

**Exercício 1**

(UEG 2005) Antes mesmo de ter uma ideia mais correta do que é a luz, o homem percebeu que ela era capaz de percorrer muito depressa enormes distâncias. Tão depressa que levou Aristóteles - famoso pensador grego que viveu no século IV a.C. e cujas obras influenciaram todo o mundo ocidental até a Renascença - a admitir que a velocidade da luz seria infinita.

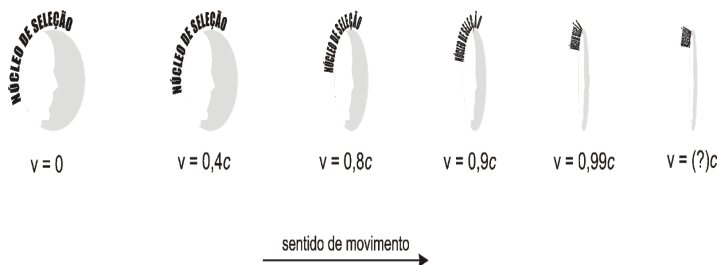
GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. F. Termologia e óptica. São Paulo: Harbra, 1997. p. 177

Hoje sabe-se que a luz tem velocidade de aproximadamente 300000 km/s, que é uma velocidade muito grande, porém finita. A teoria moderna que admite a velocidade da luz constante em qualquer referencial e, portanto, torna elásticas as dimensões do espaço e do tempo é:

- a) a teoria da relatividade.
- b) a teoria da dualidade onda - partícula.
- c) a teoria atômica de Bohr.
- d) o princípio de Heisenberg.
- e) a lei da entropia.

**Exercício 2**

(UEG 2010) Observe a seguinte sequência de figuras:



Na sequência indicada, estão representadas várias imagens do logo do Núcleo de Seleção da Universidade Estadual de Goiás, cada uma viajando com uma fração da velocidade da luz ( $c$ ). O fenômeno físico exposto nessa sequência de figuras é explicado:

- a) pela ilusão de ótica com lentes.
- b) pela lei de proporções múltiplas.
- c) pelo efeito Compton da translação.
- d) pela teoria da relatividade especial.

**Exercício 3**

(UFPR 2017) 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.

**Exercício 4**

(UFMS 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.

- a) frequência — comprimento de onda — velocidade
- b) constante de Planck — comprimento de onda — frequência
- c) constante de Planck — frequência — velocidade
- d) velocidade — massa do fóton — frequência
- e) massa do fóton — frequência — velocidade

**Exercício 5**

(UEL 2014) Uma das contribuições da Física para o bem-estar e a segurança nas cidades é o constante avanço tecnológico aplicado à iluminação pública. Parte das luminárias do século XIX era acesa manualmente por várias pessoas ao entardecer. Hoje, o acionamento das lâmpadas tornou-se automático devido à aplicação dos conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico (descrito por Albert Einstein, em 1905) e ao desenvolvimento das células fotoelétricas instaladas nos postes de iluminação pública, capazes de detectar a presença de luz natural. Sobre o efeito fotoelétrico, considere as afirmativas a seguir.

- I. Consiste na emissão de elétrons de uma superfície metálica quando esta é iluminada com luz de determinada frequência.
- II. Ocorre independentemente da frequência da luz incidente na superfície do metal, mas é dependente de sua intensidade.
- III. Os elétrons ejetados de uma superfície metálica, devido ao efeito fotoelétrico, possuem energia cinética igual à energia do fóton incidente.

IV. Por mais intensa que seja a luz incidente, não haverá ejeção de elétrons enquanto sua frequência for menor que a frequência limite (ou de corte) do metal.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

### Exercício 6

(UDESC 2015) Considere as informações constantes na tabela.

Metais	Função Trabalho (eV)
Alumínio	4,08
Prata	4,73
Platina	6,35
Níquel	5,01

Com base na tabela e no princípio da conservação da energia para o efeito fotoelétrico, analise as proposições.

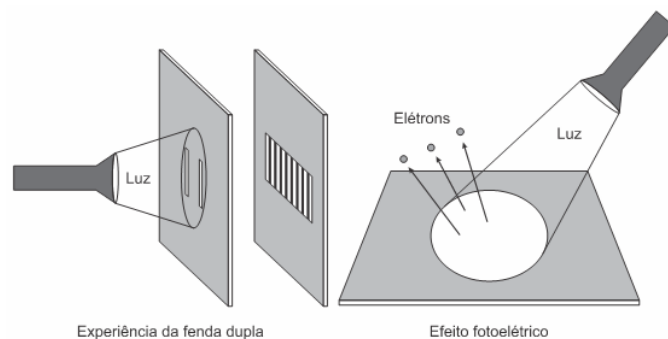
- I. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, são iluminadas por uma luz de frequência  $f$ . Nesta situação, a energia cinética mínima dos elétrons ejetados de cada placa possui o mesmo valor.
- II. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, somente ejetarão elétrons com energia cinética maior que zero, quando a energia da luz que as ilumina for maior que o valor da função trabalho de cada metal.
- III. Quatro placas metálicas, cada uma composta por um dos metais relacionados na tabela, são iluminadas por uma luz de energia igual a 7,5 eV. Neste caso, os elétrons ejetados da superfície da placa de alumínio terão a maior energia cinética.

Assinale a alternativa correta.

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

### Exercício 7

(UFSC 2017) A natureza da luz é um tema que ocupa os estudiosos desde a antiguidade. As teorias corpuscular e ondulatória buscam a preferência de cientistas famosos para explicar fenômenos importantes da ciência. No entanto, após o experimento da fenda dupla de Thomas Young, em 1802, e da explicação do efeito fotoelétrico realizada por Albert Einstein, em 1905, a ideia da dualidade onda/partícula da luz foi aceita pela comunidade científica. A experiência da fenda dupla consiste em fazer a luz passar por duas fendas em uma placa e observar o padrão de franjas (listras) claras e franjas (listras) escuras. Já o efeito fotoelétrico consiste em incidir luz sobre uma placa metálica para arrancar elétrons.



Considerando o que foi exposto acima, é correto afirmar que:

- 01) no experimento de Young, a obtenção do padrão de franjas claras e franjas escuras ocorre por meio do fenômeno de interferência construtiva e interferência destrutiva das ondas, logo a explicação do fenômeno é ondulatória.
- 02) a formação do padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla de Young foi explicada pela teoria corpuscular da luz, em que as partículas da luz (fótons) sofrem o fenômeno de interferência.
- 04) no efeito fotoelétrico, para arrancar os elétrons da placa, a luz deve ser formada por partículas (fótons) com uma energia mínima que é proporcional à frequência da luz.
- 08) tanto a teoria corpuscular quanto a teoria ondulatória da luz explicam o padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla.
- 16) o efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein pela teoria ondulatória da luz.
- 32) os fenômenos de interferência e difração são mais bem representados pela teoria ondulatória da luz, enquanto que o fenômeno do efeito fotoelétrico é mais bem representado pela teoria corpuscular da luz.

### Exercício 8

(UFSC 2016) Em 6 de novembro de 2014, estreava no Brasil o filme de ficção científica *Interestelar*, que abordou, em sua trama, aspectos de Física Moderna. Um dos fenômenos mostrados no filme foi a dilatação temporal, já prevista na Teoria da Relatividade de Albert Einstein. Além da relatividade, Einstein explicou o Efeito Fotoelétrico, que lhe rendeu o prêmio Nobel de 1921.

Sobre os fenômenos referidos acima, é **CORRETO** afirmar que:

- 01) o Efeito Fotoelétrico foi explicado atribuindo-se à luz o comportamento corpuscular.
- 02) a alteração da potência de uma radiação que provoca o Efeito Fotoelétrico altera a energia cinética dos elétrons arrancados e não o número de elétrons.
- 04) de acordo com a Teoria da Relatividade, as leis da Física são as mesmas para qualquer referencial inercial.
- 08) de acordo com a Teoria da Relatividade, a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, é a mesma em todos os sistemas inerciais de referência e não depende do movimento da fonte de luz.

### Exercício 9

(PUCRS 2016) Em Física de Partículas, uma partícula é dita elementar quando não possui estrutura interna. Por muito tempo se pensou que prótons e nêutrons eram partículas elementares,

contudo as teorias atuais consideram que essas partículas possuem estrutura interna. Pelo modelo padrão da Física de Partículas, prótons e nêutrons são formados, cada um, por três partículas menores denominadas *quarks*. Os *quarks* que constituem tanto os prótons quanto os nêutrons são dos tipos *up* e *down*, cada um possuindo um valor fracionário do valor da carga elétrica elementar  $e$  ( $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

A tabela abaixo apresenta o valor da carga elétrica desses *quarks* em termos da carga elétrica elementar  $e$ .

	Quark up	Quark down
Carga elétrica	$\frac{+2}{3}e$	$\frac{-1}{3}e$

Assinale a alternativa que melhor representa os *quarks* que constituem os prótons e os nêutrons.

	Próton	Nêutron
a)	up; up; down	up; up; up
b)	down; down; down	up; down; down
c)	up; down; down	up; up; down
d)	up; up; down	up; down; down
e)	up; down; down	down; down; down

#### Exercício 10

(UFRGS 2015) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. A incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica pode arrancar elétrons dessa superfície. O fenômeno é conhecido como \_\_\_\_\_ só pode ser explicado satisfatoriamente invocando a natureza \_\_\_\_\_ da luz.

- a) efeito fotoelétrico - ondulatória
- b) efeito Coulomb - corpuscular
- c) efeito Joule - corpuscular
- d) efeito fotoelétrico - corpuscular
- e) efeito Coulomb - ondulatória

#### Exercício 11

(UFMS 2014) O ano de 1905 é conhecido como o “ano miraculoso” de Albert Einstein, devido à publicação de uma série de trabalhos científicos revolucionários de sua autoria. Esses trabalhos, compostos pela teoria da relatividade especial, teoria do movimento browniano, efeito fotoelétrico e equivalência massa-energia tiveram impacto crítico no entendimento da natureza e no desenvolvimento de novas tecnologias. O efeito fotoelétrico em particular tem aplicações importantes, como em fotocélulas, projetores cinematográficos, etc. A respeito do efeito fotoelétrico, assinale as afirmativas a seguir com verdadeira (V) ou falsa (F).

- ( ) O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma placa metálica, em decorrência da incidência de radiação.
- ( ) De acordo com a teoria de Einstein, a radiação que incide sobre a matéria exibe características corpusculares.

( ) A radiação é quantizada na forma de fótons, que transportam uma quantidade de energia proporcional à amplitude da onda incidente.

A sequência correta é

- a) V – F – V.
- b) F – V – V.
- c) V – V – F.
- d) V – F – F.
- e) F – F – V.

#### Exercício 12

(Ufrgs 2008) O espectro de radiação emitido por um corpo negro ideal depende basicamente de

- a) seu volume.
- b) sua condutividade térmica.
- c) sua massa.
- d) seu calor específico.
- e) sua temperatura.

#### Exercício 13

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

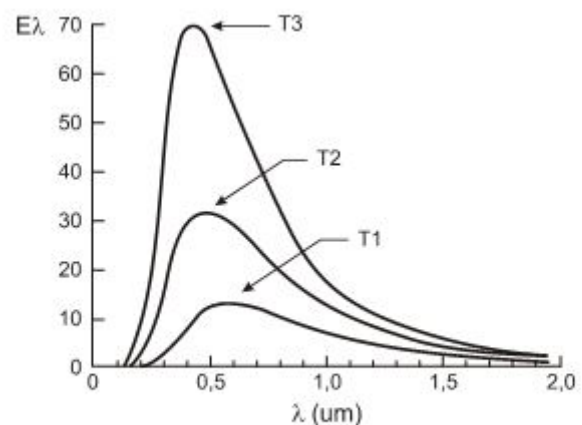


Figura 1

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.

#### Exercício 14

(PUCRS 2014) Analise as afirmativas que seguem, referentes a fenômenos descritos pela Física Moderna.

- I. A energia de um fóton é diretamente proporcional à sua frequência.
- II. A velocidade da luz, no vácuo, tem um valor finito, considerado constante para todos os referenciais inerciais.
- III. No efeito fotoelétrico, há uma frequência mínima de corte, abaixo da qual o fenômeno não se verifica, qualquer que seja a intensidade da luz incidente.
- IV. A fissão nuclear acontece quando núcleos de pequena massa colidem, originando um núcleo de massa maior.

