

1. (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:

$$\text{Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m)} : E = mc^2$$

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

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

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

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

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

2. (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.

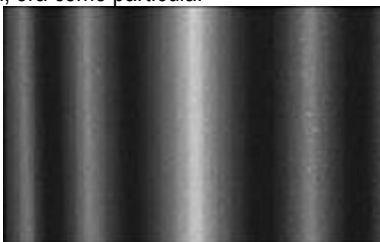
- a) efeito fotoelétrico - ondulatória
 b) efeito Coulomb - corpuscular
 c) efeito Joule - corpuscular
 d) efeito fotoelétrico - corpuscular
 e) efeito Coulomb - ondulatória

3. (Ufrgs 2015) O físico francês Louis de Broglie (1892-1987), em analogia ao comportamento dual onda-partícula da luz, atribuiu propriedades ondulatórias à matéria. Sendo a constante de Planck $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, o comprimento de onda de Broglie para um elétron (massa $m = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$) com velocidade de módulo

$$v = 2,2 \times 10^6 \text{ m/s} \text{ aproximadamente,}$$

- a) $3,3 \times 10^{-10} \text{ m}$. b) $3,3 \times 10^{-9} \text{ m}$.
 c) $3,3 \times 10^3 \text{ m}$. d) $3,0 \times 10^9 \text{ m}$. e) $3,0 \times 10^{10} \text{ m}$.

4. (Ufsc 2014) As ondas eletromagnéticas, como a luz e as ondas de rádio, têm um "sério problema de identidade". Em algumas situações apresentam-se como onda, em outras, apresentam-se como partícula, como no efeito fotoelétrico, em que são chamadas de fótons. Isto é o que chamamos de dualidade onda-partícula, uma das peculiaridades que encontramos no universo da Física e que nos leva à seguinte pergunta: "Afinal, a luz é onda ou partícula?". O mesmo acontece com um feixe de elétrons, que pode se comportar ora como onda, ora como partícula.



Com base no que foi exposto, assinale a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

01) Um feixe de elétrons incide sobre um obstáculo que possui duas fendas, atingindo um anteparo e formando a imagem apresentada

na figura acima. A imagem indica que um feixe de elétrons possui um comportamento ondulatório, o que leva a concluir que a matéria também possui um caráter dualístico.

02) O fenômeno da difração só fica evidente quando o comprimento de onda é da ordem de grandeza da abertura da fenda.

04) O físico francês Louis de Broglie apresentou uma teoria ousada, baseada na seguinte hipótese: "se fótons apresentam características de onda e partícula [...], se elétrons são partículas mas também apresentam características ondulatórias, talvez todas as formas de matéria tenham características duais de onda e partícula".

08) Admitindo que a massa do elétron seja $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ e que viaje com uma velocidade de $3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, o comprimento de onda de De Broglie para o elétron em questão é $2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

16) Após a onda passar pela fenda dupla, as frentes de ondas geradas em cada fenda sofrem o fenômeno de interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva. Desta forma, fica evidente o princípio de dependência de propagação de uma onda.

32) Christian Huygens, físico holandês, foi o primeiro a discutir o caráter dualístico da luz e, para tanto, propôs o experimento de fenda dupla.

5. (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) $27,0 \times 10^3 \text{ m}$.

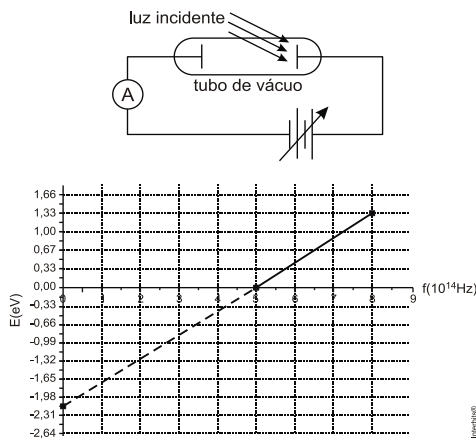
6. (Unicamp 2013) O prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. A velocidade da luz é $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

a) 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 galáxia pode ser obtida pela expressão $v = \frac{c \Delta\lambda}{\lambda_0}$, em que λ_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 $\Delta\lambda = 0,092 \lambda_0$.

b) 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 $3,24 \times 10^{48} \text{ J}$, de forma que sua massa foi reduzida para $m_{\text{final}} = 4,0 \times 10^{30} \text{ kg}$. Qual era a massa da estrela antes da explosão?

