

## Exercícios sobre Física Moderna com Gabarito

**1) (IBMEC-2006)** Isaac Asimov, conhecido escritor de Ficção Científica, criou em seus contos as três leis da robótica, às quais todos os robôs produzidos são programados para obedecer.

**1ª- Lei:** Um robô não pode ferir um ser humano e nem, por omissão, permitir que um ser humano sofra algum mal.

**2ª- Lei:** Um robô deve obedecer às ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens contrariem a Primeira Lei.

**3ª- Lei:** Um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira e a Segunda Leis.

a) Como um robô deve reagir à ordem “Destrua-se!”, dada por um ser humano? Justifique sua resposta.

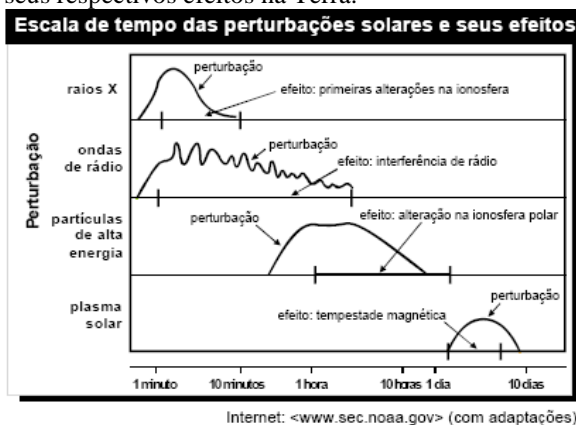
b) Um ser humano informa a seu robô: “Se meu irmão tentar me matar, então a única maneira de impedi-lo é matando-o.”

Diante dessa situação, é possível que o robô não viole nenhuma das três leis? Justifique sua resposta.

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

- 1/2 da quantidade inicial.
- 1/4 da quantidade inicial
- 1/24 da quantidade inicial.
- 1/48 da quantidade inicial.
- zero.

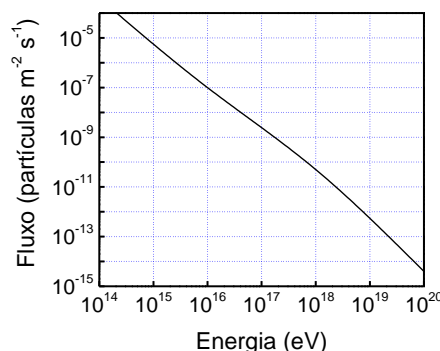
**3) (ENEM-2007)** Explosões solares emitem radiações eletromagnéticas muito intensas e ejetam, para o espaço, partículas carregadas de alta energia, o que provoca efeitos danosos na Terra. O gráfico abaixo mostra o tempo transcorrido desde a primeira detecção de uma explosão solar até a chegada dos diferentes tipos de perturbação e seus respectivos efeitos na Terra.



Considerando-se o gráfico, é correto afirmar que a perturbação por ondas de rádio geradas em uma explosão solar

- dura mais que uma tempestade magnética.
- chega à Terra dez dias antes do plasma solar.
- chega à Terra depois da perturbação por raios X.
- tem duração maior que a da perturbação por raios X.
- tem duração semelhante à da chegada à Terra de partículas de alta energia.

**4) (Unicamp-2001)** O *Projeto Auger* (pronuncia-se *ogê*) é uma iniciativa científica internacional, com importante participação de pesquisadores brasileiros, que tem como objetivo aumentar nosso conhecimento sobre os raios cósmicos. Raios cósmicos são partículas subatômicas que, vindas de todas as direções e provavelmente até dos confins do universo, bombardeiam constantemente a Terra. O gráfico abaixo mostra o fluxo (número de partículas por  $m^2$  por segundo) que atinge a superfície terrestre em função da energia da partícula, expressa em eV ( $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ). Considere a área da superfície terrestre  $5,0 \times 10^{14} \text{ m}^2$ .

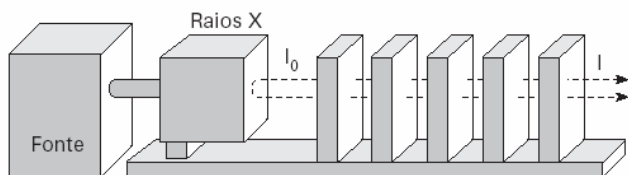


- Quantas partículas com energia de  $10^{16} \text{ eV}$  atingem a Terra ao longo de um dia?
- O raio cósmico mais energético já detectado atingiu a Terra em 1991. Sua energia era  $3,0 \times 10^{20} \text{ eV}$ . Compare essa energia com a energia cinética de uma bola de tênis de massa  $0,060 \text{ kg}$  num saque a  $144 \text{ km/h}$ .

**5) (UFC-2002)** Uma fábrica de produtos metalúrgicos do Distrito Industrial de Fortaleza consome, por mês, cerca de  $2,0 \times 10^6 \text{ kWh}$  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,  $E = m_0 c^2$ . Nesse caso, a massa necessária para suprir a energia requerida pela fábrica, durante um mês, é, em gramas:

- 0,08
- 0,8
- 8
- 80
- 800

6) (Fuvest-2005) Um aparelho de Raios X industrial produz um feixe paralelo, com intensidade  $I_0$ . O operador dispõe de diversas placas de Pb, cada uma com 2 cm de espessura, para serem utilizadas como blindagem, quando colocadas perpendicularmente ao feixe.



Em certa situação, os índices de segurança determinam que a intensidade máxima  $I$  dos raios que atravessam a blindagem seja inferior a  $0,15 I_0$ . Nesse caso, o operador deverá utilizar um número mínimo de placas igual a:

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5
- e) 6

7) (Fuvest-2005) O ano de 2005 foi declarado o Ano Internacional da Física, em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade, cujos resultados incluem a famosa relação  $E = \Delta m \cdot c^2$ . Num reator nuclear, a energia provém da fissão do Urânio. Cada núcleo de Urânio, ao sofrer fissão, divide-se em núcleos mais leves, e uma pequena parte,  $m$ , de sua massa inicial transforma-se em energia. A Usina de Angra II tem uma potência elétrica de cerca 1350 MW, que é obtida a partir da fissão de Urânio-235. Para produzir tal potência, devem ser gerados 4000 MW na forma de calor  $Q$ . Em relação à Usina de Angra II, estime a

- a) quantidade de calor  $Q$ , em joules, produzida em um dia.
- b) quantidade de massa  $m$  que se transforma em energia na forma de calor, a cada dia.
- c) massa  $M_U$  de Urânio-235, em kg, que sofre fissão em um dia, supondo que a massa  $m$ , que se transforma em energia, seja aproximadamente  $0,0008$  ( $8 \times 10^{-4}$ ) da massa  $M_U$ .

8) (UFMG-2006) A luz emitida por uma lâmpada fluorescente é produzida por átomos de mercúrio excitados, que, ao perderem energia, emitem luz. Alguns dos comprimentos de onda de luz visível emitida pelo mercúrio, nesse processo, estão mostrados nesta tabela:

cor	comprimento de onda (x $10^{-9}$ m)
amarela	579,2
verde	546,2
azul	491,7
violeta	436,0

Considere que, nesse caso, a luz emitida se propaga no ar. Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que, em comparação com os de luz violeta, os fótons de luz amarela têm

- a) menor energia e menor velocidade.
- b) maior energia e maior velocidade.
- c) menor energia e mesma velocidade.
- d) maior energia e mesma velocidade.

9) (Fuvest-2006) Na época da formação da Terra, estimada como tendo ocorrido há cerca de 4,2 bilhões de anos, os isótopos de Urânio radioativo  $^{235}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$  existiam em maior quantidade, pois, ao longo do tempo, parte deles desintegrou-se, deixando de existir como elemento Urânio. Além disso, eram encontrados em proporções diferentes das de hoje, já que possuem meias-vidas diferentes.

Atualmente, em uma amostra de 1,000kg de Urânio, há 0,993kg de  $^{238}\text{U}$  e 0,007kg de  $^{235}\text{U}$ , de modo que o  $^{235}\text{U}$  corresponde a 0,7% da massa total e tem importância estratégica muito grande, pela sua utilização em reatores nucleares.

- a) Estime a massa  $M_{238}$ , em kg, de uma amostra de  $^{238}\text{U}$ , na época da formação da Terra, a partir da qual restaram hoje 0,993kg de  $^{238}\text{U}$ .
- b) Estime, levando em conta o número de meias-vidas do  $^{235}\text{U}$ , a massa  $M_{235}$ , em kg, de uma amostra de  $^{235}\text{U}$ , na época da formação da Terra, a partir da qual restaram hoje 0,007kg de  $^{235}\text{U}$ .
- c) Estime a porcentagem  $P$  em massa de  $^{235}\text{U}$  em relação à massa total de Urânio em uma amostra na época da formação da Terra.

#### NOTE E ADOTE

A meia-vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo necessário para que a metade da massa de uma amostra se desintegre; o restante de sua massa continua a se desintegrar.

Meia-vida do  $^{238}\text{U} \approx 4,2$  bilhões de anos ( $4,2 \cdot 10^9$  anos)

Meia-vida do  $^{235}\text{U} \approx 700$  milhões de anos ( $0,7 \cdot 10^9$  anos)

(Os valores acima foram aproximados, para facilitar os cálculos).

10) (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.

**11) (FUVEST-2007)** Um centro de pesquisa nuclear possui um ciclotron que produz radioisótopos para exames de tomografia. Um deles, o Flúor-18 ( $^{18}\text{F}$ ), com meia-vida de aproximadamente 1h30min, é separado em doses, de acordo com o intervalo de tempo entre sua preparação e o início previsto para o exame. Se o frasco com a dose adequada para o exame de um paciente A, a ser realizado 2 horas depois da preparação, contém  $N_A$  átomos de  $^{18}\text{F}$ , o frasco destinado ao exame de um paciente B, a ser realizado 5 horas depois da preparação, deve conter  $N_B$  átomos de  $^{18}\text{F}$ , com

A meia vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo após o qual metade dos átomos inicialmente presentes sofreram desintegração.

- a)  $N_B = 2N_A$
- b)  $N_B = 3N_A$
- c)  $N_B = 4N_A$
- d)  $N_B = 6N_A$
- e)  $N_B = 8N_A$

**12) (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 conseqüências 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 ( $E$ ).

