

FÍSICA MODERNA

Questão 01

(UFRN/2011) Os médicos oftalmologistas costumam, muito acertadamente, aconselhar que não se deve olhar diretamente para o Sol, em razão dos possíveis danos causados aos olhos, devido à alta intensidade da radiação solar, que é da ordem de $1,0 \text{ kW/m}^2$. No entanto, é comum observarem-se crianças e adolescentes brincando com canetas *laser*, apontando inclusive para os olhos dos colegas.

Tal tipo de canetas, utilizadas como apontador, quando submetida a tensão de uma pequena bateria, em geral, emite cerca de $6,0 \times 10^{18}$ fótons por segundo, na faixa do vermelho, correspondente a um comprimento de onda de $6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$.

Dados:

Frequência do fóton: $f = c / \lambda$

Energia do fóton $E = hf$

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

Considere o valor aproximado da constante de Planck:

$h = 6,0 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Considerando que a área iluminada pelo feixe do *laser* é de aproximadamente 10^{-4} m^2 , calcule

- a) a energia de um fóton emitido por esse *laser*.
- b) a intensidade da radiação emitida pelo *laser* e verifique se esta é, ou não, mais perigosa para os nossos olhos que a radiação solar. Justifique sua resposta.

Questão 02

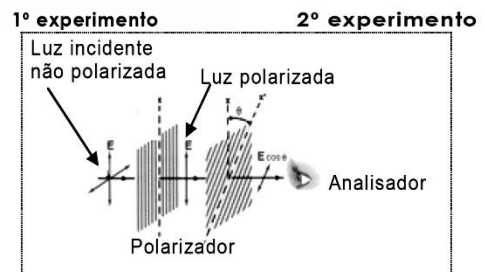
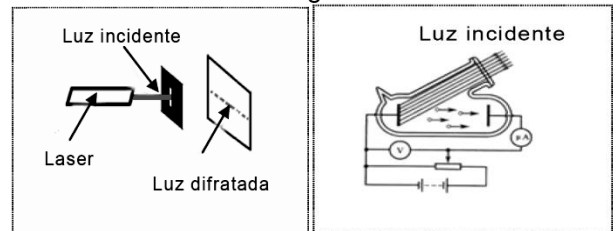
(UFRN-2008) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas.

Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

Questão 03

(UFRN/2012) Estudantes interessados em analisar a natureza dual da luz preparavam uma apresentação para uma Feira de Ciências com três experimentos, conforme mostrados nas Figuras abaixo.



3º experimento

- o 1º experimento mostra a difração da luz ao passar por uma fenda estreita;
- o 2º experimento mostra o efeito fotoelétrico caracterizado pela geração de corrente elétrica a partir da incidência de luz sobre uma célula fotoelétrica; e
- o 3º experimento mostra o efeito da polarização da luz ao fazê-la incidir sobre filtros polarizadores.

A partir desses experimentos, é correto afirmar que

- a) o efeito fotoelétrico e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a difração evidencia a natureza corpuscular da luz.
- b) a polarização e a difração evidenciam a natureza corpuscular da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza ondulatória da luz.
- c) a difração e a polarização evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto o efeito fotoelétrico evidencia a natureza corpuscular da luz.
- d) o efeito fotoelétrico e a difração evidenciam a natureza ondulatória da luz, enquanto a polarização evidencia a natureza corpuscular da luz.

Questão 04

(UFRN/2009) No final do século XIX, vários pesquisadores perceberam que a luz era capaz de ejetar elétrons quando incidia em superfícies metálicas. Esse fenômeno, que ocorre sob certas condições, foi chamado de efeito fotoelétrico.

A Figura 1a mostra luz policromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia entre $2,0\text{eV}$ e $6,0\text{eV}$ incidindo sobre uma superfície metálica. Observa-se que, dessa superfície, são ejetados elétrons com energia cinética máxima, $E_{c_{\max}}$. A Figura 1b mostra, também, luz policromática de intensidade $2I_0$, cujos fótons possuem energia entre $2,0\text{eV}$ e $6,0\text{eV}$ incidindo sobre a mesma superfície metálica. Observa-se, ainda, que também são ejetados elétrons com energia cinética máxima, $E_{c_{\max}}$.

