

Aula 17

*Luz, Radiação e matéria, átomo
de Bohr e Radioatividade*

Prof. Vinícius Fulconi

Sumário

Apresentação	4
1- Introdução	6
2- A luz.....	7
2.1- Modelo ondulatório	7
2.2- Polarização da Luz.....	9
3- Radiação e matéria	12
3.1- Radiação Térmica.....	12
3.1.1- Lei de Stefan-Boltzmann.....	12
3.1.2- Corpo Negro	13
3.2- O modelo quântico	15
3.2.1- Lei de Wien.....	15
3.2.2- Quantização da Energia.....	16
3.3- Efeito Fotoelétrico	18
3.3.1- Análise do efeito fotoelétrico.....	18
3.3.2- Dualidade da luz	21
3.3.3 Equação De-Broglie	21
4- O átomo de Bohr.....	23
4.1- Os postulados de Bohr	23
4.2- Transições eletrônicas no átomo de Bohr.....	24
5- Radioatividade.....	28
5.1- Emissões Radioativas	28
5.1.1- Emissões de partículas alfa (α).....	28
5.1.2- Emissões de partículas beta (β)	29
5.1.3- Emissões de raio gama (γ):	29
5.2- Reações nucleares.....	30
Lista de Questões	32
Gabarito	53
Lista de Questões Resolvidas e Comentadas	54



Considerações Finais.....	103
Referências.....	104



Apresentação

Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e cinco anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principais aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Vestibulares.

No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar no ITA!*** Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiram! Entretanto, eu preferi negritar e gravar “**Você vai passar no ITA!**”

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!



Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Vestibulares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei



identificar quais são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



ALERTA!

Esse curso exige do candidato apenas **dedicação, perseverança e vontade de vencer.**

1- Introdução

Até agora os conteúdos que vimos em aulas passadas são parte do que chamamos de **Física Clássica**. Embora contemple grande parte do conteúdo das provas para as quais nos preparamos, há, nos vestibulares de alto rendimento, uma certa cobrança sobre tópicos da chamada **Física Moderna**.

Essa parte da física foi instigada pela falta de respostas para alguns problemas físicos que a teoria clássica não conseguia explicar. Dessa forma, uma nova teoria que explicava satisfatoriamente os fenômenos de níveis subatômicos e macroscópicos é quem será a estrela dessa nossa aula.

Começaremos retomando alguns conceitos de luz da física clássica para posteriormente entendermos melhor os tópicos de radiação, átomo de Bohr e radioatividade seguintes.

Então, vamos começar? 😊



2- A luz

2.1- Modelo ondulatório

O físico escocês James Maxwell, em meados do século XIX, estabeleceu leis que fundamentaram os fenômenos relacionados a eletricidade e ao magnetismo. As equações apresentadas nesse trabalho do físico nos mostram a possibilidade de campos magnéticos e elétricos se propagarem simultaneamente. Delas podemos entender que:

- Um campo elétrico (\vec{E}) que varia no tempo suscita um campo magnético (\vec{B}) e
- Um campo magnético (\vec{B}) que varia no tempo suscita um campo elétrico (\vec{E}).

Dessa forma, existindo esses dois campos em um mesmo local e sendo ambos variáveis com o tempo, um nutre o outro de forma a se propagarem juntos como na figura abaixo:

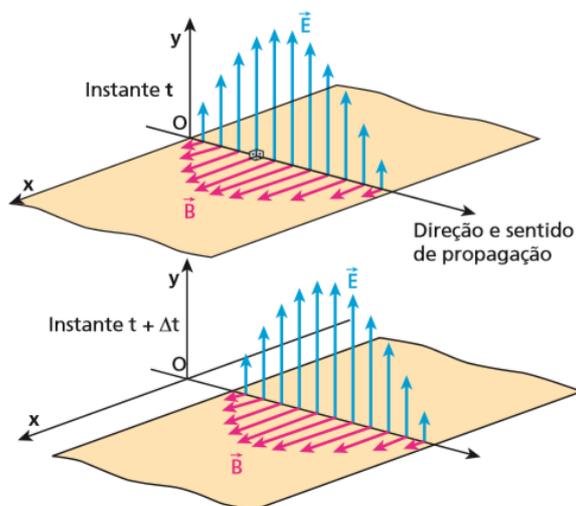


Figura 1: "Tópicos da Física" - Campo elétrico e campo magnético.

Campo elétrico e magnético ao se propagarem juntamente estabelecem o que chamamos de **radiações eletromagnéticas** cujo espectro de frequências é amplo e parte dele é visto a seguir, onde foram destacadas frequências que fazem parte de nosso cotidiano:

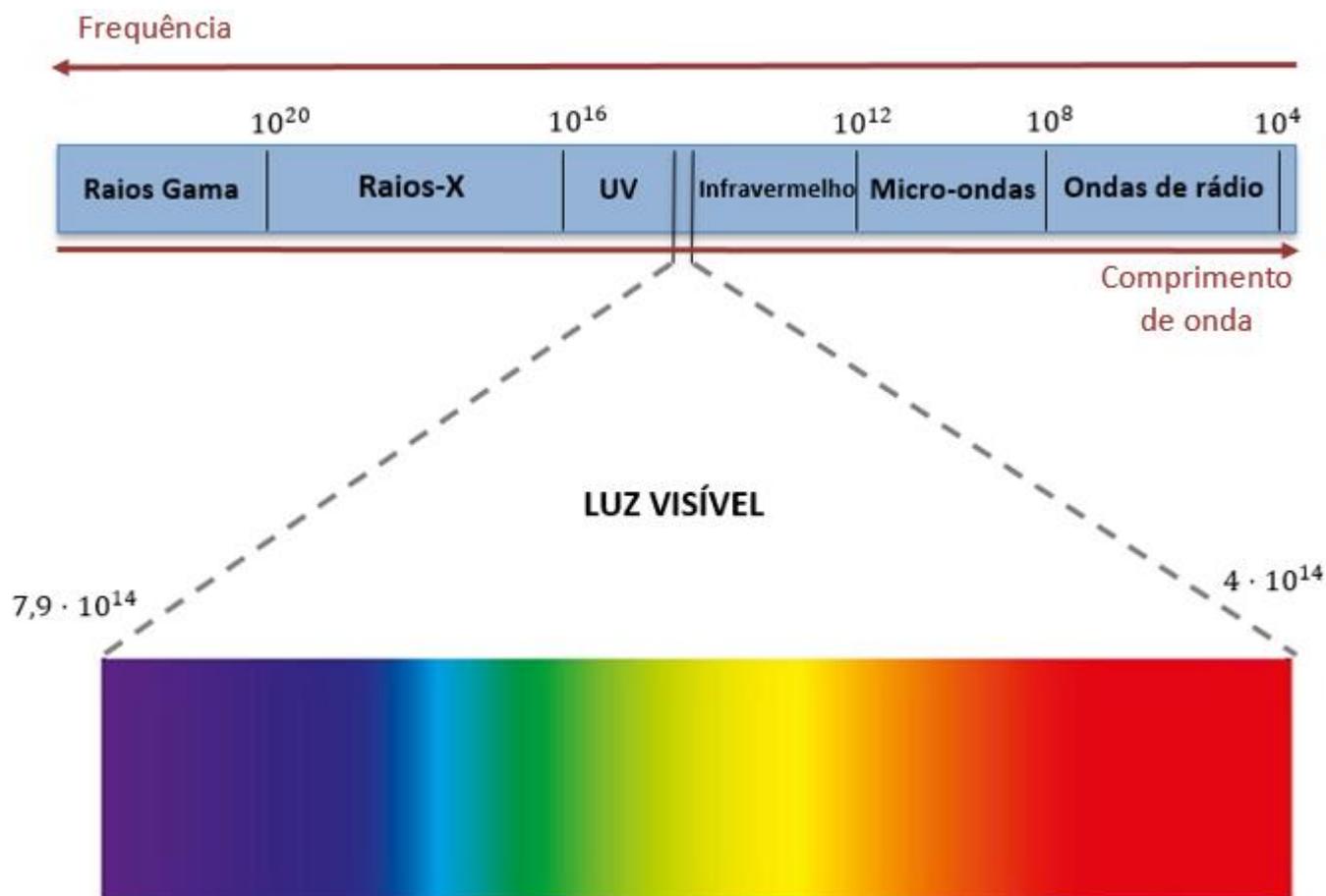


Figura 2: Espectro eletromagnético.

Podemos ver então que parte desse espectro de radiação eletromagnético, que também podemos chamar de **ondas eletromagnéticas**, é constituído pela luz visível.

Já vimos no capítulo anterior que ondas eletromagnéticas não precisam de meio para se propagarem. Dessa forma, Maxwell, através de seus estudos calculou a velocidade (c) desse tipo de onda no vácuo como sendo:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

Sendo (ϵ_0) a permissividade elétrica do vácuo ($\epsilon_0 \cong 8,9 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$), e sendo (μ_0) a permeabilidade elétrica também do vácuo ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot \frac{m}{A}$)

2.2- Polarização da Luz

Como já sabemos, a onda eletromagnética é composta pelo campo elétrico e pelo magnético, no entanto, para esse tópico, o que levaremos em conta é a direção de vibração somente do campo elétrico. Dessa forma, uma fonte de luz que tem o seu campo de vibração sem nenhuma restrição é dita como não polarizada e a representamos assim:

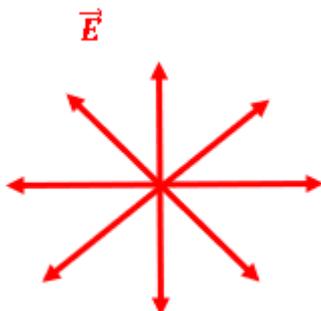


Figura 3: Direções do campo elétrico.

Os instrumentos que utilizamos para restringir os eixos de vibração da onda eletromagnética chamamos de polaroides ou polarizadores. Nessa restrição de vibração, a intensidade da onda também é restringida. Sabemos que intensidade da onda é proporcional ao quadrado da amplitude do vetor campo elétrico ($I \propto E^2$). Dessa forma, podemos obter dois casos:

- Onda linearmente polarizada

Nesse caso, a vibração do campo elétrico já é restrita a uma direção, no entanto, caso o polarizador estiver com seu eixo de polarização defasado de um ângulo (θ) com relação ao plano de vibração da onda, a intensidade de saída da onda (I) em relação a intensidade de entrada (I_0) é dada pela **Lei de Malus**:

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta$$





Figura 4: Funcionamento do polarizador.

- Onda não polarizada ou circularmente polarizada

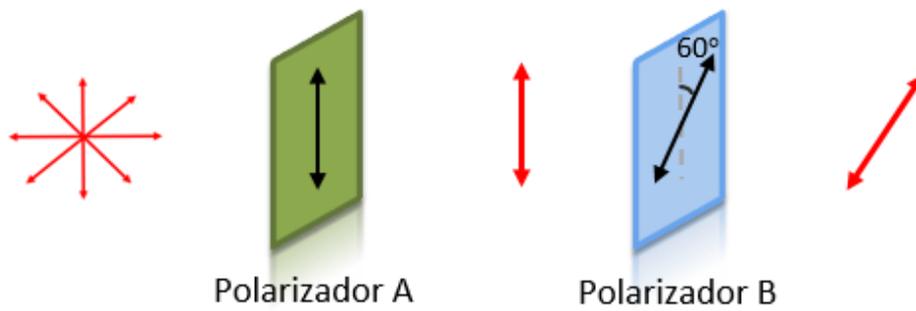
Nesse caso tratamos de ondas nas quais ou o plano de vibração é aleatório ou a vibração do vetor campo elétrico discorre uma circunferência. Para esses tipos de ondas a intensidade após passarem por um polarizador é sempre dada por:

$$I = \frac{I_0}{2}$$

FIQUE
ATENTO!



Exemplo 01: Onda de luz não polarizada incide primeiramente no polarizador A, cujo eixo está posicionado como na figura abaixo. Após essa primeira passagem, a luz que saiu de A passa pelo polarizador B, cujo eixo está deslocado em 60° com relação ao eixo de A. Sendo I_0 o valor da intensidade da onda antes de atingir o sistema, qual a sua intensidade na saída?



Comentário:

Seja I_0 a intensidade da luz antes de adentrar ao sistema, temos que, como ela é composta por uma onda não polarizada, ao passar por A, sua intensidade cai à metade:

$$I_A = \frac{I_0}{2}$$

Dessa forma, essa luz com nova intensidade passa por B e sua intensidade final é obtida através da Lei de Malus:

$$I_B = I_A \cdot \cos^2 60^\circ$$

$$I_B = \frac{I_0}{2} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$\boxed{I_B = \frac{I_0}{8}}$$

3- Radiação e matéria

3.1- Radiação Térmica

Todos os corpos, em temperaturas acima do zero kelvin, emitem energia em forma de radiação eletromagnética. Dessa forma, devido a associação com a temperatura, dizemos que essa é uma radiação térmica.

Podemos não perceber grande parte das radiações térmicas dos corpos com os quais temos contato no cotidiano devido ao fato de que à temperatura ambiente há emissão de energia na faixa do infravermelho. No entanto, quando chegamos a temperaturas mais altas, como acontece com metais expostos a muito calor, é possível ver emissões na faixa da luz visível. Por exemplo, quando um prego é aquecido em uma churrasqueira podemos perceber que ele começa a ficar com uma cor avermelhada devido ao fato de estar emitindo radiação na faixa do vermelho.

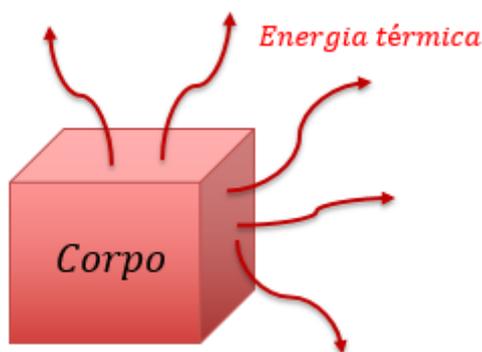


Figura 5: Corpo com temperatura diferente de zero.

3.1.1- Lei de Stefan-Boltzmann

Dois físicos austríacos: Josef Stefan e Ludwig Boltzmann obtiveram a partir de seus experimentos empíricos e demonstrações teóricas, respectivamente, uma equação para se calcular a potência total irradiada pela superfície de um corpo:

$$P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Onde temos:



- (P) é a potência total emitida pelo corpo
- (e) é a emissividade: propriedade característica associada ao poder de emissão de cada material. É adimensional e pode variar entre 0 e 1.
- (σ) é uma constante denominada constante de Stefan-Boltzmann e tem o valor de:

$$\sigma = 5,6 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

- (A) é a área da superfície externa do corpo
- (T) é a temperatura absoluta do corpo dada em kelvin

3.1.2- Corpo Negro

Nessa mesma linha de raciocínio do que vimos até agora, podemos observar que os corpos não só emitem energia, mas também há energia que incide sobre eles, o que pode levar a absorção de parte dessa radiação.

Portanto além da característica da **emissividade**, os corpos também têm a propriedade da **absorbância**.

Há um corpo com propriedades especiais relacionadas a esses assuntos que chamamos de **corpo negro**.

O corpo negro é um modelo ideal no qual toda radiação que nele incide é absorvida, independente da frequência, e emite sempre radiação advinda inteiramente de si próprio (sua emissividade é igual a um ($e = 1$)).

Embora o corpo negro seja um modelo ideal, há meios pelos quais os cientistas já construíram corpos que têm um comportamento muito próximo dessa idealização.

É no corpo negro que surgem um dos primeiros casos em que a física clássica não conseguiu atender as evidências da realidade.

O gráfico da intensidade da radiação do corpo negro em função do comprimento de onda (λ) baseado na teoria eletromagnética de Maxwell tinha um perfil, mas aquele que condizia com experimentos práticos tinha outro perfil, como podemos ver a seguir:

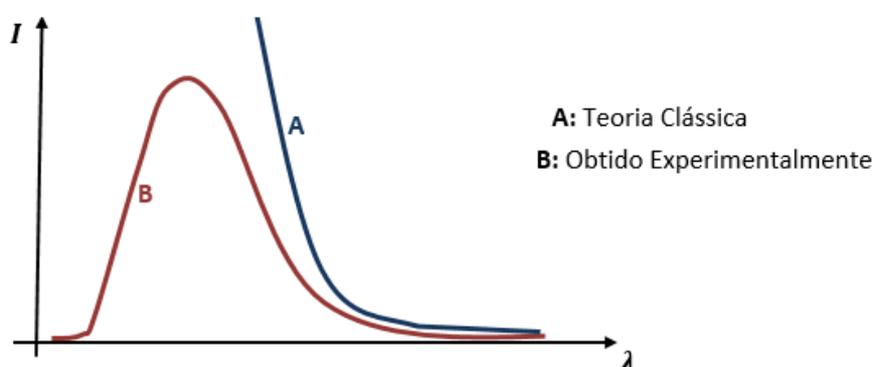


Figura 6: Gráfico da intensidade.

À discrepância entre os gráficos, principalmente em comprimentos de ondas menores, deu-se o nome de “**catástrofe do ultravioleta**”. Tema esse que deixou sem respostas a comunidade científica do fim do século XIX. Para que esse fenômeno fosse explicado, uma nova teoria teve que ser construída.

