

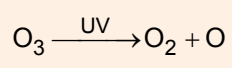


FÍSICA

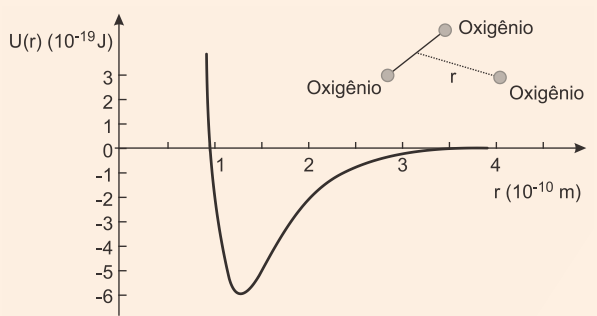
MODERNA

02

**01** Na estratosfera, há um ciclo constante de criação e destruição do ozônio. A equação que representa a destruição do ozônio pela ação da luz ultravioleta solar (UV) é



O gráfico representa a energia potencial de ligação entre um dos átomos de oxigênio que constitui a molécula de  $O_3$  e os outros dois, como função da distância de separação  $r$ .



A frequência dos fótons da luz ultravioleta que corresponde à energia de quebra de uma ligação da molécula de ozônio para formar uma molécula de  $O_2$  e um átomo de oxigênio é, aproximadamente,

Note e adote:

- $E = hf$
- $E$  é a energia do fóton.
- $f$  é a frequência da luz.
- Constante de Planck,  $h = 6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- A**  $1 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- B**  $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- C**  $3 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- D**  $4 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- E**  $5 \times 10^{15} \text{ Hz}$

**02** A radiação eletromagnética tem uma natureza bastante complexa. Em fenômenos de interferência, por exemplo, ela apresenta um comportamento \_\_\_\_\_. Já em processo de emissão e de absorção ela pode apresentar um comportamento \_\_\_\_\_. Pode também ser descrita por “pacotes de energia” (fótons) que se movem no vácuo com velocidade de aproximadamente 300.000 km/s e têm massa \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- A** ondulatório – ondulatório – nula.
- B** ondulatório – corpuscular – nula.
- C** ondulatório – corpuscular – diferente de zero.
- D** corpuscular – ondulatório – diferente de zero.
- E** ondulatório – ondulatório – diferente de zero.

**03** Denomina-se de efeito fotoelétrico o fenômeno que consiste na liberação de elétrons pela superfície de um material quando esse é exposto a uma radiação eletromagnética como a luz. O fenômeno foi explicado por Einstein em 1905, quando admitiu que a luz é constituída por quanta de luz cuja energia é dada por  $E = h \cdot f$ , sendo  $h$  a constante de Planck e  $f$  a frequência da luz. Das seguintes afirmativas, assinale a **correta**.

- A** O efeito fotoelétrico acontece independentemente da frequência da luz incidente na superfície metálica.
- B** A teoria do efeito fotoelétrico afirma que, aumentando a frequência da luz incidente na superfície metálica, é possível arrancar prótons da superfície do metal.
- C** Considerando que, no vácuo, o comprimento de onda da luz vermelha é maior do que o comprimento de onda da luz azul, a energia dos quanta de luz vermelha é maior do que a energia dos quanta da luz azul.

**D** Quando uma luz monocromática incide sobre uma superfície metálica e não arranca elétrons dela, basta aumentar a sua intensidade para que o efeito fotoelétrico ocorra.

**E** O efeito fotoelétrico fornece evidências das naturezas ondulatória e corpuscular da luz.

**04** Entre os vários trabalhos científicos desenvolvidos por Albert Einstein, destaca-se o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1921. Sobre esse efeito, amplamente utilizado em nossos dias, é correto afirmar:

**A** Trata-se da possibilidade de a luz incidir em um material e torná-lo condutor, desde que a intensidade da energia da radiação luminosa seja superior a um valor limite.

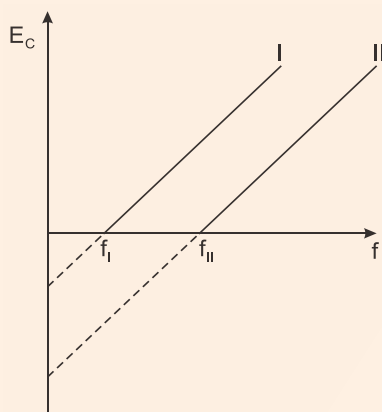
**B** É o princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes, nas quais, por ação da corrente elétrica que percorre o seu filamento, é produzida luz.