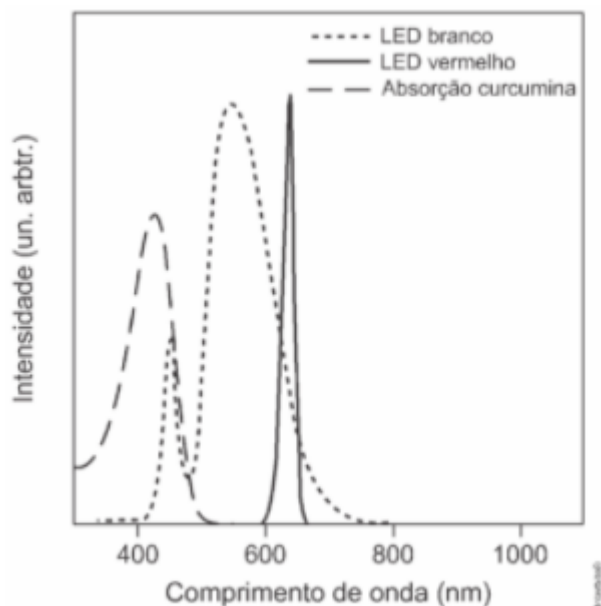
Estão corretas apenas as afirmativas:

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

### Exercício 15

(UNICAMP 2019) Pesquisas mostram que a curcumina — substância extraída da cúrcuma — pode ser usada como fotossensibilizador na terapia fotodinâmica (TFD). Nessa técnica, se houver absorção de luz pelo fotossensibilizador, que está na célula, ocorre reação com o oxigênio molecular gerando espécies químicas citotóxicas, que promovem a oxidação de lipídios, aminoácidos e proteínas, levando à morte celular. Deste modo, a TFD pode ser usada para o tratamento de câncer, lesões pré-malignas, etc. O gráfico a seguir mostra a intensidade de absorção de luz pela curcumina e a intensidade de emissão de luz de dois LEDs, um vermelho e um branco, em função do comprimento de onda da luz.

(Adaptado de <http://cepof.ifsc.usp.br/pesquisa/terapia-fotodinamica>. Acessado em 15/07/2018.)



Levando em conta o gráfico e os princípios da TFD apresentados no enunciado, para o uso de curcumina na TFD,

- a) somente o LED vermelho seria adequado.
- b) somente o LED branco seria adequado.
- c) os dois LEDs seriam adequados.
- d) nenhum dos LEDs seria adequado.

### Exercício 16

(UNESP 2020) A sensibilidade visual de humanos e animais encontra-se dentro de uma estreita faixa do espectro da radiação eletromagnética, com comprimentos de onda entre 380 nm e 760 nm. É notável que os vegetais também reajam à radiação dentro desse mesmo intervalo, incluindo a fotossíntese e o crescimento fototrópico. A razão para a importância dessa estreita faixa de radiação eletromagnética é o fato de a energia carregada por um fóton ser inversamente proporcional ao comprimento de onda. Assim, os comprimentos de onda mais longos não carregam energia suficiente em cada fóton para produzir um efeito fotoquímico apreciável, e os mais curtos carregam energia em quantidade que danifica os materiais orgânicos.

(Knut Schmidt-Nielsen. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*, 2002. Adaptado.)

A tabela apresenta o comprimento de onda de algumas cores do espectro da luz visível:

Cor	Comprimento de onda (nm)
Azul	450 - 495
Verde	495 - 570
Amarela	570 - 590
Laranja	590 - 620
Vermelha	620 - 750

Sabendo que a energia carregada por um fóton de frequência  $f$  é dada por  $E = hf$ , em que  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  J·s, que a velocidade da luz é aproximadamente  $c = 3 \times 10^8$  m/s e que  $1 \text{ nm} = 10^{-9}$  m, a cor da luz cujos fótons carregam uma quantidade de energia correspondente a  $3,96 \times 10^{-19}$  J é

- a) azul.
- b) verde.
- c) amarela.
- d) laranja.
- e) vermelha.

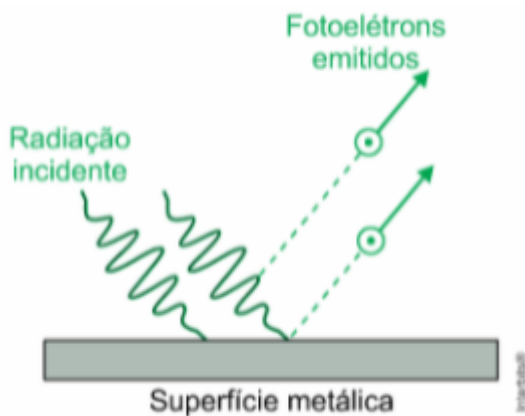
### Exercício 17

(UEG 2010) Qual das afirmações a seguir é correta para a teoria da relatividade de Einstein?

- a) No vácuo, a velocidade da luz depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
- b) Elétrons são expulsos de uma superfície quando ocorre a incidência de uma radiação eletromagnética (luz).
- c) Em determinados fenômenos, a luz apresenta natureza de partícula e, em outros, natureza ondulatória.
- d) Na natureza, não podem ocorrer interações de velocidades superiores à velocidade da luz  $c$ .

### Exercício 18

(UNESP 2021) O efeito fotoelétrico é um processo em que ocorre a emissão de elétrons por uma placa metálica, chamados fotoelétrons, quando a radiação eletromagnética incide sobre ela com uma quantidade de energia suficiente para removê-los da superfície da placa. A quantidade mínima dessa energia que remove cada elétron é chamada função trabalho do metal ( $\Phi$ ). No estudo desse efeito, considera-se que a energia ( $\varepsilon$ ) associada a um fóton de determinada radiação que se propaga com frequência  $f$  é dada pela expressão  $\varepsilon = h \times f$ , em que  $h$  é uma constante positiva. Nesse processo, essa energia é totalmente absorvida por um elétron ligado à placa, sendo parte utilizada para removê-lo do metal e o restante transformada em energia cinética desse fotoelétron ( $E_{\text{cin}} = \varepsilon - \Phi$ ).



A tabela apresenta as funções trabalho do sódio e do alumínio, expressas em joules.

Metal	$\Phi$ (J)
Sódio	$3,7 \times 10^{-19}$
Alumínio	$6,5 \times 10^{-19}$

Considere que uma radiação ultravioleta de comprimento de onda  $\lambda = 4 \times 10^{-7}$  m, propagando-se no vácuo, incida sobre duas placas, uma feita de sódio e outra de alumínio. Sendo a velocidade da luz no vácuo  $c = 3 \times 10^8$  m/s e adotando-se  $h = 6,4 \times 10^{-34}$  J · s, nessa situação somente a placa de

- alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com  $2,0 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.
- alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com  $2,4 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.
- sódio emitirá fotoelétrons, cada um com  $2,4 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.
- sódio emitirá fotoelétrons, cada um com  $1,1 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.
- alumínio emitirá fotoelétrons, cada um com  $1,1 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.

#### Exercício 19

(Uel 2020) Leia o texto a seguir.

No museu do Amanhã, a exposição “Cosmos” faz uma abordagem científica, associando a composição atômica humana à composição de parte de uma estrela, contribuindo para o entendimento de como se comporta a matéria do ponto de vista atômico e subatômico.

museudoamanha.org.br

Com base nos conhecimentos sobre Física Moderna, considere as afirmativas a seguir.

- No efeito fotoelétrico, uma luz monocromática que incide na superfície de um metal, cuja energia seja  $hf =$  função trabalho ( $\Omega$ ), arranca elétrons se, e somente se, a soma das energias cinética e da função trabalho forem iguais a  $hf$ .
- No átomo de hidrogênio, os níveis de energia são indicados por  $n$ , onde a energia calculada para cada nível é dada por  $E_n = -\left(\frac{1}{n^2}\right)2,18 \times 10^{-18}$  J.
- Max Planck considerou que os átomos que constituem um corpo aquecido se comportam como osciladores anarmônicos, que têm suas energias distribuídas de forma contínua, independentemente da temperatura do corpo.
- Na teoria da relatividade especial, as Leis Físicas são as mesmas para quaisquer observadores em qualquer movimento, e a velocidade da luz no vácuo possui valores específicos para observadores em diferentes referenciais.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

#### Exercício 20

(UEM 2016) Em 1905, Albert Einstein propôs mudanças no estudo do movimento relativo entre corpos. A proposta de Einstein ficou conhecida como a Teoria da Relatividade Especial. Sobre a Teoria da Relatividade Especial de Einstein é correto afirmar que:

- As leis da física mudam quando se muda o referencial inercial.
- A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
- A massa de um corpo é constante, independente da velocidade desse corpo.
- A energia total ( $E$  em Joules) de um corpo de massa ( $m$ , em quilogramas) é o produto de sua massa pelo quadrado da velocidade da luz no vácuo ( $c$  em metros por segundo), ou seja,  $E = mc^2$ .
- Na natureza não podem ocorrer interações com velocidade menor do que a velocidade da luz.

### Exercício 21

(UPF 2015) Com relação ao efeito fotoelétrico, são feitas as seguintes afirmações:

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

Está correto o que se afirma em:

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

### Exercício 22

(FUVEST 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos.

A energia de cada fóton produzido é, em MeV, aproximadamente,

Note e adote:

Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m):  $E = m \cdot c^2$

Massa do elétron =  $9 \cdot 10^{-31}$  kg

Velocidade da luz  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s

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

1 MeV =  $10^6$  eV

No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,8
- d) 1,6
- e) 3,2

### Exercício 23

(UPE 2013) Uma régua cujo comprimento é de 50 cm está se movendo paralelamente à sua maior dimensão com velocidade 0,6 c em relação a certo observador. Sobre isso, é CORRETO afirmar que o comprimento da régua, em centímetros, para esse observador vale:

- a) 35
- b) 40
- c) 62,5
- d) 50
- e) 100

### Exercício 24

(UFRGS 2011) De acordo com a Teoria da Relatividade quando objetos se movem através do espaço-tempo com velocidades da ordem da velocidade da luz, as medidas de espaço e tempo sofrem alterações. A expressão da contração espacial é dada por

$L = L_0 (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$ , onde v é a velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a velocidade de propagação da luz no vácuo, L é o comprimento medido para o objeto em movimento, e  $L_0$  é o comprimento medido para o objeto em repouso.

A distância Sol-Terra para um observador fixo na Terra é  $L_0 = 1,5 \times 10^{11}$  m. Para um nêutron com velocidade  $v = 0,6 c$ , essa distância é de:

- a)  $1,2 \times 10^{10}$  m.
- b)  $7,5 \times 10^{10}$  m.
- c)  $1,0 \times 10^{11}$  m.
- d)  $1,2 \times 10^{11}$  m.
- e)  $1,5 \times 10^{11}$  m.

### Exercício 25

(UFPB 2011) A Relatividade Especial é uma teoria muito bem consolidada experimentalmente, inclusive tendo aplicações dela no cotidiano. Um exemplo bastante expressivo é o aparelho de navegação GPS, o qual está baseado na Relatividade Especial, e é construído com a finalidade de proporcionar orientação espacial com precisão. Com base nos conceitos da Relatividade Especial, identifique as afirmativas corretas:

- ( ) A velocidade da luz no vácuo é a mesma em todas as direções e em todos os referenciais inerciais e não depende do movimento da fonte ou do observador.
- ( ) As leis da Física dependem do referencial inercial escolhido.
- ( ) Dois observadores em movimento relativo não concordam, em geral, quanto à simultaneidade entre dois eventos.
- ( ) O tempo próprio é o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no mesmo ponto em um determinado referencial inercial, medido nesse referencial.
- ( ) O comprimento próprio de um objeto é aquele medido em um referencial no qual ele está em repouso.

- a) V F V V V
- b) V F F F F
- c) V F F V V
- d) F F V V V

### Exercício 26

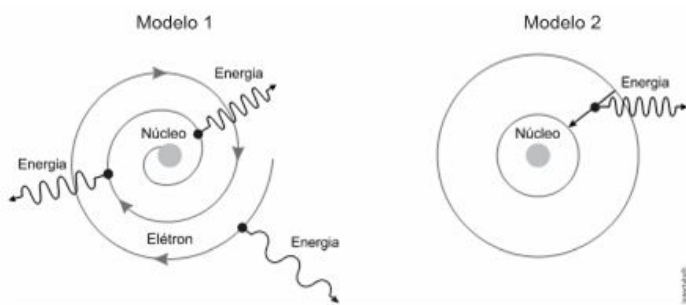
(UFG 2013) Em 1964, o físico britânico Peter Higgs propôs a existência de um campo, o qual, ao interagir com uma partícula, conferia a ela a sua massa. A unidade básica desse campo foi chamada de bóson de Higgs. Em julho de 2012, os cientistas do CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) anunciaram terem identificado o bóson de Higgs, com uma massa de 125 GeV (gigaelétronvolt). O valor dessa massa, em kg, é de: Dados:  $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}$  J;  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s.

- a)  $4,50 \times 10^{+24}$
- b)  $6,66 \times 10^{-18}$

- c)  $2,22 \times 10^{-25}$   
 d)  $6,66 \times 10^{-27}$   
 e)  $2,22 \times 10^{-34}$

### Exercício 27

(UNESP 2019) As figuras representam dois modelos, 1 e 2, para o átomo de hidrogênio. No modelo 1, o elétron move-se em trajetória espiral, aproximando-se do núcleo atômico e emitindo energia continuamente, com frequência cada vez maior, uma vez que cargas elétricas aceleradas irradiam energia. Esse processo só termina quando o elétron se choca com o núcleo. No modelo 2, o elétron move-se inicialmente em determinada órbita circular estável e em movimento uniforme em relação ao núcleo, sem emitir radiação eletromagnética, apesar de apresentar aceleração centrípeta. Nesse modelo a emissão só ocorre, de forma descontínua, quando o elétron sofre transição de uma órbita mais distante do núcleo para outra mais próxima.