Exemplo 02: Calcule qual a temperatura aproximada de um filamento de uma lâmpada incandescente na qual a potência total emitida é de $P = 60 \text{ W}$, a emissividade vale $e = 0,5$, o comprimento total do filamento é de $L = 0,5 \text{ m}$ e seu raio vale $r = 50 \mu\text{m}$. (Dado: $\sigma = 5,6 \cdot 10^{-8}$).

Comentário:

Sabemos que a potência irradiada é dada pela seguinte fórmula:

$$P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Vamos, primeiramente, calcular a área superficial do filamento:

$$A = L \cdot 2\pi r$$

$$A = 0,5 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10^{-6}$$

$$A = 5 \cdot \pi \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Dessa forma, substituindo os dados na fórmula da potência:

$$P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

$$60 = 0,5 \cdot 5,6 \cdot 10^{-8} \cdot 5\pi \cdot 10^{-5} \cdot T^4$$

$$T^4 = \frac{60}{14\pi \cdot 10^{-13}}$$

$$\boxed{T \cong 192\text{K}}$$



3.2- O modelo quântico

3.2.1- Lei de Wien

Várias foram as tentativas para explicar o espectro de emissão do corpo negro, uma delas foi a do físico alemão Wilhelm Wien, a qual não foi muito bem sucedida pois seu modelo não se ajustava a todos os comprimentos de onda do gráfico de emissão.

No entanto, Wien descobriu algo muito importante sobre o ponto do pico de radiância espectral. Primeiramente, observemos os gráficos de irradiação a duas temperaturas distintas:

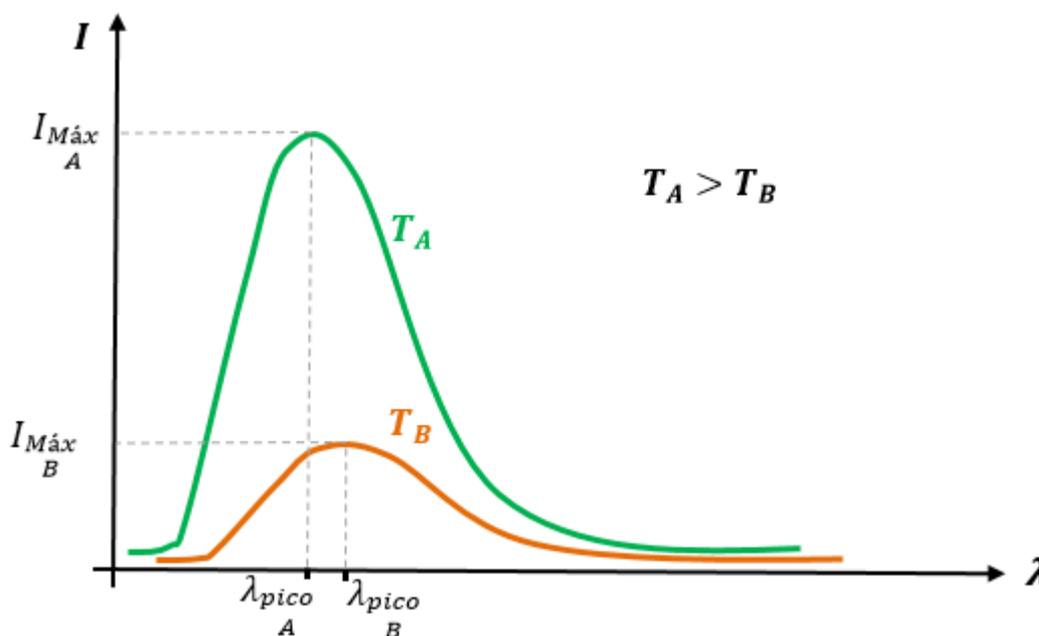


Figura 7: Lei de Wien.

Podemos observar que ambos os pontos de máxima irradiação estão diretamente ligados com um certo valor de comprimento de onda, aqui chamado de comprimento de pico (λ_{pico}).

Além disso, podemos ver que quanto maior a temperatura em que se encontra o corpo, menor o comprimento de onda de pico. Foi exatamente isso que Wien observou e conseguiu conectar essa proporção inversa pela seguinte fórmula:

$$\lambda_{pico} = \frac{k}{T}$$

Onde (k) é uma constante chamada constante de Wien, e seu valor é dado por: $k = 2,898 \text{ mm} \cdot \text{K}$



3.2.2- Quantização da Energia

O físico alemão Max Planck, para solucionar o problema do corpo negro, apresentou então uma nova teoria que contradizia parte do que a física clássica tinha como verdade.

Para explicar o espectro de radiação, Planck adotou um modelo no qual considerou que na superfície do corpo haviam partículas semelhantes a osciladores harmônicos simples que geram ondas eletromagnéticas de acordo com suas frequências.

Nesse modelo, um oscilador não pode ter uma energia qualquer, mas somente aqueles dados pela expressão:

$$E = n \cdot h \cdot f$$

(Sendo $n = 1, 2, 3, \dots$)



Temos dessa expressão (n) que é um número natural e é chamado de número quântico, temos (h) que é nomeada como constante de Planck e tem seu valor fixo em: $h \cong 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Portanto, a energia passa a ser **quantizada**, ou seja, ela não é algo contínuo, mas sim discreto, possível apenas em determinados valores.

Devemos observar também que a frequência está diretamente ligada à energia, ou seja, quanto maior a frequência, maior é a energia associada a ela.

Outra parte da teoria de Planck nos diz que a absorção ou emissão de energia dos osciladores só ocorre quando estes vão de um estado estacionário (ou nível quântico) para outro, ou seja, quando há a variação no número quântico. Essa energia absorvida ou emitida é dada por:

$$\Delta E = \Delta n \cdot h \cdot f$$

Ou seja, a energia é irradiada em pequenos pacotes, de forma discreta. A esses pacotes de energia damos o nome de **quanta** ou **quantum**.

A teoria de Max Planck pode, portanto, explicar com louvor o espectro de radiação do corpo negro.



Exemplo 03: Dado que a temperatura da pele de uma pessoa seja de $T = 35^{\circ}\text{C}$, calcule qual a frequência da radiação mais intensa emitida pela pessoa. (Constante de Wien ($k = 2,9 \text{ mmK}$); velocidade da luz: ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)).

Comentário:

Sabemos que o comprimento de onda da radiação mais intensa de uma onda eletromagnética está relacionado com sua temperatura da seguinte forma:

$$\lambda_{\text{pico}} = \frac{k}{T}$$

Portanto, como aqui devemos utilizar a medida da temperatura absoluta, temos:

$$T = 35 + 273$$

$$T = 308\text{K}$$

Portanto:

$$\lambda_{\text{pico}} = \frac{k}{T}$$

$$\lambda_{\text{pico}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{308}$$

$$\lambda_{\text{pico}} = 9,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Para encontrarmos a frequência equivalente:

$$c = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{9,41 \cdot 10^{-6}}$$

$$f = 3,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$



3.3- Efeito Fotoelétrico

3.3.1- Análise do efeito fotoelétrico

O fenômeno do qual iremos tratar nesse tópico foi primeiramente observado pelo físico russo Alexander Stoletov e posteriormente também detectado pelo físico alemão Heinrich Hertz.

O **efeito fotoelétrico** consiste na observação de que a incidência de ondas eletromagnéticas sobre a superfície de um metal pode provocar a emissão de elétrons.

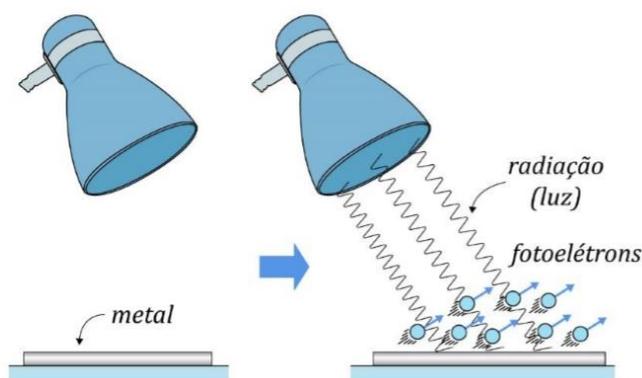


Figura 8: Incidência da luz no metal.

Veremos, a seguir, um método experimental que nos possibilita a análise do efeito:

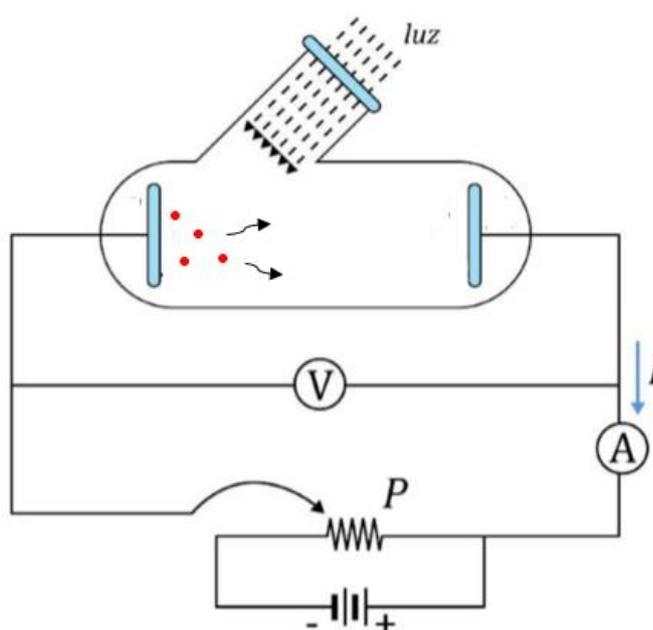


Figura 9: Análise do efeito fotoelétrico.

Nesse experimento vemos duas placas metálicas ligadas nos polos de uma bateria. A placa que recebe a radiação emite elétrons que, devido a diferença de potencial entre as placas, irá

alcançar a superfície metálica a sua frente, criando, dessa forma, uma corrente que percorre o circuito.

Nessa análise, os físicos da época puderam constatar que a energia cinética dos elétrons emitidos aumentava com o aumento da frequência da radiação incidente. No entanto, isso contradiz a teoria da ondulatória de Maxwell que previa que os elétrons tivessem aumento de energia cinética com o aumento da intensidade da luz, e não da frequência.

Dessa forma, a teoria de que luz era onda não estava respondendo aos experimentos práticos, por consequência, uma nova teoria foi instaurada para que o efeito pudesse ser melhor entendido.

O físico alemão Albert Einstein explicou então o efeito fotoelétrico partindo do conceito de que a luz é composta por partículas com **energia discreta**, os **fótons**. Cada uma dessas partículas teria energia que dependeria de sua frequência, dada por:

$$E = h \cdot f$$

(Sendo (h) a constante de Planck)

Além disso, via-se experimentalmente que os elétrons só eram ejetados se a luz incidente tivesse uma frequência mínima. Dessa forma, Einstein, em seu trabalho, depreendeu uma equação que nos diz que a energia cinética dos elétrons emitidos (E_C) é dada pela diferença entre a energia do fóton que nele incide (E) e uma energia mínima, intitulada como função trabalho (E_o):

$$E_C = E - E_o$$

$$E_C = hf - hf_o$$



Onde chamamos (f_o) de **frequência de corte** pois é a frequência mínima para que haja ejeção dos elétrons. A frequência de corte é uma característica particular de cada metal.

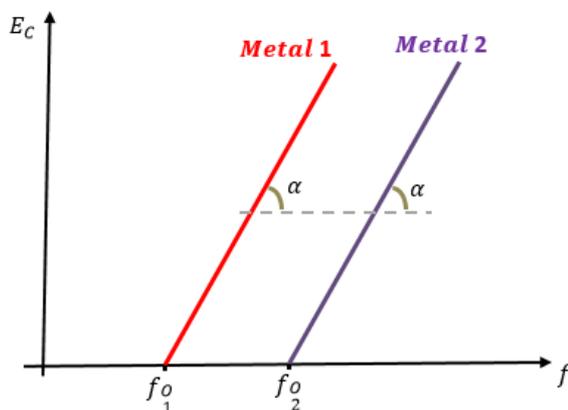


Figura 10: Energia cinética versus frequência.



Podemos observar dos gráficos acima que o coeficiente angular de ambos é igual a constante de Planck: ($tg\alpha = h$).

Ademais, experimentalmente foi visto que o aumento da intensidade implicava aumento da quantidade de elétrons que eram ejetados, como podemos ver na comparação do gráfico a seguir entre dois experimentos feitos com o mesmo metal, mas com valores distintos da intensidade da luz incidente:

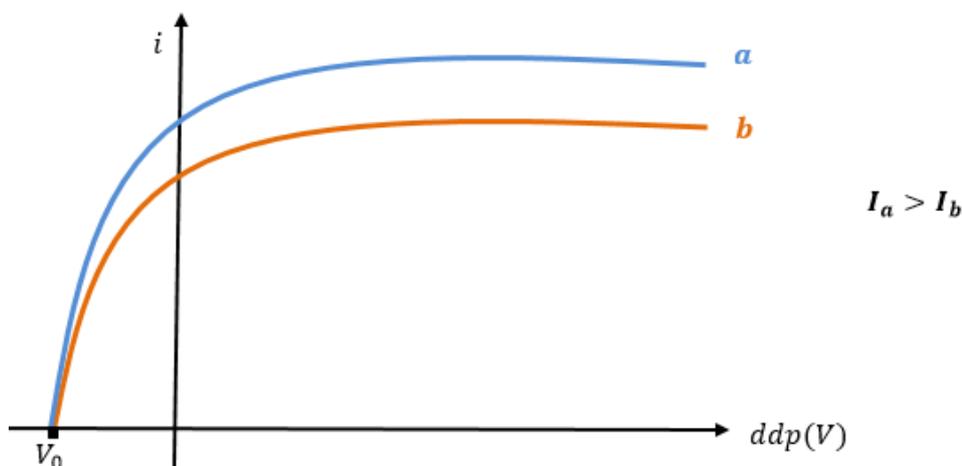


Figura 11: Gráfico da intensidade versus tensão.

Vemos pelo gráfico que, para um valor negativo de tensão das baterias ligas à placa, a corrente cessa. Esse valor de tensão chamamos de tensão de barramento (V_0), ou seja, é a tensão capaz de parar até mesmo os elétrons mais velozes, portanto temos:

$$E_{c,MÁX} = e \cdot V_0$$

Dessa forma, teremos o hábito de calcular essa energia cinética máxima em Elétron Volt.

Em resumo, temos:

Para o efeito fotoelétrico:

$$E_c = hf - hf_o$$

↑ Frequência : ↑ Energia cinética

↑ Intensidade : ↑ Corrente



3.3.2- Dualidade da luz

Nesse ponto do nosso estudo você deve estar se perguntando: então a luz é **onda** ou **partícula**? Bom, vimos que de acordo com a teoria ondulatória de Maxwell, a luz é onda, como pode ser visto experimentalmente através dos fenômenos de difração e interferência da luz. No entanto, de acordo com o modelo quântico, a luz é formada por partículas denominadas fótons, teoria comprovada pelo efeito fotoelétrico. Então, dessa forma, a luz é os dois: onda e partícula. Sim! Dependendo do seu comportamento, podemos classificá-la como luz ou como onda, sem nenhum problema. A essa constatação damos o nome de **dualidade onda-partícula**.

3.3.3 Equação De-Broglie

A equação de De-Broglie relaciona o comprimento de onda, a constante de Planck e o momento linear de uma partícula.

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p – Momento linear da partícula.

λ – Comprimento de onda.

h – constante de Planck.

Exemplo 04:

Sabendo que a função trabalho do elemento químico Tungstênio é dada por $E_o = 7,3 \cdot 10^{-19}J$, calcule qual será a energia cinética máxima dos elétrons quando, em uma placa de Tungstênio no vácuo, incide uma radiação de comprimento de onda $0,18\mu m$. (Constante de planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$ e velocidade da luz no vácuo: $c = 3 \cdot 10^8 m/s$).

Comentário:

Sabemos que, para o efeito fotoelétrico, é válida a equação:

$$E_c = E - E_o$$

Para o cálculo da energia incidente, temos:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$
$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,18 \cdot 10^{-6}}$$
$$E = 1,1 \cdot 10^{-18}J$$



Dessa forma, podemos substituir na equação do efeito fotoelétrico:

$$E_C = E - E_o$$
$$E_C = 11 \cdot 10^{-19} - 7,3 \cdot 10^{-19}$$

$$E_{C,m\acute{a}x} = 3,7 \cdot 10^{-19} J$$



4-O átomo de Bohr

4.1- Os postulados de Bohr

Nesse tópico iremos estudar um pouco mais sobre mudanças significativas que o físico dinamarquês Niels Bohr implementou em nosso modelo atômico.

Primeiramente, devemos lembrar que antes de Bohr, o modelo vigente era o do físico neozelandês Ernest Rutherford. Nesse modelo, apelidado como modelo planetário, os elétrons orbitam ao redor do núcleo, e este possui a maior parte da massa do átomo. No entanto dois problemas rondavam o modelo de Rutherford:

O primeiro era a incompatibilidade com a teoria eletromagnética de Maxwell a qual dizia que cargas elétricas em movimento com aceleração emitem radiação, perdendo energia. Se aplicarmos essa teoria, já muito respeitada naquela época, no modelo de Rutherford, haveria o problema de que os elétrons, orbitando ao redor do núcleo, estão acelerados pela ação da força centrípeta de atração com os prótons. Dessa forma, os elétrons perderiam energia emitindo radiação até que se chocariam com o núcleo, mostrando uma análise que não ocorre na realidade.



