

Oficina de 04 h de duração oferecida em setembro de 2017 durante o VI Seminário do Programa de Pós Graduação em Ensino de Física da UFES

Fase 1- Realização e avaliação, em grupos, de roteiros de experimento usados no Coltec/UFMG

Objetivos:

1. Trocar experiências de ensino de tópicos de Física Quântica, no Ensino Médio, tendo como referência práticas e atividades realizadas no curso de Física do 1º ano do Colégio Técnico da UFMG (Coltec/UFMG).
2. Comparar roteiros de atividades experimentais usadas nesse ambiente escolar com sugestões de experimentos encontradas no livro “Quântica para Iniciantes, Investigações e Projetos” a partir das quais os roteiros foram elaborados.

Nomes dos roteiros usados no Coltec	Nomes dos experimentos propostos no livro
Geração e transmissão de tensão elétrica alternada	Corrente Alternada e Direta
Diferenças entre materiais isolantes, condutores e semicondutores	Temperatura e condução de eletricidade Luz e condução de eletricidade
Investigando a Fosforescência	Luz no escuro
Luminescência: fluorescência e radiação ultravioleta Lâmpadas de descarga elétrica Investigando as lâmpadas fluorescentes	Um aparelho para analisar a luz Lâmpadas fluorescentes

Fase 2- Trocas de experiências

Objetivos:

1. Promover uma discussão sobre a finalidade de inserir tópicos de Física Quântica, no Ensino Médio, tendo em vista uma reflexão mais ampla acerca dos objetivos do ensino da Física Escolar e dos objetivos da Educação em Ciências.
2. Situar o conceito de experimento escolar dentro das dimensões fenomenológica, teórico-conceitual, contextual e metacientífica que estruturam o curso de introdução à Física realizado nos últimos seis anos no Coltec/UFMG.

Materiais:

1. Quatro kits de materiais para a realização dos roteiros propostos para a Fase 1 da oficina (eu levarei).
2. Cópias dos anexos deste documento com o planejamento da oficina (demandadas aos organizados do Seminário).
3. Computador e Datashow (demandados aos organizados do Seminário).
4. Sala que pode se tornar escura (demandados aos organizados do Seminário).
5. Vinte e cinco exemplares do livro “Quântica para Iniciantes, Investigações e Projetos” (eu levarei).

Apêndice 1- Geração e transmissão de tensão elétrica alternada

Introdução

Na atividade *“Um primeiro contato com os circuitos elétricos”*, nós utilizamos antigas lâmpadas de lanterna para montar um circuito elétrico simples. As lanternas atuais não contêm esse tipo de lâmpada, conhecida como lâmpada de filamento ou lâmpada incandescente. Atualmente, são usados Diodos Emissores de Luz (LED, na sigla em inglês). Nesta exploração, iremos montar circuitos com LEDs e conhecer uma importante característica que nos ajudará, mais adiante, a entender as diferenças entre a tensão elétrica direta (DC) e a tensão elétrica alternada (AC). Usaremos LEDs de luz branca, uma associação de duas pilhas AA e garras tipo jacaré.

Na atividade acima mencionada, os polos dos circuitos estavam sempre nos mesmos locais. Essa condição está associada ao que chamamos de tensão elétrica direta (ou tensão DC, na sigla em inglês). Na atividade que realizaremos agora, iremos estudar outro tipo de circuito no qual a região que, em dado momento, se comporta como polo positivo permanece nessa condição, apenas, por uma breve fração de segundo, para se transformar, logo em seguida, em um polo negativo. Nesse tipo de situação lidamos com o que se convencionou chamar de tensão elétrica alternada (tensão AC, na sigla em inglês). Mas, afinal, como a tensão elétrica alternada é gerada? Quais são suas características?

Exploração 1- Uso do LED para identificar o sentido da corrente

Na atividade *Um primeiro contato com os circuitos elétricos*, nós utilizamos antigas lâmpadas de lanterna para montar um circuito elétrico simples. As lanternas atuais não contêm esse tipo de lâmpada, conhecida como lâmpada de filamento ou lâmpada incandescente, mas Diodos Emissores de Luz (LED, na sigla em inglês). Nesta exploração, iremos montar circuitos com LEDs e conhecer uma importante característica que nos ajudará, mais adiante, a entender as diferenças entre a tensão elétrica direta e a tensão elétrica alternada. Usaremos LEDs de luz branca, uma associação de duas pilhas AA e garras tipo jacaré.

- 1- O LED possui dois terminais que têm diferenças facilmente visíveis nas extremidades situadas dentro de seu encapsulamento transparente: note que uma das extremidades é bem menor que a outra! O cristal que emite luz no LED é muito pequeno e não pode ser visto facilmente a olho nu. Na montagem que iremos utilizar, as outras extremidades de cada terminal do LED estão conectadas a fios e a garras tipo jacaré. Faça a ligação entre o LED e a associação de pilhas. Note que só há uma maneira de ligar os elementos para fazer o LED emitir luz. Utilize a figura ao lado para produzir (no seu caderno) um desenho do circuito em podemos ver o LED brilhar. Ao fazer seu desenho, identifique qual terminal deve ser ligado ao polo positivo da associação de pilhas e qual é aquele que precisa ser conectado ao polo negativo.



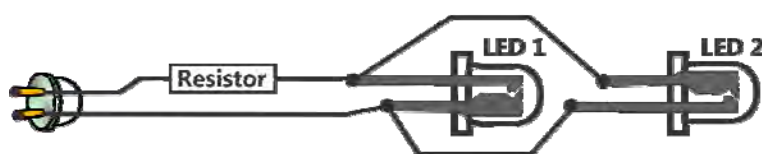
Faça a identificação por meio de uma legenda interna na qual o terminal que precisa ser ligado ao polo positivo seja nomeado como “terminal positivo”, sendo o outro identificado como “terminal negativo”.

- 2- Peça ao professor para trocar o LED individual que seu grupo recebeu inicialmente por uma associação de dois LEDs cujos terminais foram ligados de forma invertida, isto é: o terminal positivo de um dos LEDs foi ligado ao terminal negativo do outro. Ligue a associação de LEDs na associação de pilhas para, em seguida, descrever e explicar o que acontece com os LEDs (a explicação precisa estar apoiada em um esquema do circuito).
- 3- Baseado no que você já aprendeu sobre os LEDs, preveja o que aconteceria caso a ligação realizada no item anterior fosse invertida. Após a previsão, faça a inversão para, então, descrever e explicar o comportamento da montagem.

Exploração 2- A tensão nas tomadas de nossas casas é direta ou alternada?

Agora que sabemos como o LED pode ser usado para identificar o sentido da corrente em um circuito, vamos utilizar um par de LEDs verde e azul, que foram fixados na extremidade de um “bastão de LEDs”. Esse aparato, descrito no próximo parágrafo, nos ajudará a investigar as características da tensão elétrica oferecida nas tomadas elétricas existentes em residências, estabelecimentos comerciais ou industriais. Vamos precisar de uma sala que pode se tornar escura para fazer essa investigação. O professor será o único a manipular o bastão.

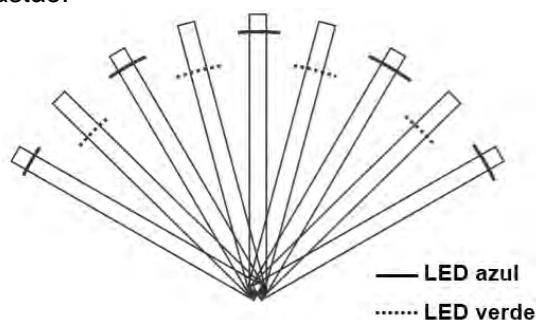
A figura a seguir mostra o esquema do circuito usado na construção de nosso “bastão de LEDs”. Analisando a figura vemos que cada cabo elétrico conectado aos pinos da tomada foi ligado a uma extremidade específica da associação de LEDs. Além da associação, do cano de PVC e dos cabos elétricos, o bastão contém um elemento conhecido como resistor. Sua presença no circuito é necessária, já que um LED ligado diretamente à tensão elétrica aplicada por uma tomada será danificado imediatamente.



Agora que já descrevemos a estrutura do “bastão de LEDs”, vamos começar a utilizá-lo. Em primeiro lugar, seu professor apagará as luzes da sala, ligará o bastão à tomada e o manterá parado. Observe a aparência dos LEDs e, depois, discuta com seus colegas e seu professor as seguintes questões: 1º- já que os LEDs foram ligados de maneira invertida, se a tensão da tomada fosse direta como aquela oferecida por uma associação de pilhas, nós não deveríamos observar apenas um dos LEDs brilhar? 2º- será que os LEDs brilham simultaneamente e o tempo todo ou será que eles piscam mais rapidamente do que nossos olhos podem perceber?

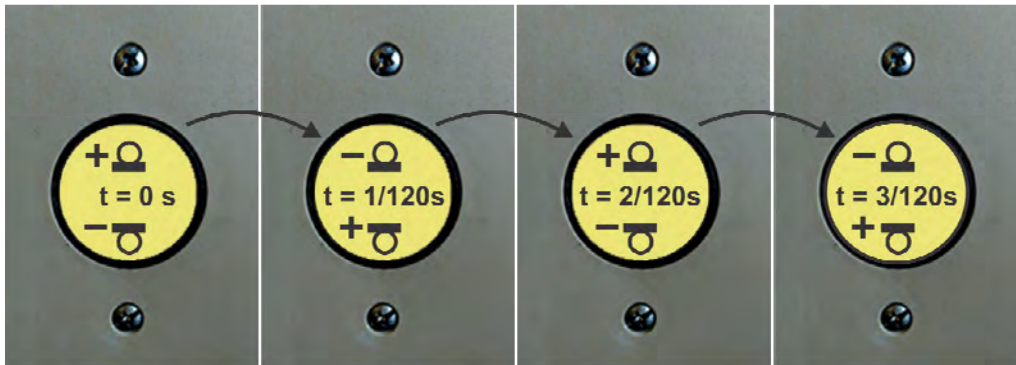
Depois que as luzes forem acesas e as questões acima tiverem sido discutidas, o professor apagará, novamente, as lâmpadas da sala. Desta vez, todavia, ele não manterá o bastão parado. Ao invés disso, moverá, rapidamente, o bastão para um lado e para o outro. Acompanhe essa ação e preste bastante atenção na imagem gerada pelo rápido deslocamento do bastão.

Devido a um fenômeno conhecido como “persistência da visão” torna-se possível observar a luz emitida por cada LED no momento em que ele passa por uma determinada região do espaço, mesmo depois dele ter se movido para longe dessa região. Tendo em vista essa informação, vamos analisar atentamente a figura ao lado, que contém uma representação da imagem observada na sala escura com o rápido deslocamento do bastão.



Na figura foram utilizados traços contínuos para representar a luz emitida pelo LED azul e traços descontínuos para representar o LED verde.

Ao analisar a figura, observe que, nas regiões do espaço onde o LED verde está aceso, o LED azul está apagado, e vice-versa. Podemos entender esse comportamento dos LEDs considerando que a tensão elétrica fornecida pela tomada elétrica residencial seja alternada, ou seja, a polaridade dos seus orifícios muda constantemente. Isso é ilustrado na figura abaixo que mostra uma tomada de dois pinos.



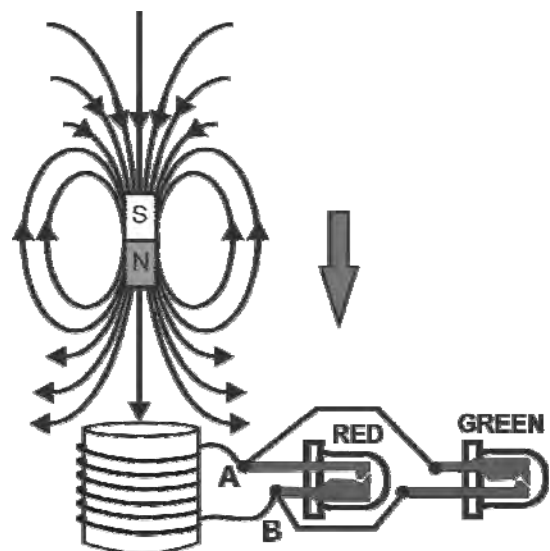
Note que, de acordo com a figura, se em dado momento, o orifício superior da tomada se apresenta como um polo positivo, após uma pequena fração de segundo, o mesmo orifício passa a se comportar como um polo negativo. O mesmo acontece com o orifício de baixo e, por isso, a todo e qualquer momento, a tomada oferece um polo positivo e outro negativo. Contudo, a polaridade de cada orifício alterna ou, em outras palavras, a tensão oferecida pela tomada é alternada (tensão AC).

