

---

## QUESTÕES DE FÍSICA DO ENEM/2009<sup>++</sup>

---

*José Maria Filardo Bassalo*  
Fundação Minerva  
Belém – PA

### Resumo

*Análise crítica-constructiva das Questões de Física (Caderno Azul) da Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do ENEM/2009, compreendendo seu enunciado, alternativas propostas e as respostas.*

**Palavras-chave:** ENEM/2009. Questões. Soluções. Respostas.

### Abstract

*A critical-constructive analysis of the Physics Questions (Blue Book) from the Natural Sciences and its Technologies test, of ENEM/2009, including their statements, multiple-choice alternatives and answers.*

**Keywords:** ENEM/2009. Questions. Solutions. Answers.

## I. Introdução

Neste artigo, será feita uma análise crítico-constructiva das Questões de Física (Caderno Azul) da *Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, do ENEM/2009, compreendendo seu enunciado, alternativas propostas e a resposta

---

<sup>+</sup> Physics questions of ENEM/2009

<sup>\*</sup> *Recebido: outubro de 2010.*  
*Aceito: maio de 2011.*

dada em seu Gabarito. Para essa análise, observar-se-á a posição de um aluno que seja interessado em saber mais do que os livros didáticos normalmente apresentam, que navega na Internet sobre o contexto histórico-conceitual da Física e da Tecnologia, e que lê livros sobre a História da Ciência e sua relação com a Tecnologia, uma vez que cada Questão de Física das Provas do ENEM sempre procura estabelecer aquela relação.

## II. As questões

**Questão 5:** *Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do Universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexactidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do Universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que sua órbita é elíptica. Esse resultado foi generalizado para os demais planetas.*

*A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que*

A. *Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.*

B. *Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.*

C. *Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.*

D. *Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.*

E. *Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.*

Para a escolha da alternativa certa, o aluno considerado começa a comparar a relação que existe entre as alternativas propostas e o que está escrito no enunciado da Questão. Assim, depois de ler o enunciado, ele examina a alternativa A: - *Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.* Para poder aceitá-la ou descartá-la, ele volta ao enunciado para ver o que é

dito sobre Copérnico: - Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do Universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. A tradição antiga, pensou nosso personagem, deve se referir aos dois principais modelos planetários geocêntricos da Antiguidade. O primeiro deles era o das **esferas homocêntricas**, de Eudoxo (c.408-c.355 a.C.)-Calipo (c.370-c.300 a.C.)-Aristóteles (384-322 a.C.), segundo o qual o movimento dos planetas (incluindo Sol e Lua) era resultante de um conjunto de 27 esferas homeocêntricas à Terra. Contudo, esse modelo não explicava as observações astronômicas até então conhecidas, principalmente duas delas bem intrigantes: 1) o movimento retrógrado de Marte, Júpiter e Saturno [movimento pelo qual o planeta, no céu das estrelas fixas, se move em um determinado sentido até um “ponto estacionário” e, depois, volta no sentido oposto até um outro “ponto estacionário”, retomando então o primeiro sentido, assim por diante, formando laços (cúspides)]; 2) as velocidades variáveis desses planetas em cada órbita respectiva. Considerando essas dificuldades, o matemático grego Apolônio de Perga (c.261-c.190 a.C.) propôs o **modelo epiciclo-deferente** em que o centro de um círculo menor (**epiciclo**, no qual circula o planeta), se desloca ao longo de um círculo maior (**deferente**), em cujo centro situa-se o astro em torno do qual orbita o planeta. Esse modelo, embora explicasse o movimento retrógrado, não explicava a variação das velocidades planetárias. Para contornar essa dificuldade, Hiparco de Nicéia (c.190-c.120 a.C.) introduziu o conceito de **excentricidade** no modelo de Apolônio, conceito este que foi melhor definido por Copérnico e que lhe deu o nome de **equante**. Esse era um ponto que não correspondia nem ao centro da Terra, nem ao centro do **deferente** e, de tal modo que um objeto colocado nele veria o centro do **epiciclo** se deslocar com velocidade angular uniforme. Considerando esse raciocínio, o aluno pensou escolher como certa a alternativa A: - *Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais*, pois se enquadravam no que havia pensado e narrado acima. Porém, refletiu um pouco mais sobre o objetivo principal do ENEM, que é o de selecionar o mais apto (no conceito darwiniano do termo) entres os alunos que fazem esse Exame, achou que havia alguma “pegadinha” no enunciado. Revendo seu raciocínio, percebeu qual era ela: o enunciado fala em órbitas circulares e, no modelo de Apolônio-Hiparco-Ptolomeu, a órbita é epicicloidal. Está aí a “pegadinha”, pensou para si mesmo, então concluiu que a alternativa A deveria, no primeiro momento, ser deixada de lado, muito embora se enquadrasse bem no seu conhecimento histórico-conceitual acima descrito, e que, no entanto, tal conhecimento não estava claramente incluído no enun-

ciado da Questão em análise. Talvez o tivesse, refletiu, porém disfarçadamente incluído na afirmação: - *A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época*, o que é verdade. Por isso, deixou a alternativa A para depois.

Em busca de uma provável segunda resposta, releu as alternativas B e C, que se relacionam com o trabalho de Copérnico, e foi ao enunciado para ver o que este dizia sobre Copérnico. Leu o seguinte: - *Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexactidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do Universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele*. Em vista disso, examinou primeiro a alternativa B: - *Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol*. Recorrendo ao que aprendera sobre a história dos sistemas planetários, lembrou-se que o heliocentrismo já havia sido defendido por Aristarco de Samos (c.320-c.250 a.C.). Além do mais, o intrigante movimento retrógrado dos planetas era naturalmente explicado por esse modelo, bastando para isso considerar as diferentes velocidades (consideradas constantes e que diminuía a partir de Mercúrio), vistas da Terra, dos planetas em torno do Sol. Portanto, não precisava dos epiciclos para explicar o movimento retrógrado. No entanto, ele não conseguiu saber a razão de os planetas terem sua velocidade variável em suas órbitas. Para explicar essa variação, Copérnico teve de utilizar o artifício matemático dos *epiciclos*. De posse dessas lembranças e recordando que o Rei Sol, o Phra (RA ou RE) dos egípcios, já havia, há milhares de anos, perdido seu prestígio “político faraônico”, e que o outro Rei Sol, Luís XIV (1638-1715), ainda não havia nascido, descartou a alternativa B por ela não apresentar nenhum sentido.

Em vista desse descarte, voltou-se para a alternativa C: - *Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades*. Ora, conhecedor da vida de Copérnico por suas leituras complementares, nosso aluno sabia que o clérigo polonês, além de astrônomo, foi também médico (de várias autoridades eclesiásticas polonesas, bem como da realeza polonesa) e economista de grande prestígio em Warmia, na Polônia, quando resolveu, com plena autoridade do governo de Warmia, um problema sério de inflação que aconteceu nas primeiras décadas do Século XVI naquele país. Portanto, parece que essas diversas atividades exercidas por Copérnico decorriam da liberdade que existia da pesquisa científica, pelo menos na Polônia, além de ser incentivada pelas autoridades polonesas. Porém, com cautela, nosso aluno examinou essa alternativa, embora correta, viu que a mesma estava fora do enunciado da Questão, pois o texto da mesma não falava nada sobre as áreas da ciência atuadas por Copérnico (Medi-

cina e Economia), já que dizia apenas que Copérnico, *ao encontrar inexactidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo...* . Desse modo, pensando tratar-se de mais uma “pegadinha” (*a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades*), deixou a alternativa C também de sobreaviso (por lhe parecer correta), caso não encontrasse a alternativa certa.

