

QUESTÕES CORRIGIDAS PELO PROFESSOR RODRIGO PENNA

FÍSICA MODERNA

Modelo de Rutherford-Bohr

- 1) (UFMG) 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.

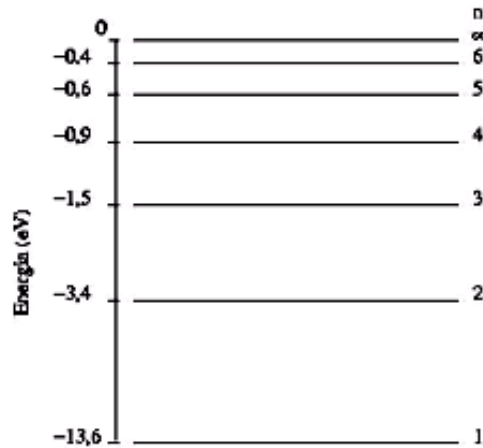
CORREÇÃO

Questão mais “manjada” que nota de R\$ 1,00! É incrível como o povo ainda esquece que no ar, meio pouco denso, a velocidade de todas as cores, aliás, todas as ondas eletromagnéticas, é igual (igual a praticamente c , a velocidade da luz no vácuo!). Como na questão anterior, da dispersão da luz branca, já comentamos, a velocidade para cada cor é diferente sim, mas em outros meios, como água, vidro, plástico, etc. No mais, a questão explora a emissão de energia pelo átomo no modelo de Bohr, o que também é visto e discutido na Química. Quando o elétron salta de uma camada mais externa para outra mais interna, emite energia sob a forma de radiação: $E = h \cdot f$, equação de Planck. Estudando o Espectro Eletromagnético, particularmente o visível, o que eu sempre recomendo, o aluno já saberia que o violeta é mais energético que todas as cores! Lembre-se que radiação ultravioleta, nos horários de sol a pino, faz mal, segundo os dermatologistas! Fazendo questão de usar a tabela, onde foi fornecido o comprimento de onda λ , mania da UFMG, em vez de fornecer a

freqüência, temos: $v = \lambda f$, equação de Onda, de onde $f = \frac{c}{\lambda}$ e $E = \frac{hc}{\lambda}$. A energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda! Amarelo, maior comprimento de onda, menor energia.

OPÇÃO: C.

- 2) (UFJF) A figura abaixo mostra os níveis de energia do átomo de hidrogênio. Se inicialmente o elétron está no estado quântico fundamental (de menor energia), qual a sua energia cinética após o átomo ter sido ionizado por um fóton de energia 20 eV ?



- a) 33,6 eV
- b) 13,6 eV
- c) 6,4 eV
- d) 10,2 eV.

CORREÇÃO

É preciso interpretar a questão, que por sinal é muito interessante! Vemos pelo gráfico que, no nível 1, mais próximo do núcleo, a energia de ligação do elétron são 13,6 eV. Então, até o nível zero significa sair do átomo (ionizar). Ora, se deu 20 e gasta 13,6 para ionizar, sobram 6,4 eV de energia cinética, já que energia se conserva!

OPÇÃO: C.

- 3) (Unirio) Os raios X, descobertos em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Rontgen, são produzidos quando elétrons são desacelerados ao atingirem um alvo metálico de alto ponto de fusão como, por exemplo, o Tungstênio. Essa desaceleração produz ondas eletromagnéticas de alta frequência denominadas de Raios X, que atravessam a maioria dos materiais conhecidos e impressionam chapas fotográficas. A imagem do corpo de uma pessoa em uma chapa de Raios X representa um processo em que parte da radiação é:

- a) refletida, e a imagem mostra apenas a radiação que atravessou o corpo, e os claros e escuros da imagem devem-se aos tecidos que refletem, respectivamente, menos ou mais os raios X.
- b) absorvida pelo corpo, e os tecidos menos e mais absorvedores de radiação representam, respectivamente, os claros e escuros da imagem.
- c) absorvida pelo corpo, e os claros e escuros da imagem representam, respectivamente, os tecidos mais e menos absorvedores de radiação.
- d) absorvida pelo corpo, e os claros e escuros na imagem são devidos à interferência dos Raios X oriundos de diversos pontos do paciente sob exame.

CORREÇÃO

Embora os raios X sejam o que se chama de Física *Moderna*, na verdade a questão envolve mais o bom senso. Todos conhecemos radiografias. Nelas, ossos saem brancos e tecidos em volta negros. Logo, como diz a questão, o osso, que é

mais denso que o tecido, absorve mais radiação e sai claro, enquanto o tecido que é menos denso deixa passar mais raios X e sai escuro.

OPÇÃO: C.

4) (UFRS) Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no texto abaixo.

A chamada experiência de Rutherford (1911-1913), consistiu essencialmente em lançar, contra uma lâmina muito delgada de ouro, um feixe de partículas emitidas por uma fonte radioativa. Essas partículas, cuja carga elétrica é, são conhecidas como partículas

- a) positiva - alfa
- b) positiva - beta
- c) negativa - alfa
- d) negativa - beta

CORREÇÃO

Rutherford usou partículas alfa, de carga sabidamente e positiva.

OPÇÃO: A.

5) (UFRS) 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.

CORREÇÃO

A grande contribuição desta experiência foi mostrar que toda a carga positiva e quase toda a massa do átomo estão concentradas no núcleo.

OPÇÃO: D.

6) EXPLIQUE basicamente o atômico de Bohr.

CORREÇÃO

Bohr propôs que o elétron orbitava em torno do núcleo sem ganhar nem perder energia (na minha opinião, secundário). Mas, principalmente que somente algumas órbitas eram possíveis. Quando o elétron sofria uma transição eletrônica, ele emitia ou absorvia uma quantidade de energia E dada por $E(\text{ou } \Delta E) = hf$, onde h é a constante de Planck e f a frequência do fóton absorvido ou emitido.

7) (UFMG) 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 λ_{verde} o comprimento de onda da luz emitida pelo LED verde e E_{verde} a diferença de energia entre os níveis desse mesmo LED.

