

quã de visível, tem mais baixa absorção do que o tubo.

EFEITO FOTOELÉTRICO

RESUMO

Usa-se filtros e LEDs de diferentes comprimentos de ondas para estudar a ocorrência do Efeito Fotoelétrico ao analisar a tensão e a corrente. A partir da determinação da tensão de corte, em um gráfico de tensão em função da frequência, podemos obter valores para a constante de Planck e para a função trabalho, além de comparar os valores obtidos para o LED e para o filtro.

INTRODUÇÃO

Em meados de 1886, Heinrich Hertz realizou um experimento e o explicou através da física clássica que, quando uma placa metálica é exposta a uma radiação eletromagnética de alta frequência, os elétrons da placa podem ser arrancados. No experimento (vide figura 1), um cátodo (emissor de cargas negativas) e um ânodo (receptor de cargas negativas), são mantidos no vácuo a uma diferença de potencial de alguns volts. Quando a radiação de alta frequência (geralmente luz U.V.) atinge o cátodo, observa-se um fluxo de corrente no ânodo, caracterizando o Efeito Fotoelétrico. [1]

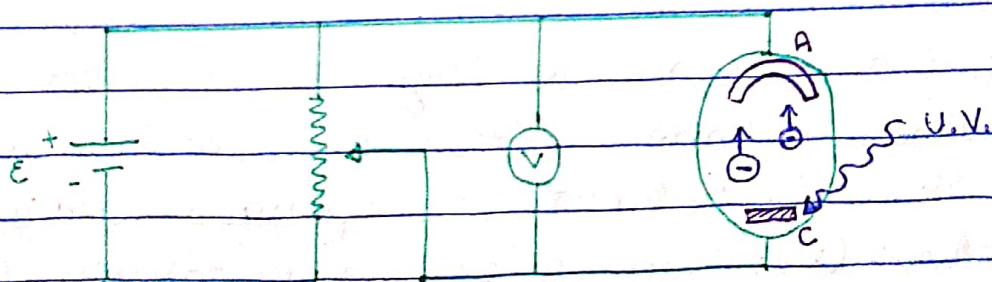


FIGURA 1: Experimento de Hertz para o efeito fotoelétrico;

Entretanto, o efeito fotoelétrico contrariava a teoria ondulatória clássica da luz, pois a energia cinética do elétron não aumentava quando a intensidade luminosa sobre o metal era aumentada. Além de que, para cada superfície, existe uma frequência característica ν_0 e, abaixo dela, o efeito fotoelétrico não ocorre, independente da intensidade luminosa; e, outro fato, é a não existência de um intervalo de tempo entre o momento de incidência da luz no material, para com o início da ejeção de elétrons (ou fotoelétrons).

Desde os conceitos clássicos tornaram a concepção do fenômeno insuficiente, deu-se lugar aos conceitos modernos propostos por Albert Einstein, em 1905. Einstein propôs a quantização para ejeta elétrons da superfície, a energia da radiação estaria concentrada em pacotes, e não distribuída sobre a onda. Assim, a energia do fóton:

$$E = h\nu \quad (1)$$

onde E a energia do fóton, h a constante de Planck e ν é a frequência do fóton.

A frequência (ν) é correspondente aos valores de comprimento de onda (λ) de cada feixe luminoso, sendo:

$$c = \lambda\nu \quad (2)$$

onde c é a velocidade da luz.

Ademais, quando o elétron era irradiado do material, ~~apresenta~~ estava inicialmente em repouso e adquire uma energia cinética (K); com a execução de cálculos da energia, tem-se:

$$E = h\nu - w \quad (3)$$

sendo w a função trabalho que é necessário para remover o elétron da superfície.

