

1. (Upe-ssa 2 2022) Em 11 de março de 2020, a OMS declarou a pandemia do novo coronavírus, Sars-Cov-2, causador da doença CoVid-19. Diversas instituições de saúde e governos pelo mundo adotaram medidas não farmacológicas e restrições sociais, como distanciamento social, uso de álcool, aferição de temperatura etc. Em algumas lojas de departamento, usa-se pirômetro, conhecido popularmente por termômetro de testa ou infravermelho, para aferir a temperatura dos clientes pela potência de radiação infravermelha emitido por estes. Um pirômetro é ajustado para a pele humana, sendo a emissividade próxima de 1,0. Quando apontado para testa de um cliente a 30 cm, a potência de radiação capturada é 1,3 W em uma área de 24 cm² de pele. Qual é a temperatura aproximada, em °C, desse cliente?

(Dados: constante de Stefan Boltzmann = $5,7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$; $\pi = 3$; $95^{0,25} = 3,12$.)

- a) 35,0
- b) 36,0
- c) 37,0
- d) 38,0
- e) 39,0

2. (Uem 2021) Em relação às radiações térmicas emitidas e absorvidas por corpos, assinale o que for correto.

- 01) Um corpo emite a mesma quantidade de energia que recebe se estiver em equilíbrio térmico com o meio.
- 02) A intensidade da radiação emitida por um corpo negro é a mesma para todas as frequências do espectro eletromagnético.
- 04) Em uma fornalha, todos os corpos à mesma temperatura apresentam a mesma cor.
- 08) A potência irradiada por um corpo negro é diretamente proporcional à temperatura elevada à quarta potência.
- 16) Um aumento de 20% na temperatura em que um corpo negro se encontra é suficiente para dobrar a potência irradiada por ele.

3. (Ufrgs 2020) No início do século XX, a Física Clássica começou a ter problemas para explicar fenômenos físicos que tinham sido recentemente observados. Assim começou uma revolução científica que estabeleceu as bases do que hoje se chama Física Moderna.

Entre os problemas antes inexplicáveis e resolvidos nesse novo período, podem-se citar

- a) a indução eletromagnética, o efeito fotoelétrico e a radioatividade.
- b) a radiação do corpo negro, a 1ª lei da Termodinâmica e a radioatividade.
- c) a radiação do corpo negro, a indução eletromagnética e a 1ª lei da Termodinâmica.
- d) a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e a radioatividade.
- e) a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e a indução eletromagnética.

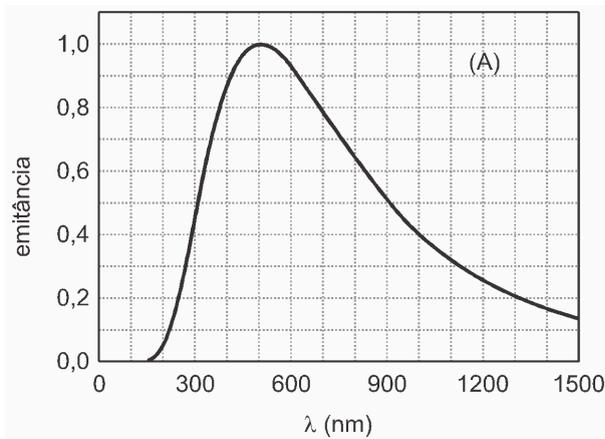
4. (Uem 2020) Em relação às radiações térmicas, assinale o que for **correto**.

- 01) Todo corpo emite energia na forma de radiações térmicas se sua temperatura (medida na escala Kelvin) não for nula.
- 02) Quando a superfície de um corpo está na temperatura ambiente, a radiação térmica emitida por ele é predominantemente infravermelha.
- 04) A quantidade total de energia emitida por unidade de tempo e por unidade de área da superfície externa de um corpo a uma temperatura (medida na escala Kelvin) é diretamente proporcional ao quadrado dessa temperatura.
- 08) Se a temperatura de um corpo permanece constante ao longo do tempo, então ele não emite nem absorve energia na forma de radiação térmica.

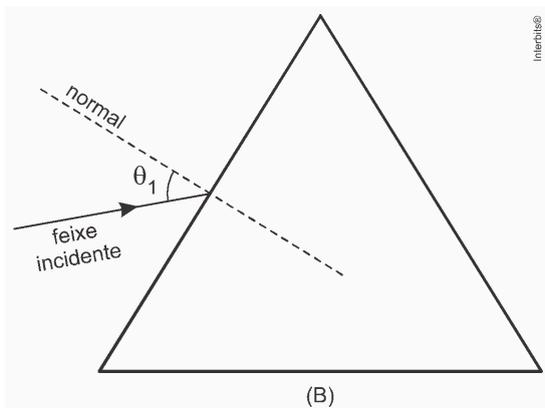
16) Em uma mesma temperatura, as radiações emitidas por qualquer corpo negro são independentes do material de que ele é feito.

5. (Unicamp 2019) a) Todos os corpos emitem radiação, e quanto maior a temperatura do corpo, maior a potência por ele radiada. Idealmente, os corpos que têm a capacidade de absorver toda a radiação que recebem são também os melhores emissores de radiação. Esses corpos são chamados de corpos negros e apresentam espectros de emissão de radiação que dependem somente de suas temperaturas. Além disso, o comprimento de onda de máxima radiação relaciona-se com a temperatura do corpo da seguinte forma:

$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, sendo $b = 3 \times 10^{-3} \text{ m} \times \text{K}$. O Sol tem um espectro de emissão similar ao espectro do corpo negro mostrado na figura A. Os valores de emitância estão divididos pelo valor máximo; já a escala de comprimentos de onda está em nanômetros ($1,0 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9} \text{ m}$). Quanto vale a temperatura do corpo negro?



b) A separação da radiação luminosa nos diferentes comprimentos de onda é usualmente feita pelo emprego de uma grade de difração ou de um prisma. Quando um feixe luminoso incide numa das faces de um prisma, parte dele é refletida, e outra parte é refratada. Considere que o feixe luminoso, composto das cores azul e vermelha, incide na face do prisma conforme mostra a figura B. Trace os raios refletidos e os raios refratados na primeira face do prisma, lembrando que o índice de refração depende do comprimento de onda.



6. (Ueg 2017) 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

7. (Uem 2017) Max Planck (1858-1947) é considerado o pai da Mecânica Quântica. Ele conseguiu propor uma solução para um problema popular entre os físicos de sua época, que dizia respeito ao cálculo da intensidade da radiação em função das frequências emitidas por materiais bastante aquecidos. Como sabemos, qualquer metal, quando aquecido a temperaturas muito elevadas, fica incandescente, emitindo, portanto, luz, ou seja, radiação eletromagnética. Tratava-se de um problema que envolvia a interação entre a matéria (no caso, os metais) e a radiação (no caso, a luz emitida). Diversos físicos dedicaram-se a solucionar esse problema sem êxito. As previsões oferecidas pela Física Clássica conhecida até aquela época não coincidiam com os resultados experimentais. Planck conseguiu equacionar o problema obtendo o que hoje chamamos de “Lei de Planck da Radiação de Corpo Negro”, usando como hipótese uma ideia inusitada. Ele considerou que a emissão de energia pelos corpos irradiantes era composta de pequenos “grãos”, cujo valor poderia ser obtido pela expressão $E = h f$, sendo E a energia de cada grão, f a frequência da radiação e h uma constante física introduzida pelo próprio Planck, conhecida hoje como *constante de Planck*. No Sistema Internacional de Unidades (SI), $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$, com dois algarismos significativos.