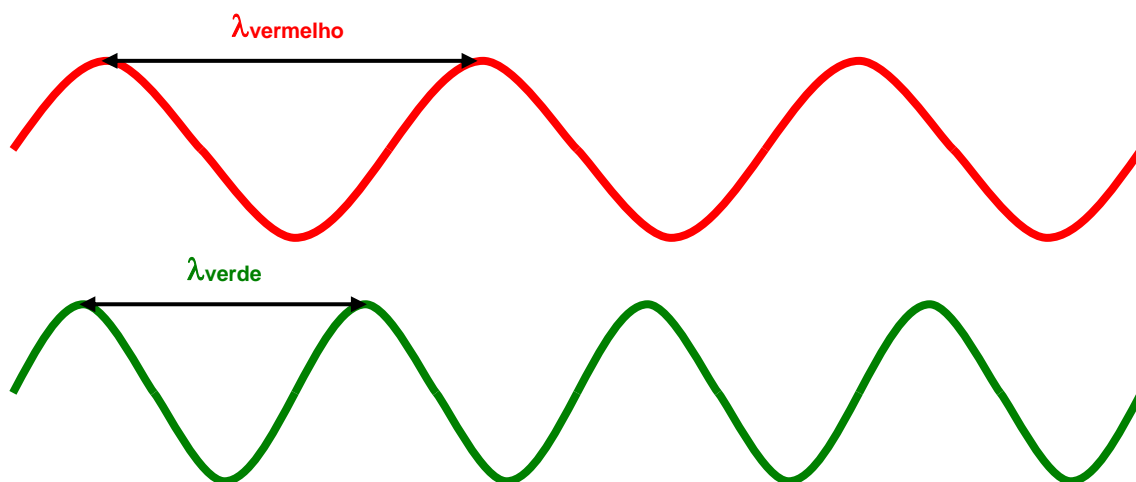
Para o LED vermelho, essas grandezas são, respectivamente, $\lambda_{\text{vermelho}}$ e E_{vermelho} .

Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que

- A) $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$.
- B) $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$.
- C) $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$.
- D) $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$.

CORREÇÃO

Eis uma questão que se pode dizer é *manjada* e esperada: relacionar Energia, comprimento de onda e frequência de uma luz (onda eletromagnética ou *fótons*) como em 2001, 2002 e 2006. Em outros anos, comparou-se também a velocidade. Como o programa de Física Moderna é reduzido, acaba não tendo como variar muito. Gosto de desenhar as ondas:



Num desenho com este, onda tradicional, a frequência é visível no *número de cristas* que aparecem. Pelos próprios dados, $f_{\text{verde}} > f_{\text{vermelho}}$. Como a velocidade das cores no ar é *praticamente* a mesma, c , o desenho mostra tão bem quanto a equação de onda $V = \lambda \cdot f$ que o comprimento de onda vermelho é maior que o verde, $\lambda_{\text{vermelho}} > \lambda_{\text{verde}}$.

Da famosa equação de Planck, $E = h \cdot f$, a energia é diretamente proporcional à frequência. E a frequência da luz verde é maior $\Rightarrow E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$.

OPÇÃO: B.

- 8) (UFC) No início do século XX, novas teorias provocaram uma surpreendente revolução conceitual na Física. Um exemplo interessante dessas novas idéias está associado às teorias sobre a estrutura da matéria, mais especificamente àquelas que descrevem a estrutura dos átomos. Dois modelos atômicos propostos nos primeiros anos do século XX foram o de Thomson e o de Rutherford. Sobre esses modelos, assinale a alternativa correta.
- a) No modelo de Thomson, os elétrons estão localizados em uma pequena região central do átomo, denominada núcleo, e estão cercados por uma carga positiva, de igual intensidade, que está distribuída em torno do núcleo.
 - b) No modelo de Rutherford, os elétrons são localizados em uma pequena região central do átomo e estão cercados por uma carga positiva, de igual intensidade, que está distribuída em torno do núcleo.
 - c) No modelo de Thomson, a carga positiva do átomo encontra-se uniformemente distribuída em um volume esférico, ao passo que os elétrons estão localizados na superfície da esfera de carga positiva.
 - d) No modelo de Rutherford, os elétrons movem-se em torno da carga positiva, que está localizada em uma pequena região central do átomo, denominada núcleo.

CORREÇÃO

No modelo de Thomson, pudim, o átomo seria uma esfera positiva e os elétrons estariam espalhados como passas em um pudim. Para Rutherford, o modelo tinha o núcleo positivo com os elétrons em volta, como no sistema solar.

OPÇÃO: D.

- 9) (UFMG) 1. No modelo de Niels Bohr para o átomo de hidrogênio, um elétron gira em torno de um próton, em órbitas circulares, sob a ação de uma força atrativa. Nesse caso, somente certos valores de raios de órbita são permitidos. Sejam m a massa e q o módulo da carga do elétron.

Com base nas leis da mecânica clássica e da eletrostática, bem como considerando as grandezas mencionadas e as constantes físicas necessárias, DETERMINE a velocidade do elétron quando este se encontra em uma órbita de raio R no átomo de hidrogênio.

2. Posteriormente à formulação do modelo de Bohr, Louis de Broglie propõe que elétrons, assim como outras partículas, têm propriedades ondulatórias e, também, que o comprimento de onda λ associado a uma partícula em movimento é dado por

$$\lambda = h/p,$$

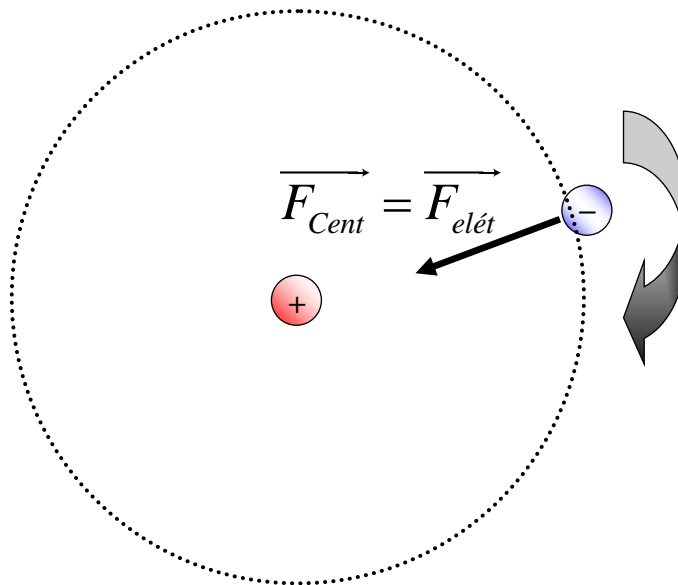
em que h é a constante de Planck e p é a quantidade de movimento (momento linear) do elétron. As órbitas de raios quantizados do modelo de Bohr podem ser explicadas com base na consideração de que o perímetro de uma órbita permitida deve conter um número inteiro N de comprimentos de onda da onda associada ao elétron.

Considerando essas informações, DETERMINE os raios permitidos para as órbitas de Bohr em termos de N , m e q e, também, das constantes físicas necessárias.

CORREÇÃO

Uma questão envolvendo FÍSICA MODERNA, sobre o Modelo Atômico. Não deixa de lembrar a questão aberta da prova de 2000, em que se pediu a Energia Cinética.

1. Como diz o enunciado, o elétron gira de forma circular. E, para fazer curva é necessária força centrípeta. Que, a questão já adianta, é dada pela atração elétrica entre o núcleo, positivo, e o elétron, negativo. Esqueminha...