**C** Ocorre quando a luz atinge um metal e a carga elétrica do fóton é absorvida pelo metal, produzindo corrente elétrica.

**D** É o efeito que explica o fenômeno da faísca observado quando existe uma diferença de potencial elétrico suficientemente grande entre dois fios metálicos próximos.

**E** Corresponde à ocorrência da emissão de elétrons quando a frequência da radiação luminosa incidente no metal for maior que um determinado valor, o qual depende do tipo de metal em que a luz incidiu.

**05** O gráfico abaixo mostra a energia cinética  $E_c$  de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II, em função da frequência  $f$  da radiação eletromagnética incidente.



Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

I. Para  $f > f_{II}$ , a  $E_c$  dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I.

II. O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I.

III. A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck,  $h$ .

Quais estão corretas?

**A** Apenas I.

**B** Apenas II.

**C** Apenas III.

**D** Apenas II e III.

**E** I, II e III.

**06** A Figura 1 abaixo representa um arranjo experimental para a obtenção do espectro de emissão da luz emitida por uma lâmpada de gás de hidrogênio.

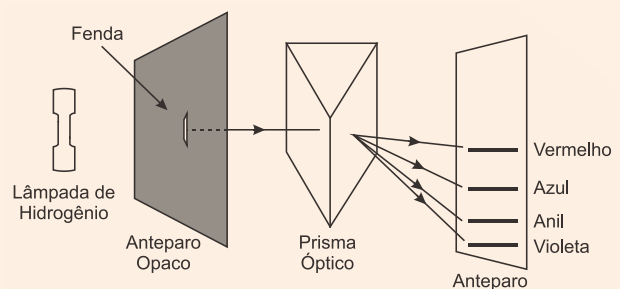


Figura 1

Ao passar pelo prisma, a luz divide-se em quatro feixes de cores distintas: violeta, anil, azul e vermelho. Projetando-se esses feixes em um anteparo, eles ficam espalhados, como ilustrado na Figura 1.

Considere agora a Figura 2, que ilustra esquematicamente alguns níveis de energia do átomo de hidrogênio, onde as setas I, II, III e IV mostram transições possíveis para esse átomo.

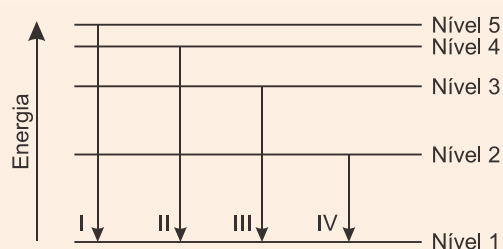


Figura 2

Relacionando as informações contidas na Figura 2 com as cores da luz emitida pela lâmpada de gás de



hidrogênio mostrada na Figura 1, é correto afirmar que a cor anil corresponde à transição

- A** I
- B** II
- C** III
- D** IV

**07** | Em 1900, Max Planck propôs uma explicação sobre a radiação de corpo negro. Sua equação ficou conhecida em todo o mundo porque relacionava pela primeira vez a energia emitida por um corpo negro com a sua frequência de emissão em pacotes discretos, chamados de fótons. A constante de proporcionalidade ficou conhecida como constante de Planck.

A unidade de medida dessa constante é dada por

- A**  $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
- B** Hz
- C** J . s
- D** cal/g °C
- E** J/kg

**08** | A velocidade é uma grandeza relativa, ou seja, a sua determinação depende do referencial a partir do qual está sendo medida. A Teoria da Relatividade Especial, elaborada em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein, afirma que o comprimento e a massa de um objeto são grandezas que também dependem da velocidade e, conseqüentemente, são relativas.

Sobre a Teoria da Relatividade Especial, julgue os itens abaixo e marque a alternativa CORRETA.

- I. A massa de um objeto é independente da velocidade do mesmo, medida por qualquer referencial inercial.
- II. A velocidade da luz é um limite superior para a velocidade de qualquer objeto.
- III. Intervalos de tempo e de espaço são grandezas absolutas e independentes dos referenciais.
- IV. As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inercial.
- V. Massa e energia são quantidades que não possuem nenhuma relação

- A** somente II e III estão corretas.
- B** somente I e II estão corretas.
- C** somente I e V estão corretas.
- D** somente I e III estão corretas.
- E** somente II e IV estão corretas.