Com base nessas informações, explique como o comportamento do bastão de LEDs pode ser considerado uma evidência de que a tensão elétrica na tomada é alternada.

Exploração 3- Tensão gerada pela oscilação de ímã / bobina

Nesta exploração, você e seu grupo receberão uma bobina feita a partir de um fio de cobre bem fino e comprido, que foi enrolado em torno de um carretel de plástico. Dentro do carretel existe um núcleo de ferro. Além dessa bobina, vocês também receberão um ímã e um par de LEDs de encapsulamento transparente: um verde e outro vermelho. Os terminais desses Diodos Emissores de Luz foram ligados de forma invertida. Use as garras jacaré presas aos dois terminais da bobina para ligá-la à associação de LEDs. Note que nessa montagem não há pilhas ou baterias para fazer os LED brilharem. Eles brilharão, todavia, como você verá a seguir.

- 1- Tomando a figura ao lado como referência, aproxime, rapidamente, o ímã e a bobina. Faça isso enquanto você observa, atentamente, a associação de LEDs e responda: algum deles se acendeu? Qual?
- 2- Utilize os conhecimentos que você adquiriu durante a Exploração 1 para identificar a polaridade nos terminais A e B da bobina, que são mostrados na figura, durante a rápida aproximação entre o ímã e a bobina.
- 3- Afaste, rapidamente, o ímã e a bobina enquanto observa o par de LEDs: o mesmo LED que havia brilhado durante a aproximação entre ímã e bobina se acendeu novamente?
- 4- Identifique a polaridade nos terminais A e B da bobina, que são mostrados na figura, na situação em que o ímã é afastado da bobina.
- 5- Produza um movimento de oscilação do ímã em relação à bobina. Para isso, aproxime e afaste esses dois objetos, repetida e rapidamente. Com base no comportamento dos LEDs, você diria que esse movimento oscilatório produz, nos terminais da bobina, uma tensão elétrica direta (tensão DC) ou uma tensão elétrica alternada (tensão AC)? Justifique sua resposta.



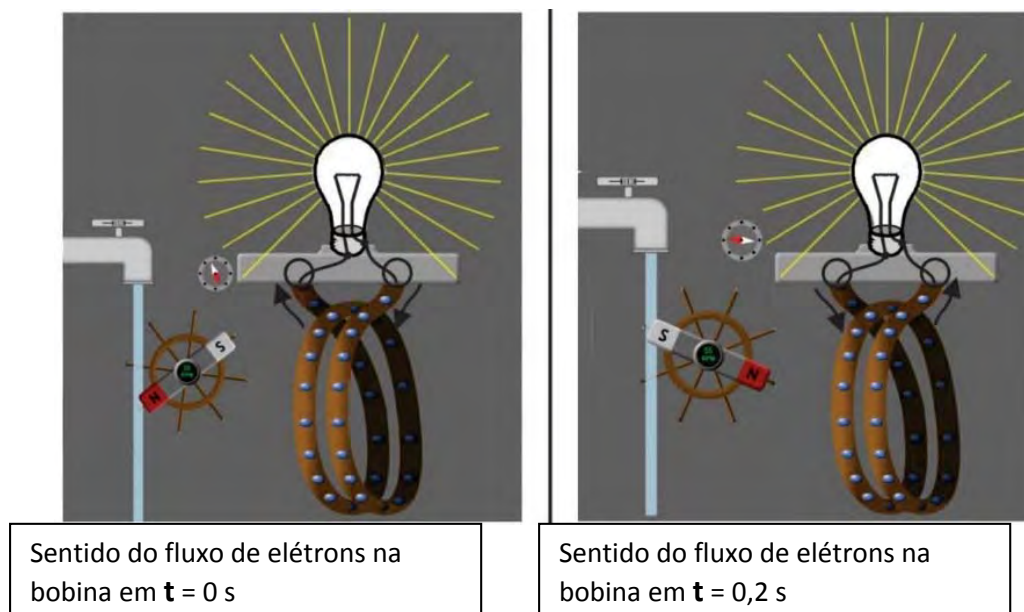
Exploração 4- Campo magnético no entorno de um ímã

Note, na figura anterior, que algumas linhas foram inseridas ao redor da representação do ímã. Para que você possa compreender o que são essas linhas, seu professor: 1º- manipulará um ímã por debaixo de uma placa de madeira para demonstrar a capacidade dos ímãs de atrair objetos que contêm ferro ou níquel; 2º- salpicará pequenos grãos de ferro dentro de uma vasilha transparente, antes e depois de colocar um ímã abaixo da vasilha, e acima da lente de um retroprojedor; 3º- solicitará que você observe, atentamente, a disposição dos grãos de ferro para responder as questões propostas a seguir.

- 1- Na presença do ímã, os grãos de ferro se distribuem, aleatoriamente, dentro da vasilha ou parecem ter sua disposição influenciada por essa presença?
- 2- Existem regiões do ímã nas quais parece mais intensa a influência que ele exerce sobre os grãos de ferro? Antes de responder, peça ao professor para bater na lateral da vasilha dentro da qual caíram os grãos de ferro.¹
- 3- A disposição que os grãos de ferro adquirem dentro da vasilha ajuda você a compreender as linhas desenhadas ao redor do ímã representado na figura que compõe a Exploração 3 deste roteiro?²

Exploração 5- Esquema de funcionamento dos geradores de usinas

A tela do aplicativo Simulation/Generator, que está disponível no link http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator, foi reproduzida na figura a seguir. Trata-se de uma representação esquemática dos componentes básicos e necessários para a criação de tensão elétrica alternada nos geradores usados por usinas hidrelétricas e termoelétricas. Ao manipular o aplicativo e deixar o fluxo de água atingir a “roda d’água”, que está presa ao ímã, torna-se possível observar: 1º- o fluxo de cargas elétricas nas espiras da bobina associado ao movimento relativo entre os polos do ímã e a bobina; 2º- a alternância do sentido da corrente elétrica estabelecida no circuito.



¹ Há sempre duas regiões em um ímã nas quais o “magnetismo” é mais intenso. Essas regiões são chamadas polos magnéticos. A capacidade dos ímãs de se orientar em acordo com os polos geográficos da Terra fez com que eles pudessem ser usados como bússolas e justifica a escolha de denominar os polos magnéticos dos ímãs como polo norte e polo sul.

² Na Física, essas linhas são consideradas representações de um fenômeno conhecido como campo magnético. Assim, os ímãs criam campos magnéticos ao seu redor e é esse campo que permite a um ímã interagir com outros objetos com os quais ele não entra em contato direto.

Deixe a torneira do aplicativo Simulation/Generator aberta e observe, atentamente, os processos que nele são representados. Compare esses processos com aqueles observados durante a Exploração 3. Feito isso, identifique eventuais semelhanças e diferenças entre as duas situações.

Leitura complementar: Onda elétrica nas redes de transmissão e distribuição

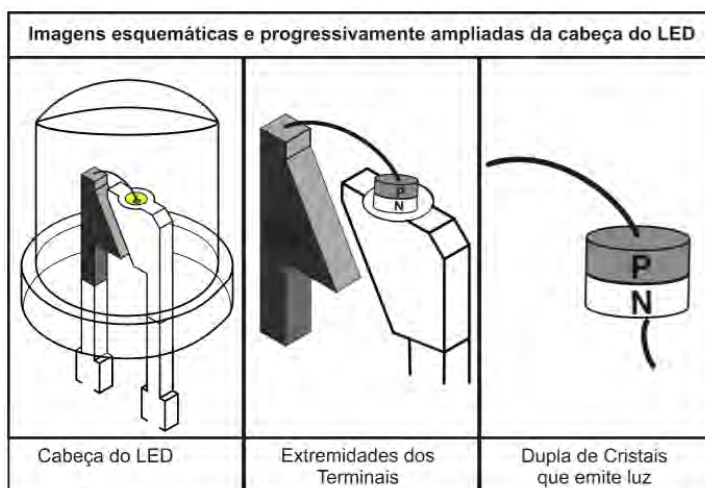
Na Exploração 3, seu grupo executou um movimento de oscilação envolvendo a aproximação e o afastamento entre um ímã e uma bobina. Com o auxílio das observações que fizemos na Exploração 4, podemos dizer que esse movimento de oscilação mecânica promove variações no campo magnético que atua sobre a bobina. Na Exploração 5, com a ajuda do Simulation/Generator, vimos outra maneira de promover oscilações na intensidade do campo magnético que atua sobre uma bobina. Usando nossa capacidade de abstração, podemos descrever os dois processos representados nas explorações 3 e 5 da seguinte forma: oscilações mecânicas geram oscilações magnéticas que, por sua vez, criam oscilações elétricas nos terminais de uma bobina. Em síntese:

oscilações mecânicas ► oscilações magnéticas ► oscilações elétricas

Retome a análise da figura nomeada como “Transferências e transformações de energia em uma usina hidrelétrica”, que compôs a primeira atividade realizada em nosso curso (Introdução ao conceito de Energia). Note que os cabos ligados ao gerador são conectados a uma torre situada na extremidade direita da figura. Esse tipo de torre faz parte de uma série de “linhas de transmissão”, que são constituídas por longos cabos metálicos estendidos desde as usinas até diversos centros de distribuição de energia elétrica. A partir desses centros, que são conhecidos como subestações, saem novos cabos elétricos, um pouco mais finos. Os cabos elétricos das subestações se ligam aos postes situados nas ruas das cidades. Cabos ainda mais finos saem dos postes em direção às nossas casas. Fiações ramificadas dentro das paredes das casas ligam as tomadas elétricas a todo esse enorme sistema, que tem como origem os geradores das usinas hidrelétricas. Considerando as evidências oriundas da Exploração 2, nós estamos autorizados a afirmar que as oscilações elétricas produzidas pelos geradores das usinas são transmitidas por cabos elétricos até as tomadas de nossas casas. Em outras palavras, a transmissão de energia elétrica gerada nas usinas até os locais nos quais essa energia é transformada em calor, luz, som, etc., envolve a propagação de oscilações elétricas ao longo de cabos metálicos. Ora, o que é essa transmissão de energia senão uma onda elétrica?

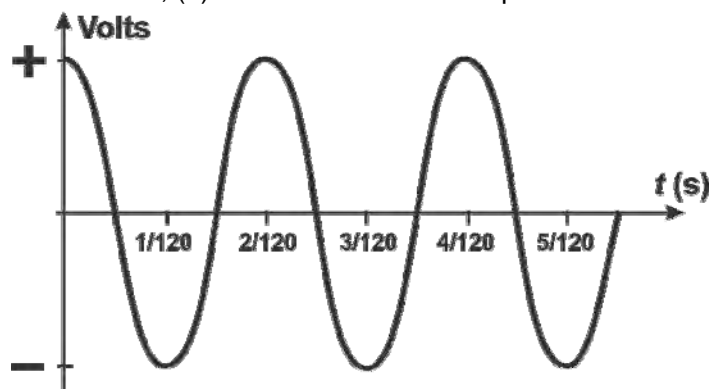
Exercícios para interpretação e aplicação dos fenômenos explorados na atividade

1- Da esquerda para a direita, a série de três imagens ao lado mostra um detalhamento cada vez maior da estrutura do Diodo Emissor de Luz (LED, na sigla em inglês). A imagem mais à direita destaca o único elemento responsável pela emissão de luz no LED: um par de cristais semicondutores, denominados P e N, colocados um sobre o outro. Para que o LED possa brilhar, qual dos dois cristais mostrados na figura deve ser ligado ao polo negativo da bateria e qual é aquele que deve ser ligado ao polo positivo dessa fonte de tensão elétrica?



2- O experimento realizado na Exploração 2 nos permite afirmar que os LEDs azul e verde não brilham simultaneamente, mas sim de forma alternada. Se é assim, por que temos a impressão de que o brilho é simultâneo quando o bastão é mantido parado na frente da sala?

- 3- A partir de informações encontradas na última figura apresentada na Exploração 2, nós podemos determinar o período das oscilações elétricas nos orifícios de uma tomada. O período, como sabemos, é o tempo de uma oscilação completa ou o tempo para uma dada configuração voltar a se repetir. Interprete a figura, determine o período das oscilações elétricas e, a partir do período, calcule a frequência dessas oscilações.
- 4- O gráfico a seguir mostra a mudança na polaridade, ao longo do tempo, do orifício situado na parte de cima da tomada mencionada no exercício anterior. Utilize os eixos do gráfico e, em cima dele, insira outra linha para representar como se comporta a polaridade: (a) do orifício situado na parte de baixo da tomada; (b) do terminal situado na parte de cima da pilha mostrada abaixo.



