

Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação
Gabarito da 2ª Avaliação a Distância de Física para Computação

Questão 1 (1.0 pontos) – Uma barra imantada é inserida dentro de um tubo longo vertical. Se o tubo é feito de metal, o ímã rapidamente se aproxima de uma velocidade terminal, mas se o tubo é feito de papelão o ímã não alcança uma velocidade terminal. Explique.

Solução:

Conforme discutido ao longo da disciplina, o ímã (barra imantada) em movimento constante de aproximação em relação a um anel metálico causa uma movimentação de cargas elétricas no anel que produz um campo magnético contrário ao do ímã. Imagine que o polo norte vinha à frente, nesta aproximação. "Olhando para o anel a partir do ímã", seria formada uma corrente no sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio, sendo que esta produziria um campo de sentido contrário ao do ímã no centro do anel.

Quanto mais o ímã se aproxima do anel, mantida a velocidade, mais linhas de campo atravessam o anel e, portanto, maior fica a corrente induzida. O ímã sofrerá uma força repulsiva do "ímã induzido" (corrente no anel). Se o movimento prossegue, o ímã chega ao centro do anel e, nesta situação, todas as linhas de campo magnético passam por dentro do anel, o que exigiria a resposta máxima em corrente no anel. Se o ímã prosseguir na mesma trajetória, afastando-se agora do anel, a corrente induzida no anel começa a diminuir de intensidade, e tende a zero. A corrente não muda de sentido.

Considere agora que o tubo metálico apresenta comportamento semelhante a um conjunto de anéis. O ímã cai sob a ação da gravidade e tenderia a aumentar continuamente sua velocidade devido à queda livre. Porém, à medida que passa por este "contínuo" de anéis sofre a repulsão magnética descrita acima para um anel. Quando a conjunção das forças repulsivas conseguir equilibrar o peso do ímã, ele passará a se deslocar com aceleração resultante nula. Ou seja, com velocidade constante, denominada terminal.

No caso de o tubo envoltório ser de papelão, que é um material não condutor, o ímã seguirá em queda livre, sem limitação por uma velocidade terminal.

Questão 2 (1.5 pontos) – Compare as direções das forças elétricas e magnéticas entre duas cargas positivas que se movem ao longo de trajetórias paralelas (a) no mesmo sentido e (b) em sentidos opostos.

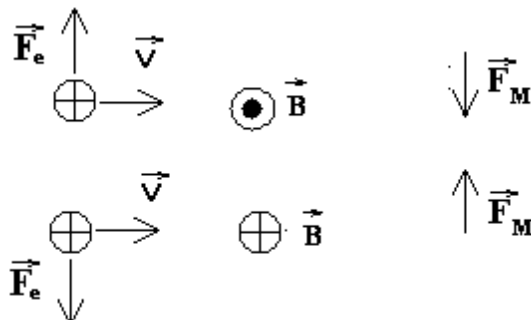
Solução:

Já vimos na disciplina que, quando uma carga pontual $+q$ se move com velocidade \vec{v} , ela produz um campo magnético. Sabemos que a força elétrica é dada por $\vec{F}_e = q\vec{E}$, que o campo magnético $\vec{B} = I\vec{r}$ e que a força magnética pode ser expressa por $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$. Com auxílio da "regra da mão direita", pode-se obter o esquema gráfico a seguir. Na figura um sinal "+" envolvido por um círculo denota que o vetor é perpendicular ao plano da tela (ou do papel, na versão impressa), com o sentido "para dentro" da tela

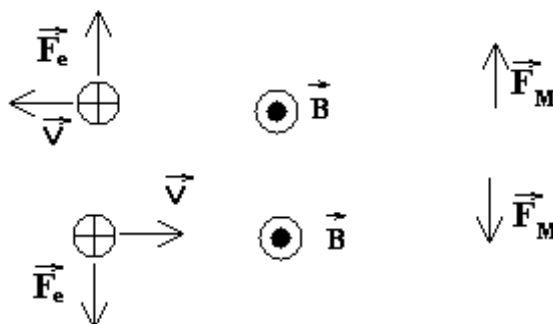
(ou papel); contrariamente, o sinal “.” envolvido por um círculo denota que o vetor tem o sentido “para fora” da tela (ou papel). As setas se referem a direção e sentido no plano da tela (papel).

Assim, para cargas pontuais positivas temos:

1) No mesmo sentido:



2) Sentido contrário



Questão 3 (1.0 ponto) – Quando ocorre uma interferência destrutiva, o que acontece com a energia nas ondas de luz?

Solução:

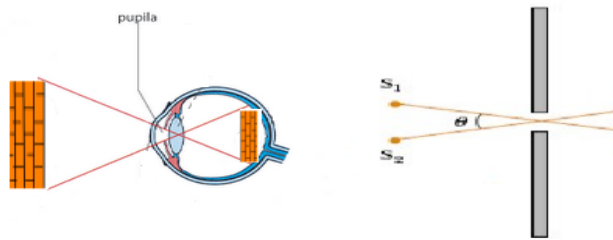
A luz (onda-eletromagnética) transporta energia e esta energia pode ser obtida a partir dos valores dos campos elétricos e magnéticos. A intensidade luminosa, produzida por uma onda eletromagnética, é proporcional ao valor desta energia.