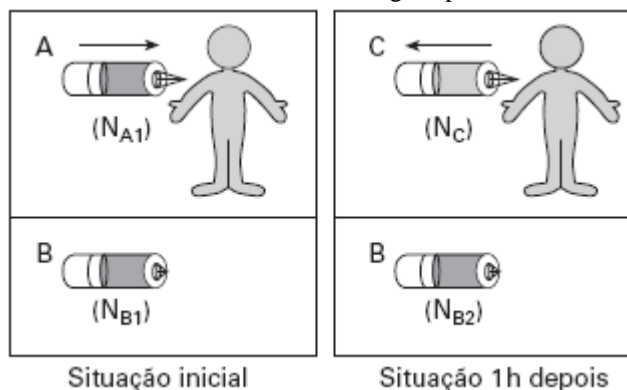
$$E = mc^2$$

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 1g de água de  $14,5^\circ\text{C}$  para  $15,5^\circ\text{C}$ , 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

**13) (FUVEST-2007)** Uma substância radioativa, cuja meia-vida é de aproximadamente 20 minutos, pode ser utilizada para medir o volume do sangue de um paciente. Para isso, são preparadas duas amostras, A e B, iguais, dessa

substância, diluídas em soro, com volume de  $10\text{cm}^3$  cada. Uma dessas amostras, A, é injetada na circulação sanguínea do paciente e a outra, B, é mantida como controle. Imediatamente antes da injeção, as amostras são monitoradas, indicando  $N_{A1} = N_{B1} = 160000$  contagens por minuto. Após uma hora, é extraída uma amostra C de sangue do paciente, com igual volume de  $10\text{cm}^3$ , e seu monitoramento indica  $N_C = 40$  contagens por minuto.



- a) Estime o número  $N_{B2}$ , em contagens por minuto, medido na amostra de controle B, uma hora após a primeira monitoração.
- b) A partir da comparação entre as contagens  $N_{B2}$  e  $N_C$ , estime o volume  $V$ , em litros, do sangue no sistema circulatório desse paciente.

#### NOTE E ADOTE

A meia vida é o intervalo de tempo após o qual o número de átomos radioativos presentes em uma amostra é reduzido à metade.

Na monitoração de uma amostra, o número de contagens por intervalo de tempo é proporcional ao número de átomos radioativos presentes.

**14) (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.

**15) (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)  $R = 0$

**16) (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

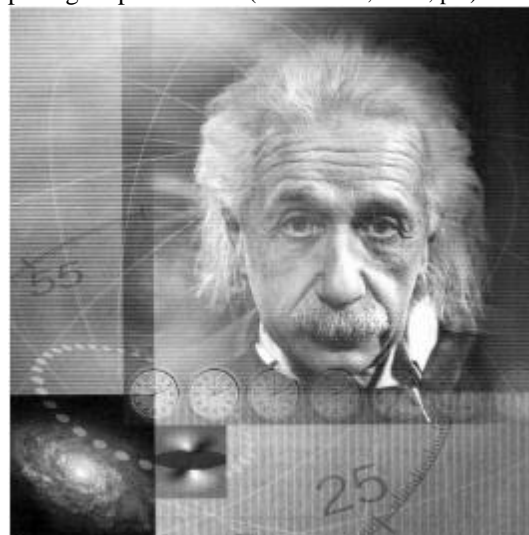
- a) Conservação de Energia.
- b) Conservação da Quantidade de Movimento.
- c) Dualidade Partícula-onda.
- d) Princípio da Causalidade.
- e) Conservação do Momento Angular.

**17) (FMTM-2002)** A medicina encontra nos raios LASER, cada dia que passa, uma nova aplicação. Em cirurgias, têm substituído os bisturis e há muito são usados para “soldar” retinas descoladas. Teoricamente idealizados em 1917 por Albert Einstein, podem hoje em dia ser obtidos a partir de sólidos, líquidos e gases. O primeiro LASER a gás empregava uma mistura de hélio e neônio e produzia um feixe de ondas eletromagnéticas de comprimento de onda  $1,15 \cdot 10^{-6}$  m. Com base na tabela que segue e considerando-se a velocidade de propagação da luz  $3 \cdot 10^8$  m/s, a “cor” do feixe emitido por este LASER era

Frequência ( $10^{14}$ Hz)	Cor
6,9	azul
6,2	azul - esverdeada
5,1	amarela
3,9	vermelha
2,6	infravermelha

- a) azul.
- b) azul - esverdeada.
- c) amarela.
- d) vermelha.
- e) infravermelha.

**18) (UFBA-2006)** A escolha de 2005 [como o Ano Mundial da Física] coincide com o centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein que revolucionaram a Física. As cinco contribuições extraordinárias, que apareceram na prestigiosa revista alemã *Annalen der Physik*, foram a teoria da relatividade especial, a introdução do conceito de *quantum* de luz, a explicação do movimento browniano, a equivalência entre massa e energia e um método de determinação de dimensões moleculares (sua tese de doutorado). O ano de 2005 assinala ainda o cinquentenário de sua morte e o octogésimo ano de sua passagem pelo Brasil. (STUDART, 2005, p.1).



Considerando-se as teorias físicas conhecidas à época das publicações de Einstein e as contribuições advindas de seus trabalhos para o desenvolvimento das Ciências Naturais, é correto afirmar:

- (01) O movimento browniano de um meio coloidal é incompatível com o princípio de organização próprio do sistema vivo.
- (02) A temperatura de um gás ideal é diretamente proporcional à energia cinética média das suas moléculas.
- (04) A velocidade da luz, no vácuo, é menor do que em um meio material transparente.
- (08) Um referencial é dito inercial, quando ele está em repouso ou se move com velocidade constante em relação a outro referencial inercial.
- (16) A excitação da clorofila por um fóton de luz propicia a conversão de energia solar em energia química da glicose.
- (32) Se a quantidade de energia resultante da transformação total de 1,0kg de matéria é igual a  $9,0 \cdot 10^{13}$  kJ, então essa mesma quantidade de energia é gerada a partir de  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas de hidrogênio,  $H_2$ , ou de sacarose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

**19) (PUC - RS-2006)** A escolha do ano de 2005 como o **Ano Mundial da Física** teve como um de seus objetivos a comemoração do centenário da publicação dos primeiros trabalhos de Albert Einstein. No entanto, é importante salientar que muitos outros cientistas contribuíram para o excepcional desenvolvimento da Física no século passado.

Entre eles cabe destacar Max Planck, o qual, em 1900, propôs a teoria da quantização da energia. Segundo esta teoria, um corpo negro irradia energia de forma \_\_\_\_\_, em porções que são chamadas de \_\_\_\_\_, cuja energia é proporcional à \_\_\_\_\_ da radiação eletromagnética envolvida nessa troca de energia.

A seqüência de termos que preenche corretamente as lacunas do texto é

- a) descontínua - prótons - frequência
- b) contínua - prótons - amplitude
- c) descontínua - fótons - frequência
- d) contínua - fótons - amplitude
- e) descontínua - elétrons - frequência

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

**21) (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.

**22) (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 conseqüências observáveis das bases microscópicas da Termodinâmica e Mecânica Estatística são previstas, fundamentando o que até então era conhecido como efeito Browniano.

$$E = h\nu$$

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 ( $\nu$ ), onde  $h = 1.054589 \times 10^{-34}$  Jaule $\times$ segundo, conhecida como constante de Plank.

Suponha que, na média, cada fóton liberado pela chama de um fogão tenha uma frequência  $\nu = 6.9 \cdot 10^{14}$  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)  $6.0 \times 10^2$  fótons.
- b)  $6.0 \times 10^5$  fótons.
- c)  $6.0 \times 10^{12}$  fótons.
- d)  $6.0 \times 10^{16}$  fótons.
- e)  $6.0 \times 10^{22}$  fótons.

**23) (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 conseqüências 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 1g de água de 14,5 °C para 15,5°C, assinale, dentre as alternativas a seguir, aquela que melhor expressa o correspondente incremento de massa.

- $5 \times 10^{-3}$  kg
- $5 \times 10^{-9}$  kg
- $5 \times 10^{-17}$  kg
- $5 \times 10^{-25}$  kg
- $5 \times 10^{-34}$  kg

**24) (UFG-2007)** O efeito fotoelétrico, explorado em sensores, células fotoelétricas e outros detectores eletrônicos de luz, refere-se à capacidade da luz de retirar elétrons da superfície de um metal. Quanto a este efeito, pode-se afirmar que

- a energia dos elétrons ejetados depende da intensidade da luz incidente.
- a energia dos elétrons ejetados é discreta, correspondendo aos quanta de energia.
- a função trabalho depende do número de elétrons ejetados.
- a velocidade dos elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.
- o número de elétrons ejetados depende da cor da luz incidente.

**25) (UFMG-2007)** Nos diodos emissores de luz, conhecidos como LEDs, a emissão de luz ocorre quando elétrons passam de um nível de maior energia para um outro de menor energia.

Dois tipos comuns de LEDs são o que emite luz vermelha e o que emite luz verde.

Sabe-se que a frequência da luz vermelha é menor que a da luz verde.

Sejam  $\lambda_{\text{verde}}$  o comprimento de onda da luz emitida pelo LED verde e  $E_{\text{verde}}$  a diferença de energia entre os níveis desse mesmo LED.

Para o LED vermelho, essas grandezas são, respectivamente,  $\lambda_{\text{vermelho}}$  e  $E_{\text{vermelho}}$ .

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

- $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$  e  $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$ .
- $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$  e  $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$ .
- $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$  e  $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$ .
- $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$  e  $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$ .

**26) (Unicamp-2008)** Com um pouco de capacidade de interpretação do enunciado, é possível entender um problema de Física moderna, como o exposto abaixo, com base nos conhecimentos de ensino médio.

O Positrônio é um átomo formado por um elétron e sua anti-partícula, o pósitron, que possui carga oposta e massa igual à do elétron. Ele é semelhante ao átomo de

Hidrogênio, que possui um elétron e um próton. A energia do nível fundamental desses átomos é dada por  $E_1 =$

$$-13,6 \left( 1 + \frac{m_e}{m_p} \right) \text{ eV}$$

, onde  $m_e$  é a massa do elétron e  $m_p$  é a massa do pósitron, no caso do Positrônio, ou a massa do próton, no caso do átomo de Hidrogênio. Para o átomo de Hidrogênio, como a massa do próton é muito maior que a massa do elétron,  $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ .

a) Calcule a energia do nível fundamental do Positrônio.  
b) Ao contrário do átomo de Hidrogênio, o Positrônio é muito instável, pois o elétron pode se aniquilar rapidamente com a sua anti-partícula, produzindo fótons de alta energia, chamados raios gama. Considerando que as massas do elétron e do pósitron são  $m_e = m_p = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , e que, ao se aniquilarem, toda a sua energia, dada pela relação de Einstein  $E_p + E_e = m_e c^2 + m_p c^2$ , é convertida na energia de dois fótons gama, calcule a energia de cada fóton produzido. A velocidade da luz é  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

**27) (UNICAMP-2009)** A evolução da sociedade tem aumentado a demanda por energia limpa e renovável. Tipicamente, uma roda d'água de moinho produz cerca de 40kWh (ou  $1,4 \cdot 10^8 \text{ J}$ ) diários. Por outro lado, usinas nucleares fornecem em torno de 20% da eletricidade do mundo e funcionam através de processos controlados de fissão nuclear em cadeia.

a) Um sitiante pretende instalar em sua propriedade uma roda d'água e a ela acoplar um gerador elétrico. A partir do fluxo de água disponível e do tipo de roda d'água, ele avalia que a velocidade linear de um ponto da borda externa da roda deve ser  $v = 2,4 \text{ m/s}$ . Além disso, para que o gerador funcione adequadamente, a frequência de rotação da roda d'água deve ser igual a 0,20Hz. Qual é o raio da roda d'água a ser instalada? Use  $\pi = 3$ .

b) Numa usina nuclear, a diferença de massa  $\Delta m$  entre os reagentes e os produtos da reação de fissão é convertida em energia, segundo a equação de Einstein  $E = \Delta m c^2$ , onde  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Uma das reações de fissão que podem ocorrer em uma usina nuclear é expressa de forma aproximada por  $(1000 \text{ g de } U_{235}) + (4 \text{ g de nêutrons}) \rightarrow (612 \text{ g de } Ba_{144}) + (378 \text{ g de } Kr_{89}) + (13 \text{ g de nêutrons}) + \text{energia}$ . Calcule a quantidade de energia liberada na reação de fissão descrita acima.