- 5- Na Exploração 3, vimos que o movimento de aproximação entre um ímã e uma bobina produziu uma polaridade específica nos terminais A e B da bobina (ver figura na Exploração 3).
- O afastamento entre o ímã e a bobina também produz polaridade nesses terminais?
 - A polaridade produzida durante o afastamento é igual àquela provocada no momento da aproximação entre esses objetos? Explique.
- 6- Produzindo rápidos e sucessivos movimentos de aproximação e afastamento entre o ímã e a bobina na Exploração 3, nós pudemos observar os LEDs vermelho e verde piscarem, repetidamente. Se fosse possível repetir os movimentos de aproximação e afastamento com uma frequência igual a 60 Hz (sessenta movimentos completos, por segundo), cada aproximação e cada afastamento seria realizado em um intervalo de tempo de apenas $1/120$ s (um cento e vinte avos do segundo). Nesse caso, nós veríamos cada LED piscar, alternadamente, como vimos na Exploração 3? Justifique sua resposta.
- 7- Retome e analise a última figura da atividade “Introdução ao conceito de Energia”, que foi realizada no início do nosso curso. Essa figura apresenta uma ilustração esquemática dos materiais e fenômenos associados aos processos de transformação e transferência de energia em uma usina hidrelétrica. Na ocasião em que essa figura foi interpretada pela primeira vez, nós não tínhamos recursos para compreender como o gerador de uma usina hidrelétrica utiliza a energia de movimento da água para criar tensão ou polaridade elétrica. Considerando o que você pôde aprender ao realizar as explorações 3 e 5, descreva como a energia cinética da água acaba por se transformar em energia elétrica dos elétrons que fluem no interior dos cabos elétricos ligados ao gerador da usina.
- 8- Retorne à leitura complementar. O texto mostra que os geradores das usinas de energia elétrica funcionam como fontes de ondas elétricas, que se propagam pelos fios das linhas de transmissão. A velocidade de propagação dessas ondas é próxima da velocidade da luz (300.000 km/s).
- Usando o que aprendemos sobre ondas no nosso curso, determine quanto vale o λ das ondas elétricas que se propagam pelas linhas de transmissão.
 - A distância entre a usina hidrelétrica de Itaipu, no Paraná, e Belo Horizonte é cerca de 1.500 km. Compare essa distância com o valor do comprimento de onda encontrado no item anterior: os valores são próximos ou bem diferentes um do outro?
 - Quanto tempo demora para que uma mudança na tensão ocorrida na usina de Itaipu ocorra também em uma tomada residencial situada em Belo Horizonte?

Apêndice 2- Diferenças entre materiais isolantes, condutores e semicondutores

Introdução

Os circuitos elétricos com os quais trabalhamos até agora eram constituídos, predominantemente, por materiais metálicos (filamentos de lâmpada, resistores e fios de ligação) ou por isolantes elétricos (plástico que reveste os fios de cobre, resinas, etc.). Todavia, a maioria dos circuitos, hoje, é também composta por um terceiro tipo de material: os semicondutores. Chips de computador, diodos e transistores são exemplos de elementos de circuito feitos a partir de materiais semicondutores. Mas, afinal: (a) o que é um semicondutor? (b) quais são as diferenças entre materiais isolantes, condutores e semicondutores?

As explorações propostas nesta atividade o ajudarão a responder essas questões. A diferença entre materiais isolantes e condutores metálicos pode ser apresentada em uma frase: *isolantes não têm elétrons livres e, por isso, não conduzem corrente elétrica como os metais*. A diferença entre isolantes, condutores e semicondutores, por outro lado, não pode ser expressa com uma rápida referência às características microscópicas desses materiais. Semicondutores têm um comportamento complexo e suas propriedades elétricas são muito sensíveis às condições ambientais, tais como intensidade luminosa, temperatura, tensão elétrica aplicada, etc. Isso significa que um semicondutor pode se comportar como um condutor, em certas situações, e como isolante, em outras. Mesmo sem entender como a constituição microscópica dos materiais semicondutores permite que eles se comportem, ora como condutores, ora como isolantes, existe uma aprendizagem tecnológica importante associada aos experimentos que você fará agora. Saber como um determinado objeto se comporta e em quais condições ele exibe certo comportamento é um conhecimento de grande valor, em muitas situações.

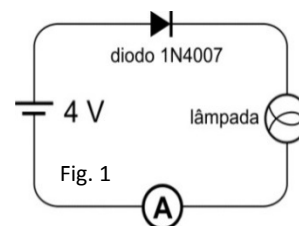
Todos os elementos de circuito que iremos utilizar nesta atividade foram previamente inseridos em um protoboard, também conhecido como matriz de contatos. Nós tomamos a decisão de utilizar um protoboard para preservar os delicados elementos de circuito que utilizaremos. Observe a matriz de contatos e note que nela há fileiras de orifícios. As fileiras são paralelas umas às outras. Todos os orifícios situados em uma mesma fileira estão eletricamente ligados por uma pequena chapa metálica que fica escondida. Assim, por exemplo, se você enfiar um dos terminais de um resistor e um dos terminais de uma lâmpada, em uma mesma fileira de orifícios, você estará ligando os terminais desses elementos de circuito entre si. Isso evita que você tenha de soldar os terminais, torce-los um contra o outro ou segurá-los com uma garra.

Exploração 1- Diodo: condutor ou isolante?

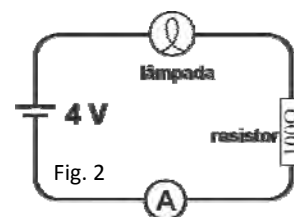
Nesta exploração iremos utilizar os seguintes materiais: 1º- diodo de silício (de 1N4001 a 1N4007) e resistor de 100 Ω , previamente, inseridos (ou espetados) em um Protoboard; 2º- lâmpada de lanterna para 3,6 Volts; 3º- fonte de tensão ajustada para 4 Volts; 4º- multímetro configurado como amperímetro; 5º- cinco pedaços de 10 cm de fio de telefone.

Diodos são elementos de circuito presentes em todos os aparelhos eletrônicos. Os mais usados são o diodo de silício e o diodo emissor de luz, também conhecido como LED (*Light Emitting Diode*). A aparência externa desses elementos é diferente. Porém, ambos têm uma característica em comum que dá origem a sua denominação, pois, etimologicamente, o prefixo *di* significa dois e o sufixo *odos* quer dizer caminhos. Nesta exploração, você entenderá a origem desse nome.

1.1. Observe os componentes inseridos no protoboard e use pedaços de fio para montar o circuito mostrado na FIG. 1. No circuito, temos um diodo ligado em série com uma lâmpada e uma fonte de tensão contínua, regulada em 4 V. Note que uma extremidade do diodo possui uma faixa cinza e manipule o circuito para responder à seguinte questão: a lâmpada brilha independentemente da faixa cinza do diodo estar voltada na direção do polo positivo ou negativo da fonte?



1.2. Podemos caracterizar melhor o diodo podemos comparando-o com um resistor metálico. Use pedaços de fio para montar o circuito mostrado na FIG. 2. Depois, retire o resistor do protoboard e inverta a posição dos seus terminais em relação aos polos da fonte. Avalie se, assim como o diodo, o resistor distingue os dois possíveis sentidos de circulação da corrente no circuito. O comportamento do diodo justifica as características do símbolo usado na figura 1 para representá-lo?



Exploração 2- Temperatura e resistividade

Nesta exploração, você não usará mais o Protoboard. Essa matriz de contatos deverá ser trocada por um recipiente contendo os seguintes materiais: 1º- multímetro configurado como Ohmímetro; 2º- lâmpada palito de 100 W/127V, com filamento de tungstênio; diodo de silício igual ao usado na exploração 1. Com esses materiais, você investigará os efeitos da temperatura sobre a resistividade elétrica de metais e materiais semicondutores.

2.1. Use o Ohmímetro para medir a resistência elétrica inicial de um filamento de tungstênio contido em uma “lâmpada palito”. Em seguida, aqueça o filamento posicionando a lâmpada de farolete (submetida a 12 V) em cima da “lâmpada palito” e em contato com ela. Devido ao enorme isolamento térmico que existe em torno do filamento será preciso aguardar 3 minutos para provocar uma mudança significativa na temperatura do tungstênio. Ao final desse intervalo, meça a resistência elétrica do filamento e determine a variação percentual dessa resistência.

2.2. Ligue o terminal cinza do diodo de silício ao terminal COM do Ohmímetro. O outro terminal do diodo deve ser ligado ao terminal Ω do medidor de resistência elétrica. Em seguida, coloque a lâmpada de farolete ligada em 12 V em cima do diodo. Feito isso: (a) determine a variação percentual da resistência do diodo ao final de 3 minutos e compare-a com a variação observada no caso do filamento; (b) o aumento de temperatura produz o mesmo efeito sobre a resistividade do filamento de tungstênio e do diodo de silício?

A tabela 1 ao lado traz valores de resistividade elétrica para sete materiais metálicos e para três materiais semicondutores: grafite, germânio e silício. A terceira coluna da tabela apresenta valores de um coeficiente (α) que indica como a resistividade de cada material varia com a temperatura. Note que o valor de α é positivo para os metais e negativo para os semicondutores.

A segunda coluna da tabela 1 apresenta valores de resistividade de diversos materiais a 20 °C. Essa medida é representada como ρ_0 .

Material	Resistividade ρ_0 em ohm.m, 20 °C e 1 atm	Coefficiente de Temp. (α) em °C ⁻¹
Prata	$1,59 \times 10^{-8}$	$6,1 \times 10^{-3}$
Cobre	$1,68 \times 10^{-8}$	$6,8 \times 10^{-3}$
Alumínio	$2,65 \times 10^{-8}$	$4,29 \times 10^{-3}$
Tungstênio	$5,6 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Ferro	$9,71 \times 10^{-8}$	$6,51 \times 10^{-3}$
Mercúrio	98×10^{-8}	$0,9 \times 10^{-3}$
Níquel-Cromo	100×10^{-8}	$0,4 \times 10^{-3}$
Grafite*	3×10^{-5} a 60×10^{-5}	$-0,5 \times 10^{-3}$
Germânio*	1×10^{-3} a 500×10^{-3}	-50×10^{-3}
Silício*	0,1 a 60	-70×10^{-3}

Existe uma equação, mostrada a seguir, que relaciona os valores da resistividade (ρ) de um determinado material com a resistividade que ele apresenta a 20 °C (ρ_0) e a temperatura do material. Nessa equação, a diferença entre a temperatura exibida pelo material, em um determinado momento, e a temperatura de referência 20 °C, é identificada como ΔT .

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \alpha \cdot \Delta T]$$

2.3. Retome as medidas que você realizou nos itens 2.1 e 2.2 desta exploração e utilize a equação acima para interpretar os resultados encontrados. De acordo com a equação: (a) a resistência do diodo deveria mesmo ter diminuído com o aumento da temperatura? (b) seria possível prever que a resistência do filamento aumentaria sob aquecimento? (c) a variação percentual da resistência elétrica do diodo de silício deveria ter sido maior que a do filamento de tungstênio?

Exploração 3- Luz e condução de eletricidade

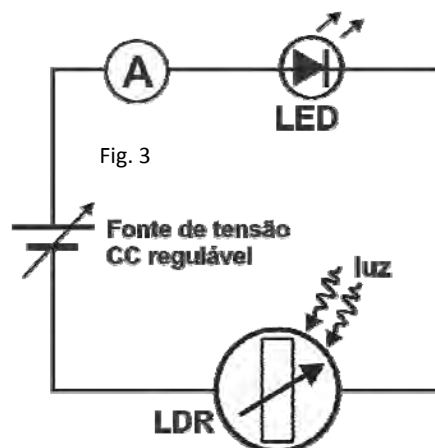
Os materiais que iremos usar agora são: fonte de tensão em 6V; Protoboard; LDR; LED Vermelho; cinco pedaços de 10 cm fio de telefone; telefone celular com lanterna.

O elemento conhecido como LDR tem seu nome dado por uma sigla, em inglês, que resume a expressão *Light Dependent Resistor* (Resistor Dependente de Luz). Trata-se de um dos dispositivos mais usados para monitorar a intensidade da luz ambiente. Mas, como a luz influencia a resistência desse elemento semicondutor?