O segundo problema estava no fato de que o modelo do físico neozelandês não explicava o espectro descontínuo de emissão do átomo de hidrogênio, característica já comprovada em laboratório.

Portanto, Bohr soluciona esses problemas, fundamentando quatro postulados para o seu modelo:

- Para o elétron só é permitido estar em certos estados estacionários e, estando neles, sua energia é fixa e bem definida.
- Nesses estados estacionários o elétron não perde nem ganha energia, mas quando se desloca de um estado estacionário de maior energia para outro com menor energia, o elétron emite radiação luminosa. Essa energia luminosa é quantizada, valerá um *quantum* de energia, sendo igual à diferença de energia entre os dois estados
- O elétron descreve órbitas circulares, em seus estados estacionários, ao redor do núcleo



- O momento angular do elétron em seus estados estacionários permitidos é dado por: $L = \frac{nh}{2\pi}$

4.2- Transições eletrônicas no átomo de Bohr

Pelo o que já vimos do modelo de Bohr, sabemos que os elétrons possuem específicos estados estacionários onde podem estar. Dessa forma, para esse modelo, é nomeado como **estado fundamental** os estados estacionários nos quais os elétrons têm os níveis mais baixos de energia e **estado excitado** aqueles para os quais os elétrons se elevam quando recebem energia.

Para esse modelo, podemos deduzir uma fórmula para a energia de cada estado estacionário. A dedução não cabe ao escopo do nosso curso, portanto temos que:

$$E_n = \frac{-13,6 \cdot z^2}{n^2} \text{ eV}$$

Onde (z) corresponde ao número atômico do átomo em questão e (n), sendo $n = 1, 2, 3, \dots$, é chamado **número quântico**. Esse número representa cada estado estacionário possível, dessa forma, para cada estado há um número quântico e sua respectiva energia associada.

Pelos postulados de Bohr, o elétron, em seus estados estacionários percorre órbitas circulares em torno do núcleo. Portanto, para cada estado estacionário, podemos também deduzir o seu raio de órbita:

$$r = \frac{n^2 \cdot a_0}{z}$$

Sendo (a_0) uma constante que chamamos de raio de Bohr que é equivalente ao raio do átomo de hidrogênio em seu estado estacionário ($n = 1$).

Para que ocorra a transição de um elétron de seu estado estacionário para outro, mais longe do núcleo, ou seja, um estado excitado, deverá incidir sobre ele uma fonte de energia que dê a ele a quantidade **exatamente necessária** para essa mudança. No caso de a fonte de energia ser radiação eletromagnética, a energia é chamada de um *quantum* e equivale a:

$$E = hf$$



Tendo ido a um estado de maior energia, o elétron lá se torna instável, decaindo novamente ao seu estado de origem. Nesse decaimento, ele emite radiação luminosa, sendo possível ser feito o cálculo do comprimento de onda dessa onda pela fórmula:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

Sendo (λ) o comprimento de onda emitido, (n_f) o número quântico do estado estacionário final da transição, (n_i) o número quântico do estado estacionário inicial da transição e (R_H) uma constante chamada **constante de Rydberg**, cujo valor é dado por: $R_H = 1,97 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

Essas transições baseadas em energias quantizadas explicam, portanto, o espectro de emissão descontínuo do hidrogênio. Cada raia vista no espectro representa uma possível transição para o átomo.



Algumas transições específicas do átomo de hidrogênio foram estudadas por cientistas como Johann Balmer e Friedrich Paschen, tendo essas séries de transições nomeadas de acordo com o nome desses estudiosos

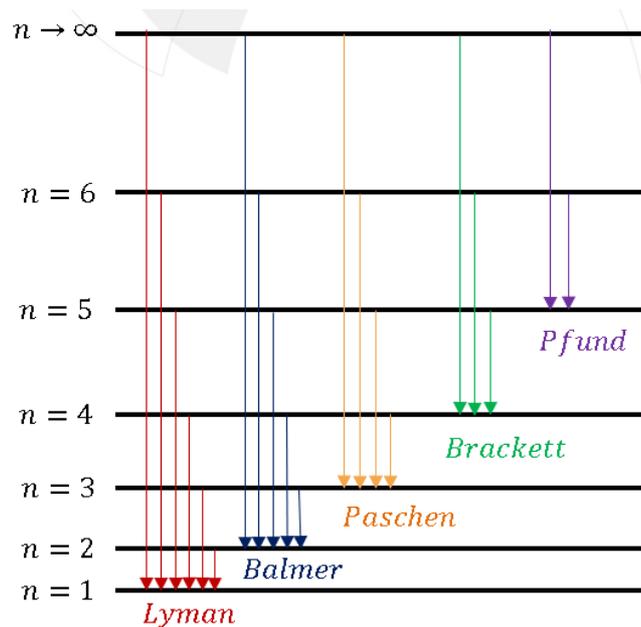


Figura 12: Espectros.

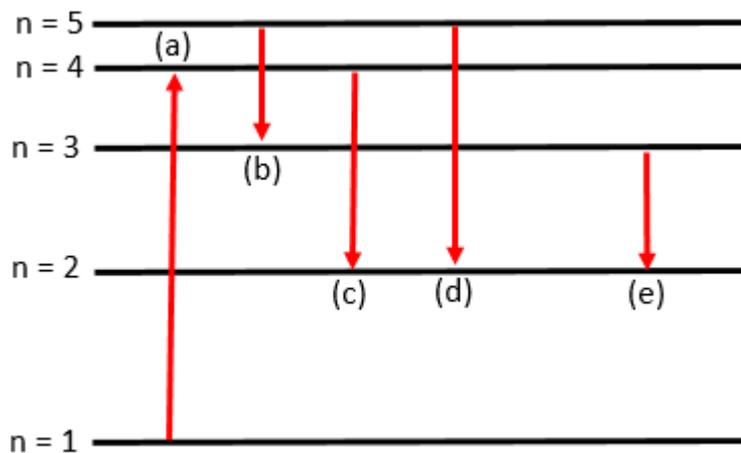
No nosso cotidiano, as transições do átomo de Bohr estão, por exemplo nos fogos de artifício. Os fogos são compostos por elementos químicos que, ao receberem a energia necessária, têm seus elétrons excitados e estes, instáveis, retornam aos seus níveis de origem liberando radiação luminosa na frequência do visível, concretizando um espetáculo de luzes no céu.



Figura 13: "Pxhere.com" - Fogos de artifício.

Exemplo 05:

A figura abaixo representa o diagrama dos níveis de energia representados por seus números quânticos (n) para um elétron em um certo átomo:



Das transições acima, qual representa a emissão de um fóton com o menor comprimento de onda?

- a) Transição (a)
- b) Transição (b)
- c) Transição (c)
- d) Transição (d)
- e) Transição (e)



Comentário:

Devemos recordar que emissão de fóton só ocorre quando o elétron sai de um nível de maior energia para voltar a um de menor. Dessa forma, já podemos descartar a letra (a), pois nela o elétron está indo para um nível com maior energia.

Dessa forma, podemos escrever que:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Portanto, podemos ver que o comprimento de onda é inversamente proporcional à quantidade de energia envolvida. Logo, o menor comprimento de onda estará relacionado com a transição de maior quantidade de energia envolvida. Dessa forma, como visto pelo comprimento das flechas, a maior quantidade de energia está sendo emitida na letra (d).



5- Radioatividade

Nesse tópico, estudaremos um pouco sobre o fenômeno da radioatividade. Esse ramo da ciência foi estudado por ilustres mentes e uma delas é a da cientista polonesa Marie Sklodowska Curie, vencedora de dois prêmios Nobel em sua pesquisa com elementos radioativos.

A radioatividade está ligada intimamente com o núcleo do átomo. Átomos com núcleos instáveis, seja por excesso de prótons, seja por excesso de nêutrons, emitem ondas de elevadas intensidades ou partículas.

Dessa forma, veremos a seguir, as principais emissões radioativas e suas particularidades.

5.1- Emissões Radioativas

5.1.1- Emissões de partículas alfa (α)

Partículas alfa têm a característica de serem positivas e terem baixo poder de penetração, quando comparada com as demais, devido ao seu também relativo peso maior.

Esse tipo de partícula é composto por **dois prótons** e **um nêutron**, podendo ser comparado com o núcleo do hélio. Elas proveem principalmente de núcleos com excesso de prótons. Logo, assim a representamos:



Portanto, em uma reação na qual um elemento X de número atômico (z) e número de massa (A) emite uma partícula α , temos a seguinte equação:



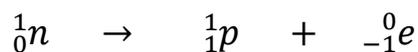
Portanto, o elemento X se transforma no elemento Y de número atômico (z-2) e número de massa (A-4).



5.1.2- Emissões de partículas beta (β)

Partículas beta têm a característica de serem negativas e leves, por isso têm médio poder de penetração em relação às demais. No entanto, você deve estar se perguntando: como é possível que emissões nucleares sejam negativas?

Partículas beta provêm de núcleos com excesso de nêutrons, dessa forma, o nêutron que dali sai se transforma da seguinte maneira:



Dessa forma, o próton retorna ao núcleo e o elétron emitido é liberado na forma de partícula beta, portanto, representamos ela da seguinte forma:



Portanto, partículas betas são semelhantes aos elétrons.

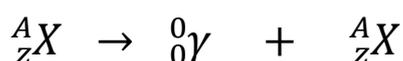
Assim sendo, em uma reação na qual um elemento X de número atômico (z) e número de massa (A) emite uma partícula β , temos a seguinte equação:



Podemos ver, então, que o elemento X, ao emitir beta, se transforma no elemento Y de número atômico (z + 1), ainda que sua massa permaneça constante.

5.1.3- Emissões de raio gama (γ):

Raios gama são compostos por ondas eletromagnéticas altamente penetrantes e, portanto, perigosas. Esse tipo de emissão tem caráter neutro e assim, em uma reação na qual um elemento X de número atômico (z) e número de massa (A) emite γ , temos a seguinte equação:



Dessa forma, nesse caso, ao emitir γ , o elemento não se altera.



*** Observação Importante:**

Para todas as equações de emissões radioativas, o método de resolução é sempre o mesmo: a soma dos números atômicos de um lado da equação é igual à soma dos números atômicos do outro lado da equação. Analogamente ocorre o mesmo com o número de massa: a soma de um lado da equação é igual ao outro lado da equação!!!

5.2- Reações nucleares

Temos dois tipos de reações que gostaríamos de ressaltar nesse tópico:

- **Fissão Nuclear:**

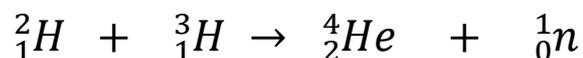
A fissão nuclear é o tipo de reação nuclear na qual um núcleo, ao ser bombardeado por nêutron, por exemplo, se quebra em núcleos menores.

Reações como as que ocorrem em usinas nucleares são exemplos de fissões:



- **Fusão Nuclear:**

São reações nas quais dois núcleos se unem para formar outro mais complexo. Um exemplo de fusão é uma reação entre isótopos do hidrogênio que ocorre no sol e em outras estrelas:



Observação: A liberação de energia em uma fusão é muito maior do que em uma fissão.



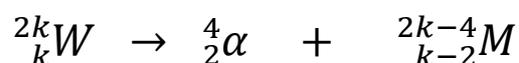
Exemplo 06:

Em uma reação nuclear, um elemento W, que possui número atômico k e número de massa 2k emite uma partícula alfa e resulta no elemento M. Em seguida, M libera duas partículas beta. Dessa forma, sabendo que somente essas partículas são emitidas nas duas reações, responda:

- Qual o número atômico e o número de massa de M?
- Quantos nêutrons tem o último elemento formado, sabendo que k= 56?

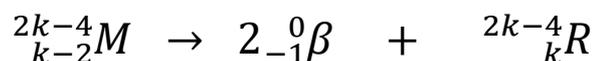
Comentário:

a) Sabemos que a primeira reação é dada por:



Dessa forma, o número atômico de M é dado por (k-2) e seu número de massa é igual a: (2k - 2)

b) A segunda equação é dada da seguinte forma:



Dessa forma, o elemento final tem um total de nêutrons igual a:

$$n = (2k - 4) - k = k - 4$$

$$n = 56 - 4 = 52$$

$$\boxed{n = 52}$$

UFAAAA !!!

Chegamos ao fim da parte teórica 😊. Se você ficou com alguma dúvida, volte e releia a teoria e os exemplos resolvidos. Faça uma pausa e vá com força total para o exercícios!



Lista de Questões



1.

Uma fonte emite uma radiação cuja frequência é 10^{16} Hz, e potência de 100 kW. Determine o número de fótons que a fonte emite a cada segundo.

- a) $18 \cdot 10^{35}$
- b) $20 \cdot 10^{21}$
- c) $15 \cdot 10^{22}$
- d) $30 \cdot 10^{22}$
- e) $45 \cdot 10^{21}$

2.

Determine a quantidade de fótons por unidade de tempo (em $10^{16} \frac{\text{fótons}}{\text{segunda}}$) que emite um laser cujo comprimento de onda é 650 nm e cuja potência é 5 mW.

- a) 1,22
- b) 1,98
- c) 1,63
- d) 1,88
- e) 2,22

3.

Sobre uma superfície de 20 cm^2 se incide perpendicularmente uma luz monocromática de 3000 Å de comprimento de onda. Se a intensidade da luz é $20 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^2$, determine o número de fótons por segundo que incidem sobre a superfície.

- a) $3 \cdot 10^{13}$
- b) $8 \cdot 10^{13}$
- c) $5 \cdot 10^{12}$



d) $6 \cdot 10^{13}$

e) $7 \cdot 10^{12}$

4.

Certa radiação incide sobre um metal cuja função trabalho é igual a φ_0 . Se a energia cinética de um fóton é E, que frequência apresenta a radiação?

a) $\frac{E+\varphi_0}{h}$

b) $E + \varphi_0$

c) hE

d) $\frac{\varphi_0}{h}$

e) $\frac{\varphi_0 \cdot h}{E}$

5.

A respeito do efeito fotoelétrico indique as preposições verdadeiras ou falsas.

I. Ao aumentar a intensidade da radiação, aumenta o número elétrons ejetados.

II. Se a frequência da radiação aumenta, a energia cinética dos elétrons diminui.

III. Os elétrons são arrancados quase no instante em que incidimos a radiação.

a) FFF

b) FFV

c) FVV

d) VVV

e) FVF

6.

Indique as preposições verdadeira (V) ou falsas (F) em relação ao efeito fotoelétrico.

I. Quanto maior a intensidade da radiação, maior a corrente fotoelétrica.

II. Conhecendo a voltagem com que freiam os elétrons se determine sua energia cinética máxima.

III. Se a frequência da radiação é menor que a frequência de corte, não há efeito fotoelétrico.

a) FVF

b) FFV

c) FVV



- d) VVF
- e) VVV

7.

Qual é a quantidade de movimento (em 10^{-28} kg.m/s) de um fóton com uma comprimento de onda de 500 nm?

- a) 22,25
- b) 13,26
- c) 12,12
- d) 10,24
- e) 12,28

8.

Indique se as preposições são verdadeiras (V) ou falsas (F) a respeito dos raios-X.

I. Tem carga negativa

II. Não experimentam difração.

III. São ondas eletromagnéticas de comprimento de onda muito menor que a luz visível.

- a) VVF
- b) VFV
- c) VVF
- d) VVV
- e) FFF

9.

Um feixe de luz ultravioleta ($\lambda = 3500 \text{ \AA}$) incide sobre uma placa de potássio. Se a energia máxima dos elétrons emitidos é 1,6 eV, determine a função trabalho (em eV) para o potássio.

- a) 2,85
- b) 1,95
- c) 3,25
- d) 2,22
- e) 1,25

10.



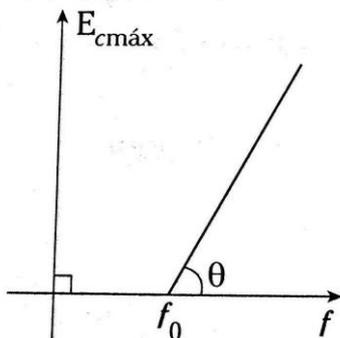
Uma radiação de comprimento de onda 5800 \AA incide sobre uma superfície metálica e produz efeito fotoelétrico. Se o potencial de corte é $0,36 \text{ V}$, determine a frequência de corte (em 10^{14} Hz).

- a) 2,8
- b) 2,3
- c) 4,9
- d) 7,2
- e) 4,3

11.

Determine o comprimento de onda de corte dessa radiação.

$\varphi_0 =$ função trabalho



- a) $\frac{c \tan \theta}{\varphi_0}$
- b) $\frac{c \operatorname{sen} \theta}{\varphi_0}$
- c) $c \cos \theta \varphi_0$
- d) $\frac{c \varphi_0}{\tan \theta}$
- e) $\tan \theta \cdot \varphi_0$

12.

Qual é o máximo comprimento de onda (\AA) da radiação eletromagnética capaz de produzir a emissão de elétrons em um material cuja função trabalho é 2 eV . Considere $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$

- a) 6010
- b) 5820
- c) 3915



- d) 6210
- e) 8254

13.

Sobre um cátodo de sódio deseja-se incidir uma radiação de comprimento de onda $\lambda = 5 \text{ nm}$. Determine a energia cinética máxima (em eV) dos elétrons desprendidos ($\varphi_{Na} = 2,3 \text{ eV}$).