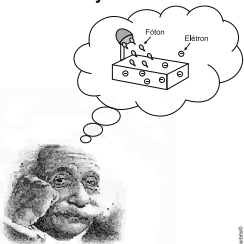
7. (Ufsc 2013) Em um experimento semelhante aos realizados por Hertz, esquematizado na figura abaixo, um estudante de Física obteve o seguinte gráfico da energia cinética (E) máxima dos elétrons ejetados de uma amostra de potássio em função da frequência (f) da luz incidente.



Com base nas características do fenômeno observado e no gráfico, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01) O valor da constante de Planck obtida a partir do gráfico é de aproximadamente $4,43 \times 10^{-15}$ eV.s.
 02) A função trabalho do potássio é maior que 2,17 eV.
 04) Para frequências menores que $5,0 \times 10^{14}$ Hz, os elétrons não são ejetados do potássio.
 08) O potencial de corte para uma luz incidente de $6,0 \times 10^{14}$ Hz é de aproximadamente 0,44 eV.
 16) Materiais que possuam curvas de E (em eV) em função de f (em Hz) paralelas e à direita da apresentada no gráfico possuem função trabalho maior que a do potássio.
 32) A energia cinética máxima dos elétrons emitidos na frequência de $6,5 \times 10^{14}$ Hz pode ser aumentada, aumentando-se a intensidade da luz incidente.

8. (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 $h = 4,1 \times 10^{-15}$ eV · 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.



Em uma experiência realizada com os elementos Potássio (K), Chumbo (P_b) e Platina (P_t), 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 $W_K = 2,1$ eV, $W_{P_b} = 4,1$ eV e $W_{P_t} = 6,3$ eV, é correto afirmar que o efeito fotoelétrico será observado, nos três elementos, na frequência
 a) $1,2 \times 10^{14}$ Hz. b) $3,1 \times 10^{14}$ Hz.
 c) $5,4 \times 10^{14}$ Hz. d) $1,0 \times 10^{15}$ Hz. e) $1,6 \times 10^{15}$ Hz.

9. (Fuvest 2012) Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento em que radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300$ nm incide em uma placa de sódio, provocando a emissão de elétrons. Os elétrons escapam da placa de sódio com energia cinética máxima $E_C = E - W$, sendo E a energia de um fóton da radiação e W a energia mínima necessária para extrair um elétron da placa. A energia de cada fóton é $E = hf$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação. Determine
 a) a frequência f da radiação incidente na placa de sódio;
 b) a energia E de um fóton dessa radiação;
 c) a energia cinética máxima E_C de um elétron que escapa da placa de sódio;
 d) a frequência f_0 da radiação eletromagnética, abaixo da qual é impossível haver emissão de elétrons da placa de sódio.
 NOTE E ADOTE

Velocidade da radiação eletromagnética: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. $h = 4 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$.

W (sódio) = 2,3 eV. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

10. (Ufsc 2011) Com base nos tópicos de Física Moderna, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01) Corpo negro ideal é todo corpo capaz de absorver toda a radiação que nele incide. Quando um corpo negro é aquecido, ele é uma fonte ideal de radiação térmica.
 02) O efeito fotoelétrico só ocorre se a frequência da luz incidente sobre o metal for superior a um valor mínimo f_{min} e a emissão de cargas elétricas deste material independe da intensidade da radiação incidente.
 04) A Teoria da Relatividade Especial, proposta por Einstein, está baseada em dois postulados, sendo que um deles é enunciado da seguinte forma: "As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais. Ou seja, não existe nenhum sistema de referência inercial preferencial".
 08) A apresentação do trabalho do físico Maxwell sobre a quantização da energia é considerada hoje como o marco oficial da fundação da Física Moderna.
 16) A Teoria da Relatividade Restrita tem como consequência a contração espacial e a dilatação temporal.
 32) O fenômeno da radiação do corpo negro é explicado pela Física Clássica e pela Moderna como sendo uma distribuição contínua de energia de um sistema.
 64) O comportamento dualístico de uma onda-partícula é descrito e aceito pela Física Clássica, sendo mais aprofundado e explicado pela Física Quântica.