Quando ondas idênticas (a menos de uma diferença de fase) provenientes de duas fontes superpõem-se em um ponto do espaço, os valores dos campos elétrico e magnético se combinam e resultam em valores somados de módulos maiores ou menores que os de uma das ondas. Podem mesmo ter módulo zero em alguns pontos. Esse efeito é chamado de Interferência. Portanto, a intensidade resultante das ondas combinadas pode ser maior ou menor do que a intensidade de cada uma delas. Assim quando ocorre interferência destrutiva a energia das ondas combinadas nesses pontos é nula, porque os campos elétrico e magnético associados a ela são nulos.

Questão 4 (1.5 ponto) – Diz-se que a Grande Muralha da China é o único objeto construído por seres humanos que pode ser visto do espaço a olho nu. Crie um argumento que apoie essa afirmativa com base no poder de resolução do olho humano. Avalie a validade de seu argumento para observadores na órbita baixa da Terra (aproximadamente 400km de altitude) e na Lua.

Solução:

O reconhecimento desse objeto ocorrerá quando for possível reconhecer o início e o término dele, isto é, duas fontes pontuais. O esquema a seguir permite visualizar isto.



Precisamos conhecer o comprimento de onda da luz e o diâmetro da abertura (pupila). Pode-se supor que o diâmetro da pupila seja de aproximadamente 5mm. Supondo que a luz esteja em torno dos 500nm, respectivamente. O limite angular para a resolução pelos olhos depende da razão do comprimento de onda e do diâmetro da pupila $\theta_c \approx 1,22 \frac{\lambda}{D}$. O comprimento da muralha é dado pela distância entre seu início e fim, admitindo que estes sejam dois pontos distintos separados por uma distância d, o ângulo subtendido por esses dois pontos depende dessa distância d e da distância que eles estão dos olhos L: $\theta \approx \frac{d}{L}$. Igualando os dois ângulos e substituindo os valores

numéricos: $\frac{d}{L} \approx 1,22 \frac{\lambda}{D}$
 $L = 8,2 d \times 10^5$

Na órbita baixa da Terra temos: $L = 3,28 \times 10^5 \text{ km}$ assim precisamos de um diâmetro de pupila igual a $D = 0,0061 \text{ mm}$

Dada a distância entre a Terra e a Lua igual a $d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$ temos que $L = 3,15 \times 10^{11} \text{ km}$ e portanto o diâmetro da pupila deve ser igual a $D = 0,0061 \text{ mm}$.

Questão 5 (1.0 ponto) – Como uma fina camada de água sobre uma estrada afeta a luz que você vê refletida na estrada a partir de seus próprios faróis? Como ela afeta a luz que você vê refletida dos faróis de um carro que se aproxima?

Solução:

Em dias secos a luz é refletida de forma difusa (Figura 1) devido aos aspectos da estrada (textura, relevo, etc). Quando chove, forma-se uma camada de água sobre o asfalto e esta película provoca uma reflexão direcionada ou especular (Figura 2), melhorando a qualidade da reflexão da luz no asfalto. Deste modo, uma porção menor de luz chegará ao observador e consequentemente a estrada adquirirá um tom escurecido.

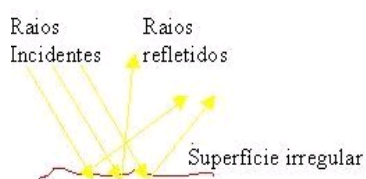


Figura 1: Reflexão difusa

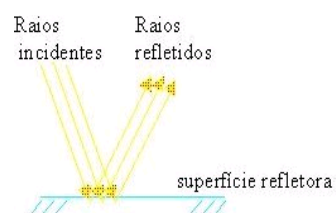


Figura 2: Reflexão especular

Agora quando um carro se aproxima ocorre que a luz que recebíamos diretamente continuará sendo a mesma, entretanto a luz que era refletida de forma difusa agora passa a ser refletida de forma mais uniforme e portanto recebemos uma intensidade maior de luz.

Questão 6 (1.0 ponto) – No modelo clássico de condução, o elétron perde energia em uma colisão porque a velocidade de migração que ele tinha ganho na última colisão diminuiu. De que forma essa energia aparece?

Solução:

No modelo clássico, o elétron é acelerado por um campo elétrico, ganha energia cinética e *momentum* na direção do campo externo (projetada ao longo do meio material). Movendo-se no meio material, o elétron acaba “colidindo” com algum dos átomos do material. Isto transfere ao átomo parte da energia do elétron, além de alterar a direção de movimento deste, ao átomo “atingido” na colisão. Assim, como o átomo atingido está relativamente “preso” à estrutura do material, ele oscila em torno da posição de equilíbrio devido à nova energia recebida; tal oscilação afeta seus vizinhos (faz com que estes também oscilem em torno de suas posições de equilíbrio). Como a agitação dos átomos está associada à temperatura, o que se observa é que “o fio esquenta”. Portanto, dizemos que a energia referida no enunciado eleva a temperatura do material condutor.