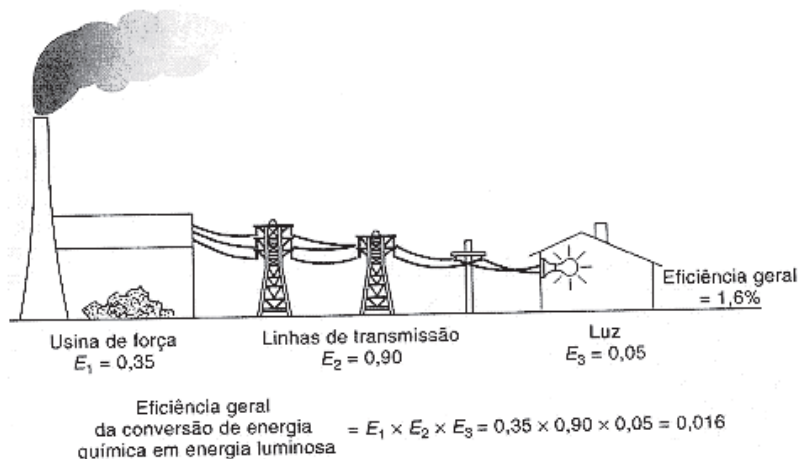
Como as duas últimas alternativas (D, E) se relacionavam com Kepler, nosso personagem voltou ao enunciado para ver o que o mesmo dizia sobre Kepler. Encontrou que: - *Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.* Terminada essa leitura, examinou, então, a alternativa D: - *Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.* De suas leituras sobre o trabalho de Kepler, o nosso aluno sabia que Kepler começou a estudar o modelo de Copérnico, em 1595, tentando enquadrar suas órbitas dentro dos cinco sólidos pitagóricos-platônicos [tetraedro, hexaedro (cubo), octaedro, dodecaedro e icosaedro]. Como não conseguiu, e sabendo que o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), em seu observatório Uraniborg, situado na ilha de Hveen, tinha realizado observações confiáveis sobre a órbita do planeta Marte, foi então para lá em 1600, começando a examiná-las. Depois de usar uma série de combinações de círculos para as órbitas de Marte, percebeu que havia uma diferença de 8 minutos de arco. No entanto, como essa diferença era inaceitável, devido ao esmero das observações de Tycho, Kepler passou, então, a tentar órbitas ovaladas, até chegar à elíptica [aliás, esta já havia sido proposta pelo astrônomo islâmico Arzaquel de Toledo (1029-1087)]. Desse modo, em 1609, chegou a sua famosa **lei das órbitas**: - ***Os planetas se deslocam em torno do Sol em órbitas elípticas, tendo o Sol como um dos focos.*** Assim, ele descartou imediatamente a alternativa D, por não ter relação nenhuma com o enunciado, já que Kepler estudou Marte por cerca de apenas 9 anos e não de 30, como dizia o enunciado. O 30 era então uma nova “pegadinha”, fácil de ser desconsiderada.

Por fim, para poder decidir marcar a alternativa certa, leu a alternativa E: - *Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pode ser testada e generalizada.* O aluno também sabia que, além da **lei das órbitas**, Kepler havia encontrado, em 1602, a **lei das áreas**: - ***O raio vetor, ligando um planeta ao Sol, descreve áreas iguais em tempos iguais*** e, em 1619, a **lei dos períodos**: - ***A relação entre o quadrado do período de revolução dos planetas e o cubo de sua distância média do Sol é uma constante.*** Além disso, nosso personagem conhecia ainda que o físico e matemático inglês Sir Isaac Newton (1642-

1727), em 1687, usara a **lei dos períodos** para chegar a sua famosa **lei da gravitação universal**. Além do mais, foi por intermédio dessa lei gravitacional que foi desenvolvida a Mecânica Celeste, no Século 18, desenvolvimento este que levou à previsão e descoberta dos planetas Urano, em 1781, e Netuno, em 1846. Será que era isso que a alternativa E queria dizer? Se ela fosse a verdadeira, sua redação estava invertida, pois, primeiro, ela foi generalizada (Gravitação Newtoniana e Mecânica Celeste) e, depois, testada (descoberta de Urano e Netuno), e não *testada e generalizada*. Além do mais, a redação do enunciado não fala nesse tipo de generalização e nem nesse tipo de teste. Seria essa inversão mais uma “pegadinha”?

Em vista disso, nosso aluno percebeu que, para justificar a relação Ciência *versus* Tecnologia (tema central das Provas do ENEM), o enunciado ficou confuso, incompleto e sem relação com a Tecnologia, perfeitamente cabível no tema dessa Questão, bastando, para isso, incluir os trabalhos do astrônomo, físico e matemático italiano Galileu Galilei (1564-1642) sobre o modelo heliocêntrico e o uso que fez do telescópio, como uma nova Tecnologia. Foi essa confusão, no entendimento de nosso aluno-personagem, que deu margem para haver mais de uma alternativa correta (no caso: A, C, E), duas delas (B, D), fora do contexto do enunciado da Questão e, por isso, logo eliminadas. Ele decidiu, então, em face dessa situação, escrever as letras A, C, E, em pedaços de papel, dobrá-los, embaralhá-los, e escolher uma delas. Não sei qual foi sua escolha, porém, se não foi a E (a alternativa correta segundo o Gabarito), ele foi prejudicado pela desatenção de quem formulou a Questão e suas alternativas.

**Questão 14.** *A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo. A figura mostra um processo com diversas etapas. Nesse caso, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências das etapas individuais. A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).*



HINRICHS, R. A. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Pioneira. Thomson Learning 2003 (adaptado).

*Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis. Das propostas seguintes, qual resultará em maior aumento da eficiência geral do processo?*

- A. *Aumentar a quantidade de combustível para queima na usina de força.*
- B. *Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.*
- C. *Manter o menor número possível de aparelhos elétricos em funcionamento nas moradias.*
- D. *Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão, a fim de economizar o material condutor.*
- E. *Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.*

Nosso personagem, tendo em vista o que aconteceu na solução da Questão 5, em que teve de decidir entre três alternativas que estavam corretas (em sua opinião), em virtude de “pegadinhas” inseridas no texto da Questão 5, ficou mais cauteloso em busca da resposta certa para a Questão 14 em exame. Assim, descartou de imediato a alternativa A, por estar em contradição com o texto que diz: - *Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis*, enquanto a alternativa A afirma que: - *Aumentar a quan-*

tidade de combustível para queima na usina de força. Depois desse descarte, passou para a alternativa B: - *Utilizar lâmpadas incandescentes, que geram pouco calor e muita luminosidade.* Depois de lê-la, viu que a frase - *que geram pouco calor* - indicava que sua eficiência era alta e, portanto, se enquadraria como um aumento de eficiência segundo o enunciado: - *A eficiência de um processo de conversão de energia é definida como a razão entre a produção de energia ou trabalho útil e o total de entrada de energia no processo ... A entrada de energia que não se transforma em trabalho útil é perdida sob formas não utilizáveis (como resíduos de calor).* Porém, as duas palavras: *incandescente* e *luminosidade*, seriam “pegadinhas?”. Utilizando seus conhecimentos de Física, lembrou-se que na ***lâmpada incandescente***, inventada pelo norte-americano Thomas Alva Edison (1847-1931), em 1879, sua *luminosidade* (efeito fisiológico no olho devido ao fluxo da onda eletromagnética visível - luz) decorria da queima de um filamento de carbono (C) (fio de algodão) no vácuo. Portanto, *muita luminosidade* queria dizer muito fluxo luminoso, que é a energia por unidade de área. Como isso não se relaciona com *eficiência*, que é o tema central da 14, nosso aluno descartou a alternativa B, passando imediatamente para a C: - *Manter o menor número possível de aparelhos elétricos em funcionamento nas moradias.* Ora, como a figura mostra apenas uma lâmpada elétrica na casa e não fala em outros *aparelhos elétricos* (certamente o formulador da Questão talvez quisesse se referir a outros aparelhos elétricos – geladeira, ar condicionado, etc. - diferente da lâmpada elétrica), descartou a alternativa C.

Descartadas as alternativas A, B e C, nosso aluno passou a analisar as alternativas D e E, para responder à Questão 14. A D diz o seguinte: - *Utilizar cabos com menor diâmetro nas linhas de transmissão a fim de economizar o material condutor,* e a E: - *Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras nas linhas de transmissão e lâmpadas fluorescentes nas moradias.* Para escolher a alternativa certa, voltou ao enunciado da Questão e destacou o seguinte: - *Aumentar a eficiência dos processos de conversão de energia implica economizar recursos e combustíveis.* Assim, a resposta estava na interpretação do significado de: *economizar recursos.* Como as duas alternativas falavam nas *linhas de transmissão*, nosso personagem lembrou-se de que a perda de energia elétrica (sob forma de calor) em uma linha de transmissão é dada pelo ***efeito Joule***:  $RI^2t$ , onde R é a resistência elétrica, I é a corrente elétrica (fornecida pela usina de força) e t é o tempo. Desses fatores, apenas o R é ligado à linha de transmissão, pois é dada pela seguinte expressão:  $R = (1/\eta) L/A$ , onde  $\eta$  é a condutividade do material usado na linha de comprimento L e de área circular de diâmetro d dada por:  $A = \pi d^2/4$ . Pela expressão de R vista acima, verifica-se que, quanto maior for  $\eta$  e d, menor será R.



Muito embora as duas alternativas restantes não estejam bem elaboradoras, já que não é só d (mencionado na alternativa D) o parâmetro importante para o cálculo de R, conforme vimos acima, nosso personagem escolheu a alternativa E por apresentar algo relacionado com  $\eta$  (*Utilizar materiais com melhores propriedades condutoras*) e de conter uma informação a mais, ou seja, *lâmpadas fluorescentes*, que ele sabia serem mais eficientes do que as *incandescentes*. Embora acertando a resposta da Questão 14 (conforme ele conferiu depois no Gabarito), nosso personagem teve de usar muita informação que não estava contida no enunciado da Questão 14 para encontrar a resposta certa.

