
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Instituto de Engenharia, Ciência e Tecnologia
Avenida Manoel Bandejas, 460, Janaúba - MG - Brasil
www.ufvjm.edu.br



Idealizadora e Coordenadora
Profa. Dra. Patrícia Nirlane da Costa Souza

Vice-Coordenador
Prof. Dr. Thiago de Lima Prado



Corpo editorial

Editor Chefe

Prof. Dr. Thiago de Lima Prado

Coordenadores

Daniel Pereira Ribeiro
Vagner Carvalho Fernandes

Editores na Área de Física

Prof. Dr. Jean Carlos Coelho Felipe
Prof. Dr. Fabiano Alan Serafim Ferrari
Prof. Dr. Thiago de Lima Prado
Prof. Dr. Ananias Borges Alencar

Colaboradores em Física

Hudson Vinícios Tavares Mineiro
Vitor Bruno de Sá
Francelly Emilly Lucas
Mariana Tainná Silva Souza
Mathaus Henrique da Silva Alves
Daniel Pereira Ribeiro
Deybson Lucas Romualdo Silva

Editores na Área de Matemática

Prof. Msc. Carlos Henrique Alves Costa
Prof. Msc. Edson do Nascimento Neres Júnior
Prof. Msc. João de Deus Oliveira Junior
Prof. Msc. Fabrício Figueredo Monção
Prof. Msc. Patrícia Teixeira Sampaio

Colaboradores em Matemática

David Miguel Soares Junior
Farley Adriani Batista Caldeira
Hudson Vinícios Tavares Mineiro
Jhonatan do Amparo Madureira
Josimar Dantas Botelho
Lucimar Soares Dias
Matheus Correia Guimarães
Thiago Silva
Vitor Bruno de Sá
Vitor Hugo Souza Leal

Editores na Área de Biologia

Profa. Dra. Patrícia Nirlane da Costa Souza
Prof. Dr. Max Pereira Gonçalves
Profa. Estefânia Conceição Apolinário

Colaboradores em Biologia

Mathaus Henrique da Silva Alves
Jordana de Jesus Silva
Anny Mayara Souza Santos
Tarcísio Michael Ferreira Soares
Gabriel Antunes de Souza
Joselândio Correa Santos
Matheus Jorge Santana Versiani

Editores na Área de Química

Prof. Dr. Prof. Dr. Luciano Pereira Rodrigues
Prof. Dr. Luiz Roberto Marques Albuquerque
Profa. Dra. Karla Aparecida Guimarães Gusmão

Colaboradores em Química

Deybson Lucas
Juliano Antunes de Souza
Lucimar Soares Dias
Luiz Gustavo
Vagner Carvalho Fernandes
Nailma de Jesus Martins
Karine Silva
Paulo Silva
Kahmmelly Mathildes Pimenta Coelho

Capítulo 6

Física Moderna e Fenômenos Interdisciplinares

Seção 6.1

Teoria

Seção 6.2

Exercícios

1. (Enem 2010) Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado.

Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?

- a) - Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
b) - Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
c) - Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
d) - Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
e) - Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.
2. (Enem 2006) O carneiro hidráulico ou aríete, dispositivo usado para bombear água, não requer combustível

ou energia elétrica para funcionar, visto que usa a energia da vazão de água de uma fonte. A figura a seguir ilustra uma instalação típica de carneiro em um sítio, e a tabela apresenta dados de seu funcionamento.

A eficiência energética ϵ de um carneiro pode ser obtida pela expressão

$$\epsilon = \frac{H V_b}{h V_f}$$

, cujas variáveis estão definidas na tabela e na Figura. No sítio ilustrado, a altura da caixa d'água é o quádruplo da altura da fonte. Comparado a motobomba a gasolina, cuja eficiência energética é cerca de 36%, o carneiro hidráulico do sítio apresenta



h/H altura da fonte dividida pela altura da caixa	V_f água da fonte necessária para o funcionamento do sistema (litros/hora)	V_b água bombeada para a caixa (litros/hora)
1/3	720 a 1.200	180 a 300
1/4		120 a 210
1/6		80 a 140
1/8		60 a 105
1/10		45 a 85

Figura 6.1: Figura da Questão 2

- a) menor eficiência, sendo, portanto, inviável economicamente.
b) menor eficiência, sendo desqualificado do ponto de vista ambiental pela quantidade de energia que desperdiça.
c) mesma eficiência, mas constitui alternativa ecologicamente mais apropriada.