11. (Unicamp 2011) Em 1905 Albert Einstein propôs que a luz é formada por partículas denominadas fótons. Cada fóton de luz transporta uma quantidade de energia $E = h\nu$ e possui momento linear $p = \frac{h}{\lambda}$, em que $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js é a constante de Planck e ν e λ são, respectivamente, a frequência e o comprimento de onda da luz.

a) A aurora boreal é um fenômeno natural que acontece no Polo Norte, no qual efeitos luminosos são produzidos por colisões entre partículas carregadas e os átomos dos gases da alta atmosfera terrestre. De modo geral, o efeito luminoso é dominado pelas

colorações verde e vermelha, por causa das colisões das partículas carregadas com átomos de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

Calcule a razão $R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}}$ em que E_{verde} é a energia transportada

por um fóton de luz verde com 500 nm, $\lambda_{\text{verde}} = 500$ nm, e E_{vermelho} é a energia transportada por um fóton de luz vermelha com $\lambda_{\text{vermelho}} = 650$ nm.

b) Os átomos dos gases da alta atmosfera estão constantemente absorvendo e emitindo fótons em várias frequências. Um átomo, ao absorver um fóton, sofre uma mudança em seu momento linear, que é igual, em módulo, direção e sentido, ao momento linear do fóton absorvido. Calcule o módulo da variação de velocidade de um átomo de massa $m = 5,0 \cdot 10^{-26}$ kg que absorve um fóton de comprimento de onda $\lambda = 660$ nm.

12. (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

$$L = L_0 \left(1 - v^2 / c^2\right)^{\frac{1}{2}},$$

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.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

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

(Considere a velocidade da luz no ar igual a 3×10^8 m / s.)

13. (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.

14. (Fuvest 2010) Segundo uma obra de ficção, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, CERN, teria recentemente produzido vários gramas de antimatéria. Sabe-se que, na reação de antimatéria com igual quantidade de matéria normal, a massa total

m é transformada em energia E , de acordo com a equação $E = mc^2$, onde c é a velocidade da luz no vácuo.

- a) Com base nessas informações, quantos joules de energia seriam produzidos pela reação 1 g de antimatéria com 1 g de matéria?
b) Supondo que a reação matéria-antimatéria ocorra numa fração de segundo (explosão), a quantas "Little Boy" (a bomba nuclear lançada em Hiroshima, em 6 de agosto de 1945) corresponde a energia produzida nas condições do item a)?
c) Se a reação matéria-antimatéria pudesse ser controlada e a energia produzida na situação descrita em a) fosse totalmente convertida em energia elétrica, por quantos meses essa energia poderia suprir as necessidades de uma pequena cidade que utiliza, em média, 9 MW de potência elétrica?

NOTE E ADOTE:

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W.}$$

A explosão de "Little Boy" produziu 60×10^{12} J (15 quilotons).

$$1 \text{ mês} \cong 2,5 \times 10^6 \text{ s. velocidade da luz no vácuo, } c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

15. (Ufrgs 2010) Na passagem do século XIX para o século XX, várias questões e fenômenos que eram temas de discussão e pesquisa começaram a ser esclarecidos graças a ideias que, mais tarde, viriam a constituir a área da física hoje conhecida como Mecânica Quântica.

Na primeira coluna da tabela a seguir, estão listados três desses temas; na segunda, equações fundamentais relacionadas às soluções encontradas.

Temas	Equações
1- Radiação do corpo negro	(a) $\lambda = h/p$ (Postulado de Louis de Broglie)
2- Efeito fotoelétrico	(b) $p = \sigma S T^4$ (Lei de Stefan-Boltzmann)
3- Ondas de matéria	(c) $K = hf - W$ (Relação de Einstein)

Assinale a alternativa que associa corretamente os temas apontados na primeira coluna às respectivas equações, listadas na segunda coluna.