Assinale o que for **correto**.

- 01) A unidade de medida da constante de Planck é J/s , a mesma unidade de medida de potência.
- 02) A constante de Planck, com dois algarismos significativos, é equivalente a $h = 4,0 \times 10^{-25} \text{ g} \cdot \text{cm}^2/\text{min}$.
- 04) A unidade de medida de energia no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o joule que, escrita em função das unidades básicas, é dada por $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$.
- 08) Dizer que a frequência da radiação térmica é de 4×10^{14} hertz (Hz) significa dizer que ela oscila 400 trilhões de vezes por segundo.
- 16) De acordo com a Física Moderna, todo tipo de radiação eletromagnética pode ser interpretado como sendo formado por pacotes de energia, sendo que a energia de cada pacote é dada pelo produto entre a *constante de Planck* e a frequência da radiação considerada.

8. (Udesc 2016) No contexto histórico da virada do século XIX para o século XX, Lord Kelvin proferiu uma palestra e afirmou que não havia mais muitos pontos obscuros para serem resolvidos pela Física. Destacou que existiam apenas dois problemas: o primeiro referente a não detecção do vento de éter (resultado nulo do experimento de Michelson-Morley), e o segundo, relacionado à partição de energia (emissão e absorção da radiação de corpo negro).

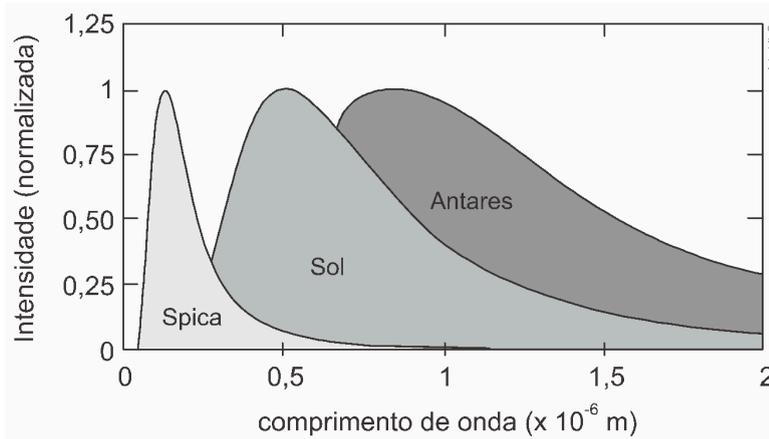
Em relação ao avanço na construção de conhecimento em Física, decorrente dos dois problemas apontados por Lord Kelvin, assinale a alternativa **correta**.

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

- a) Os pontos obscuros apontados por Lord Kelvin não se configuraram em problemas científicos, e foram ignorados pela Ciência.
b) Os problemas sinalizados por Lord Kelvin foram solucionados pela mecânica newtoniana, sendo necessário apenas um refinamento experimental.

- c) A Ciência, em particular a Física, não avançou mediante a resolução de problemas e aos pontos obscuros apontados por Lord Kelvin, que retratavam apenas dúvidas pessoais dele próprio.
d) Max Planck foi o único a solucionar os dois problemas apontados por Lord Kelvin e, por isso, Planck é considerado por muitos o “Pai da Mecânica Quântica”.
e) Os pontos obscuros destacados por Lord Kelvin foram determinantes na condução de mudanças radicais na Física, culminando na construção das teorias quânticas e relativísticas.

9. (Ufrgs 2016) Objetos a diferentes temperaturas emitem espectros de radiação eletromagnética que possuem picos em diferentes comprimentos de onda. A figura abaixo apresenta as curvas de intensidade de emissão por comprimento de onda (normalizadas para ficarem na mesma escala) para três estrelas conhecidas: Spica, da constelação de Virgem, nosso Sol, e Antares, da constelação do Escorpião.



Tendo em vista que a constante da lei dos deslocamentos de Wien é aproximadamente $2,90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$, e levando em conta a lei de Stefan-Boltzmann, que relaciona a intensidade total da emissão com a temperatura, considere as seguintes afirmações sobre as estrelas mencionadas.

- I. Spica é a mais brilhante das três.
II. A temperatura do Sol é de aproximadamente 5.800 K.
III. Antares é a mais fria das três.

Quais estão corretas?

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

10. (Udesc 2010) A Figura 1 mostra o gráfico da intensidade de radiação por comprimento de onda emitida por um corpo negro para diferentes temperaturas.

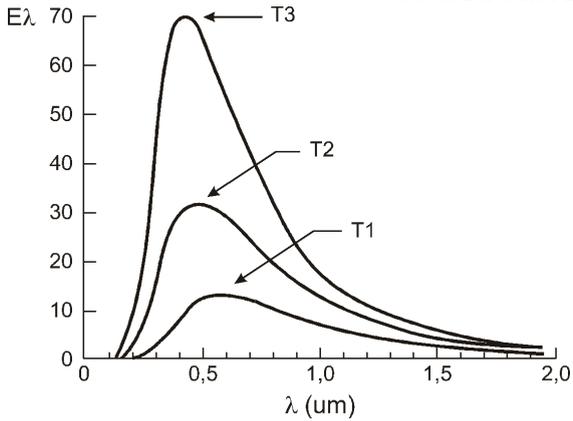


Figura 1

Com base nas informações do gráfico, analise as afirmativas abaixo.

- I. A temperatura T1 é maior que a temperatura T3.
- II. A intensidade total de radiação emitida é maior para temperatura T3.
- III. O comprimento de onda para o qual a radiação é máxima é maior para temperatura T3.
- IV. As temperaturas T1, T2 e T3 são iguais.
- V. As intensidades totais de radiação emitida são iguais para T1, T2 e T3.

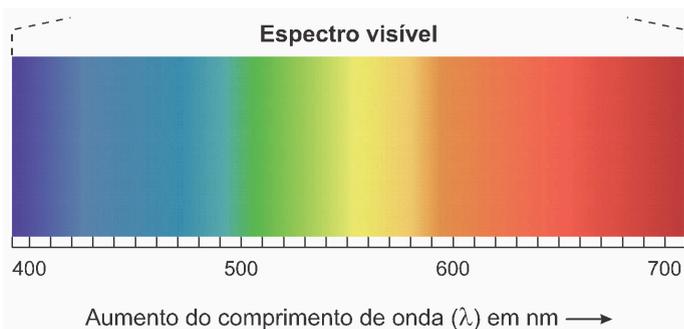
Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I, II e V são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa II é verdadeira.

