

F609 – Tópicos de Ensino de Física I

Coordenador da disciplina: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

Determinação da Constante de Planck

Aluno: Alex Gomes de Oliveira RA 058614

Orientador: Prof. Dr. Ernesto kemp - kemp@ifi.unicamp.br

1- Projeto: Determinação da Constante de Planck

Descrição

Esse trabalho tem como objetivo elaborar um experimento simples capaz de determinar a constante de Planck. O experimento consiste na montagem de um circuito com dois diodos luminosos (led's), um vermelho e outro verde.

A radiação emitida pelo led apresenta um dado valor de comprimento de onda (λ), conhecendo este, nós descobrimos a sua freqüência e sua energia.

Sabendo-se a energia do fotón emitida pelo LED verificamos qual deve ser o menor valor de tensão aplicada aos seus terminais que permita ascender o LED. Adotando a conservação de energia temos que a energia recebida será a mesma que a energia emitida, na forma de radiação eletromagnética.

Dessa forma temos a carga do elétron, a freqüência da radiação emitida pelo LED, e a diferença de potencial aplicada entre os terminais do LED para começar a conduzir (neste caso consideraremos essa medida para a condição em que ele começa a ascender), medida pelo voltímetro.

Como todos os valores podem ser determinados, experimentalmente encontramos a constante de Planck.

Para determinar o comprimento de onda do LED usaremos uma rede de difração para decompor e analisar a luz emitida para cada LED.

Importância Didática do Trabalho

Esse trabalho envolve conceitos como diferença de potencial (ddp), comprimento de onda da luz (λ), conservação de energia, radiação eletromagnética, carga do elétron, freqüência de radiação emitida pela luz e difração da luz. Esses são alguns itens estudados nas universidades, mas entre eles tem alguns que podem ser abordados no ensino médio.

Originalidade

Esse experimento já foi desenvolvido em alguns laboratórios de universidades públicas, como a Universidade de São Paulo e a Universidade Estadual de Viçosa. Esse trabalho visa mais o interesse de alunos das faculdades e universidades, pois aborda um assunto referente á física moderna do século XX.

Material Utilizado

- 1 chave liga e desliga
- 1 led verde
- 1 led vermelho
- 1 potenciômetro de 470 Ω
- 1 voltímetro
- 2 pilhas pequenas de 1,5 V associadas em série
- fios de ligação

Referências

Física Moderna Experimental: Cristiane R.C. Tavoraro; Marisa Almeida Cavalcante. Editora Manole Ltda ; 1^o edição 2003. pg 78-80.
Eisberg, R. Resnick, R. Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles, 12nd Edition, Wiley,
http://www.ufv.br/dpf/320/Cte_Planck.pdf
http://plato.if.usp.br/~fap2293d/LAB2293_2008E9.pdf

Meu orientador, Professor Doutor Ernesto Kemp concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários a menos de exceções indicadas abaixo.

Exceções: NÃO HÁ.

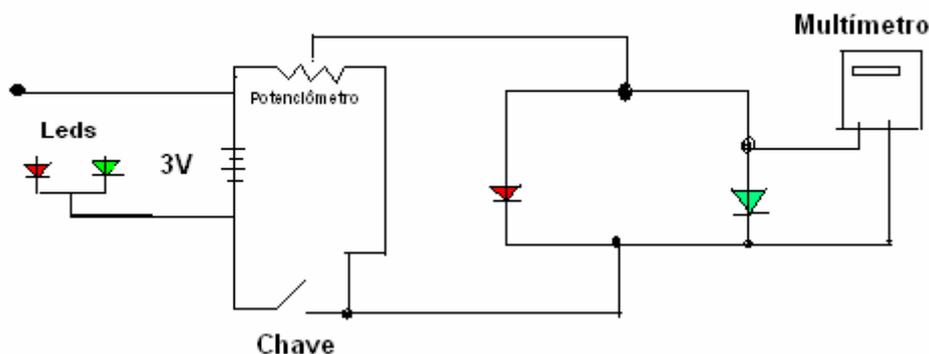
Sigilo: NÃO SOLICITA.