3.1. Para responder, insira fios nos orifícios do protoboard, de tal maneira que os terminais de um multímetro configurado para funcionar como ohmímetro seja conectado aos terminais do LDR. **Lembre-se de nunca utilizar o ohmímetro em elementos de circuito conectados em fontes de tensão.** Coloque o dedo sobre o LDR para reduzir a intensidade de luz que incide sobre sua superfície ou, ao contrário, ilumine essa superfície com a luz da lanterna de um telefone celular. Observe as medidas realizadas pelo ohmímetro e descreva como a luz afeta a resistência do LDR.

3.2. Usando o protoboard e vários pedaços de fio de telefone, monte o circuito mostrado na figura 3 ao lado. Com esse circuito, verifique se o LDR permite controlar a corrente estabelecida no LED diante de mudanças na intensidade de luz que incide sobre ele. Você deve colocar algum objeto como a própria mão para separar o LED do LDR e facilitar a observação. Além disso, tome os seguintes cuidados:

- altere a distância da lâmpada ao LDR e verifique se isso modifica o brilho do LED;
- desligue a lâmpada e depois coloque seu dedo sobre o LDR para reduzir a intensidade de luz ambiente que incide sobre ele;
- baseando-se no comportamento do LDR no circuito, pense em uma aplicação para esse dispositivo e registre-a no seu caderno.



Apêndice 3- Investigando a Fosforescência

Introdução

A fosforescência é um fenômeno interessante e relativamente comum. Objetos e materiais fosforescentes são facilmente identificados por sua capacidade de “brilhar no escuro” durante um intervalo de tempo depois que as fontes de luz presentes no ambiente são apagadas. Alguns dos objetos fosforescentes mais conhecidos são os interruptores de luz usados nas nossas casas, brinquedos e adesivos que servem de enfeite em quartos de crianças, além dos ponteiros de alguns relógios.

Apesar de estar presente no cotidiano, a maioria das pessoas sabe muito pouco ou quase nada a respeito da fosforescência. Nas três atividades propostas nesta aula, nós iremos explicar a fosforescência com o auxílio de um modelo atômico criado na segunda década do século XX por Niels Bohr. Uma compreensão mais sofisticada desse fenômeno nos levaria a lidar com modelos microscópicos mais atuais e complexos, que foram criados pelas ciências naturais para explicar a constituição dos materiais. O tratamento dessas teorias e modelos mais sofisticados extrapola os

objetivos normalmente atribuídos às ciências naturais na Educação Básica. Estudantes desse nível de ensino interessados em conhecer os fundamentos dessa parte das ciências podem recorrer a textos de divulgação científica, tais como o livro *Quântica para iniciantes: investigações e projetos* (Paula, Helder de Figueiredo; Alves, Esdras Garcia; Mateus, Alfredo Luís. Editora UFMG, 2011) ou livros didáticos diferenciados, tais como o livro *Física Conceitual* (Hewitt, Paul G. Editora Bookman-Artmed, 2011).

Materiais: placa de madeira pintada com tinta fosforescente; sala escura; datashow ligado a um computador; retroprojeto, máscara de papel cartão com orifício ser colocada sobre a base do retroprojeto; fonte capaz de estabelecer tensão elétrica baixa, contínua e variável, LEDs nas cores vermelha, laranja ou amarela, verde e azul; caixa de lápis de cor.

Exploração 1- A fosforescência em uma placa fosforescente

Vamos realizar uma atividade preliminar para observar alguns efeitos interessantes do fenômeno da fosforescência. Para realizar esta primeira atividade, vamos usar uma placa de madeira previamente pintada com tinta fosforescente.

- 1- Em uma sala bastante escura vamos, inicialmente, expor a placa à luz emitida pelas lâmpadas usadas na iluminação do ambiente. Em seguida, vamos apagar as lâmpadas e observar a aparência da placa fosforescente no ambiente escuro. De onde vem a energia emitida pela placa enquanto ela brilha no escuro?
- 2- Iremos supor que a energia emitida pela placa, no escuro, tenha sido absorvida da luz das lâmpadas que, inicialmente, estavam acesas. Para testar essa hipótese vamos fazer o seguinte: (i) deixar a placa brilhar no escuro até que seu brilho diminua significativamente; (ii) colocar uma mão e parte de um antebraço sobre a placa, de modo a impedir que uma determinada região da mesma receba luz quando as lâmpadas forem novamente ligadas; (iii) ligar as lâmpadas permitindo que as regiões da superfície da placa não cobertas pela mão e pelo braço recebam luz proveniente das lâmpadas; (iv) apagar a luz para tornar o ambiente novamente escuro e, em seguida, retirar a mão e o antebraço de cima da placa e observar o que acontece nessas circunstâncias.

Questão 01 - As observações realizadas confirmam ou refutam a hipótese que apresentamos acima?

Exploração 2 – Um modelo para a fosforescência

Passo 1- Descrição inicial da animação do modelo de Bohr usada nesta exploração

Nesta segunda exploração vamos estudar uma animação do modelo de Bohr disponível no link <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/17906>. Essa animação mostra um átomo de hidrogênio constituído por um núcleo vermelho (que simboliza um próton) e por um elétron azul (que circula ao redor do próton/núcleo). O elétron pode ocupar APENAS regiões muito específicas delimitadas por linhas circulares pontilhadas que têm o núcleo como centro e que representam os níveis de energia permitidos para o elétron. O modelo de Bohr proíbe a existência do elétron em regiões diferentes daquelas delimitadas pelas linhas circulares e pontilhadas apresentadas na animação.

Assim que a animação é iniciada, observa-se um elétron circulando na camada mais interna ou mais próxima ao núcleo. Logo em seguida, esse elétron é atingido por uma bolinha amarela, que representa um “pacotinho de energia”, também conhecido como fóton de luz. O fóton atinge o elétron que, então, desaparece da camada ou do nível de energia identificado pelo índice $n = 1$ para, então, reaparecer na camada ou no nível de energia identificado pelo índice $n = 2$. O “salto” dado pelo elétron é representado na animação por uma linha radial vermelha, que identifica a distância (em termos de energia) entre as duas linhas circulares ou órbitas que o elétron ocupa no início ou no fim da transição. Dizemos que o átomo é excitado quando o elétron absorve um fóton incidente e “sobe” para uma órbita mais afastada do núcleo.

Passo 2- Apresentação do conceito de fóton e do comportamento dual da luz

Vamos dar uma pausa na descrição das imagens apresentadas na animação para falar do conceito de fóton de luz. De acordo com os conhecimentos mais atuais da Física, a luz é um fenômeno de propagação ou radiação de energia que, ora exhibe características corpusculares, ora exhibe características ondulatórias. Do ponto de vista corpuscular, os feixes de luz colorida são interpretados como um conjunto de fótons. Cada fóton individual pode ser considerado como uma “partícula”, um “corpúsculo” ou, ainda, um “pacotinho de energia”. Um feixe de luz muito intenso dá origem a uma grande quantidade de fótons. Um feixe de luz menos intenso proporciona um número menor de fótons.

Como veremos mais adiante, cores diferentes dão origem a fótons individuais com quantidades de energia também diferentes. Os fótons com mais energia são os da luz violeta; os que têm menos energia são os associados à cor vermelha. Do ponto de vista ondulatório, cada cor está associada a um comprimento de onda λ e a uma frequência f (ver FIG. 1). Cores vermelhas exibem maiores valores de λ , enquanto as cores violetas situam-se no extremo oposto com valores de λ menores.

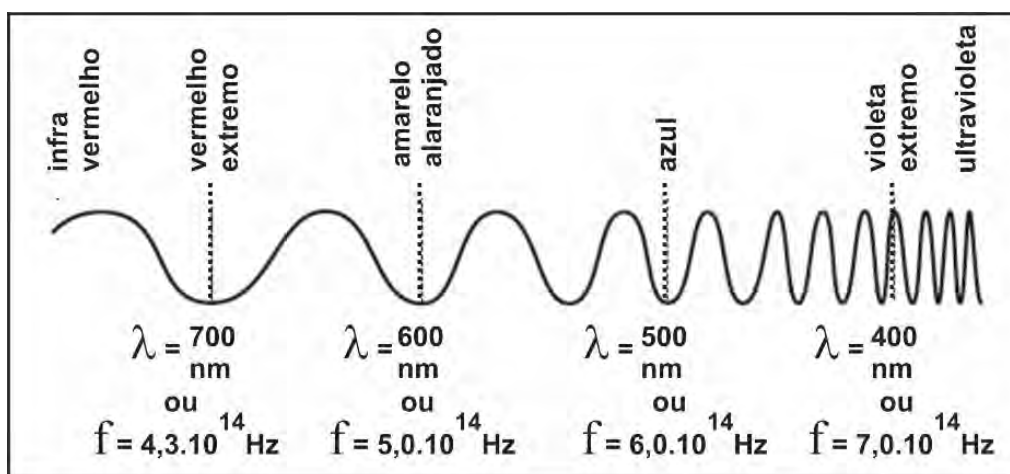


FIG.1- comprimentos de onda e frequências de algumas cores da luz visível

A “dupla identidade” ou “dualidade” da luz é uma ideia estranha e desafiadora. Mas, existe uma regra básica que nos permite lidar com ela: (i) quando se propaga de um ponto a outro do espaço, a luz sempre se comporta como onda; (ii) quando é absorvida ou emitida pelos átomos, a luz sempre se comporta como um conjunto de partículas, “pacotinhos de energia” ou fótons.

Passo 3- Aumento da energia usada na excitação do átomo de Bohr

Dadas essas informações fundamentais, voltaremos a descrever e manipular a animação do átomo de Bohr que estamos a analisar. Na animação, vemos que o elétron que “salta” do nível de energia $n = 1$ para o nível $n = 2$ não permanece nesse nível por muito tempo. Vemos, também, que quando o elétron volta ao estado de energia mais baixo, ele emite um fóton de luz igual àquele que havia absorvido inicialmente. Usando os conceitos introduzidos pelo modelo de Bohr, nós diremos que ao ocupar qualquer camada ou nível de energia mais distante do núcleo, o elétron faz com que o átomo de Hidrogênio se encontre em um “estado excitado”.

A expressão “estado excitado” serve para dizer que, nessas condições, o átomo possui mais energia do que aquela que caracteriza seu estado de equilíbrio estável e mais energia que “ele precisa para existir”. Nas ciências naturais, nós acreditamos que a tendência de um sistema é apresentar uma configuração na qual ele possua o mínimo de energia possível. Mais energia que o “necessário”, então, cria um estado de “excitação” e a tendência de liberação da energia extra. Isso permite ao sistema excitado voltar ao estado fundamental. No átomo, esse processo de volta ao estado de menor energia é também conhecido como “relaxação”.

Questão 02 – Qual é a diferença entre excitação e relaxação no processo de interação entre o fóton e o átomo?

Um recurso importante da animação é a possibilidade de aumentar a energia transmitida ao elétron pelo fóton de luz que incide sobre ele. No lado inferior direito da janela aberta pela animação nós podemos alterar os 10,2 elétrons-volt (eV) iniciais associados aos fótons que irão incidir sobre o elétron. Valores maiores de energia podem ser atribuídos a esse fóton: 12,1 elétrons-volt; 12,8 elétrons-volt; 13,1 elétrons-volt ou 13,2 elétrons-volt. Um elétron-volt é uma quantidade de energia bem pequena, pois, corresponde à apenas $1,6 \times 10^{-19}$ joules.

Experimentaremos alterar a energia do fóton incidente deixando-a em 12,1 eV para, então, observar o que ocorre com o átomo de Hidrogênio após a interação com esse novo fóton “mais energético”. Observe a animação durante algum tempo e note que, desta vez, o retorno do elétron ao estado de menor energia exibe duas possibilidades distintas. Identifique essas possibilidades observando o número de fótons emitidos durante o retorno do elétron ao estado fundamental e a cor das linhas radiais que caracterizam as frequências das ondas geradas pela propagação desses fótons. Reproduza a imagem mostrada na animação e descreva as cores das linhas radiais no seu caderno.

Questão 03 – Descreva o que acontece quando o átomo é excitado para níveis mais energéticos.

Note que o salto entre níveis de energia mais próximos corresponde a uma linha radial vermelha. Infelizmente, por uma grave limitação da simulação, as bolinhas que representam os fótons não mudam de cor quando alteramos a energia desse fóton. A existência de uma diferença entre os fótons emitidos é indicada, apenas, por meio da cor das linhas radiais que marcam a transição do elétron entre dois níveis de energia.