A respeito desses modelos atômicos, pode-se afirmar que

- a) o modelo 1, proposto por Bohr em 1913, está de acordo com os trabalhos apresentados na época por Einstein, Planck e Rutherford.  
 b) o modelo 2 descreve as ideias de Thomson, em que um núcleo massivo no centro mantém os elétrons em órbita circular na eletrosfera por forças de atração coulombianas.  
 c) os dois estão em total desacordo com o modelo de Rutherford para o átomo, proposto em 1911, que não previa a existência do núcleo atômico.  
 d) o modelo 1, proposto por Bohr, descreve a emissão de fótons de várias cores enquanto o elétron se dirige ao núcleo atômico.  
 e) o modelo 2, proposto por Bohr, explica satisfatoriamente o fato de um átomo de hidrogênio não emitir radiação o tempo todo.

### Exercício 28

(FUVEST 2021) A energia irradiada pelo Sol provém da conversão de massa em energia durante reações de fusão de núcleos de hidrogênio para produzir núcleos de hélio.

Atualmente, essas reações permitem ao Sol emitir radiação luminosa a uma potência de aproximadamente  $4 \cdot 10^{26} \text{ W}$ .

Supondo que essa potência tenha sido mantida desde o nascimento do Sol, cerca de  $5 \cdot 10^9$  anos atrás, a massa correspondente àquela perdida pelo Sol até hoje é mais próxima de

Note e adote:

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

Considere que um ano tem cerca de  $3 \cdot 10^7 \text{ s}$ .

- a)  $10^7 \text{ kg}$

- b)  $10^{17} \text{ kg}$   
 c)  $10^{27} \text{ kg}$   
 d)  $10^{37} \text{ kg}$   
 e)  $10^{47} \text{ kg}$

### Exercício 29

(UNISC 2015) Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a  $1,0 \times 10^{12}$  calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4018 J e  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ):

- a)  $4,6 \times 10^{-5} \text{ kg}$   
 b)  $4,6 \times 10^{-8} \text{ kg}$   
 c)  $1,1 \times 10^{-5} \text{ kg}$   
 d)  $1,1 \times 10^{-8} \text{ kg}$   
 e)  $1,1 \times 10^{-13} \text{ kg}$

### Exercício 30

(ITA 2003) Considere as seguintes afirmações:

- I. No efeito fotoelétrico, quando um metal é iluminado por um feixe de luz monocromática, a quantidade de elétrons emitidos pelo metal é diretamente proporcional à intensidade do feixe incidente, independentemente da frequência da luz.  
 II. As órbitas permitidas ao elétron em um átomo são aquelas em que o momento angular orbital é  $n h / 2\pi$ , sendo  $n = 1, 3, 5, \dots$ .  
 III. Os aspectos corpuscular e ondulatório são necessários para a descrição completa de um sistema quântico.  
 IV. A natureza complementar do mundo quântico é expressa, no formalismo da Mecânica Quântica, pelo princípio de incerteza de Heisenberg.

Quais estão corretas ?

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

### Exercício 31

(EPCAR 2014) Quando necessário, use:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  sen  $37^\circ = 0,6$  cos  $37^\circ = 0,8$

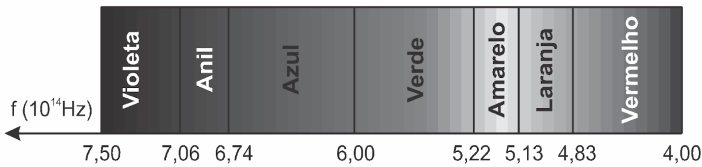
Para a construção de uma célula fotoelétrica, que será utilizada na abertura e fechamento automático de uma porta, um pesquisador dispõe de quatro metais, cujas funções trabalho ( $\omega$ ) estão listadas na tabela abaixo.

Metal	$\omega$ (eV)
Platina	6,4
Prata	4,7
Chumbo	4,1
Sódio	2,3

Sendo que essa célula deverá ser projetada para funcionar com luz visível, poderá(ão) ser usado(s) somente o(s) metal(is)

Dados:  $h = 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ e V} \cdot \text{s}$

Diagrama do espectro visível



- a) platina.
- b) sódio.
- c) chumbo e prata.
- d) chumbo e sódio.

**Exercício 32**



Robert Smithson. *Molhe Espiral*, 1970. Rocha negra, cristais de sal, terra, água vermelha (algas). 457,2 m de comprimento e aproximadamente 4,57 m de largura. Grande Lago Salgado, Utah (EUA).

(UEL 2012) A obra Molhe Espiral (acima) faz lembrar o modelo atômico "planetário", proposto por Ernest Rutherford (Fig. 1). Esse modelo satisfaz as observações experimentais de desvio de partículas alfa ao bombardearem folhas de ouro. Entretanto, ele falha quando se leva em conta a teoria do eletromagnetismo, segundo a qual cargas aceleradas emitem radiação eletromagnética. Assim, o elétron perde energia executando uma trajetória em espiral e colapsando no núcleo (Fig. 2).

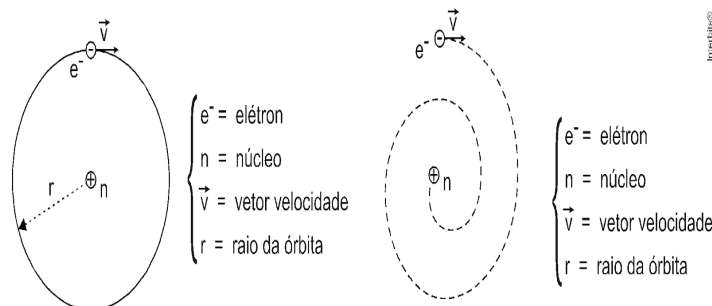


Fig. 1: Modelo atômico "planetário"

Fig. 2: Colapso do elétron no núcleo

Com base no enunciado, nas figuras e nos conhecimentos sobre mecânica e eletromagnetismo, considere as afirmativas a seguir.

I. A variação do vetor velocidade do elétron evidencia que seu movimento é acelerado.

II. Se o módulo da velocidade linear do elétron é constante em toda a trajetória da Fig. 2, a sua velocidade angular aumentará até o colapso com o núcleo.

III. O átomo de Rutherford poderia ser estável se o elétron possuísse carga positiva.

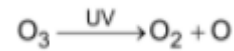
IV. Na segunda figura, o elétron está desacelerando, uma vez que a força de repulsão eletrostática diminui com o decréscimo do raio da órbita.

Assinale a alternativa correta.

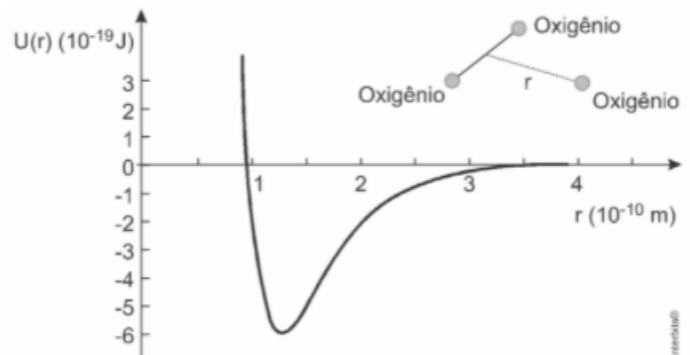
- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

**Exercício 33**

(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  $\text{O}_3$  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  $\text{O}_2$  e um átomo de oxigênio, aproximadamente,

Note e adote:

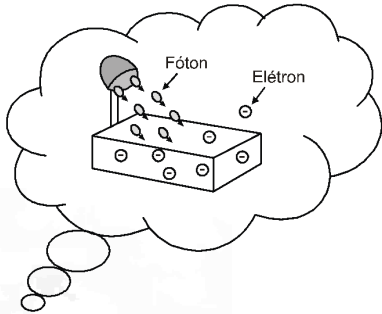
- $E = hf$
- $E$  é a energia do fóton.
- $f$  é a frequência da luz.
- Constante de Planck,  $h = 6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- a)  $1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- b)  $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- c)  $3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- d)  $4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- e)  $5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$



### Exercício 34

(UFRGS 2012) Em 1905, Einstein propôs uma teoria simples e revolucionária para explicar o efeito fotoelétrico, a qual considera que a luz é constituída por partículas sem massa, chamadas de fótons. Cada fóton carrega uma energia dada por  $hf$ , onde  $h = 4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$  é a constante de Planck, e  $f$  é a frequência da luz. Einstein relacionou a energia cinética,  $E$ , com que o elétron emerge da superfície do material, à frequência da luz incidente sobre ele e à função trabalho,  $W$ , através da equação  $E = hf - W$ . A função trabalho  $W$  corresponde à energia necessária para um elétron ser ejetado do material.



Interbits®

Em uma experiência realizada com os elementos Potássio (K), Chumbo (Pb) e Platina (Pt), deseja-se obter o efeito fotoelétrico fazendo incidir radiação eletromagnética de mesma frequência sobre cada um desses elementos. Dado que os valores da função trabalho para esses elementos são  $W_K = 2,1 \text{ eV}$ ,  $W_{Pb} = 4,1 \text{ eV}$  e  $W_{Pt} = 6,3 \text{ eV}$ , é correto afirmar que o efeito fotoelétrico será observado, nos três elementos, na frequência:

- a)  $1,2 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .
- b)  $3,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .
- c)  $5,4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .
- d)  $1,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$ .
- e)  $1,6 \times 10^{15} \text{ Hz}$ .

### Exercício 35

(UFPE 2005) De acordo com o modelo de Bohr, os níveis de energia do átomo de hidrogênio são dados por  $E_n = -13,6/n^2$ , em eV. Qual a energia, em eV, de um fóton emitido quando o átomo efetua uma transição entre os estados com  $n = 2$  e  $n = 1$ ?

- a) 13,6
- b) 10,2
- c) 5,6
- d) 3,4
- e) 1,6

### Exercício 36

(UFRGS 2006) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem. De acordo com a Física Quântica, a energia interna de um átomo está quantizada em níveis discretos. Pelo modelo atômico de Bohr, os valores de energia dos níveis discretos do átomo de

hidrogênio livre são dados por  $E_n = (2,18 \times 10^{-18})/n^2$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , em J, onde  $n$  é o número quântico que identifica cada nível de energia. Sendo  $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  o valor aproximado da constante de Planck, para sofrer uma transição atômica do nível inicial  $n = 3$  para o nível fundamental  $n = 1$ , um átomo de hidrogênio deverá ..... radiação eletromagnética de frequência aproximadamente igual a ..... hertz.

- a) absorver -  $1,6 \times 10^{14}$
- b) emitir -  $2,5 \times 10^{14}$
- c) absorver -  $3,6 \times 10^{14}$
- d) emitir -  $2,9 \times 10^{15}$
- e) absorver -  $3,3 \times 10^{15}$

### Exercício 37

(ITA 2016) Sabendo que a função trabalho do zinco metálico é  $5,82 \times 10^{-19} \text{ J}$ , assinale a opção que apresenta a energia cinética máxima, em joules, de um dos elétrons emitidos, quando luz de comprimento de onda igual a  $140 \text{ nm}$  atinge a superfície do zinco.

- a)  $14,2 \times 10^{-18}$
- b)  $8,4 \times 10^{-18}$
- c)  $14,2 \times 10^{-19}$
- d)  $8,4 \times 10^{-19}$
- e)  $14,2 \times 10^{-20}$

### Exercício 38

(CEFET MG 2015) Um observador A está em uma espaçonave que passa perto da Terra afastando-se da mesma com uma velocidade relativa de  $0,995 c$ . A espaçonave segue viagem até que o observador A constata que a mesma já dura  $2,50$  anos. Nesse instante, a espaçonave inverte o sentido da sua trajetória e inicia o retorno à Terra, que dura igualmente  $2,50$  anos, de acordo com o relógio de bordo. Um observador B, na superfície da Terra, envelhece, aproximadamente, entre a partida e o retorno da espaçonave,

- a) 50 anos.
- b) 25 anos
- c) 5 anos
- d) 2,5 anos
- e) 0,5 anos

### Exercício 39

(UDESC 2015) De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de  $0,999 c$ , para um planeta de uma estrela situado a  $20$  anos-luz de distância. Ele passa  $5$  anos neste planeta e retorna para casa a  $0,999 c$ . Considerando que  $\gamma = 22,4$ , assinale a alternativa que representa corretamente quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente:

- a)  $20,00$  anos e  $1,12$  anos
- b)  $45,04$  anos e  $1,79$  anos
- c)  $25,00$  anos e  $5,00$  anos
- d)  $45,04$  anos e  $6,79$  anos
- e)  $40,04$  anos e  $5,00$  anos

### Exercício 40

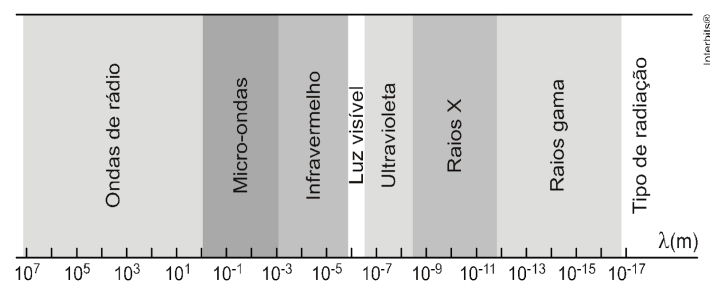
(UFSC 2017) As radiações características emitidas pelos átomos dos elementos ao serem aquecidos em uma chama ou submetidos a descargas elétricas foram investigadas exaustivamente no final do século XIX. Quando observada através de um espectroscópio, essa radiação forma um conjunto de linhas de várias cores ou comprimentos de onda, e as posições e as intensidades dessas linhas são características de cada elemento. O estudo dessas linhas é importante, ainda hoje, em campos como a astrofísica e foi fundamental para a compreensão da estrutura da matéria no início do século XX.