- a) 325,22
- b) 246,33
- c) 532,21
- d) 524,12
- e) 212,12

14.

Sobre uma superfície metálica perfeitamente polia incide uma radiação cujo comprimento de onda é 2500 \AA , arrancando os elétrons com uma energia cinética de $4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Determine a voltagem necessária para frear os elétrons até para-los.

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

15.

A função trabalho para os elétrons do cádmio é de $4,08 \text{ eV}$. Encontre o comprimento de onda (em nm) da radiação dos elétrons do cádmio que saem com uma velocidade de $7,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$).

- a) 520
- b) 276
- c) 250
- d) 223,81
- e) 328

16.



Qual deve ser o comprimento de onda (em nm) de uma radiação incidente sobre um metal que tem um frequência de corte de $1,2 \cdot 10^{15}$ Hz, de tal forma que os elétrons emitidos tenham uma velocidade de 10^8 cm/s?

- a) 140
- b) 210
- c) 120
- d) 160
- e) 180

17.

O trabalho de extração de certo material é 4 eV. Qual deve ser a frequência de corte (10^{14} Hz) para que não se tenha efeito fotoelétrico.

- a) 8,7
- b) 9,6
- c) 7,8
- d) 6,9
- e) 8,2

18.

Ao iluminar uma superfície com uma luz de comprimento de onda 680 nm, os elétrons arrancados tem uma energia cinética máxima se a luz tem frequência $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz. Qual é essa energia.

- a) 0,68 eV
- b) 0,57 eV
- c) 0,51 eV
- d) 0,62 eV
- e) 0,67 eV

19.

Para poder remover um elétron da superfície da uma placa de potássio se necessita um trabalho de 2,4 eV. Se sobre a placa incide luz de comprimento de onda de 400 nm, determine a energia cinética máxima dos elétrons que saem.

- a) 1,2 eV
- b) 0,9 eV
- c) 0,2 eV



- d) 0,4 eV
- e) 0,7 eV

20.

Quando se ilumina uma superfície de um material fotoelétrico com uma luz de $\lambda = 320 \text{ nm}$, o potencial de corte vale 3,2 V. Porém, após oxidar o material o potencial de corte se reduz a 1,6 V. Calcule a variação da função trabalho do material (em 10^{-19} J).

- a) 2,56
- b) 1,25
- c) 3,28
- d) 4,80
- e) 1,60

21.

Tem-se um feixe de luz com uma intensidade total de $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ que incide sobre uma superfície limpa de ferro de 2 cm^2 de área e com frequência de corte de $1,1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$. Suponha que o ferro reflita 96% da luz e só 3% da energia absorvida está na região violeta do espectro ($\lambda = 250 \text{ nm}$), acima da frequência de corte. Para um eficiência de 100% do efeito fotoelétrico, qual será a intensidade da corrente fotoelétrica (em 10^{-10} A). A eficiência do efeito fotoelétrico é a relação entre o número de elétrons emitidos e o número de fótons da luz incidente.

- a) 1,2
- b) 2,4
- c) 3,6
- d) 4,8
- e) 6

22.

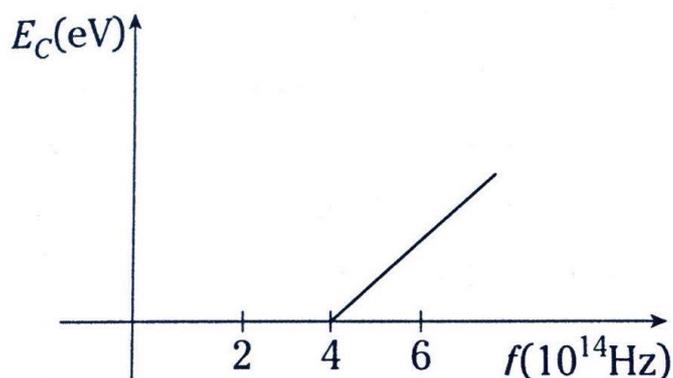
Em um experimento, logo após estudar o efeito fotoelétrico de um metal, se obtém o gráfico da energia cinética dos elétrons emitidos em função da frequência da radiação incidente. Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

I. A função trabalho do metal é 1,6575 eV.

II. Incidem-se 10 fótons no primeiro instante e em uma segunda situação 10^{10} fótons, cada um com uma frequência de $3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, só ocorre efeito fotoelétrico no segundo caso.

III. Se um fóton incide com uma frequência de $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, um elétron apresenta uma energia cinética máxima de $6,63 \cdot 10^{-20} \text{ J}$.

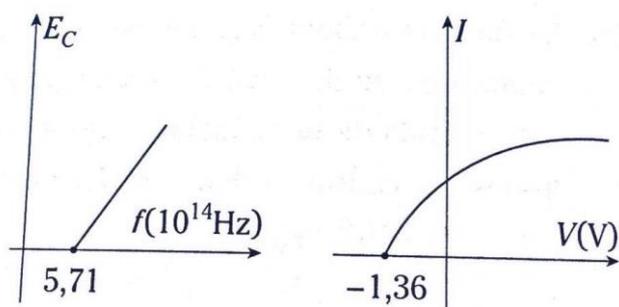




- a) VFV
- b) VVV
- c) FFF
- d) FFV
- e) VFF

23.

A figura mostra os gráficos para o efeito fotoelétrico em uma placa de sódio. Determine a frequência (em 10^{14} Hz) da radiação incidente.



- a) 4,54
- b) 8,97
- c) 8,62
- d) 7,48
- e) 6,98

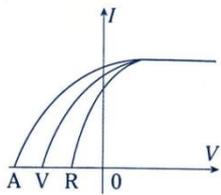
24.

Tem-se três feixes de luz de cores azul, verde e vermelho, todas de mesma intensidade. Ao se realizar um experimento do efeito fotoelétrico sobre um mesmo material, aplicamos o

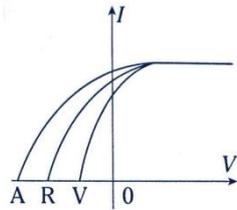


potencial de corte a cada feixe de elétrons. Assinale o gráfico que melhor representa o processo. R = vermelho; I = corrente; V = voltagem.

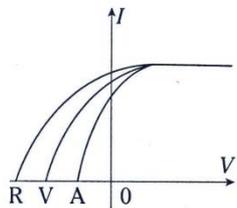
a)



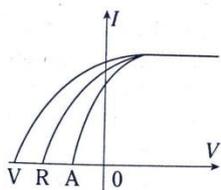
b)



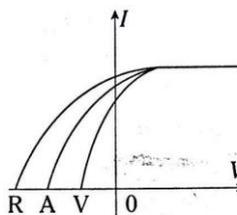
c)



d)



e)



25.

Indique verdadeiro ou falso.

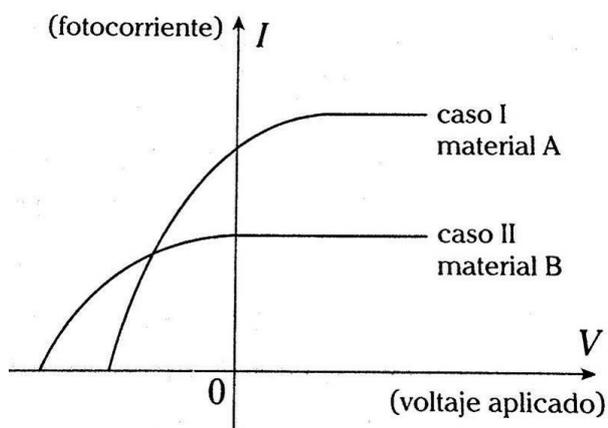
I. No caso I, o material apresenta maior frequência de corte que no caso II.

II. Em ambos os casos a intensidade da radiação incidente é a mesma.



III. No caso I a intensidade da corrente de saturação é maior que no caso II.

IV. Em ambos os casos, quando a voltagem aplicada é nula o efeito fotoelétrico para.

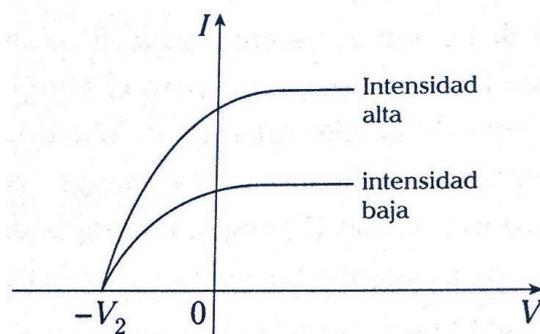


- a) VVVV
- b) FFFV
- c) VFFV
- d) FFFF
- e) VFVF

26.

Em um laboratório de óptica da universidade se realizou o efeito fotoelétrico de onde se obteve o gráfico da corrente fotoelétrica em função do potencial para duas intensidades de radiação diferentes que incidem sobre um mesmo material. Indique verdadeiro (V) ou falso(F).

- I. Quanto maior a intensidade da radiação incidente, maior é o potencial de corte.
- II. A energia cinética dos elétrons ejetados independe da intensidade da radiação incidente.
- III. A maior intensidade de radiação corresponde a menor corrente de saturação.



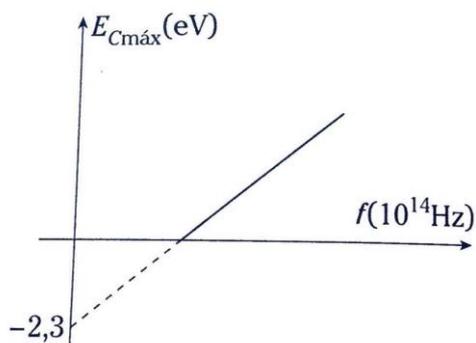
- a) FFF
- b) FVV
- c) VVF



- d) FVF
- e) VFF

27.

A figura abaixo mostra o gráfico da energia cinética dos elétrons ejetados em função da frequência da luz incidente, correspondente a um experimento do efeito fotoelétrico com um mesmo material de potássio. Determine a energia cinética máxima (em 10^{-19} J) de um elétron quando a frequência da luz incidente é o dobro da frequência de corte.

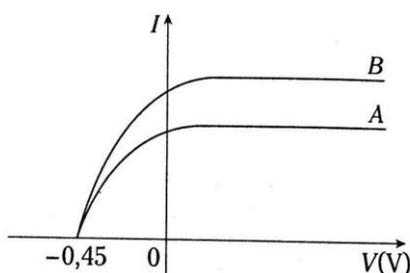


- a) 3,92
- b) 3,68
- c) 4,52
- d) 2,27
- e) 5,52

28.

Sobre uma mesma placa metálica se realiza um experimento de efeito fotoelétrico. Fazem incidir duas radiações A e B, mas em situações independentes. A partir desses experimentos é feito o gráfico abaixo. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

- I. O potencial de corte em ambas as situações é o mesmo e igual a 0,45 V.
- II. As radiações A e B são de diferentes frequências.
- III. A intensidade da radiação B é maior que a intensidade da radiação A.



- a) VVF

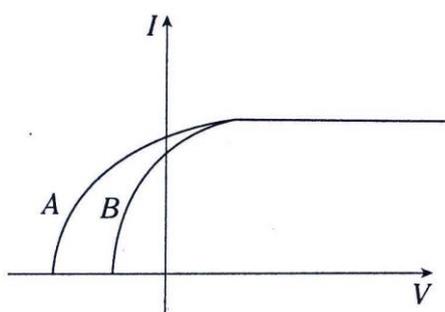


- b) VFF
- c) VFV
- d) VVV
- e) FFV

29.

Sobre uma mesma placa metálica se realiza um experimento de efeito fotoelétrico em que fazem se incidir duas radiações A e B, uma independente da outra. A partir desses experimentos é feito o gráfico abaixo. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

- I. O valor do potencial de corte para a radiação A é maior que para a radiação B.
- II. As frequências das radiações são iguais.
- III. As intensidade das radiações são iguais.



- a) FVF
- b) VVF
- c) FFV
- d) VFF
- e) VFV

31.

Segundo a teoria atômica de Dalton, indique a alternativa incorreta.

- a) Os átomos são partículas individuais que não podem ser divididas por nenhum processo conhecido.
- b) Os átomos que compõem uma substância elementar são semelhantes entre si em massa, tamanhos e qualquer outra característica.
- c) Os átomos de um elemento simples só diferem em sua massa.
- d) Os átomos são unidades fundamentais que entram em jogo nas reações químicas para formar as moléculas.



e) As reações químicas se efetuam quando diferentes tipos de átomos se unem em proporções numéricas simples para formar compostos.

32.

Em relação ao modelo de Rutherford, indique a alternativa incorreta.

- a) O átomo é constituído por uma zona central que se chama núcleo que concentra toda a carga positiva e quase toda a massa do átomo.
- b) Há uma zona exterior muito grande que se encontra toda a carga negativa e cuja massa é muito pequena em comparação à do átomo.
- c) Os elétrons estão se movendo a uma grande velocidade em torno do núcleo.
- d) O tamanho do núcleo é muito pequeno em relação ao tamanho do átomo.
- e) O elétron orbita o núcleo sem perder energia descrevendo órbitas circulares e elípticas.

33.

A respeito das linhas espectrais dos elementos, determine se as afirmativas a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. O espectro de emissão tem muitas linhas que não aparecem no espectro de absorção.
- II. O espectro de absorção serve para identificar os elementos.
- III. Mediante o espectro de emissão se descobriu o Hélio.

- a) VVF
- b) VFV
- c) FVF
- d) FVV
- e) FFF

34.

A respeito das linhas espectrais dos elementos, determine se as afirmativas a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. O número de linhas espectrais de absorção é maior que o número de linhas espectrais de emissão.
- II. As linhas espectrais são contínuas.
- III. As linhas em um espectro de absorção são as mesmas em um espectro de emissão para um mesmo elemento.

- a) VVF
- b) VFV



- c) FVF
- d) FVV
- e) FFF

35.

Um gás brilha com cor amarela quando não atravessado por corrente. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

- I. Seu espectro contém necessariamente luz amarela.
- II. O brilho amarelo pode ser resultado de uma combinação de linhas espectrais vermelhas e verdes.
- III. O brilho amarelo pode ser resultado de uma combinação de linhas espectrais azuis e laranjas.

- a) VVF
- b) VFV
- c) FVF
- d) FVV
- e) FFF

36.

A luz emitida por uma lâmpada de vapor de sódio é analisada em um espectroscópio. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

- I. Predominam duas linhas: amarela e verde
- II. Na realidade, a linha amarela é formada por duas linhas muito próximas.
- III. O restante do espectro é observado negro porque há linhas tênues que não são observadas a olho nu.

- a) VVF
- b) VFV
- c) FVV
- d) VVV
- e) FFF

37.

Do estudo dos espectros elementares se conclui que:

- I. As linhas espectrais ocupam posições fixas, ou seja, possuem frequência determinada.
- II. Os átomos de cada elemento têm certos níveis de energia, ocupados por elétrons.



III. Quando os átomos são excitados, seus elétrons passam para níveis de energia mais elevados.

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

38.

Em relação ao modelo atômico de Bohr, indique a alternativa incorreta.

- a) Explica o espectro de emissão do átomo de hidrogênio.
- b) Só é aplicável a átomos do tipo hidrogenóide.
- c) Permite explicar a ligação química.
- d) É o primeiro modelo onde se calcula o valor para o tamanho do átomo.
- e) É o primeiro modelo que se aplica o conceito de quantização de energia de Planck.

39.

Um elétron se encontra no estado fundamental do hidrogênio. Qual é seu momento angular (em kg.m/s)?

- a) $1,93 \cdot 10^{-23}$
- b) $1,33 \cdot 10^{-23}$
- c) $1,33 \cdot 10^{-25}$
- d) $2,33 \cdot 10^{-23}$
- e) $1,33 \cdot 10^{-24}$

40.

Que energia (em 10^{-19} J) apresenta um elétron que se encontra no terceiro orbital do átomo de hidrogênio?

- a) – 4,52
- b) – 3,89
- c) – 2,85
- d) – 2,41
- e) – 1,42



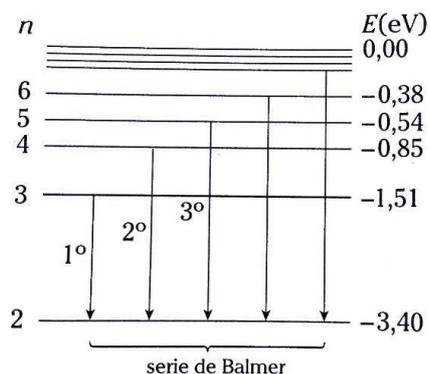
41.

Quantas vezes menor é o raio da órbita e a energia do átomo de hidrogênio quando passa do estado $n = 5$ para $n = 1$?

- a) 3; 1/3
- b) 16; 1/16
- c) 18; 1/18
- d) 25; 1/25
- e) 36; 1/36

42.

A que cor do espectro visível corresponde à segunda linha da série de Balmer?



- a) violeta
- b) azul
- c) verde
- d) amarelo
- e) vermelho

43.

Um átomo de sódio emite radiação com um comprimento de onda de 5890 \AA , que corresponde à região amarela do espectro visível. Determine a quantidade de movimento (em 10^{-27} kg.m/s) do fóton emitido.

- a) 1,35
- b) 1,48
- c) 1,125
- d) 2,27
- e) 1,39



44.

Uma amostra de hidrogênio é bombardeada por elétrons, emitindo do átomo radiação que corresponde à primeira linha da série de Balmer. Qual é a voltagem que acelera os elétrons?