**09** | Os seres, quando vivos, possuem aproximadamente a mesma fração de carbono – 14 ( $^{14}\text{C}$ ), isótopo radioativo do carbono, que a atmosfera. Essa fração, que é de 10 ppb (isto é, 10 átomos de  $^{14}\text{C}$  para cada bilhão de átomos de C), decai com meia-vida de 5.730 anos, a partir do instante em que o organismo morre. Assim, o  $^{14}\text{C}$  pode ser usado para se estimar o tempo decorrido desde a morte do organismo.

Aplicando essa técnica a um objeto de madeira achado em um sítio arqueológico, a concentração de  $^{14}\text{C}$  nele encontrada foi de 0,625 ppb. Esse valor indica que a idade aproximada do objeto é, em anos, de

- A** 1.432.
- B** 3.581.
- C** 9.168.
- D** 15.280.
- E** 22.920.

**10** | Reatores nucleares não são exclusivamente criações humanas. No período pré-cambriano, funcionou na região de Oklo, África, durante centenas de milhares de anos, um reator nuclear natural, tendo como combustível um isótopo do urânio.

Para que tal reator nuclear natural pudesse funcionar, seria necessário que a razão entre a quantidade do isótopo físsil ( $^{235}\text{U}$ ) e a do urânio  $^{238}\text{U}$  fosse cerca de 3%. Esse é o enriquecimento utilizado na maioria dos reatores nucleares, refrigerados a água, desenvolvidos pelo homem.

O  $^{235}\text{U}$  decai mais rapidamente que o  $^{238}\text{U}$ ; na Terra, atualmente, a fração do isótopo  $^{235}\text{U}$ , em relação ao  $^{238}\text{U}$ , é cerca de 0,7%.

Com base nessas informações e nos dados fornecidos, pode-se estimar que o reator natural tenha estado em operação há

Note e adote:

–  $M(t) = M(0)10^{-\lambda t}$ ;  $M(t)$  é a massa de um isótopo radioativo no instante  $t$ .

–  $\lambda$  descreve a probabilidade de desintegração por unidade de tempo.

– Para o  $^{238}\text{U}$ ,  $\lambda_{238} \approx 0,8 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$ .

– Para o  $^{235}\text{U}$ ,  $\lambda_{235} \approx 4,0 \times 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$ .

–  $\log_{10}(0,23) \approx -0,64$

**A**  $1,2 \times 10^7$  anos.

**B**  $1,6 \times 10^8$  anos.

**C**  $2,0 \times 10^9$  anos.

**D**  $2,4 \times 10^{10}$  anos.

**E**  $2,8 \times 10^{11}$  anos.

**11** | Leia o texto.

A polonesa Maria Skodovska Curie (1867–1934) é considerada a “mãe da Física Moderna” e a “patrona da Química”. Madame Curie, como é conhecida, é famosa por sua pesquisa inovadora sobre a radioatividade e pela descoberta dos elementos polônio e rádio. Ela teve influência na trajetória de muitas outras mulheres ao redor do mundo, que enfrentavam uma época repleta de preconceitos e dificuldades profissionais.

No Brasil, na primeira metade do século XX, tivemos pelo menos três representantes de destaque na área da Física. Yolande Monteux (1910–1998), primeira mulher formada em Física pela USP no Brasil (1938), trabalhou em pesquisas sobre raios cósmicos, tornando-se uma das pioneiras na área. Logo depois, em 1942, duas outras pesquisadoras seguiram os passos dela, graduando-se, também, em Física. Uma delas, Elisa Frota-Pessoa (1921– ), graduada pela UFRJ, trabalhou com Física Experimental. Dentre sua obra, destaca-se o artigo intitulado “Sobre a desintegração do méson pesado positivo”. A outra foi Sonja Ashauer (1923–1948), também graduada pela USP, e que se tornou a primeira mulher brasileira a concluir um Doutorado em Física, na Universidade de Cambridge (Inglaterra), com uma tese sobre elétrons e radiações eletromagnéticas.

Podemos afirmar que algumas áreas da Física contempladas pelos estudos citados no texto são

**A** Termologia e Radioatividade, por estudarem a temperatura dos raios cósmicos e suas radiações.

**B** Magnetismo e Físico-Química, por terem pesquisado partículas atômicas e novos elementos.

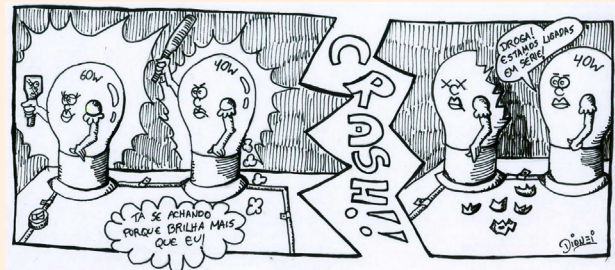
**C** Acústica e Gases, pela descoberta do rádio e do polônio, que são gases à temperatura e pressão ambiente.