**28) (ITA-2002)** Um átomo de hidrogênio tem níveis de

energia discretos dados pela equação  $E_n = \frac{-13,6}{n^2} \text{ eV}$ , em que  $\{n \in \mathbb{Z} / n \geq 1\}$ . Sabendo que um fóton de energia 10,19 eV excitou o átomo do estado fundamental ( $n = 1$ ) até o estado  $p$ , qual deve ser o valor de  $p$ ? Justifique.

**29) (UFC-2002)** De acordo com a teoria da relatividade, de Einstein, a energia total de uma partícula satisfaz a equação

$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$ , 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  $\nu$  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:

- $p = hc$
- $p = hc/\nu$
- $p = 1/hc$
- $p = h\nu/c$
- $p = c\nu/h$

**30) (UFC-2003)** A energia cinética de um elétron relativístico é  $N$  vezes a sua energia de repouso. A energia

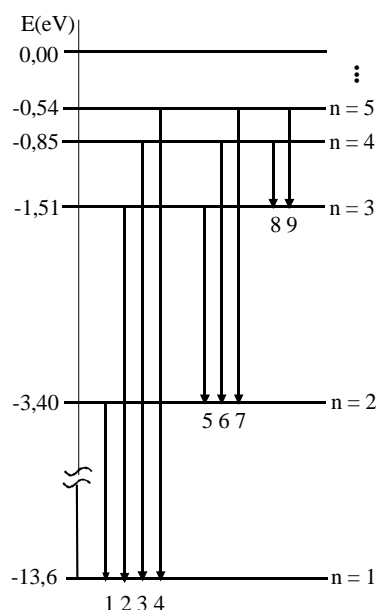
cinética relativística é  $K = Mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right)$  ( $c$  é a velocidade da luz no vácuo,  $M$ , a massa de repouso do elétron no referencial em que sua velocidade é  $v$ ). Se a

razão  $\frac{v}{c} = \sqrt{\frac{15}{16}}$ , o valor de  $N$  é:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

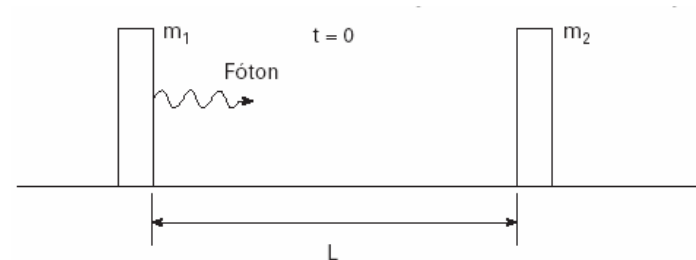
**31) (UFC-2003)** Na figura ao lado, as flechas numeradas de 1 até 9 representam transições possíveis de ocorrer entre alguns níveis de energia do átomo de hidrogênio, de acordo com o modelo de Bohr. Para ocorrer uma transição, o

átomo emite (ou absorve) um fóton cuja energia  $\frac{hc}{\lambda}$  é igual a  $|\Delta E|$  ( $h$  é a constante de Planck,  $c$  é a velocidade da luz no vácuo,  $\lambda$  é o comprimento de onda do fóton e  $\Delta E$  é a diferença de energia entre os dois níveis envolvidos na transição). Suponha que o átomo emite os fótons X e Y, cujos comprimentos de onda são, respectivamente,  $\lambda_X = 1,03 \times 10^{-7}$  m e  $\lambda_Y = 4,85 \times 10^{-7}$  m. As transições corretamente associadas às emissões desses dois fótons são (use  $h = 4,13 \times 10^{-15}$  eV·s e  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s):



- 4 e 8
- 2 e 6
- 3 e 9
- 5 e 7
- 1 e 7

**32) (ITA-2003)** Experimentos de absorção de radiação mostram que a relação entre a energia  $E$  e a quantidade de movimento  $p$  de um fóton é  $E = pc$ . Considere um sistema isolado formado por dois blocos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , respectivamente, colocados no vácuo, e separados entre si de uma distância  $L$ . No instante  $t = 0$ , o bloco de massa  $m_1$  emite um fóton que é posteriormente absorvido inteiramente por  $m_2$ , não havendo qualquer outro tipo de interação entre os blocos. (Ver figura).



Suponha que  $m_1$  se torne  $m_1'$  em razão da emissão do fóton e, analogamente,  $m_2$  se torne  $m_2'$  devido à absorção desse fóton. Lembrando que esta questão também pode ser resolvida com recursos da Mecânica Clássica, assinale a opção que apresenta a relação correta entre a energia do fóton e as massas dos blocos.

- $E = (m_2 - m_1)c^2$ .
- $E = (m_1' - m_2')c^2$ .
- $E = (m_2' - m_2)c^2/2$ .
- $E = (m_2' - m_2)c^2$ .
- $E = (m_1 + m_1')c^2$ .

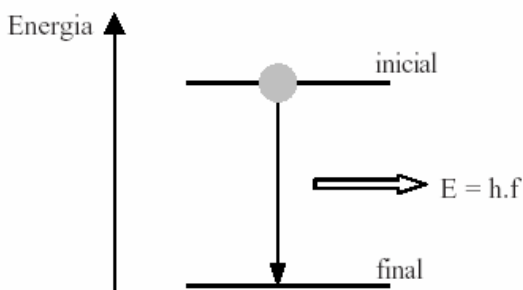
**33) (UEL-2003)** A Usina Nuclear de Angra dos Reis - Angra II - está projetada para uma potência de 1309 MW. Apesar de sua complexidade tecnológica, é relativamente simples compreender o princípio de funcionamento de uma usina nuclear, pois ele é similar ao de uma usina térmica convencional. Sobre o assunto, considere as afirmativas apresentadas abaixo.

- I. Na usina térmica, o calor gerado pela combustão do carvão, do óleo ou do gás vaporiza a água em uma caldeira. Esse vapor aciona uma turbina acoplada a um gerador e este produz eletricidade.
- II. O processo de fusão nuclear utilizado em algumas usinas nucleares é semelhante ao processo da fissão nuclear. A diferença entre os dois está na elevada temperatura para fundir o átomo de Urânio-235.
- III. Na usina nuclear, o calor é produzido pela fissão do átomo do Urânio-235 por um nêutron no núcleo do reator.
- IV. Na usina nuclear, o calor é produzido pela reação em cadeia da fusão do átomo do Urânio-235 com um nêutron.

São corretas apenas as afirmativas:

- a) I e III.  
b) II, III e IV.  
c) I, II e IV.  
d) II e III.  
e) III e IV.

**34) (Unicube-2003)** Considere dois níveis de energia de um átomo de sódio, representados no diagrama abaixo.



A diferença de energia entre os níveis (inicial e final) é igual a  $3,4 \times 10^{-19} \text{ J}$  e a energia do fóton é igual a  $h \cdot f$ , em que  $h$  é a constante de Planck ( $6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ) e  $f$  é a frequência do fóton emitido. Considerando os dados apresentados e utilizando a tabela abaixo como referência marque a alternativa, que representa a cor da luz emitida nessa transição eletrônica.

Cor	Frequência (Hz)
Violeta	4000 - 4400
Anil	4400 - 4600
Azul	4600 - 5000
Verde	5000 - 5700
Amarela	5700 - 5900
Laranja	5900 - 6200
Vermelha	6200 - 7000

- A) vermelha.  
B) amarela.  
C) violeta.  
D) azul.

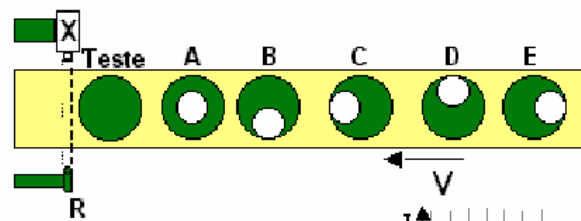
**35) (PUC-RS-2003)** A energia de um fóton é diretamente proporcional a sua frequência, com a constante de Planck,  $h$ , sendo o fator de proporcionalidade. Por outro lado, pode-se associar massa a um fóton, uma vez que ele apresenta energia ( $E = mc^2$ ) e quantidade de movimento. Assim, a quantidade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

**36) (UFMS-2003)** Ondas de rádio e raios-X estão se propagando no vácuo. As ondas de rádio possuem comprimento de onda  $\lambda_r = 3,0 \text{ m}$  e os raios-X,  $\lambda_x = 7,0 \times 10^{11} \text{ m}$ . Sejam:  $E_r$  a energia dos fótons de ondas de rádio e  $E_x$  a energia dos fótons de raios-X e  $V_r$  e  $V_x$ , respectivamente, as suas velocidades de propagação. Com base nessas informações, é correto afirmar que:

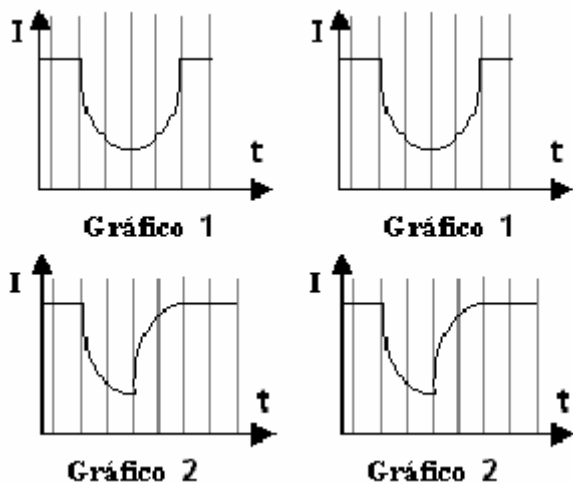
- a)  $E_x = E_r$  e  $V_x = V_r$ .  
b)  $E_x > E_r$  e  $V_x < V_r$ .  
c)  $E_x > E_r$  e  $V_x = V_r$ .  
d)  $E_x < E_r$  e  $V_x = V_r$ .  
e)  $E_x < E_r$  e  $V_x < V_r$ .