- a) 1,5 V
- b) 1,89 V
- c) 1,72 V
- d) 1,23 V
- e) 1,42 V

45.

Um elétron é acelerado por uma voltagem de 8 V para chegar a uma região cheia de hidrogênio em seu estado fundamental. A energia cinética destes elétrons depois de atravessar o hidrogênio pode ser (em eV):

- a) 4,2
- b) 4,6
- c) 3,8
- d) 5,4
- e) 3,2

46.

Tem-se um íon Li^{2+} . Qual é a energia (em eV) tem um elétron que se encontra em um estado quântico $n = 6$? O número atômico do lítio é $Z = 3$.

- a) - 1,5
- b) - 4,9
- c) - 4,1
- d) - 5,2
- e) - 3,4

47.

Um elétron livre com uma energia cinética de 0,15 eV se une a um íon H^+ para formar um átomo de H emitindo toda sua energia cinética e potencial em forma de um fóton. Que frequência apresenta o fóton (em 10^{15} Hz)?

- a) 3,35
- b) 4,22



- c) 6,34
- d) 2,27
- e) 1,49

48.

Em um tubo de raios-X um feixe de elétrons adquire uma velocidade de 10^6 m/s. Determine a máxima frequência (em 10^{14} Hz) da radiação emitida.

- a) 3,35
- b) 6,89
- c) 5,86
- d) 4,27
- e) 7,49

49.

Tem-se um tubo de descarga onde os átomos de hidrogênio emitem ondas eletromagnéticas de comprimento de onda 410,2 nm. Quais são os valores dos números quânticos nos quais se produz salto quântico do elétron?

- a) 5 e 2
- b) 4 e 2
- c) 6 e 1
- d) 6 e 2
- e) 4 e 3

50.

Até que distância mínima (em 10^{-14}) se aproxima, em um choque central, uma partícula α e um núcleo de estanho? A velocidade da partícula α é igual a 10^7 m/s e sua massa é $6,7 \cdot 10^{-27}$ kg. O átomo de estanho estava em repouso.

- a) 6,9
- b) 5,2
- c) 8,5
- d) 0,69
- e) 4,2



51.

Um elétron é acelerado com uma voltagem de 10 V, qual é comprimento de onda (em nm) de De Broglie?

- a) 0,62
- b) 0,43
- c) 0,27
- d) 0,38
- e) 0,49

52.

Os raios α são núcleo de Hélio de massa quatro vezes a do próton. Consideremos uma partícula α e um próton com a mesma energia cinética, movendo-se ambos com a velocidade muito menores que a velocidade da luz. Que relação existe entre os comprimentos de onda De Broglie correspondentes a essas duas partículas?

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

53.

Uma partícula de massa igual a do elétron e carga duas vezes maior que a do elétron é acelerada por uma voltagem de 91 V. Qual é o comprimento de onda De Broglie (Å)?

- a) 0,6
- b) 0,7
- c) 0,9
- d) 1,2
- e) 1,8

54.

Um feixe de elétrons de massa M_E e de carga Q_E acelerado através de uma voltagem V se dirige para uma fenda dupla separadas por uma distância a . Atrás das fendas existe uma tela fluorescente, a uma distância d , e é observa a formação de franjas brilhantes e escuras. A distância entre duas franjas brilhantes consecutivas é?

a) $\frac{hdV}{a\sqrt{mEQE}}$



b) $\frac{hd}{a\sqrt{2m_E q_E V}}$

c) $\frac{V}{a\sqrt{q_E}}$

d) a

e) d

55.

Uma pequena bolinha de massa 10 g se move para frente e para trás em uma caixa de 10 cm de comprimento com uma velocidade de 0,1 m/s. Qual é o número n do estado quântico da bola?

a) $2 \cdot 10^{28}$

b) $6 \cdot 10^{28}$

c) $4 \cdot 10^{27}$

d) $3 \cdot 10^{27}$

e) $3 \cdot 10^{29}$

56.

Uma partícula de 45 g e um elétron apresentam uma velocidade de 71 m/s. Se a incerteza da velocidade é 1 %, determine a incerteza mínima da posição de cada partícula.

a) $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}; 3,3 \cdot 10^{23} \text{ m}$

b) $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}; 3 \cdot 10^{23} \text{ m}$

c) $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}; 0,3 \cdot 10^{23} \text{ m}$

d) 0

e) $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}; 3,35 \cdot 10^{13} \text{ m}$

57.

Em uma caixa se tem $3 \cdot 10^7$ átomos de um elemento radioativo. Após um mês, quantos átomos desse elemento ainda estão na caixa?

O tempo de meia vida é 3,83 dias.

a) $1,6 \cdot 10^5$

b) $1,6 \cdot 10^6$

c) $1,1 \cdot 10^5$



- d) $2,6 \cdot 10^4$
- e) $2,3 \cdot 10^6$

58.

O estrôncio (90) apresenta um período de meia vida de 28 anos. Determine o tempo (em anos) que deverá passar para a uma amostra de 1,5 mg se reduza 90%.

- a) 19,23
- b) 25,52
- c) 33,35
- d) 17,54
- e) 12,62

59.

O ${}_{92}^{235}\text{U}$ experimenta sucessivamente oito desintegrações alfa e seis desintegrações beta. Qual é o resultado?

- a) ${}_{81}^{208}\text{U}$
- b) ${}_{82}^{206}\text{Pb}$
- c) ${}_{80}^{206}\text{Pb}$
- d) ${}_{78}^{212}\text{U}$
- e) ${}_{92}^{210}\text{Pb}$

60.

A radiação beta é produzida quando:

- a) Um próton se transforma em um nêutron.
- b) Um elétron se transforma em nêutron.
- c) Um próton se transforma em elétron.
- d) Um nêutron se transforma em próton.
- e) Um elétron se transforma em próton.



Gabarito

- | | |
|----------------|-------|
| 1. C | 42. B |
| 2. C | 43. C |
| 3. D | 44. B |
| 4. A | 45. B |
| 5. D | 46. E |
| 6. D | 47. A |
| 7. B | 48. B |
| 8. E | 49. A |
| 9. B | 50. A |
| 10. E | 51. D |
| 11. A | 52. B |
| 12. D | 53. C |
| 13. B | 54. B |
| 14. C | 55. E |
| 15. D | 56. A |
| 16. D | 57. C |
| 17. B | 58. D |
| 18. D | 59. C |
| 19. E | 60. D |
| 20. A | |
| 21. D | |
| 22. A | |
| 23. B | |
| 24. A | |
| 25. D | |
| 26. D | |
| 27. B | |
| 28. C | |
| 29. A | |
| 30. Não existe | |
| 31. C | |
| 32. E | |
| 33. C | |
| 34. D | |
| 35. D | |
| 36. E | |
| 37. E | |
| 38. C | |
| 39. E | |
| 40. D | |
| 41. D | |



Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

1.

Uma fonte emite uma radiação cuja frequência é 10^{16} Hz, e potência de 100 kW. Determine o número de fótons que a fonte emite a cada segundo.

- a) $18 \cdot 10^{35}$
- b) $20 \cdot 10^{21}$
- c) $15 \cdot 10^{22}$
- d) $30 \cdot 10^{22}$
- e) $45 \cdot 10^{21}$

Comentário:

Se a fonte emite 100kW numa frequência de 10^{16} Hz, temos:

$$E_{\text{fóton}} = h \cdot f, \text{ onde } h \text{ é a constante de planck}$$

$$E_{\text{fóton}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 10^{16} = 6,63 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Como são 100kW de potência, temos:

$$100kW = 10^5 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Assim, o número de fótons é:

$$\frac{10^5}{6,63 \cdot 10^{-18}} \approx \boxed{15 \cdot 10^{22}}$$

Gabarito: C

2.

Determine a quantidade de fótons por unidade de tempo (em $10^{16} \frac{\text{fótons}}{\text{segunda}}$) que emite um laser cujo comprimento de onda é 650 nm e cuja potência é 5 mW.

- a) 1,22
- b) 1,98
- c) 1,63
- d) 1,88
- e) 2,22

Comentário:

Se a potência é 5mW:

$$P = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}, \text{ onde } N \text{ é o número de fótons por segundo}$$

$$5 \cdot 10^{-3} = N \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{650 \cdot 10^{-9}} \rightarrow N = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{650 \cdot 10^{-9}}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 163 \cdot 10^{14} \\ = \boxed{1,63 \cdot 10^{16}}$$

Gabarito: C

3.

Sobre uma superfície de 20 cm² se incide perpendicularmente uma luz monocromática de 3000 Å de comprimento de onda. Se a intensidade da luz é 2 · 10⁻² W/m², determine o número de fótons por segundo que incidem sobre a superfície.

- a) 3 · 10¹³
- b) 8 · 10¹³
- c) 5 · 10¹²
- d) 6 · 10¹³
- e) 7 · 10¹²

Comentário:

Para o cálculo da energia que chega à superfície:

$$\text{Potência} = \text{Intensidade} \cdot \text{Área}$$

$$\text{Potência} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^{-4} = 40 \cdot 10^{-5} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

Logo:

$$P = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}, \text{ onde } N \text{ é o número de fótons por segundo}$$

$$4 \cdot 10^{-4} = N \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{3000 \cdot 10^{-10}} \rightarrow N = 0,06 \cdot 10^{15} = \boxed{6 \cdot 10^{13} \text{ fótons por segundo}}$$

Gabarito: D

4.

Certa radiação incide sobre um metal cuja função trabalho é igual a φ_0 . Se a energia cinética de um fóton é E, que frequência apresenta a radiação?

- a) $\frac{E + \varphi_0}{h}$
- b) $E + \varphi_0$
- c) hE
- d) $\frac{\varphi_0}{h}$
- e) $\frac{\varphi_0 \cdot h}{E}$



Comentário:

Do efeito fotoelétrico temos a seguinte equação:

$$E' = hf' = hf + \varphi_0$$
$$E' = hf' = \text{Energia cinética}$$
$$hf = \text{Energia do fóton}$$
$$\varphi_0 = \text{Função trabalho}$$

Assim:

$$hf' = E + \varphi_0 \rightarrow f' = \frac{E + \varphi_0}{h}$$

Obs: Em algumas literaturas a expressão da energia cinética pode aparecer da forma:

$$hf - \varphi_0$$

Isso ocorre pois a literatura pode considerar a função trabalho como positiva ou negativa.



Gabarito: A

5.

A respeito do efeito fotoelétrico indique as preposições verdadeiras ou falsas.

- I. Ao aumentar a intensidade da radiação, aumenta o número elétrons ejetados.
- II. Se a frequência da radiação aumenta, a energia cinética dos elétrons diminui.
- III. Os elétrons são arrancados quase no instante em que incidimos a radiação.

- a) FFF
- b) FFV
- c) FVV
- d) VFV
- e) FVF

Comentário:

- I. **CORRETA!** Ao aumentarmos a intensidade da radiação, aumentamos o número de fótons incidentes e consequentemente o número de elétrons ejetados.
- II. **ERRADA!** Se a frequência da radiação aumenta, aumentamos a energia do fóton e portanto a energia cinética resultante do elétron aumenta!
- III. **CORRETA!** Como a velocidade da luz é de 300.000 km/s, os elétrons são ejetados quase que imediatamente.

Gabarito: D

6.

Indique as preposições verdadeira (V) ou falsas (F) em relação ao efeito fotoelétrico.

- I. Quanto maior a intensidade da radiação, maior a corrente fotoelétrica.



- II. Conhecendo a voltagem com que freiam os elétrons se determine sua energia cinética máxima.
- III. Se a frequência da radiação é menor que a frequência de corte, não há efeito fotoelétrico.

- a) FVF
b) FFV
c) FVV
d) VFF
e) VVV

Comentário:

- I. **CORRETA!** Ao aumentarmos a intensidade da radiação, aumentamos o número de fótons incidentes e conseqüentemente o número de elétrons ejetados. Assim, a corrente aumenta.
- II. **ERRADA!** Ao saber o potencial de frenagem, determinamos a energia cinética mínima!
- III. **ERRADA!** Se a frequência for menor que a frequência de corte, os elétrons não são ejetados. Entretanto, eles absorvem energia e emitem novos fótons de mesma frequência.

Gabarito: D

7.

Qual é a quantidade de movimento (em 10^{-28} kg.m/s) de um fóton com uma comprimento de onda de 500 nm?

- a) 22,25
b) 13,26
c) 12,12
d) 10,24
e) 12,28

Comentário:

Sabendo que:

$$\text{Quantidade de movimento do fóton} = \frac{\text{Energia do fóton}}{\text{velocidade da luz}}$$
$$Q = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{500 \cdot 10^{-9}} = \boxed{13,26 \cdot 10^{-28}}$$

Gabarito: B

8.

Indique se as proposições são verdadeiras (V) ou falsas (F) a respeito dos raios-X.



- I. Tem carga negativa
 - II. Não experimentam difração.
 - III. São ondas eletromagnéticas de comprimento de onda muito menor que a luz visível.
- a) VVF
 - b) VFV
 - c) VVF
 - d) VVV
 - e) FFF

Comentário:

Os raios x são ondas eletromagnéticas (luz) numa determinada frequência. Portanto, tudo que for válido para a luz, é válido também para os raios x.

- Luz não possui carga
- Luz sofre difração
- Raio x possui comprimento de onda menor que a luz visível.

Gabarito: E

9.

Um feixe de luz ultravioleta ($\lambda = 3500 \text{ \AA}$) incide sobre uma placa de potássio. Se a energia máxima dos elétrons emitidos é 1,6 eV, determine a função trabalho (φ_0) (em eV) para o potássio.

- a) 2,85
- b) 1,95
- c) 3,25
- d) 2,22
- e) 1,25

Comentário:

Sabendo que:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$
$$E' = hf' = hf - \varphi_0$$

Temos então:

$$1,6 = \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{3500 \cdot 10^{-10}} - \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 1,6$$
$$\rightarrow \varphi_0 = 3,5 - 1,6 = \boxed{1,9 \text{ eV}}$$

Gabarito: B

10.



Uma radiação de comprimento de onda 5800 \AA incide sobre uma superfície metálica e produz efeito fotoelétrico. Se o potencial de corte é $0,36 \text{ V}$, determine a frequência de corte (em 10^{14} Hz).

- a) 2,8
- b) 2,3
- c) 4,9
- d) 7,2
- e) 4,3

Comentário:

Sabendo que:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$
$$E = hf - \varphi_0$$

Portanto, temos:

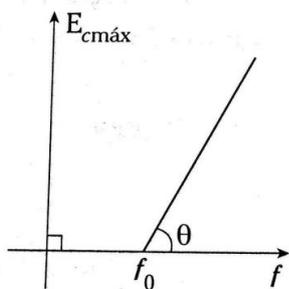
$$0,36 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{5800 \cdot 10^{-10}} - 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot f$$
$$f = (3,4 - 0,576) \cdot \frac{10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = \boxed{4,29 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

Gabarito: E

11.

Determine o comprimento de onda de corte dessa radiação.

$\varphi_0 =$ função trabalho



- a) $\frac{c \tan \theta}{\varphi_0}$
- b) $\frac{c \operatorname{sen} \theta}{\varphi_0}$
- c) $c \cos \theta \varphi_0$
- d) $\frac{c \varphi_0}{\tan \theta}$
- e) $\tan \theta \cdot \varphi_0$

Comentário:



Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Para o comprimento de onda do corte, teremos que a energia cinética máxima é nula, portanto:

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = hc/\lambda_0$$

Do gráfico, podemos observar que, como se trata de uma reta de $E \times f$, o coeficiente angular é:

$$h = \tan\theta$$

Portanto:

$$\lambda_0 = c \cdot \frac{\tan\theta}{\varphi_0}$$

Gabarito: A

12.

Qual é máximo comprimento de onda (Å) da radiação eletromagnética capaz de produzir a emissão de elétrons em uma material cuja função trabalho é 2 eV. Considere $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$

- a) 6010
- b) 5820
- c) 3915
- d) 6210
- e) 8254

Comentário:

O maior comprimento de onda nos proporcionará a menor energia do fóton. Portanto, o caso limite será o comprimento de onda do corte (energia cinética nula):

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow \frac{hc}{\lambda_0} = \varphi_0 \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{\varphi_0}$$

$$\rightarrow 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2,16 \cdot 10^{-19}} \rightarrow \lambda_0 = 6,20 \cdot 10^{-7} = \boxed{6200 \text{ \AA}}$$

Gabarito: D

13.

Sobre um cátodo de sódio deseja-se incidir uma radiação de comprimento de onda $\lambda = 5 \text{ nm}$. Determine a energia cinética máxima (em eV) dos elétrons desprendidos ($\varphi_{Na} = 2,3 \text{ eV}$).

- a) 325,22
- b) 246,33
- c) 532,21
- d) 524,12



e) 212,12

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Temos:

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} - 2,3$$
$$\rightarrow E = 248 - 2,3 = \boxed{246 \text{ eV}}$$

Gabarito: B

14.

Sobre uma superfície metálica perfeitamente polia incide uma radiação cujo comprimento de onda é 2500 Å, arrancando os elétrons com uma energia cinética de $4,8 \cdot 10^{-19}$ J. Determine a voltagem necessária para frear os elétrons até para-los.

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

Comentário:

A voltagem necessária para pará-los deve ser equivalente a sua energia cinética. Logo:

$$q \cdot V = \text{Energia cinética} = 4,8 \cdot 10^{-19}$$
$$1,6 \cdot 10^{-19} \cdot V = 4,8 \cdot 10^{-19} \rightarrow \boxed{V = 3 \text{ Volts}}$$

Gabarito: C

15.