**D** Astrofísica e Física de Partículas, pelo estudo dos raios cósmicos, radioatividade e partículas subatômicas.

**E** Óptica Geométrica e Eletromagnetismo, pela observação astronômica realizada das radiações eletromagnéticas.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Leia a charge a seguir e responda à(s) questão(ões).



**12** | Considere que as lâmpadas descritas na charge emitem luz amarela que incide na superfície de uma placa metálica colocada próxima a elas.

Com base nos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico, assinale a alternativa correta.

**A** A quantidade de energia absorvida por um elétron que escapa da superfície metálica é denominada de fótons e tem o mesmo valor para qualquer metal.

**B** Se a intensidade luminosa for alta e a frequência da luz incidente for menor que a frequência-limite, ou de corte, o efeito fotoelétrico deve ocorrer na placa metálica.

**C** Se a frequência da luz incidente for menor do que a frequência-limite, ou de corte, nenhum elétron da superfície metálica será emitido.



**D** Quando a luz incide sobre a superfície metálica, os núcleos atômicos próximos da superfície absorvem energia suficiente e escapam para o espaço.

**E** Quanto maior for a função trabalho da superfície metálica, menor deverá ser a frequência-limite, ou de corte, necessária para a emissão de elétrons.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Leia o texto a seguir e responda à(s) questão(ões).

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

KANT, I. Crítica da razão pura. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p. 47. Coleção Os Pensadores.

**13** | A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

**A** O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.

**B** Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.

**C** As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.

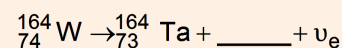
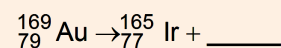
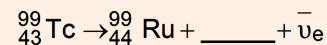
**D** A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.

**E** A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Considere o campo gravitacional uniforme.

**14** | Utilize as partículas  $\beta^+$  (beta-mais),  $\beta^-$  (beta-menos) e  $\alpha$  (alfa) para completar as lacunas dos decaimentos radioativos abaixo:



Considerando que  $\bar{\nu}_e$  e  $\nu_e$  são, respectivamente, as representações do anti-neutrino do elétron e do neutrino do elétron, o correto preenchimento das lacunas, de cima para baixo, é

**A**  $\beta^- \alpha \beta^+$

**B**  $\beta^+ \beta^- \alpha$

**C**  $\beta^+ \alpha \beta^-$

**D**  $\beta^- \beta^+ \alpha$

**E**  $\alpha \beta^- \beta^+$

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES:

Nas questões com respostas numéricas, considere o módulo da aceleração da gravidade como  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ , o módulo da carga do elétron como  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , o módulo da velocidade da luz como  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$  e utilize  $\pi = 3$ .

**15** | Um corpo negro tem um pico de emissão em uma temperatura cujo comprimento de onda de sua radiação vale  $9.000 \text{ \AA}$ . Nessa temperatura, a radiação que emerge desse corpo não produz efeito fotoelétrico em uma placa metálica. Aumentando a temperatura do corpo negro, sua radiação emitida aumenta 81 vezes, causando efeito fotoelétrico na placa para o comprimento de onda de pico dessa nova temperatura. A energia necessária para frear esses fotoelétrons emitidos é equivalente à diferença de energia dos níveis  $n = 2$  e  $n = 3$  do átomo de hidrogênio de Bohr. Sabendo-se que a Lei de Wien relaciona o comprimento de onda de pico de emis-



são com a temperatura do corpo negro na forma  $\lambda T = \text{constante}$ , é CORRETO afirmar que a função trabalho do metal vale aproximadamente

Dados: energia do átomo de hidrogênio de Bohr no estado fundamental =  $-13,6 \text{ eV}$ , constante de Planck =  $4,14 \times 10^{-15} \text{ eVs}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

- A** 1,15 e V.
- B** 2,25 e V.
- C** 4,50 e V.
- D** 7,25 e V.
- E** 10,75 e V.