Passo 4- Os fótons de luz, a dualidade onda-partícula e a equação de Planck

Vamos dar uma nova pausa na exploração da animação para falar do significado, em termos físicos, das cores das linhas radiais associadas aos saltos dados pelo elétron.

No ano de 1900, ao estudar os resultados de um experimento conhecido como “radiação de corpo negro”, Max Planck postulou uma equação para explicar os resultados experimentais. Posteriormente, em 1905, Albert Einstein interpretou a equação criada por Planck como uma evidência do comportamento dual da luz. Foi essa interpretação bem como o uso da equação na explicação do efeito fotoelétrico, um fenômeno aparentemente muito diferente daquele investigado por Planck, que deu à Einstein o seu único prêmio Nobel. A equação criada por Planck e consagrada por Einstein pode ser expressa como $E = h \cdot f$, onde a letra E representa a energia de cada fóton produzido ou absorvido por um átomo. A letra f representa a frequência da onda constituída pela propagação dessa energia. Por fim, a letra h é um número de valor fixo e muito pequeno, que é conhecido na Física como constante de Planck. O valor dessa constante foi medida experimentalmente por Planck e, depois, foi obtida, novamente, em um grande número de diferentes experimentos. Por essa razão, ela é considerada uma constante universal que interfere no “funcionamento” de uma infinidade de fenômenos naturais.

O fato da constante de Planck ser tão pequena ($h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$ ou $h = 4,136 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$) indica que um fóton individual de luz visível tem uma quantidade de energia muito pequena, ainda que as frequências desse tipo de radiação sejam muito elevadas. Como mostra a FIG. 1, no extremo inferior do espectro do arco-íris, temos um tom de vermelho com frequência igual a $4,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ou 430 trilhões de oscilações por segundo). No extremo superior temos um tom de violeta com frequência igual a $7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ou 750 trilhões de oscilações por segundo).

Questão 04 – Com base nos valores de frequência acima apresentados, calcule a energia de um fóton da luz vermelha e de um fóton da luz violeta.

Passo 5- Novos aumentos na energia usada para excitar o átomo de Bohr

Considerando as informações e os conceitos apresentados até aqui, nós modificaremos, novamente, a energia do fóton que incide sobre o elétron do átomo de Hidrogênio. Aumentaremos essa energia, progressivamente, para 12,8 elétrons-volt; 13,1 elétrons-volt e 13,2 elétrons-volt. Para cada novo valor de energia, registre, no caderno, as diferentes possibilidades de retorno do elétron ao estado de menor energia, em termos do número de fótons emitidos nesse retorno e da cor das linhas radiais associadas à energia dos fótons produzidos nesses processos. Preste atenção aos processos de relaxação, pois,

quanto maior for a energia do fóton incidente maior será o número de possibilidades de “saltos” durante a liberação da energia absorvida pelo átomo.

Passo 6- O modelo de Bohr e a explicação qualitativa da fosforescência

Agora que já exploramos as principais características da animação do modelo de Bohr para o átomo de Hidrogênio, o desafio é utilizar esse modelo para compreender o fenômeno da fosforescência observado na Exploração 1. Note que a placa fosforescente usada naquela ocasião não é constituída por átomos de Hidrogênio. Por essa e por outras razões, o uso do modelo de Bohr para explicar a fosforescência é problemático. Ainda assim, nós podemos produzir uma explicação qualitativa que é coerente, em linhas gerais, com os conhecimentos atuais da Física sobre o fenômeno da fosforescência. Com essa explicação, contudo, não podemos compreender certas características do fenômeno, tal como a existência de um “tempo de retardo” entre a absorção de luz e a reemissão. Também não podemos fazer previsões quantitativas sobre esse intervalo de tempo e os fatores que o tornam maior ou menor nos diferentes tipos de materiais fosforescentes existentes. Ainda assim, vale a pena usar o modelo de Bohr para ter uma ideia geral de alguns dos principais processos envolvidos no fenômeno da fosforescência. Para usar o modelo e produzir uma interpretação do fenômeno, suponha que os átomos de um material fosforescente são capazes de permanecerem excitados durante um tempo considerável, antes de reemitirem, na forma de fótons de luz, a energia que receberam.

Questão 05 – Com base na suposição acima, use o modelo de Bohr para explicar, de maneira qualitativa, o fenômeno da fosforescência.

Exploração 3 – Mais sobre a relação entre a cor e a energia dos fótons

A animação que nós utilizamos na Exploração 2 estabelece uma relação entre a cor de um feixe de luz e a quantidade de energia de cada fóton que constitui esse feixe. Se essa relação estiver correta, podemos esperar que fótons de luz azul, por exemplo, tenham mais energia do que fótons de luz vermelha. Vamos avaliar se esse é realmente o caso, por meio de um experimento no qual utilizaremos a luz produzida por LEDs nas cores vermelha, laranja ou amarela, verde e azul. A energia para iluminar esses LEDs será fornecida por uma fonte de tensão baixa, contínua e variável. Começaremos sempre com tensão nula e aumentaremos a tensão lenta e gradativamente para não queimar os LEDs.

Em uma sala escura ligaremos os LEDs coloridos um a um. Nós aproximaremos cada LED da placa fosforescente para responder às questões apresentadas a seguir. Para responder uma delas, teremos de utilizar vários LEDs vermelhos ligados em paralelo ou uma lâmpada vermelha de LED.

- 1- Luz de qualquer cor (vermelha, laranja ou amarela, verde e azul, por exemplo) permite excitar os átomos que compõem a superfície da placa?
- 2- Sabemos que vários LEDs vermelhos, ligados em paralelo, emitem mais energia luminosa do que um único LED azul: então, por que os átomos da placa fosforescente não são excitados quando recebem essa luz vermelha de maior intensidade, mas podem ser excitados ao receber luz azul de baixa intensidade?
- 3- A equação de Planck vincula a cor de um feixe de luz e a quantidade de energia de cada fóton que constitui esse feixe. Os experimentos que fizemos com a placa fosforescente e os LEDs coloridos são coerentes ou incoerentes com essa equação? Justifique sua resposta.

Questões:

- 1- De onde vem a energia que permite a uma placa fosforescente brilhar no escuro?
- 2- A Física acredita que a luz apresenta uma natureza dual, comportando-se como “pacotes de energia”, quando é absorvida por um gás constituído por átomos isolados, e como onda, quando se propaga de um ponto a outro do espaço. Considerando esse comportamento e sabendo que a frequência de uma luz de cor azul é superior à frequência de uma luz de cor vermelha, qual seria a diferença entre os fótons associados à cor azul e os fótons associados à cor vermelha?

- 3- Os fótons de todas as cores que compõem a luz branca têm energia suficiente para excitar a placa fosforescente usada na 1ª Atividade desta aula? Justifique sua resposta com base nas observações que fizemos.
- 4- Um átomo pode ser excitado mais de uma vez? O átomo não “se desgasta” durante os processos de absorção e liberação de energia? Explique.

Apêndice 4- Luminescência: fluorescência e radiação ultravioleta³

Introdução

Nesta aula, você poderá: (i) aprender a interpretar a cor de um objeto como o resultado de processos de absorção e reflexão da radiação que incide sobre ele; (ii) compreender o fenômeno da fluorescência e sua associação com a radiação ultravioleta (UV); (iii) conhecer alguns efeitos da radiação UV sobre o organismo humano, bem como o papel dos protetores solares; (iv) diferenciar a fluorescência da fosforescência, que é um fenômeno de luminescência estudado na aula anterior.

Materiais: ambiente escuro; camiseta branca; lâmpadas coloridas vermelha, verde e azul; lâmpada de luz “negra”; lâmpada fluorescente compacta; caneta marca texto amarela; papel amarelo-limão com um tom similar àquele exibido pela caneta marca texto; pires com um punhado de sabão em pó; um copo de refrigerante conhecido como água tônica; folhas de papel A4; placa pintada com tinta fosforescente; um retângulo previamente colorido com caneta marca texto amarela; protetor solar; creme ou loção sem protetor solar em sua composição.

Exploração 1- Uma surpresa fluorescente

- 1- Em um ambiente escuro, utilizaremos lâmpadas coloridas para iluminar uma camiseta que parece branca sob a radiação oriunda do Sol. Observe a cor exibida pela camiseta quando essa é iluminada pela luz proveniente de uma lâmpada vermelha. Compare a aparência da camiseta com aquela observada no caso de trocarmos a lâmpada vermelha por uma lâmpada verde ou azul. Por que a camiseta “branca” se torna avermelhada, esverdeada ou azulada, a depender da cor da lâmpada usada no experimento?
- 2- Observe, agora, a cor exibida por uma lâmpada de luz “negra” que, inicialmente, será ligada em um ambiente claro (com janelas abertas durante o dia ou com lâmpadas acesas durante a noite). Note que, nessas condições, a lâmpada exibe uma cor violeta de baixa intensidade. Tendo em vista as cores apresentadas pela camiseta no item 1 desta exploração, preveja que cor ela irá exibir quando for exposta à radiação proveniente da lâmpada de luz “negra” em um ambiente completamente escuro?
- 3- Para entender o resultado da experiência realizada no item anterior desta exploração, vamos fazer um novo experimento. Em um ambiente claro, usaremos uma caneta marca texto para fazer um desenho simples sobre um pedaço de papel amarelo-limão. Iluminando esse papel com luz ambiente ou uma lâmpada comum é fácil identificar qual desenho foi produzido? E se deixarmos o ambiente escuro e iluminarmos o papel com uma lâmpada de luz “negra”? Depois de fazer as observações que permitem responder a essas duas questões, leia o texto abaixo no qual nós apresentamos o modo como a Física explica o fenômeno observado.

A cor de uma camiseta que parece branca ao ser iluminada pela luz do Sol pode variar! Em um ambiente escuro, a camiseta fica avermelhada caso seja exposta a uma lâmpada de luz vermelha, mas fica esverdeada quando nela fazemos incidir a luz proveniente de uma lâmpada que emite luz verde. Esses resultados criam a expectativa de que a camiseta apresente uma cor violeta quando iluminada por uma lâmpada de luz “negra”, dado que a única luz visível emitida por esse tipo de lâmpada apresenta uma cor violeta.

³ Aula publicada em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=54060>

Contrariando essa expectativa, uma camiseta “branca” que é iluminada por uma lâmpada de luz “negra” brilha com uma luz branca e intensa ao ser colocada em um ambiente escuro! Esse brilho pode ser explicado se admitirmos que, além da luz violeta, a lâmpada de luz “negra” emite outro tipo de radiação, que é invisível aos olhos humanos. Essa radiação é chamada ultravioleta.

A FIG. 1, a seguir, descreve o que acontece quando radiação ultravioleta atinge o pigmento fluorescente que reveste a camiseta branca usada no experimento que fizemos. A compreensão do processo descrito nessa figura depende do resgate da Equação de Planck ($E = h \cdot f$), que já foi apresentada no texto da atividade “Investigando a Fosforescência”. A equação estabelece uma relação entre, por um lado, a quantidade de energia exibida por um único fóton emitido por um átomo e, por outro lado, a frequência da onda luminosa resultante dessa emissão. Como afirmamos, anteriormente: (i) quando se propaga de um ponto a outro do espaço, a luz sempre se comporta como onda; (ii) quando é absorvida ou emitida pelos átomos, a luz sempre se comporta como um conjunto de partículas, “pacotinhos de energia”, ou fótons. (iii) na equação de Planck, h é um número constante e muito pequeno.