Como a referida questão que caiu na prova em 2000, para calcular a velocidade basta igualar a força centrípeta com a força elétrica. Calculando em termos das constantes:

$$\vec{F}_{Cent} = \vec{F}_{elét} \Rightarrow \frac{mv^2}{R} = \frac{k \cdot q \cdot q}{R^2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{k \cdot q^2}{mR}}$$

, onde:

- k é a constante eletrostática da [Lei de Coulomb](#);
- q é o módulo das cargas do elétron e do próton;
- m a massa do elétron;

- R o raio da trajetória.

Até simples esta parte, por ser comum igualar alguma outra força com a centrípeta.

2. Vamos calcular o comprimento tradicional de uma órbita circular: $C = 2\pi R$, em que R

é o raio desta órbita. Neste comprimento, deve caber um número inteiro N de comprimentos de onda de acordo com o enunciado. Assim, teremos $2\pi R = N\lambda$. Mas, de acordo com [de Broglie](#), $\lambda = h/p$. Substituindo:

$$2\pi R = N \frac{h}{p}, \text{ onde } p = mv$$

. Lembramos a fórmula da Quantidade de

Movimento, ou Momento Linear, e temos a velocidade calculada no item 1. Nova substituição:

$$2\pi R = N \frac{h}{mv} = \frac{Nh}{m \sqrt{\frac{k \cdot q^2}{mR}}} \Rightarrow$$

$$4\pi^2 R^{\cancel{2}} = \frac{N^2 h^2}{m^{\cancel{2}} \frac{kq^2}{\cancel{m} R}} \Rightarrow R(N) = \frac{N^2 h^2}{4\pi^2 m k q^2}$$

Fórmula tão grande quanto sua importância!

Obs: o aluno não costuma ser ensinado sobre isto, mas existe uma constante $\hbar = \frac{h}{2\pi} \Rightarrow \hbar^2 = \frac{h^2}{4\pi^2}$ bem como outra, ϵ_0 , relacionada a k . Desta forma, o mais comum de se encontrar nos livros – superiores – de física seria a fórmula escrita assim – e não só para o Hidrogênio, para qualquer átomo de [número atômico Z](#):

$$R(N) = 4\pi\epsilon_0 \frac{N^2 \hbar^2}{mZe^2}$$

10) (UFMG) 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 $v_{Na} \neq v_{Ba}$.
- C) $E_{Na} > E_{Ba}$ e $v_{Na} = v_{Ba}$.
- D) $E_{Na} > E_{Ba}$ e $v_{Na} \neq v_{Ba}$.

CORREÇÃO

Do átomo de Rutherford-Bohr, temos a famosa equação de Planck sendo utilizada:

$E = hf$. “ f ” é a frequência da luz, h a constante de Planck, e ela mostra que a energia dos fótons de luz é diretamente proporcional à frequência da luz f . Se a da luz amarela, do sódio, é menor, então sua energia também é menor. Quanto à velocidade de propagação, todas as cores, aliás, todas as ondas eletromagnéticas, no vácuo e aproximadamente no ar, andam com a mesma velocidade, c .

OPÇÃO: A.

- 11) (UNIMONTES) Desenvolvida no ano de 1900 por Max Planck (1858–1947), a idéia 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) $E_2 = 3 E_1$.
- D) $E_2 = 9 E_1$.

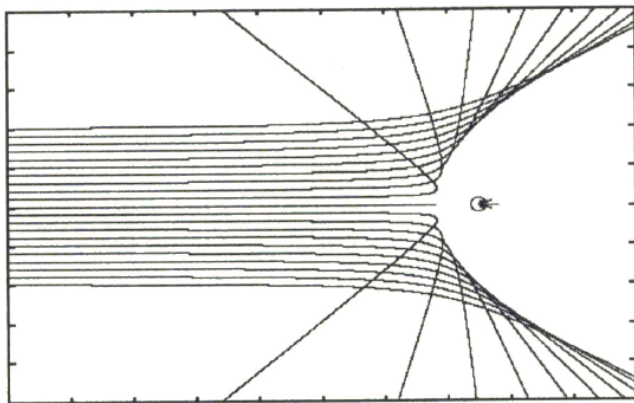
CORREÇÃO

A questão tenta ajudar, lembrando ao aluno: $E = hf$. Mas, utilizando a equação da onda, $v = \lambda f$, com $v = c$ (velocidade da luz), assim: $E = \frac{hc}{\lambda}$. A própria UFMG adora cobrar questões assim. Ficou simples: se o feixe 2 tem o triplo do comprimento de onda, terá também 1/3 da energia, pois, como se vê, são inversamente proporcionais.

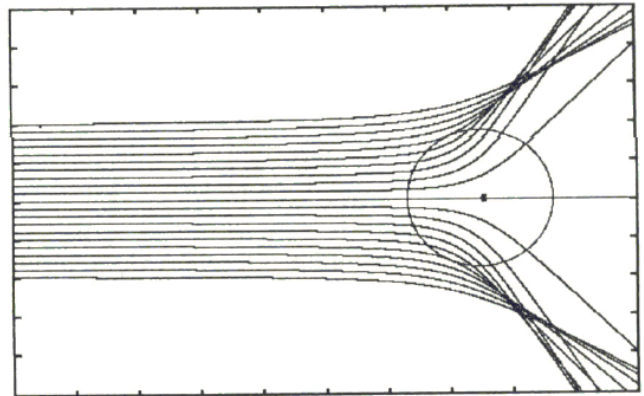
OPÇÃO: B.

- 12) (UNIMONTES) Nascido na Nova Zelândia, Ernest Rutherford (1871-1937) conquistou o prêmio Nobel de Química em 1908 (juntamente com Frederick Soddy), por ter mostrado a radioatividade na desintegração dos átomos. No entanto, seu nome está mais associado às experiências de espalhamento, realizadas em 1910–1911, com a colaboração de dois alunos seus, Hans Geiger e Ernest Marsden, na universidade de Manchester,