- d) maior eficiência, o que, por si só, justificaria o seu uso em todas as regiões brasileiras.
- e) maior eficiência, sendo economicamente viável e ecologicamente correto.

3. TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 3 QUESTÕES:

O diagrama a seguir representa a energia solar que atinge a Terra e sua utilização na geração de eletricidade. A energia solar é responsável pela manutenção do ciclo da água, pela movimentação do ar, e pelo ciclo do carbono que ocorre através da fotossíntese dos vegetais, da decomposição e da respiração dos seres vivos, além da formação de combustíveis fósseis.



Figura 6.2: Figura das Questões 3, 4 e 5

4. (Enem 1999) De acordo com este diagrama, uma das modalidades de produção de energia elétrica envolve combustíveis fósseis. A modalidade de produção, o combustível e a escala de tempo típica associada à formação desse combustível são, respectivamente,

- a) hidroelétricas - chuvas - um dia.
- b) hidroelétricas - aquecimento do solo - um mês.
- c) termoeletricas - petróleo - 200 anos.
- d) termoeletricas - aquecimento do solo - um milhão de anos.
- e) termoeletricas - petróleo - 500 milhões de anos.

5. (Enem 1999) No diagrama estão representadas as duas modalidades mais comuns de usinas elétricas, as hidroelétricas e as termoeletricas. No Brasil, a construção de usinas hidroelétricas deve ser incentivada porque essas

I. utilizam fontes renováveis, o que não ocorre com as termoeletricas que utilizam fontes que necessitam de bilhões de anos para serem reabastecidas.

II. apresentam impacto ambiental nulo, pelo represamento das águas no curso normal dos rios.

III. Aumentam o índice pluviométrico da região de seca do Nordeste, pelo represamento de águas.

Das três afirmações lidas, somente

- a) I está correta.
- b) II está correta.
- c) III está correta.
- d) I e II estão corretas.
- e) II e III estão corretas.

6. (Enem 1999) De acordo com o diagrama, a humanidade aproveita, na forma de energia elétrica, uma fração da energia recebida como radiação solar, corresponde à:

- a) 4×10^{-9} .
- b) $2,5 \times 10^{-6}$.
- c) 4×10^{-4} .
- d) $2,5 \times 10^{-3}$.
- e) 4×10^{-2} .

7. (UFRS 1998) Supondo que a meia-vida de um isótopo radiativo seja um dia, após 48 horas a quantidade restante deste isótopo será:

- a) 1/2 da quantidade inicial.
- b) 1/4 da quantidade inicial.
- c) 1/24 da quantidade inicial.
- d) 1/48 da quantidade inicial.
- e) zero.

8. (UFC 2002) Uma fábrica de produtos metalúrgicos do Distrito Industrial de Fortaleza consome, por mês, cerca de $2,0 \times 10^6$ kWh de energia elétrica ($1\text{kWh} = 3,6 \times 10^6\text{J}$). Suponha que essa fábrica possui uma usina capaz de converter diretamente massa em energia elétrica, de acordo com a relação de Einstein, $E = mc_0^2$. Nesse caso, a massa necessária para suprir a energia requerida pela fábrica, durante um mês, é, em gramas:

- a) 0,08.
- b) 0,8.
- c) 8.
- d) 80.
- e) 800.

9. (VUNESP 2006) Sabe-se que a energia de um fóton é proporcional à sua frequência. Também é conhecido experimentalmente que o comprimento de onda da luz vermelha é maior que o comprimento de onda da luz violeta que, por sua vez, é maior que o comprimento de onda dos raios X. Adotando a constância da velocidade da luz, pode-se afirmar que

- a) a energia do fóton de luz vermelha é maior que a energia do fóton de luz violeta.
- b) a energia do fóton de raio X é menor que a energia

do fóton de luz violeta.

c) as energias são iguais, uma vez que as velocidades são iguais.

d) as energias dos fótons de luz vermelha e violeta são iguais, pois são parte do espectro visível, e são menores que a energia do fóton de raio X.

e) a energia do fóton de raio X é maior que a do fóton de luz violeta, que é maior que a energia do fóton de luz vermelha.