A função trabalho para os elétrons do cádmio é de 4,08 eV. Encontre o comprimento de onda (em nm) da radiação dos elétrons do cádmio que saem com uma velocidade de $7,2 \cdot 10^5$ m/s. ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg).

- a) 520
- b) 276
- c) 250
- d) 223,81
- e) 328



Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Temos:

$$\frac{1}{2} 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (7,2 \cdot 10^5)^2 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} - 4,08 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$
$$\rightarrow \lambda = 223 \cdot 10^{-9} = \boxed{223 \text{ nm}}$$

Gabarito: D

16.

Qual deve ser o comprimento de onda (em nm) de uma radiação incidente sobre um metal que tem um frequência de corte de $1,2 \cdot 10^{15}$ Hz, de tal forma que os elétrons emitidos tenham uma velocidade de 10^8 cm/s?

- a) 140
- b) 210
- c) 120
- d) 160
- e) 180

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Para o comprimento de onda do corte, teremos que a energia cinética máxima é nula, portanto:

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 1,2 \cdot 10^{15} = 7,944 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$
$$\frac{1}{2} 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^6)^2 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} - 7,944 \cdot 10^{-19}$$
$$\rightarrow \lambda = 1,589 \cdot 10^{-7} = 160 \cdot 10^{-9} = \boxed{160 \text{ nm}}$$

Gabarito: D

17.

O trabalho de extração de certo material é 4 eV. Qual deve ser a frequência de corte (10^{14} Hz) para que não se tenha efeito fotoelétrico.

- a) 8,7
- b) 9,6
- c) 7,8
- d) 6,9
- e) 8,2



Comentário:

Sabendo que:

$$E' (\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Para o comprimento de onda do corte, teremos que a energia cinética máxima é nula, portanto:

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow 4,1,6 \cdot 10^{-19} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot f \rightarrow f = 0,966 \cdot 10^{15} = \boxed{9,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}$$

lembre – se de converter Joule para eV:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Gabarito: B

18.

Ao iluminar uma superfície com uma luz de comprimento de onda 680 nm, os elétrons arrancados tem uma energia cinética máxima. Se a luz tem frequência de corte $3,8 \cdot 10^{14}$ Hz, qual é essa energia.

- a) 1,68 eV
- b) 1,57 eV
- c) 1,51 eV
- d) 1,35 eV
- e) 1,67 eV

Comentário:

Sabendo que:

$$E (\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Para a frequência de corte, temos que a energia cinética é nula, portanto:

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3,8 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,57 \text{ eV}$$

Assim, temos:

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{680 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} - 1,57$$

$$E = 2,92 - 1,57 = \boxed{1,35 \text{ eV}}$$

Gabarito: D

19.

Para poder remover um elétron da superfície da uma placa de potássio se necessita um trabalho de 2,4 eV. Se sobre a placa incide luz de comprimento de onda de 400 nm, determine a energia cinética máxima dos elétrons que saem.

- a) 1,2 eV
- b) 0,9 eV



- c) 0,2 eV
- d) 0,4 eV
- e) 0,7 eV

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Temos:

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 \rightarrow E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 2,4$$

$$E = 0,70 \text{ eV}$$

Lembre-se de mudar a unidade de "hf" que é em joule para eletron volts (eV).

Gabarito: E

20.

Quando se ilumina uma superfície de uma material fotoelétrico com uma luz de $\lambda = 320 \text{ nm}$, o potencial de corte vale 3,2 V. Porém, após oxidar o material o potencial de corte se reduz a 1,6 V. Calcule a variação da função trabalho do material (em 10^{-19} J).

- a) 2,56
- b) 1,25
- c) 3,28
- d) 4,80
- e) 1,60

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Temos:

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 \rightarrow E' = \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 \rightarrow \Delta\varphi_0 = -\Delta E$$

$$\Delta\varphi_0 = (3,2 - 1,6) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,56 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Gabarito: A

21.

Tem-se um feixe de luz com uma intensidade total de $4 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ que incide sobre uma superfície limpa de ferro de 2 cm^2 de área e com frequência de corte de $1,1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$. Suponha que o ferro reflita 96% da luz e só 3% da energia absorvida está na região violeta do espectro ($\lambda = 250 \text{ nm}$), acima da frequência de corte. Para um eficiência de 100% do efeito fotoelétrico, qual será a intensidade da corrente fotoelétrica (em 10^{-10} A). A eficiência do efeito



fotoelétrico é a relação entre o número de elétrons emitidos e o número de fótons da luz incidente.

- a) 1,2
- b) 2,4
- c) 3,6
- d) 4,8
- e) 6

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Para sabermos a energia absorvida pela placa:

$$\text{Potência} = \text{Intensidade} \cdot \text{Área}$$

$$P = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 8 \cdot 10^{-6} \frac{J}{s}$$

Como apenas 3% dessa energia é absorvida:

$$0,03 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-7} \frac{J}{s} (\text{ABSORVIDA})$$

Assim, do enunciado, como a eficiência é de 100% (razão entre o número de elétrons e o número de fótons). Lembrando também que “frequência de corte” é a frequência a qual a energia cinética máxima é nula, e portanto:

$$hf_0 = \varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 1,1 \cdot 10^{15} = 7,2 \cdot 10^{-19} J$$

$$P = N \cdot \frac{hc}{\lambda} - \varphi_0 ; \text{Onde } N \text{ é o número de fótons por segundo}$$

$$2,4 \cdot 10^{-7} = N \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{250 \cdot 10^{-9}} - 7,2 \cdot 10^{-19}$$

$$N = 30 \cdot 10^{10} \frac{\text{fótons}}{\text{segundo}}$$

$$30 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{C}{s} = \boxed{4,8 \cdot 10^{-10} A}$$

Gabarito: D

22.

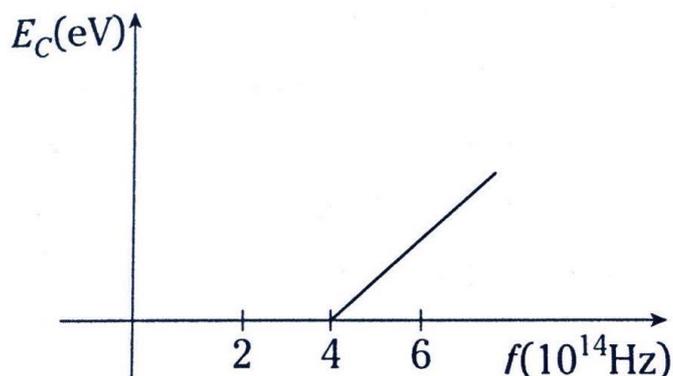
Em um experimento, logo após estudar o efeito fotoelétrico de um metal, se obtém o gráfico da energia cinética dos elétrons emitidos em função da frequência da radiação incidente. Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

I. A função trabalho do metal é 1,6575 eV.

II. Incidem-se 10 fótons no primeiro instante e em uma segunda situação 10^{10} fótons, cada um com uma frequência de $3 \cdot 10^{14}$ Hz, só ocorre efeito fotoelétrico no segundo caso.



III. Se um fóton incide com uma frequência de $5 \cdot 10^{14}$ Hz, um elétron apresenta uma energia cinética máxima de $6,63 \cdot 10^{-20}$ J.



- a) VFV
- b) VVV
- c) FFF
- d) FFV
- e) VFF

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Lembrando que “frequência de corte” é a frequência a qual a energia cinética máxima é nula, e portanto:

$$\varphi_0 = hf_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 4 \cdot 10^{14} = 26,48 \cdot 10^{-20} \text{ J} = \mathbf{1,655 \text{ eV}}$$

Da afirmativa 2, temos:

Para que os elétrons sejam ejetados:

$$n \cdot hf \geq \varphi_0 \rightarrow n \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{14} \geq 26,48 \cdot 10^{-20} \rightarrow n \geq 1,333 = 2$$

Ou seja, **para 2 ou mais fótons incidentes, há efeito fotoelétrico!** 😊

Da afirmativa 3, temos:

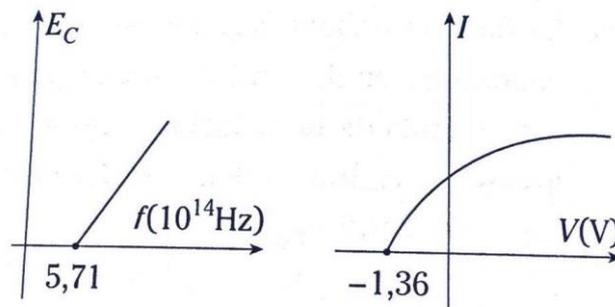
$$E = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14} - 26,48 \cdot 10^{-20} = \mathbf{6,63 \cdot 10^{-20} \text{ J}}$$

Gabarito: A

23.



A figura mostra os gráficos para o efeito fotoelétrico em uma placa de sódio. Determine a frequência (em 10^{14} Hz) da radiação incidente.



- a) 4,54
- b) 8,97
- c) 8,62
- d) 7,48
- e) 6,98

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Lembrando que “frequência de corte” é a frequência a qual a energia cinética máxima é nula, e portanto:

$$\varphi_0 = hf_0 \rightarrow \varphi_0 = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 5,71 \cdot 10^{14} = 37,8 \cdot 10^{-20} J$$

Do gráfico de intensidade, temos que para intensidade nula, o potencial é de -1,36 V. Logo:

$$1,36 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot f - 37,8 \cdot 10^{-20}$$

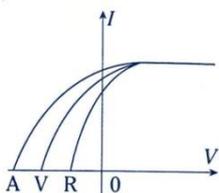
$$f = 8,99 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Gabarito: B

24.

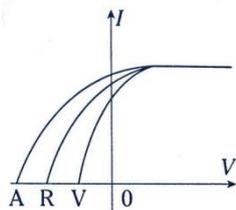
Tem-se três feixes de luz de cores azul, verde e vermelho, todas de mesma intensidade. Ao se realizar um experimento do efeito fotoelétrico sobre um mesmo material, aplicamos o potencial de corte a cada feixe de elétrons. Assinale o gráfico que melhor representa o processo. R = vermelho; I = corrente; V = voltagem.

a)

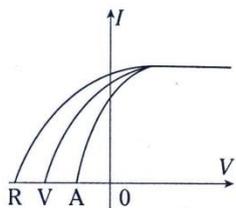


b)

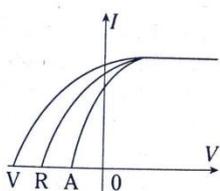




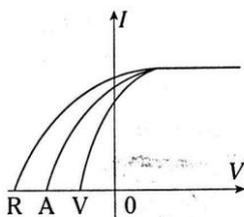
c)



d)



e)



Comentário:

Sabendo que:

vermelho → menor frequência, maior comprimento de onda

azul → maior frequência, menor comprimento de onda

Assim, podemos observar que o potencial de corte do azul será maior que o do vermelho e verde, pois:

$$\varphi_0 = hf_0 \rightarrow h = \text{constante de Planck}$$

Conseqüentemente o vermelho será o menor potencial de corte. Assim o melhor gráfico é o da **letra A**.

Gabarito: A

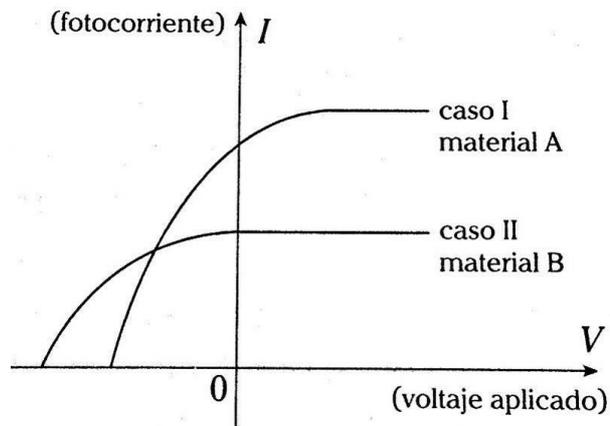
25.

Indique verdadeiro ou falso.

I. No caso I, o material apresenta maior frequência de corte que no caso II.



- II. Em ambos os casos a intensidade da radiação incidente é a mesma.
- III. No caso I a intensidade da corrente de saturação é maior que no caso II.
- IV. Em ambos os casos, quando a voltagem aplicada é nula o efeito fotoelétrico para.



- a) VVVV
- b) FFFV
- c) VFFV
- d) FFFF
- e) VFVF

Comentário:

Para o cálculo da frequência de corte, a energia cinética máxima é nula. Portanto podemos comparar os casos.

Caso 2 tem maior frequência de corte do que o Caso 1

A intensidade de radiação do caso 1 é maior que o a do caso 2

Quando a voltagem for nula, o efeito elétrico ainda ocorre!

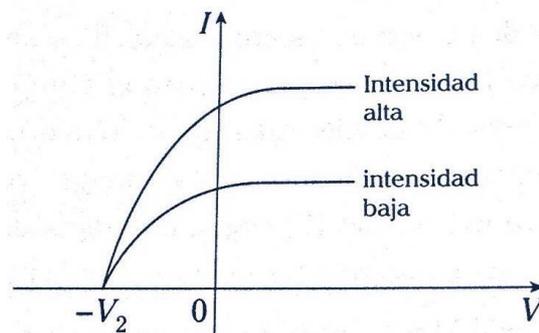
Gabarito: D

26.

Em um laboratório de óptica da universidade se realizou o efeito fotoelétrico de onde se obteve o gráfico da corrente fotoelétrica em função do potencial para duas intensidades de radiação diferentes que incidem sobre um mesmo material. Indique verdadeiro (V) ou falso(F).

- I. Quanto maior a intensidade da radiação incidente, maior é o potencial de corte.
- II. A energia cinética dos elétrons ejetados independe da intensidade da radiação incidente.
- III. A maior intensidade de radiação corresponde a menor corrente de saturação.





- a) FFF
- b) FVV
- c) VVF
- d) FVF
- e) VFF

Comentário:

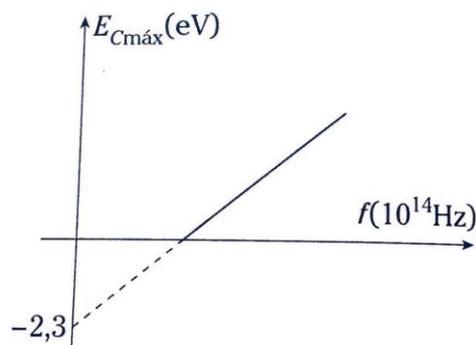
Analisando as alternativas, temos:

- O potencial de corte só depende do material.
- A energia cinética dos elétrons só depende da frequência da radiação, e não da intensidade! Ao aumentar a intensidade de radiação, aumenta-se também a quantidade de elétrons ejetados mas não a energia cinética deles.
- Maior intensidade de radiação corresponde a maior intensidade de corrente de saturação!

Gabarito: D

27.

A figura abaixo mostra o gráfico da energia cinética dos elétrons ejetados em função da frequência da luz incidente, correspondente a um experimento do efeito fotoelétrico com um mesmo material de potássio. Determine a energia cinética máxima (em 10^{-19} J) de um elétron quando a frequência da luz incidente é o dobro da frequência de corte.



- a) 3,92
- b) 3,68
- c) 4,52



d) 2,27

e) 5,52

Comentário:

Sabendo que:

$$E'(\text{Energia cinética máxima}) = hf - \varphi_0$$

Lembrando que “frequência de corte” é a frequência a qual a energia cinética máxima é nula, e portanto:

$$\varphi_0 = hf_0$$

Do gráfico, podemos observar que quando a frequência é zero:

$$E = -\varphi_0 \rightarrow \varphi_0 = 2,3 \text{ eV}$$

Assim, calculando a frequência de corte:

$$h \cdot f = \varphi_0 \rightarrow f = \frac{\varphi_0}{h} = \frac{2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} = 5,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Como a frequência incidente é o dobro da frequência de corte, temos:

$$f = 11 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Por fim:

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 11 \cdot 10^{14} - 2,3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = \boxed{3,682 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

Gabarito: B

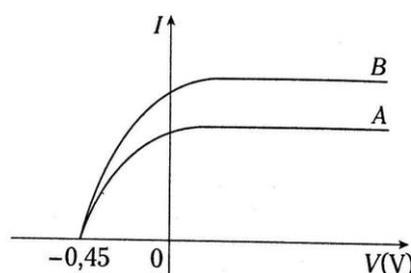
28.

Sobre uma mesma placa metálica se realiza um experimento de efeito fotoelétrico. Fazem incidir duas radiações A e B, mas em situações independentes. A partir desses experimentos é feito o gráfico abaixo. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

I. O potencial de corte em ambas as situações é o mesmo e igual a 0,45 V.

II. As radiações A e B são de diferentes frequências.

III. A intensidade da radiação B é maior que a intensidade da radiação A.



a) VVF



- b) VFF
- c) VFV
- d) VVV
- e) FFV

Comentário:

Analisando as alternativas:

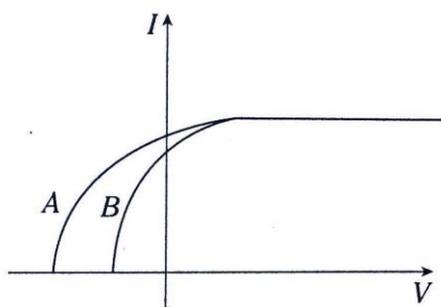
- O potencial de corte é dado quando a Energia cinética é nula. Portanto, são iguais a 0,45V
- O que muda de A para B é apenas a intensidade da radiação. A frequência é a mesma.
- A intensidade de radiação de B é maior que a de A.