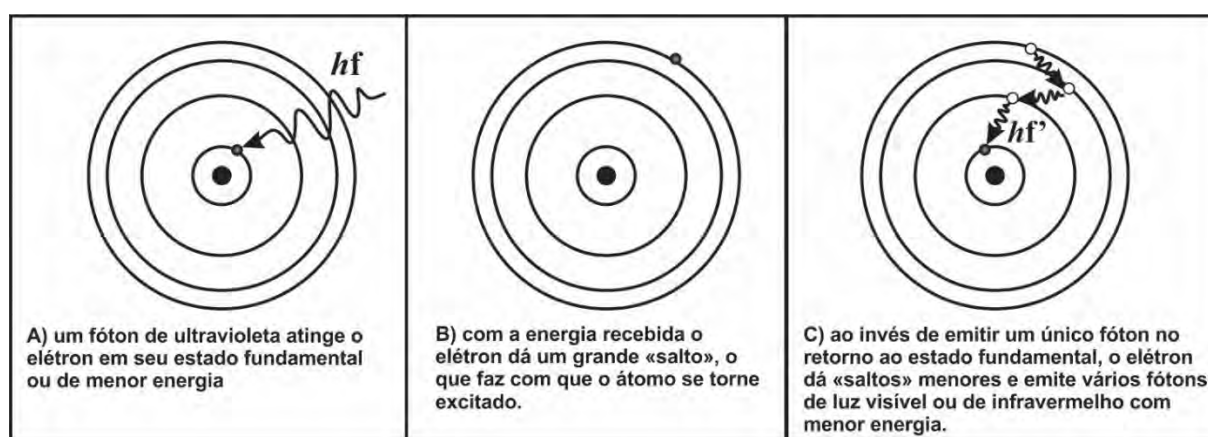


FIG. 1- Produção de fótons de luz visível a partir de um fóton ultravioleta

Quando um átomo possui mais energia do que aquela necessária para a sua existência, ele necessariamente libera energia que está em excesso para o ambiente a sua volta. Para que isso ocorra, elétrons do átomo que se encontram em estados “excitados” retornam a níveis de energia mais baixos. De acordo com a equação de Planck, se um elétron dá “saltos” entre níveis de energia mais próximos: 1º- somente fótons com pouca energia são emitidos pelo átomo; 2º- a energia emitida se propaga como uma onda eletromagnética de baixa frequência situada na região do espectro associada à radiação infravermelha.

Enquanto a radiação infravermelha resulta ou provém de fótons com pouca energia, a radiação ultravioleta é constituída por fótons cuja energia é superior à energia dos fótons associados à radiação visível. Quando um átomo de um pigmento fluorescente é atingido por um fóton de radiação ultravioleta, um dos elétrons desse átomo “salta” para um estado de energia mais alta, se afasta do núcleo do átomo e ultrapassa vários estados de energia intermediários. Ao voltar “para mais perto do núcleo”, o elétron dá vários “saltos menores” que resultam na emissão de pelo menos dois fótons: um fóton de luz visível e outro de radiação infravermelha.

Além de nos permitir explicar o fenômeno da fluorescência, a Equação de Planck também nos ajuda a interpretar a cor de um objeto como o resultado de processos de absorção e reflexão da radiação que incide sobre ele. A luz emitida pelo Sol ou por uma lâmpada comum é constituída por todas as cores do arco-íris. Uma camiseta que não contém pigmentos coloridos em sua superfície é capaz de refletir (isto é, é capaz de absorver e reemitir) fótons com valores de energia associadas às frequências de todas as cores. Mas, quando “luz branca” incide sobre um material recoberto com pigmentos de cor vermelha, por exemplo, apenas fótons associados à cor vermelha são reemitidos pelo material, pois: (a) a energia dos fótons associados às outras cores é devolvida ao ambiente por meio da emissão de um conjunto de

fótons de infravermelho cujas energias somadas equivalem à energia de cada fóton de luz visível que foi absorvido; (b) os fótons de infravermelho não produzem sensação visual.

Exploração 2 – Conhecendo outros materiais fluorescentes

Usando lâmpada de luz “negra”, vamos iluminar alguns materiais para investigar se algum deles exibe o fenômeno da fluorescência: sabão em pó, água tônica, notas de dinheiro, canetas, lápis e outros materiais disponíveis na sala de aula. Baseado na definição de fluorescência que apresentamos na Exploração 1, você diria que a maioria dos materiais e objetos encontrados em nossa sala de aula é fluorescente?

Exploração 3 – Efeitos biológicos da radiação ultravioleta

Qualquer pessoa pode comprar lâmpadas de luz “negra”, pois, elas são facilmente encontradas no comércio. Esse fato sugere que a radiação ultravioleta que essas lâmpadas emitem, provavelmente, não é prejudicial ao nosso organismo. Em função do comprimento de onda (ou da frequência), a radiação ultravioleta (UV) é classificada em três faixas ou categorias: UVA, UVB e UVC. Pesquise na internet qual é o intervalo de comprimentos de onda característicos dessas três faixas e quais são seus efeitos no organismo humano. Produza um quadro com três colunas colocando na primeira coluna o tipo de radiação, na segunda a faixa de comprimentos de onda e/ou frequências e na terceira possíveis efeitos biológicos de cada tipo de radiação.

Exploração 4 – Radiação ultravioleta e uso do protetor solar

Em um ambiente iluminado com luz natural ou com lâmpadas comuns, nós observaremos um retângulo amarelo que foi colorido com uma caneta marca texto. Em um terço desse retângulo passamos um protetor solar. Sobre outro terço, passamos um creme ou loção que não contém filtros solares. Feita a observação, tornaremos o ambiente escuro e voltaremos a observar o retângulo sob a radiação de uma lâmpada de luz “negra”. Compare a aparência do retângulo quando iluminado por luz “branca” ou por luz “negra”.

Resgate o texto em itálico apresentado ao final da exploração 1 e utilize as ideias nele contidas para responder as seguintes questões: (i) o protetor solar permite que a radiação ultravioleta emitida pela lâmpada de luz “negra” incida sobre a tinta fluorescente? (ii) o efeito observado permite explicar a função do protetor solar sobre a pele?

Exploração 5 – Distinguindo a fluorescência da fosforescência

Em um ambiente escuro, usaremos uma lâmpada de luz “branca” para iluminar uma placa fosforescente e uma folha de papel A4, que devem ser colocadas lado a lado. A lâmpada deve ser ligada por alguns instantes para ser desligada, logo em seguida. Depois, repetiremos o procedimento utilizando uma lâmpada de luz “negra”. Registre suas observações no caderno antes de prosseguir na leitura deste roteiro.

Na Física, um material é considerado fosforescente se continuar a emitir luz após parar de ser iluminado. Por isso, costuma-se dizer que materiais fosforescentes são aqueles capazes de “brilhar no escuro”. O critério usado para classificar um material como fluorescente é diferente. Para ser fluorescente um material precisa brilhar mais intensamente quando é iluminado por radiação ultravioleta do que quando é iluminado por luz visível. Como o ultravioleta é imperceptível aos olhos humanos, o maior brilho exibido pelo material iluminado por esse tipo de radiação é considerado uma evidência de que ele está absorvendo fótons de ultravioleta e reemitindo fótons de luz visível.

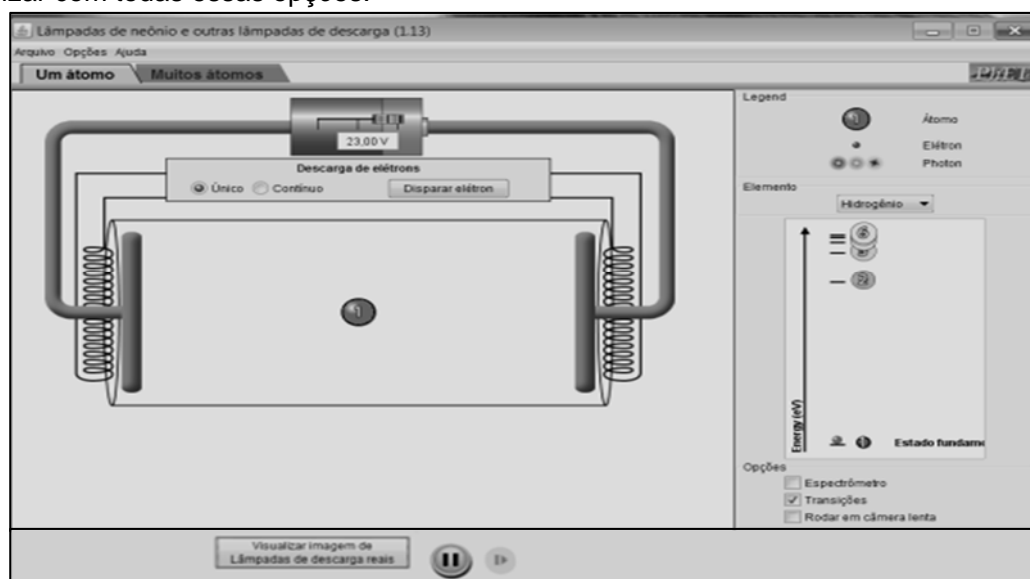
Levando esses conhecimentos e definições em consideração, responda: (a) O experimento que fizemos nesta exploração nos permite esclarecer se, assim como a fluorescência, a fosforescência também exige a incidência de radiação ultravioleta para ocorrer? (b) A placa fosforescente que nós utilizamos também pode ser considerada fluorescente? (c) A folha de papel A4 que nós utilizamos é somente fluorescente, somente fosforescente ou apresenta essas duas propriedades?

Questões:

- 1- Utilize a equação de Planck ($E = h \cdot f$) e o modelo explicativo exposto no texto em itálico apresentado ao final da Exploração 1 para explicar por que seria impossível para um material fluorescente emitir luz visível quando iluminado por radiação infravermelha?
- 2- Um átomo de um material fluorescente absorve um fóton de radiação ultravioleta e emite um fóton de luz verde e um fóton de radiação infravermelha. Esse processo é coerente com o princípio de conservação de energia? Explique.
- 3- O Sol é uma fonte importante de radiação ultravioleta, mas, essa radiação não é visível aos olhos humanos. Ainda assim, os fabricantes de sabão em pó inserem pigmentos fluorescentes em seus produtos. Por que razão?
 - a) Quais são os efeitos da radiação UV sobre o organismo humano?
 - b) Como os protetores solares auxiliam na proteção da pele contra o excesso de radiação ultravioleta?
 - c) Quais são as duas principais diferenças entre a fluorescência e a fosforescência?
- 4- Comparando um tom de luz vermelha com um tom de luz azul, responda:
 - a) Quem tem a frequência mais alta?
 - b) Quem possui maior energia por fóton?
- 5- Um amigo seu argumenta que se a radiação ultravioleta pode ativar o processo de fluorescência, a luz vermelha também deveria fazê-lo, desde que exista em grande quantidade ou intensidade. Seu amigo o olha para saber se você concorda ou discorda dessa afirmação. O que você diria a ele nessa ocasião?

Apêndice 5- Lâmpadas de descarga elétrica

Nesta aula, nós faremos explorações com o aplicativo que está disponível no link http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/discharge-lamps. Esse aplicativo simula o funcionamento de lâmpadas de descarga elétrica que contém diversos vapores ou gases. A tela do simulador, reproduzida na figura abaixo, mostra as principais características dessas lâmpadas, a representação dos níveis de energia dos átomos contidos no interior da lâmpada e várias outras opções (abas, botões e caixas) que permitem fazer modificações na simulação. Explore livremente a simulação por algum tempo para se familiarizar com todas essas opções.



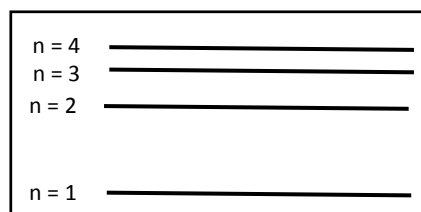
As questões abaixo têm dois objetivos: (i) orientar as explorações que faremos nesta atividade; (ii) contribuir para que você produza registros no seu caderno com os quais você possa estudar, posteriormente, a matéria com a intenção de aprender.