10. (UFSC 2007) A Física moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Em particular, é o estudo da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade Restrita. Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S) em relação às contribuições da Física moderna.

01). Demonstra limitações da Física Newtoniana na escala microscópica.

02). Nega totalmente as aplicações das leis de Newton.

04). Explica o efeito fotoelétrico e o laser.

08). Afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

16). Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.

32). Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade.

11. (Fuvest 2002) Em 1987, devido a falhas nos procedimentos de segurança, ocorreu um grave acidente em Goiânia. Uma cápsula de Césio-137, que é radioativo e tem meia-vida de 30 anos, foi subtraída e violada, contaminando pessoas e o ambiente. Certa amostra de solo contaminado, colhida e analisada na época do acidente, foi recentemente reanalisada. A razão R , entre a quantidade de Césio-137, presente hoje nessa amostra, e a que existia originalmente, em 1987, é

- a) $R = 1$.
 b) $1 > R > 0,5$.
 c) $R = 0,5$.
 d) $0,5 > R > 0$.
 e) $R = 0$

12. (ITA 2002) Um trecho da música “Quanta”, de Gilberto Gil, é reproduzido no destaque a seguir.

”Fragmento infinitésimo,
 Quase que apenas mental,
 Quantum granulado no mel,
 Quantum ondulado do sal,
 Mel de urânio, sal de rádio
 Qualquer coisa quase ideal.”

As frases “*Quantum* granulado no mel” e “*Quantum* ondulado do sal” relacionam-se, na Física, com

- a) Conservação de Energia.
 b) Conservação da Quantidade de Movimento.
 c) Dualidade Partícula-Onda.
 d) Princípio da Causalidade.
 e) Conservação do Momento Angular.

13. (UFC 2006) Se a luz incide sobre hidrogênio gasoso, é possível que o átomo, no seu estado fundamental $E = -13,6eV$, absorva certa quantidade de energia, passando ao estado seguinte permitido (estado excitado). A energia necessária para esta transição é de:

- a) $9,97eV$.
 b) $10,06eV$.
 c) $10,20eV$.
 d) $10,59eV$.
 e) $10,75eV$.

14. (UEPB 2006)

“Quanta do latim
 Plural de quantum
 Quando quase não há
 Quantidade que se medir
 Qualidade que se expressar
 Fragmento infinitésimo
 Quase que apenas mental...” (Gilberto Gil)

O trecho acima é da música “Quanta”, que faz referência ao quanta, denominação atribuída aos pequenos pacotes de energia emitidos pela radiação eletromagnética, segundo o modelo desenvolvido por Max Plank, em 1900. Mais tarde Einstein admite que a luz e as demais radiações eletromagnéticas deveriam ser consideradas como um feixe desses pacotes de energia, aos quais chamou de fótons, que significa “partículas de luz”, cada um transportando uma quantidade de energia. Adote, $h = 6,63 \cdot 10^{34} J \cdot s$ e $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$. Com base nas informações do texto acima, pode-se afirmar que:

- a) quando a frequência da luz incidente numa superfície metálica excede um certo valor mínimo de frequência, que depende do metal de que foi feita a superfície, esta libera elétrons.
 b) as quantidades de energia emitidas por partículas oscilantes, independem da frequência da radiação emitida.
 c) saltando de um nível de energia para outro, as partículas não emitem nem absorvem energia, uma vez que mudaram de estado quântico.
 d) a energia de um fóton de frequência $100MHz$ é de

$663 \cdot 10^{-28}$ eV.

e) o efeito fotoelétrico consiste na emissão de fótons por uma superfície metálica, quando atingida por um feixe de elétrons.