Sobre espectros atômicos, é correto afirmar que:

- 01) espectros de emissão discretos são obtidos de luz proveniente de corpos densos e quentes (sólidos, líquidos e gases altamente comprimidos).  
 02) espectros de absorção apresentam linhas escuras que representam os comprimentos de onda de gases relativamente frios e rarefeitos que se interpõem entre a luz proveniente de uma fonte que emite um espectro contínuo e um espectroscópio.  
 04) espectros de emissão contínuos são obtidos por intermédio de aquecimento ou descargas elétricas em matéria pouco densa, como gases rarefeitos.  
 08) o Modelo Atômico de Rutherford não explicava os espectros de emissão discretos.  
 16) o Modelo Atômico de Bohr teve sucesso em explicar o espectro de emissão do hidrogênio ao propor que: os átomos emitem radiação quando um elétron sofre transição de uma órbita para outra e a frequência da radiação emitida está relacionada às energias das órbitas através da equação  $hf = E_C - U_0$ .  
 32) as regularidades nos espectros foram inicialmente interpretadas por fórmulas obtidas empiricamente, como a série de Balmer, a de Paschen e a de Lyman.

#### Exercício 41

(EPCAR 2013) O elétron do átomo de hidrogênio, ao passar do primeiro estado estacionário excitado,  $n = 2$ , para o estado fundamental,  $n = 1$ , emite um fóton. Tendo em vista o diagrama da figura abaixo, que apresenta, de maneira aproximada, os comprimentos de onda das diversas radiações, componentes do espectro eletromagnético, pode-se concluir que o comprimento de onda desse fóton emitido corresponde a uma radiação na região do(s):



- a) raios gama  
 b) raios X  
 c) ultravioleta  
 d) infravermelho

#### Exercício 42

(UPE 2015) Considere as afirmações a seguir com relação ao efeito fotoelétrico.

- I. A energia cinética do elétron emitido pelo material depende da intensidade da radiação incidente.  
 II. Somente ocorre quando há incidência de elétrons sobre uma superfície metálica.  
 III. A quantidade de elétrons emitidos pelo material depende da intensidade da luz incidente.  
 IV. A menor energia cinética do elétron emitido pelo material é igual a zero.

Estão CORRETAS apenas:

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

#### Exercício 43

(UFRGS 2014) Os múons cósmicos são partículas de altas energias, criadas na alta atmosfera terrestre. A velocidade de alguns desses múons ( $v$ ) é próxima da velocidade da luz ( $c$ ), tal que  $v^2 = 0,998c^2$ , e seu tempo de vida em um referencial em repouso é aproximadamente  $t_0 = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$ . Pelas leis da mecânica clássica, com esse tempo de vida tão curto, nenhum múon poderia chegar ao solo, no entanto eles são detectados na Terra. Pelos postulados da relatividade restrita, o tempo de vida do múon em um referencial terrestre ( $t$ ) e o tempo  $t_0$  são relacionados pelo fator relativístico

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

Para um observador terrestre a distância que o múon pode percorrer antes de se desintegrar é, aproximadamente,

- a)  $6,0 \times 10^2 \text{ m}$ .  
 b)  $6,0 \times 10^3 \text{ m}$ .  
 c)  $13,5 \times 10^3 \text{ m}$ .  
 d)  $17,5 \times 10^3 \text{ m}$ .  
 e)  $27,0 \times 10^3 \text{ m}$ .

#### Exercício 44

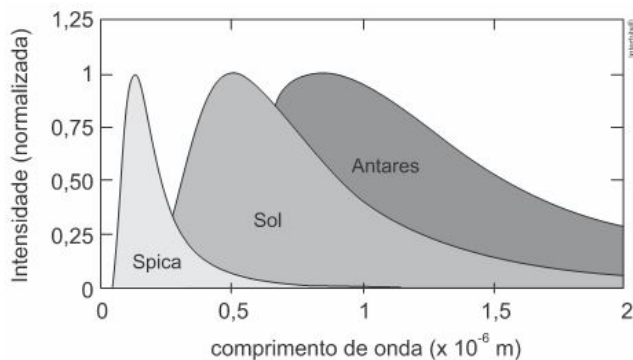
A nanotecnologia, tão presente nos nossos dias, disseminou o uso do prefixo nano ( $n$ ) junto a unidades de medida. Assim, comprimentos de onda da luz visível são, modernamente, expressos em nanômetros (nm), sendo  $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ . (Considere a velocidade da luz no ar igual a  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .) (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  $6,6 \times 10^{-34}$  J.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)  $3,30 \times 10^{-41}$  J.
- b)  $3,96 \times 10^{-33}$  J.
- c)  $1,98 \times 10^{-32}$  J.
- d)  $3,96 \times 10^{-19}$  J.
- e)  $1,98 \times 10^{-18}$  J.

**Exercício 45**

(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  $2,90 \times 10^{-3}$  m.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.

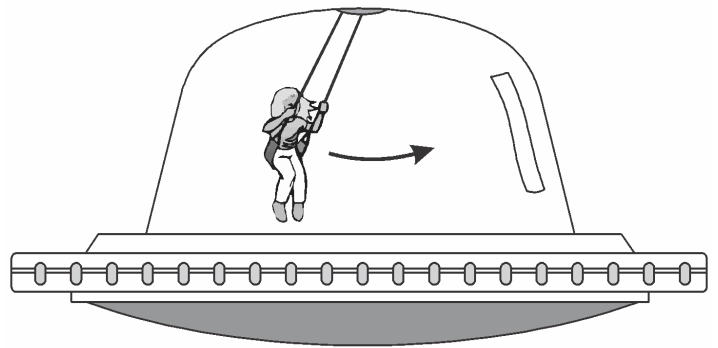
- I. Spica é a mais brilhante das três.
- II. A temperatura do Sol é de aproximadamente 5.800 K
- III. Antares é a mais fria das três.

Quais estão corretas?

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

**Exercício 46**

(EPCAR 2014) Uma garota de nome Julieta se encontra em uma nave espacial brincando em um balanço que oscila com período constante igual a  $T_0$ , medido no interior da nave, como mostra a figura abaixo:



A nave de Julieta passa paralelamente com velocidade  $0,5c$ , em que  $c$  é a velocidade da luz, por uma plataforma espacial, em relação à qual, o astronauta Romeu se encontra parado. Durante essa passagem, Romeu mede o período de oscilação do balanço como sendo  $T$  e o comprimento da nave, na direção do movimento, como sendo  $L$ . Nessas condições, o período  $T$ , medido por Romeu, e o comprimento da nave, medido por Julieta, são respectivamente:

- a)  $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$  e  $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$
- b)  $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$  e  $\frac{L\sqrt{3}}{2}$
- c)  $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$  e  $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$
- d)  $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$  e  $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

**Exercício 47**

(UPF 2016) Duas fontes de luz laser, denominadas de Fonte 1 e Fonte 2, têm as seguintes especificações:

Fonte 1	Fonte 2
Potência: $5 \cdot 10^{-3} W$	Potência: 3
Comprimento de onda: 632 nm	Comprimento de

Considere que um estudante do ensino médio compra as fontes. Ele sabe que a Fonte 1 emite  $N_1$  fótons por segundo, cada um com energia  $E_1$ ; e que a Fonte 2 emite  $N_2$  fótons por segundo, cada um com energia  $E_2$ .

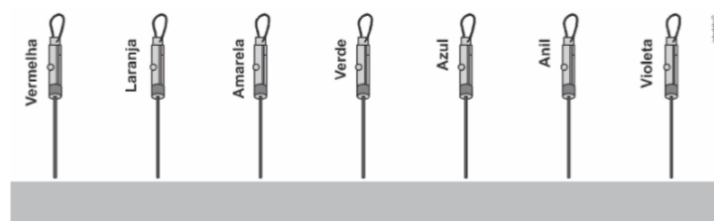
Com relação a essas fontes e considerando-se as informações anteriormente descritas, é correto afirmar que:

- a)  $N_1 < N_2$  e  $E_1 < E_2$
- b)  $N_1 = N_2$  e  $E_1 < E_2$
- c)  $N_1 = N_2$  e  $E_1 = E_2$
- d)  $N_1 < N_2$  e  $E_1 = E_2$
- e)  $N_2 < N_1$  e  $E_1 = E_2$

**Exercício 48**

(UFSC 2018) Um professor propôs a seus alunos o seguinte problema sobre efeito fotoelétrico. Uma placa composta de metal, que apresenta função trabalho de 2,50 eV, é iluminada com as cores do arco-íris por meio de sete lasers. A figura abaixo indica as posições e frequências da cor de cada laser. Adote as

frequências da tabela, a velocidade da luz igual a  $3 \cdot 10^8$  m/s, a constante de Planck igual a  $6,6 \cdot 10^{-34}$  J e  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J.



Frequências ( $10^{14}$ Hz)						
Vermelha	Laranja	Amarela	Verde	Azul	Anil	Violeta
3,90	4,90	5,10	5,50	6,10	6,50	7,50

Considerando o exposto, é correto afirmar que:

- 01) as luzes vermelha, laranja e amarela não conseguem arrancar elétrons da placa.
- 02) se o efeito fotoelétrico ocorrer com a luz violeta, a energia cinética de todos os elétrons arrancados da placa será a mesma.
- 04) os elétrons arrancados da placa pela luz verde saem com energia cinética de, aproximadamente,  $3,7 \cdot 10^{-20}$  J.
- 08) o efeito fotoelétrico foi explicado por Albert Einstein.
- 16) para que a luz amarela possa arrancar elétrons da placa, devemos aumentar sua intensidade, ou seja, irradiar luz amarela mais forte na placa.

#### Exercício 49

(UEM 2016) Sobre os modelos atômicos e a quantização da energia é correto afirmar:

- 01) Segundo os resultados dos experimentos de Ernest Rutherford, um átomo é formado por um núcleo (que é muito pequeno quando comparado com o próprio átomo) com carga elétrica positiva, no qual se concentra praticamente toda a massa do átomo. Ao redor do núcleo localizam-se os elétrons, que neutralizam a carga positiva.
- 02) A teoria quântica ganhou notoriedade em torno do ano 1900 com o trabalho de Max Planck. De acordo com os estudos de Planck, um corpo, ao passar de um estado de menor energia para outro de maior energia, absorve uma quantidade discreta de energia chamada quantum de energia.
- 04) O modelo atômico proposto por Niels Bohr indica que os elétrons em um átomo podem ocupar somente algumas energias discretas e que esses elétrons percorrem órbitas circulares com um determinado raio fixo.
- 08) Considerando o modelo atômico de Bohr, quanto maior for a energia de um elétron no átomo, maior será o raio de sua órbita.
- 16) Segundo o modelo atômico de Thomson, os elétrons giram em torno de um núcleo em órbitas circulares e elípticas.

#### Exercício 50

(UPE 2019) Um sensor pode medir a velocidade de diferentes partículas com uma incerteza de  $3 \times 10^{-2}$  cm/s. O sensor é utilizado na medição da velocidade de um próton, um elétron e um átomo de hidrogênio. Sobre a incerteza na posição durante as medições, é **CORRETO** afirmar que a do

Dados: massa do próton  $m_p = 1,7 \times 10^{-27}$  kg

massa do elétron  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg

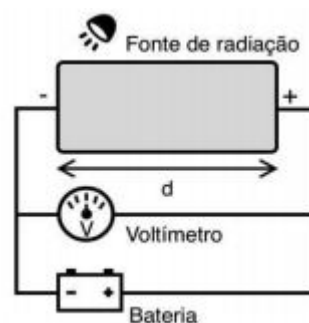
constante de Planck  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  Js

- a) elétron é menor que a do próton.
- b) próton e a do elétron possuem a mesma ordem de grandeza.
- c) próton é menor que a incerteza na posição do átomo de hidrogênio.
- d) átomo de hidrogênio é igual à soma das incertezas das posições do elétron e do próton.
- e) átomo de hidrogênio é da ordem de  $10^{-4}$  m.

#### Exercício 51

(UPE 2019) Uma bateria está conectada a duas placas paralelas metálicas em um tubo onde se fez vácuo. As placas estão separadas por uma distância  $d = 25$  cm, e a placa negativa está sendo iluminada por uma radiação eletromagnética de frequência  $500 \times 10^{12}$  Hz. A função trabalho do material das placas é igual a  $3,3 \times 10^{-19}$  J. Se o voltímetro mede uma tensão de 3 V, então a velocidade dos elétrons que atingem a placa positiva é de aproximadamente

Considere a massa do próton  $m_p = 1,7 \times 10^{-27}$  kg, a massa do elétron  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  kg e a constante de Planck  $h = 6,6 \times 10^{-34}$  Js.



- a)  $1 \times 10^3$  m/s
- b)  $2 \times 10^4$  m/s
- c)  $3 \times 10^4$  m/s
- d)  $2 \times 10^5$  m/s
- e)  $1 \times 10^6$  m/s

#### Exercício 52

(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.