11. (G1 - uftpr 2008) Sobre os conceitos de Irradiação Térmica é INCORRETO afirmar que:

- a) a irradiação térmica em uma lâmpada incandescente acesa é acompanhada de luz. A irradiação térmica num ferro de passar roupa não é acompanhada de luz.
- b) o calor do Sol chega a Terra por irradiação.
- c) todos os objetos estão irradiando calor continuamente.
- d) o corpo negro, sendo absorvedor ideal, é também emissor ideal ou perfeito.
- e) a irradiação térmica dá-se por meio das ondas eletromagnéticas, predominando os raios ultravioletas.

12. (Fuvest 2022) O laser consiste em uma fonte de luz coerente e monocromática, sendo largamente utilizado em leitores de códigos de barras e também em aplicações na física, na medicina e em outras áreas. Seu princípio de funcionamento é baseado na emissão estimulada de fótons. Em um tipo comum de *laser*, uma quantidade de átomos é excitada para um estado de energia E_2 . Em seguida alguns desses átomos são estimulados a decair para um estado de energia menor E_1 , emitindo um fóton com energia dada pela diferença entre E_2 e E_1 . De modo similar, esse decaimento estimula outros átomos a emitirem fótons formando um processo em cadeia com geração de luz.



- a) Qual tipo de laser emite fótons com maior energia: o de luz vermelha ou o de luz azul? Justifique sua resposta.
- b) Determine a frequência (em Hz) de um fóton com comprimento de onda na região de cor laranja mostrada na figura.
- c) Determine o comprimento de onda de um fóton (em nm) considerando um laser cujas energias E_2 e E_1 correspondem aproximadamente a 20,2 eV e 18,7 eV, respectivamente.

Note e adote:

A energia E de um fóton relaciona-se com sua frequência f por meio da relação $E = hf$, onde $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ e a frequência é dada em Hz.

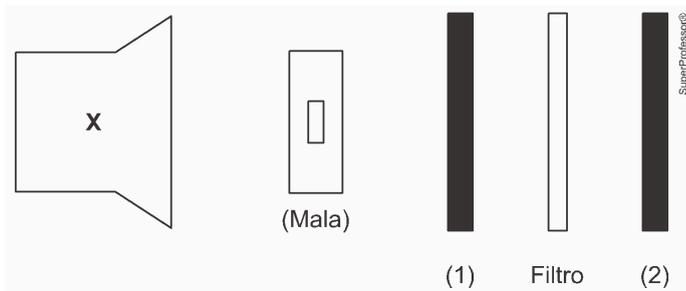
Velocidade da luz no vácuo: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Legenda para daltônicos: Gráfico do espectro visível com cores em função do comprimento de onda, que se inicia no azul (lado esquerdo a 400 nm), passando pelo verde (500 nm), amarelo (550 nm), laranja (600 nm) e terminando no vermelho (lado direito a 700 nm).

13. (Ueg 2022) O espectro de raios X é composto por duas partes. A primeira, referente ao espectro contínuo, é advinda do efeito *breamsstrahlung*, e a segunda referente ao espectro característico do alvo (ânodo). No efeito *breamsstrahlung* temos que um elétron colide com um átomo do ânodo e a diferença da energia cinética antes e após a colisão é igual à energia de um fóton de raio X emitido. Considere que a energia cinética inicial de um elétron é 40.000 eV que sua energia após a colisão seja 20.000 eV. Considere que a constante de Planck seja aproximadamente $4,0 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$. A frequência da radiação X emitida neste processo, em Hertz, é

- a) $1,0 \times 10^{12}$
- b) $2,0 \times 10^{12}$
- c) $5,0 \times 10^{18}$
- d) $10,0 \times 10^{18}$
- e) $15,0 \times 10^{18}$

14. (Ufsc 2022) No terminal de embarque de aeroportos, os passageiros passam por aparelhos de raios X de última geração, que funcionam esquematicamente da seguinte forma: raios X de alta intensidade produzidos em X atravessam os objetos no interior da mala e podem incidir sobre duas camadas de receptores (1 e 2) intervalados por um filtro de cobre, como ilustra a figura a seguir. O computador interpreta as informações recebidas pelos receptores e gera uma imagem, de acordo com o material.



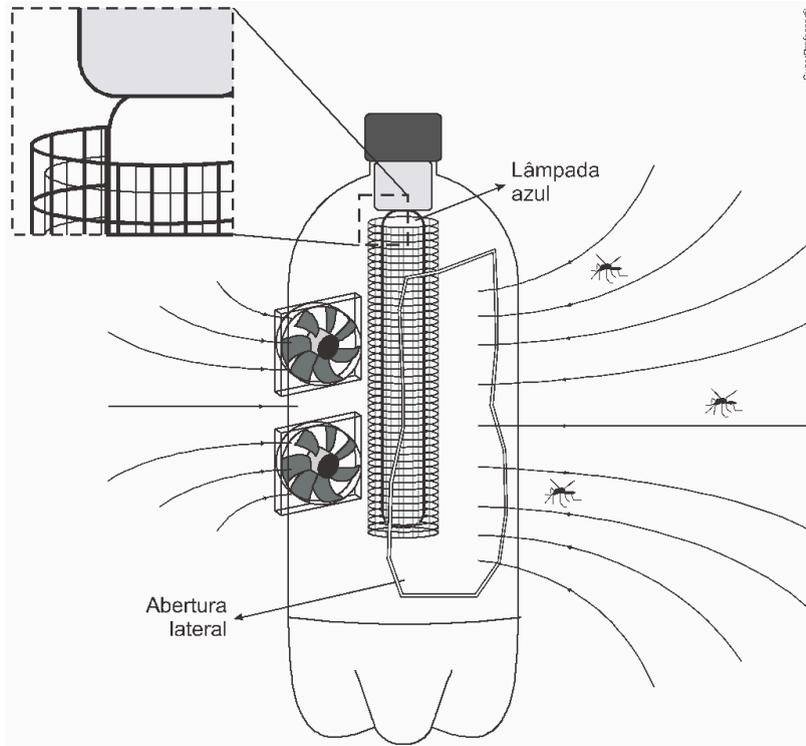
Sobre os raios X e sua interação com os diferentes materiais, é correto afirmar que:

- 01) os raios X são ondas eletromagnéticas de grande energia produzidas pela desaceleração de elétrons.
- 02) os raios X podem ser interpretados como um conjunto de fótons de energia $E = h \cdot f$.

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

- 04) como os raios X possuem grande energia, o seu comprimento de onda é muito maior que o da luz visível.
- 08) os metais, devido ao seu número atômico maior, absorvem a maior parte da radiação, que não será detectada em 1.
- 16) segundo o modelo corpuscular, a intensidade da radiação não é proporcional ao número de fótons.