Gabarito: C

29.

Sobre uma mesma placa metálica se realiza um experimento de efeito fotoelétrico em que fazem se incidir duas radiações A e B, uma independente da outra. A partir desses experimentos é feito o gráfico abaixo. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

- I. O valor do potencial de corte para a radiação A é maior que para a radiação B.
- II. As frequências das radiações são iguais.
- III. As intensidade das radiações são iguais.



- a) FVF
- b) VVF
- c) FFV
- d) VFF
- e) VFV

Comentário:

Analisando as alternativas, temos:

- O valor de potencial de corte de A é maior que o de B. Lembrando que o potencial de corte é dado quando a energia cinética é nula. Do gráfico, quando a intensidade é nula, não há luz incidente e portanto temos o potencial de corte necessário, o qual é dado pelo Módulo de V.
- As frequências são diferentes justamente pelo potencial de corte ser diferente.



- A intensidade de saturação das duas é a mesma, pelo gráfico.

Gabarito: A

31.

Segundo a teoria atômica de Dalton, indique a alternativa incorreta.

- a) Os átomos são partículas individuais que não podem ser divididas por nenhum processo conhecido.
- b) Os átomos que compõem uma substância elementar são semelhantes entre si em massa, tamanhos e qualquer outra característica.
- c) Os átomos de um elemento simples só diferem em sua massa.
- d) Os átomos são unidades fundamentais que entram em jogo nas reações químicas para formar as moléculas.
- e) As reações químicas se efetuam quando diferentes tipos de átomos se unem em proporções numéricas simples para formar compostos.

Comentário:

Analisando as alternativas:

- Alternativa A está correta, pois para Dalton o átomo é indivisível.
- Alternativa B está correta, pois para Dalton um mesmo elemento possui as mesmas características.
- Alternativa C está incorreta, pois para Dalton além de possuírem massas diferentes, eles também possuíam tamanhos diferentes.
- Alternativa D está correta.
- Alternativa E está correta.

Gabarito: C

32.

Em relação ao modelo de Rutherford, indique a alternativa incorreta.

- a) O átomo é constituído por uma zona central que se chama núcleo que concentra toda a carga positiva e quase toda a massa do átomo.
- b) Há uma zona exterior muito grande que se encontra toda a carga negativa e cuja massa é muito pequena em comparação à do átomo.
- c) Os elétrons estão se movendo a uma grande velocidade em torno do núcleo.
- d) O tamanho do núcleo é muito pequeno em relação ao tamanho do átomo.
- e) O elétron orbita o núcleo sem perder energia descrevendo órbitas circulares e elípticas.



Comentário:

Analisando as alternativas:

- Alternativa A está correta.

- Alternativa B está correta.

- Alternativa C está correta.

- Alternativa D está correta.

- Alternativa E está incorreta, pois só foi constatado que o elétron descreve órbitas elípticas no modelo de Sommerfeld.

Gabarito: E

33.

A respeito das linhas espectrais dos elementos, determine se as afirmativas a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

I. O espectro de emissão tem muitas linhas que não aparecem no espectro de absorção.

II. O espectro de absorção serve para identificar os elementos.

III. Mediante o espectro de emissão se descobriu o Hélio.

a) VVF

b) VFV

c) VVV

d) FVV

e) FFF

Comentário:

Analisando as afirmativas:

- Afirmativa I está correta, pois há muitas linhas que caem na faixa do não visível e, portanto, não aparecem no espectro de emissão.

- Alternativa B está correta.

- Afirmativa III está correta, pois, de fato, esse foi o Hélio foi descoberto analisando o espectro de emissão da superfície solar.

Logo, a alternativa correta é a letra C.

Gabarito: C



34.

A respeito das linhas espectrais dos elementos, determine se as afirmativas a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

I. O número de linhas espectrais de absorção é maior que o número de linhas espectrais de emissão.

II. As linhas espectrais são contínuas.

III. As linhas em um espectro de absorção são as mesmas em um espectro de emissão para um mesmo elemento.

a) VVF

b) VFV

c) FVF

d) FVV

e) FFF

Comentário:

Analisando as afirmativas:

- Afirmativa I está incorreta, pois o número de linhas espectrais de absorção é igual ao número de linhas espectrais de emissão.

- Afirmativa II está correta, pois as linhas espectrais de absorção possuem faixas contínuas.

- Afirmativa III está correta, pois as frequências emitidas e absorvidas são as mesmas.

Logo, a alternativa correta é a letra D.

Gabarito: D

35.

Um gás brilha com cor amarela quando não atravessado por corrente. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

I. Seu espectro contém necessariamente luz amarela.

II. O brilho amarelo pode ser resultado de uma combinação de linhas espectrais vermelhas e verdes.

III. O brilho amarelo pode ser resultado de uma combinação de linhas espectrais azuis e laranjas.

a) VVF

b) VFV

c) FVF

d) FVV



e) FFF

Comentário:

Analisando as afirmativas:

- Afirmativa I está incorreta, pois não há essa necessidade.
- Afirmativa II está correta, pois é possível conseguir um brilho amarelo através da combinação de linhas espectrais vermelhas e verdes.
- Afirmativa III está correta, pois é possível conseguir um brilho amarelo através da combinação de linhas espectrais azuis e laranjas.

Gabarito: D

36.

A luz emitida por uma lâmpada de vapor de sódio é analisada em um espectroscópio. Indique verdadeiro (V) ou falso (F).

I. Predominam duas linhas: amarela e verde

II. Na realidade, a linha amarela é formada por duas linhas muito próximas.

III. O restante do espectro é observado negro porque há linhas tênues que não são observadas a olho nu.

- a) VVF
- b) VFV
- c) FVV
- d) VVV
- e) FFF

Comentário:

Analisando as afirmativas:

- Afirmativa I está incorreta, pois predomina a linha amarela.
- Afirmativa II está incorreta, pois cada linha será vista separadamente.
- Afirmativa III está incorreta, pois há outras linhas que são observadas a olho nu.

Logo, todas as afirmativas estão incorretas.

Gabarito: E

37.

Do estudo dos espectros elementares se conclui que:



- I. As linhas espectrais ocupam posições fixas, ou seja, possuem frequência determinada.
 - II. Os átomos de cada elemento têm certos níveis de energia, ocupados por elétrons.
 - III. Quando os átomos são excitados, seus elétrons passam para níveis de energia mais elevados.
- a) I
 - b) II
 - c) III
 - d) II e III
 - e) todas

Comentário:

Analisando as afirmativas:

- Afirmativa I está correta, pois as linhas espectrais correspondem a diferenças fixas de energia no núcleo.

- Afirmativa II está correta.

- Afirmativa III está correta, pois quando os átomos são excitados, ou seja, quando eles recebem energia, eles saltam para níveis de energia mais elevados.

Logo, todas as afirmativas estão corretas.

Gabarito: E

38.

Em relação ao modelo atômico de Bohr, indique a alternativa incorreta.

- a) Explica o espectro de emissão do átomo de hidrogênio.
- b) Só é aplicável a átomos do tipo hidrogenóide.
- c) Permite explicar a ligação química.
- d) É o primeiro modelo onde se calcula o valor para o tamanho do átomo.
- e) É o primeiro modelo que se aplica o conceito de quantização de energia de Planck.

Comentário:

Analisando as alternativas:

- Alternativa A está correta.

- Alternativa B está correta.

- Alternativa C está incorreta, pois Bohr não explica a ligação química.



- Alternativa D está correta.

- Alternativa E está correta.

Gabarito: C

39.

Um elétron se encontra no estado fundamental do hidrogênio. Qual é seu momento angular (em $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$)?

a) $1,93 \cdot 10^{-33}$

b) $1,33 \cdot 10^{-33}$

c) $1,33 \cdot 10^{-35}$

d) $2,33 \cdot 10^{-33}$

e) $1,05 \cdot 10^{-34}$

Comentário:

Sabendo que:

$$m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2\pi}$$

Para o estado fundamental, temos $n = 1$. Com isso:

$$m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2\pi}$$

$$m \cdot v \cdot r = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{2\pi}$$

$$m \cdot v \cdot r = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{2\pi}$$

$$L = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{2\pi}$$

$$L = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

Gabarito: E

40.

Que energia (em 10^{-19} J) apresenta um elétron que se encontra no terceiro orbital do átomo de hidrogênio?

a) - 4,52

b) - 3,89

c) - 2,85



d) – 2,41

e) – 1,42

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{cp} = F_{ele}$$
$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{k \cdot e \cdot e}{r^2}$$
$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e \cdot e}{r}$$
$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e^2}{r}$$

Sabendo que

$$m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2\pi}$$
$$v = \frac{n \cdot h}{2m\pi r}$$

Com isso, temos que:

$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e^2}{r}$$
$$m \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m^2 \cdot \pi^2 \cdot r^2} = \frac{k \cdot e^2}{r}$$
$$\frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot r} = k \cdot e^2$$
$$r = \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

Analisando a energia:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{k \cdot e^2}{r}$$
$$E = \frac{k \cdot e^2}{2 \cdot r} - \frac{k \cdot e^2}{r}$$
$$E = -\frac{k \cdot e^2}{2 \cdot r}$$



$$E = - \frac{k \cdot e^2}{2 \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}}$$

$$E = - \frac{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{2 \cdot n^2 \cdot h^2}$$

$$E = - \frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{n^2 \cdot h^2}$$

$$E = - \frac{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot \pi^2 \cdot (9 \cdot 10^9)^2 \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^4}{n^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2}$$

$$E = - \frac{2,185 \cdot 10^{-18}}{n^2}$$

$$E = - \frac{2,185 \cdot 10^{-18}}{3^2}$$

$$E = -2,41 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Gabarito: D

41.

Quantas vezes menor é o raio da órbita e a energia do átomo de hidrogênio quando passa do estado $n = 5$ para $n = 1$?

- a) 3; 1/3
- b) 16; 1/16
- c) 18; 1/18
- d) 25; 1/25
- e) 36; 1/36

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{cp} = F_{ele}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{k \cdot e \cdot e}{r^2}$$

$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e \cdot e}{r}$$



$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e^2}{r}$$

Sabendo que

$$m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2\pi}$$

$$v = \frac{n \cdot h}{2m\pi r}$$

Com isso, temos que:

$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot e^2}{r}$$

$$m \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m^2 \cdot \pi^2 \cdot r^2} = \frac{k \cdot e^2}{r}$$

$$\frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot r} = k \cdot e^2$$

$$r = \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

Calculando a relação entre os raios dos níveis 5 e 1:

$$r_1 = \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_1 = \frac{1^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_1 = \frac{h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_5 = \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_5 = \frac{5^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_5 = 25 \cdot \frac{h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}$$

$$r_5 = 25 \cdot r_1$$

Logo, o raio do nível 1 é 25 vezes menor do que do orbital 5.



Analisando a energia:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{k \cdot e^2}{r}$$

$$E = \frac{k \cdot e^2}{2 \cdot r} - \frac{k \cdot e^2}{r}$$

$$E = -\frac{k \cdot e^2}{2 \cdot r}$$

$$E = -\frac{k \cdot e^2}{2 \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot e^2}}$$

$$E = -\frac{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{2 \cdot n^2 \cdot h^2}$$

$$E = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{n^2 \cdot h^2}$$

Calculando a relação entre as energias dos níveis 5 e 1:

$$E_1 = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{n^2 \cdot h^2}$$

$$E_1 = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{1^2 \cdot h^2}$$

$$E_1 = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{h^2}$$

$$E_5 = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{n^2 \cdot h^2}$$

$$E_5 = -\frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{5^2 \cdot h^2}$$

$$E_5 = -\frac{1}{25} \cdot \frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot e^4}{h^2}$$

$$E_5 = \frac{1}{25} \cdot E_1$$

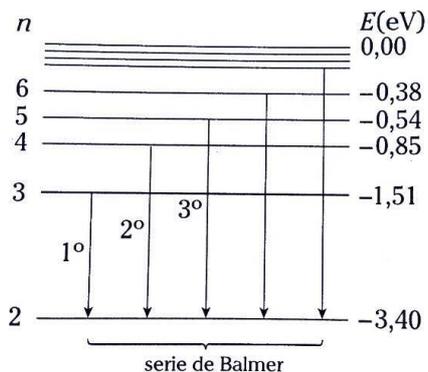
Logo, a energia do nível 1 é 1/25 vezes menor do que do orbital 5.



Gabarito: D

42.

A que cor do espectro visível corresponde à segunda linha da série de Balmer?



- a) violeta
- b) azul
- c) verde
- d) amarelo
- e) vermelho

Comentário:

Calculando a energia na segunda linha:

$$E = -3,4 + 0,85$$

$$E = -2,55 \text{ eV}$$

Calculando o comprimento de onda da luz emitida:

$$|E| = h \cdot f$$

$$2,55 = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot f$$

$$f = \frac{2,55}{4,14 \cdot 10^{-15}}$$

$$f = 615,94 \text{ THz}$$

Sabendo que

Cor	Frequência
Violeta	668 – 789 THz
Azul	606 – 668 THz



Verde	526 – 606 THz
Amarelo	508 – 526 THz
Laranja	484 – 508 THz
Vermelho	400 – 484 THz

Logo, o comprimento de onda encontrado corresponde ao azul.

Gabarito: B

43.

Um átomo de sódio emite radiação com um comprimento de onda de 5890 Å, que corresponde à região amarela do espectro visível. Determine a quantidade de movimento (em 10^{-27} kg.m/s) do fóton emitido.

- a) 1,35
- b) 1,48
- c) 1,125
- d) 2,27
- e) 1,39

Comentário:

Sabendo que:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$p = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{5890 \cdot 10^{-10}}$$

$$p = \frac{6,626 \cdot 10^{-24}}{5890}$$

$$p = 1,125 \cdot 10^{-27} \text{ kg.m/s}$$

Gabarito: C

44.

Uma amostra de hidrogênio é bombardeada por elétrons, emitindo do átomo radiação que corresponde à primeira linha da série de Balmer. Qual é a voltagem que acelera os elétrons?



- a) 1,5 V
- b) 1,89 V
- c) 1,72 V
- d) 1,23 V
- e) 1,42 V

Comentário:

Sabendo que a primeira linha da série de Balmer é a passagem do estado $n=3$ para $n=2$ e que a energia no hidrogênio é dada por:

$$E = -\frac{13,6}{n^2}$$

Calculando a energia que o elétron deve ter:

$$E = -\frac{13,6}{2^2} + \frac{13,6}{3^2}$$

$$E = \frac{13,6}{3^2} - \frac{13,6}{2^2}$$

$$E = 13,6 \left(\frac{4-9}{4 \cdot 9} \right)$$

$$E = -13,6 \cdot \frac{5}{36}$$

$$E = -1,89 \text{ eV}$$

Portanto:

$$E = -1,89 \cdot e \text{ J, onde } e \text{ é a carga elementar}$$

Calculando o potencial necessário:

$$|E| = e \cdot U$$

$$1,89 \cdot e = e \cdot U$$

$$U = 1,89 \text{ V}$$

Gabarito: B

45.

Um elétron é acelerado por uma voltagem de 8 V para chegar a uma região cheia de hidrogênio em seu estado fundamental. A energia cinética destes elétrons depois de atravessar o hidrogênio pode ser (em eV):



- a) 4,2
- b) 4,6
- c) 3,8
- d) 5,4
- e) 3,2

Calculando a energia do elétron inicial em eV:

$$E = q \cdot U$$

$$E = 1.8$$

$$E = 8 \text{ eV}$$

Calculando as energias nos orbitais. Sabendo que:

$$E = -\frac{13,6}{n^2}$$

- n = 1:

$$E = -13,6 \text{ eV}$$

Não é possível, pois 8 é menor que 13,6.

- n = 2:

$$E = -\frac{13,6}{4}$$

$$E = -3,4 \text{ eV}$$

Calculando a diferença:

$$8 - 3,4$$

$$\boxed{4,6 \text{ eV}}$$

Com isso, temos que a alternativa correta é a letra B.

Gabarito: B

46.

Tem-se um íon Li^{2+} . Qual é a energia (em eV) tem um elétron que se encontra em um estado quântico $n = 6$? O número atômico do lítio é $Z = 3$.

- a) - 1,5
- b) - 4,9
- c) - 4,1



d) – 5,2

e) – 3,4

Comentário:

Sabendo que:

$$F_{cp} = F_{ele}$$
$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{k \cdot Z \cdot e \cdot e}{r^2}$$
$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot Z \cdot e \cdot e}{r}$$
$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r}$$

Sabendo que

$$m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2\pi}$$
$$v = \frac{n \cdot h}{2m\pi r}$$

Com isso, temos que:

$$m \cdot v^2 = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r}$$
$$m \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m^2 \cdot \pi^2 \cdot r^2} = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r}$$
$$\frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot r} = k \cdot Z \cdot e^2$$
$$r = \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot Z \cdot e^2}$$

Analisando a energia:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r}$$
$$E = \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2 \cdot r} - \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{r}$$
$$E = -\frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2 \cdot r}$$



$$E = - \frac{k \cdot Z \cdot e^2}{2 \cdot \frac{n^2 \cdot h^2}{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k \cdot Z \cdot e^2}}$$

$$E = - \frac{4 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot Z^2 \cdot e^4}{2 \cdot n^2 \cdot h^2}$$

$$E = - \frac{2 \cdot m \cdot \pi^2 \cdot k^2 \cdot Z^2 \cdot e^4}{n^2 \cdot h^2}$$

$$E = - \frac{2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot \pi^2 \cdot (9 \cdot 10^9)^2 \cdot 3^2 \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^4}{6^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2}$$

$$E = -5,46 \cdot 10^{-19} J$$

Passando para eV:

$$E = - \frac{5,46 \cdot 10^{-19}}{1,602 \cdot 10^{-19}}$$

$$E = -3,41 eV$$

Gabarito: E

47.