**Questão 17.** *O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens-bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a construção da ferrovia de alta velocidade Rio-São Paulo. A viagem ligará os 403 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista em uma hora e 25 minutos. (Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>>. Acesso em: 14 jul. 2009.)*

*Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de 0,1 g, em que g é a aceleração da gravidade (considerado igual a 10 m/s<sup>2</sup>), e que a velocidade do trem se mantenha constante em todo o percurso, seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de, aproximadamente,*

A. 80 m ; B. 430 m; C. 800 m; D. 1.600 m; E. 6.400 m.

Nosso aluno, ao acabar de ler o enunciado, viu que sua solução era simples, pois bastava considerar que a aceleração (0,1 g) dada nada mais era do que a aceleração centrípeta, que vale o quadrado da velocidade média ( $V_m^2$ ) dividido pelo raio (R) da curva. Portanto:  $0,1 g = 0,1 \times 10 = 1 \text{ m/s}^2 = V_m^2/R$ . Por sua vez, a **velocidade média** (não explicitada no enunciado) é dada pelo espaço (E) percorrido dividido pelo tempo (t) gasto em percorrê-lo (*uma hora e 25 minutos*). Assim, em unidades de m/s, a  $V_m$  será dada pelo seguinte valor:

$$V_m = 403 \times 1000 / [(60+25) \times 60] \approx 80 \text{ m/s.}$$

Portanto, o raio procurado será:  $R = V_m^2 \approx 6.400 \text{ m}$ , e ele marcou a alternativa E, que correspondia ao do Gabarito, conforme ele viu depois. Nosso aluno, que havia se preparado bem para essa prova do ENEM (cujo tema central é o rela-

cionamento entre Ciência e Tecnologia), lamentou que o formulador da Questão não houvesse escrito que a aceleração que o trem fica sujeito quando descreve uma curva decorre da superelevação da ferrovia, ou seja, o trilho externo é um pouco mais elevado em relação ao interno, foi uma conquista tecnológica, para evitar o desgaste entre roda e trilho. Se não houver essa superelevação (que fornece diretamente a força centrípeta inclinando o trem), o trem tende a seguir pela tangente da curva empurrando o trilho para fora; e este, pela *lei da ação e reação newtoniana*, reage como força centrípeta, necessária para a descrição da curva.

**Questão 18.** *O manual de instruções de um aparelho de ar condicionado apresenta a seguinte tabela, com dados técnicos para diversos modelos.*

*Nos dados da tabela abaixo, a primeira coluna é a Capacidade de Refrigeração [kW/(BTU/h)]; a segunda é a Potência (W); a terceira é a corrente elétrica – ciclo frio (A); a quarta é a Eficiência Energética [COP (W/W)]; a quinta é a Vazão de ar (m<sup>3</sup>/h); e a sexta é a Frequência (Hz). [Dados disponível em: <<http://www.institucionalbrastemp.com.br>>. Acesso em: 13 jul. 2009 (adaptado)].*

3,52/(12.000)	- 1.193	- 5,8	- 2,95	- 550	- 60
5,42/(18.000)	- 1.790	- 8,7	- 2,95	- 800	- 60
5,42/(18.000)	- 1.790	- 8,7	- 2,95	- 800	- 60
6,45/(22.000)	- 2.188	- 10,2	- 2,95	- 960	- 60
6,45/(22.000)	- 2.188	- 10,2	- 2,95	- 960	- 60

*Considere-se que um auditório possua capacidade para 40 pessoas, cada uma produzindo uma quantidade média de calor, e que praticamente todo o calor que flui para fora do auditório o faz por meio dos aparelhos de ar-condicionado. Nessa situação, entre as informações listadas, aquelas essenciais para se determinar quantos e/ou quais aparelhos de ar-condicionado são precisos para manter, com lotação máxima, a temperatura interna do auditório agradável e constante, bem como determinar a espessura da fiação do circuito elétrico para a ligação desses aparelhos, são*

- A – vazão de ar e potência.
- B – vazão de ar e corrente elétrica - ciclo frio.
- C – eficiência energética e potência.
- D – capacidade de refrigeração e frequência.
- E – capacidade de refrigeração e corrente elétrica – ciclo frio.

Nosso personagem-aluno, ao terminar de ler a Questão com as alternativas propostas para a escolha de uma delas, ficou confuso em ver que existe uma repe-

tição de dados técnicos de modelos de ar-condicionado: dois de  $CR = 5.42/(18.000)$  e dois de  $CR = 6.45/(12.000)$ . Apesar disso, ele continuou em busca da alternativa certa. No entanto, sua confusão aumentou quando comparou o que dizia o enunciado: - *Considere-se que um auditório possua capacidade para 40 pessoas, cada uma produzindo uma quantidade média de calor, e que praticamente todo o calor que flui para fora do auditório o faz por meio dos aparelhos de ar-condicionado. Nessa situação, entre as informações listadas, aquelas essenciais para se determinar quantos e/ou quais aparelhos de ar-condicionado são precisos para manter, com lotação máxima, a temperatura interna do auditório agradável e constante, bem como determinar a espessura da fiação do circuito elétrico para a ligação desses aparelhos*, com as alternativas apresentadas para sua escolha, pois nelas não aparece nenhum número relativo ao que está sendo exigido: - *Nessa situação, entre as informações listadas, aquelas essenciais para se determinar quantos e/ou quais aparelhos de ar-condicionado e determinar a espessura da fiação do circuito elétrico para a ligação desses aparelhos*. Para completar sua confusão, ele tentou relacionar o significado do texto: ... *para manter, com lotação máxima, a temperatura interna do auditório agradável e constante* com a capacidade do auditório (40 pessoas), uma vez que, em sua opinião, se espera que qualquer auditório, para qualquer número de pessoas, deve sempre manter a condição exigida no texto: *temperatura agradável e constante*. Em vista disso, devendo escolher uma das letras (A, B, C, D, E), apelou para a mesma técnica usada por alunos que vão fazer essas Provas do ENEM (ou outras semelhantes) com a “cara e coragem”: - *Mamãe mandou marcar aqui*. Não sei qual foi a alternativa que a mãe dele mandou marcar. Se, no entanto, não foi a E (a considerada certa pelo Gabarito), ele foi mais uma vez prejudicado pelo descuido do formulador da Questão que, no seu entendimento, deveria ser anulada.

**Questão 19.** *A instalação elétrica de uma casa envolve várias etapas, desde a alocação dos dispositivos, instrumentos e aparelhos elétricos, até a escolha de materiais que a compõem, passando pelo dimensionamento da potência requerida, da fiação necessária, dos eletrodutos (condutos por onde passa a fiação de uma instalação elétrica, com a finalidade de protegê-la), entre outras.*

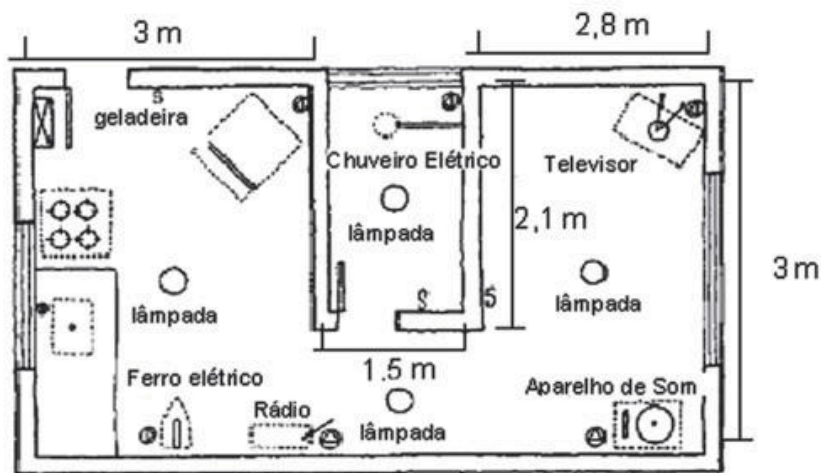
*Para cada aparelho elétrico existe um valor da potência associado. Valores típicos de potências (em watts - W) para alguns aparelhos elétricos apresentados são os seguintes: a) aparelho de som – 120; b) chuveiro elétrico – 3.000; c) ferro elétrico – 500; d) televisor – 200; e) geladeira – 200; rádio – 50.*

*A escolha das lâmpadas é essencial para obtenção de uma boa iluminação. A potência da lâmpada deverá estar de acordo com o tamanho do cômodo a*

ser iluminado. A seguir, mostra-se a relação entre as áreas dos cômodos (em m<sup>2</sup>, excluindo as áreas das paredes) e as potências (em W), e foi utilizado como referência para o primeiro pavimento de uma residência: a) sala/copa/cozinha; quarto/varanda/ corredor; banheiro com até 6 m<sup>2</sup> - 60 W (cada); b) sala/copa/cozinha; quarto/ varanda/corredor; banheiro de 6 a 7,5 m<sup>2</sup> - 100 W, 100 W, 60 W (respectivamente); c) sala/copa/cozinha; quarto/ varanda/ corredor; banheiro de 7,5 a 10,5 m<sup>2</sup> - 100 W (cada).