15. (Ufsc 2022)



Após assistir a um comercial na internet sobre uma armadilha para mosquitos, um estudante resolveu construir a sua, a qual apelidou de “garrafa mortal”. Sua armadilha, ilustrada acima, era formada por uma garrafa Pet de 2 litros com uma abertura lateral. No lado oposto da abertura, acoplou dois pequenos exaustores (ventiladores) e, no interior da garrafa, colocou uma lâmpada azul envolvida por duas telas metálicas, uma grossa e uma fina, isoladas eletricamente entre si. Entre a tela grossa e a tela fina, existe uma ddp de 2.000 V, proveniente de uma fonte de corrente contínua. O estudante, ao tocar simultaneamente nas duas telas, não sente o choque, porque a fonte é de baixa potência. O funcionamento é simples: os mosquitos, atraídos pela luz azul, aproximam-se da abertura na garrafa, onde são quase “capturados” pelo fluxo de ar e levados a tocar nas telas metálicas ao mesmo tempo, recebendo o choque mortal. Considerando o exposto acima, é correto afirmar que:

- 01) no instante em que um mosquito leva o choque, uma corrente elétrica percorre as duas telas.
- 02) a morte dos mosquitos ocorre porque a tensão é muito baixa.
- 04) o comprimento de onda da luz azul é menor que o comprimento de onda da luz verde.
- 08) na ausência de mosquitos, não existe um campo elétrico nem um campo magnético entre as duas telas metálicas.
- 16) se o estudante aumentar a intensidade da luz azul da lâmpada, os fótons que compõem essa radiação aumentarão sua energia.
- 32) uma das explicações possíveis para o estudante não sentir o choque é que a corrente que atravessa sua mão é muito baixa para provocar desconforto.

16. (Uema 2021) Com a pandemia do COVID-19, o mundo tem utilizado a luz ultravioleta (UV) para desinfetar ambientes públicos e hospitalares. Foram encontradas evidências da eficácia do UV quanto à área irradiada, ao ângulo de exposição, à intensidade e à dose de radiação sobre superfícies. Mas, essas não são as únicas alternativas.

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

A alta dose de radiação tem a função de promover várias mutações no DNA e/ou RNA dos vírus, levando-o à morte ou impedindo que ele se reproduza. A luz UV é eficaz para inativar bactérias e vírus nas faixas de UV-B e UV-C com onda de comprimento entre 200 a 310 nm (nanômetros).

<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/08/07/para-anvisa-nao-ha-certeza-de-que-raios-ultravioleta-destroem-coronavirus.htm> (Adaptada)

Sabe-se que a radiação eletromagnética (ou simplesmente, a luz) é quantizada, segundo Einstein, e a quantidade elementar de luz, hoje, recebe o nome de fóton. Por isso, para eliminar o vírus sobre a superfície, uma rede de supermercado instalou cabines UV para descontaminar os carrinhos de compras. A cabine contém luz ultravioleta com comprimento de onda de 300 nm.

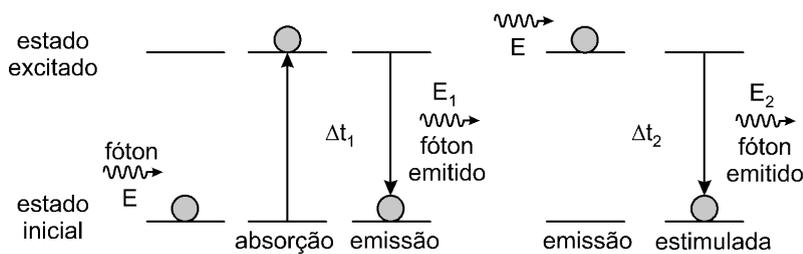
Qual a energia desse fóton em elétrons-volts?

Adote a constante de Planck $= 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ e a velocidade da luz de $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- a) $4,14 \cdot 10^6$
- b) $12,42 \cdot 10^{-13}$
- c) $4,14 \cdot 10^{-3}$
- d) 372,6
- e) 4,14

17. (Unichristus - Medicina 2021) **LASERS**

O *laser*, diferentemente da luz emitida por uma lâmpada incandescente que se espalha por todo o ambiente, não espalha os seus raios de luz, incidindo-os praticamente no mesmo ponto. De acordo com o modelo de Böhrr, o elétron poderia “saltar” de um estado de menor energia para outro de maior energia ao ser excitado e retornaria ao seu estado inicial de forma muito lenta. Nesse momento seria possível produzir a emissão estimulada de luz, o *laser*, com a ajuda de um agente externo, por exemplo, um fóton, como representada na figura a seguir:



Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/>.
Acesso em: 6 fev. 2021.

Baseando-se no texto e na figura representada anteriormente e considerando que Δt representa a variação de tempo, pode-se afirmar que

- a) $\Delta t_2 > \Delta t_1$.
- b) $\Delta t_2 = \Delta t_1$.
- c) $E_2 < E_1$.
- d) $E_2 > E_1$.

e) $E_2 = E_1$.

18. (Unioeste 2020) Quando falamos em um Laser (acrônimo para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou seja, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação), geralmente estamos nos referindo a um dispositivo bastante usado em várias áreas da tecnologia e que emite uma luz monocromática, coerente e bem colimada. Na Tabela 1 estão listadas cinco características de duas fontes de luz laser. Utilizando os dados da Tabela 2 que mostra as faixas de frequências de algumas cores da luz visível no espectro eletromagnético, assinale a alternativa que compara **CORRETAMENTE** as especificações das duas luzes emitidas pelos Lasers. Considere a velocidade da luz no vácuo igual a $3,0 \times 10^8$ m/s.

Tabela 1

Potência	Laser 1	Laser 2
Frequência	0,010 W	0,300 W
Energia	E_1	E_2
Número de fótons emitidos por segundo	F_1	F_2
Cor	C_1	C_2

Tabela 2

Cor	Comprimento de onda (m)
violeta	$(380 - 450) \times 10^{-9}$
azul	$(450 - 495) \times 10^{-9}$
laranja	$(590 - 620) \times 10^{-9}$
vermelho	$(620 - 750) \times 10^{-9}$

- a) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 =$ azul, $C_2 =$ vermelho.
b) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 =$ vermelho, $C_2 =$ violeta.
c) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 =$ laranja, $C_2 =$ violeta.
d) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 =$ azul, $C_2 =$ laranja.
e) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 =$ violeta, $C_2 =$ vermelho.

19. (Ufu 2018) As radiações eletromagnéticas possuem diversas aplicabilidades na vida cotidiana, e o espectro das mais utilizadas pela humanidade é formado por radiações que possuem comprimentos de onda que vão desde dimensões atômicas (raios X e radiação gama) até centenas de metros (ondas de rádio). Conforme a ciência atual postula, a radiação eletromagnética possui caráter dual: pode ser considerada partícula ou onda, dependendo da situação em estudo. Pode-se associar a cada feixe de radiação eletromagnética um feixe de partículas chamadas de fótons, e a energia de cada fóton depende de uma constante, chamada de constante de Planck ($h = 6,64 \times 10^{-34}$ J·s), e é diretamente proporcional à frequência da radiação.