**37) (Fuvest-2004)** Uma unidade industrial de raios-X consiste em uma fonte X e um detector R, posicionados de forma a examinar cilindros com regiões cilíndricas ocas (representadas pelos círculos brancos), dispostos em uma esteira, como vistos de cima na figura. A informação é obtida pela intensidade  $I$  da radiação X que atinge o detector, à medida que a esteira se move com velocidade constante.



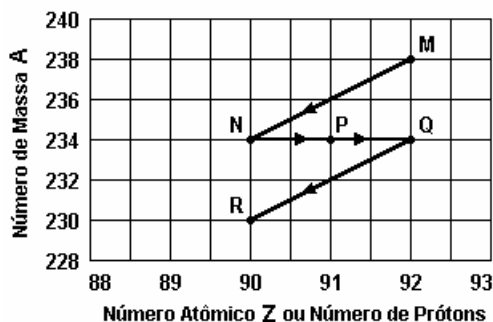


O **Gráfico 1** representa a intensidade detectada em R para um cilindro teste homogêneo. Quando no detector R for obtido o **Gráfico 2**, é possível concluir que o objeto em exame tem uma forma semelhante a:



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D
- e) E

**38) (UFMG-1994)** Observe o diagrama.



Esse diagrama ilustra uma seqüência de decaimentos radioativos do núcleo atômico de um certo elemento. O núcleo M decai para um núcleo N e, em estágios sucessivos, até o núcleo R, cujo número de prótons é igual a 90, e o número de massa é igual a 230.

- a) DETERMINE o número de nêutrons contidos no núcleo M.
- b) CITE o nome da radiação emitida pelo núcleo no decaimento de N para P e de Q para R.
- c) INDIQUE os núcleos do diagrama cujos átomos são isótopos.

**39) (Unicamp-2005)** O efeito fotoelétrico, cuja descrição por Albert Einstein está completando 100 anos em 2005 (ano internacional da Física), consiste na emissão de elétrons por um metal no qual incide um feixe de luz. No

processo, “pacotes” bem definidos de energia luminosa, chamados fótons, são absorvidos um a um pelos elétrons do metal. O valor da energia de cada fóton é dado por  $E_{\text{fóton}} = hf$ , onde  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$  é a chamada constante de Planck e  $f$  é a frequência da luz incidente. Um elétron só é emitido do interior do metal se a energia do fóton absorvido for maior que uma energia mínima. Para os elétrons mais fracamente ligados ao metal, essa energia mínima é chamada função trabalho  $W$  e varia de metal para metal (ver a tabela a seguir).

metal	W(eV)
césio	2,1
Potássio	2,3
sódio	2,8

Considere  $c = 300.000 \text{ km/s}$ .

- a) Calcule a energia do fóton (em eV), quando o comprimento de onda da luz incidente for  $5 \times 10^{-7} \text{ m}$ .
- b) A luz de  $5 \times 10^{-7} \text{ m}$  é capaz de arrancar elétrons de quais dos metais apresentados na tabela?
- c) Qual será a energia cinética de elétrons emitidos pelo potássio, se o comprimento de onda da luz incidente for  $3 \times 10^{-7} \text{ m}$ ? Considere os elétrons mais fracamente ligados do potássio e que a diferença entre a energia do fóton absorvido e a função trabalho  $W$  é inteiramente convertida em energia cinética.

**40) (UFSC-2005)** O ano de 2005 será o ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA, pois estaremos completando 100 anos de importantes publicações realizadas por Albert Einstein. O texto abaixo representa um possível diálogo entre dois cientistas, em algum momento, nas primeiras décadas do século 20:

**“Z - Não posso concordar que a velocidade da luz seja a mesma para qualquer referencial. Se estivermos caminhando a  $5 \text{ km/h}$  em um trem que se desloca com velocidade de  $100 \text{ km/h}$  em relação ao solo, nossa velocidade em relação ao solo será de  $105 \text{ km/h}$ . Se acendermos uma lanterna no trem, a velocidade da luz desta lanterna em relação ao solo será de  $c + 100 \text{ km/h}$ .”**

**B - O nobre colega está supondo que a equação para comparar velocidades em referenciais diferentes seja  $v' = v_0 + v$ . Eu defendo que a velocidade da luz no vácuo é a mesma em qualquer referencial com velocidade constante e que a forma para comparar velocidades é que deve ser modificada.**

**Z - Não diga também que as medidas de intervalos de tempo serão diferentes em cada sistema. Isto é um absurdo!**


**B - Mas é claro que as medidas de intervalos de tempo podem ser diferentes em diferentes sistemas de referência.**

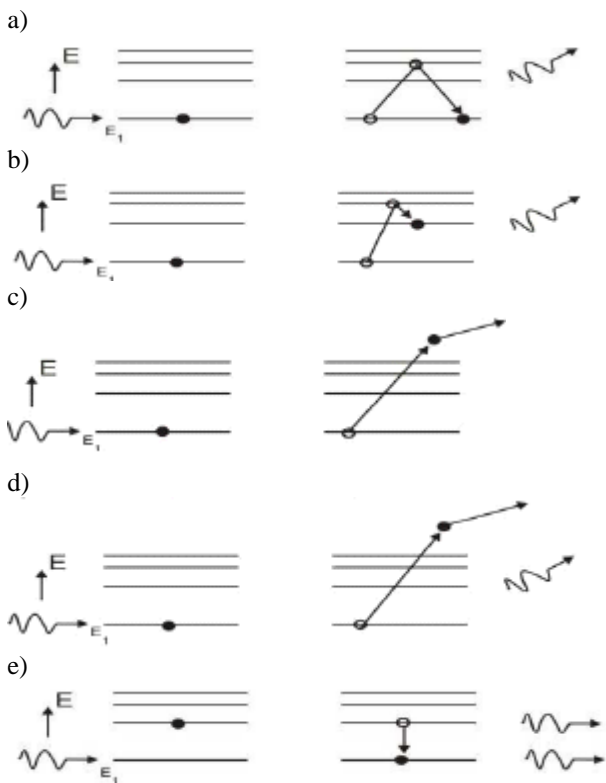
**Z - Com isto você está querendo dizer que tudo é relativo!**

**B - Não! Não estou afirmando que tudo é relativo! A velocidade da luz no vácuo será a mesma para qualquer observador inercial. As grandezas observadas poderão ser diferentes, mas as leis da Física deverão ser as mesmas para qualquer observador inercial.”**

Com o que você sabe sobre teoria da relatividade e considerando o diálogo acima apresentado, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. O cientista *B* defende idéias teoricamente corretas sobre a teoria da relatividade restrita, mas que não têm nenhuma comprovação experimental.
02. O cientista *Z* aceita que objetos podem se mover com velocidades acima da velocidade da luz no vácuo, pois a mecânica newtoniana não coloca um limite superior para a velocidade de qualquer objeto.
04. O cientista *Z* está defendendo as idéias da mecânica newtoniana, que não podem ser aplicadas a objetos que se movem com velocidades próximas à velocidade da luz.
08. De acordo com a teoria da relatividade, o cientista *B* está correto ao dizer que as medidas de intervalos de tempo dependem do referencial.
16. De acordo com a teoria da relatividade, o cientista *B* está correto ao afirmar que as leis da Física são as mesmas para cada observador.

**41) (UFC-2005)** Quando um fóton () incide sobre um átomo ou molécula no estado fundamental ou em estados próximos ao estado fundamental modestamente excitados, vários fenômenos físicos de emissão ocorrem. As alternativas abaixo apresentam figuras de níveis quânticos de energia de alguns destes fenômenos. Assinale a alternativa que representa, corretamente, a emissão estimulada.



**42) (ITA-2006)** No modelo proposto por Einstein, a luz se comporta como se sua energia estivesse concentrada em pacotes discretos, chamados de “quanta” de luz, e atualmente conhecidos por fótons. Estes possuem momento  $p$  e energia  $E$  relacionados pela equação  $E = pc$ , em que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. Cada fóton carrega uma energia  $E = hf$ , em que  $h$  é a constante de Planck e  $f$  é a frequência da luz. Um evento raro, porém possível, é a fusão de dois fótons, produzindo um par elétron-pósitron, sendo a massa do pósitron igual à massa do elétron. A relação de Einstein associa a energia da partícula à massa do elétron ou pósitron, isto é,  $E = m_e c^2$ . Assinale a frequência mínima de cada fóton, para que dois fótons, com momentos opostos e de módulo iguais, produzam um par elétron-pósitron após a colisão.

- a)  $f = (4m_e c^2)/h$   
 b)  $f = (m_e c^2)/h$   
 c)  $f = (2m_e c^2)/h$   
 d)  $f = (m_e c^2)/2h$   
 e)  $f = (m_e c^2)/4h$

**43) (UEL-2006)** Um modelo clássico para o elétron considera que ele seja uma esfera de raio  $r_e$ , cuja carga está distribuída uniformemente na superfície. A partir de um cálculo simples, pode-se mostrar que a energia eletrostática armazenada no campo elétrico assim produzido é dada por  $\frac{e^2}{2r_e}$ , onde  $e$  é a carga do elétron. Ainda que não esteja correto, esse modelo fornece uma estimativa para  $r_e$  da ordem de  $10^{-13}$  cm. Esse valor é próximo ao valor obtido experimentalmente para o raio do núcleo. É correto afirmar que a estimativa do valor para o raio clássico do elétron pode ser inferida com a ajuda:

- a) Da expressão para a força de Coulomb entre partículas carregadas.  
 b) Do momento angular do elétron que depende de  $e r$ .  
 c) Da expressão relativística para a energia de repouso  $E = mc^2$ , que fornecerá a expressão

$$r_e = \frac{e^2}{2mc^2} \text{ para o raio clássico do elétron.}$$

- d) Da corrente  $I$  associada ao movimento do elétron.  
 e) Da invariância da carga elétrica que conduzirá a um valor absoluto para o raio clássico  $r_e$  do elétron.

**44) (UEL-2006)** A existência de sistemas físicos que funcionam durante muito tempo só foi conseguida com o domínio da tecnologia de produção de baixas temperaturas, próximas do zero absoluto. Por exemplo, qualquer anel metálico torna-se supercondutor se for levado a uma temperatura próxima do zero absoluto. Nessas condições, a resistência elétrica é reduzida ao valor zero e uma corrente pode permanecer fluindo constantemente no anel. Sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- I. Como o sistema é um exemplo de um moto perpétuo, no qual não haverá dissipação de energia,

poderemos extrair indefinidamente trabalho do mesmo, já que a energia do sistema é infinita.