A Figura 2a, por sua vez, mostra luz monocromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia de $3,0\text{eV}$ incidindo sobre a mesma superfície metálica. Nesse caso, não se observam elétrons ejetados da superfície. Por outro lado, a Figura 2b mostra luz monocromática de intensidade I_0 , cujos fótons possuem energia de $6,0\text{eV}$ incidindo sobre a mesma superfície metálica. Nesse caso, observam-se elétrons sendo ejetados da superfície.

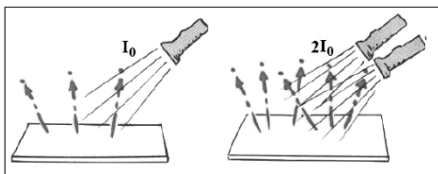


Figura 1a

Figura 1b

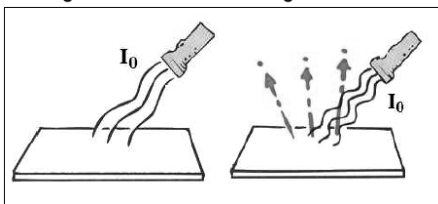


Figura 2a

Figura 2b

Com base na teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico,

- explique por que a energia cinética máxima dos elétrons, $E_{c_{\max}}$, independe da intensidade da luz policromática incidente;
- explique por que, para essa superfície metálica, o efeito fotoelétrico ocorre apenas quando incide luz cujos fótons possuem energia de $6,0\text{eV}$.

Questão 05

(UFRN/2012) Descoberto independentemente pelo russo Alexandre Stoletov, em 1872, e pelo alemão Heinrich Hertz, em 1887, o efeito fotoelétrico tem atualmente várias aplicações tecnológicas principalmente na automação eletro mecânica, tais como: portas automáticas, dispositivos de segurança de máquinas e controle de iluminação. Fundamentalmente, o efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por superfícies metálicas quando iluminadas por radiação eletromagnética.

Dentre as principais características observadas experimentalmente, destacamos:

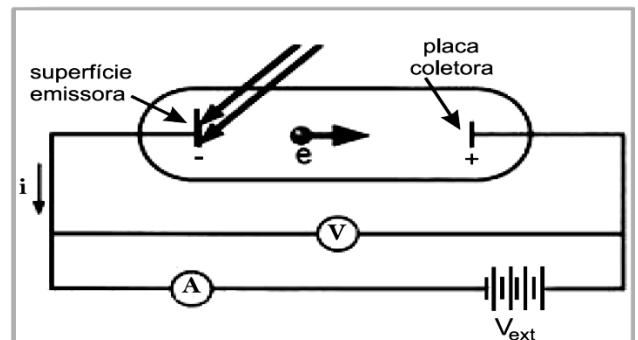
- Por menor que seja a intensidade da radiação causadora do fenômeno, o intervalo de tempo entre a

incidência da radiação e o aparecimento da corrente gerada pelos elétrons emitidos é totalmente desprezível, isto é, o efeito é praticamente instantâneo.

- Para cada superfície metálica específica, existe uma frequência mínima, chamada “frequência de corte”, a partir da qual se verifica o fenômeno.

- Se a frequência da radiação incidente está abaixo da frequência de corte, mesmo aumentando sua intensidade, não se verifica o fenômeno. Por outro lado, para frequências da radiação incidente acima da frequência de corte, o fenômeno se verifica para qualquer intensidade.

A Figura representa um dispositivo para o estudo efeito fotoelétrico. Nela, elétrons são arrancados da superfície emissora, devido à radiação incidente, e acelerados em direção à placa coletora pelo campo elétrico, gerando uma corrente elétrica que é medida pelo amperímetro, A.



Diante do exposto, responda as questões abaixo:

- Como se explica o comportamento observado no item 1 do texto? Justifique sua resposta.
- Como se explica o comportamento observado no item 2 do texto? Justifique sua resposta.
- Como se explica o comportamento observado no item 3 do texto? Justifique sua resposta.

Questão 06

(FUVEST SP/2012) Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento em que radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300\text{nm}$ 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 frequência f da radiação incidente na placa de sódio;
- a energia E de um fóton dessa radiação;
- 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: $c = 3 \times 10^8$ m/s.