Inglaterra, com as quais verificaram a existência dos núcleos dos átomos. Nelas, um feixe fino de partículas alfa (núcleos do átomo de Hélio), consideradas positivas, incidia sobre uma folha de ouro, também muito fina. Anteriormente, o modelo do átomo mais aceito era o de Thomson, que considerava uma esfera contendo uma mistura de cargas negativas e positivas, originando uma estrutura neutra. Pelo modelo de Thomson, as partículas alfa deveriam ser espalhadas com desvios muito pequenos, o que levaria à observação experimental de pequenos ângulos de espalhamento. No entanto, Rutherford observou, em alguns casos, ângulos de espalhamento de quase 180° , ou seja, as partículas voltavam praticamente na mesma direção e em sentido contrário. Sendo assim, as cargas elétricas que repeliam as partículas alfa (de mesmo sinal que elas) deveriam estar contidas num volume muito pequeno, comportando-se como uma carga pontual. Nesse caso, o campo elétrico máximo que repele as partículas poderia ser muito grande, o que explicaria os grandes ângulos de desvio. Rutherford usou a palavra núcleo para designar essa minúscula região onde a carga positiva estava concentrada. Portanto, suas experiências estabeleceram que o átomo possui um núcleo muito pequeno, de densidade muito grande, com diâmetro menor que $10^{-14} m$. O núcleo ocupa um volume de cerca de 10^{-12} do volume total do átomo, mas contém *toda* a carga positiva e pelo menos 99,95% da massa total do átomo. As figuras abaixo apresentam simulações de computador para o espalhamento de uma partícula alfa de $5,0 MeV$ ($7,9 \times 10^{-13} J$) colidindo com um núcleo de ouro, raio $R_0 = 7,0 \times 10^{-15} m$ (seu tamanho real), e com outro núcleo hipotético, de raio dez vezes maior ($R = 10 R_0$). A partir dos argumentos apresentados no texto acima e da observação dessas simulações, pode-se afirmar CORRETAMENTE que



Colisão com o núcleo real



Colisão com o núcleo hipotético

- A) o tamanho do núcleo não influencia o espalhamento das partículas alfa, pois a carga total que cria o campo elétrico que repele as partículas seria a mesma.
- B) o tamanho do núcleo não influencia o espalhamento das partículas alfa, pois o campo elétrico criado por ele, responsável pelo espalhamento, independe de como a carga está distribuída.
- C) os ângulos de espalhamento seriam, certamente, maiores, se fossem consideradas partículas alfa com energia superior a $5,0 MeV$, na simulação com o núcleo hipotético, de raio maior.
- D) a hipótese de que o núcleo possui um raio significativamente maior que aquele proposto pelo modelo de Rutherford levaria à observação de pequenos ângulos de espalhamento, o que é inconsistente com as constatações experimentais.

CORREÇÃO

Questão conceitual, bem elaborada, embora com certa *encheção de lingüiça*, que aborda os átomos de Rutherford, principalmente, e Thomson. O próprio texto fala claramente que o modelo de Thomson previa pequenos ângulos de espalhamento, e Rutherford observou que poderia haver grandes ângulos. O que levou à conclusão da existência de um núcleo. As figuras são um gráfico que traduzem a explicação do texto. Assim, se o núcleo fosse maior, os dados seriam outros, o que levou Rutherford a propor um novo modelo atômico.

OPÇÃO: D.

13) (UFMG) Em um tipo de tubo de raios X, elétrons acelerados por uma diferença de potencial de $2,0 \times 10^4$ V atingem um alvo de metal, onde são violentamente desacelerados. Ao atingir o metal, toda a energia cinética dos elétrons é transformada em raios X.

1. CALCULE a energia cinética que um elétron adquire ao ser acelerado pela diferença de potencial.
2. CALCULE o menor comprimento de onda possível para raios X produzidos por esse tubo.

Dado: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s

$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s

CORREÇÃO

Temos claras transformações de energia: energia elétrica vira cinética do elétron e esta, por sua vez, se transforma em outra energia, um fóton de raios X.

Começando da definição de D.D.P. , ou seja, *voltagem*:

$$V_{AB} = \frac{\text{Energia}}{\text{carga}} \Rightarrow E = V_{AB} \cdot q = 2 \cdot 10^4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

A energia cinética vem da energia potencial elétrica, logo $E_c = 3,2 \cdot 10^{-15}$ J.

Pela equação de Planck, importante até para a 1ª etapa, temos:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-15}} = 6,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

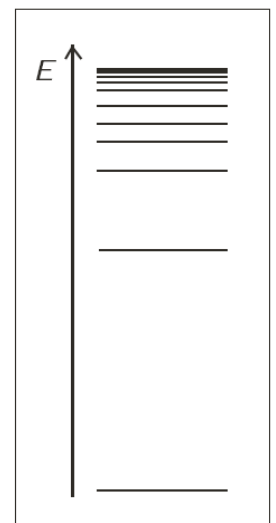
Para um aluno ao final do 3º ano, esta conta deve ser considerada tabuada básica!

14) (UFMG) O espectro de emissão de luz do átomo de hidrogênio é discreto, ou seja, são emitidas apenas ondas eletromagnéticas de determinadas frequências, que, por sua vez, fornecem informações sobre os níveis de energia desse átomo. Na figura ao lado, está representado o diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogênio.

1. No século XIX, já se sabia que cada frequência do espectro de emissão do hidrogênio é igual à soma ou à diferença de duas outras frequências desse espectro.

EXPLIQUE por que isso ocorre.

2. Sabe-se que o espectro do átomo de hidrogênio contém as frequências $2,7 \times 10^{14}$ Hz e $4,6 \times 10^{14}$ Hz. A partir desses dados, DETERMINE outra frequência desse espectro que corresponde a uma luz emitida na região do visível.



CORREÇÃO

Dentro da Física Moderna, o Modelo Atômico de Bohr, ou seja, questão das mais tradicionais na própria UFMG. Mas, o *jeito* de perguntar, creio, vai dificultar...

Segundo Bohr – veja na [apostila que disponibilizo sobre Física Moderna](#) – a energia de um fóton emitido ou

absorvido por um átomo é dada por $E = hf$, onde este “E”, na verdade, é a diferença de energia entre dois níveis. Gosto de simplificar a explicação adotando números redondos para os valores da energia em cada nível. Observe.

Escolhi, arbitrariamente, 6, 3 e 1 para os valores de energia nos níveis do hidrogênio. Supondo transições entre o 3º e o 2º, o 3º e o 1º e entre o 2º e o 1º níveis, respectivamente, os valores de energia dos fótons emitidos seriam 3, 5 e 2 – note que cada um correspondendo a uma frequência de fóton. A equação de Planck,

$$E = hf$$

, mostra relação direta entre energia e frequência. Veja os valores – genéricos – de frequências emitidas: 3, 5 e 2.

Logo, neste modelo atômico, é fácil perceber que $5 = 3 + 2$ ou $3 = 5 - 2$, isto é, as frequências dos fótons emitidos (e absorvidos) são iguais à somas ou diferenças entre as outras frequências. Basicamente, é porque a energia – ligada à frequência – de cada fóton vem justamente da diferença de energia entre dois níveis, segundo explicou Bohr.

Quanto a determinar outra frequência do hidrogênio, sendo dadas duas, a terceira pode ser justamente a soma das outras duas: $f_3 = (2,7+4,6).10^{14} = 7,3.10^{14}$ Hz. Porém, a questão exige *na região do visível*.... Na primeira página da prova, tiramos esta informação.