15. (UEL 2006) Em 2005 comemoramos o centenário da publicação, por Albert Einstein, de três trabalhos que mudaram a visão do homem sobre o mundo. Um desses trabalhos discute os fundamentos do eletromagnetismo e introduz o que é hoje conhecido como Teoria da Relatividade. Noutro, a interação de um elétron com a radiação eletromagnética (Efeito Fotoelétrico) é discutida, fornecendo nova base experimental à Mecânica Quântica. Num terceiro, as consequências observáveis das bases microscópicas da Termodinâmica e Mecânica Estatística são previstas, fundamentando o que até então era conhecido como efeito Browniano. O efeito fotoelétrico forneceu evidências experimentais para algumas das hipóteses que fundamentam a Mecânica Quântica: as energias dos estados físicos de um sistema fechado não assumem qualquer valor, mas valores discretos; além disso, a radiação eletromagnética, que possui um comportamento dual, ora comportando-se como onda ora como partícula (fótons), tem energia (E) proporcional à frequência (ν), onde $h = 6,63 \times 10^{-34} J \cdot s$, conhecida como constante de *Planck*. Suponha que, na média, cada fóton liberado pela chama de um fogão tenha uma frequência $\nu = 6,9 \times 10^{14} Hz$ (azul). A partir dos dados fornecidos na questão anterior, assinale a alternativa que melhor expressa o número de fótons absorvidos por um litro de água, quando passa de $14,5^\circ C$ para $15,5^\circ C$.

- a) 6.0×10^2 fótons.
- b) 6.0×10^5 fótons.
- c) 6.0×10^{12} fótons.
- d) 6.0×10^{16} fótons.
- e) 6.0×10^{22} fótons.

16. (UEL 2006) Em 2005 comemoramos o centenário da publicação, por Albert Einstein, de três trabalhos que mudaram a visão do homem sobre o mundo. Um desses trabalhos discute os fundamentos do eletromagnetismo e introduz o que é hoje conhecido como Teoria da Relatividade. Noutro, a interação de um elétron com a radiação eletromagnética (Efeito Fotoelétrico) é discutida, fornecendo nova base experimental à Mecânica Quântica. Num terceiro, as consequências observáveis das bases microscópicas da Termodinâmica e Mecânica Estatística são previstas, fundamentando o que até então era conhecido como efeito Browniano. Um dos resultados notáveis da Teoria da Relatividade foi a união dos conceitos de massa (m) e energia (E). $E = mc^2$. A famosa equação onde c é a velocidade

da luz no vácuo, ($c = 3 \times 10^8 m/s$, fornece uma relação entre os conteúdos de massa e energia de um corpo, e prediz, por exemplo, que, ao aquecermos uma panela com água, estamos, também, aumentando sua massa. Assim, se uma caloria, 4,18 Joules, é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água de $14,5^\circ C$ para $15,5^\circ C$, assinale, dentre as alternativas a seguir, aquela que melhor expressa o correspondente incremento de massa.

- a) $5 \times 10^{-3} Kg$.
- b) $5 \times 10^{-9} Kg$.
- c) $5 \times 10^{-17} Kg$.
- d) $5 \times 10^{-25} Kg$.
- e) $5 \times 10^{-34} Kg$.

17. (UFC 2002) De acordo com a Teoria da Relatividade, de Einstein, a energia total de uma partícula satisfaz a equação $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$, onde p é a quantidade de movimento linear da partícula, m_0 é sua massa de repouso e c é a velocidade da luz no vácuo. Ainda de acordo com Einstein, uma luz de frequência ν pode ser tratada como sendo constituída de fótons, partículas com massa de repouso nula e com energia $E = h\nu$, onde h é a constante de *Planck*. Com base nessas informações, você pode concluir que a quantidade de movimento linear p de um fóton é:

- a) $p = hc$.
- b) $p = hc/\nu$.
- c) $p = 1/hc$.
- d) $p = h\nu/c$.
- e) $p = c\nu/h$.

18. (UFC 2003) A energia cinética de um elétron relativístico é igual a N vezes sua energia de repouso. A energia cinética relativística é dada pela expressão $k = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - mc^2$, onde c é a velocidade da luz no vácuo e m é a massa do elétron no referencial de repouso, onde sua velocidade é v . Se a razão $v/c = \sqrt{15/16}$, o valor de N é

- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.
- e) 5.