2 – Resultados Atingidos

Montagem

O projeto está em fase de testes, portanto o circuito está montado provisoriamente em uma matriz de contato conhecida como protoboard, pois desta forma facilita os ajustes necessários antes de passar os componentes para uma placa de circuito impresso.

Desenho do Circuito



O circuito é montado com uma fonte de alimentação de 3 volts, sendo esta composta por duas pilhas de 1,5 volts cada uma montadas em série. Um potenciômetro de 500 Ω (ohms) em paralelo permite variar a tensão que deve ser aplicada nos leds vermelho e verde (associados em paralelo). A leitura desta tensão é realizada através de um voltímetro. No circuito são colocados dois leds em separado para poder estudar um de cada vez, possibilitando um estudo mais detalhado da curva característica de cada um.

Para encontrar o comprimento de onda do led estou desenvolvendo como professor uma melhor forma de fazer isso, temos duas opções e na próxima reunião vamos discutir qual a mais viável.

Dados Obtidos

Por enquanto os dados quantitativos ainda não foram obtidos devido a ajustes que temos que fazer no experimento. O circuito foi modificado e agora estamos usando um potenciômetro de 500 Ω , isso porque não conseguimos encontrar um com valor de 470 Ω .

Verificamos que o circuito está funcionando, agora podemos levantar a curva de cada led para conseguir a tensão liminar que será usada na equação da constante de Planck. Além dela, também precisamos do comprimento de onda de cada luz, este ainda não foi obtido porque estamos definindo qual melhor forma de fazê-lo.

3 – Fotos do Experimento



Figura 1: Componentes para testes.

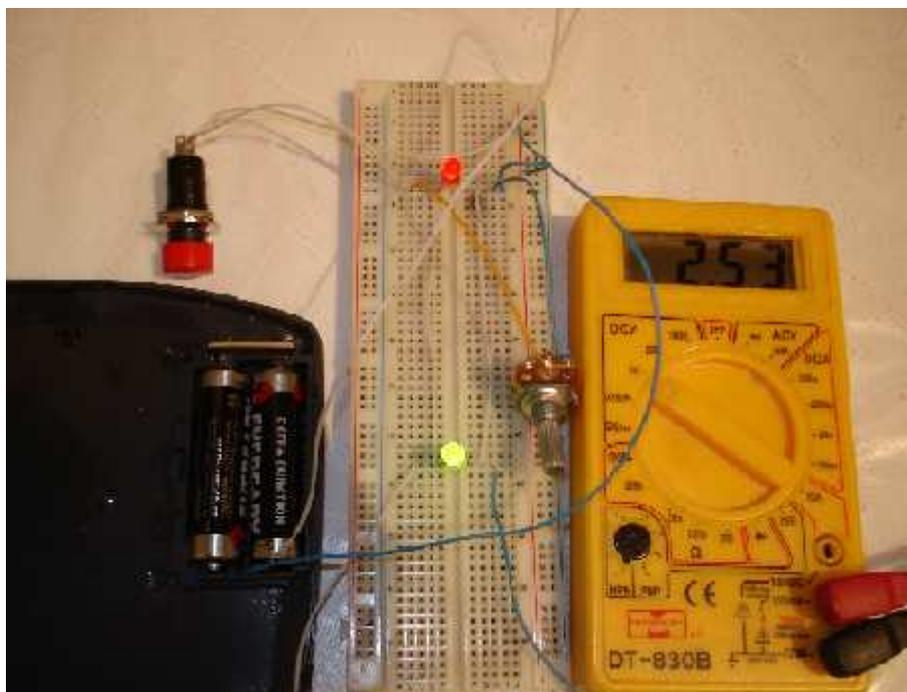


Figura 2: Matriz de contato para testes.

4 – Dificuldades Encontradas

A dificuldade que tivemos até agora é definir qual o modelo que usaremos para conseguir o valor do comprimento de onda (λ) do leds. Podemos usar um dos dois tipos de métodos com redes de difração, um foi proposto pelo professor José J. Lunazzi que consiste em usar um aparelho simples feito em seu laboratório e outro é usar uma placa simples de rede de difração. Isso será definido na próxima reunião com o orientador.