Considerando a planta baixa indicada abaixo, com todos os aparelhos em funcionamento, a potência total em W será de:

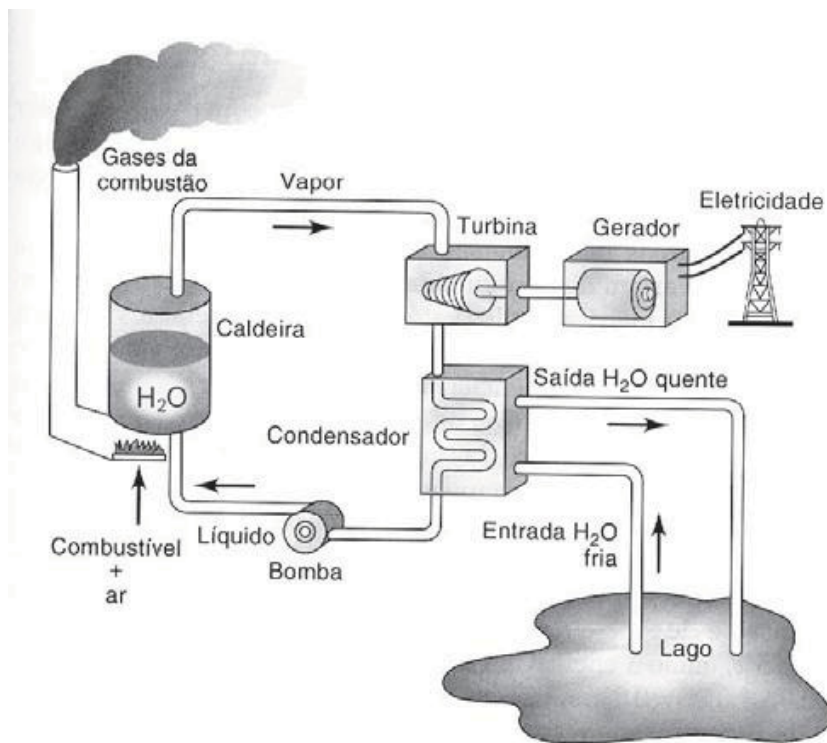
A. 4.070 ; B. 4.270; C. 4.320; D. 4.390; E. 4.470.



Nosso aluno começou a fazer as contas de acordo com os valores indicados. Porém, como a planta dada não indica quais são os cômodos, ele passou a fazer a seguinte suposição: a) o local onde está a geladeira, seria a sala/copa/cozinha, e sua área vale:  $3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$ ; b) o local onde está o televisor e o espaço na frente do banheiro, seria o quarto/varanda/corredor, e sua área vale:  $[2,8 \times 3 + (3 - 2,1) \times 1,5] = 9,75 \text{ m}^2$ ; c) banheiro:  $2,1 \times 1,5 = 3,15 \text{ m}^2$ . De posse desses valores, calculou que a potência (W) das lâmpadas desses cômodos, de acordo com os dados fornecidos, fornece o seguinte valor: a) 100; b) 100, c) 60, com um total de 260 W. Além do mais, como o desenho indica a existência de um aparelho de som (120 W), um chuveiro elétrico (3.000 W), um ferro elétrico (500 W), um televisor (200 W), uma geladeira (200 W) e um rádio (50 W), dando um total para esses equipamentos elétricos de: 4.070 W. Acrescentando esse valor ao

260 W das lâmpadas, o total seria de: 4.330 W. Portanto, nenhuma alternativa está correta. Olhando mais uma vez para a planta dada, viu que existe na sala/copa/cozinha o desenho de um fogão. Se a intenção do formulador da Questão fosse a de considerar também o fogão, supostamente elétrico, porém sem nenhuma indicação de sua potência, nosso aluno, que teria de escolher alguma alternativa, lembrou-se que um fogão elétrico comum tem a potência de 60 W. Assim, somado ao cálculo anterior, encontrou 4.390 W, marcando então a alternativa D. Ao conferir com o Gabarito viu que havia acertado, muito embora, em sua opinião, essa Questão deveria ser anulada por não haver incluído a potência do fogão elétrico.

**Questão 20.** *O esquema mostra um diagrama de bloco de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.*



HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Pioneira. Thomson Learning 2003 (adaptado).

*Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, qual das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?*

A – *Reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.*

B – *Reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.*

C – *Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.*

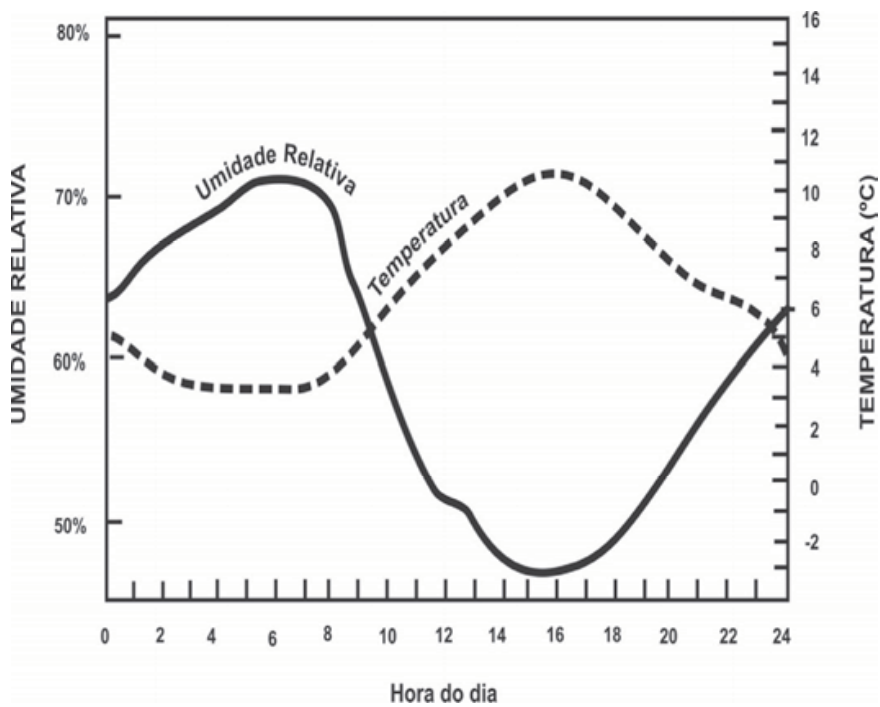
D – *Melhorar a capacidade dos dutos com vapor [para?] conduzirem calor para o ambiente.*

E – *Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.*

Mais uma vez nosso personagem se depara com uma Questão completamente confusa. As três primeiras alternativas (A, B, C), que iniciam com a palavra *Reduzir* (“pegadinha”?), são imediatamente descartadas, já que, quem projetou essa usina, dimensionou o combustível, o volume de água e a potência (e não o tamanho!) da bomba para gerar certa quantidade de energia elétrica para abastecer a cidade. A D também é descartável, pois a *melhoria da capacidade dos dutos com vapor que conduzem calor para o ambiente* só servirá para melhorar o ambiente de quem trabalha no mesmo. Por fim, só resta ao nosso personagem a alternativa E: - *Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador*, para decidir a sua resposta. Era tentadora essa alternativa para a escolha de sua resposta. Porém, nosso aluno, para manter a sua coerência com relação ao que havia estudado, observou que a mesma não se relaciona com o cerne da Questão: - ... resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina, uma vez que os gases devem apenas ser filtrados para evitar a poluição atmosférica (aliás, o que deve ser exigido para qualquer usina mundial!), mesmo que, nessa filtragem, o calor resultante pudesse mover algum gerador e, portanto, sem resultar em alguma economia de energia, pelo contrário, aumentaria o consumo de energia para a filtragem desejada. Desse modo, nosso aluno teve de apelar, de novo, para a sua mãe para ajudá-lo a marcar a alternativa certa. Se não foi a E (como indica o Gabarito), mais uma vez ele foi prejudicado pela formulação da questão.

**Questão 24.** *Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre*

o conteúdo real da umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. O gráfico representa a relação entre umidade relativa do ar e sua temperatura ao longo de um período de 24 horas em um determinado local.



Considerando-se as informações do texto e do gráfico, conclui-se que

- A. a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar.
- B. o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece.
- C. a presença da umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.
- D. a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.

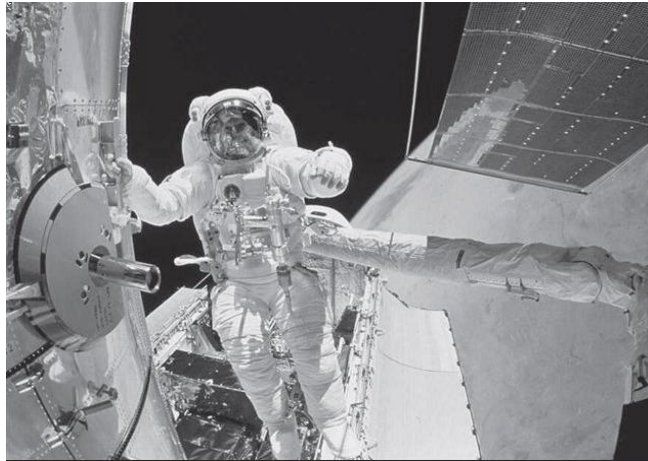
E. a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas.