Sobre as radiações eletromagnéticas são feitas as seguintes afirmações:

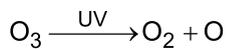
Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

- I. Quanto menor o comprimento de onda da radiação eletromagnética maior a energia do fóton a ela associado.
- II. Quanto menor a energia de um dado fóton associado a uma dada radiação eletromagnética menor a sua velocidade de propagação.
- III. A energia de um feixe eletromagnético constituído de radiação de frequência constante é discreta, ou seja, só pode assumir valores múltiplos inteiros de um valor mínimo.

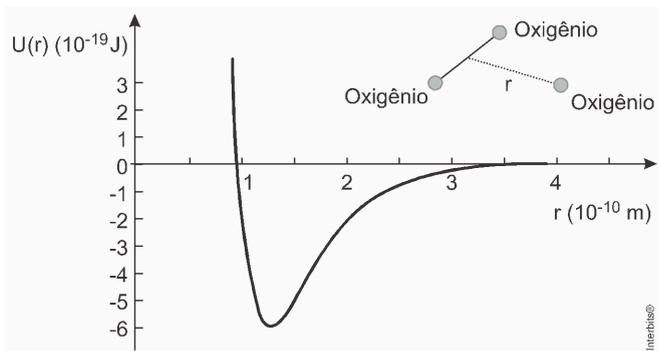
Em relação às afirmações acima, marque V para as verdadeiras e F para as falsas e assinale a alternativa correta.

- a) I – V; II – V; III – F.
- b) I – V; II – F; III – V.
- c) I – F; II – V; III – F.
- d) I – F; II – F; III – V.

20. (Fuvest 2017) 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) $5 \times 10^{15} \text{ Hz}$

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

21. (Fuvest 2016) Lasers pulsados de altíssima potência estão sendo construídos na Europa. Esses lasers emitirão pulsos de luz verde, e cada pulso terá 10^{15} W de potência e duração de cerca de 30×10^{-15} s. Com base nessas informações, determine

- o comprimento de onda λ da luz desse laser;
- a energia E contida em um pulso;
- o intervalo de tempo Δt durante o qual uma lâmpada LED de $3W$ deveria ser mantida acesa, de forma a consumir uma energia igual à contida em cada pulso;
- o número N de fótons em cada pulso.

Note e adote:

Frequência da luz verde: $f = 0,6 \times 10^{15}$ Hz

Velocidade da luz $= 3 \times 10^8$ m/s

Energia do fóton $= h f$

$h = 6 \times 10^{-34}$ J s

22. (Epcar (Afa) 2013) Raios X são produzidos em tubos de vácuo nos quais elétrons são acelerados por uma ddp de $4,0 \cdot 10^4$ V e, em seguida, submetidos a uma intensa desaceleração ao colidir com um alvo metálico.

Assim, um valor possível para o comprimento de onda, em angstroms, desses raios X é,

- 0,15
- 0,20
- 0,25
- 0,35

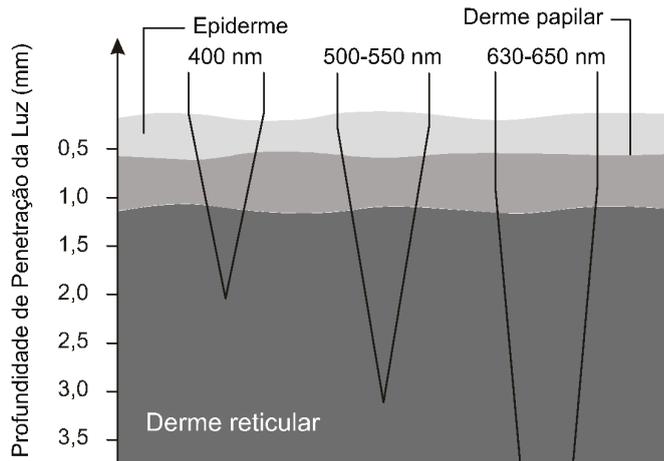
23. (Ufsm 2013) Uma das características fundamentais das ondas eletromagnéticas, como ocorre em todo o movimento ondulatório, é o transporte de energia. A energia das ondas eletromagnéticas que vêm do Sol é um dos fatores que torna possível a vida na Terra.

A energia de cada fóton da radiação eletromagnética que se percebe como a cor verde pode ser calculada pelo produto da _____ pelo(a) _____. Essa radiação tem a mesma _____ que qualquer outra onda eletromagnética no vácuo.

Assinale a alternativa que completa as lacunas.

- frequência — comprimento de onda — velocidade
- constante de Planck — comprimento de onda — frequência
- constante de Planck — frequência — velocidade
- velocidade — massa do fóton — frequência
- massa do fóton — frequência — velocidade

24. (Enem PPL 2012) A terapia fotodinâmica é um tratamento que utiliza luz para cura de câncer através da excitação de moléculas medicamentosas, que promovem a desestruturação das células tumorais. Para a eficácia do tratamento, é necessária a iluminação na região do tecido a ser tratado. Em geral, as moléculas medicamentosas absorvem as frequências mais altas. Por isso, as intervenções cutâneas são limitadas pela penetração da luz visível, conforme a figura:



LANE, N. Profundidade de penetração de feixes de luz de diferentes comprimentos de onda da luz incidente. *Scientific American Brasil*, fev. 2003 (adaptado).

A profundidade de até 2 mm em que o tratamento cutâneo é eficiente se justifica porque a luz de

- a) curto comprimento de onda é mais refletida pela pele.
- b) maior energia é mais absorvida pelo tecido orgânico.
- c) menor energia é absorvida nas regiões mais profundas.
- d) todos os comprimentos de onda terão alta intensidade.
- e) cada comprimento de onda percebe um índice de refração diferente.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

A nanotecnologia, tão presente nos nossos dias, disseminou o uso do prefixo neno (n) junto a unidades de medida. Assim, comprimentos de onda da luz visível são, modernamente, expressos em nanômetros (nm), sendo $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$.

(Considere a velocidade da luz no ar igual a $3 \times 10^8 \text{ m/s}$.)

25. (Ufrgs 2011) Cerca de 60 fótons devem atingir a córnea para que o olho humano perceba um *flash* de luz, e aproximadamente metade deles são absorvidos ou refletidos pelo meio ocular. Em média, apenas 5 dos fótons restantes são realmente absorvidos pelos fotorreceptores (bastonetes) na retina, sendo os responsáveis pela percepção luminosa.

(Considere a constante de Planck h igual a $6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.)