Com a realização dos experimentos, Einstein confirmou que, se variar a frequência e analisar valores de tensão em que, quando aplicadas, poderia relacionar as duas grandezas e obter os valores para a constante de Planck e para a função trabalho. Sabendo que a energia do fóton é equivalente a eV (carga elementar do elétron multiplicada pela voltagem), podemos relacionar:

$$\begin{aligned} eV &= h\nu - w \\ V &= \frac{h\nu}{e} - \frac{w}{e} \end{aligned} \quad (4)$$

onde V é o potencial de corte e, será possível de ser analisado, quando a corrente é nula.

OBJETIVO

Estudar o efeito fotoelétrico e empregá-lo para determinar a função trabalho do material absorvedor de um fototubo.

METODOLOGIA

Neste experimento serão utilizados um fototubo com amperímetro acoplado, voltímetro, filtros e LEDs coloridos.

○ primeiro passo do experimento foi realizar o calibre do fototubo. Para isso, era necessário posicionar uma placa opaca em frente ao detector, aplicar a tensão de retardo máxima possível, e, com o ajuste do equipamento, ajustar-se o ponto de

corrente nula.

Posteriormente, posicionou-se a fonte de luz branca a uma certa distância que gere 30 nA. Com isso, era aplicado uma tensão de retardo para que a corrente pudesse ser diminuída, variando a cada 5 nA. Foi executado o mesmo processo para todos os LEDs e filtros.

A partir dos dados de corrente e tensão, será possível determinar o valor da tensão de corte; além da determinação da constante de Planck e da função trabalho.



FIGURA 2: Representação do esquema experimental;

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta dos valores de tensão e corrente, foi feita uma tabela:

SEÁ : Vc

Corrente	30 nA	25 nA	20 nA	15 nA	10 nA	5 nA	0 nA	Comprimento de Onda de Pico (nm)	Frequência (Hz)
Led/Filtro	Tensão (V)								
Vermelho	0,0	0,05	0,09	0,13	0,18	0,23	0,35	653	4,59E+14
Laranja	0,0	0,08	0,13	0,17	0,22	0,30	0,47	595	5,04E+14
Verde	0,0	0,08	0,15	0,21	0,29	0,39	0,76	558	5,38E+14
Violeta	0,0	0,10	0,18	0,25	0,35	0,48	0,86	396	7,58E+14
Azul	0,0	0,12	0,19	0,27	0,36	0,50	0,88	475	6,32E+14
Branco/Sem filtro	0,0	0,10	0,16	0,23	0,34	0,47	0,91	460	6,52E+14
Branco/Filtro Amarelo	0,0	0,08	0,15	0,20	0,27	0,37	0,66	541	5,55E+14
Branco/Filtro Azul	0,0	0,11	0,18	0,26	0,36	0,51	0,90	460	6,52E+14
Branco/Filtro Verde	0,0	0,09	0,15	0,20	0,27	0,37	0,72	537	5,59E+14
Branco/Filtro Laranja	0,0	0,08	0,14	0,20	0,26	0,36	0,70	556	5,40E+14
Branco/Filtro Magenta	0,0	0,10	0,17	0,25	0,34	0,48	0,91	460	6,52E+14
Branco/Filtro Ciano	0,0	0,10	0,18	0,26	0,35	0,49	0,94	460	6,52E+14
Branco/Filtro Vermelho	Não foi possível medir com o filtro vermelho.							663	4,52E+14

TABELA 1: referente aos valores para cada LED e filtro, dando a tensão, corrente, comprimento de onda de pico e frequência;

Obs. Os valores do comprimento de onda de pico foram obtidos através de dados teóricos fornecidos pelo professor;

Após os valores de tensão e corrente, plotamos um gráfico VxA, sendo:

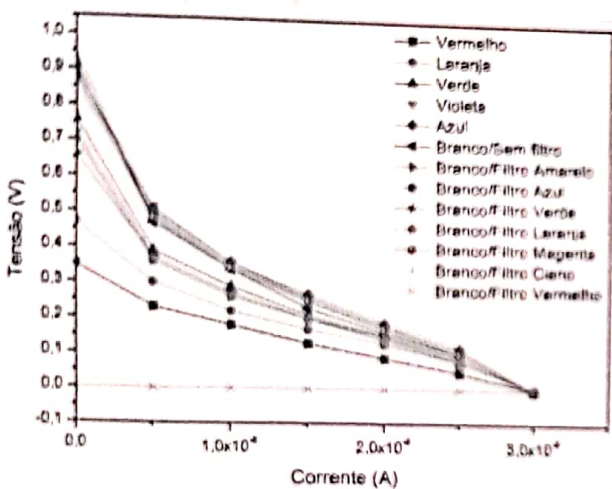


FIGURA 3: gráfico referente aos dados coletado na tabela 1, tendo de para LED's e para filtros;

Para uma melhor observação:

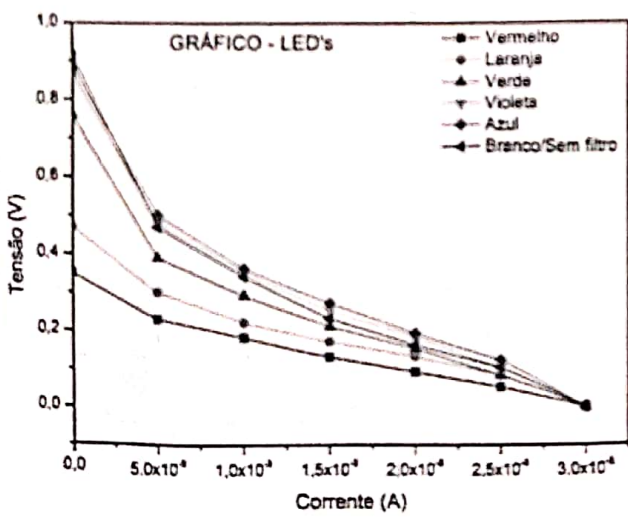


FIGURA 4: gráfico referente a análise das curvas para o LED;

No gráfico da figura 4 (e o mesmo será para o gráfico da figura 5), iniciamos com uma corrente de 30 nA e, ao decorrer do experimento, aplicamos uma tensão de retardo que,

quanto maior era a tensão de retardo, menor seria a corrente no multímetro. Assim, no momento em que a corrente elétrica tornou-se nula, determinamos o valor de potencial de corte.

Em suma, quando aplicamos o potencial retardador no circuito (vide figura 4), o ânodo começará a expelir os elétrons (fotoelétrons) que eram antes emitidos pelo efeito fotoelétrico que ocorria no cátodo; assim, os elétrons que antes tinham energia cinética suficiente para atingir o ânodo, agora são expelidos pelo mesmo. Com isso, como os elétrons não possuem \hat{f} forças \hat{f} suficientes para atingir o ânodo, a corrente zera.

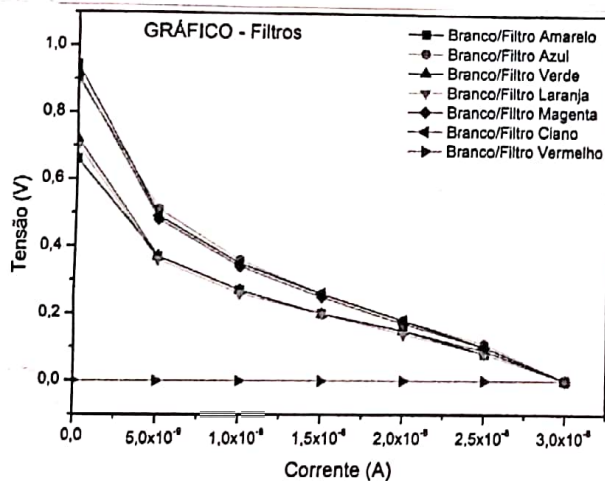


FIGURA 5: Gráfico referente a análise das curvas para os filtros;

Neste gráfico da figura 5 também se aplica o que foi dito anteriormente, e, para quando a corrente se anula, temos o potencial de corte.