**16|** A sonda caçadora de exoplanetas Kepler encontrou aquele que talvez seja o corpo celeste mais parecido com a Terra. A Nasa anunciou, nesta quinta-feira (23), a descoberta de Kepler-452b, um exoplaneta encontrado dentro de uma zona habitável de seu sistema solar, ou seja, uma região onde é possível que exista água no estado líquido. A semelhança com nosso planeta é tão grande que os pesquisadores chamaram o Kepler-452b de Terra 2.0. O Kepler-452b é cerca de 60% maior que a Terra e precisa de 385 dias para completar uma órbita ao redor de sua estrela, a Kepler 452. E essa estrela hospedeira é muito parecida com nosso Sol: tem quase o mesmo tamanho, temperatura e emite apenas 20% mais luz. Localizado na constelação Cygnus, o sistema solar da Terra 2.0 está a 1.400 anos-luz distante do nosso.

Fonte: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/terra-2-0-nasa-anuncia-descoberta-historica-de-planeta-quase-identico-ao-nosso>, acessado em: 14 de julho de 2016.

Supondo-se que, a fim de investigar mais de perto o Kepler-452b, uma sonda tenha sido enviada da Terra por uma equipe da Nasa, com uma velocidade igual a  $(3)^{1/2} c/2$ . Quando o relógio instalado na sonda marcar 28 anos de viagem, quanto tempo terá se passado para a equipe na Terra?

- A** 7 anos
- B** 14 anos
- C** 21 anos
- D** 42 anos
- E** 56 anos

**17|** Era o dia 6 de agosto de 1945. O avião B-29, Enola Gay, comandado pelo coronel Paul Tibbets, sobrevoou Hiroshima a 9.448 metros de altitude e, quando os ponteiros do relógio indicaram 8h16, bombardeou-a com uma bomba de fissão nuclear de urânio, com 3 m de comprimento e 71,1 centímetros de diâmetro e 4,4 toneladas de peso. A bomba foi detonada a 576 metros do solo. Um colossal cogumelo de fumaça envolveu a região. Corpos carbonizados jaziam por toda parte. Atônitos, sobreviventes vagavam pelos escombros à procura de comida, água e abrigo. Seus corpos estavam dilacerados, queimados, mutilados. Cerca de 40 minutos após a explosão, caiu uma chuva radioativa. Muitos se banharam e beberam dessa água. Seus destinos foram selados.

Adaptado de Sidnei J. Munhoz, "O pior dos fins". Revista de História da Biblioteca Nacional, maio 2015. Disponível em: <http://www.revistadehistoria.com.br/secao/capa/o-pior-dos-fins>. Acessado em: 23/08/2016.

A explosão da bomba mencionada no texto

- A** ocorre a partir da desintegração espontânea do núcleo de urânio enriquecido em núcleos mais leves, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse bombardeio significou o início da corrida armamentista entre EUA e União Soviética.
- B** ocorre devido à desintegração do núcleo de urânio em núcleos mais leves, a partir do bombardeamento com nêutrons, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse ataque é considerado um símbolo do final da II Guerra Mundial.
- C** ocorre a partir da combinação de núcleos de urânio enriquecido com nêutrons, formando núcleos mais pesados e liberando uma enorme quantidade de energia. Esse bombardeio foi uma resposta aos ataques do Japão a Pearl Harbor.
- D** ocorre devido à desintegração do núcleo de urânio em núcleos mais leves, a partir do bombardeamento com nêutrons, liberando uma enorme quantidade de energia. Esse ataque causou perplexidade por ser desferido contra um país que havia permanecido neutro na II Guerra Mundial.

## GABARITO

**01|** A

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

O gráfico mostra que a energia potencial de ligação tem valor mínimo,  $E_{\text{min}} = -6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .



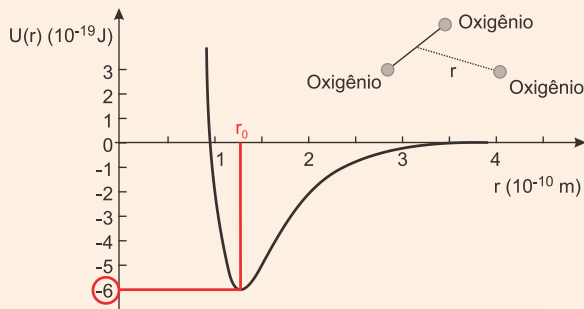
Para quebrar a ligação, a energia potencial deve se tornar nula.

$$E_{\text{mín}} + hf = 0 \Rightarrow f = \frac{-E_{\text{mín}}}{h} = \frac{-(-6 \times 10^{-19})}{6 \times 10^{-34}} \Rightarrow$$

$$f = 1 \times 10^{15} \text{ Hz.}$$

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Química]

