo ligado ao pistão e um cano que é introduzido no recipiente que contém a água que se deseja retirar. A letra **h** é a altura representada na figura 1.

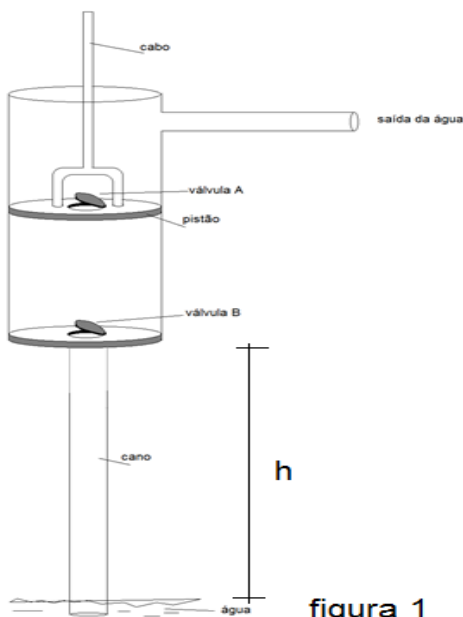
Quando o pistão é acionado para baixo através do cabo, a válvula B fecha e a válvula A abre fazendo o ar passar da parte inferior para a parte superior do pistão e escapar pela “saída de água”; quando o pistão é puxado com auxílio do cabo, a válvula B abre e a válvula A é fechada, fazendo a água subir pelo cano até o recipiente. Quando o pistão é novamente acionado para baixo, a válvula B fecha e a válvula A abre fazendo com que a água acumulada acima da válvula B, escape através da válvula A e alcance a “saída de água”. Repetindo-se o movimento de empurrar e puxar o pistão, consegue-se retirar água do poço. Quando a água do poço é retirada o comprimento **h** aumenta.

Na época, a explicação do porquê a água subia pelo cano tinha como base a teoria de Aristóteles segundo a qual “a natureza tem horror ao vácuo”.

Porém, foi constatado um problema com o uso destas bombas como relata Galileu em sua obra “Discurso e Demonstração Matemática em torno de Duas Novas Ciências”:

Sagredo – Há algum tempo, observei um poço no qual, para retirar água, foi colocada uma bomba por alguém [...] essa bomba funciona perfeitamente enquanto a água do poço se mantém num determinado nível; quando, porém, a água baixa para além desse nível, a bomba deixa de funcionar [...]⁵

Sagredo estava afirmando que a água só conseguia subir atravessando a válvula B quando o comprimento entre ela e o nível da água fosse menor que **h** conforme mostra a figura 1. Evidentemente que o conceito aristotélico do horror da natureza ao vácuo exigia uma explicação



do fato pelo qual o horror se estendia apenas a uma limitada distância. Como um bom cientista, Galileu explicou este fato:

Sagredo – [...] este limite é inalterável, sejam as bombas grandes ou pequenas [...] uma barra de ferro, permanecendo suspensa, pode ser aumentada tanto que finalmente se quebre devido ao próprio peso [e] o mesmo deveria acontecer, e com maior facilidade, com [...] um cilindro de água, que preso pela parte superior e alongado cada vez mais [...] sobrecarregado pelo próprio peso, se rompe como se fosse uma corda⁶.

Sabemos hoje que esta não é a explicação correta. Foram os alunos de Galileu, Torricelli e Viviani, que explicaram de forma adequada o fenômeno levando em conta que o ar tem peso e, tendo peso, faz pressão sobre o nível da água no poço. Quando o êmbolo é puxado, ele provoca um desequilíbrio momentâneo de pressão sobre a superfície

da água contida no tubo. Isto faz com que a água suba para restabelecer o equilíbrio.

- Por que quando o êmbolo é puxado ocorre este desequilíbrio de pressão na superfície do líquido no interior do tubo?
- Considerando que a pressão atmosférica de 1atm é aproximadamente 10^5 N/m², a densidade da água é igual a 1 g/cm³ e a gravidade local é igual a 10 m/s², determine a altura **h** máxima para que a bomba de elevação funcione em local cuja pressão atmosférica seja igual a 0,9 atm.

⁵GALILEI, Galileu. Duas Novas Ciências. São Paulo: Editora Nova Stella, 1ª edição.

⁶Idem.

B.7 – Durante o fim do século XVIII e início do XIX floresceu na Alemanha uma escola filosófica que ficou conhecida como “filosofia natural”. Para estes filósofos, a ideia de que a natureza poderia ser compreendida em termos de uma máquina feita de matéria sem vida e de movimento não era apenas sombria, mas causava repulsa.