### Exercício 53

(Ufsc 2020)



Disponível em: <http://store.lowtechsolutions.org/head-movement>.  
Acesso em: 10 set. 2019.

Para pessoas que conseguem mover a cabeça, mas têm dificuldade em falar e mover os membros, uma ponteira *laser* adaptada aos óculos e um quadro de comunicação (figura ao lado) podem ser uma solução útil. O *laser* permite que uma pessoa com movimento limitado aponte diretamente para letras, palavras e frases em um painel de comunicação. As ponteiras *laser* são simples e fáceis de usar, além de fornecerem uma maneira extremamente rápida e eficiente de comunicação.

Sobre o assunto abordado e com base no exposto acima, é correto afirmar que:

- 01) de acordo com o modelo atômico de Bohr, ocorre um processo de emissão espontânea de um fóton pelo átomo, causando a transferência do elétron excitado para um nível de energia mais alta.
- 02) a luz do laser não pode sofrer difração, por isso pode ser muito intensa.
- 04) a luz produzida por um laser apresenta apenas uma frequência.
- 08) a luz produzida pelo laser é extremamente direcional.
- 16) de acordo com o modelo atômico de Bohr, um fóton absorvido por um elétron causa a transferência deste de um nível de energia mais baixa para um nível de energia mais alta.
- 32) na produção do laser, um fóton externo estimula um elétron excitado a passar para um estado de mais baixa energia com a emissão de um fóton de mesma energia do fóton incidente; após o efeito, ambos os fótons se propagam juntos no espaço.

### Exercício 54

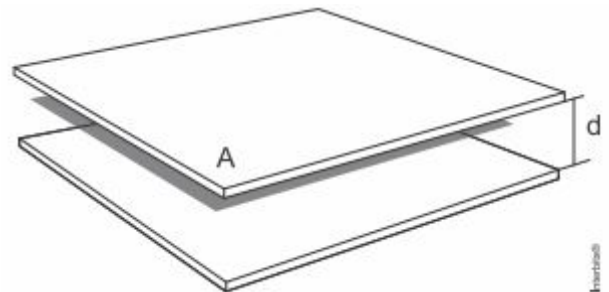
(UFMG 2012) Considere que, no ano de 2222, um trem expresso passa por uma estação à velocidade de  $0,2c$ , em que  $c$  é a velocidade da luz. Henrique está dentro desse trem, em um vagão que mede  $30\text{ m}$  de comprimento. Quando o trem está passando pela estação, Henrique liga um laser situado no fundo do vagão. Esse laser emite um pulso de luz, que é refletido por um espelho posicionado na frente do vagão, retorna e atinge um detector situado junto ao laser.

- a) No referencial de Henrique, calcule o intervalo de tempo entre o pulso sair do laser e atingir o detector.

b) Enquanto isso, Alberto, parado na estação, vê o trem passar. Considerando essa informação, responda: qual é a velocidade do pulso de luz do laser medida no referencial de Alberto? Justifique sua resposta.

### Exercício 55

(UEL 2016) O efeito Casimir é uma pequena força atrativa que atua entre duas placas metálicas idênticas descarregadas e dispostas paralelamente, como mostra a figura a seguir.



Essa força tem sua origem nas flutuações do vácuo quântico do campo eletromagnético. A força atrativa entre as duas placas, cada uma com área  $A$ , separadas por uma distância  $d$ , pode ser calculada pela equação

$$F = \frac{\pi hc}{480d^4} A$$

em que  $h$  é a constante de Planck e  $c$  é a velocidade da luz.

Considerando  $\pi = 3,14$ ,  $c = 3,0 \times 10^8\text{ m/s}$  e  $h = 6,63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$ , responda aos itens a seguir.

- a) Calcule a força de Casimir entre as placas, cada uma com  $1\text{ m}^2$  de área, separadas por uma distância  $d = 1\text{ }\mu\text{m}$ .
- b) Calcule a massa de um corpo no campo gravitacional terrestre, considerando  $g = 10\text{ m/s}^2$ , submetido a uma força dessa intensidade.

### Exercício 56

(ITA 2014) Pontos quânticos são nanoestruturas que permitem a manipulação do estado quântico de um único elétron, sendo um caminho promissor para a Computação Quântica. Em primeira aproximação, um ponto quântico confina elétrons com um potencial semelhante ao de um oscilador harmônico, isto é, com uma energia potencial do tipo  $V(x) = m\omega^2 x^2/2$ , em que  $x$  é a posição da partícula em relação ao ponto de equilíbrio,  $m$  é a massa da partícula confinada,  $\omega = \sqrt{k/m}$  e  $k$  é a "constante de mola" (embora não seja este um conceito apropriado no mundo quântico). De acordo com a Mecânica Clássica, a energia mecânica deste oscilador pode variar continuamente de zero até infinito. Por outro lado, na Mecânica Quântica, a energia deste oscilador varia de forma discreta, de acordo com a expressão  $E_n = (n + 1/2)\hbar\omega$ , em que  $n$  pode assumir os valores  $0, 1, 2, \dots$ . Na descrição quântica do oscilador harmônico, o menor valor possível para a energia mecânica é  $\hbar\omega/2$ , diferentemente do previsto na Mecânica Clássica. Explique por que não é possível haver energia igual a zero na descrição quântica do oscilador harmônico.

### Exercício 57

(UEL 2017) No modelo padrão da física das partículas elementares, o próton e o nêutron são partículas compostas constituídas pelas combinações de partículas menores chamadas de quarks  $u$  (up) e  $d$  (down). Nesse modelo, o próton ( $p$ ) e o nêutron ( $n$ ) são compostos, cada um, de três quarks, porém com

diferentes combinações, sendo representados por  $p(u, u, d) = e$  e  $n(u, d, d) = e$ . Os prótons e os nêutrons comportam-se, na presença de um campo magnético, como se fossem minúsculos ímãs, cujas intensidades são denominadas de momento magnético e medidas em magnetons nucleares (mn). Para o próton, o momento magnético é dado por

$$\mu_p = \frac{4}{3}\mu_u - \frac{1}{3}\mu_d$$

enquanto que, para o nêutron, o momento magnético é dado por

$$\mu_n = \frac{4}{3}\mu_d - \frac{1}{3}\mu_u$$

O momento magnético dos quarks  $u$  e  $d$  são dados por

$$\mu_u = \frac{e_u}{M} \quad \mu_d = \frac{e_d}{M}$$

em que  $e_u = \frac{+2}{3}e$  e  $e_d = \frac{-1}{3}e$ .

A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

- Determine o valor da razão entre o momento magnético dos quarks  $u$  e  $d$ .
- Determine o valor adimensional da razão  $\frac{\mu_n}{\mu_p}$ .

#### Exercício 58

(UEL 2016) O positrônio é um átomo formado por um elétron e sua antipartícula, o pósitron, que possui uma carga elétrica oposta e massa igual à do elétron. O positrônio é semelhante ao átomo de hidrogênio, que possui um elétron e um próton. A energia do nível fundamental desses átomos pode ser obtida a partir da equação

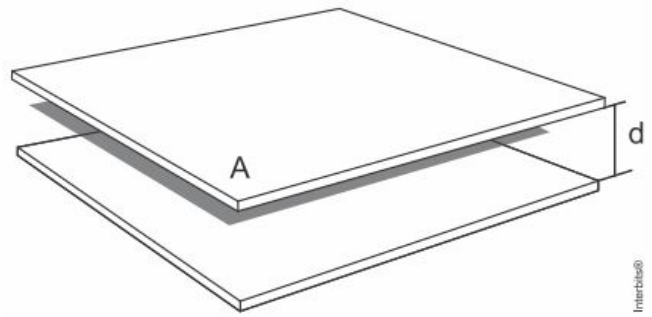
$$\varepsilon = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_p}} eV$$

em que  $m_e$  é a massa do elétron e  $m_p$  é a massa do pósitron, no caso do positrônio, ou a massa do próton, no caso do átomo de hidrogênio. A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

- Sabendo que a massa do próton é muito maior do que a massa do elétron, estime a energia do nível fundamental do átomo de hidrogênio.
- Calcule a energia do nível fundamental do positrônio.

#### Exercício 59

(UEL 2016) O efeito Casimir é uma pequena força atrativa que atua entre duas placas metálicas idênticas descarregadas e dispostas paralelamente, como mostra a figura a seguir.



Essa força tem sua origem nas flutuações do vácuo quântico do campo eletromagnético. A força atrativa entre as duas placas, cada uma com área  $A$ , separadas por uma distância  $d$ , pode ser calculada pela equação

$$F = \frac{\pi hc}{480d^4} A$$

em que  $h$  é a constante de Planck e  $c$  é a velocidade da luz.

Considerando  $\pi = 3,14$ ;  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$  e  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$  responda aos itens a seguir.

- Calcule a força de Casimir entre as placas, cada uma com  $1 \text{ m}^2$  de área, separadas por uma distância  $d = 1 \mu\text{m}$ .
- Calcule a massa de um corpo no campo gravitacional terrestre, considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  submetido a uma força dessa intensidade.

#### Exercício 60 (UFSC 2018)



A tecnologia utilizada no sistema WEEDit para pulverização localizada é bastante inteligente. O sistema de sensores realiza a leitura da área, emitindo uma luz vermelha de alta intensidade para detectar plantas vivas indesejadas, conforme imagem acima. Um conjunto de sensores realiza leituras com uma frequência de 40 mil vezes por segundo. A clorofila das plantas responde à luz vermelha emitida pelo sensor absorvendo-a e emitindo luz NIR (infravermelho próximo) através da fluorescência, emissão que é detectada pelos sensores. Os sensores WEEDit identificam mesmo as menores emissões da clorofila e reagem acionando o conjunto de bicos referente à planta identificada, aplicando apenas o necessário, de acordo com o tamanho da planta.

Disponível em: . [Adaptado]. Acesso em: 25 out. 2017.

O modelo atômico de Bohr pode ser utilizado para explicar a absorção da luz vermelha pela clorofila e a emissão da luz NIR,

considerando a luz como fótons, conforme figura A abaixo.

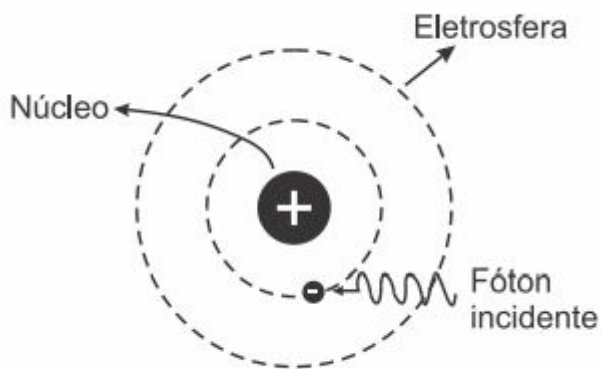


Figura A

a) Reproduza a figura B e desenhe a posição do elétron depois que o fóton incidiu sobre o átomo (figura A). Explique o que ocorreu.



Figura B

b) Reproduza a figura C e desenhe a energia absorvida do fóton incidente sendo liberada e a posição do elétron após essa liberação. Explique o que ocorreu.

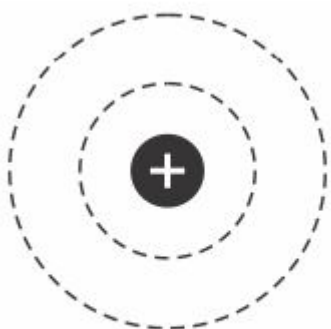


Figura C

c) A energia dos fótons de luz vermelha está associada com qual grandeza física?

#### Exercício 61

(FUVEST 2017) Os primeiros astronautas a pousar na Lua observaram a existência de finas camadas de poeira pairando acima da superfície lunar. Como não há vento na Lua, foi entendido que esse fenômeno estava ligado ao efeito fotoelétrico causado pela luz solar: elétrons são extraídos dos grãos de poeira do solo lunar ao receberem energia da radiação eletromagnética proveniente do Sol e, assim, os grãos tornam-se positivamente carregados. O mesmo processo também arranca elétrons da superfície lunar, contribuindo para a carga positiva do lado

iluminado da superfície da Lua. A altura de equilíbrio acima da superfície lunar dessas camadas depende da massa e da carga dos grãos. A partir dessas informações, determine

- o módulo  $F_e$  da força eletrostática que age sobre cada grão em equilíbrio da camada, sabendo que um grão de poeira tem massa  $m = 1,2 \times 10^{-14}$  kg e que a aceleração da gravidade nas proximidades da superfície da Lua é  $g_L = 1,6 \text{ m/s}^2$ ;
- o módulo  $E$  do campo elétrico na posição dessa camada de poeira, sabendo que a carga adquirida por um grão é  $Q = 1,9 \times 10^{-15}$  C.

Uma característica do efeito fotoelétrico é a necessidade de os fótons da luz incidente terem uma energia mínima, abaixo da qual nenhum elétron é arrancado do material. Essa energia mínima está relacionada à estrutura do material e, no caso dos grãos de poeira da superfície lunar, é igual a  $8 \times 10^{-19}$  J.

- Determine a frequência mínima  $f$  dos fótons da luz solar capazes de extrair elétrons dos grãos de poeira.

Na superfície da Lua,  $5 \times 10^5$  é o número de fótons por segundo incidindo sobre cada grão de poeira e produzindo emissão de elétrons.