II. A existência deste sistema demonstra que a idéia clássica de irradiação de cargas aceleradas tem que ser repensada com a descoberta dos fenômenos quânticos.

III. O sistema pode ser encarado como um exemplo de um moto perpétuo, no qual não haverá dissipação de energia nem por atrito, nem por radiação. No entanto, não poderemos extrair indefinidamente trabalho do mesmo, já que a energia do sistema é finita.

IV. A existência desse sistema demonstra que as leis da conservação da energia e do crescimento da entropia encontram seus limites nos fenômenos da Mecânica Quântica.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- I e III.
- II e III.
- II e IV.
- I, II e IV.
- I, III e IV.

**45) (UEMG-2006)** Uma pequena massa atinge uma velocidade de 50% do valor da velocidade da luz no vácuo. Em relação a essa situação, assinale a alternativa que contém uma afirmação **CORRETA**:

- Sua massa a essa velocidade é igual à sua massa de repouso.
- Sua massa a essa velocidade é maior que a sua massa de repouso.
- Sua massa diminui em relação à sua massa de repouso.
- Pela teoria da relatividade, é impossível uma massa atingir 50% da velocidade da luz.

**46) (UEL-2007)** Os tubos catódicos de televisores em cores operam com diferença de potencial em torno de 22.000 V, produzindo raios X. Assinale a alternativa que fornece a energia máxima de um fóton produzido nessas condições e o comprimento de onda do feixe de raios X correspondente:

- Energia máxima de 35,20 KeV e comprimento de onda de 0,35 Å.
- Energia máxima de 22,00 KeV e comprimento de onda de 0,35 Å.
- Energia máxima de 22,00 KeV e comprimento de onda de 0,56 Å.
- Energia máxima de 13,75 KeV e comprimento de onda de 0,83 Å.
- Energia máxima de 13,75 KeV e comprimento de onda de 0,48 Å.

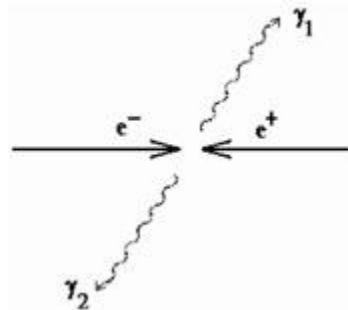
Dados:  $1e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

**47) (ITA-2008)** Um elétron e um pósitron, de massa  $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , cada qual com energia cinética de 1,20 MeV e mesma quantidade de movimento, colidem entre si

em sentidos opostos. Neste processo colisional as partículas aniquilam-se, produzindo dois fótons  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ . Sendo dados: constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ; velocidade da luz  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ; 1 femtometro =  $1 \text{ fm} = 1 \times 10^{-15} \text{ m}$ , indique os respectivos valores de energia E e do comprimento de onda dos fótons.



- $E = 1,20 \text{ MeV}$ ;  $\lambda = 2435 \text{ fm}$
- $E = 1,20 \text{ MeV}$ ;  $\lambda = 1035 \text{ fm}$
- $E = 1,71 \text{ MeV}$ ;  $\lambda = 726 \text{ fm}$
- $E = 1,46 \text{ MeV}$ ;  $\lambda = 0,28 \times 10^{-2} \text{ fm}$
- $E = 1,71 \text{ MeV}$ ;  $\lambda = 559 \text{ fm}$

**48) (UNICAMP-2009)** A Física de Partículas nasceu com a descoberta do elétron, em 1897. Em seguida foram descobertos o próton, o nêutron e várias outras partículas, dentre elas o pión, em 1947, com a participação do brasileiro César Lattes.

- Num experimento similar ao que levou à descoberta do nêutron, em 1932, um nêutron de massa  $m$  desconhecida e velocidade  $v_0 = 4 \times 10^7 \text{ m/s}$  colide frontalmente com um átomo de nitrogênio de massa  $M = 14u$  (unidade de massa atômica) que se encontra em repouso. Após a colisão, o nêutron retorna com velocidade  $v'$  e o átomo de nitrogênio adquire uma velocidade  $V = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Em consequência da conservação da energia cinética, a velocidade de afastamento das partículas é igual à velocidade de aproximação. Qual é a massa  $m$ , em unidades de massa atômica, encontrada para o nêutron no experimento?
- O Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider-LHC) é um acelerador de partículas que tem, entre outros propósitos, o de detectar uma partícula, prevista teoricamente, chamada bóson de Higgs. Para esse fim, um próton com energia de  $E = 7 \times 10^{12} \text{ eV}$  colide frontalmente com outro próton de mesma energia produzindo muitas partículas. O comprimento de onda ( $\lambda$ ) de uma partícula fornece o tamanho típico que pode ser observado quando a partícula interage com outra. No caso dos prótons do LHC,  $E = hc/\lambda$ , onde  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ , e  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Qual é o comprimento de onda dos prótons do LHC?

**49) (UFOP-2001)** Uma lâmpada de vapor de sódio, com potência  $P = 1,0 \times 10^3 \text{ W}$ , emite luz amarela de frequência  $n = 5,3 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

- Calcule o comprimento de onda dessa onda de luz.
- Calcule a energia e a quantidade de movimento dos fótons dessa luz.

c) Calcule a intensidade dessa luz a 25 m da lâmpada.

Dado: Constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidade da luz no vácuo  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

**50) (UFSC-2002)** Em um laboratório, são fornecidas a um estudante duas lâmpadas de luz monocromática. Uma emite luz com comprimento de onda correspondente ao vermelho ( $\lambda \cong 6,2 \times 10^{-7} \text{ m}$ ) e com potência de 150 Watts. A outra lâmpada emite luz com comprimento de onda correspondente ao violeta ( $\lambda \cong 3,9 \times 10^{-7} \text{ m}$ ) e cuja potência é de 15 Watts. O estudante deve realizar uma experiência sobre o efeito fotoelétrico. Inicialmente, ele ilumina uma placa de lítio metálico com a lâmpada de 150 W e, em seguida, ilumina a mesma placa com a lâmpada de 15 W. A frequência-limite do lítio metálico é aproximadamente  $6,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .

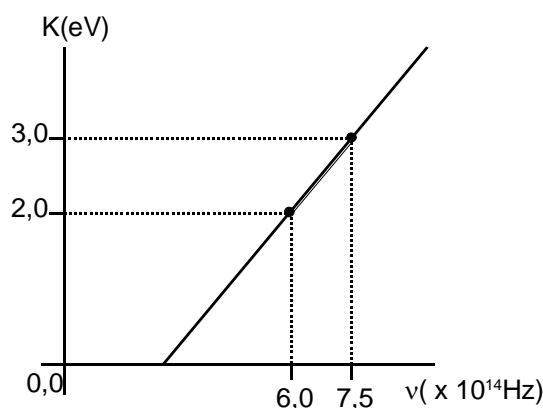
Em relação à descrição apresentada, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01. Como a lâmpada de luz vermelha tem maior potência, os elétrons serão ejetados da superfície metálica, ao iluminarmos a placa de lítio com a lâmpada de 150 W.
02. Ao iluminar a placa de lítio com a lâmpada de 15W, elétrons são ejetados da superfície metálica.
04. A energia cinética dos elétrons, ejetados da placa de lítio, é diretamente proporcional à frequência da luz incidente.
08. Quanto maior o comprimento de onda da luz utilizada, maior a energia cinética dos elétrons ejetados da superfície metálica.
16. Se o estudante iluminasse a superfície de lítio metálico com uma lâmpada de 5 W de luz monocromática, com comprimento de onda de  $4,6 \times 10^{-7} \text{ m}$  (luz azul), os elétrons seriam ejetados da superfície metálica do lítio.
32. Se o estudante utilizasse uma lâmpada de luz violeta de 60 W, a quantidade de elétrons ejetados da superfície do lítio seria quatro vezes maior que a obtida com a lâmpada de 15 W.
64. A energia cinética dos elétrons ejetados, obtida com a lâmpada de luz vermelha de 150 W, é dez vezes maior que a obtida com a lâmpada de luz violeta de 15 W.

**51) (UFMG-2002)** Para se produzirem fogos de artifício de diferentes cores, misturam-se diferentes compostos químicos à pólvora. Os compostos à base de sódio produzem luz amarela e os à base de bário, luz verde. Sabe-se que a frequência da luz amarela é menor que a da verde. Sejam  $E_{Na}$  e  $E_{Ba}$  as diferenças de energia entre os níveis de energia envolvidos na emissão de luz pelos átomos de sódio e de bário, respectivamente, e  $v_{Na}$  e  $v_{Ba}$  as velocidades dos fótons emitidos, também respectivamente. Assim sendo, é **CORRETO** afirmar que

- a)  $E_{Na} < E_{Ba}$  e  $v_{Na} = v_{Ba}$ .
- b)  $E_{Na} < E_{Ba}$  e  $v_{Na} < v_{Ba}$ .
- c)  $E_{Na} > E_{Ba}$  e  $v_{Na} = v_{Ba}$ .
- d)  $E_{Na} > E_{Ba}$  e  $v_{Na} < v_{Ba}$ .

**52) (UFC-2002)** O gráfico mostrado ao lado resultou de uma experiência na qual a superfície metálica de uma célula fotoelétrica foi iluminada, separadamente, por duas fontes de luz monocromática distintas, de frequências  $\nu_1 = 6,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$  e  $\nu_2 = 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ , respectivamente. As energias cinéticas máximas,  $K_1 = 2,0 \text{ eV}$  e  $K_2 = 3,0 \text{ eV}$ , dos elétrons arrancados do metal, pelos dois tipos de luz, estão indicadas no gráfico. A reta que passa pelo dois pontos experimentais do gráfico obedece à relação estabelecida por Einstein para o efeito fotoelétrico, ou seja,  $K = h\nu - \phi$ , onde  $h$  é a constante de Planck e  $\phi$  é a chamada função trabalho, característica de cada material. Baseando-se na relação de Einstein, o valor calculado de  $\phi$ , em elétron-volts, é:



- a) 1,3
- b) 1,6
- c) 1,8
- d) 2,0
- e) 2,3

**53) (UFC-2002)** Um elétron é acelerado a partir do repouso até atingir uma energia relativística final igual a 2,5 MeV. A energia de repouso do elétron é  $E_0 = 0,5 \text{ MeV}$ . Determine:

- a) a energia cinética do elétron quando ele atinge a velocidade final;
- b) a velocidade escalar atingida pelo elétron como uma fração da velocidade da luz no vácuo,  $c$ .