A energia de ligação ou dissociação da molécula é igual ao módulo da energia potencial na separação de equilíbrio  $r_0$ :



$$E = |U|$$

$$h \times f = |U|$$

$$6 \times 10^{-34} \times f = 6 \times 10^{-19}$$

$$f = \frac{6 \times 10^{-19}}{6 \times 10^{-34}} = 1 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

**02 | B**

A interferência está associada ao comportamento ondulatório da radiação eletromagnética enquanto que o efeito fotoelétrico está associado ao comportamento corpuscular. O fóton que é tido com a partícula fundamental da luz não possui massa.

**03 | E**

O **efeito fotoelétrico** ocorre quando uma placa metálica é exposta a uma radiação eletromagnética de frequência alta, por exemplo, um feixe de luz, e este arranca elétrons da placa metálica.

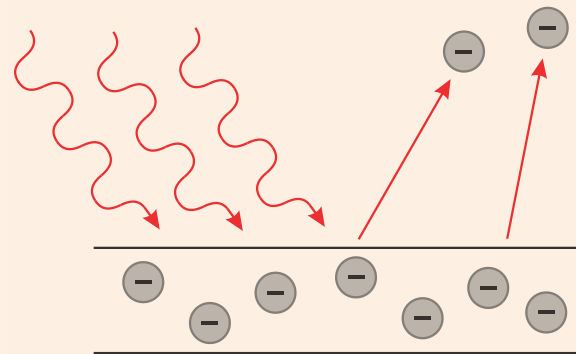
O efeito fotoelétrico para simples, mas intrigou bastantes cientistas durante algum tempo. Somente em 1905, Einstein explicou devidamente este efeito e com isso ganhou o Prêmio Nobel.

Uma das dúvidas que se tinha a respeito era que quanto mais se diminuía a intensidade do feixe de luz o efeito ia desaparecendo e a respeito da frequência da fonte luminosa também intrigava muito os cien-

tistas, pois ao reduzir a frequência da fonte abaixo de um certo valor o efeito desaparecia (chamado de frequência de corte), ou seja, para frequências abaixo deste valor independentemente de qualquer que fosse a intensidade, não implicava na saída de nenhum único elétron que fosse da placa metálica.

Mais tarde, Einstein com a **teoria dos fótons** explicou que, a intensidade de luz é proporcional ao número de fótons (**característica corpuscular**) e que como consequência determina o número de elétrons a serem arrancados da superfície da placa metálica e, quanto maior a frequência (**característica ondulatória**) maior é a energia adquirida pelos elétrons assim eles saem da placa e abaixo da frequência de corte, os elétrons não recebem nenhum tipo de energia, assim não saem da placa.

A figura ilustra o fenômeno.



Adaptado de: <http://www.infoescola.com/fisica/efeito-fotoelétrico/>

**04 | E**

Análise das alternativas falsas:

[A] Falsa. O efeito fotoelétrico é produzido pela emissão de luz de uma dada energia sobre um metal, sendo capaz de arrancar elétrons do mesmo. Logo, este efeito não vai tronar um metal condutor, pois ele já é condutor por natureza,

[B] Falsa. A corrente elétrica que passa no filamento, devido ao efeito Joule se aquece até a incandescência, emitindo luz está em desacordo com o efeito fotoelétrico, pois são fenômenos diferentes.

[C] Falsa. O fóton não possui carga elétrica, mas sim energia.

[D] Falsa. A faísca elétrica é o transporte de carga elétrica entre dois pontos quando a rigidez dielétrica do meio foi vencida.

[E] Verdadeira.

**05 | D**

Análise das afirmativas:

[I] Falsa. Pela análise do gráfico, para mesmas frequências, a energia dos elétrons emitidos pela placa I tem maiores energias cinéticas que os emitidos por II.

[II] Verdadeira. O trabalho é diretamente proporcional à frequência, portanto o metal com maior trabalho para realizar o efeito fotoelétrico é aquele em que a frequência mínima é maior, ou seja, o metal da placa II.

[III] Verdadeira. O coeficiente angular das retas apresentadas através do gráfico da energia versus a frequência é a constante de Planck de acordo com a equação  $E = hf$ .

**06 | B**

Pela ordem de frequências das radiações mostradas tem-se:

$$f_{vi} > f_{an} > f_{az} > f_{vm}$$

De acordo com a equação de Planck,  $E = hf$ , a energia é diretamente proporcional à frequência da radiação.