Um elétron livre com uma energia cinética de 0,15 eV se une a um íon H^+ para formar um átomo de H emitindo toda a sua energia cinética e potencial em forma de um fóton. Que frequência apresenta o fóton (em 10^{15} Hz)?

- a) 3,35
- b) 4,22
- c) 6,34
- d) 2,27
- e) 1,49

Comentário:

Como o átomo de H irá liberar toda a sua energia em forma de um fóton, temos que a energia liberada será:

$$E = 0,15 eV + 13,6 eV$$

$$E = 13,75 eV$$



Com isso, podemos calcular a frequência do fóton:

$$|E| = h \cdot f$$

$$13,75 = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot f$$

$$f = \frac{13,75}{4,14 \cdot 10^{-15}}$$

$$f = 3,32 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Gabarito: E

48.

Em um tubo de raios-X um feixe de elétrons adquire uma velocidade de 10^6 m/s. Determine a máxima frequência (em 10^{14} Hz) da radiação emitida.

- a) 3,35
- b) 6,89
- c) 5,86
- d) 4,27
- e) 7,49

Comentário:

Sabendo que:

$$E = h \cdot f \text{ e } E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$h \cdot f = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$f = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot h}$$

$$f = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (10^6)^2}{2 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}}$$

$$f = 6,87 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Gabarito: B

49.

Tem-se um tubo de descarga onde os átomos de hidrogênio emitem ondas eletromagnéticas de comprimento de onda 410,2 nm. Quais são os valores dos números quânticos nos quais se produz salto quântico do elétron?



- a) 5 e 2
- b) 4 e 2
- c) 6 e 1
- d) 6 e 2
- e) 4 e 3

Comentário:

Sabendo que:

$$E = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV} \text{ e } \Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Com isso, temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned} \frac{h \cdot c}{\lambda} &= -\frac{13,6}{n_2^2} + \frac{13,6}{n_1^2} \\ \frac{4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^8}{410,2 \cdot 10^{-9}} &= \frac{13,6}{n_1^2} - \frac{13,6}{n_2^2} \\ \frac{4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^8}{410,2 \cdot 10^{-9} \cdot 13,6} &= \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \\ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} &= 0,22 \end{aligned}$$

Analisando as alternativas:

- Alternativa A:

$$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{25} = \frac{25 - 4}{100} = \frac{21}{100} = 0,21$$

Logo, a alternativa está bem próxima.

- Alternativa B:

$$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{16} = \frac{4 - 1}{16} = \frac{3}{16} = 0,1875$$

Logo, a alternativa está incorreta.

- Alternativa C:

$$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{1^2} - \frac{1}{6^2} = \frac{1}{1} - \frac{1}{36} = \frac{36 - 1}{36} = \frac{35}{36} = 0,9722$$



Logo, a alternativa está incorreta.

- Alternativa D:

$$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} = \frac{1}{4} - \frac{1}{36} = \frac{9-1}{36} = \frac{8}{36} = \frac{2}{9} = 0,2222$$

Logo, a alternativa está incorreta.

- Alternativa E:

$$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} = \frac{1}{9} - \frac{1}{16} = \frac{16-9}{144} = \frac{7}{144} = 0,0486$$

Logo, a alternativa está incorreta.

Como todas as outras alternativas estão muito distantes, temos que a alternativa correta é a letra A.

Gabarito: A

50.

Até que distância mínima (em 10^{-14}) se aproxima, em um choque central, uma partícula α e um núcleo de estanho? A velocidade da partícula α é igual a 10^7 m/s e sua massa é $6,7 \cdot 10^{-27}$ kg. O átomo de estanho estava em repouso.

- a) 7,1
- b) 5,2
- c) 8,5
- d) 0,69
- e) 4,2

Comentário:

Pela conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{ANTES} = Q_{DEPOIS}$$

$$4 \cdot m_{proton} \cdot v = 4 \cdot m_{proton} \cdot v_{\alpha} + 118,71 \cdot m_{proton} \cdot v_{ESTANHO}$$

$$4 \cdot v = 4 \cdot v_f + 118,71 \cdot v_f$$

$$4 \cdot v = 122,71 \cdot v_f$$

$$v_f = \frac{4 \cdot 10^7}{122,71} \text{ m/s}$$



Conservando a energia:

$$E = E_0$$

$$\frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v_f^2}{2} + \frac{118,71 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v_f^2}{2} + \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d} = \frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v^2}{2}$$

$$\frac{122,71 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v_f^2}{2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot e \cdot 2 \cdot e}{d} = \frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v^2}{2}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot e \cdot 2 \cdot e}{d} = \frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v^2}{2} - \frac{122,71 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot v_f^2}{2}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = \frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot 10^{14}}{2} - \frac{122,71 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot 16 \cdot 10^{14}}{2 \cdot 122,71^2}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = \frac{4 \cdot m_{\text{Proton}} \cdot 10^{14}}{2} - \frac{m_{\text{Proton}} \cdot 16 \cdot 10^{14}}{2 \cdot 122,71}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = \frac{4 \cdot \frac{m_{\alpha}}{4} \cdot 10^{14}}{2} - \frac{\frac{m_{\alpha}}{4} \cdot 16 \cdot 10^{14}}{2 \cdot 122,71}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = \frac{m_{\alpha} \cdot 10^{14}}{2} - \frac{m_{\alpha} \cdot 4 \cdot 10^{14}}{2 \cdot 122,71}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = \frac{6,7 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{14}}{2} - \frac{6,7 \cdot 10^{-27} \cdot 4 \cdot 10^{14}}{2 \cdot 122,71}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = 3,35 \cdot 10^{-13} - 0,11 \cdot 10^{-13}$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{d} = 3,24 \cdot 10^{-13}$$

$$d = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot e^2}{3,24 \cdot 10^{-13}}$$

$$d = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 2 \cdot (1,602 \cdot 10^{-19})^2}{3,24 \cdot 10^{-13}}$$

$$d = 7,1 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

Gabarito: A

51.

Um elétron é acelerado com uma voltagem de 10 V, qual é comprimento de onda (em nm) de De Broglie?



- a) 0,62
- b) 0,43
- c) 0,27
- d) 0,38
- e) 0,49

Comentário:

Pelo Teorema da Energia Cinética, temos que:

$$W = E_C - E_{C,0}$$

$$W = E_C$$

$$Q_E \cdot V = \frac{M_E \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}}$$

Sabendo que:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\lambda = \frac{h}{M_E \cdot v}$$

$$\lambda = \frac{h}{M_E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}}}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot Q_E \cdot M_E \cdot V}}$$

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 10}}$$

$$\lambda = 3,878 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,38 \text{ nm}$$

Gabarito: D



52.

Os raios α são núcleo de Hélio de massa quatro vezes a do próton. Consideremos uma partícula α e um próton com a mesma energia cinética, movendo-se ambos com a velocidade muito menores que a velocidade da luz. Que relação existe entre os comprimentos de onda De Broglie correspondentes a essas duas partículas?

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

Comentário:

Do enunciado, temos que:

$$E_{C,\alpha} = E_{C,p}$$
$$\frac{4 \cdot m_p \cdot v_\alpha^2}{2} = \frac{m_p \cdot v_p^2}{2}$$
$$4 \cdot v_\alpha^2 = v_p^2$$
$$2 \cdot v_\alpha = v_p$$

Sabendo que:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$
$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$
$$v = \frac{h}{m \cdot \lambda}$$

Logo:

$$2 \cdot v_\alpha = v_p$$
$$2 \cdot \frac{h}{m_\alpha \cdot \lambda_\alpha} = \frac{h}{m_p \cdot \lambda_p}$$
$$2 \cdot \frac{h}{4 \cdot m_p \cdot \lambda_\alpha} = \frac{h}{m_p \cdot \lambda_p}$$
$$\frac{2}{4 \cdot \lambda_\alpha} = \frac{1}{\lambda_p}$$



$$\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha} = 2$$

Gabarito: B

53.

Uma partícula de massa igual a do elétron e carga duas vezes maior que a do elétron é acelerada por uma voltagem de 91 V. Qual é o comprimento de onda De Broglie (Å)?

- a) 0,6
- b) 0,7
- c) 0,9
- d) 1,2
- e) 1,8

Comentário:

Pelo Teorema da Energia Cinética, temos que:

$$W = E_C - E_{C,0}$$

$$W = E_C$$

$$2 \cdot Q_E \cdot V = \frac{M_E \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{4 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}$$

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}}$$

Sabendo que:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\lambda = \frac{h}{M_E \cdot v}$$

$$\lambda = \frac{h}{M_E \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}}}$$



$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{4 \cdot Q_E \cdot M_E \cdot V}}$$
$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{4 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 91}}$$
$$\lambda = 9,09 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,9 \text{ \AA}$$

Gabarito: C

54.

Um feixe de elétrons de massa M_E e de carga Q_E acelerado através de uma voltagem V se dirige para uma fenda dupla separadas por uma distância a . Após das fendas existe uma tela fluorescente, a uma distância d , e é observada a formação de franjas brilhantes e escuras. A distância entre duas franjas brilhantes consecutivas é?

- a) $\frac{hdV}{a\sqrt{m_E Q_E}}$
- b) $\frac{hd}{a\sqrt{2m_E Q_E V}}$
- c) $\frac{V}{a\sqrt{Q_E}}$
- d) a
- e) d

Comentário:

Pelo Teorema da Energia Cinética, temos que:

$$W = E_C - E_{C,0}$$

$$W = E_C$$

$$Q_E \cdot V = \frac{M_E \cdot v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}}$$

Da fenda dupla, temos:

$$a \cdot \text{Sen}\theta = m \cdot \lambda$$



Supondo $a \ll d$, temos que:

$$a \cdot \operatorname{Tg}\theta = m \cdot \lambda$$

$$a \cdot \frac{y}{d} = m \cdot \lambda$$

Como queremos a diferença de alturas entre franjas claras consecutivas:

$$a \cdot \frac{y'}{d} = (m + 1) \cdot \lambda$$

$$a \cdot \frac{y}{d} = m \cdot \lambda$$

$$a \cdot \frac{(y' - y)}{d} = (m + 1 - m) \cdot \lambda$$

$$a \cdot \frac{\Delta y}{d} = 1 \cdot \lambda$$

$$\Delta y = \frac{\lambda \cdot d}{a}$$

Sabendo que:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Logo:

$$\Delta y = \frac{\lambda \cdot d}{a}$$

$$\Delta y = \frac{\frac{h}{p} \cdot d}{a}$$

$$\Delta y = \frac{h \cdot d}{M_E \cdot v \cdot a}$$

$$\Delta y = \frac{h \cdot d}{M_E \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Q_E \cdot V}{M_E}} \cdot a}$$

$$\Delta y = \frac{h \cdot d}{a \cdot \sqrt{2 \cdot Q_E \cdot M_E \cdot V}}$$

Gabarito: B

55.



Uma pequena bolinha de massa 10 g se move para frente e para trás em uma caixa de 10 cm de comprimento com uma velocidade de 0,1 m/s. Qual é o número n do estado quântico da bola?

- a) $2 \cdot 10^{28}$
- b) $6 \cdot 10^{28}$
- c) $4 \cdot 10^{27}$
- d) $3 \cdot 10^{27}$
- e) $3 \cdot 10^{29}$

Comentário:

Sabendo que:

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Para a partícula na caixa, temos que:

$$E = \frac{n^2 \cdot h^2}{8 \cdot m \cdot l^2}$$

Com isso, temos:

$$\begin{aligned} \frac{m \cdot v^2}{2} &= \frac{n^2 \cdot h^2}{8 \cdot m \cdot l^2} \\ \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot (0,1)^2}{2} &= \frac{n^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot (10 \cdot 10^{-2})^2} \\ \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{2} &= \frac{n^2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2}{8 \cdot 10^{-2} \cdot (10^{-1})^2} \\ n^2 &= \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot (10^{-1})^2}{2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2} \\ n^2 &= \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{2 \cdot (6,626 \cdot 10^{-34})^2} \\ n^2 &= \frac{4 \cdot 10^{-8}}{(6,626 \cdot 10^{-34})^2} \\ n &= \frac{2 \cdot 10^{-4}}{6,626 \cdot 10^{-34}} \\ n &= 3 \cdot 10^{29} \end{aligned}$$

Gabarito: E



56.

Uma partícula de 45 g e um elétron apresentam uma velocidade de 71 m/s. Se a incerteza da velocidade é 1 %, determine a incerteza mínima da posição de cada partícula.

- a) $1,6 \cdot 10^{-35} \text{ m}$; $8,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
- b) $1 \cdot 10^{-34} \text{ m}$; $3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
- c) $6 \cdot 10^{-35} \text{ m}$; $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- d) 0
- e) $1,6 \cdot 10^{-35} \text{ m}$; $3,35 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

Comentário:

Pelo princípio da incerteza de Heisenberg:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x \cdot m \cdot \Delta v \geq \frac{h}{4\pi}$$

Para a partícula:

$$\Delta x \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{100} \cdot 71 \geq \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4\pi}$$

$$\Delta x \geq 1,65 \cdot 10^{-33} \text{ m}$$

Para o elétron:

$$\Delta x \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot \frac{1}{100} \cdot 71 \geq \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{4\pi}$$

$$\Delta x \geq 8,16 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Gabarito: A

57.

Em uma caixa se tem $3 \cdot 10^7$ átomos de uma elemento radioativo. Após um mês, quantos átomos desse elemento ainda estão na caixa?

O tempo de meia vida é 3,83 dias.

- a) $1,6 \cdot 10^5$
- b) $1,6 \cdot 10^6$
- c) $1,1 \cdot 10^5$
- d) $2,6 \cdot 10^4$
- e) $2,3 \cdot 10^6$



Comentário:

Sabendo que:

$$N_0 = N \cdot 2^{t/\text{meia vida}}$$

$$3 \cdot 10^7 = N \cdot 2^{31/3,83}$$

$$N = \frac{3 \cdot 10^7}{2^{31/3,83}}$$

$$N = 1,1 \cdot 10^5$$

Gabarito: C

58.

O estrôncio (90) apresenta um período de meia vida de 28 anos. Determine o tempo (em anos) que deverá passar para a uma amostra de 1,5 mg se reduza 60%.

- a) 19,23
- b) 25,52
- c) 33,35
- d) 20,64
- e) 12,62

Comentário:

Sabendo que:

$$m_0 = m \cdot 2^{t/\text{meia vida}}$$

$$m_0 = \frac{60}{100} \cdot m_0 \cdot 2^{t/\text{meia vida}}$$

$$1 = \frac{60}{100} \cdot 2^{t/28}$$

$$\frac{10}{6} = 2^{t/28}$$

$$\log_2 \frac{10}{6} = \frac{t}{28}$$

$$0,737 = \frac{t}{28}$$

$$t = 20,64 \text{ anos}$$



Gabarito: D

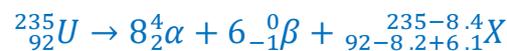
59.

O ${}_{92}^{235}\text{U}$ experimenta sucessivamente oito desintegrações alfa e seis desintegrações beta. Qual é o resultado?

- a) ${}_{81}^{208}\text{U}$
- b) ${}_{82}^{206}\text{Pb}$
- c) ${}_{82}^{203}\text{Pb}$
- d) ${}_{78}^{212}\text{U}$
- e) ${}_{92}^{210}\text{Pb}$

Comentário:

Escrevendo a reação do enunciado, temos que:



Como o número atômico é 82, temos que X é o chumbo. Sendo assim, a alternativa correta é a letra C.

Gabarito: C

60.

A radiação beta é produzida quando:

- a) Um próton se transforma em um nêutron.
- b) Um elétron se transforma em nêutron.
- c) Um próton se transforma em elétron.
- d) Um nêutron se transforma em próton.
- e) Um elétron se transforma em próton.

Comentário:

Sabendo que a formação da radiação beta é dada por:



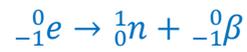
Com isso, temos que a alternativa correta é a letra D. Contudo, vamos analisar as outras alternativas:

- Alternativa A:



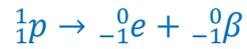
Absurdo!

- Alternativa B:



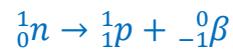
Absurdo!

- Alternativa C:



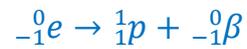
Absurdo!

- Alternativa D:



Está correta. Contudo, devemos ressaltar que também há a liberação de um neutrino.

- Alternativa E:



Absurdo!

Gabarito: D



Considerações Finais

Querido aluno(a),

Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!



Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

Vinícius Fulconi



@viniciusfulconi



vinicius.fulconi

Referências

[1] Tópicos da física 3: Volume 3 - Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas - 21. Ed - São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] IIT JEE Problems: Cengage.