Com base nessas informações, é correto afirmar que, em média, a energia absorvida pelos fotorreceptores quando luz verde com comprimento de onda igual a 500 nm atinge o olho humano é igual a

- a) $3,30 \times 10^{-41} \text{ J}$.
- b) $3,96 \times 10^{-33} \text{ J}$.
- c) $1,98 \times 10^{-32} \text{ J}$.
- d) $3,96 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- e) $1,98 \times 10^{-18} \text{ J}$.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[E]

Área de captura: $A_C = 24 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{A_C = 24 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$

Intensidade da radiação capturada pelo pirômetro:

$$I = \frac{P}{A_C} = \frac{1,3}{24 \times 10^{-4}} \Rightarrow \underline{I = 542 \text{ W/m}^2}$$

Área de abrangência: $A_A = 4 \pi d^2 = 4 \times 3 \times (3 \times 10^{-1})^2 \Rightarrow \underline{A_A = 1,0 \text{ m}^2}$

Aplicando a equação de Stefan-Boltzmann:

$$I = e \sigma A_A T^4 \Rightarrow T = \left(\frac{I}{e \sigma A_A} \right)^{1/4} = \left(\frac{542}{1 \times 5,7 \times 10^{-8} \times 1} \right)^{0,25} \Rightarrow (95 \times 10^8)^{0,25} \Rightarrow$$

$$T = 3,12 \times 10^2 \text{ K} \Rightarrow T = (312 - 273)^\circ\text{C} \Rightarrow \boxed{T = 39^\circ\text{C}}$$

Resposta da questão 2:

$$01 + 04 + 08 + 16 = 29.$$

Análise das afirmativas.

[01] **Verdadeira.** Com efeito, um corpo que esteja em equilíbrio térmico, emite a mesma quantidade de energia que absorve.

[02] **Falsa.** A energia é diretamente proporcional à frequência da radiação, assim, quanto maior a frequência de radiação emitida, maior será a energia desse feixe.

[04] **Verdadeira.** Aumentando-se de maneira gradual a temperatura de um corpo, há emissão de luz na faixa visível desde o vermelho, para temperaturas mais baixas, até o azul. Para temperaturas além do visível, com o aumento da temperatura, a emissão passa para a faixa do ultravioleta e assim sucessivamente.

[08] **Verdadeira.** A intensidade da radiação com o comprimento de onda nos fornece um gráfico em que seu pico máximo está relacionado à uma temperatura de acordo com a lei de Stefan-Boltzmann (equação abaixo). À medida que a temperatura aumenta, esse pico de máximo se desloca para comprimentos de ondas menores.

$$I = \sigma \cdot T^4,$$

onde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann.

[16] **Verdadeira.** Como a potência é o produto da intensidade pela área, o efeito provocado pelo aumento de temperatura tem a mesma implicação tanto na potência como na intensidade, assim usando a expressão da intensidade, temos:

$$I = \sigma \cdot T^4 \xrightarrow{T_f = 1,2T} I_f = \sigma \cdot (1,2T)^4 \therefore I_f = 2,0736 \sigma \cdot T^4$$

OBS.: O fator 1,2 significa um aumento de 20%, ou seja, $100\% + 20\% = 120\% = \frac{120}{100} = 1,2.$

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

Como a intensidade aumenta um pouco mais que o dobro com o aumento da temperatura absoluta, a potência também aumenta com o mesmo fator. Isso se deve à relação:

$$\text{Intensidade} = \frac{\text{potência}(P)}{\text{área}(A)} \Rightarrow I = \sigma \cdot T^4 \therefore P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Resposta da questão 3:

[D]

A radiação de corpo negro somente foi possível ser explicada por Planck, admitindo-se que a sua energia deveria ser quantizada, ou seja, ser composta por pequenos pacotes de energia chamados de quanta.

O efeito fotoelétrico definitivamente provou que a luz era composta por corpúsculos, chamados de fótons (mediadores da força eletromagnética), que transferiam quantidade de movimento para os elétrons de um metal quando este era iluminado com uma luz de uma determinada frequência.

A radioatividade ficou esclarecida após a correspondência entre massa e energia estabelecida por Einstein.

Resposta da questão 4:

$$01 + 02 + 16 = 19.$$

[01] Verdadeira. Uma temperatura não nula é condição suficiente para um corpo emitir energia na forma de radiações térmicas.

[02] Verdadeira. Uma temperatura acima de cerca de 5K é suficiente para a emissão de radiação infravermelha.

[04] Falsa. Pela lei de Stefan-Boltzmann, temos que:

$$\Phi = \varepsilon \sigma T^4$$

Sendo Φ , ε , σ e T , respectivamente, o fluxo total de energia emitida, a emissividade, a constante de Stefan-Boltzmann e a temperatura do emissor.

Portanto, podemos perceber que a quantidade de energia emitida por unidade de tempo e área é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura.

[08] Falsa. Caso a temperatura seja não nula, haverá emissão de energia.

[16] Verdadeira. Para corpos negros, $\varepsilon = 1$. Logo, apenas a temperatura diferencia as diferentes radiações.

Resposta da questão 5:

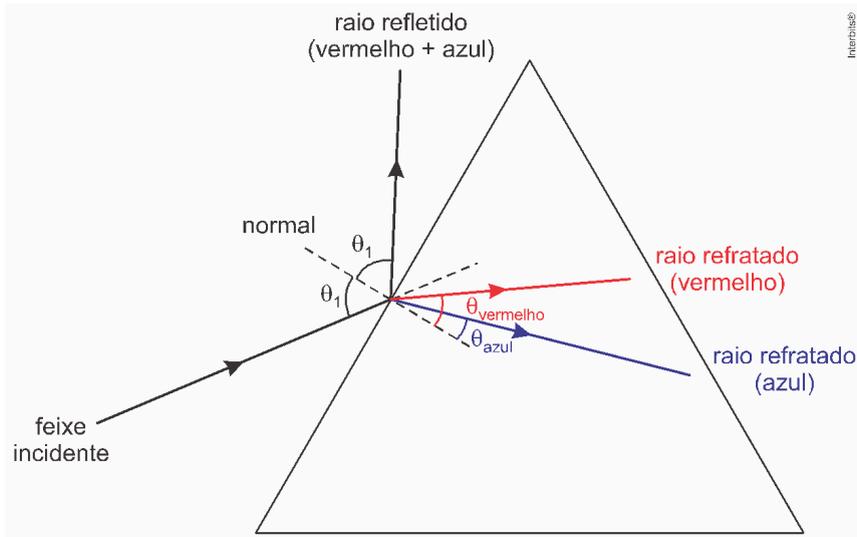
a) Observando o gráfico, o comprimento de onda relacionado com a máxima emitância é

$$\lambda_{\max} = 500 \text{ nm. Logo:}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \Rightarrow T = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-7}}$$

$$\therefore T = 6 \cdot 10^3 \text{ K}$$

b) Para os raios, temos que $f_{\text{azul}} > f_{\text{vermelho}}$, $\lambda_{\text{azul}} < \lambda_{\text{vermelho}}$ e $n_{\text{azul}} > n_{\text{vermelho}}$. Portanto, devemos ter que: $\theta_{\text{azul}} < \theta_{\text{vermelho}} < \theta_1$.



Resposta da questão 6:

[C]

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

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

Resposta da questão 7:

02 + 04 + 08 + 16 = 30.