- Determine a carga  $q$  emitida em 2 s por um grão de poeira, devido ao efeito fotoelétrico, considerando que cada fóton arranque apenas um elétron do grão.

Note e adote:

Carga do elétron:  $-1,6 \times 10^{-19}$  C

Energia do fóton:  $E = hf$ ;  $f$  é a frequência e  $h \approx 6 \times 10^{-34}$  J. s é a constante de Planck.

Desconsidere as interações entre os grãos e a influência eletrostática dos elétrons liberados.

#### Exercício 62

(UNICAMP 2013) O prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. A velocidade da luz é  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

- Observações anteriores sobre a expansão do universo mostraram uma relação direta entre a velocidade  $v$  de afastamento de uma galáxia e a distância  $r$  em que ela se encontra da Terra, dada por  $v = H r$ , em que  $H = 2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$  é a constante de Hubble. Em muitos casos, a velocidade  $v$  da

$$v = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0}$$

galáxia pode ser obtida pela expressão  $v = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0}$ , em que  $\lambda_0$  é o comprimento de onda da luz emitida e  $\Delta \lambda$  é o deslocamento Doppler da luz. Considerando ambas as expressões acima, calcule a que distância da Terra se encontra uma galáxia, se  $\Delta \lambda = 0,092 \lambda_0$ .

- Uma supernova, ao explodir, libera para o espaço massa em forma de energia, de acordo com a expressão  $E = mc^2$ . Numa explosão de supernova foram liberados  $3,24 \times 10^{48}$  J, de forma que sua massa foi reduzida para  $m_{\text{final}} = 4,0 \times 10^{30}$  kg. Qual era a massa da estrela antes da explosão?

#### Exercício 63

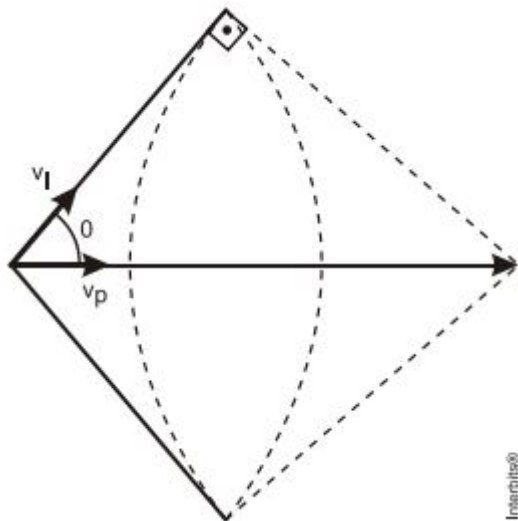
(UNICAMP 2011) A radiação Cerenkov ocorre quando uma partícula carregada atravessa um meio isolante com uma velocidade maior do que a velocidade da luz nesse meio. O estudo desse efeito rendeu a Pavel A. Cerenkov e colaboradores

o prêmio Nobel de Física de 1958. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado na água usada para refrigerar reatores nucleares, em que ocorre a emissão de luz azul devido às partículas de alta energia que atravessam a água.

a) Sabendo-se que o índice de refração da água é  $n = 1,3$ , calcule a velocidade máxima das partículas na água para que não ocorra a radiação Cerenkov. A velocidade da luz no vácuo é  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s.

b) A radiação Cerenkov emitida por uma partícula tem a forma de um cone, como ilustrado na figura abaixo, pois a sua velocidade,  $v_p$ , é maior do que a velocidade da luz no meio,  $v_l$ . Sabendo que o cone formado tem um ângulo  $\theta = 50^\circ$  e que a radiação emitida percorreu uma distância  $d = 1,6$  m em  $t = 12$  ns, calcule  $v_p$ .

Dados:  $\cos 50^\circ = 0,64$  e  $\sin 50^\circ = 0,76$ .



#### Exercício 64

(UFES 2012) Um telefone celular emite ondas eletromagnéticas monocromáticas (radiação) através de sua antena, liberando uma potência de 10,0 mW. Sabendo que essa antena representa um ponto material e que o telefone celular emite radiação com frequência de 880 MHz (tecnologia GSM), determine

- o comprimento de onda dessa radiação;
- a energia de um fóton emitida por essa antena de celular em elétrons-volt;
- o número de fótons emitidos por essa antena de celular por segundo;
- a intensidade da onda que chega a um ponto distante 2,00 cm do telefone.

Dados: velocidade da luz no ar:  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s;  
constante de Planck  $h = 6,60 \times 10^{-34}$  J . s;  
 $1\text{eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J.

#### Exercício 65

(UFJF 2012) Um feixe de luz laser, de comprimento de onda  $\lambda = 400$  nm =  $400 \times 10^{-9}$  m, tem intensidade luminosa  $I = 100$  W/m<sup>2</sup>. De acordo com o modelo corpuscular da radiação, proposto por Einstein, em 1905, para explicar fenômenos da interação da radiação com a matéria, a luz é formada por quanta de energias denominados fótons. Usando como base esse modelo quântico da luz, calcule:

- a energia de cada fóton do feixe de luz laser.
- a energia que incide sobre uma área de 1 cm<sup>2</sup> perpendicular ao feixe durante um intervalo de tempo de 1,0s.

c) o número  $n$  de fótons que atingem essa área durante esse intervalo de tempo.

#### Exercício 66

(UFBA 2011) Quando um feixe luminoso passa através de um prisma, ele se decompõe em um espectro de cores que correspondem às luzes de diversos comprimentos de onda que compõem o feixe.

Um gás monoatômico rarefeito, contido em uma ampola de vidro, é submetido a uma descarga elétrica e produz uma luz que, ao passar através de um prisma, decompõe-se em um espectro de raias coloridas, cujo padrão é característico do gás.

A primeira explicação teórica para esse espectro, com base na teoria atômica, foi dada, em 1913, por Niels Bohr que, partindo do modelo atômico de Rutherford, estabeleceu um conjunto de postulados a partir dos quais era possível explicar, dentre outras coisas, o espectro observado.

Esses postulados estabelecem que os elétrons giram ao redor do núcleo, em órbitas circulares estáveis, nas quais eles podem permanecer sem perder energia, que as órbitas são quantizadas, possuindo, cada uma, um valor discreto de energia, e que o elétron, quando é forçado a mudar de uma órbita para outra, absorve ou libera uma determinada quantidade de energia.

Com base nos postulados de Bohr, explique a produção das linhas espectrais observadas.



#### Exercício 67

(UFPE 2005) O diagrama a seguir representa os 4 níveis de menor energia do átomo de hidrogênio calculados usando o modelo de Bohr. Calcule a energia mínima, em eV, que pode ser absorvida pelo átomo quando ele estiver no estado

$n = 4$	_____	-0,85 eV
$n = 3$	_____	-1,51 eV
$n = 2$	_____	-3,4 eV
$n = 1$	_____	-13,6 eV

#### Exercício 68

(UNICAMP 2008) Com um pouco de capacidade de interpretação do enunciado, é possível entender um problema de Física moderna, como o exposto a seguir, com base nos conhecimentos de ensino médio. O Positrônio é um átomo formado por um elétron e sua antipartícula, o pósitron, que possui carga oposta e massa igual à do elétron. Ele é semelhante ao átomo de Hidrogênio, que possui um elétron e um próton. A energia do nível fundamental desses átomos é dada por  $E_1 = -13,6/[1 + m_e/m_p]$  eV, onde  $m_e$  é a massa do elétron e  $m_p$  é a massa do pósitron, no caso do Positrônio, ou a massa do próton, no caso do átomo de Hidrogênio. Para o átomo de Hidrogênio, como a massa do próton é muito maior que a massa do elétron,  $E_1 = 13,6$  eV.

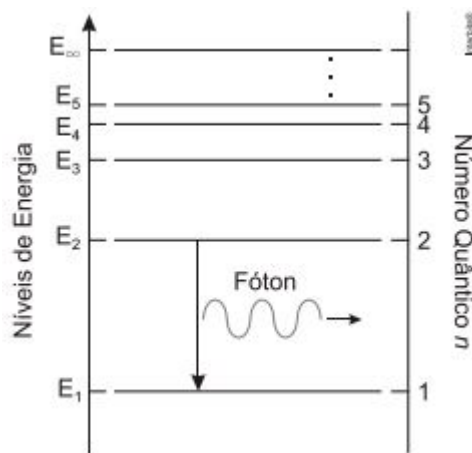
- Calcule a energia do nível fundamental do Positrônio.
- Ao contrário do átomo de Hidrogênio, o Positrônio é muito instável, pois o elétron pode aniquilar-se rapidamente com a sua



antipartícula, produzindo fótons de alta energia, chamados raios gama. Considerando que as massas do elétron e do pósitron são  $m_e = m_p = 9 \cdot 10^{-31}$  kg e que, ao se aniquilarem, toda a sua energia, dada pela relação de Einstein  $E_p + E_e = m_e c^2 + m_p c^2$ , é convertida na energia de dois fótons gama, calcule a energia de cada fóton produzido. A velocidade da luz é  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s.

### Exercício 69

(UFJF 2011) De acordo com o modelo de Bohr, as energias possíveis dos estados que o elétron pode ocupar no átomo de hidrogênio são, aproximadamente, dadas por  $E_n = -E_0/n^2$ , em que  $E_0 = 13,6$  eV e  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ . O elétron faz uma transição do estado excitado  $n = 2$  para o estado fundamental  $n = 1$ . Admitindo que a massa do átomo de hidrogênio é igual à massa do próton  $M_p = 1,6 \times 10^{-27}$  kg, faça o que se pede nos itens seguintes.



- Calcule a energia  $E$ , em elétron – volts, do fóton emitido.
- Sabendo que a quantidade de movimento (momento linear) do fóton emitido é dada por  $Q = E/c$  considerando que a quantidade de movimento do sistema se conserva, qual é a velocidade  $v$  de recuo do átomo?

### Exercício 70

(UFPE 2004) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante  $v = 0,8 c$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave, o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada na estação espacial foi de 12 meses. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em meses?

### Exercício 71

(UEL 2017) No modelo padrão da física das partículas elementares, o próton e o nêutron são partículas compostas constituídas pelas combinações de partículas menores chamadas de *quarks*  $u$  (up) e  $d$  (down). Nesse modelo, o próton ( $p$ ) e o nêutron ( $n$ ) são compostos, cada um, de três *quarks*, porém com diferentes combinações, sendo representados por  $p = (u, u, d)$  e  $n = (u, d, d)$ . Os prótons e os nêutrons comportam-se, na presença de um campo magnético, como se fossem minúsculos ímãs, cujas intensidades são denominadas de momento magnético e medidas em magnetons nucleares ( $m_n$ ). Para o próton, o momento magnético é dado por

$$\mu_p = \frac{4}{3}\mu_u - \frac{1}{3}\mu_d$$

enquanto que, para o nêutron, o momento magnético é dado por

$$\mu_n = \frac{4}{3}\mu_d - \frac{1}{3}\mu_u$$

O momento magnético dos *quarks*  $u$  e  $d$  são dados por

$$\mu_u = \frac{e_u}{M} e \mu_d = \frac{e_d}{M}$$

$$\text{em que } e_u = +\frac{2}{3} \text{ e } e_d = -\frac{1}{3}.$$

A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.

- Determine o valor da razão entre o momento magnético dos *quarks*  $u$  e  $d$ .
- Determine o valor adimensional da razão  $\frac{\mu_n}{\mu_p}$ .

### Exercício 72

(FUVEST 2009) Com o objetivo de criar novas partículas, a partir de colisões entre prótons, está sendo desenvolvido, no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares), um grande acelerador (LHC). Nele, através de um conjunto de ímãs, feixes de prótons são mantidos em órbita circular, com velocidades muito próximas à velocidade  $c$  da luz no vácuo. Os feixes percorrem longos tubos, que juntos formam uma circunferência de 27 km de comprimento, onde é feito vácuo. Um desses feixes contém  $N = 3,0 \times 10^{14}$  prótons, distribuídos uniformemente ao longo dos tubos, e cada próton tem uma energia cinética  $E$  de  $7,0 \times 10^{12}$  eV. Os prótons repassam inúmeras vezes por cada ponto de sua órbita, estabelecendo, dessa forma, uma corrente elétrica no interior dos tubos. Analisando a operação desse sistema, estime:

NOTE E ADOTE:

$$q = \text{Carga elétrica de um próton} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

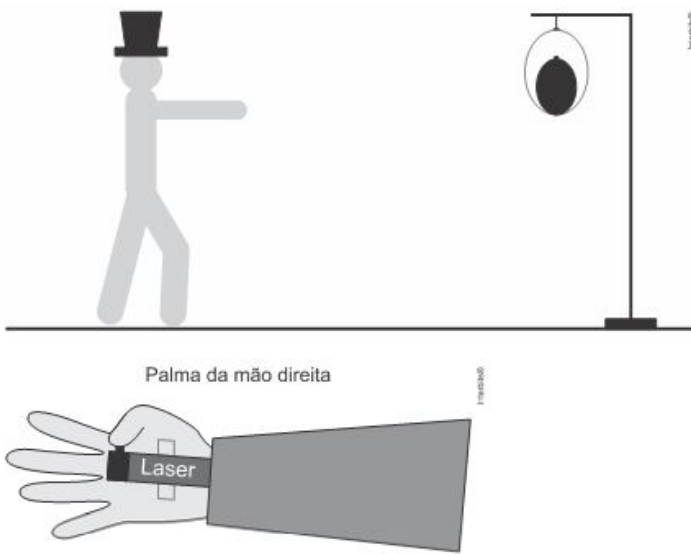
$$1 \text{ eletrôn-volt} = 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- A energia cinética total  $E_c$ , em joules, do conjunto de prótons contidos no feixe.
- A velocidade  $v$ , em km/h, de um trem de 400 toneladas que teria uma energia cinética equivalente à energia do conjunto de prótons contidos no feixe.
- A corrente elétrica  $I$ , em amperes, que os prótons em movimento estabelecem no interior do tubo onde há vácuo.