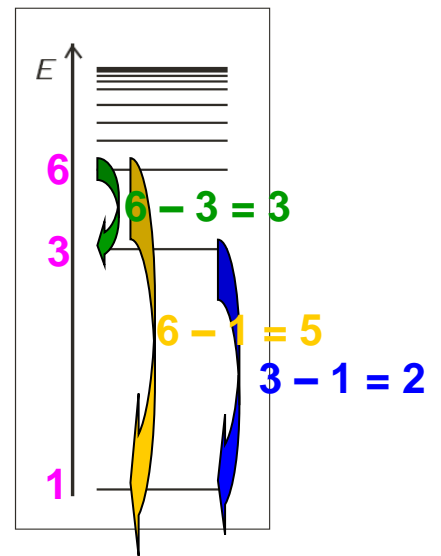
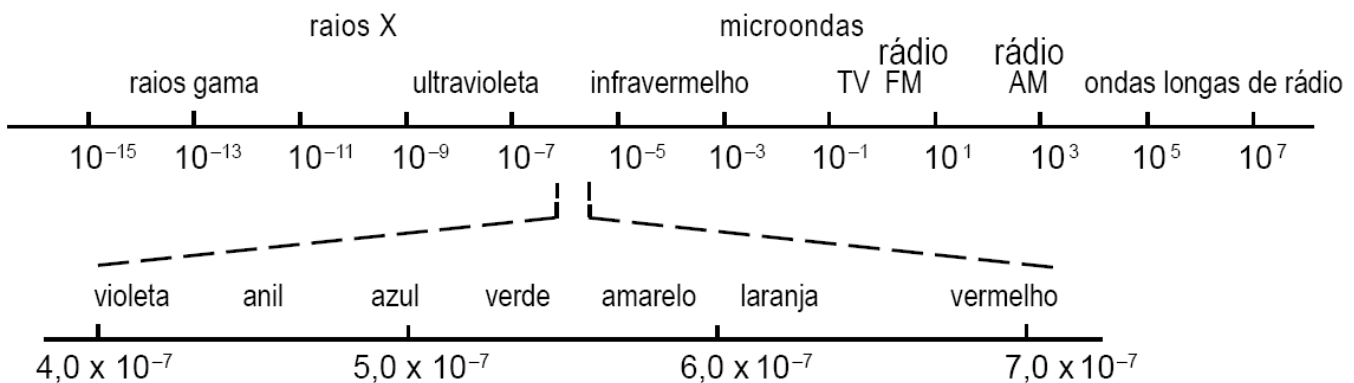


DIAGRAMA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Comprimento de onda (m)



O visível vai de um comprimento de onda λ igual a $4,0$ até $7,0.10^{-7}$ m. Calculando facilmente as frequências pela equação de onda – *da vaca* – $v = \lambda f$ e usando a velocidade da luz c , teremos:



$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_{\text{máx}} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} = 0,75 \cdot 10^{8+7} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f_{\text{mín}} = \frac{3 \cdot 10^8}{7 \cdot 10^{-7}} = 0,428... \cdot 10^{8+7} = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

. Assim, temos certeza que o

valor que encontramos na soma, $f_3 = (2,7+4,6) \cdot 10^{14} = 7,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, está sim, dentro do espectro visível! Quem não comentar a questão do *visível* certamente perderá pontos.



EFEITO FOTOELÉTRICO E DE BROGLIE

1) (UFRS) Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico.

- I - O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.
- II - O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com a adoção de um modelo corpuscular para a luz.
- III - Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incidente nessa superfície excede um certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas?

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

CORREÇÃO

O chamado Efeito Fotoelétrico, cuja explicação deu a Einstein o Nobel, consiste em incidir radiação sobre um metal e arrancar elétrons, o que só ocorre se os fótons tiverem uma energia suficiente. Para compreendê-lo, Einstein propôs um modelo corpuscular da luz. Veja uma animação interessante nos links:

- <http://www.lon-capa.org/~mmp/kap28/PhotoEffect/photo.htm>,
- <http://physics.berea.edu/~king/Teaching/ModPhys/QM/Photoelectric/Photoelectric.html>,
- http://www.lewport.wnyric.org/mgagnon/Photoelectric_Effect/photoelectriceffect1.htm . Acessados em 05/10/07.

OPÇÃO: D.

2) Qual foi a explicação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico?

CORREÇÃO

Ele propôs um modelo corpuscular para a luz. O quantum de luz, mais tarde chamado de fóton, teria uma energia dada por $E = hf$. Assim, ao atingir um metal, se a frequência e a energia fossem altas o suficiente para vencer a energia de ligação, arrancava elétrons. Baixas frequências e baixas energias não conseguiam arrancar elétrons, independentemente da intensidade da luz incidente.

- 3) (UFMG) Uma lâmpada – L_1 – emite luz monocromática de comprimento de onda igual a $3,3 \times 10^{-7}$ m, com potência de $2,0 \times 10^2$ W.

Quando a lâmpada L_1 é usada para iluminar uma placa metálica, constata-se, experimentalmente, que elétrons são ejetados dessa placa. No entanto, se essa mesma placa for iluminada por uma outra lâmpada – L_2 –, que emite luz monocromática com a mesma potência, $2,0 \times 10^2$ W, mas de comprimento de onda igual a $6,6 \times 10^{-7}$ m, nenhum elétron é arrancado da placa.

- a) EXPLIQUE por que somente a lâmpada L_1 é capaz de arrancar elétrons da placa metálica.

CORREÇÃO

$E=hc/\lambda \Rightarrow$ Como a lâmpada 1 emite luz de menor comprimento de onda, a energia dos fótons é maior e estes conseguem arrancar elétrons.

- b) RESPONDA:

É possível arrancar elétrons da placa iluminando-a com uma lâmpada que emite luz com o mesmo comprimento de onda de L_2 , porém com maior potência?

JUSTIFIQUE sua resposta.

CORREÇÃO

Não, pois os fótons, tendo o mesmo comprimento de onda, continuarão tendo a mesma energia, insuficiente para arrancar elétrons, no caso.