19. (PUC-RS 2003) A energia de um fóton é diretamente proporcional a sua frequência, com a constante de *Planck*, h , sendo o fator de proporcionalidade. Por outro lado, pode-se associar massa a um fóton, uma vez que ele apresenta energia ($E = mc^2$) e quantidade de movimento. Assim, a quantidade de movimento

de um fóton de frequência f propagando-se com velocidade c se expressa como:

- a) c^2/hf .
- b) hf/c^2 .
- c) hf/c .
- d) c/hf .
- e) cf/h .

20. (UFC 2009) Um avião militar “relativístico” voa com uma velocidade constante de $0,9c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo. Esse avião dispara um míssil. O piloto observa que o míssil se afasta do avião com uma velocidade de $0,6c$. No mesmo instante, um feixe de laser é disparado em relação ao avião com uma velocidade c . Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os valores da velocidade do míssil e da velocidade do feixe de laser, percebidos por um observador em um referencial estacionário.

- a) c e c .
- b) $0,97c$ e c .
- c) $1,50c$ e c .
- d) $1,50c$ e $1,90c$.
- e) $0,30c$ e $0,10c$.

21. Todos os dias ficamos expostos a vários tipos de radiações. Seja numa clínica para se realizar um exame com raios X ou simplesmente andando pelas ruas, nosso organismo é constantemente bombardeado por elas. Marque a alternativa que apresenta a radiação de maior penetração no organismo humano.

- a) Luz visível.
- b) Raios gama.
- c) Ultravioleta.
- d) Infravermelho.
- e) Micro-ondas.

22. (PUC-MG) O efeito fotoelétrico consiste:

- a) na existência de elétrons em uma onda eletromagnética que se propaga num meio uniforme e contínuo.
- b) na possibilidade de se obter uma foto do campo elétrico quando esse campo interage com a matéria.
- c) na emissão de elétrons quando uma onda eletromagnética incide em certas superfícies.
- d) no fato de que a corrente elétrica em metais é formada por fótons de determinada energia.
- e) na ideia de que a matéria é uma forma de energia, podendo transformar-se em fótons ou em calor.

23. (UFJF) A presença de um elemento atômico em um gás pode ser determinada verificando-se as energias dos fótons que são emitidos pelo gás, quando este é aquecido. No modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio, as energias dos dois níveis de menor energia são: $E_1 = -13,6eV$ e $E_2 = -3,40eV$. Considerando-se essas informações, um valor possível para a energia dos fótons emitidos pelo hidrogênio aquecido é:

- a) $-17,0eV$.
- b) $-3,40eV$.
- c) $8,50eV$.
- d) $10,2eV$.
- e) $-10,2eV$.

24. (UFPR) Segundo o modelo atômico de Niels Bohr, proposto em 1913, é correto afirmar:

- a) No átomo, somente é permitido ao elétron estar em certos estados estacionários, e cada um desses estados possui uma energia fixa e definida.
- b) Quando um elétron passa de um estado estacionário de baixa energia para um de alta energia, há a emissão de radiação (energia).
- c) O elétron pode assumir qualquer estado estacionário permitido sem absorver ou emitir radiação.
- d) No átomo, a separação energética entre dois estados estacionários consecutivos é sempre a mesma.
- e) No átomo, o elétron pode assumir qualquer valor de energia.

25. (UFU-MG) Um átomo excitado emite energia, muitas vezes em forma de luz visível, porque:

- a) um dos elétrons decai para níveis de energia mais baixos, aproximando-se do núcleo.
- b) um dos elétrons foi arrancado do átomo.
- c) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais altos, afastando-se do núcleo.
- d) os elétrons permanecem estacionários em seus níveis de energia.
- e) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais altos, afastando-se do núcleo.

26. (UNIMONTES) Desenvolvida no ano de 1900 por Max Planck (1858–1947), a ideia de quantização da energia considera que a energia de uma onda eletromagnética está contida em partículas chamadas fótons. A energia E de cada fóton é proporcional à frequência da onda eletromagnética. Num experimento, dois feixes de raios X, 1 e 2, incidem sobre uma placa de chumbo e são totalmente absorvidos por ela. O comprimento de onda do feixe 2 é três vezes maior que o comprimento de onda do feixe 1. Ao serem absorvidos, um fóton do feixe 1 transfere uma energia E_1 , e um fóton do

feixe 2, uma energia E_2 . Considerando as informações dadas sobre a energia de um fóton e a relação entre frequência e comprimento de onda, é CORRETO afirmar que

- a) $E_2 = E_1$.
- b) $E_2 = E_1/3$.
- c) $E_2 = 3E_1$.
- d) $E_2 = 9E_1$.
- e) $E_2 = 27E_1$.