- 1- Observe a representação da lâmpada de descarga elétrica apresentada na tela do simulador e, a partir dela, faça um desenho no seu caderno descrevendo os principais componentes desse tipo de lâmpada. Identifique as funções dos componentes que você desenhou.
- 2- O programa simula o que acontece quando um elétron colide com o átomo. Note que a energia é mediada na unidade elétron-volt (eV). Um elétron-volt é a energia transferida para um elétron (ou outra partícula carregada com uma carga elementar) por uma tensão de 1 volt. Determine quanto vale um eV comparado a um Joule de energia. Para isso, note que:
 - (i) Tensão = energia/carga ou Energia = tensão x carga;
 - (ii) Energia (1 eV) = tensão (1Volt) x carga(um elétrons);
 - (iii) a carga de um elétrons = $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb;
 - (iv) a multiplicação das unidades Volt x Coulomb resulta na a unidade 1 Joule.
- 3- Escolha o Elemento Hidrogênio, configure a descarga de elétrons como Contínuo e deixe marcadas as caixas Transições e Rodar em câmera lenta. Observe toda a sequência de acontecimentos que ocorrem a partir do momento em que um elétron é ejetado da placa emissora. Descreva quais são as transferências e transformações de energia que ocorrem em uma lâmpada de descarga para que ela possa emitir um fóton de luz?
- 4- A energia do elétron, que atinge o átomo de hidrogênio, pode ser modificada variando a tensão da fonte representada por uma pilha no simulador. Note que, ao mudarmos essa tensão, a seta vermelha que indica a energia do elétron em colisão, mostrada na janela que apresenta os níveis de energia do hidrogênio, também muda de posição. Observe e descreva o que acontece com o átomo de hidrogênio quando o elétron que colide com ele tem uma energia:
 - a) menor do que a necessária para que o elétron do hidrogênio seja transferido do primeiro para o segundo nível de energia permitido nesse átomo?
 - b) igual àquela necessária para que o elétron do hidrogênio seja transferido do primeiro para o segundo nível de energia permitido nesse átomo?
 - c) maior do que a necessária para que o elétron do hidrogênio seja transferido do primeiro para o segundo nível de energia permitido nesse átomo?
- 5- Marque a opção Espectrômetro. O espectrômetro permite observar quais fótons são emitidos e quais são os seus comprimentos de onda. Na seção Elemento, escolha Configurável. Essa escolha permite construir um átomo fictício e definir, arbitrariamente, seus níveis de energia. Comece com apenas dois níveis e note que podemos mudar a energia do segundo nível clicando sobre ele com o mouse.
 - a) Escolha um valor em volts para a fonte de tensão que leve a linha vermelha, usada para indicar a energia dos elétrons em colisão, para uma posição intermediária entre os dois níveis de energia. Observe e explique o que acontece nessas condições.
 - b) Depois, desloque a linha vermelha deixando-a acima do segundo nível de energia permitido para o átomo. Então, faça com que as descargas elétricas no interior da lâmpada excitem o “átomo” configurado. Novamente, observe e explique por que acontece.
 - c) Em que condições o espectrômetro representa apenas uma linha espectral?
 - d) O que acontece com o comprimento de onda da radiação emitida e sua frequência caso a distância entre os dois níveis de energia configurados seja aumentada ou diminuída?

- 6- Reinicie o espectrômetro para zerar os registros que nele foram realizados. Retire também a opção Rodar em câmera lenta para obter registros mais rápidos de espectros. Por fim, acrescente mais um nível de energia, bem como modifique a tensão da bateria e a posição dos três níveis de energia, de modo que a energia dos elétrons em colisão seja maior do que a energia de todos os níveis permitidos para o átomo. Relacione, então, as transições dos elétrons mostradas no diagrama de níveis de energia com as linhas mostradas no espectrômetro.
- Por que a introdução de mais um nível de energia aumentou o número de linhas espectrais exibidas?
 - Como a distância entre os níveis de energia está relacionada com os comprimentos de onda das radiações emitidas pelo átomo?
- 7- Escolha a aba Muitos átomos e na opção Elemento escolha Hidrogênio. Configure a descarga de elétrons como Contínuo, deixe marcadas as caixas Transições e marque a opção Espectrômetro. Observe que no espectrômetro as linhas que mostram quais fótons são emitidos mostrando o comprimento de onda da luz emitida e também mostrando a emissão de ultravioleta (UV) e infravermelho (IV).
- 8- Qual é o espectro de emissão de um átomo de hidrogênio, ou seja, quais são os comprimentos de onda ou as frequências das radiações emitidas pelo átomo e com que intensidades (relacionadas com o tamanho das linhas) esses comprimentos de onda ou frequências estão presentes na energia emitida pelo átomo para o ambiente a sua volta?
- 9- O que muda no espectro de emissão registrado no espectrômetro do aplicativo quando colocamos átomos diferentes do hidrogênio em uma lâmpada de descarga elétrica? Reproduza as imagens do espectrômetro em seu caderno, descreva as diferenças no espectro de emissão dos diferentes átomos e explique por que esses espectros são diferentes uns dos outros.

Questões

- Como pode um átomo de hidrogênio, que possui apenas um elétron, emitir luz constituída por várias linhas espectrais, ou seja, luz de várias frequências diferentes?
- Qual é a relação entre a diferença de energia de dois níveis energéticos e a energia do fóton emitido durante uma transição entre eles?
- Radiação verde é emitida quando os elétrons de uma substância realizam uma transição entre dois níveis de energia específicos. O que seria necessário alterar para que essa mesma transição provocasse a emissão de radiação azul?
- A maioria dos átomos, ao interagirem com radiação visível (com frequências situadas entre $4,3 \times 10^{14}$ Hz e $7,0 \times 10^{14}$ Hz), tornam-se excitados, pois, alguns de seus elétrons “saltam” de “órbitas” ou níveis de energia mais baixa para “órbitas” ou níveis de energia mais alta. No entanto, a interação desses mesmos átomos com raios X (com frequências situadas entre $3,0 \times 10^{16}$ Hz e $3,0 \times 10^{18}$ Hz) provoca sua transformação em íons positivos. Essa transformação decorre da perda de um ou mais de um elétron para o ambiente que cerca o átomo. Por que esses dois tipos de radiação produzem resultados tão diferentes ao interagirem com os átomos?
- Para responder a essa questão, considere apenas os quatro níveis de energia de um determinado átomo, que são mostrados no diagrama ao lado.
 - Quantas linhas espectrais resultarão de todas as possíveis transições entre esses níveis?
 - Que transição corresponde à radiação emitida com maior frequência?
 - Que transição corresponde à radiação emitida com menor frequência?

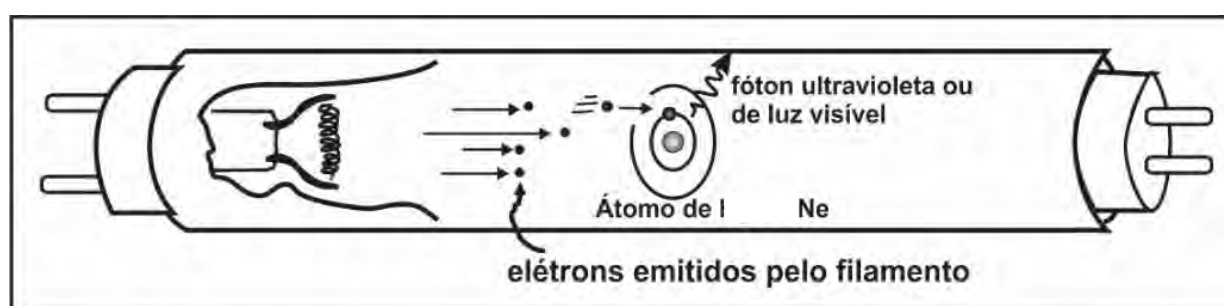


Apêndice 6- Investigando as lâmpadas fluorescentes

Introdução

Em janeiro de 2011, uma portaria interministerial do governo federal brasileiro proibiu a comercialização de lâmpadas incandescentes, a partir de 2016. Proibição similar já havia ocorrido em muitos outros países. Mas por que a comercialização e o uso dessas lâmpadas foram proibidos em grande parte do mundo? Como funcionam as lâmpadas fluorescentes cuja produção e comércio foram estimulados para promover a substituição das lâmpadas incandescentes? Quais são os pontos positivos e os pontos negativos dessa substituição?

Nesta atividade, nós investigaremos diversos aspectos relacionados à estrutura e ao funcionamento das lâmpadas fluorescentes. A figura abaixo representa, de forma esquemática, alguns dos processos envolvidos no funcionamento desse tipo de lâmpada. A investigação que realizaremos permitirá que você compreenda tais processos⁴.



Exploração 1- Fontes de luz primária e secundária em uma lâmpada fluorescente

Nesta atividade, vamos usar um aparelho chamado espectroscópio que desempenha um papel similar ao das gotículas de água dispersas na atmosfera durante a formação do arco-íris. A luz do Sol, assim como qualquer outro tipo de “luz branca” é, na verdade, a reunião de todas as radiações visíveis que aparecem em um arco-íris. O espectro do arco-íris é formado pela separação dessas radiações durante a passagem da “luz solar” por gotículas de água dispersas na atmosfera. Cada uma das radiações que compõem esse espectro pode ser caracterizada por um comprimento de onda (λ) ou por uma frequência (f), como mostra a figura situada no início da próxima página. Cada valor de λ , mostrado na figura, está associado a uma sensação de cor específica, que é produzida em nosso cérebro.

Usaremos o espectroscópio alinhando sua fenda longitudinalmente, ora sobre uma lâmpada fluorescente, ora sobre uma lâmpada germicida, ambas cilíndricas e de baixa potência (4 Watts). As lâmpadas estão protegidas por uma caixa recoberta com vidro e devem ser ligadas e observadas alternadamente. Elas são muito similares. Ambas contêm átomos de mercúrio que emitem radiação quando são excitados por descargas elétricas. A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de mercúrio que tem o tubo de vidro recoberto por sais de fósforo, cuja aparência é a de um “pó branco”. É a ausência desses sais que faz com que a lâmpada de mercúrio possa ser usada como lâmpada germicida ao apresentar um vidro transparente.

⁴ As atividades que iremos realizar ao longo desta atividade foram baseadas em experimentos sugeridos no livro *Quântica para iniciantes: investigações e projetos* (PAULA, ALVES e MATEUS, Editora UFMG, 2011).

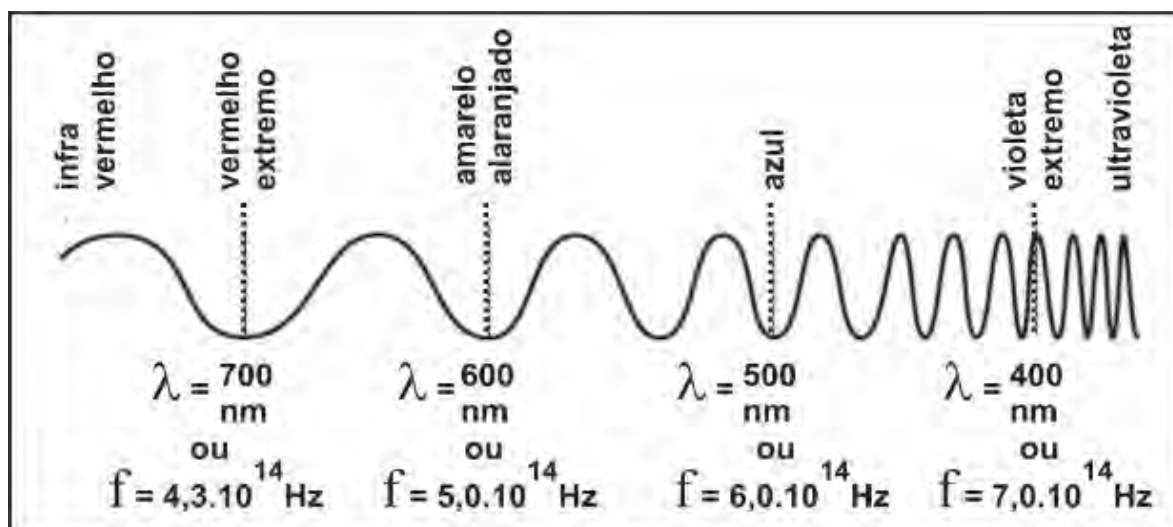


FIG.1- comprimentos de onda e frequências de algumas cores da luz visível

Com o espectroscópio, podemos observar o resultado da decomposição da luz proveniente de cada lâmpada. Essa decomposição ou espectro aparecerá em uma das paredes laterais situadas no interior do espectroscópio. Ao fazer a observação, perceba que o espectro da lâmpada germicida é discreto, ou seja, é constituído por um conjunto de linhas coloridas, separadas entre si por espaços escuros (ausências de radiação). Use lápis de cor para registrar o espectro discreto da lâmpada germicida em seu caderno. Esse registro será importante para a realização da exploração 2 que é proposta, a seguir, neste roteiro. Note que o espectro da lâmpada fluorescente é contínuo, ou seja, é composto por, praticamente, todas as cores visíveis ao olho humano. Por fim, observe também que no espectro contínuo da lâmpada fluorescente, as linhas coloridas que compõem o espectro da lâmpada germicida reaparecem mais fortes.

Exploração 2 – Modelo do processo de emissão de luz na lâmpada de descarga de Hg

Por que os átomos contidos em uma lâmpada de vapor de mercúrio emitem radiações com cores específicas? Por que o espectro da luz emitida pela lâmpada germicida é discreto, isto é, constituído por apenas algumas linhas ou comprimentos de onda?