**54) (UFC-2003)** O urânio-238  $\{ {}_{92}^{238}\text{U} \}$ , número de massa  $A = 238$  e número atômico  $Z = 92$  é conhecido, entre outros aspectos, pela sua radioatividade natural. Ele inicia um processo de transformações nucleares, gerando uma série de elementos intermediários, todos radioativos, até resultar

no chumbo-206  $\{ {}_{82}^{206}\text{Pb} \}$  que encerra o processo por ser estável. Essas transformações acontecem pela emissão de partículas  $\alpha$  { núcleos de hélio,  ${}^4_2\text{He}$  } e de partículas  $\beta^-$  (a carga da partícula  $\beta^-$  é a carga de um elétron). Na emissão  $\alpha$ , o número de massa  $A$  é modificado, e na emissão  $\beta^-$ , o número atômico  $Z$  é modificado, enquanto  $A$  permanece o

mesmo. Assim, podemos afirmar que em todo o processo foram emitidas:

- 32 partículas  $\alpha$  e 10 partículas  $\beta^-$ .
- 24 partículas  $\alpha$  e 10 partículas  $\beta^-$ .
- 16 partículas  $\alpha$  e 8 partículas  $\beta^-$ .
- 8 partículas  $\alpha$  e 6 partículas  $\beta^-$ .
- 4 partículas  $\alpha$  e 8 partículas  $\beta^-$ .

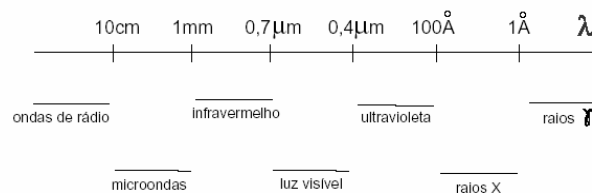
**55) (UEL-2003)** A tela da televisão é recoberta por um material que emite luz quando os elétrons do feixe incidem sobre ela. O feixe de elétrons varre a tela linha por linha, da esquerda para a direita e de cima para baixo, formando assim a imagem da cena transmitida. Sobre a formação da imagem na tela fotoluminescente, é correto afirmar:

- Na televisão em preto-e-branco, há apenas a emissão de duas cores: a branca e a preta; e as diferentes tonalidades de cinza são proporcionadas pela variação da intensidade do feixe eletrônico.
- Na televisão em cores há três feixes eletrônicos com intensidades diferentes, que ao incidirem na tela proporcionam a emissão das três cores primárias de luz: azul, vermelho e verde.
- Cada região da tela da televisão em cores é um emissor de luz, constituído por três partes diferentes de material fotoluminescente, que emitem as cores primárias de luz - azul, vermelho e verde - dependendo da energia dos elétrons incidentes.
- Na televisão em preto-e-branco, cada região da tela é composta por dois emissores de luz, que emitem nas cores preta e branca, conforme a intensidade do feixe eletrônico.
- A emissão das três cores primárias da tela de televisão em cores depende da energia cinética com que os elétrons incidem: o vermelho corresponde à incidência de elétrons de baixa energia cinética, e o azul, à incidência de elétrons de alta energia cinética.

**56) (PUC-RS-2003)** O Grupo de Energia Solar da Faculdade de Física da PUCRS realiza pesquisas na área de conversão fotovoltaica de energia. A célula foto-voltaica de maior rendimento já produzida no Brasil, até hoje, foi projetada e construída por esse grupo. O efeito fotovoltaico que ocorre num semicondutor sólido, quando sobre este incide energia eletromagnética, consiste no aparecimento de uma:

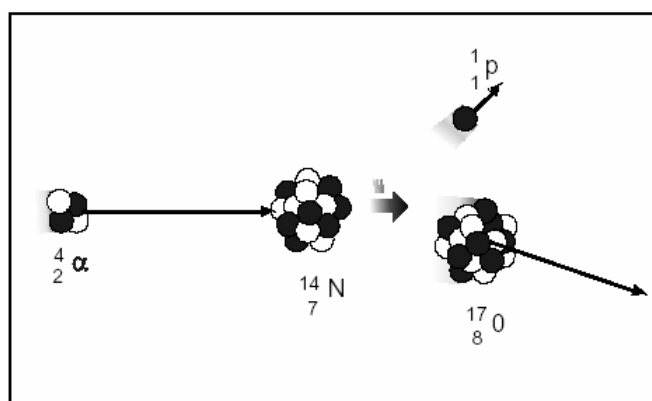
- corrente elétrica, quando o semicondutor for do tipo N.
- corrente elétrica, quando o semicondutor for do tipo P.
- diferença de potencial, quando o semicondutor for do tipo N.
- corrente elétrica, quando o semicondutor tiver uma junção NN.
- diferença de potencial, quando o semicondutor tiver uma junção PN.

**57) (UFBA-2002)** Considerando-se o espectro eletromagnético, cujo esquema está apresentado na figura, onde  $\lambda$  é o comprimento de onda, é correto afirmar:



- Os raios gama, no vácuo, têm velocidade maior do que as ondas de rádio.
- Os raios gama são constituídos de elétrons emitidos na desintegração de núcleos atômicos.
- Os raios X são bastante absorvidos pelos ossos humanos e atravessam, com facilidade, a pele humana.
- Todas as ondas do espectro são transversais e se propagam na direção perpendicular às direções dos campos elétricos e magnéticos oscilantes que as constituem.
- A microscopia ótica constitui uma técnica eficiente na observação dos detalhes da estrutura das membranas celulares, cuja espessura é da ordem de 10nm.
- A energia cinética dos elétrons ejetados por um metal, no efeito fotoelétrico, é tanto maior quanto maior for a intensidade da luz incidente.

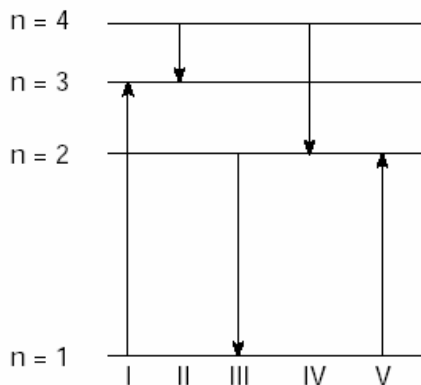
**58) (UFBA-2002)** Investigando a estrutura do núcleo atômico, Rutherford conseguiu, pela primeira vez, transformar artificialmente um elemento químico em outro, fazendo um feixe de partículas alfa passar através de uma camada de nitrogênio gasoso. A transformação ocorrida, de nitrogênio em oxigênio, está representada, de maneira sintética, na figura a seguir.



Com base nessas informações, na análise da figura e nos conhecimentos sobre física nuclear, é correto afirmar:

- A estabilidade de núcleos atômicos se mantém pela ação de forças de natureza eletromagnética.
- A partícula alfa é formada por dois núcleons.
- O nitrogênio libera um próton mediante reação nuclear espontânea.
- O oxigênio obtido é resultante de um processo de transmutação.
- A conservação do número de massa ocorre em reações nucleares.
- A carga elétrica total, antes da reação, é igual à carga elétrica total após a reação.

**59) (ITA-2000)** O diagrama mostra os níveis de energia ( $n$ ) de um elétron em um certo átomo. Qual das transições mostradas na figura representa a emissão de um fóton com o menor comprimento de onda?



- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.

**60) (ITA-2004)** Num experimento que usa o efeito fotoelétrico, ilumina-se sucessivamente a superfície de um metal com luz de dois comprimentos de onda diferentes,  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ , respectivamente. Sabe-se que as velocidades máximas dos fotoelétrons emitidos são, respectivamente,  $v_1$  e  $v_2$ , em que  $v_1 = 2v_2$ . Designando  $C$  a velocidade da luz no vácuo, e  $h$  constante de Planck, pode-se, então, afirmar que a função trabalho  $\phi$  do metal é dada por:

- $(2\lambda_1 - \lambda_2)hC / (\lambda_1\lambda_2)$ .
- $(\lambda_2 - 2\lambda_1)hC / (\lambda_1\lambda_2)$ .
- $(\lambda_2 - 4\lambda_1)hC / (3\lambda_1\lambda_2)$ .
- $(4\lambda_1 - \lambda_2)hC / (3\lambda_1\lambda_2)$ .
- $(2\lambda_1 - \lambda_2)hC / (3\lambda_1\lambda_2)$ .

**61) (ITA-2004)** Um elétron é acelerado a partir do repouso por meio de uma diferença de potencial  $U$ , adquirindo uma quantidade de movimento  $p$ . Sabe-se que, quando o elétron está em movimento, sua energia relativística é dada por:

$$E = \left[ (m_0c^2)^2 + p^2c^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

em que  $m_0$  é a massa de repouso do elétron e  $c$  a velocidade da luz no vácuo. Obtenha o comprimento de onda de De Broglie do elétron em função de  $U$  e das constantes fundamentais pertinentes.

**62) (UFMG-1995)** A natureza da luz é uma questão que preocupa os físicos há muito tempo. No decorrer da história da física, houve predomínio ora da teoria corpuscular - a luz seria constituída de partículas - ora da teoria ondulatória - a luz seria uma onda.

1- Descreva, a concepção atual sobre a natureza da luz.

2- Descreva, resumidamente, uma observação experimental que sirva de evidência para a concepção descrita no item anterior.

**63) (Vunesp-2005)** Instituído pela Organização das Nações Unidas, 2005 é o Ano Mundial da Física, em que se comemora o centenário dos trabalhos revolucionários publicados por Albert Einstein, o mais importante cientista do século XX (segundo a revista norte-americana *Time*). Na teoria da relatividade especial de Einstein, objetos que se movem com velocidade  $v$  em relação a um referencial inercial têm o tempo dilatado por um fator  $\gamma$ , para um observador em repouso nesse referencial. A tabela mostra valores de  $\gamma$  para diversos módulos da velocidade  $v$ , representados em múltiplos da velocidade da luz,  $c$  (ou  $3 \cdot 10^8$  m/s).

$v$	$\gamma$
$0,000c$	$1,000$
$0,100c$	$1,005$
$0,200c$	$1,021$
$0,400c$	$1,091$
$0,600c$	$1,250$
$0,800c$	$1,667$
$0,900c$	$2,294$
$0,998c$	$15,82$
$0,999c$	$22,37$
$c$	$\infty$

Segundo este modelo, pede-se:

- qual a velocidade, em m/s, que deve ser atingida pelo objeto para que a dilatação do tempo seja de apenas 0,5%? Comente como este resultado explica por que as pessoas não percebem os efeitos da dilatação do tempo no seu dia-a-dia.
- Se para o objeto passaram-se 10 minutos, quantos minutos se passaram para um observador no referencial inercial que vê o objeto se movimentando à velocidade de  $0,600c$ ?