27. (UFRGS) De acordo com a Teoria da Relatividade, quando objetos se movem através do espaço-tempo com velocidades da ordem da velocidade da luz, as medidas de espaço e tempo sofrem alterações. A expressão da contração espacial é dada por $L = L_0\sqrt{1 - (v^2/c^2)}$ onde v é a velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a velocidade de propagação da luz no vácuo, L é o comprimento medido para o objeto em movimento, e L_0 é o comprimento medido para o objeto em repouso. A distância Sol-Terra para um observador fixo na Terra é $L_0 = 1,5 \times 10^{11}m$. Para um nêutron com velocidade $v = 0,6c$, essa distância é de

- (a) $1,2 \times 10^{10}m$.
- (b) $7,5 \times 10^{10}m$.
- (c) $1,0 \times 10^{11}m$.
- (d) $1,2 \times 10^{11}m$.
- (e) $1,5 \times 10^{11}m$.

28. (UFRGS) Em 1999, um artigo de pesquisadores de Viena (M. Arndt e outros) publicado na revista *Nature* mostrou os resultados de uma experiência de interferência realizada com moléculas de fulereno - até então os maiores objetos a exibir dualidade onda-partícula. Nessa experiência, as moléculas de fulereno, que consistem em um arranjo de 60 átomos de carbono, eram ejetadas de um forno e passavam por um sistema de fendas antes de serem detectadas sobre um anteparo. Após a detecção de muitas dessas moléculas, foi observado sobre o anteparo um padrão de interferência similar ao do elétron, a partir do qual o comprimento de onda de de Broglie associado à molécula foi então medido. Os pesquisadores verificaram que o comprimento de onda de de Broglie associado a uma molécula de fulereno com velocidade de $220m/s$ é de $2,50 \times 10^{-12}m$, em concordância com o valor teoricamente previsto. Qual seria o comprimento de onda de de Broglie associado a uma molécula de fulereno com velocidade de $110m/s$?

- a) $1,00 \times 10^{-11}m$.
- b) $5,00 \times 10^{-12}m$.
- c) $1,25 \times 10^{-12}m$.

- d) $6,25 \times 10^{-13}m$.
- e) $3,12 \times 10^{-13}m$.

29. (UFRGS) A experiência de *Rutherford* (1911 – 1913), na qual uma lâmina delgada de ouro foi bombardeada com um feixe de partículas, levou à conclusão de que

- a) a carga positiva do átomo está uniformemente distribuída no seu volume.
- b) a massa do átomo está uniformemente distribuída no seu volume.
- c) a carga negativa do átomo está concentrada em um núcleo muito pequeno.
- d) a carga positiva e quase toda a massa do átomo estão concentradas em um núcleo muito pequeno.
- e) os elétrons, dentro do átomo, movem-se somente em certas órbitas, correspondentes a valores bem definidos de energia.

30. (UFMG 2004) Paulo Sérgio, viajando em sua nave, aproxima-se de uma plataforma espacial, com velocidade de $0,7c$, em que c é a velocidade da luz. Para se comunicar com Paulo Sérgio, Priscila, que está na plataforma, envia um pulso luminoso em direção à nave. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que a velocidade do pulso medida por Paulo Sérgio é de

- a) $0,7c$.
- b) $1,0c$.
- c) $0,3c$.
- d) $1,7c$.
- e) $0,9c$.

31. (UFRGS 2005) Um contador Geiger indica que a intensidade da radiação beta emitida por uma amostra de determinado elemento radio-ativo cai pela metade em cerca de 20 horas. A fração aproximada do número inicial de átomos radioativos dessa amostra que se terão desintegrando em 40 horas é:

- a) $1/8$.
- b) $1/4$.
- c) $1/3$.
- d) $1/2$.
- e) $3/4$.