Como a palavra *insolação* não está no enunciado da questão (“pegadinha?”), nosso aluno deixou para depois o exame da alternativa A: - a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar. Passou então ao exame da alternativa B: - o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece. Ora, como o próprio ar se expande na medida em que se aquece, essa alternativa foi logo descartada, por lhe parecer incompleta. Por sua vez, ele descartou de imediato a alternativa C - a presença da umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar, pois ela contradiz o gráfico (variação inversa da umidade com a temperatura). As palavras *termos absolutos* (“pegadinha?”), que aparecem na alternativa D - a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera, não aparecem na definição de umidade relativa contida no enunciado: - Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre o conteúdo real (*absoluto*?) da umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. Desse modo, a D também não é verdadeira. A alternativa E - a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas, foi também imediatamente não considerada, por ser de conhecimento mundial que, no verão, as temperaturas são mais quentes do que no inverno. Assim, nosso personagem-aluno passou a examinar com mais detalhe o que o formulador da Questão queria dizer com o termo *insolação*. Lembrou-se, então, que em Física ela significa: - **Quantidade de radiação eletromagnética proveniente do Sol que incide sobre uma superfície**. Como essa radiação solar contém também a radiação infravermelha (calor), e olhando para o gráfico que mostra uma relação inversa entre umidade relativa e temperatura, percebeu então que a alternativa A - a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar, poderia ser a certa. Mas, ao reler o texto do enunciado: - Considerando-se as *informações do texto* e do *gráfico*, conclui-se que... , observou que o texto não falava em *insolação*. Mas, cansado de apelar para a sua mãe, marcou mesmo A. Acertou, conforme conferiu depois no Gabarito.

**Questão 27.** O ônibus espacial *Atlantis* foi lançado ao espaço com cinco astronautas a bordo de uma câmara nova, que iria substituir uma outra danificada por um curto-circuito no telescópio *Hubble*. Depois de entrarem em órbita, a



560 km de altura, os astronautas se aproximaram do **Hubble**. Dois astronautas saíram do **Atlantis** e se dirigiram ao telescópio. Ao abrir a porta de acesso, um deles exclamou:- “Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno”.



*Considerando o texto e as leis de Kepler, pode-se afirmar que a frase dita pelo astronauta*

*A. se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade.*

*B. se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada à dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena.*

*C. não se justifica porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais.*

*D. não se justifica porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio, e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita.*

*E. não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume.*

Nosso personagem-aluno começou a examinar as alternativas para encontrar a certa, tomando como base a frase do astronauta: - “Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno”. Ao ler a alternativa A (... a frase): - *se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu*

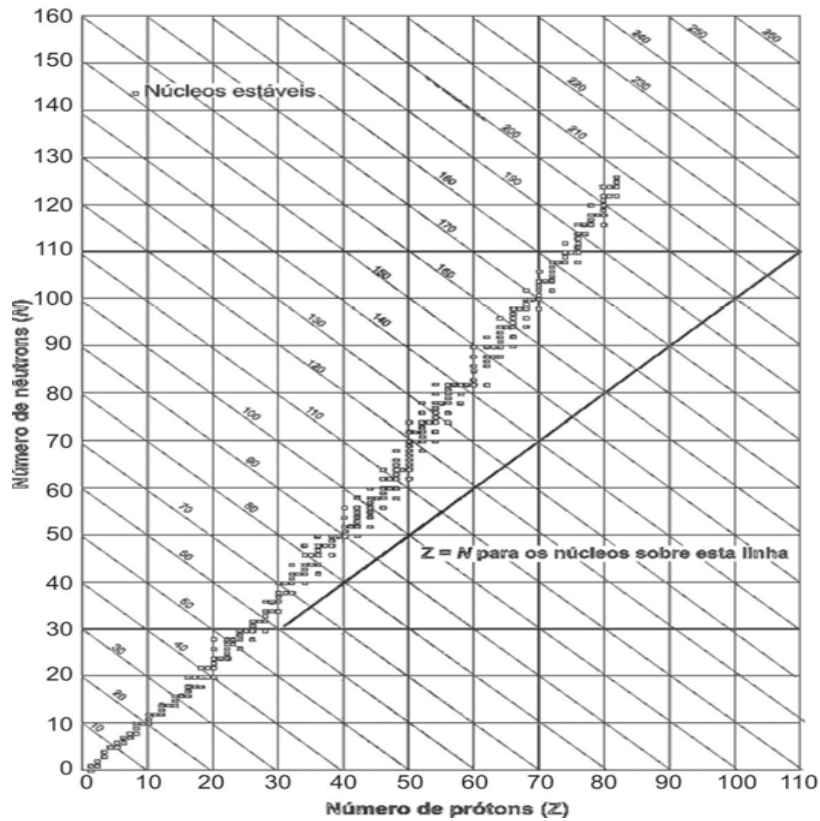
*pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade*, ele observou que, embora seja certo que o tamanho (volume - V) do telescópio ajude na determinação de sua massa ( $M = V d$ , onde  $d$  é a densidade), mas o seu *pequeno peso decorre da ação* da aceleração da gravidade terrestre, pois é ele (*pequeno peso*) que o mantém em órbita a 560 km de altura. Portanto, a alternativa A está descartada. Depois de fazer a leitura da alternativa B (... a frase): - *se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada à dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena*, nosso personagem ficou confuso por não entender a sua redação. Por exemplo: - ... *ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada à dele próprio*, lhe pareceu sem nexos, pois há a afirmação de que uma coisa (*inércia*) é *grande comparada* com ela própria. O resto da redação dessa alternativa: - ... *e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena*, também continua sem nexos, pois o *peso (P) do telescópio* é decorrente da ação do campo gravitacional terrestre ( $g$ ) em sua massa  $M$ , isto é:  $P = M g$ . Por outro lado, é certo que a massa do telescópio cria ao seu redor uma atração gravitacional, extremamente pequena [mas possível de medir com uma balança de torção de alta precisão, conforme fizera o físico e químico inglês Henry Cavendish (1731-1810), em 1798, para determinar a constante de gravitação universal  $G$ ] e que nada tem a ver com o seu peso. Em vista da desconexidade da redação da alternativa B, conforme foi descrita acima, ela foi descartada por nosso ator. Ele, então, passou a examinar a alternativa C (... a frase): - *não se justifica porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais*. De imediato ele descartou essa alternativa, pois os satélites artificiais têm as leis de Kepler como seu fundamento.

Restava, portanto, o exame das alternativas D e E para ele responder ao solicitado na Questão 27. Considerou primeiro a alternativa D (... a frase): - *não se justifica porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita*. Essa alternativa também não tem nexos, pois tem um *não* que nega a resposta certa que seria: (... a frase) - *se justifica porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita*. Ele, por fim, leu a alternativa E (... a frase) - *não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume*. Como no caso anterior, essa resposta também não tem nexos, pois, como no caso anterior, tem um *não* que nega a uma parte certa da resposta e que seria (... a frase) - *se justifica, pois a ação da força-*

*peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente, uma vez que essa reação ocorre no centro da Terra. Porém, o complemento da frase: - A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume, está incompleta, por causa do simplesmente, já que, conforme vimos na resposta da alternativa A, a massa do telescópio depende de seu volume e de sua densidade. Assim, a alternativa E também está errada. Como não existe nenhuma alternativa certa, nosso sofrido aluno, que deveria marcar alguma delas, apelou para a mesma técnica que usou na Questão 18, ou seja: - Mamãe mandou marcar aqui. Não sei qual foi a alternativa que a mãe dele mandou marcar. Se, no entanto, não foi a D (a considerada certa pelo Gabarito), ele foi mais uma vez prejudicado pelo descuido do formulador da Questão. Mais uma vez, ele achou que essa Questão deveria ser anulada.*

Em casa, refletindo sobre essa Questão, nosso personagem viu que a própria frase do astronauta está intrinsecamente correta, pois a massa do telescópio é grande, pelo menos comparada com as massas dos astronautas, e seu peso é pequeno por se encontrar a uma altitude de 560 km, uma vez que a força de gravitação varia com o inverso do quadrado da distância. Bastaria, portanto, apenas duas alternativas: A - a frase está certa; B - a frase está errada.

**Questão 29.** *Os núcleos dos átomos são constituídos de prótons e nêutrons, sendo ambos os principais responsáveis pela sua massa. Nota-se que, na maioria dos núcleos, essas partículas não estão presentes na mesma proporção. O gráfico mostra a quantidade de nêutrons ( $N$ ) em função da quantidade de prótons ( $Z$ ) para os núcleos estáveis conhecidos.*



KAPLAN, I. **Física Nuclear**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois 1978 (adaptado)

*O antimônio é um elemento químico que possui 50 prótons e possui vários isótopos – átomos que só se diferem pelo número de nêutrons. De acordo com o gráfico, os isótopos estáveis do antimônio possuem*

- A – entre 12 e 24 nêutrons a menos que o número de prótons.
- B – exatamente o mesmo número de prótons e nêutrons.
- C – entre 0 e 12 nêutrons a mais que o número de prótons.
- D - entre 12 e 24 nêutrons a mais que o número de prótons.
- E- entre 0 e 12 nêutrons a menos que o número de prótons.