- a) 1(a) – 2(b) – 3(c)
b) 1(a) – 2(c) – 3(b)
c) 1(b) – 2(c) – 3(a)
d) 1(b) – 2(a) – 3(c)
e) 1(c) – 2(b) – 3(a)

16. (Unicamp 2010) O GPS (*Global Positioning System*) consiste em um conjunto de satélites que orbitam a Terra, cada um deles carregando a bordo um relógio atômico. A Teoria da Relatividade Geral prevê que, por conta da gravidade, os relógios atômicos do GPS adiantam com relação a relógios similares na Terra. Enquanto na Terra transcorre o tempo de um dia ($t_{\text{Terra}} = 1,0 \text{ dia} = 86400 \text{ s}$), no satélite o tempo transcorrido é $t_{\text{satélite}} = t_{\text{Terra}} + \Delta t$, maior que um dia, e a diferença de tempo Δt tem que ser corrigida. A diferença de tempo causada pela gravidade é dada por $(\Delta t / t_{\text{Terra}}) = (\Delta U / mc^2)$, sendo ΔU a diferença de energia potencial gravitacional de uma massa m entre a altitude considerada e a superfície da Terra, e $c = 3,0 \cdot 10^8$ m / s, a velocidade da luz no vácuo.

a) Para o satélite podemos escrever $\Delta U = mgR_T(1 - R_T/r)$, sendo $r \approx 4R_T$ o raio da órbita, $R_T = 6,4 \cdot 10^6$ m o raio da Terra e g a aceleração da gravidade na superfície terrestre. Quanto tempo o relógio do satélite adianta em $t_{Terra} = 1,0$ dia em razão do efeito gravitacional?

b) Relógios atômicos em fase de desenvolvimento serão capazes de medir o tempo com precisão maior que uma parte em 10^{16} , ou seja, terão erro menor que 10^{-16} s a cada segundo. Qual é a altura h que produziria uma diferença de tempo $\Delta t = 10^{-16}$ s a cada $T_{Terra} = 1,0$ s? Essa altura é a menor diferença de altitude que poderia ser percebida comparando medidas de tempo desses relógios. Use, nesse caso, a energia potencial gravitacional de um corpo na vizinhança da superfície terrestre.

17. (Ufrgs 2008) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

De acordo com a relatividade restrita, é _____ atravessarmos o diâmetro da Via Láctea, uma distância de aproximadamente 100 anos-luz (equivalente a 10^{18} m), em um intervalo de tempo bem menor que 100 anos. Isso pode ser explicado pelo fenômeno de _____ do comprimento, como visto pelo viajante, ou ainda pelo fenômeno de _____ temporal, como observado por quem está em repouso em relação à galáxia.

- a) impossível - contração - dilatação
- b) possível - dilatação - contração
- c) possível - contração - dilatação
- d) impossível - dilatação - contração
- e) impossível - contração - contração

18. (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.

19. (Ufrgs 2007) Em 1999, um artigo de pesquisadores de Viena (M. Arndt e outros) publicado na revista "Nature" mostrou os resultados de uma experiência de interferência realizada com moléculas de fulereno - até então os maiores objetos a exibir dualidade onda-partícula. Nessa experiência, as moléculas de fulereno, que consistem em um arranjo de 60 átomos de carbono, eram ejetadas de um forno e passavam por um sistema de fendas antes de serem detectadas sobre um anteparo. Após a detecção de muitas dessas moléculas, foi observado sobre o anteparo um padrão de interferência similar ao do elétron, a partir do qual o comprimento de onda de 'de Broglie' associado à molécula foi então medido. Os pesquisadores verificaram que o comprimento de onda de 'de Broglie' associado a uma molécula de fulereno com velocidade de 220 m/s é de $2,50 \times 10^{-12}$ m, em concordância com o valor teoricamente previsto.

Qual seria o comprimento de onda de 'de Broglie' associado a uma molécula de fulereno com velocidade de 110 m/s?

- a) $1,00 \times 10^{-11}$ m.

- b) $5,00 \times 10^{-12}$ m.
- c) $1,25 \times 10^{-12}$ m.
- d) $6,25 \times 10^{-13}$ m.
- e) $3,12 \times 10^{-13}$ m.

20. (Ufsc 2007) A Física moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Em particular, é o estudo da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade Restrita. Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S) em relação às contribuições da Física moderna.

- 01) Demonstra limitações da Física Newtoniana na escala microscópica.
- 02) Nega totalmente as aplicações das leis de Newton.
- 04) Explica o efeito fotoelétrico e o laser.
- 08) Afirma que as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
- 16) Comprova que a velocidade da luz é diferente para quaisquer observadores em referenciais inerciais.
- 32) Demonstra que a massa de um corpo independe de sua velocidade.