Questão 7 (1.0 ponto) – Um buraco elétrico (ou seja, uma ausência de elétron) é criado quando um fóton é absorvido por um semicondutor. Como esse fenômeno torna um semicondutor capaz de conduzir eletricidade?

Solução:

Em alguns semicondutores, na temperatura ambiente há uma quantidade apreciável de elétrons na banda de condução devido a excitação térmica, outra característica comum a alguns semicondutores é possuir lacuna de energia de apenas 1eV. Na presença de um campo elétrico, os elétrons em uma banda de condução podem ser acelerados porque existem estados vazios em suas vizinhanças. Para cada elétron na banda de condução existe também uma vaga na banda de valência vizinha preenchida. Na presença de um campo elétrico, os elétrons nessa banda podem também ser excitados para um nível de energia vago. Isso contribui para a corrente elétrica, e é mais facilmente descrito como o movimento de um buraco na direção do campo e oposto ao movimento de elétrons. O buraco, assim, atua como uma carga positiva. Para visualizar a condução dos buracos, imagine as duas pistas de uma estrada de mão dupla, uma das pistas totalmente cheia, com carros estacionados, e a outra vazia. Se um carro se move saindo da pista cheia para a pista vazia ele pode se mover livremente para a frente. Quando os demais carros se movem para ocupar o espaço deixado, o espaço vazio se propaga para trás, no sentido oposto ao movimento dos carros. Tanto o movimento para frente do carro na pista vizinha que está vazia, quanto a propagação para trás do espaço vazio contribuem para uma propagação resultante para frente dos carros.

Questão 8 (1.0 ponto) - De acordo com o modelo de Bohr, se um elétron passa para

uma órbita de raio maior sua energia total aumenta ou diminui? Sua energia cinética aumenta ou diminui? Explique suas respostas.

Solução:

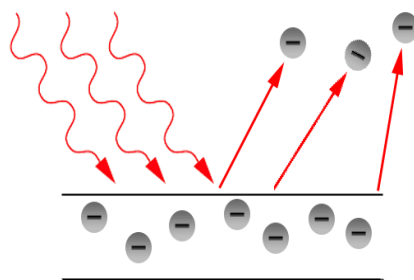
A energia cinética está relacionada ao valor esperado da velocidade. Este diminui conforme o elétron se move para camadas mais externas (longe do núcleo). Portanto, quanto maior o raio, menor a energia cinética. Ademais, os estados eletrônicos em que o elétron se situa mais próximo ao núcleo são “mais ligados”, ou seja, o elétron tem energia mais baixa, fica “preso” a um poço de potencial. Quando recebe energia, se afasta do núcleo, para “estados menos ligados”.

Questão 9 (1.0 ponto) – Explique detalhadamente como determinar o caráter quântico da radiação eletromagnética.

Solução:

Através do efeito fotoelétrico podemos demonstrar o caráter quântico da radiação eletromagnética. O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta, que depende do material. Ele pode ser observado quando a luz incide numa placa de metal, literalmente arrancando elétrons da placa.

Os elétrons que giram à volta do núcleo são aí mantidos por forças de atração. Se a estes for fornecida energia suficiente, eles abandonarão as suas órbitas. O efeito fotoelétrico implica que, normalmente sobre metais, se faça incidir um feixe de radiação com energia superior à energia de remoção dos elétrons do metal, provocando a sua saída das órbitas: sem energia cinética (se a energia da radiação for igual à energia de remoção) ou com energia cinética, se a energia da radiação exceder a energia de remoção do elétrons.



A grande dúvida que se tinha a respeito do efeito fotoelétrico era que quando se aumentava a intensidade da luz, ao contrário do esperado, a luz não arrancava os elétrons do metal com maior energia cinética. O que acontecia era que uma maior quantidade de elétrons era ejetado.

Por exemplo, a luz vermelha de baixa frequência estimula os elétrons para fora de uma peça de metal. Na visão clássica, a luz é uma onda contínua cuja energia está espalhada sobre a onda. Todavia, quando a luz fica mais intensa, mais elétrons são ejetados, contradizendo, assim a visão da física clássica que sugere que os mesmos deveriam se mover mais rápido (energia cinética) do que as ondas.

Quando a luz incidente é de cor azul, essa mudança resulta em elétrons muito mais rápidos. A razão é que a luz pode se comportar não apenas como ondas contínuas, mas também como feixes discretos de energia chamados de fótons. Um fóton azul, por

exemplo, contém mais energia do que um fóton vermelho. Assim, o fóton azul age essencialmente como uma "bola de bilhar" com mais energia, desta forma transmitindo maior movimento a um elétron. Esta interpretação corpuscular da luz também explica por que a maior intensidade aumenta o número de elétrons ejetados - com mais fótons colidindo no metal, mais elétrons têm probabilidade de serem atingidos.