Acostumado com o descuido do formulador (ou seriam formuladores?) das Questões do ENEM, nosso personagem olhou para o gráfico e percebeu uma informação descuidada – *Núcleos estáveis* – colocada entre as horizontais 140 (N) e 150 (N) (seria mais uma “pegadinha”? ). Lembrando-se do que havia aprendido ao estudar Física Moderna, isto é, os *núcleos estáveis* são os representados pela parte densa do gráfico, formada de linhas verticais, horizontais e pontos, e situada um pouco acima da diagonal ( $Z = N$ ). Ora, como o antimônio (Sn) tem  $Z = 50$ , ele percebeu que a vertical tirada de 50 corta a linha densa entre um pouco mais de 60 N (62 N?) e, também, um pouco mais de 70 N (74 N?). Portanto, a única alternativa que se enquadrava nesses valores era a D; marcou, então, D e acertou, conforme confirmou no Gabarito. Mais uma vez, ele achou que a Questão deveria ser anulada por não haver informações completas em seu enunciado e gráfico.

**Questão 30.** *É possível com 1 litro de gasolina, usando todo o calor produzido por sua combustão direta, aquecer 200 litros de água de  $20^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ . Pode-se efetuar esse mesmo aquecimento por um gerador de eletricidade, que consome 1 litro de gasolina por hora e fornece 110 V a um resistor de  $11\ \Omega$ , imerso na água, durante um certo intervalo de tempo. Todo o calor liberado pelo resistor é transferido à água.*

*Considerando que o calor específico da água é igual a  $4,19\ \text{J g}^{-1}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , aproximadamente, qual a quantidade de gasolina consumida para o aquecimento de água obtido pelo gerador, quando comparado ao obtido a partir da combustão?*

- A. *A quantidade de gasolina consumida é igual para os dois casos.*
- B. *A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes maior que a consumida na combustão.*
- C. *A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é duas vezes menor que a consumida na combustão.*
- D. *A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes maior que a consumida na combustão.*
- E. *A quantidade de gasolina consumida pelo gerador é sete vezes menor que a consumida na combustão.*

Para resolver essa questão, nosso aluno começou a calcular a energia térmica da combustão direta do litro de gasolina para aquecer 200 litros de água  $20^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ , usando a expressão:  $E_T = m c \Delta T = V d c \Delta T$ , onde  $m$ ,  $V$  e  $d$  valem, respectivamente, a massa, o volume e a densidade da água. Sendo 1 litro =  $10^3\ \text{cm}^3$  e a densidade da água  $d = 1\ \text{g/cm}^3$ , usando os dados de  $c$  e  $\Delta T$ , ele encontrou o seguin-

te resultado:  $E_T = 200 \times 10^3 \times 1 \times 4,19 \times (55 - 20) = 2.933 \times 10^4$  J. Por sua vez, sendo a energia elétrica do gerador:  $E_E = R I^2 t = R (V/R)^2 t = V^2 t/R$ , ele usou os dados de V, R e t, e encontrou:  $E_E = (110)^2 \times 60 \times 60 / 11 = 396 \times 10^4$  J. Dividindo as duas energias, teremos:  $E_E/E_T = 396/2.933 \approx 1/7,4$ . Como as alternativas falam em *é duas (sete) vezes maior (menor)*, a rigor, não existe nenhuma resposta certa. Porém, contando mais uma vez com o descuido do formulador da Questão (que deveria escrever *é aproximadamente*) e deixando sua mãe mais uma vez em paz, marcou a alternativa E. Ao ler o Gabarito, ficou satisfeito em saber que havia acertado.

**Questão 31.** *O progresso da tecnologia introduziu diversos artefatos geradores de campos eletromagnéticos. Uma das mais empregadas invenções nessa área são os telefones celulares e smartphones. As tecnologias de transmissão de celular atualmente em uso no Brasil contemplam dois sistemas. O primeiro deles é operado entre as frequências de 800 MHz e 900 MHz e constitui os chamados sistemas TDMA/CDMA. Já a tecnologia GSM ocupa a frequência de 1.800 MHz.*

*Considerando que a intensidade de transmissão e o nível de recepção “celular” sejam os mesmos para as tecnologias de transmissão TDMA/CDMA ou GSM, se um engenheiro tiver de escolher entre as duas tecnologias para obter a mesma cobertura, levando em consideração apenas o número de antenas em uma região, ele deveria escolher:*

A – a tecnologia GSM, pois é a que opera com ondas de maior comprimento de onda.

B – a tecnologia TDMA/CDMA, pois é a que apresenta Efeito Doppler mais pronunciado.

C – a tecnologia GSM, pois é a que utiliza ondas que se propagam com maior velocidade.

D – qualquer uma das duas, pois as diferenças nas frequências são compensadas pelas diferenças nos comprimentos de onda.

E – qualquer uma das duas, pois, nesse caso, as intensidades decaem igualmente da mesma forma, independentemente da frequência.

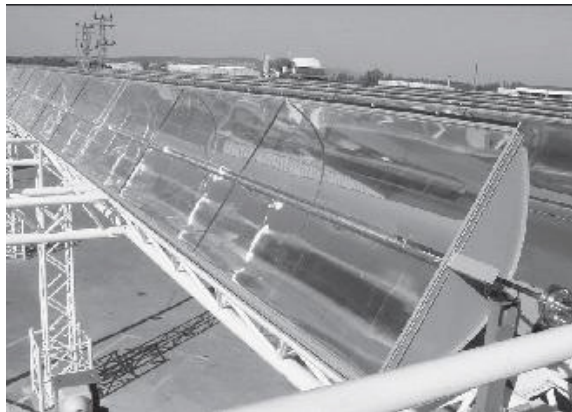
Depois de fazer uma leitura da Questão, nosso aluno passou a calcular alguns valores de grandezas físicas referidas na mesma. Começou com o cálculo dos comprimentos de onda ( $\lambda$ ) correspondentes às frequências ( $\nu$ ) dadas, considerando que as ondas eletromagnéticas se propagam na atmosfera terrestre como se propagasse no vácuo, ou seja:  $c \approx 300.000.000 = 3 \times 10^8$  m/s. Para isso, ele usou a seguinte expressão:  $c = \lambda \nu \rightarrow \lambda = c/\nu$ . Para  $\nu = 800$  MHz =  $8 \times 10^8$  Hz (TMDA),

tem-se que:  $\lambda = 3 \times 10^8 / 8 \times 10^8 = 0,375$  m; para  $\nu = 900$  MHz =  $9 \times 10^8$  Hz (CDMA), virá:  $\lambda = 3 \times 10^8 / 9 \times 10^8 \approx 0,333$  m; e para  $\nu = 1.800$  MHz =  $18 \times 10^8$  Hz (GSM), resulta:  $\lambda = 3 \times 10^8 / 18 \times 10^8 \approx 0,166$  m. Examinando as alternativas, nosso personagem descartou logo a alternativa A - *a tecnologia GSM, pois é a que opera com ondas de maior comprimento de onda*, já que ela apresenta o menor comprimento de onda ( $\lambda \approx 0,166$  m). Por sua vez, a alternativa C - *a tecnologia GSM, pois é a que utiliza ondas que se propagam com maior velocidade*, foi desconsiderada por não apresentar nexos, uma vez que todas as tecnologias citadas consideram o mesmo valor da velocidade de propagação da onda eletromagnética:  $c \approx 3 \times 10^8$  m/s. A alternativa D - *qualquer uma das duas, pois as diferenças nas frequências são compensadas pelas diferenças nos comprimentos de onda*. Considerando que a frequência ( $\nu$ ) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) são ligados pela relação:  $c = \lambda \nu$ , sendo  $c$  uma constante, então, quando  $\lambda$  aumenta,  $\nu$  diminui. Assim, não há sentido nenhum em dizer que *as diferenças nas frequências são compensadas pelas diferenças nos comprimentos de onda*. Portanto, nosso aluno descartou mais uma alternativa. Desse modo, falta ele examinar as alternativas B e E. Começou pela B - *a tecnologia TDMA/CDMA, pois é a que apresenta Efeito Doppler mais pronunciado*. Como essa alternativa se refere ao Efeito Doppler, nosso personagem lembrou-se que o físico austríaco Christian Johann Doppler (1803-1853), propôs seu efeito, em 1842, inicialmente para o som. Contudo, em 1846, Doppler mencionou que sua descoberta poderia explicar, por exemplo, a cor aparente das estrelas duplas, e as flutuações das estrelas variáveis e das estrelas *novas*. Assim, seu efeito também poderia ser aplicado ao fenômeno luminoso. Nesse caso, o Efeito Doppler é representado por:  $\nu = \nu_0 (1 \pm v_{\text{obs}}/v_{\text{luz}}) / (1 \mp v_{\text{fonte}}/v_{\text{luz}})$ , onde  $\nu$  e  $\nu_0$  representam, respectivamente, as frequências aparente e verdadeira,  $v_{\text{luz}}$ ,  $v_{\text{obs}}$  e  $v_{\text{fonte}}$  indicam, respectivamente, as velocidades da luz, do observador e da fonte e os sinais superiores (inferiores) indicam aproximação (afastamento). A expressão acima mostra que, mesmo considerando que a fonte ou o observador se desloquem com velocidade do som ( $\approx 340$  m/s), a relação  $v_{\text{obs}}/v_{\text{luz}}$  ou  $v_{\text{fonte}}/v_{\text{luz}}$ :  $340/3 \times 10^8 \approx 10^{-6} \rightarrow \nu \approx \nu_0$ , portanto, as tecnologias TDMA/CDMA e GSM são equivalentes. Assim, a alternativa B é falsa. Desse modo, só restou ao nosso personagem-aluno examinar a alternativa E - *qualquer uma das duas, pois nesse caso as intensidades decaem igualmente da mesma forma, independentemente da frequência*. Como essa alternativa praticamente repete o segundo parágrafo do enunciado da Questão: *Considerando que a intensidade de transmissão e o nível de recepção “celular” sejam os mesmos para as tecnologias de transmissão TDMA/CDMA ou GSM.*, ele escolheu essa alternativa como a certa, apesar de as palavras ... *independentemente da frequência* .. não estarem corretas, conforme indica o efeito Doppler, acrescido do