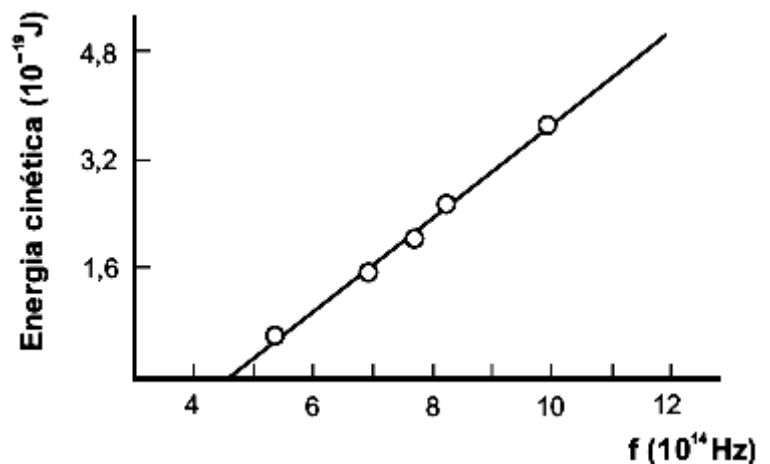
- 4) (UFMG) No efeito fotoelétrico, um fóton de energia E_f é absorvido por um elétron da superfície de um metal. Sabe-se que uma parte da energia do fóton, E_m , é utilizada para remover o elétron da superfície do metal e que a parte restante, E_c , corresponde à energia cinética adquirida pelo elétron, ou seja,

$$E_f = E_m + E_c .$$

Em 1916, Millikan mediu a energia cinética dos elétrons que são ejetados quando uma superfície de sódio metálico é iluminada com luz de diferentes frequências. Os resultados obtidos por ele estão mostrados no gráfico ao lado.

Considerando essas informações,

1. CALCULE a energia mínima necessária para se remover um elétron de uma superfície de sódio metálico. JUSTIFIQUE sua resposta. DADO: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s .



CORREÇÃO

Uma questão sobre o Efeito Fotoelétrico, que deu o Nobel a Einstein e é conteúdo da chamada Física Moderna. Nesse efeito, um fóton com energia suficiente arranca um elétron. Por conservação da energia, parte da energia deste fóton é gasta para vencer a energia de ligação do elétron (E_m , também chamada *função trabalho*) e a outra parte é fornecida ao elétron ejetado como energia cinética (E_c). Podemos interpretar o gráfico assim: a partir de $f = 4,6$ ou $4,7 \cdot 10^{14}$ Hz, pois a leitura visual não é tão precisa, o fóton tem energia suficiente para arrancar o elétron. Nesta frequência, temos a energia mínima necessária, e neste ponto nem sobra nada como energia cinética do elétron arrancado ($E_c = 0$).

Poderia calcular a partir desse ponto, onde o gráfico começa, mas achei outro cujos valores são mais claros. Veja.

E, claro, $E_f = hf$ (Planck).

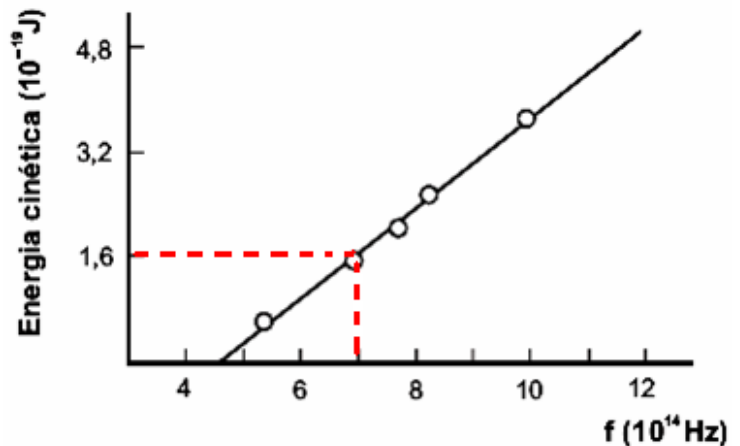
O valor de h foi dado (está na 1ª página).

Assim, de $E_f = E_m + E_c$, temos:

$$hf = E_m + E_c \Rightarrow E_m = hf - E_c \Rightarrow$$

$$E_m = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 7 \cdot 10^{14} - 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow$$

$$E_m = 3,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$



2. EXPLIQUE o que acontece quando uma luz de comprimento de onda de $0,75 \times 10^{-6}$ m incide sobre a superfície de sódio metálico.

CORREÇÃO

Neste caso, o melhor é calcular a energia deste fóton: $E_f = hf$ e $c = \lambda f \Rightarrow E_f = \frac{hc}{\lambda}$.

$$E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,75 \cdot 10^{-6}} = 2,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Não arranca elétrons, pois $E_f < E_m$.

5) (UFMG) Um estudante de Física adquiriu duas fontes de luz *laser* com as seguintes especificações para a luz emitida:

Fonte I

- potência: 0,005 W
- comprimento de onda: 632 nm

Fonte II

- potência: 0,030 W
- comprimento de onda: 632 nm

Sabe-se que a fonte I emite N_I fótons por segundo, cada um com energia E_I ; e que a fonte II emite N_{II} fótons por segundo, cada um com energia E_{II} . Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que

- A) $N_I < N_{II}$ e $E_I = E_{II}$.
- B) $N_I < N_{II}$ e $E_I < E_{II}$.
- C) $N_I = N_{II}$ e $E_I < E_{II}$.
- D) $N_I = N_{II}$ e $E_I = E_{II}$.

CORREÇÃO

O FÍSICA MODERNA, discutindo o conceito de fótons. Normalmente, introduzo tal conceito quando apresento o chamado [Efeito Fotoelétrico](#). Uma explicação bem mais detalhada está na [Apostila sobre Física Moderna](#) que disponibilizei no meu sítio na rede.

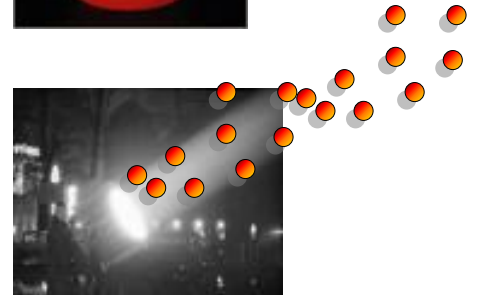
A potência, energia por tempo, da luz se relaciona ao número de fótons que ela é capaz de emitir, por segundo. Aliás, conceito também cobrado na segunda etapa, anteriormente. Ilustrando com imagens do Google.

Comparando uma vela com um holofote e representando fótons por *bolinhas*, o segundo emite muito mais!

Quanto à energia de cada fóton, temos a relação de [Planck](#):

$$E = hf \text{ ou } (v = \lambda f) E = \frac{hc}{\lambda}$$

Como o comprimento de onda λ é o mesmo – a cor das lâmpadas é a mesma – a energia de cada fóton é a mesma.



OPÇÃO: A.

- 6) (UFMS) A primeira pessoa a apresentar uma teoria ondulatória convincente para a luz foi o físico holandês Christian Huygens, em 1678. As grandes vantagens dessa teoria são explicar alguns fenômenos da luz e atribuir um significado físico ao índice de refração. No entanto, alguns fenômenos só podem ser entendidos com uma hipótese diferente sobre a luz - a hipótese de ela se comportar como um feixe de partículas, a qual foi proposta por Einstein em 1905. Essas duas formas de interpretar a luz são denominadas dualidade da luz. Qual fenômeno a seguir só é explicado pela hipótese de Einstein?
- Efeito fotoelétrico.
 - Reflexão da luz.
 - Difração da luz.
 - Interferência da luz.