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

$h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$.

$W(\text{sódio}) = 2,3 \text{ eV}$.

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

Questão 07

(UDESC/2012) A emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre essa superfície, e chamada de efeito fotoelétrico. Em um experimento um físico faz incidir uma radiação luminosa de frequência f e intensidade I sobre uma superfície de sódio, fazendo com que N elétrons sejam emitidos desta superfície.

Em relação aos valores iniciais f e I , assinale a alternativa que apresenta como devem variar a frequência e a intensidade da luz incidente para duplicar o número de elétrons emitidos:

- duplicar a frequência e manter a intensidade.
- manter a frequência e duplicar a intensidade.
- reduzir a frequência pela metade e manter a intensidade.
- manter a frequência e quadruplicar a intensidade.
- a emissão de elétrons independe da frequência e da intensidade da luz incidente.

Questão 08

(UEG GO/2012) O efeito fotoelétrico, interpretado corretamente pelo físico Albert Einstein, em 1905, enuncia que uma luz incidente sobre a superfície de determinados metais pode arrancar elétrons dessa superfície por causa da interação entre a radiação e a matéria, caracterizada pela absorção dos fótons e pela liberação de elétrons. A respeito da interpretação de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, é CORRETO afirmar:

- a luz incidente no metal é composta por fótons dotados de uma energia dada pelo comprimento de onda da luz vezes a constante de Planck.
- existe uma frequência-limite abaixo da qual esse efeito não ocorre, mesmo que se aumente consideravelmente a intensidade da luz incidente sobre o metal.
- ocorre um espalhamento por um elétron devido à colisão com um fóton de momento linear igual à constante de Planck dividida pelo comprimento de onda da luz.
- todos os metais possuem a mesma função trabalho, que é responsável pela ejeção dos elétrons cinéticos do metal.

Questão 09

(UFRN/2004) Uma das aplicações do efeito fotoelétrico é o visor noturno, aparelho de visão sensível à radiação infravermelha, ilustrado na figura abaixo. Um aparelho desse tipo foi utilizado por membros das forças especiais norte-americanas para observar supostos integrantes da rede al-Qaeda. Nesse tipo de equipamento, a radiação infravermelha atinge suas lentes e é direcionada para uma placa de vidro revestida de material de baixa função de trabalho (W). Os elétrons arrancados desse material são "transformados", eletronicamente, em imagens. A teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico estabelece que:

$$E_c = hf - W$$

sendo:

- E_c a energia cinética máxima de um fotoelétron;
- $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ a constante de Planck;
- f a frequência da radiação incidente.



Foto ilustrativa de um visor noturno.

Considere que um visor noturno recebe radiação de frequência $f = 2,4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ que os elétrons mais rápidos ejetados do material têm energia cinética $E_c = 0,90 \text{ eV}$. Sabe-se que a carga do elétron é $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ e $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Baseando-se nessas informações, calcule:

- a função de trabalho (W) do material utilizado para revestir a placa de vidro desse visor noturno, em eV;
- o potencial de corte (V_0) desse material para a frequência (f) da radiação incidente.

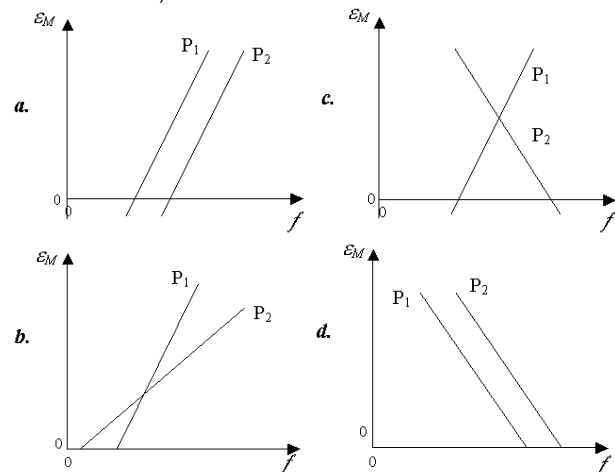
Questão 10

(UFRN/2001) Quando a luz incide sobre a superfície de uma placa metálica, é possível que elétrons sejam arrancados dessa placa, processo conhecido como efeito fotoelétrico. Para que um elétron escape da superfície do metal, devido a esse efeito, a energia do fóton incidente deve ser, pelo menos, igual a uma energia mínima, chamada função trabalho (W_0), uma grandeza característica de cada material. A energia de cada fóton da luz incidente é igual ao produto hf , onde h é a constante de Planck e f é a frequência da luz incidente. Quando a energia do fóton incidente é maior