fato de que a atenuação (decaimento?) da radiação eletromagnética depender de sua frequência, de acordo com o **espalhamento Rayleigh**, demonstrado pelo físico inglês John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919; PNF, 1904), em 1871. Mais uma vez, embora tenha acertado a alternativa, conforme conferiu no Gabarito, nosso personagem achou que a mesma deveria ser anulada, por estar mal redigida e confusa.

**Questão 35.** *O Sol representa uma fonte limpa e inesgotável de energia para o nosso planeta. Essa energia pode ser captada por aquecedores solares, armazenada e convertida posteriormente em trabalho útil. Considere determinada região cuja insolação – potência solar incidente na superfície da Terra – seja de  $800 \text{ watts/m}^2$ . Uma usina termossolar utiliza concentradores solares parabólicos que chegam a dezenas de quilômetros de extensão. Nesses coletores solares parabólicos, a luz refletida pela superfície parabólica espelhada é focalizada em um receptor em forma de cano e aquece o óleo contido em seu interior a  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ . O calor desse óleo é transferido para água vaporizando-a em uma caldeira. O vapor em alta pressão movimenta uma turbina acoplada a um gerador de energia elétrica.*



*Considerando que a distância entre a borda inferior e a borda superior da superfície refletora tenha 6 m de largura e que focaliza no receptor os  $800 \text{ watts/m}^2$  de radiação provenientes do Sol, e que o calor específico da água é  $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} = 4.200 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , então o comprimento linear do refletor parabólico necessário para elevar a temperatura de  $1 \text{ m}^3$  (equivalente a 1 t) de água de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , em uma hora, estará entre*



- A. 15 m e 21 m; B. 22m e 30 m; C. 105 m e 125 m; D. 680 m e 710 m;  
E. 6.700 m e 7.150 m

Usando os cálculos que havia realizado na resolução da Questão 30 e os dados da Questão proposta, nosso aluno calculou a energia térmica solar que vaporiza uma tonelada ( $10^3$  kg) de água:  $E_T = m c \Delta t = 10^3 \times 4.200 \times (100-20) = 33.600 \times 10^4$  J. Por outro lado, considerando o fluxo solar (energia por unidade de área) de  $800 \text{ watts/m}^2$ , ele calculou qual a energia solar por unidade de área no tempo de uma hora:  $F_S = 800 \times 60 \times 60 = 288 \times 10^4 \text{ J/m}^2$ . Por fim, considerou que, em primeira aproximação, a área da superfície espelhante era da forma retangular ( $L \times C$ ), escreveu que:  $288 \times 10^4 / (L C) = 33.600 \times 10^4$ . Ora, como foi dado que a largura  $L = 6$  m, a expressão acima lhe permitiu calcular que:  $C \approx 19,4$  m. Assim, de posse desse resultado, ele escolheu a alternativa A, que era a correta de acordo com o Gabarito. Muito embora os dados no enunciado fossem quase todos utilizados, nosso ator achou que a temperatura de  $400^\circ\text{C}$  (sem utilidade), poderia significar uma “pegadinha”, uma vez que existiam outros valores de temperatura no texto.

**Questão 38.** *Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de gasolina compra álcool por R\$0,50/litro, a uma temperatura de  $5^\circ\text{C}$ . Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de  $35^\circ\text{C}$ , sendo o litro do álcool revendido a R\$1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a  $5^\circ\text{C}$  e os revende.*

*Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de  $1 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre*

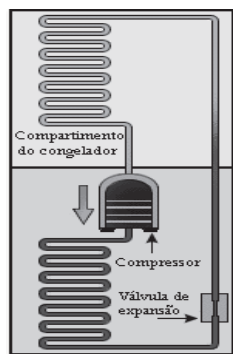
- A. R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00; B. R\$ 1.050,00 e R\$ 1.250,00; C. 4.000,00 e R\$ 5.000,00; D. R\$ 6.000,00 e R\$ 6.900,00; E. R\$ 7.000,00 e R\$ 7.950,00

De seu estudo de Termologia, nosso personagem sabia que o aumento do volume térmico de um líquido é dado por:  $\Delta V = V k \Delta T$ , onde  $k$  é o seu coeficiente de dilatação volumétrica. Assim, no caso da gasolina, temos:  $\Delta V = 1 \times 10^{-3} (35 - 5)V = 0,03 V$ . Como o posto compra, diariamente, 20.000 mil litros de gasolina, então, devido ao processo fraudulento [hipotético] usado pelo dono do posto, ele

vende, desonestamente, 600 litros. Como ele compra por R\$0,50 o litro e vende por R\$1,60, ele teria um lucro desonesto diário de  $600 (1,60 - 0,5) = \text{R\$ } 660,00$ . Em sete dias, sua desonestidade lhe renderia  $7 \times 660,00 = \text{R\$ } 4.620,00$ . Portanto, a resposta certa seria C. Quando ele foi conferir com o Gabarito, viu a letra D. O que teria acontecido? Certamente, ele pensou: o formulador da Questão esqueceu de dizer, em seu enunciado, que na dilatação dos líquidos, há também uma dilatação do recipiente. Porém, como ele esqueceu de fornecer o valor do coeficiente de dilatação volumétrica do material de que é feito o recipiente, daí o resultado diferente encontrado pelo nosso personagem que, mais uma vez, foi prejudicado pela desatenção de quem formulou a Questão.

É interessante destacar que, em casa, nosso personagem foi verificar a possível razão do erro do formulador da Questão. Assumindo que o recipiente do posto era de ferro, cujo  $k = 34 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , ele calculou o aumento de volume do recipiente em consequência do aumento de temperatura ( $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), encontrando o seguinte resultado:  $\Delta V = 34 \times 10^{-6} (35 - 5)V = 1,020 \times 10^{-6} V$ . Para essa situação, o lucro desonesto do dono do posto seria:  $1,020 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^3 \times 7 \times 1,1 \approx \text{R\$ } 0,6$ , que é um valor irrisório. Concluiu, então, que houve mesmo desatenção do formulador da Questão ao escolher a alternativa certa para colocar no Gabarito, pois sua atenção estava voltada para o caráter do hipotético dono do posto que, apesar de um bom lucro bruto (2.200%), ainda fraudava.

**Questão 39.** *A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.*



Disponível em: <<http://home.howstuffworks.com>> Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).

*Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,*

A. *a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.*

B. *o calor flui de forma não-espontânea da parte mais fria, no interior, para a parte mais quente, no exterior da geladeira.*

C. *a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.*

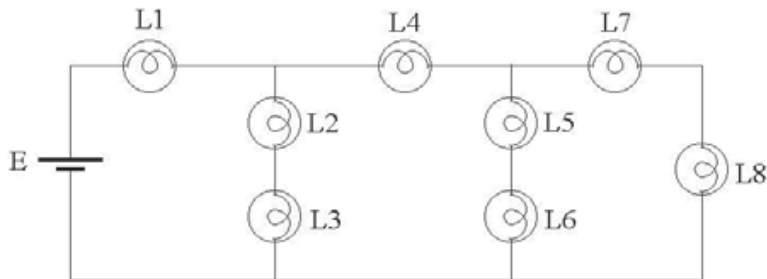
D. *a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.*