Como o anil é a segunda maior frequência das radiações mostradas, também é a transição com segundo maior salto, sendo do nível 4 para o nível 1, ou seja, a transição II.

**07 | C**

$$E = h \cdot f \Rightarrow h = \frac{E}{f}$$

$$[h] = \left[ \frac{J}{Hz} \right] \Rightarrow [h] = [J \cdot s]$$

**08 | E**

[I] Incorreta. A massa é relativa e depende da velocidade. Sendo  $m_0$  a massa de repouso do objeto,  $v$  a sua velocidade e  $c$  a velocidade da luz no vácuo, a massa  $m$  do objeto é:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

[II] Correta.

[III] Incorreta. Tempo e espaço são grandezas relativas dadas, respectivamente, pelas expressões:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ e } L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

[IV] Correta.

[V] Incorreta. Massa e energia estão relacionadas pela equação de Einstein:  $E = mc^2$ .

**09 | E**A cada meia-vida  $t^{1/2}$  passada o isótopo decai pela metade, conforme esquema:

$$10 \text{ ppb} \xrightarrow{1 t^{1/2}} 5 \text{ ppb} \xrightarrow{2 t^{1/2}} 2,5 \text{ ppb} \xrightarrow{3 t^{1/2}} 1,25 \text{ ppb} \xrightarrow{4 t^{1/2}} 0,625 \text{ ppb}$$

Logo, se passaram  $4 t^{1/2}$ 

Então, o tempo total do organismo estimado é de:

$$\Delta t = 4 \cdot 5730 \text{ anos} \therefore \Delta t = 22920 \text{ anos}$$

**10 | C**

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Inicialmente: } \left[ \frac{M_{(0)235}}{M_{(0)238}} = \frac{3}{100} \Rightarrow \frac{M_{(0)235}}{M_{(0)238}} = 3 \times 10^{-2} \right. \\ \left. \text{Atualmente: } \left[ \frac{M_{(t)235}}{M_{(t)238}} = \frac{0,7}{100} \Rightarrow \frac{M_{(t)235}}{M_{(t)238}} = 0,7 \times 10^{-2} \right. \end{array} \right.$$

Aplicando a equação dada e os respectivos dados para cada um dos isótopos:

$$M(t) = M(0) 10^{-\lambda t} \left\{ \begin{array}{l} M_{(t)235} = M_{(0)235} 10^{-4 \times 10^{-10} t} \\ M_{(t)238} = M_{(0)238} 10^{-0,8 \times 10^{-10} t} \end{array} \right\} \div \Rightarrow$$

$$\frac{M_{(t)235}}{M_{(t)238}} = \frac{M_{(0)235} 10^{-4 \times 10^{-10} t}}{M_{(0)238} 10^{-0,8 \times 10^{-10} t}} \Rightarrow$$

$$0,7 \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-2} \times 10^{-(4-0,8) \times 10^{-10} t} \Rightarrow$$

$$\frac{0,7}{3} = 10^{-3,2 \times 10^{-10} t} \Rightarrow 0,23 = 10^{-3,2 \times 10^{-10} t} \Rightarrow$$

$$\log 0,23 = -3,2 \times 10^{-10} t \times \log 10 \Rightarrow$$





$$-0,64 = -3,2 \times 10^{-10} t \Rightarrow t = \frac{0,64}{3,2 \times 10^{-10}} = 0,2 \times 10^{10} \Rightarrow$$

$$t = 2 \times 10^9 \text{ anos.}$$

11 | D

As áreas da Física citadas no texto são: Astrofísica e Física de Partículas, devido aos estudos dos raios cósmicos e sobre a desintegração do méson pesado positivo; Radioatividade, pelos estudos de Marie Curie e partículas subatômicas pelos estudos de Sonja Ashauer sobre elétrons e radiações eletromagnéticas.

12 | C

Análise das alternativas:

[A] **Falsa:** A energia mínima para remover um elétron de um material metálico, chamada de *função trabalho*, difere para cada material, sendo uma característica do mesmo.

[B] **Falsa:** Os fótons incidentes no metal, de frequência menor que a frequência-limite não tem energia suficiente para ejetar elétrons do metal, ou seja, não há como observar o efeito fotoelétrico.

[C] **Verdadeira.**

[D] **Falsa:** São elétrons que podem ser emitidos e não núcleos atômicos.