CORREÇÃO

Einstein ganhou o Nobel não pela Relatividade, mas pela explicação do Efeito Fotoelétrico. Explicação para a qual ele utilizou o modelo corpuscular (fóton) da luz.

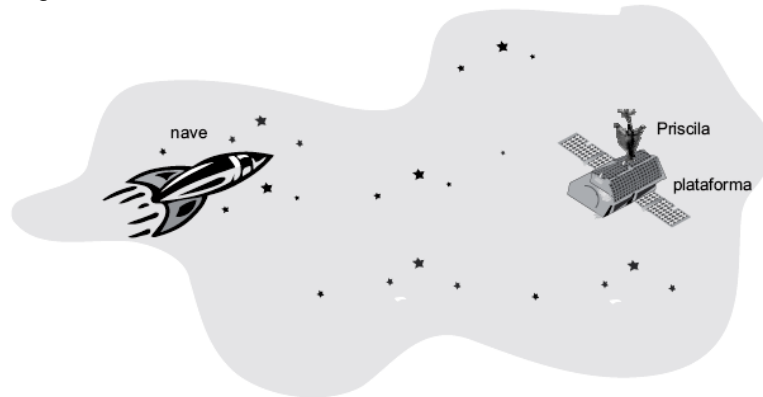
Maiores explicações:

http://www.fisicanovestibular.xpg.com.br/apostilas/apostila_moderna.pdf

OPÇÃO: A.

RELATIVIDADE

1) (UFMG) Observe esta figura:



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) $0,7 c$.
- B) $1,0 c$.
- C) $0,3 c$.
- D) $1,7 c$.

CORREÇÃO

A velocidade da luz é constante e igual a c em qualquer referencial inercial: postulado da relatividade de Einstein.

OPÇÃO: B.

2) (UFMG) Em alguns laboratórios de pesquisa, são produzidas antipartículas de partículas fundamentais da natureza. Cite-se, como exemplo, a antipartícula do elétron - o pósitron -, que tem a mesma massa que o elétron e carga de mesmo módulo, porém positiva.

Quando um pósitron e um elétron interagem, ambos podem desaparecer, produzindo dois fótons de mesma energia. Esse fenômeno é chamado de aniquilação.

Com base nessas informações,

1. EXPLIQUE o que acontece com a massa do elétron e com a do pósitron no processo de aniquilação.

CORREÇÃO

A Física Moderna, muito atual. O fenômeno da aniquilação tem uma importantíssima aplicação na Medicina: o exame PET – Positron Emission Tomography. Quem quiser saber mais sobre ele, pode encontrar algo nos links:

<http://www.petnm.unimelb.edu.au/>

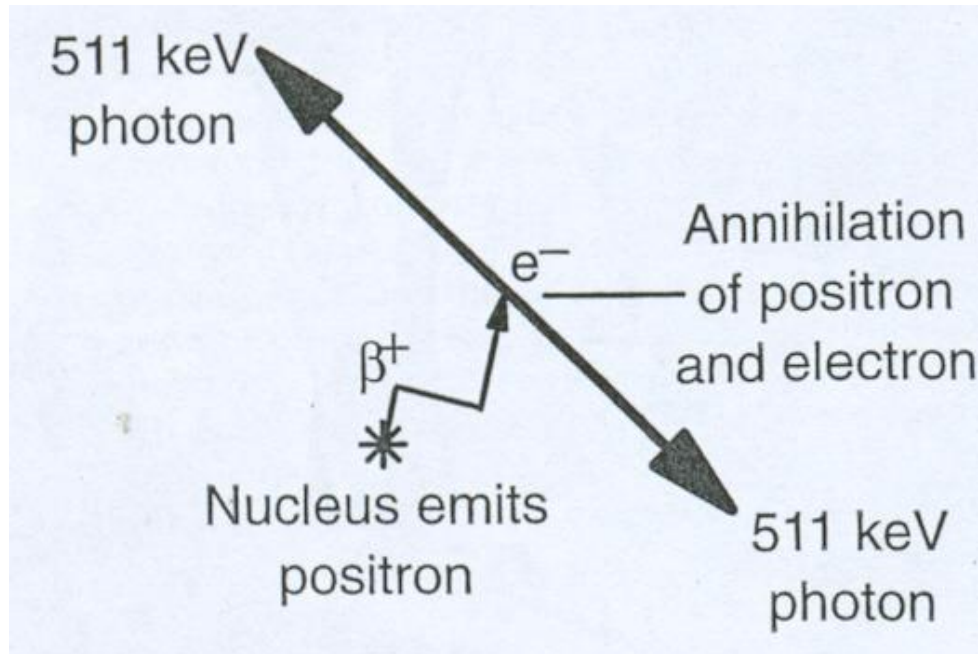
<http://www.ipen.br/>

<http://www.semn.es/>

A questão trata de uma conversão de matéria em energia: some um par elétron-pósitron e aparecem dois fótons cuja energia corresponde à matéria que "sumiu"!

Claro, obedecendo à equação mais famosa da Física: $E = m c^2$! Equação de Einstein! E é a energia que aparece, os fótons, c a famosa velocidade da luz e m a massa das partículas que somem!

Abaixo, uma figura para ilustrar:



“Titio” vai deixar de “para casa” para as crianças discutir o sentido de emissão dos fótons, contrário, de acordo com as leis da Física!

Considere que tanto o elétron quanto o pósitron estão em repouso.

2. CALCULE a frequência dos fótons produzidos no processo de aniquilação.

CORREÇÃO

Como sou da Engenharia Nuclear e dava aulas na Faculdade de Radiologia, sabia estes valores até de cor. Mas, é uma questão, e temos que calcular, né! Aliás, a energia está na figura, mas em eV, não em Joules!

Aplicamos as equações de Einstein e Planck - $E = h.f = h.c / \lambda$ -, onde a última passagem vem direta da Equação de Onda: $v = \lambda f$, citada numa questão anterior. Igualando...

$2.m c^2 = 2.h.f$ (duas massas, dois fótons) $\Rightarrow f = \frac{m c^2}{h}$. Todos os dados estão na página com os valores das constantes.

$$f = \frac{m c^2}{h} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{6,6 \cdot 10^{-34}} = 1,2 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$$

E não podemos reclamar, pois foi a única conta

mais trabalhosa da prova, né!!!!!!! Temos que saber Matemática, né!!!!!!!