ATENÇÃO! Não utilize expressões envolvendo a massa do próton, pois, como os prótons estão a velocidades próximas à da luz, os resultados seriam incorretos.

### Exercício 73

(UFSC 2019) Em seu último truque, o mágico Gafanhoto apresenta para a plateia do Circo da Física um sistema que contém um balão transparente e, dentro dele, um balão preto, no momento em que o ambiente é iluminado com uma luz verde comum. Então afirma: “Vou explodir o balão a distância. Para ficar mais difícil, vou explodir o balão de dentro, e não o de fora”. Ele faz um movimento com as mãos, conforme a figura abaixo, e explode o balão preto, obtendo os aplausos da plateia. Sem que o público percebesse, o mágico acionou uma ponteira Laser verde de 200 mW que emite uma luz com comprimento de onda de 532 nm, o que fez o balão preto explodir.



Com base no exposto acima e na figura, é correto afirmar que:

- 01) a informação 200 mW indica a energia da ponteira Laser verde.
- 02) um Laser pode causar sérios danos à saúde, principalmente aos olhos dos seres humanos.
- 04) o balão preto explode porque grande parte da luz Laser verde é absorvida por ele, enquanto o balão transparente reflete grande parte da luz Laser verde.
- 08) a energia dos fótons da luz Laser verde depende da frequência da luz.
- 16) com a mesma ponteira Laser verde seria, teoricamente, mais difícil explodir um balão interno na cor verde.
- 32) o princípio de funcionamento de um Laser é semelhante ao de uma lupa que concentra os raios de luz em um ponto.

#### Exercício 74

(UFSC 2019) Na medicina, os Raios X são usados para o diagnóstico das condições dos órgãos internos, para a detecção de fraturas e para o tratamento de cânceres e de tumores, entre outras aplicações.

Sobre os Raios X, é correto afirmar que:

- 01) os Raios X produzidos por freamento surgem quando um feixe de elétrons em alta velocidade colide com um alvo metálico que produz a desaceleração dos elétrons.

- 02) como os Raios X possuem grande poder de penetração, as instalações em que há máquinas de Raio X necessitam de blindagem, que pode ser feita principalmente com alumínio e vidro comuns, para a proteção adequada do ser humano.
- 04) na colisão com o alvo metálico, os elétrons perdem energia cinética e ocorre a produção de energia térmica.
- 08) os Raios X não podem causar mutações no DNA humano.
- 16) a energia de um fóton de Raio X produzido por freamento é igual à variação da energia cinética do elétron quando desviado pelo núcleo dos átomos do material do alvo.
- 32) todos os fótons de Raio X possuem o mesmo comprimento de onda.

#### Exercício 75

(FUVEST 2022) Alguns equipamentos de visão noturna têm seu funcionamento baseado no efeito fotoelétrico, uma das primeiras descobertas que contribuíram para o surgimento da mecânica quântica. Nesses equipamentos, fótons de frequência  $f$  emitidos por um objeto incidem sobre uma superfície metálica. Elétrons são então liberados da superfície e acelerados por um campo elétrico. Em seguida, o sinal eletrônico é amplificado e produz uma imagem do objeto.

Diferentemente do que a física clássica prevê, apenas os elétrons com energia  $hf$  acima de uma certa energia mínima  $E_0$  são liberados da superfície metálica.

Considerando a incidência de fótons com frequência da ordem de 1014 Hz, a ordem de grandeza do valor limite de  $E_0$  para que o equipamento funcione deve ser:

Note e adote:

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

- a)  $10^{-50} \text{ J}$
- b)  $10^{-40} \text{ J}$
- c)  $10^{-30} \text{ J}$
- d)  $10^{-20} \text{ J}$
- e)  $10^{-10} \text{ J}$

## GABARITO

#### Exercício 1

- a) a teoria da relatividade.

#### Exercício 2

- d) pela teoria da relatividade especial.

#### Exercício 3

- 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.

#### Exercício 4

- c) constante de Planck — frequência — velocidade

#### Exercício 5

- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.

#### Exercício 6

d) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

### Exercício 7

01) no experimento de Young, a obtenção do padrão de franjas claras e franjas escuras ocorre por meio do fenômeno de interferência construtiva e interferência destrutiva das ondas, logo a explicação do fenômeno é ondulatória.

04) no efeito fotoelétrico, para arrancar os elétrons da placa, a luz deve ser formada por partículas (fótons) com uma energia mínima que é proporcional à frequência da luz.

32) os fenômenos de interferência e difração são mais bem representados pela teoria ondulatória da luz, enquanto que o fenômeno do efeito fotoelétrico é mais bem representado pela teoria corpuscular da luz.

### Exercício 8

01) o Efeito Fotoelétrico foi explicado atribuindo-se à luz o comportamento corpuscular.

04) de acordo com a Teoria da Relatividade, as leis da Física são as mesmas para qualquer referencial inercial.

08) de acordo com a Teoria da Relatividade, a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, é a mesma em todos os sistemas inerciais de referência e não depende do movimento da fonte de luz.

### Exercício 9

	Próton	Nêutron
d)	up; up; down	up; down; down

### Exercício 10

d) efeito fotoelétrico - corpuscular

### Exercício 11

c)  $V - V - F$ .

### Exercício 12

e) sua temperatura.

### Exercício 13

e) Somente a afirmativa II é verdadeira.

### Exercício 14

d) I, II e III.

### Exercício 15

b) somente o LED branco seria adequado.

### Exercício 16

b) verde.

### Exercício 17

d) Na natureza, não podem ocorrer interações de velocidades superiores à velocidade da luz c.

### Exercício 18

d) sódio emitirá fotoelétrons, cada um com  $1,1 \times 10^{-19}$  J de energia cinética.

### Exercício 19

a) Somente as afirmativas I e II são corretas.

### Exercício 20

02) A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.

08) A energia total (E em Joules) de um corpo de massa ( $m$ , em quilogramas) é o produto de sua massa pelo quadrado da velocidade da luz no vácuo ( $c$  em metros por segundo), ou seja,  $E = mc^2$ .

### Exercício 21

a) I, II e III.

### Exercício 22

b) 0,5

### Exercício 23

b) 40

### Exercício 24

d)  $1,2 \times 10^{11}$  m.

### Exercício 25

a) V F V V V

### Exercício 26

c)  $2,22 \times 10^{-25}$

### Exercício 27

e) o modelo 2, proposto por Bohr, explica satisfatoriamente o fato de um átomo de hidrogênio não emitir radiação o tempo todo.

### Exercício 28

c)  $10^{27}$  kg

### Exercício 29

a)  $4,6 \times 10^{-5}$  kg

### Exercício 30

e) III e IV.

### Exercício 31

b) sódio.

### Exercício 32

a) Somente as afirmativas I e II são corretas.

### Exercício 33

a)  $1 \cdot 10^{15}$  Hz

### Exercício 34

e)  $1,6 \times 10^{15}$  Hz.

#### Exercício 35

b) 10,2

#### Exercício 36

d) emitir -  $2,9 \times 10^{15}$

#### Exercício 37

d)  $8,4 \times 10^{-19}$

#### Exercício 38

a) 50 anos.

#### Exercício 39

d) 45,04 anos e 6,79 anos

#### Exercício 40

02) espectros de absorção apresentam linhas escuras que representam os comprimentos de onda de gases relativamente frios e rarefeitos que se interpõem entre a luz proveniente de uma fonte que emite um espectro contínuo e um espectroscópio.

08) o Modelo Atômico de Rutherford não explicava os espectros de emissão discretos.

32) as regularidades nos espectros foram inicialmente interpretadas por fórmulas obtidas empiricamente, como a série de Balmer, a de Paschen e a de Lyman.

#### Exercício 41

c) ultravioleta

#### Exercício 42

c) III e IV.

#### Exercício 43

c)  $13,5 \times 10^3$  m.

#### Exercício 44

e)  $1,98 \times 10^{-18}$  J.

#### Exercício 45

e) I, II e III.

#### Exercício 46

a)  $\frac{2}{3} T_0 \sqrt{3}$  e  $\frac{2}{3} L \sqrt{3}$

#### Exercício 47

d)  $N_1 < N_2$  e  $E_1 = E_2$

#### Exercício 48

01) as luzes vermelha, laranja e amarela não conseguem arrancar elétrons da placa.

08) o efeito fotoelétrico foi explicado por Albert Einstein.

#### Exercício 49

01) Segundo os resultados dos experimentos de Ernest Rutherford, um átomo é formado por um núcleo (que é muito pequeno quando comparado com o próprio átomo) com carga elétrica positiva, no qual se concentra praticamente toda a massa do átomo. Ao redor do núcleo localizam-se os elétrons, que neutralizam a carga positiva.

02) A teoria quântica ganhou notoriedade em torno do ano 1900 com o trabalho de Max Planck. De acordo com os estudos de Planck, um corpo, ao passar de um estado de menor energia para outro de maior energia, absorve uma quantidade discreta de energia chamada quantum de energia.

04) O modelo atômico proposto por Niels Bohr indica que os elétrons em um átomo podem ocupar somente algumas energias discretas e que esses elétrons percorrem órbitas circulares com um determinado raio fixo.

08) Considerando o modelo atômico de Bohr, quanto maior for a energia de um elétron no átomo, maior será o raio de sua órbita.

#### Exercício 50

e) átomo de hidrogênio é da ordem de  $10^{-4}$  m.

#### Exercício 51

e)  $1 \times 10^6$  m/s

#### Exercício 52

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.

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

#### Exercício 53

04) a luz produzida por um laser apresenta apenas uma frequência.

08) a luz produzida pelo laser é extremamente direcional.

16) de acordo com o modelo atômico de Bohr, um fóton absorvido por um elétron causa a transferência deste de um nível de energia mais baixa para um nível de energia mais alta.

32) na produção do laser, um fóton externo estimula um elétron excitado a passar para um estado de mais baixa energia com a emissão de um fóton de mesma energia do fóton incidente; após o efeito, ambos os fótons se propagam juntos no espaço.

#### Exercício 54

Dados:  $c = 3 \times 10^8$  m/s;  $L = 30$  m.

De acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade da luz é a mesma em qualquer sistema de referência.

Assim:

$$L = c t \Rightarrow t = \frac{L}{c} = \frac{30}{3 \times 10^8} \Rightarrow t = 1 \times 10^{-7} \text{ s.}$$

b) Novamente, de acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade do pulso de laser, medida no referencial de Alberto, é  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

### Exercício 55

a) Teremos:

$$F = \frac{\pi hc}{480d^4} A = \frac{\pi \cdot 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,0 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ m}^2}{480 \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ m})^4} \therefore F = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

b) Igualando o peso de um corpo com a força de Casimir:

$$P = F \Rightarrow mg = \frac{\pi hc}{480d^4} A \therefore m = \frac{\pi hc}{480d^4 g} A$$

$$m = \frac{\pi hc}{480d^4 g} A = \frac{\pi \cdot 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,0 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ m}^2}{480 \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ m})^4 \cdot 10 \text{ m/s}^2} \therefore m = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

### Exercício 56

De acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg, o produto da incerteza ( $\Delta x$ ) associada ao valor de uma coordenada ( $x$ ) pela incerteza ( $\Delta p$ ) associada ao seu correspondente momento linear ( $p$ ) não pode ter valor nulo.

$\Delta x \cdot \Delta p > \hbar/2$ , sendo  $\hbar$  uma constante não nula e positiva.

Se a energia fosse nula, a quantidade de movimento também o seria. Teríamos uma medida com incerteza nula, contrariando o princípio de Heisenberg.