Análise das assertivas:

[01] **Falsa.** A unidade da constante de Planck resulta:

$$h = \frac{E}{f} = \frac{[\text{J}]}{[\text{Hz}]} = \frac{[\text{J}]}{[\text{s}^{-1}]} = [\text{J} \cdot \text{s}]$$

[02] **Verdadeira.** Realizando a transformação de unidades por análise dimensional:

$$h = 6,6 \times 10^{-34} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}} \times \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{(10^2 \text{ cm})^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 3,96 \times 10^{-25} \frac{\text{g} \cdot \text{cm}^2}{\text{min}} \xrightarrow{2 \text{ alg. sig.}}$$

$$\therefore h = 4,0 \times 10^{-25} \text{ g} \cdot \text{cm}^2 / \text{min}.$$

[04] **Verdadeira.** As unidades básicas do SI para a energia são:

$$E = F \cdot d = m \cdot a \cdot d \Rightarrow E = \left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] \therefore E = \left[\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

$$4 \times 10^{14} \text{ Hz} = 4 \times 10^{14} \frac{1}{\text{s}} \xrightarrow{10^{12} = \text{trilhão}} 400 \text{ trilhões/segundo}$$

[08] **Verdadeira.**

[16] **Verdadeira.** Este foi o marco divisório da Física Clássica para a Física Moderna, em que as radiações, de acordo com Planck, eram compostas por pacotes de energia.

Resposta da questão 8:

[E]

Michelson-Morley tentando provar a existência do éter, depois de uma vida inteira dedicada a isso, a comunidade científica viu que o éter não existia, o que abriu grandes questionamentos que junto do problema da partição de energia, esses problemas culminaram na construção das teóricas quânticas e relativísticas.

Resposta da questão 9:

[E]

[I] Verdadeira. A Lei dos deslocamentos de Wien relaciona o comprimento de onda máximo emitido por um corpo em função da sua temperatura absoluta. Sua expressão é dada por:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{b}{T}, \text{ sendo "b" a constante de Wien cujo valor aproximado é de } 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Assim, quanto menor o comprimento de onda máximo, maior é a temperatura da estrela e maior sua frequência. Portanto, Spica é a mais quente e Antares é a mais fria das três.

De acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, a intensidade da radiação é diretamente proporcional à temperatura absoluta elevada ao expoente quatro.

$$I = \sigma \cdot T^4, \text{ sendo } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}^4 \text{ a sua constante.}$$

Portanto, Spica é a mais quente e sua intensidade de emissão é maior que as outras estrelas, sendo a mais brilhante. Cuidado com o gráfico, pois as intensidades foram normalizadas para ser representadas na mesma escala, não representando as intensidades reais.

[II] Verdadeira. A temperatura do Sol pode ser calculada com a lei de Wien, retirando do gráfico o comprimento de onda máximo e usando a sua expressão:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{b}{T} \Rightarrow 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \frac{2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{T} \Rightarrow T = \frac{2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \therefore T = 5800 \text{ K}$$

[III] Verdadeira. Como Antares tem o maior comprimento de onda máximo entre as três estrelas, ela também é a mais fria delas, pois quanto maior λ , menor a sua temperatura.

Resposta da questão 10:

[E]

I. Incorreta. A intensidade de radiação emitida aumenta com a temperatura. Portanto, $T_3 > T_1$.

II. Correta.

III. Incorreta. Pelo gráfico, vemos que o comprimento de onda para o qual a radiação é máxima é menor para T_3 .

IV. Incorreta. Já justificado em (I).

V. Incorreta. Já justificado em (I).

Resposta da questão 11:

[E]

Resposta da questão 12:

a) Combinando a equação Planck com a equação fundamental da ondulatória:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = hf \\ c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{E = \frac{hc}{\lambda}}$$

Sendo **h** e **c** constantes, essa expressão mostra que a energia do fóton emitido é **inversamente proporcional** ao comprimento de onda (λ). Portanto, os fótons emitidos com maior energia são os da luz **azul**:

$$\boxed{E_{az} > E_{verm}}$$

b) Na figura, lê-se que o comprimento de onda na região da cor laranja é:

$$\lambda_{lar} = 600\text{nm} = 600 \times 10^{-9}\text{m} \Rightarrow \lambda_{lar} = 6 \times 10^{-7}\text{m}$$

Substituindo os dados na equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_{lar} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = 0,5 \times 10^{15} \Rightarrow \boxed{f_{lar} = 5 \times 10^{14}\text{ Hz}}$$

c) Usando as informações do enunciado e a expressão destacada no item a):

$$\left\{ \begin{array}{l} E = E_2 - E_1 \\ E = \frac{hc}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{1,5} \Rightarrow$$
$$\lambda = 8 \times 10^{-7}\text{m} = 800 \times 10^{-9}\text{m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 800\text{nm}}$$

Resposta da questão 13:

[C]

Da equação de Planck:

$$|\Delta E| = hf \Rightarrow f = \frac{|\Delta E|}{h} = \frac{|20.000 - 40.000|}{4 \times 10^{-15}} = \frac{2 \times 10^4}{4 \times 10^{-15}} \Rightarrow \boxed{f = 5 \times 10^{18}\text{ Hz}}$$

Resposta da questão 14:

01 + 02 + 08 = 11.

[01] **Correto.** Pelo efeito termiônico, uma nuvem eletrônica é formada no polo negativo (catodo) sendo acelerada até o anodo (polo positivo), onde atingem um alvo. Apenas 1% da energia cinética dos elétrons freados é transformada em energia para emissão de raios X.

[02] **Correto.** Sendo uma onda eletromagnética, a energia dos fótons segue a equação de Planck.

[04] **Incorreto.** Raios X são ondas de alta frequência, maior que a luz visível. De acordo com a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

O comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência; portanto o comprimento de onda é menor que o da luz visível.

[08] **Correto.** Um alto número atômico significa maior quantidade de prótons e nêutrons dificultando a propagação da radiação X.

Prof. Dr. Yuri Alexandre Meyer

[16] **Incorreto.** Uma onda eletromagnética mais intensa, decorre de um maior número de fótons transportados.

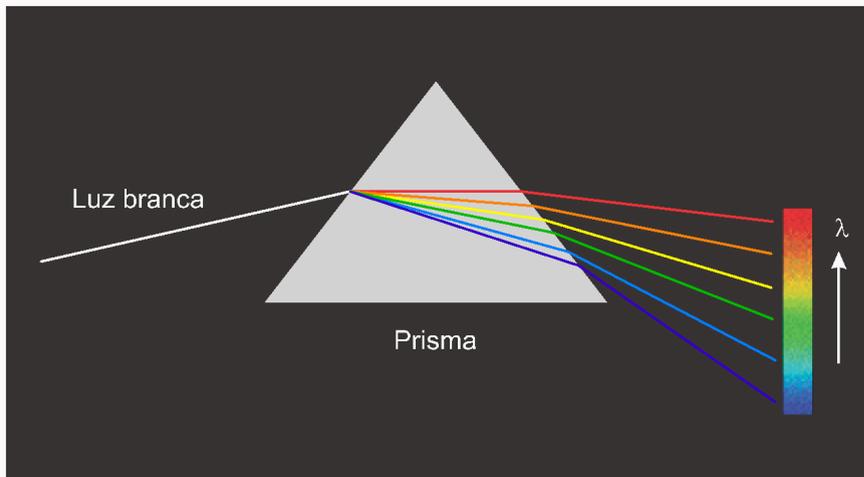
Resposta da questão 15:

$$01 + 04 + 32 = 37.$$

[01] **Correto.** O contato do mosquito com as duas telas fecha o circuito.