5 – Pesquisas Realizadas

As palavras-chave usadas na realização da pesquisa via internet foram: determinação da constante de Planck, constante de Planck.

Essas são palavras que ajudaram a encontrar material de apoio para determinar a constante de Planck através de um experimento com leds.

Os materiais encontrados na internet ajudaram a entender como encontrar a tensão do led necessária para ser usada no experimento, bem como entender a necessidade de levantar o gráfico da corrente versus tensão em cada lê separado do circuito.

As referências são as mesmas que foram colocadas no projeto.

6 – Descrições do Trabalho

Resumo: Através de um circuito simples com componentes baratos que são encontrados em qualquer loja de eletrônica, montamos um circuito para encontrar uma constante muito importante na física, a constante de Planck. Com esse circuito estudamos como Planck determinou a constante que é usada em uma área da física chamada Mecânica Quântica.

Descrição: Com componentes simples da eletrônica nós podemos desenvolver um experimento para determinar a constante de Planck, constante essa que foi definida por Max Karl Ernst Ludwig Planck em 1899.

Essa constante é usada para determinar a energia em elementos presente na luz chamados fótons, também é muito usada na Mecânica Quântica.

Dentro do experimento também estudamos conceitos desenvolvidos no ensino médio como circuito em paralelo, circuito em série, corrente alternada, tensão entre outros.

Apêndices: O apêndice 1 é o roteiro de um experimento feito para calcular a constante de Planck na Universidade Federal de Viçosa, através deste consegui tirar várias informações de como fazer o gráfico de tensão

versus corrente de cada led para encontrar os valores de tensão necessários ao calcular da constante.

No apêndice 2 eu fiz um resumo do livro Física Moderna Experimental que está servindo como parâmetro para meu experimento.

7 – Declaração do Orientador

O orientador não teve tempo de analisar este relatório parcial, mas ele está ciente de tudo que está sendo feito no experimento, poderei pegar a declaração dele na próxima reunião que terei para discutir alguns ajustes do experimento.

8 – Horários de Apresentação do Painel

Disponibilidade de datas para a apresentação do painel:

Dia 18/06 das 17h às 19h (segundo horário);

Apêndice 1.

DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO LED's

OBJETIVOS:

- 1) Determinar o comprimento de onda da radiação emitida pelos LED's utilizando o espectrômetro.
- 2) Levantar as curvas características I - V para cada LED.
- 3) Obter a constante de Planck.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

A passagem de corrente elétrica através de uma junção p-n diretamente polarizada implica em liberação de energia devida à recombinação de elétrons em abundância na banda de condução no lado n da junção com os buracos na banda de valência no lado p da junção. Nesse processo os elétrons, ao atingirem a banda de condução no lado p, decaem para a banda de valência através da barreira de energia designada por E_g

Nos LED's essa energia é liberada na forma de ondas eletromagnéticas com frequências que podem estar na faixa do visível ou do infravermelho para os LED's comumente encontrados em aplicações comerciais (como em indicadores de aparelhos eletrônicos, controles remotos, etc).

Assumindo a ocorrência de recombinação direta dos elétrons com os buracos através da junção, com toda a energia envolvida sendo convertida em energia do fóton, então a seguinte equação é válida:

$$h\nu = E_g, (1)$$

onde h é a constante de Planck e ν a frequência da radiação emitida.

A diferença de potencial V aplicada ao LED na polarização direta, aproximadamente constante, corresponde à energia (por unidade de carga) fornecida aos elétrons para vencerem a barreira de energia entre o lado n e o lado p existente inicialmente (na ausência de tensão aplicada). Igualando a energia fornecida pela fonte de tensão aos elétrons com a energia da barreira, temos portanto:

$$eV \cong E (2)$$

Se a ddp V fosse exatamente constante na polarização direta, combinando-se as Eqs. 1 e 2 seria possível assim a determinação imediata da constante de Planck a partir das medidas de V e de ν , através da expressão:

$$eV \cong h\nu (3)$$

Na prática ocorrem outros efeitos na propagação de corrente através do LED polarizado diretamente, como a presença de uma resistência elétrica intrínseca ao diodo que leva a curva I - V a possuir uma porção aproximadamente linear para tensões bem acima do limiar de condução. Assim, a determinação de qual valor de V deve ser empregado na Eq. 2 é algo arbitrária.