Nesta exploração, você poderá responder a essas perguntas ao utilizar o aplicativo que simula o processo de emissão de radiação por átomos de Hg (mercúrio) e está disponível no link http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/discharge-lamps. Se essa for a primeira vez que você utiliza esse aplicativo, seu professor usará um Datashow para apresentar as características e funcionalidades que ele apresenta. Caso contrário, você pode iniciar, imediatamente, a manipulação do aplicativo para realizar as duas ações propostas a seguir.

Compare o espectro de emissão do Hg produzido pelo aplicativo com aquele que você observou e registrou na primeira exploração desta atividade, dando destaque para a identificação de semelhanças e diferenças entre os dois espectros. Escreva no seu caderno o resultado dessa comparação.

No espectro produzido pelo simulador, observe a presença de dois tipos de radiação invisíveis aos nossos olhos: o infravermelho e o ultravioleta. Saiba, ainda, que a faixa do ultravioleta é subdividida entre UVA (ultravioleta de baixa frequência), UVB (ultravioleta de média frequência) e UVC (ultravioleta de alta frequência). Analisando o espectro produzido pelo aplicativo, identifique qual é o tipo de radiação emitida com mais intensidade pelos átomos de mercúrio.

Exploração 3- Características do vidro das lâmpadas fluorescentes

Na exploração anterior, nós vimos que o átomo de mercúrio (Hg) emite grande quantidade de energia na forma de radiação ultravioleta de alta frequência (UVC). Essa é uma radiação prejudicial ao nosso organismo! Então, por que o uso de lâmpadas fluorescentes é considerado seguro?

Assista ao vídeo *Fluorescência e absorção de ultravioleta em cacos de lâmpada fluorescente*, que está disponível na página *Quantização da Energia_Vídeos*, do site <https://helder-fisica-coltec.wikispaces.com>. Com o auxílio deste vídeo, você poderá compreender como o vidro usado na fabricação das lâmpadas fluorescentes atua para que esses dispositivos sejam seguros. Observe, no vídeo, que os cacos de lâmpada fluorescente com os sais de fósforo voltados para cima emitem luz branca (ou fluorescem), quando recebem UVC. Esses mesmos sais fluorescem quando os cacos de lâmpada estão com os sais voltados para baixo? Em outras palavras, ocorre fluorescência no caso em que o vidro se interpõe entre os sais de fósforo e a fonte de radiação UV? Discuta como o experimento registrado no vídeo nos permite chegar a uma conclusão sobre a questão apresentada no primeiro parágrafo desta exploração.

Exploração 4- Simulação do processo de fluorescência nas lâmpadas

A capacidade do vidro usado na fabricação das lâmpadas fluorescentes de impedir a propagação de radiação ultravioleta de alta frequência do interior das lâmpadas para o ambiente a sua volta é uma importante medida de segurança. Contudo, considerando o espectro de emissão do Hg mostrado no aplicativo *Lâmpadas de descarga elétrica*, podemos chegar à conclusão de que a maior parte energia emitida por esses átomos está situada na faixa do ultravioleta! Não seria possível aproveitar essa energia para a geração de luz visível como aquela exibida pela lâmpada fluorescente compacta amarela que está situada sobre a sua mesa? Será que o vidro usado na fabricação das lâmpadas fluorescentes é o único responsável por evitar que radiação UV saia de dentro da lâmpada?

Nesta exploração, você utilizará materiais seguros para responder às perguntas formuladas no parágrafo anterior, por meio de um truque que nos permitirá produzir um fenômeno similar ao que torna as lâmpadas fluorescentes capazes de converter radiação ultravioleta (UV) em luz visível! Usaremos como fonte de UV a popular lâmpada de “luz negra”⁵. A radiação emitida por essa lâmpada deverá incidir sobre duas lamínulas de vidro, daquelas usadas em microscópios. Uma delas foi pintada com tinta fluorescente; a outra não!

- 1- Compare a aparência das duas lâminas de vidro quando iluminadas por luz comum e por luz ultravioleta. Levando em consideração seus conhecimentos sobre a fluorescência, discuta, em grupo, como uma das duas lâminas observadas simula o que acontece no interior das lâmpadas fluorescentes.
- 2- Leia o segmento de texto a seguir e verifique se as afirmações que ele contém são coerentes com as observações realizadas até o momento nesta atividade de laboratório.

Uma lâmpada fluorescente possui duas fontes de emissão de luz ou radiação: a fonte primária é a emissão de radiação, predominantemente ultravioleta, pelos átomos de mercúrio contidos no interior da lâmpada; a secundária envolve a absorção dessa primeira radiação pelo “pó branco” que reveste o tubo de vidro da lâmpada. Os sais de fósforo que constituem esse “pó branco” absorvem a radiação ultravioleta emitida pelos

5 A lâmpada de “luz negra” é uma lâmpada de vapor de mercúrio, tal como a lâmpada fluorescente. Seu vidro, contudo, é internamente revestido por pigmentos escuros, ao invés de conter o pó branco que reveste as lâmpadas fluorescentes. Com exceção da cor violeta, esses pigmentos escuros filtram todas as outras cores do espectro visível emitido pelo vapor de mercúrio. Os pigmentos escuros da lâmpada de “luz negra” absorvem a radiação UVC para convertê-la em UVA de baixa intensidade. Por essa razão, o uso de lâmpadas de “luz negra” não apresenta riscos significativos à saúde: a intensidade de UV baixo que elas emitem é muitas vezes menor do que aquela a que ficamos expostos quando caminhamos sob o Sol.

átomos de Hg. A radiação absorvida excita os átomos desses sais que depois emitem luz visível ao retornarem ao estado de menor energia.

Exploração complementar 5: A saúde humana e o descarte das lâmpadas fluorescentes

Há riscos para a saúde humana decorrentes do uso de lâmpadas fluorescentes?

A fonte primária de radiação nas lâmpadas fluorescentes é a excitação de átomos de mercúrio a partir de descargas elétricas. Quando esse tipo de lâmpada “queima”, apenas os filamentos aquecidos situados em suas extremidades são danificados: o mercúrio em seu interior permanece intacto! Mas o mercúrio é prejudicial à saúde humana! Como, então, podemos descartar lâmpadas fluorescentes sem poluir o ambiente? Para responder a essa questão, acesse o vídeo Descarte adequado de lâmpadas fluorescentes, que está disponível na página Quantização da Energia_Vídeos, do site <https://helder-fisica-coltec.wikispaces.com>. Depois:

- A) Pesquise na internet quais são os riscos associados à contaminação do ambiente por um resíduo como o mercúrio. Organize as informações obtidas para que possam ser apresentadas aos colegas e ao professor.
- B) Procure saber se em sua cidade existem procedimentos para a coleta e o descarte adequados de lâmpadas fluorescentes.
- C) Discuta com seus colegas e familiares o que poderia ser feito para a implantação de procedimentos adequados. Faça uma pesquisa de campo para descobrir como o descarte de lâmpadas fluorescentes tem sido feito na comunidade onde você mora.

Apêndice 7- Sumário do Vol. 1 da apostila usada no curso de Física no 1º ano do Coltec

Capítulo I- Introdução ao Curso.....	
Planejamento pedagógico do Curso de Física no 1º ano	1
Um primeiro contato com o conceito de Energia	14
Introdução ao Laboratório.....	18
LAB. 01 - Medidas de tempo de reação a estímulos externos	18
Primeiro exemplo de relatório para atividade de laboratório	22
Orientações para elaboração de Relatórios no Laboratório.....	24
LAB. 02- Medidas diretas e indiretas.....	26
Capítulo II- Ondas	28
II.1- Ondas / Atividades de sala de aula	28
Leitura do texto sobre <i>Formas de Energia</i>	28
Ondas: explorações introdutórias.....	29
Aplicativo Ondas em uma corda.....	30
Fase, frequência, comprimento e velocidade de uma onda	33
Leitura das seções 1 a 3 do texto <i>As ondas elásticas</i>	37
Primeira Lista de Exercícios sobre ondas elásticas	39
Explorações e simulações de ondas sonoras	41
Leitura das seções 4, 5 e 6 do texto <i>As ondas elásticas e a Acústica</i>	43
Transmissão de vibrações e ressonância	45
Segunda Lista de Exercícios: Ondas sonoras e Ressonância	48
Caracterizando a Difração.....	51
A interferência entre ondas em uma corda.....	55
Exercícios sobre ondas estacionárias	58
Interferência entre ondas sonoras, luminosas e na superfície da água	59
Exercícios sobre Interferência	61
II. 2 - Ondas / Laboratório.....	64
LAB. 03- Fatores que determinam a frequência ou o período de um Pêndulo.....	64
LAB. 04- Modos Normais e Ressonância em fios esticados	66
LAB. 05- Sons complexos e suas características.....	68
II.3- Ondas / Atividades Complementares	73
Modos normais de vibração e Ressonância em colunas de ar	73
Capítulo III - Circuitos	76
III. 1- Circuitos / Atividades em sala	76
Um primeiro contato com os circuitos elétricos	76
Criação de fluxos de carga elétrica em materiais condutores	79
Iniciação ao laboratório virtual de circuitos elétricos	81

Modelo microscópico do fluxo de elétrons em um circuito	84
Breve história das medidas de carga e corrente elétrica.....	86
Tempo de carga e tempo de duração de pilhas ou baterias recarregáveis.....	89
Transformações de energia nos circuitos elétricos	92
Analogia entre um circuito hidráulico e um circuito elétrico	94
Controle dos fluxos de carga em um circuito elétrico	96
Chaves interruptoras e curtos-circuitos	98
Primeira lista de exercícios sobre circuitos elétricos	100
Transformações de Energia em associações de pilhas/lâmpadas.....	102
Associações de resistores.....	105
Potência, instalações elétricas, fusíveis e disjuntores.....	110
Segunda lista de exercícios sobre circuitos elétricos	114
O consumo de energia elétrica residencial e a conta de luz	117
III.2- Circuitos / Laboratório	122
LAB. 06 - Geração e transmissão de tensão elétrica alternada	122
LAB. 07 - Usando o voltímetro para investigar circuitos elétricos.....	128
LAB. 08 - Usando o amperímetro para investigar circuitos	131
LAB. 09 - Medidas de resistência em lâmpadas e resistores.....	134
Lab 10 - Comparação entre dois métodos para fazer uma medida.....	137
Lab. 11- Noções sobre circuitos de corrente alternada	139
III.3- Circuitos / Atividades Complementares.....	143
Potência, tensão e corrente elétrica em associações série ou paralelo.....	143
Previsões e desafios em circuitos elétricos mistos.....	144
Diferenças entre materiais isolantes, condutores e semicondutores.....	147
Eficiência energética de diferentes tipos de lâmpadas.....	150

Apêndice 8- Sumário do Vol. 2 da apostila usada no curso de Física no 1ºano do Coltec

Capítulo IV- Quantização da Energia	
IV.1- Quantização da Energia (sala de aula)	
Investigando a Fosforescência	1
Luminescência: fluorescência e radiação ultravioleta	6
Roteiro de leitura sobre Emissão de luz	9
Lâmpadas de descarga elétrica	10
Emissão de radiação: Lista de exercícios	13
IV. 2 - Quantização da Energia (Laboratório)	
LAB. 12 – Investigando as lâmpadas fluorescentes	15
Capítulo V- Efeitos das Forças	
V.1- Introdução à Mecânica Newtoniana (sala de aula)	
Atividade de abertura	19
Gráficos usados para o registro e o estudo dos movimentos	21
Caracterização dos movimentos: o conceito de aceleração	27
Análise do movimento em queda livre	32
Lista de Exercícios: A descrição dos movimentos	33
Força resultante e aceleração	35
Formalização da 1ª Lei de Newton	39
Investigando o movimento de um paraquedista	41
Formalização da 2ª Lei de Newton	43
Formalização da 3ª Lei de Newton	45
V. 2 – Introdução à Mecânica Newtoniana (laboratório)	
LAB. 13 – Introdução ao estudo dos movimentos	48
LAB. 14 – Direção de uma força e direção dos efeitos que ela produz	55
LAB. 15 – Força aplicada, força resultante e força de atrito	58
LAB. 16 - Modelando interações em uma corda	60
V.3- Transformações de energia mecânica (sala de aula)	
Transformações de Energia em uma pista de <i>Skate</i>	63
As três manifestações de energia mecânica	65
Transformações de energia mecânica no repique de uma bolinha	66
Exercícios sobre manifestações de energia mecânica	69
Energia e Trabalho	71
V.4- Transformações de energia mecânica (laboratório)	79