- 3) (UFMG) Suponha que, no futuro, uma base avançada seja construída em Marte. Suponha, também, que uma nave espacial está viajando em direção à Terra, com velocidade constante igual à metade da velocidade da luz. Quando essa nave passa por Marte, dois sinais de rádio são emitidos em direção à Terra – um pela base e outro pela nave. Ambos são refletidos pela Terra e, posteriormente, detectados na base em Marte. Sejam t_B e t_N os intervalos de tempo total de viagem dos sinais emitidos, respectivamente, pela base e pela nave, desde a emissão até a detecção de cada um deles pela base em Marte. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que
- A) $t_N = \frac{1}{2} t_B$.
- B) $t_N = \frac{2}{3} t_B$.
- C) $t_N = \frac{5}{6} t_B$.
- D) $t_N = t_B$.

CORREÇÃO

A Física “Moderna”. Particularmente, noções de Relatividade. Basicamente a mesma questão veio em 2004 como também já tinha vindo na 2ª etapa anteriormente.

Basta ao aluno não querer aplicar conceitos básicos de Cinemática, como o de velocidade relativa. E conhecer os postulados de Einstein, ou pelo menos um deles: a velocidade da luz no vácuo é constante e igual a c em qualquer referencial inercial. Ora, sinais de rádio viajam no espaço à velocidade da luz. Então, para ir e voltar, percorrendo a mesma distância, gastam o mesmo tempo!

Só isto! Inclusive, como disse, *repeteco* da recente, de 2004!

OPÇÃO: D.

- 4) (PUC/MG) A Física Moderna introduziu novos conceitos para explicação de fenômenos que não mais podiam ser explicados pela Física Clássica. Assinale a opção que contradiz essa afirmativa.
- a) A descontinuidade dos espectros atômicos.
- b) O efeito fotoelétrico.
- c) A dualidade onda e matéria.
- d) A propagação retilínea da luz.

CORREÇÃO

De fato, a chamada Física *Moderna* explicou os espectros descontínuos (Modelo de Bohr), o efeito fotoelétrico (Nobel de Einstein) e a dualidade onda x partícula (de Broglie), mas não tem nada a ver com a propagação retilínea da luz.

OPÇÃO: D.

5) (UNIMONTES) Um buraco negro é o que sobra quando morre uma gigantesca estrela, no mínimo 10 vezes maior que o nosso Sol. Uma estrela é um imenso e incrível reator de fusão. As reações de fusão, que ocorrem no núcleo, funcionam como gigantescas bombas, cujas explosões impedem que a massa da estrela se concentre numa região pequena. O equilíbrio entre as forças oriundas das explosões e as de origem gravitacional define o tamanho da estrela. Quando o combustível para as reações se esgota, a fusão nuclear é interrompida. Ao mesmo tempo, a gravidade atrai a matéria para o interior da estrela, havendo compressão do núcleo, que se aquece muito. O núcleo finda por explodir, arremessando para o espaço matéria e radiação. O que fica é o núcleo altamente comprimido e extremamente maciço. A gravidade em torno dele é tão forte que nem a luz consegue escapar. Esse objeto literalmente desaparece da visão. O diâmetro da região esférica, dentro da qual toda a massa de uma estrela deveria ser concentrada, para que ela começasse a se comportar como um buraco negro, pode ser calculado utilizando-se a equação para a velocidade de escape, que permite encontrar a velocidade mínima, v , para que um corpo maciço escape do campo gravitacional de uma estrela ou planeta. A equação é $v^2 = 2GM/R$, em que $G = 6,67 \times 10^{-11} (m^3/s^2 \cdot kg)$ é a constante gravitacional, M é a massa e R o raio do planeta. Nesse caso, a velocidade de escape deveria ser igual à da luz, ou seja, $3 \times 10^8 m/s$. Considerando ser possível a Terra transformar-se num buraco negro, o diâmetro da região esférica, dentro da qual toda a sua massa, igual a $5,98 \times 10^{24} kg$, deveria ser concentrada, seria, aproximadamente,



- A) 1,8 m.
- B) 1,8 cm.
- C) 0,9 km.
- D) 0,9 m.

CORREÇÃO

Uma interessante consequência da Teoria da Relatividade de Einstein, a existência dos chamados buracos negros, tão famosos! A questão traz a fórmula, logo, é substituir e calcular. Notando que, segundo o próprio texto, a velocidade a usar é a da luz, c . Vejamos...

$$v^2 = \frac{2GM}{R} \Rightarrow R = \frac{2GM}{c^2} \Rightarrow R = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{(3 \cdot 10^8)^2} \Rightarrow$$

$$R \sim \frac{2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{9 \cdot 10^{16}} = \frac{80,4 \cdot 10^{13}}{9 \cdot 10^{16}} \approx 9 \cdot 10^{-3} m$$

Prestando atenção às unidades, $9 \cdot 10^{-3} m$ são 9 mm, e isto é o raio. O diâmetro, dobro do raio, valeria $18 \cdot 10^{-3} m$, $1,8 \cdot 10^{-2} m$ ou 1,8 cm.

OPÇÃO: B.

RADIOATIVIDADE

1) (PUC-CAMP) Certa fonte radioativa emite 100 vezes mais que o tolerável para o ser humano e a área onde está localizada foi isolada. Sabendo-se que a meia vida do material radioativo é de 6 meses, o tempo mínimo necessário para que a emissão fique na faixa tolerável é, em anos, de

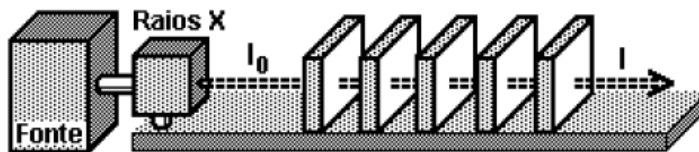
- a) 4
- b) 6
- c) 8
- d) 10

CORREÇÃO

Meia vida (**seis meses**, no caso) é o tempo que leva para reduzir pela metade. Assim: em **6** meses diminui a 50; em **12** a 25; em **18** a 12,5; em **24** meses a 6,25; em **30** a 3,125; em **36** a 1,5625; em finalmente, em **42** meses, cai a 0,78125 do valor inicial, entrando na tolerância. Pelas opções, 4 anos, por segurança...

OPÇÃO: A.

2) (FUVEST)



CONDIÇÕES DE BLINDAGEM: Para essa fonte, uma placa de Pb, com 2 cm de espessura, deixa passar, sem qualquer alteração, metade dos raios nela incidentes, absorvendo a outra metade. 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) 6

CORREÇÃO

Cada vez que se atravessa uma placa, a intensidade cai pela metade. Vamos representar cada uma por uma **seta vermelha**.

$I_0 \rightarrow I_0/2 \rightarrow I_0/4 \rightarrow I_0/8 = 0,125 I_0$. **3 CAMADAS DE 2 CM.**

OPÇÃO: B.