E. *a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.*

Para resolver a Questão acima, mais uma vez nosso aluno usou seus conhecimentos sobre Termodinâmica, principalmente as transformações dos gases e suas duas Leis da Termodinâmica. A Primeira diz que, em um processo de refrigeração, ***o calor externo é a soma do calor interno mais a energia (trabalho) externa(o)***. A Segunda diz que ***o calor não pode fluir, espontaneamente, de uma fonte fria para uma fonte quente***. De posse desses conhecimentos, e levando em consideração que os formuladores das Questões do ENEM usam bastante “pegadinhas”, nosso personagem começou a examinar, com cautela, as alternativas. Começou com a A: - *a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira*. A geladeira envolve um processo de transferência de calor entre duas fontes de temperatura constante: fria ( $T_F$ ) (parte interna) e quente ( $T_Q$ ) (parte externa). Na parte externa (compressor), o gás é com-

primido até liquefazer-se, processo no qual há despreendimento de calor (energia térmica) para a parte interna da geladeira. Portanto, é a compressão e não a expansão do gás que cede energia (térmica) para o interior da geladeira. Desse modo, a alternativa A está descartada. Agora, ele examinou a alternativa B: - *o calor flui de forma não-espontânea da parte mais fria, no interior, para a parte mais quente, no exterior da geladeira*. Tendo em vista a Segunda Lei da Termodinâmica (o calor não pode fluir, espontaneamente, de uma fonte fria para uma fonte quente), nosso aluno considerou-a como uma possível resposta, em virtude da expressão ... *o calor flui de forma não-espontânea* ... Contudo, pensando que a expressão não-espontânea pudesse ser uma “pegadinha”, passou a examinar as outras três alternativas. Examinou a C: - *a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira*. Ela foi imediatamente rejeitada por negar a Primeira Lei da Termodinâmica. Passou, então, a D: - *a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno*. Segundo aprendera em Termodinâmica, nosso personagem sabia que a Máquina Térmica Ideal era a Máquina de Carnot (MC), idealizada pelo físico francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), em 1824, e cuja *eficiência* (rendimento –  $\eta_I$ ), é dada pela expressão:  $\eta_I = (T_Q - T_F)/T_Q$ . Estudos posteriores sobre a MC mostraram que, para a Máquina Térmica Real, deveríamos ter:  $\eta_R < \eta_I$ . Portanto, a alternativa D também estava descartada. Por fim, ele examinou a E: - *a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia*. Essa alternativa também nega a Primeira Lei da Termodinâmica e, portanto, não está certa. Assim, nosso personagem escolheu a alternativa B para marcar (o que estava certo, conforme conferiu no Gabarito), ao entender o que o seu formulador queria dizer com: *não-espontânea*. Ele queria se referir ao trabalho externo referido na Primeira Lei da Termodinâmica.

**Questão 45.** *Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação (L1 a L8), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.*



Nesta situação, quais são as três lâmpadas que acendem ao mesmo tempo, com o mesmo brilho, por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

- A. L1, L2 e L3; B. L2, L3 e L4; C. L2, L5 e L7; D. L4, L5 e L6; E. L4, L7 e L8.

Como se trata de um circuito elétrico constituído de três malhas, nosso aluno começou a resolver a Questão usando as leis dos circuitos elétricos propostas pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), entre 1845 e 1847. **Lei dos Nós (LN):** - *Em um nó (intersecção de dois ou mais condutores), a soma das correntes elétricas que chegam até ele é igual à soma das correntes que dele saem;* **Lei das Malhas (LM):** - *Em uma malha (conjunto de baterias e resistências) a soma das forças eletromotrizes das baterias é igual à soma das quedas de potencial ou voltagens nas resistências.* De posse dessas Leis, nosso personagem começou a resolver a Questão. Assim, chamou de A, o nó entre L1, L2 e L4; de B, o nó entre L4, L5 e L7; e de C, o nó entre L3, L6, L8 e o borne menor (-) da bateria E, uma vez que não existe nenhuma lâmpada no trecho de baixo do circuito. Para escolher a alternativa certa, deverá calcular a corrente elétrica ( $I$ ) que passa em cada lâmpada. Para realizar esse cálculo, de início, nosso ator começou a distribuir as correntes:  $I_1$  será a corrente que sai do borne maior (+) da bateria E e passa por L1. Em A, essa corrente se divide em  $I_2$  e  $I_4$ . Como L2 e L3 estão em série, a mesma corrente que passa em L2 passa em L3, portanto:  $I_2 = I_3$  (a). Em B, a corrente  $I_4$  se divide em  $I_5$  e  $I_7$ . Como L5 e L6 estão em série, então a mesma corrente que passa em L5 passa em L6, portanto:  $I_5 = I_6$  (b). Do mesmo modo, como L7 e L8 estão em série, então:  $I_7 = I_8$  (c). Agora, passou a usar a LN. Então, no nó A, tem-se:  $I_1 = I_2 + I_4$  (d); no nó B:  $I_4 = I_5 + I_7$  (e); e no nó C:  $I_7 + I_5 + I_2 = I_1$  (f). Para usar a LM, ele primeiro escolheu o sentido horário para seguir as correntes

nas malhas ABC e BC; depois lembrou que a queda de potencial ( $IR$ ) é positiva no sentido da corrente, e negativa no sentido contrário, segundo a **Lei de Ohm**, proposta pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854), em 1825. Como as lâmpadas têm a mesma especificação, elas têm a mesma resistência  $R$ . Como não existe nenhuma bateria nas malhas ABC e BC, então, segundo a LM, ele encontrou que, para a malha ABC, pode-se escrever a seguinte expressão:  $0 = R(I_4 + I_5 + I_6) - R(I_2 + I_3)$  (g); e para a malha BC, a expressão correspondente será:  $0 = R(I_7 + I_8) - R(I_5 + I_6)$  (h). Lançando mão das expressões (a, b, c), ele encontrou que (g) se transforma na expressão:  $0 = R(I_4 + 2 \times I_5 - 2 \times I_2) \rightarrow I_4 = 2(I_2 - I_5)$  (i), e (h) se transforma em:  $0 = 2 \times I_7 - 2 \times I_5 \rightarrow I_7 = I_5$  (j). Levando (j) em (e), obteve:  $I_4 = 2 \times I_5$  (k). De (k) e (i), escreveu que:  $2 \times I_5 + 2 \times I_5 = 2 \times I_2 \rightarrow I_2 = 2 \times I_5$  (l). Comparando as expressões (k) e (l), ele viu que:  $I_2 = I_4$  (m). Em resumo, nosso personagem escreveu:  $I_2 = I_3 = I_4$  (n);  $I_5 = I_6 = I_7 = I_8$  (o). Faltava apenas determinar o  $I_1$ . Primeiro, ao levar (o) e (k) em (f) ele viu que reproduziu a (d):  $I_4 + I_2 = I_1$ . Portanto, para encontrar o valor de  $I_1$  teve de aplicar a LM na malha EAC, com o mesmo sentido de percurso das correntes que havia escolhido anteriormente, encontrou que [usando (a)]:  $E = R(I_1 + I_2 + I_3) = R(I_1 + 2 \times I_2) \rightarrow I_1 = E/R - 2 \times I_2$  (p). Comparando as expressões (n), (o) e (p) com as respostas propostas, ele viu que (m) corresponde à alternativa B. Depois de conferir sua escolha B com o Gabarito, nosso personagem viu que acertou a Questão 45.

### III. Conclusões

É oportuno, aqui, fazermos alguns comentários sobre as 15 Questões de Física do ENEM/2009 (Caderno Azul) que acabamos de examinar. Antes, é oportuno ressaltar que não examinamos a Questão 37 por se tratar da fisiologia da óptica da visão, e não um problema apenas de óptica e sua relação com a Tecnologia, como, por exemplo, uma Questão sobre Telescópio, Espectroscópio ou Microscópio. Feito essa ressalva, vamos ao resultado da análise crítico-constructiva sobre as referidas Questões. Quase a totalidade das Questões apresenta um enunciado desatencioso (com “pegadinhas”), com informações desnecessárias em detrimento de informações obrigatórias a serem fornecidas aos alunos destinatários. Em vista disso, as alternativas apresentam mais de uma resposta certa, como na Questão 5; nenhuma alternativa certa, como nas Questões 18, 19, 20, 27 e 31; a alternativa certa da Questão 38 está trocada (C por D); e às Questões 14, 24, 29 e 39 faltam informações adicionais no enunciado para encontrar a alternativa correta. Em re-

sumo, das 15 Questões examinadas, apenas 4 (17, 30, 35 e 45) possuíam resposta certa.

Em minha opinião, se o ENEM continuar com esses tipos de Questões, seus formuladores devem fornecer informações objetivas, assim como devem evitar enunciados longos (com “pegadinhas”), às vezes confusos (por desatenção do formulador), que desviam a atenção do aluno (que já está estressado, por inúmeras razões que não cabe examinar neste artigo) do objetivo da Questão, que é o de encontrar a sua solução. Ainda em minha opinião, é a relação entre Ciência e Tecnologia, tomada como mote fundamental das Provas do ENEM, que está provocando as desatenções apontadas neste artigo.

Por fim, creio que uma possível solução para o que acabamos de comentar acima seria usar a proposta do físico cearense José Evangelista de Carvalho Moreira (<[www.seradaciencia.ufc.br](http://www.seradaciencia.ufc.br)>), qual seja, a de reduzir (talvez a um terço) o número de Questões, e solicitar que o aluno justifique a escolha que fez da alternativa considerada por ele como correta.