**64) (UFBA-2005)** Em 1905, Albert Einstein explicou teoricamente o efeito fotoelétrico e, em carta a um amigo, reconheceu ser esse “um trabalho revolucionário”. Atualmente esse efeito é muito utilizado em alarmes de raios laser e no acendimento automático da iluminação pública, dentre outras aplicações.

A equação que, segundo Einstein, explica esse efeito é escrita como  $E_{\text{cinética}} = hf - U$ , na qual

- $E_{\text{cinética}}$  é a energia cinética máxima dos elétrons arrancados da superfície;
- $f$  é a frequência da onda eletromagnética incidente;
- $h$  é uma constante universal proposta, pela primeira vez, pelo físico alemão Max Planck;
- $U$  é a função trabalho.

A função trabalho é a quantidade mínima de energia necessária para arrancar um elétron da superfície. A quantidade  $hf$  representa a energia de uma “partícula de

luz” -- um fóton. Estava, então, colocada a dualidade onda-partícula.

Um experimento, para determinar a constante de Planck, pode ser realizado, usando-se a equação de Einstein. Em um capacitor de placas paralelas, no vácuo, os elétrons são arrancados da placa positiva, fazendo-se incidir nela uma onda eletromagnética, luz ou radiação ultravioleta.

O aparecimento de uma corrente elétrica indica o fluxo desses elétrons entre as placas do capacitor. Uma diferença de potencial  $V_0$  aplicada entre as placas do capacitor é ajustada o suficiente para fazer com que a corrente desapareça e, nesse caso, tem-se que  $V_0 = E_{\text{cinética}}$ , em que  $e$  é a carga do elétron.

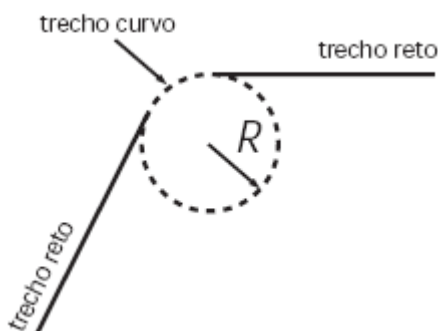
O resultado desse experimento realizado em uma superfície de cobre é expresso na tabela.

$f$ ( $\times 10^{14}$ Hz)	$V_0$ (Volts)
5,5	0,4
6,8	1,0
9,6	2,0

Com base nessas informações e nos dados da tabela, determine a constante de Planck,  $h$ , e a função trabalho,  $U$ , do cobre, considerando  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

**65) (UNICAMP-2007)** Numa fonte de luz síncrotron, como aquela existente no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) de Campinas, elétrons circulam no interior de um tubo com velocidade de módulo  $v$  muito próximo ao da velocidade da luz no vácuo, que é  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$ . A trajetória percorrida pelos elétrons é composta de trechos em linha reta e de trechos curvos (arcos de circunferência de raio  $R$ ), como ilustrado na figura ao lado. Nas curvas os elétrons sofrem aceleração centrípeta e, em consequência disso, emitem luz.

a) Se  $R = 3,0 \text{m}$ , qual é o módulo da aceleração centrípeta do elétron nos trechos curvos da trajetória? Para simplificar o cálculo, considere **neste item** que o módulo da velocidade  $v$  dos elétrons é exatamente igual a  $c$ .



b) Segundo a teoria da relatividade, a energia de um elétron é dada por  $E = \gamma mc^2$ , onde  $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  é a massa do elétron, e  $\gamma$  é uma grandeza adimensional sempre maior do que 1, que depende da velocidade do elétron. No LNLS, a energia do elétron é igual a  $2,1 \cdot 10^{-10} \text{J}$ . Qual é o valor de  $\gamma$ ?

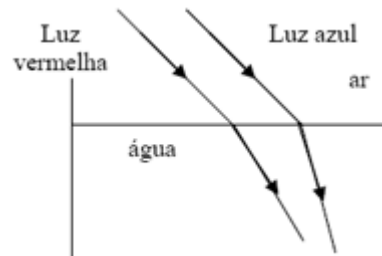
c) A diferença entre os módulos das velocidades da luz e dos elétrons,  $\Delta v = (c - v)$ , relaciona-se com  $\gamma$  por:  $\Delta v \cong \frac{c}{2\gamma^2}$ . Encontre  $\gamma$  no caso do LNLS.

**66) (UFC-2007)** O núcleo de um determinado elemento A, constituído por dois prótons e dois nêutrons, tem massa  $m_A \approx 6,691 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ . Medidas experimentais mostram que a soma da massa dos dois prótons,  $m_p \approx 3,345 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ , com a massa dos dois nêutrons,  $m_n \approx 3,350 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ , não é igual à massa do núcleo. Isto significa que existe uma energia mínima necessária para separar os constituintes do núcleo do elemento A, denominada aqui de energia de ligação  $E_L$ .

(Dados: velocidade da luz no vácuo  $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ ; constante de Planck  $h = 6 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ).

- Determine a energia de ligação para separar prótons e nêutrons em um núcleo do elemento A.
- No caso de ser possível separar os constituintes do núcleo do elemento A incidindo fótons de uma radiação eletromagnética de frequência  $f = 1,2 \cdot 10^{15} \text{Hz}$ , determine o número de fótons necessários para que isso ocorra.

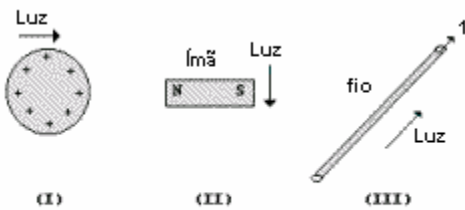
**67) (UEMG-2007)** Dois raios de luz, um vermelho e o outro azul, são lançados paralelos um ao outro, mas obliquamente em relação à superfície da água, como na figura abaixo. Sabe-se que a frequência da luz vermelha é menor que a frequência da luz azul.



Em relação à essa situação, assinale a alternativa que traz **APENAS AFIRMAÇÕES CORRETAS**.

- As velocidades das luzes vermelha e azul na água têm o mesmo valor.
- A frequência da luz vermelha na água é diferente da frequência da luz vermelha no ar.
- Um fóton de luz vermelha tem menor energia que um fóton de luz azul.
- As frequências das luzes azul e vermelha na água são iguais.

**68) (Fuvest-1999)** Considere três situações em que um raio de luz se desloca no vácuo:



- I) nas proximidades de uma esfera carregada eletricamente, representada na figura I.  
 II) nas proximidades do pólo de um ímã, representada na figura II.  
 III) nas proximidades de um fio percorrido por corrente elétrica  $i$ , representada na figura III.
- Podemos afirmar que o raio de luz:
- não é desviado em qualquer das três situações.
  - é desviado nas três situações.
  - só é desviado nas situações I e II.
  - só é desviado nas situações II e III.
  - só é desviado na situação I.

**69) (UFC-2002)** A função trabalho de um dado metal é 2,5 eV.

- Verifique se ocorre emissão fotoelétrica quando sobre esse metal incide luz de comprimento de onda  $\lambda = 6,0 \cdot 10^{-7}$  m. A constante de Planck é  $h \approx 4,2 \cdot 10^{-15}$  eV·s e a velocidade da luz no vácuo é  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s.
- Qual é a frequência mais baixa da luz incidente capaz de arrancar elétrons do metal?

**70) (ITA-2003)** Considerando um buraco negro como um sistema termodinâmico, sua energia interna  $U$  varia com a sua massa  $M$  de acordo com a famosa relação de Einstein:  $\Delta U = \Delta Mc^2$ . Stephen Hawking propôs que a entropia  $S$  de um buraco negro depende apenas de sua massa e de algumas constantes fundamentais da natureza. Desta forma, sabe-se que uma variação de massa acarreta uma variação de entropia dada por:  $\Delta S / \Delta M = 8\pi GMk_B / \hbar c$ . Supondo que não haja realização de trabalho com a variação de massa, assinale a alternativa que melhor representa a temperatura absoluta  $T$  do buraco negro.

- $T = \hbar c^3 / GMk_B$
- $T = 8\pi Mc^2 / k_B$
- $T = Mc^2 / 8\pi k_B$
- $T = \hbar c^3 / 8\pi GMk_B$
- $T = 8\pi \hbar c^3 / GMk_B$

**71) (ITA-2003)** Considere as seguintes afirmações:

- No efeito fotoelétrico, quando um metal é iluminado por um feixe de luz monocromática, a quantidade de elétrons emitidos pelo metal é diretamente

proporcional à intensidade do feixe incidente, independentemente da frequência da luz.

II. As órbitas permitidas ao elétron em um átomo são aquelas em que o momento angular orbital é  $nh / 2\pi$ , sendo  $n = 1, 3, 5, \dots$

III. Os aspectos corpuscular e ondulatório são necessários para a descrição completa de um sistema quântico.

IV. A natureza complementar do mundo quântico é expressa, no formalismo da Mecânica Quântica, pelo princípio de incerteza de Heisenberg.

Quais estão corretas?

- I e II.
- I e III.
- I e IV.
- II e III.
- III e IV.

**72) (ITA-2003)** Utilizando o modelo de Bohr para o átomo, calcule o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio, se o tempo de vida do elétron, nesse estado excitado, é de  $10^{-8}$ s. São dados: o raio da órbita do estado fundamental é de  $5,3 \times 10^{-11}$ m e a velocidade do elétron nesta órbita é de  $2,2 \times 10^6$ m/s.

- $1 \times 10^6$  revoluções.
- $4 \times 10^7$  revoluções.
- $5 \times 10^7$  revoluções.
- $8 \times 10^6$  revoluções.
- $9 \times 10^6$  revoluções.

**73) (ITA-2000)** Dobrando-se a energia cinética de um elétron não-relativístico, o comprimento de onda original de sua função de onda fica multiplicado por:

- $\frac{1}{\sqrt{2}}$
- $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{4}$
- $\sqrt{2}$
- 2.

**74) (ITA-2005)** Um átomo de hidrogênio inicialmente em repouso emite um fóton numa transição do estado de energia  $n$  para o estado fundamental. Em seguida, o átomo atinge um elétron em repouso que com ele se liga, assim permanecendo após a colisão. Determine literalmente a velocidade do sistema átomo + elétron após a colisão. Dados: a energia do átomo de hidrogênio no estado  $n$  é  $E_n = E_0/n^2$ ; o momento do fóton é  $h\nu / c$ ; e a energia deste é  $h\nu$ , em que  $h$  é a constante de Planck,  $\nu$  a frequência do fóton e  $c$  a velocidade da luz.



**75) (ITA-2007)** Aplica-se instantaneamente uma força a um corpo de massa  $m = 3,3\text{kg}$  preso a uma mola, e verifica-se que este passa a oscilar livremente com a frequência angular  $\omega = 10\text{rad/s}$ . Agora, sobre esse mesmo corpo preso à mola, mas em repouso, faz-se incidir um feixe de luz monocromática de frequência  $f = 500 \cdot 10^{12}\text{Hz}$ , de modo que toda a energia seja absorvida pelo corpo, o que acarreta uma distensão de  $1\text{mm}$  da sua posição de equilíbrio. Determine o número de fótons contido no feixe de luz. Considere a constante de Planck  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\text{Js}$ .