[02] **Incorreto.** A morte dos mosquitos ocorre porque a corrente é alta.

[04] **Correto.** A ordem crescente de comprimento de onda (λ) para as radiações visíveis é: violeta, anil, azul, verde, amarelo, alaranjado, vermelho. A figura apresenta essas cores e o sentido crescente de comprimento de onda é o indicado pela seta.



[08] **Incorreto.** O campo elétrico é devido à diferença de potencial entre as placas.

[16] **Incorreto.** De acordo com equação de Planck, a energia dos fótons é diretamente proporcional à frequência, ($E = hf$), não dependendo da intensidade.

[32] **Correto.**

Resposta da questão 16:

[E]

Relacionando a equação de Planck com a equação fundamental da ondulatória:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = hf \\ c = \lambda f \end{array} \right\} \div \Rightarrow \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{4,14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} \Rightarrow \boxed{E = 4,14 \text{ eV}}$$

Resposta da questão 17:

[D]

A energia emitida na emissão estimulada deve ser maior que a energia devida ao retorno lento ao estado inicial. Logo:

$$E_2 > E_1$$

Resposta da questão 18:

ANULADA

Questão anulada no gabarito oficial.

A anulação da questão ocorreu por falta de resposta correta.

A energia do laser é diretamente proporcional à frequência, assim temos:

$$E_{\text{violeta}} > E_{\text{azul}} > E_{\text{laranja}} > E_{\text{vermelho}}$$

e as frequências:

$$F_{\text{violeta}} > F_{\text{azul}} > F_{\text{laranja}} > F_{\text{vermelho}}$$

Uma das possibilidades para a questão ficar correta seria, por exemplo, modificar uma alternativa na desigualdade entre as frequências.

De : a) $E_1 > E_2$, $F_1 < F_2$, $C_1 = \text{azul}$, $C_2 = \text{vermelho}$.

Para: a) $E_1 > E_2$, $F_1 > F_2$, $C_1 = \text{azul}$, $C_2 = \text{vermelho}$.

Resposta da questão 19:

[B]

[I] Verdadeira. Comprimento de onda e frequência assim como comprimento de onda e energia do fóton são inversamente proporcionais e, portanto, quanto menor o comprimento de onda maior é a energia do fóton.

[II] Falsa. A velocidade de propagação no vácuo das ondas eletromagnéticas tem velocidade constante e igual à velocidade da luz.

[III] Verdadeira. Como a frequência é constante, conforme expressão da energia apresentada no comentário anterior, a energia de cada fóton também é constante, porém depende de quantos fótons existem no feixe. Assim, os valores referentes à essa energia dependem do número inteiro de fótons pertencentes ao feixe eletromagnético, sendo um múltiplo inteiro do valor mínimo referente à um fóton apenas.

Resposta da questão 20:

[A]

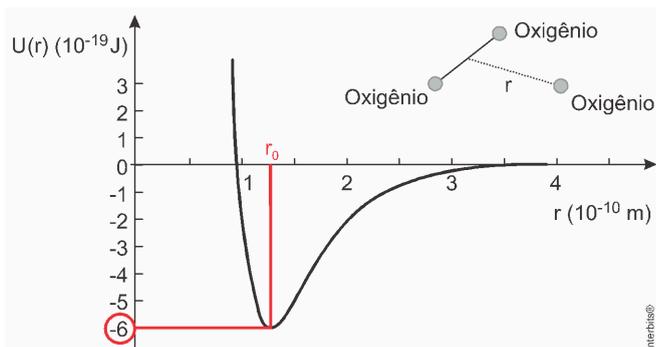
[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

O gráfico mostra que a energia potencial de ligação tem valor mínimo, $E_{\text{mín}} = -6 \times 10^{-19} \text{ J}$. Para quebrar a ligação, a energia potencial deve se tornar nula.

$$E_{\text{mín}} + hf = 0 \Rightarrow f = \frac{-E_{\text{mín}}}{h} = \frac{-(-6 \times 10^{-19})}{6 \times 10^{-34}} \Rightarrow \boxed{f = 1 \times 10^{15} \text{ Hz.}}$$

[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 :



$$E = |U|$$

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

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

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

Resposta da questão 21:

a) Dados: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $f = 0,6 \times 10^{15} \text{ Hz}$.

Da equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0,6 \times 10^{15}} \Rightarrow \lambda = 5 \times 10^{-7} \text{ m.}$$

b) Dados: $P = 10^{15} \text{ W}$; $T = 30 \times 10^{-15} \text{ s}$.

$$E = PT = 10^{15} \times 30 \times 10^{-15} \Rightarrow E = 30 \text{ J.}$$

c) Dado: $P_L = 3 \text{ W}$.

$$E = P_L \Delta t_L \Rightarrow \Delta t_L = \frac{E}{P_L} = \frac{30}{3} \Rightarrow \Delta t_L = 10 \text{ s.}$$

d) Dado: $h = 6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $f = 0,6 \times 10^{15} \text{ Hz}$.

$$E = Nhf \Rightarrow N = \frac{E}{hf} = \frac{30}{6 \times 10^{-34} \times 0,6 \times 10^{15}} \Rightarrow N = 8,3 \times 10^{19} \text{ fótons.}$$

Resposta da questão 22:

[D]

A partir da TEC, temos que a energia emitida pelo fóton é dada por:

$$\Delta E = U \cdot q = U \cdot e$$

Considerando que a energia do fóton emitido corresponde aproximadamente à energia perdida no processo de desaceleração, temos:

$$h \cdot f = U \cdot e$$

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = U \cdot e$$

$$\lambda = \frac{hc}{Ue} = \frac{4,13 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \cancel{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4 \cdot 10^4 \cancel{V} \cdot \cancel{e}}$$

$$\lambda \cong 3 \cdot 10^{-15} \cdot 10^4 \text{ m}$$

$$\therefore \lambda \cong 0,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Resposta da questão 23:

[C]

De acordo com a equação de Max Planck, a energia (**E**) transportada por um fóton é dada pelo produto da **constante de Planck** (**h**) pela **frequência** (**f**) $\Rightarrow E = hf$. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas têm a mesma **velocidade**.

Resposta da questão 24:

[B]

Na onda eletromagnética, a energia é diretamente proporcional à frequência ($E = hf \rightarrow$ Equação de Planck). Na figura, até a profundidade de 2 mm a maior absorção é para a luz de menor comprimento de onda, de maior frequência, portanto, de maior energia.

Resposta da questão 25:

[E]

$$E = hf = 5h \frac{c}{\lambda} \rightarrow E = 5 \times 6,6 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}} = 1,98 \times 10^{-18} \text{ J}$$