que W_0 , a energia restante é transformada em energia cinética do elétron. Dessa forma, a energia cinética máxima (ϵ_M) do elétron arrancado é dada por: $\epsilon_M = hf - W_0$.

Considere o experimento no qual um feixe de luz que contém fótons com energias associadas a um grande intervalo de frequências incide sobre duas placas, P_1 e P_2 , constituídas de metais **diferentes**.

Para esse experimento pode-se afirmar que o gráfico representando a energia cinética máxima dos elétrons emitidos, em função das frequências que compõem a luz incidente, é:



GABARITO:

1. a) $3 \times 10^{-19} J$ b) Assim, a intensidade da radiação emitida por tal caneta LASER é 180 vezes maior que a da radiação solar e, portanto, é mais perigosa para nossos olhos.

2. B

3. C

4. a) Segundo a teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico, a radiação eletromagnética tem propriedades corpusculares e é composta de fótons, sendo que cada fóton carrega um quantum de energia igual a hf . Um elétron é ejetado do metal quando absorve um fóton. Quando a intensidade aumenta, apenas o número de elétrons que absorvem fótons e são ejetados aumenta. Logo, a energia cinética máxima com que ele é ejetado continua a mesma, pois depende da energia de um fóton individual, e não do número de fótons. b) A situação em questão pode ser explicada da seguinte forma: só são observados

elétrons ejetados quando a energia do fóton passa a ser de $6,0eV$, uma vez que essa energia é suficiente para arrancar um elétron do metal e, ainda, para ceder energia cinética a eles, pois essa energia é maior ou igual à função trabalho.

5. a) Tal comportamento se justifica pelo fato de que, ao contrário do previsto pela teoria ondulatória, na qual demandaria algum tempo entre a incidência da radiação na superfície metálica e a posterior emissão de elétrons por essa superfície, no efeito fotoelétrico praticamente não existe intervalo de tempo entre a incidência da radiação e a emissão do fotoelétron, isto é, o efeito é praticamente instantâneo. Esse comportamento se justifica pelo modelo corpuscular da luz, proposto por Einstein, segundo o qual a radiação é formada por pequenos pacotes de energia (fótons) que, ao colidirem diretamente com um dos elétrons da superfície, transmite toda sua energia para o elétron, arrancando-o, assim, da superfície. b) No modelo corpuscular proposto por Einstein, a energia do fóton é igual ao produto da constante de Planck pela frequência da radiação incidente ($E=hf$), e cada tipo de superfície metálica apresenta distinta função trabalho (energia mínima necessária para se arrancar um elétron). Logo, existe uma frequência mínima para a qual o fóton terá energia igual à da função trabalho da superfície. Tal frequência é chamada de frequência de corte, e somente fótons com frequências iguais ou maiores que à de corte serão capazes de arrancar elétrons da superfície. c) A não dependência da intensidade está associada à natureza corpuscular da radiação eletromagnética, pois o aumento da intensidade significa apenas o aumento da quantidade de fótons incidentes na placa metálica, por unidade de tempo, não aumentando, assim, a energia de cada fóton. Portanto, o aparecimento do fenômeno não pode depender da intensidade da radiação incidente, mas apenas da energia de cada fóton, a qual depende exclusivamente do produto da frequência da radiação incidente pela constante de Planck, conforme descrito no modelo corpuscular da luz

6. a) $f = 10^{15}Hz$ b) $E = 4eV$

c) $E_c = 1,7eV$ d) $f_0 = 5,75 \cdot 10^{14}Hz$

7. B

8. B

9. a) $W = 0,09 eV$; b) $V_0 = 0,09 V$

10. A