**76) (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  $0,10c$ .

**77) (Universidade da Amazônia-2002)** Alguns mísseis guiados utilizam o calor do próprio alvo como guia. Os alvos (aviões, navios, etc) emitem calor que é recebido por sensores no míssil. Com base nos princípios da física moderna, analise as afirmações abaixo: (Constante de Planck  $h = 6,6 \times 10^{-34}\text{ J.s}$ )

I. A detecção do calor é baseada no efeito Compton.  
II. A energia de um fóton de radiação infravermelha é da ordem de  $10^{-22}\text{ J}$   
III. A corrente elétrica que controla o sistema de direcionamento do míssil é consequência do efeito fotoelétrico.

Está(ão) correta(s) apenas:

a) I  
b) II  
c) I e III  
d) II e III

**78) (ITA-2005)** Num experimento, foi de  $5,0 \times 10^3\text{m/s}$  a velocidade de um elétron, medida com a precisão de  $0,003\%$ . Calcule a incerteza na determinação da posição do elétron, sendo conhecidos: massa do elétron  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}\text{kg}$  e constante de Planck reduzida  $\hbar = 1,1 \times 10^{-34}\text{Js}$ .

## Gabarito e Resoluções

- 1) a) O robô deverá destruir-se, desde que, com isso, ele não contrarie a Primeira Lei.  
b) Sim, desde que o irmão deste ser humano não tente matá-lo.

2) Alternativa: B

3) Alternativa: D

Analisando o Gráfico, temos que a perturbação de ondas de raios X e a perturbação de ondas de radio, tem início praticamente no mesmo instante, e a duração da perturbação de ondas de radio tem um tempo maior do que a perturbação dos raios X.

4) a)  $n = 5 \cdot 10^7$  partículas

b)  $3 \cdot 10^{20}$  e  $V = 48$  J

$E_c = mV^2/2 = 48$  J ; portanto as energias da partícula e da bola de tênis são iguais.

5) Alternativa: A

6) Alternativa: B

7) a) Sabendo que

$$E = P \times t \rightarrow Q = 4000 \times 10^6 \times 9 \times 10^4 = 3,6 \times 10^{14} \text{ J}$$

b) Sendo  $E = Q = \Delta mc^2$  vem que:

$$3,6 \times 10^{14} = \Delta m \times (3 \times 10^8)^2 \rightarrow \Delta m = 4,0 \times 10^{-3} \text{ kg} = 4 \text{ g}$$

c)

$$\Delta m = 8 \times 10^{-4} \cdot M_U \rightarrow 4,0 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \cdot M_U \rightarrow M_U = 5 \text{ kg}$$

8) Alternativa: C

9) a)  $M_{238} = 1,986 \text{ kg}$

b)  $M_{235} = 0,448 \text{ kg}$

c)  $P \approx 18,4\%$

10) Alternativa: E

11) Alternativa: C

12) Alternativa: C

13) a) Como o número de contagens por intervalo de tempo é proporcional ao número de átomos radioativos presentes, e a meia-vida da substância utilizada é de aproximadamente 20 minutos, temos:

t(minutos)	nº- de contagens por minutos
------------	------------------------------

0	160.000
20	80.000
40	40.000
60	20.000

$$\therefore N_{B2} = 20000 \text{ contagens/min}$$

b) Considerando que em um intervalo de tempo de 1 hora toda a amostra A injetada no paciente foi diluída uniformemente em seu sangue, o número de contagens que seria monitorado em todo o sangue dele corresponderia a 20000 contagens/minutos. Logo, o volume V do sangue, no sistema circulatório desse paciente, pode ser determinado como segue:

$$V \text{ — } 20.000 \text{ contagens/min}$$

$$10 \text{ cm}^3 \text{ — } 40 \text{ contagens/min}$$

$$V = 5.000 \text{ cm}^3$$

$$\therefore V = 5 \text{ L}$$

14) Resposta: 13

01-V

02-F

04-V

08-V

16-F

32-F

15) Alternativa: B

16) Alternativa: C

17) Alternativa: E

18) Resposta - 26

19) Alternativa: C

20) Alternativa: C

21) Alternativa: A

22) Alternativa: E

23) Alternativa: C

24) Alternativa: D

25) Alternativa: B

26) Resposta:

a)  $m_p = m_e$

$E_1 = -6,8 \text{ eV}$

b)  $E = 8,1 \times 10^{-14} \text{ J}$

27) a)  $R = 2 \text{ m}$   
b)  $E = 9 \times 10^{13} \text{ J}$

28)  $p = 2$

29) Alternativa: D

30) Alternativa: C

31) Alternativa: B

32) Alternativa: D

33) Alternativa: A

34) A frequência da luz emitida é de  $5,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ , e isso corresponde à luz verde. Portanto não tem resposta.

35) Alternativa: C

36) Alternativa: C

37) Alternativa: E

38) a) 146

b) partículas beta e alfa.

c) M e Q; N e R

39) a)  $E_{\text{fóton}} = 2,4 \text{ eV}$   
b) céσιο e potássio  
c)  $E_C = 1,7 \text{ eV}$

40)

01	02	04	08	16	32
F	V	V	V	V	F

TOTAL = 30

41) Alternativa: E

42) Alternativa: B

43) Alternativa: C

44) Alternativa: B

45) Alternativa: B

46) Alternativa: C

47) Alternativa: C

$$48) \text{ a) } m = \frac{14}{15} u$$

$$\text{ b) } \lambda \approx 1,7 \cdot 10^{-19}$$

49) a)  $\lambda \approx 5,7 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 5700 \text{ \AA}$   
b)  $E = 35,14 \times 10^{-20} \text{ J}$   
c)  $I \approx 0,13 \text{ W/m}^2$

50) Soma = 22

51) Alternativa: A

52) Alternativa: D

53) a)  $K = 2,0 \text{ MeV}$

$$\text{ b) } v = \frac{2\sqrt{6}}{5} \cdot c \approx 0,96 \cdot c$$

54) Alternativa: D

55) Alternativa: C

56) Alternativa: E

57) Soma = 14

58) Soma = 49

59) Alternativa: C

60) Alternativa: D

61) Resposta:

$$\lambda = hc \left[ eU(2m_0c^2 + eU) \right]^{-\frac{1}{2}}$$

62) a) a descrição atual aceita os dois tipos de comportamento (teoria dual) da luz.  
b) efeito foto-elétrico(partícula) e difração (ondas).

63) a) Para a dilatação do tempo de 0,5%, intervalo de  $\Delta t'$  medido pelo observador em repouso é determinado por:

$$\Delta t' = \Delta t + \frac{0,5}{100} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t' = 1,005 \cdot \Delta t$$

sendo  $\Delta t$  o intervalo de tempo medido no referencial em movimento.

Como, de acordo com o enunciado,  $\Delta t' = \gamma \cdot \Delta t$ , temos  $\gamma = 1,005$ , que corresponde a uma velocidade igual a  $0,1 \cdot c = 30.000 \text{ km/s}$ . Ou seja, para uma dilatação de apenas  $0,5\%$ , a velocidade do corpo é muito superior às velocidades envolvidas no dia-a-dia, em que o efeito de dilatação do tempo não é perceptível.

b) Da tabela, uma velocidade de  $0,600c$  corresponde a  $\gamma = 1,25$ . Dessa forma, temos:

$$\Delta t' = \gamma \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 10$$

$$\Delta t' = 12,5 \text{ minutos.}$$

**64)** No experimento realizado,

$$e V_0 = h f - U \text{ isto é, } V_0 = (h/e) f - U/e.$$

Esta é uma equação do primeiro grau, ou seja, é uma equação do tipo  $y = a x + b$  em que,

$$V_0 \rightarrow y, \quad h/e \rightarrow a, \quad f \rightarrow x \quad e \quad U/e \rightarrow -b$$

#### Solução Algébrica

A resolução pode ser feita considerando-se um sistema de duas equações lineares

$$V_0^{(k)} = (h/e) f^{(k)} - U/e \quad e \quad V_0^{(i)} = (h/e) f^{(i)} - U/e,$$

Em que (k) e (i) representam quaisquer dos três pares de valores apresentados na tabela, com  $k \neq i$ .

Pela subtração das duas equações obtém-se, considerando-se os pares (1) e (2),

$$V_0^{(2)} - V_0^{(1)} = (h_{12}/e) (f^{(2)} - f^{(1)})$$

resultando

$$h_{12} = e (V_0^{(2)} - V_0^{(1)}) / (f^{(2)} - f^{(1)}) = 1,6 \times 10^{-19} (1,0 - 0,4) / ((6,8 - 5,5) \cdot 10^{14}) =$$

$$= 1,6 \cdot 10^{-33} \cdot 0,6 / 1,3$$

$$= 7,38 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s.}$$

Somando-se as duas equações obtém-se

$$V_0^{(2)} + V_0^{(1)} = (h/e) \cdot (f^{(2)} + f^{(1)}) - 2 U_{12}/e$$

E, assim,

$$U_{12} = [h (f^{(2)} + f^{(1)}) - e (V_0^{(2)} + V_0^{(1)})] / 2 = -6,7 \times 10^{-20} \text{ J}$$

De maneira análoga valores de h e U podem ser obtidos usando outros pares de pontos, utilizando os dados da tabela. Serão consideradas corretas as soluções apresentados utilizando apenas um par de valores, qualquer que seja a escolha do candidato.

**65)**

$$a) a_c = 3,10^{16} \text{ m/s}^2$$

$$b) \gamma = 2,6 \cdot 10^3$$

$$c) \Delta V \cong 22,3 \text{ m/s}$$

**66)** a)  $E_L = 3,6 \times 10^{-13} \text{ J}$ , é a energia mínima para separar prótons e nêutrons.

$$b) N = \frac{E_L}{hf} = 5 \times 10^5 \text{ fótons}$$

**67)** Alternativa: C

**68)** Alternativa: A

**69)** a) Como  $\lambda \leq 5 \times 10^{-7} \text{ m}$  não ocorrerá emissão.

$$b) f_{\text{MIN}} = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

**70)** Alternativa: D

**71)** Alternativa: E

**72)** Alternativa: D

**73)** Alternativa: A

$$v = \frac{E_0}{c(M + 2m)} \left( \frac{1 - n^2}{n^2} \right)$$

**74)**

**75)** Resposta:  $n = 5 \cdot 10^{14}$  fótons

**76)** Alternativa: B

**77)** Alternativa: B

**78)**  $x = 0,4 \text{ mm}$