O método mais empregado para a obtenção da constante de Planck corresponde a traçar uma reta tangente à porção linear na parte final da curva

$I-V$, obtendo-se por extrapolação o valor V_{ext} para o qual essa reta corta o eixo horizontal (veja a Fig. 2).

Esse valor de tensão não pode ser diretamente empregado na Eq. 3, mas a variação de V_{ext} com a frequência ν da radiação emitida pelos LED's fornece uma relação linear a partir da qual a constante de Planck pode ser obtida.

Um tratamento mais minucioso da passagem de corrente através dos LED's e da relação entre os valores medidos de V e a barreira de energia associada à junção pode ser encontrado na ref. 5. Como lá discutido, na prática qualquer valor de tensão medido para uma mesma corrente dentro de certos limites pode ser utilizado no método acima, já que a obtenção de h a partir do gráfico de V versus ν remove as constantes aditivas envolvidas entre os diversos valores de V .

EQUIPAMENTO:

- LED's (verde, amarelo e vermelho, infravermelho)
- Fonte de tensão
- Multímetros
- Espectrômetro

EXPERIMENTO:

1) Determinação do comprimento de onda da radiação emitida pelos LED's:

a) Use o espectrômetro e meça o comprimento de onda de cada LED seguindo o mesmo procedimento para a determinação do espectro de emissão do hidrogênio. Faça várias medidas.

2) Levantamento da curva $I-V$ para os LED's:

a) Varie a tensão aplicada na fonte regulável e efetue as medidas de corrente e tensão no amperímetro e no voltímetro digitais, respectivamente. A corrente não deve ultrapassar 30 mA.

b) Procure determinar inicialmente qual o valor mínimo de tensão V_l necessária para o LED começar a conduzir corrente elétrica.

c) Faça uma varredura completa desde corrente nula até o valor máximo (em torno de 30 mA). Observe atentamente os fundos de escala dos multímetros utilizados, não permitindo que os valores máximos sejam ultrapassados e procurando sempre trabalhar com o valor de fundo de escala mais próximo dos valores medidos, de forma a otimizar a precisão das medidas efetuadas.

d) Após a montagem dos gráficos $I-V$, medidas adicionais podem eventualmente ser efetuadas para o levantamento do perfil detalhado da curva característica do LED, especialmente na região em torno da tensão de limiar de condução.

e) Repita o procedimento acima para cada um dos quatro LED's disponíveis (verde, amarelo, vermelho e infravermelho).

http://www.ufv.br/dpf/320/Cte_Planck.pdf

Apêndice 2.

Um led é na verdade um diodo, que para conduzir corrente tem um direcionamento específico e só acenderá quando a energia fornecida aos elétrons de sua banda de valência for pelo menos igual à diferença entre sua banda de condução e de valência.

Ao fornecermos essa energia o elétron sofre uma transição até a banda de condução e ao retornar ao seu estado inicial, emite radiação que deve ter uma energia pelo menos igual à recebida.

A radiação emitida pelo led apresenta um dado valor de comprimento de onda, conhecendo este podemos obter o valor da frequência emitida e conseqüentemente a sua energia. Sabendo a energia do fóton emitido pelo led, vamos verificar qual deve ser o menor valor de tensão aplicada aos seus terminais que permita acender o led.

Por conservação de energia teremos que a energia recebida será igual a energia emitida pelo led, em forma de radiação eletromagnética, dessa forma temos:

(Energia fornecida pelo circuito) $e \cdot V = h \cdot \nu$ (energia liberada pelo fóton).

Sendo: $e =$ carga do elétron

$\nu =$ frequência da radiação emitida pelo led

$V =$ DDP aplicada entre os terminais do led para começar a conduzir (para o nosso caso consideraremos essa medida para a condição em que ele começa a acender), medida através do voltímetro.

Com todos esses valores podemos determinar experimentalmente a constante de Planck através da equação abaixo.

$$h = (e \cdot V) / \nu$$