### Exercício 57

a) Temos:

$$\frac{\mu_u}{\mu_d} = \frac{3M}{-1} \Rightarrow \frac{\mu_u}{\mu_d} = -2$$

b) Temos:

$$\frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\frac{4}{3} \mu_d - \frac{4}{3} \mu_n}{\frac{4}{3} \mu_u - \frac{1}{3} \mu_d} \Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\mu_d \cdot \left(\frac{4}{3} - \frac{4}{3} \frac{\mu_u}{\mu_d}\right)}{\mu_d \cdot \left(\frac{4}{3} \frac{\mu_u}{\mu_d} - \frac{1}{3}\right)} \Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\frac{4}{3} - \frac{1}{3} \cdot (-2)}{\frac{4}{3} \cdot (-2) - \frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = -\frac{2}{3}$$

### Exercício 58

a) Sabendo que a massa do próton é cerca de 2000 vezes maior que a massa do elétron, a energia do nível fundamental do átomo de hidrogênio será:

$$\varepsilon = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_p}} \text{ eV} = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{2000 m_e}} \text{ eV} = -\frac{13,6}{1 + 5 \cdot 10^{-4}} \text{ eV} \therefore \varepsilon = -13,59 \text{ eV}$$

b) De mesma forma, para o positrônio:

$$\varepsilon = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_p}} \text{ eV} = -\frac{13,6}{1 + \frac{m_e}{m_e}} \text{ eV} = -\frac{13,6}{1+1} \text{ eV} \therefore \varepsilon = -6,8 \text{ eV}$$

### Exercício 59

a) Teremos:

$$F = \frac{\pi hc}{480d^4} A = \frac{\pi \cdot 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,0 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ m}^2}{480 \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ m})^4} \therefore F = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

b) Igualando o peso de um corpo com a força de Casimir:

$$P = F \Rightarrow mg = \frac{\pi hc}{480d^4} A \therefore m = \frac{\pi hc}{480d^4 g} A$$

$$m = \frac{\pi hc}{480d^4 g} A = \frac{\pi \cdot 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,0 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 \text{ m}^2}{480 \cdot (1 \cdot 10^{-6} \text{ m})^4 \cdot 10 \text{ m/s}^2} \therefore m = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0,13 \text{ g}$$

### Exercício 60

a) O fóton absorvido pelo elétron fornece energia ocorrendo a transição para níveis de energia mais altos, logo o elétron gira mais distante do núcleo. Este fenômeno é chamado de salto quântico.

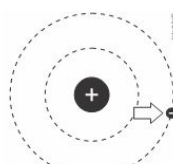
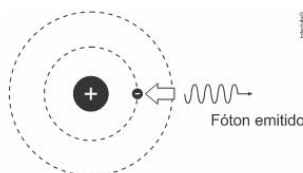


Figura B

) Para retornar a níveis mais internos, o elétron emite fóton com a mesma energia referente a sua transição entre o nível mais externo e o nível mais interno. Este fóton é captado pelo sensor da máquina.



c) A energia do fóton está relacionada com a grandeza frequência ( $f = 4 \cdot 10^4$  Hz) e com a constante de Planck ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J · s) determinada pela relação de Planck-Einstein:  $E = h \cdot f$

Assim a energia da luz vermelha de alta intensidade é:  
 $E = h \cdot f \Rightarrow E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ Hz} \therefore E = 2,648 \cdot 10^{-29} \text{ J}$

### Exercício 61

a) Na situação de equilíbrio, a força eletrostática tem mesma intensidade do peso da partícula.

$$F_e = P = mg = 1,2 \times 10^{-14} \cdot 1,6 \Rightarrow F_e = 1,92 \times 10^{-14} \text{ N}$$

$$F_e = |q| E \Rightarrow E = \frac{F_e}{|q|} = \frac{1,92 \times 10^{-14}}{1,9 \times 10^{-15}} \Rightarrow E \cong 10 \text{ N/C}$$

b)

c) Substituindo os dados na expressão fornecida no enunciado:

$$\varepsilon = hf \Rightarrow f = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{8 \times 10^{-19}}{6 \times 10^{-34}} \Rightarrow f = 1,33 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

d) Se cada fóton arranca 1 elétron em 2 s são arrancados n elétrons. Assim:

$$n = 5 \times 10^5 \cdot 2 \Rightarrow n = 10^6 \text{ elétrons}$$

$$q = n q_{\text{elét}} = 10^6 \cdot (-1,6 \times 10^{-19}) \Rightarrow q = -1,6 \times 10^{-13} \text{ C}$$

### Exercício 62

a) Dados:  $c = 3 \times 10^8$  m/s;  $H = 2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ ;  $\Delta \lambda = 0,092 \lambda_0$ .

Combinando as duas expressões dadas:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = H r \\ v = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0} \end{array} \right\} \Rightarrow H r = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0} \Rightarrow r = \frac{c \Delta \lambda}{H \lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \cdot 0,092 \lambda_0}{2,3 \times 10^8 \cdot \lambda_0} \Rightarrow$$

$$r = 1,2 \times 10^{25} \text{ m.}$$

b) Dados:  $E = 3,24 \times 10^{48} \text{ J}$ ;  $m_{\text{final}} = 4 \times 10^{30} \text{ kg}$ .

Calculando a massa consumida para produzir essa energia:

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow m = 3,6 \times 10^{31} \text{ kg.}$$

$$m_{\text{inicial}} = m_{\text{final}} + m \Rightarrow m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{30} + 3,6 \times 10^{31} = 4 \times 10^{30} + 36 \times 10^{30} \Rightarrow$$

$$m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{31} \text{ kg.}$$

### Exercício 63

a) Dados:  $n = 1,3$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

A velocidade máxima das partículas deve ser igual à velocidade da luz na água. Da expressão do índice de refração:

$$n = \frac{c}{v_{\text{máx}}} \Rightarrow v_{\text{máx}} = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,3} \Rightarrow v_{\text{máx}} = 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

b) Dados:  $d = 1,6 \text{ m}$ ;  $t = 12 \text{ ns} = 12 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ ;  $\cos 50^\circ = 0,64$ .

A radiação emitida pela partícula tem a velocidade da luz no meio ( $v_l$ ).

$$v_l = \frac{d}{t} = \frac{1,6}{12 \times 10^{-9}} \Rightarrow v_l \cong 1,33 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Da figura dada:

$$\cos 50^\circ = \frac{v_l}{v_p} \Rightarrow v_p = \frac{1,33 \times 10^8}{0,64} \Rightarrow v_p \cong 2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

### Exercício 64

a) Dados:  $f = 880 \text{ MHz} = 880 \times 10^6 \text{ Hz}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Da equação fundamental da ondulatória:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{880 \times 10^6} \Rightarrow \lambda = 0,34 \text{ m.}$$

b) b) Dado:  $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Seja  $E_1$  a a energia emitida por um fóton. Da equação de Planck:

$$E_1 = h \cdot f = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 880 \cdot 10^6 \Rightarrow E_1 = 5,81 \cdot 10^{-25} \text{ J} \Rightarrow E_1 = \frac{5,81 \cdot 10^{-25}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow E_1 = -3,6 \text{ eV}$$

c) Dados:  $P = 10 \text{ mW} = 10^{-2} \text{ W}$ ;  $\Delta t = 1 \text{ s}$ .

A energia emitida por  $N$  fótons em  $1 \text{ s}$  é igual à energia irradiada pela antena nesse mesmo intervalo de tempo.

$$N E_1 = E \Rightarrow N E_1 = P \Delta t \Rightarrow N = \frac{P \Delta t}{E_1} = \frac{10^{-2} (1)}{5,81 \times 10^{-25}} \Rightarrow$$

$$N = 1,72 \times 10^{21} \text{ fótons.}$$

d) Dado:  $r = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ .

A intensidade da onda é a razão entre a potência irradiada e a área atingida. Como a onda emitida pela antena do celular é esférica:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{10^{-2}}{4\pi (2 \times 10^{-2})^2} = \frac{10^2}{16\pi \times 10^{-4}} \Rightarrow$$

$$I \cong 2 \text{ W/m}^2.$$

### Exercício 65

a) Dados:  $\lambda = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Seja  $E_1$  a energia de cada fóton. Então, da equação de Planck:

$$E_1 = hf \Rightarrow E_1 = h \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}}$$

$$E_1 \cong 5,0 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

b) Dados:  $I = 100 \text{ W/m}^2$ ;  $A = 1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ ;  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I A \\ \Delta E = P \Delta t \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta E = I A \Delta t = 100 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow$$

$$\Delta E = 10^{-2} \text{ J.}$$

$$c) n = \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{10^{-2}}{5 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 2 \times 10^{16}.$$

### Exercício 66

Sendo  $c$  a velocidade da luz, pela equação fundamental da ondulatória, temos:

$$c = \lambda f \rightarrow f = c/\lambda \text{ (I).}$$

Ao saltar de uma órbita de maior energia para a órbita estável, o elétron emite um fóton de frequência  $f$ . De acordo com a equação de Planck, a energia liberada ( $E$ ) nessa emissão é dada por:  $\Delta E = hf$  (II).

Substituindo (I) em (II):

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

Como a energia dos fótons somente está disponível na natureza em quantidades determinadas, conclui-se pela expressão acima que somente são possíveis determinados comprimentos de onda, formando as raias espectrais mostradas na figura.

### Exercício 67

Os estados de energia são quantizados. Portanto, a mínima energia recebida deve ser para saltar para o estado 2.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -3,4 - (-13,6) = 10,2$$

### Exercício 68

a) Como a massa do pósitron e a do elétrons são iguais,  $m_e/m_p = 1$ . Então, usando a expressão dada:

$$E_1 = \frac{5,81 \cdot 10^{-19}}{1 + 1} \Rightarrow E_1 = \frac{-13,6}{[1 + 1]} \Rightarrow E_1 = -6,8 \text{ eV.}$$

$$\left[ 1 + \frac{m_e}{m_p} \right]$$

b) A energia de cada fóton é:

$$E_f = m_e c^2 = 9,1 \times 10^{-31} (3 \times 10^8)^2 = 9,1 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^{16} \Rightarrow E_f \cong 8$$

### Exercício 69

a) Dado:  $E_0 = 13,6 \text{ eV}$ ;

Pela conservação da energia, a energia ( $E$ ) do fóton emitido é em módulo, igual à variação da energia do elétron.

$$E = |\Delta E_e| = \left| \frac{E_0}{2^2} - \frac{E_0}{1^2} \right| = \left| \frac{13,6}{4} - 13,6 \right| \Rightarrow E = 10,2 \text{ eV.}$$

b) Dados:  $E = 10,2 \text{ eV}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;  $M_p = 1,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $Q = E/c$ .

Fazendo a conversão de elétron-volt para joule:

$$E = 10,2 (1,6 \times 10^{-19}) \text{ J.}$$

Pela conservação da quantidade de movimento, o próton adquire quantidade de movimento de mesma intensidade que o fóton, em sentido oposto. Assim, sendo  $v$  a velocidade adquirida pelo próton, vem:

$$|\vec{Q}_{\text{fóton}}| = |\vec{Q}_{\text{próton}}| \Rightarrow \frac{E}{c} = M_P v \Rightarrow v = \frac{E}{M_P c} = \frac{10,2 (1,6 \times 10^{-19})}{1,6 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^8} = 400,10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow v = 3,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1680 \Rightarrow v = 41 \text{ m/s} = 41,3,6 \text{ km/h} = 147,6 \text{ km/h}$$

..

### Exercício 70

Como sabemos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t = \frac{12}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = \frac{12}{0,6} = 20 \text{ meses}$$

### Exercício 71

a) Temos:

$$\frac{\mu_u}{\mu_d} = \frac{3M}{-1} \Rightarrow \frac{\mu_u}{\mu_d} = -2$$

b) Temos:

$$\frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \mu_d - \frac{4}{3} \cdot \mu_n}{\frac{4}{3} \cdot \mu_u - \frac{1}{3} \cdot \mu_d} \Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\mu_d \cdot \left( \frac{4}{3} - \frac{4}{3} \frac{\mu_u}{\mu_d} \right)}{\mu_d \cdot \left( \frac{4}{3} \frac{\mu_u}{\mu_d} - \frac{1}{3} \right)} \Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = \frac{\frac{4}{3} - \frac{1}{3} \cdot (-2)}{\frac{4}{3} \cdot (-2) - \frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_n}{\mu_p} = -\frac{2}{3}$$

### Exercício 72

A energia cinética total é igual ao produto entre o número de prótons e a energia de cada um dos prótons.

$$E_C = N \cdot E = 3 \cdot 10^{14} \cdot 7 \cdot 10^{12} = 21 \cdot 10^{26} = 2,1 \cdot 10^{27} \text{ eV} = 2,1 \cdot 10^{27} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3,36 \cdot 10^8 \text{ J}$$

Pela expressão da energia cinética:  $E = m \cdot v^2 / 2 \Rightarrow 3,36 \cdot 10^8 = \frac{400,10^3 \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = 3,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1680 \Rightarrow v = 41 \text{ m/s} = 41,3,6 \text{ km/h} = 147,6 \text{ km/h}$

A corrente  $I$  é dada por  $I = \frac{Q}{\Delta t}$  onde  $Q$  é a carga total transportada pelos prótons no intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$$Q = N \cdot e = 3 \cdot 10^{14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta S}{v} = \frac{27 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{(4,8 \cdot 10^{-5})}{(9 \cdot 10^{-5})} = 0,53 \text{ A}$$

### Exercício 73

02) um Laser pode causar sérios danos à saúde, principalmente aos olhos dos seres humanos.

08) a energia dos fótons da luz Laser verde depende da frequência da luz.

16) com a mesma ponteira Laser verde seria, teoricamente, mais difícil explodir um balão interno na cor verde.

### Exercício 74

01) os Raios X produzidos por freamento surgem quando um feixe de elétrons em alta velocidade colide com um alvo metálico que produz a desaceleração dos elétrons.

04) na colisão com o alvo metálico, os elétrons perdem energia cinética e ocorre a produção de energia térmica.

16) a energia de um fóton de Raio X produzido por freamento é igual à variação da energia cinética do elétron quando desviado pelo núcleo dos átomos do material do alvo.

### Exercício 75

d)  $10^{-20} \text{ J}$