“Na altura em que a conservação da energia foi estabelecida e geralmente aceita, a filosofia natural já não era popular. [...] De fato, a princípio alguns cientistas renitentes duvidaram da lei de conservação da energia simplesmente por não aceitarem a filosofia natural. Por exemplo, William Barton Rogers, fundador do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, escreveu da Europa ao seu irmão, em 1858: ‘Parece-me que muitos dos que discutem esta questão da conservação da força estão a mergulhar na neblina do misticismo’”.

“Contudo, a lei de conservação da energia foi tão rapidamente e com tanto sucesso posta em uso em física, que as suas origens filosóficas foram depressa esquecidas. Este episódio recorda-nos uma lição [...]: no trabalho do dia a dia dos cientistas, a experimentação e a teoria matemática são os guias habituais. Mas ao proceder-se a um avanço verdadeiramente importante na ciência, a especulação filosófica também desempenha muitas vezes papel importante”⁷.

Para incluir o calor, a lei da conservação da energia é denominada Primeira Lei da Termodinâmica e comumente é expressa por:

$$\Delta E = \Delta W + \Delta H$$

Sendo ΔE a variação de energia total do sistema; ΔW o trabalho efetuado **sobre** o sistema menos o trabalho efetuado **pelo** sistema; ΔH o calor adicionado ao sistema menos o calor cedido pelo sistema.

Se 80 J de calor forem adicionados a um sistema que realiza 20 J de trabalho externo, em quanto se elevará a energia total do sistema?

B.8 – O escritor inglês William Golding, agraciado com o Nobel de Literatura em 1983 pelo conjunto da obra, em 1954 havia publicado o romance *Lord of the Flies*, publicado no Brasil pelo selo Alfaguara com o título *Senhor das Moscas*. Este romance procura discutir o que aconteceria a um grupo de crianças caso vivessem sozinhos em uma ilha deserta. Em certo trecho do romance o escritor faz referência a um fenômeno físico: os garotos precisam acender uma fogueira, mas não possuem fósforos; eles tentam inicialmente esfregando um pedaço de madeira seca em outra, porém não alcançam o objetivo. Até que:

De repente, Jack apontou para Porquinho.

“Os óculos dele – a gente pode usar a lente!”

Porquinho se viu cercado antes que conseguisse recuar.

“Me larga!” Sua voz adquiriu o tom de um grito de terror quando Jack arrancou os óculos do seu rosto. “Para com isso! E me devolve aqui! Não estou enxergando nada! [...]”

[...] Ralph deslocava as lentes de um lado para o outro, para frente e para trás, até uma imagem concentrada e muito luminosa do sol aparecer num pedaço de madeira podre [...]

Ralph pôs os óculos nas mãos ávidas de Porquinho [...]

“Tudo borrado, só isso. Eu mal conseguia ver a minha mão”.

E para não deixar qualquer dúvida quanto ao problema enfrentado por Porquinho, quase ao final do livro, quando lhe roubam os óculos o escritor comenta:

[...] e Porquinho, sem expressão, permanecia sentado atrás da barreira luminosa da miopia⁸.

A miopia é um transtorno ocular que impede o sujeito de enxergar objetos a partir de uma certa distância do olho. Os médicos fornecem a receita indicando a convergência da lente em dioptrias

⁷FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, Projecto de Física (Harvard Project Physics). Vol. 3 – O Triunfo da Mecânica. Lisboa, Portugal, 1980.

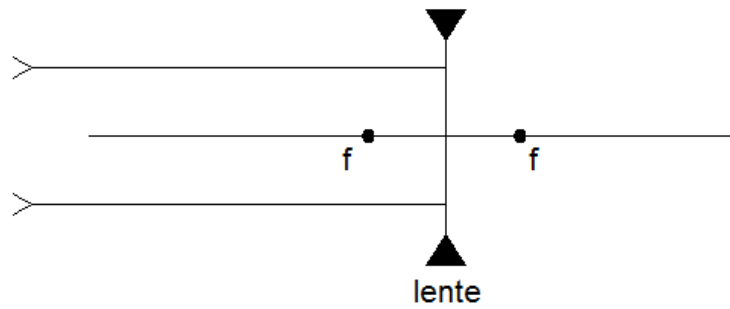
⁸GOLDING, William. Senhor das Moscas, Coleção Alfaguara, Rio de Janeiro: Objetiva, 2014.

(di). Como o personagem chega a afirmar que mal conseguia ver a própria mão, supondo que ela estivesse colocada a 50 cm do rosto:

01) Qual a convergência da lente usada pelo personagem Porquinho?

02) Considerando que o Sol está muito distante da Terra e seus raios chegam paralelos, complete o desenho traçando os raios de luz refratados, indique a posição que a imagem do Sol se forma, o tipo da imagem e que conclusão você chega sobre o fenômeno físico descrito no texto "Senhor das Moscas".

03)



Copie o desenho para a folha de respostas e complete.