[E] **Falsa:** A frequência mínima para ejeção dos elétrons da superfície metálica depende diretamente da função trabalho do material, portanto, quanto maior a função trabalho, maior será a frequência-limite para se verificar o efeito fotoelétrico.

13 | D

Análise das alternativas:

[A] **Falsa:** Na relatividade de Einstein, o intervalo de tempo medido em um móvel que se move a grandes velocidades é menor em relação a um observador em um referencial inercial. Logo, é necessário ter movimento relativo entre os dois observadores para haver diferenças significativas nos cronômetros.

[B] **Falsa:** Neste caso, o relógio do tripulante estaria atrasado em relação ao relógio da estação espacial.

[C] **Falsa:** As leis da Física são imutáveis para dois observadores localizados em referenciais inerciais que se movem com velocidades médias constantes.

[D] **Verdadeira.**

[E] **Falsa:** A velocidade da luz é constante no vácuo e independe dos referenciais pela qual é observada.

14 | A

1ª reação:

Temos o decaimento beta, que transforma um nêutron instável do núcleo em próton, liberando um antineutrino e uma partícula  $\beta^-$  (beta-menos), aumentando assim o número atômico, mas o número de massa se mantém constante.

2ª reação:

A redução do número de massa em 4 unidades caracteriza a emissão  $\alpha$  (alfa) que representa a perda de massa equivalente ao núcleo do Hélio, diminuindo em 2 unidades o número atômico do elemento inicial.

3ª reação:

Chama-se decaimento  $\beta^+$  (beta-mais), em que um próton se transforma em um nêutron e liberando um neutrino e a partícula  $\beta^+$  (também chamada de pósitron), que possui a mesma massa de um elétron, porém com carga positiva. Com isso, o número de massa do átomo se mantém, mas o número atômico diminui de uma unidade.

15 | B

Para iniciar o efeito fotoelétrico foi necessário triplicar a temperatura. Então, usando Lei de Wien, podemos determinar o comprimento de onda em relação à primeira radiação.

$$\lambda \cdot T = \text{constante} \Rightarrow \frac{\lambda}{3} \cdot (3T) = \text{constante} \therefore \lambda' = \frac{\lambda}{3}$$

Isto é, ao triplicar a temperatura, devemos dividir por três o comprimento de onda original, pois essas variáveis são inversamente proporcionais.

$$\lambda' = \frac{\lambda}{3} = \frac{9000 \text{ \AA}}{3} \therefore \lambda' = 3000 \text{ \AA} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Este novo comprimento de onda nos fornece a frequência dessa onda, de acordo com:

$$v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \therefore f = 1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Finalmente, para a Energia cinética máxima dos elétrons ejetados da superfície do metal, igualamos à diferença de energia entre os níveis 2 e 3 do átomo de hidrogênio de acordo com a teoria de Bohr:

$$E_{c(\text{máx})} = \Delta E_{\text{Bohr}}$$

Sendo:

$$E_{c(\text{máx})} = h f - \varphi$$

$$\Delta E_{\text{Bohr}} = E_0 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Igualando:

$$h f - \varphi = E_0 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \varphi = h f - E_0 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Substituindo:

$$\varphi = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 1 \cdot 10^{15} \text{ Hz} - 13,6 \text{ eV} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \therefore \varphi = 2,25 \text{ eV}$$

**16 | E**

Usando a Teoria da Relatividade para o tempo, podemos determinar a dilatação no tempo com a equação:

$$\Delta t_{\text{relativ}} = \gamma \cdot \Delta t_{\text{próprio}}, \text{ onde } \tilde{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \text{ a constante de Lorentz.}$$

Cálculo da constante  $\gamma$  de Lorentz:

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \tilde{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,75}} \therefore \tilde{\alpha} = 2$$

Com isso o tempo relativístico passado na Terra será o dobro que o tempo próprio:

$$\Delta t_{\text{relativ}} = 2 \cdot 28 \text{ anos} \therefore \Delta t_{\text{relativ}} = 56 \text{ anos}$$

**17 | B**

**[Resposta do ponto de vista da disciplina de História]**

O ataque norte-americano às cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki marcou o episódio final da Segunda Guerra Mundial, selando a vitória dos aliados sobre o eixo e massacrando o Japão.

**[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]**

Na bomba atômica, o nêutron, ao atingir um núcleo de urânio, provoca sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons, que por sua vez, irão atingir outros núcleos e provocar novas quebras, gerando uma reação em cadeia. O processo é conhecido como fissão nuclear e libera enorme quantidade de energia.