Uma outra análise que podemos usar a figura 5 é que, para altos valores de comprimento de onda (λ), os valores de tensão de corte são menores e/ou inexistente (como para quando analisamos o filtro vermelho). Esse fato pode ser explicado pois para grandes λ , a frequência é muito pequena (vide equação 2) e, consequentemente, a energia do fotoeltron também será menor (vide equação 3), com isso poucos elétrons terão \hat{f} força \hat{f} suficiente para alcançar o ânodo. (★)

→ Os valores de potencial de corte para todos os comprimentos de onda podem ser vistos na TABELA 1, quando temos a corrente elétrica de 0 nA.

⊗ O fato observado foi de suma importância para remover a ideia da existência de um limiar de frequência. Quando a energia cinética máxima é nula ($K_{max} = h\nu - w_0$, $K_{max} = 0$), temos que um fóton de frequência ν_0 tem exatamente a energia necessária para ejetar os fotoelétrons. Assim, se a frequência for menor que ν_0 , os fótons não terão, individualmente, energia necessária para ejetar elétrons, não importando quão intensa fosse a luz incidida.

Agora, através dos dados de tensão de corte e comprimento de onda de pico, foi feito um gráfico e um fitting linear para descobrir os valores da constante de Planck e da função trabalho.

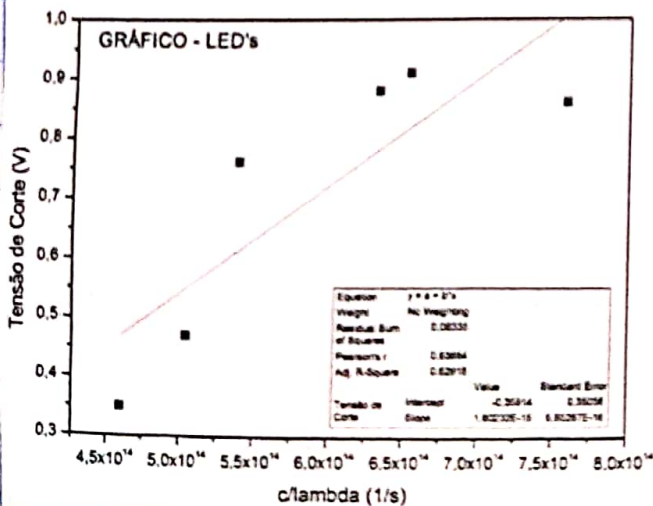


FIGURA 6: Gráfico referente a análise dos dados para o LED;

Seguindo a relação $y = az + b$, com a equação 4, onde $eV_c = h\nu - w_0$, onde $\nu = \frac{c}{\lambda}$, temos que os valores do slope e intercept do gráfico, quando aplicados, teremos:

idades variadas para certo comprimento de onda. Devido a esse fato, quando incidimos a luz do LED ou do filtro no cátodo, como existem diferentes valores de intensidade, os elétrons podem receber diferentes energias e, com isso, não teremos um valor constante para a energia cinética dos elétrons.

(Obs: valores de intensidade é uma referência aos valores de pico de emissão).

Ademais, o esperado seria que o LED trouxesse um resultado melhor comparado ao filtro, pois o LED não tem um grande espalhamento, igual ao filtro. E, como o experimento envolve várias incertezas (exemplo: do equipamento; dos experimentadores, etc.), o erro pode ser justificado.

Outro fato analisado é o valor da função trabalho que, em teoria, deveria ser igual para ambos os casos, por estarmos analisando e utilizando o mesmo metal. Porém, assim como a constante de Planck, o erro pode ser justificado pelas incertezas envolvidas no experimento. E, por pesquisas, foi constatado que o metal utilizado era um metal ~~sem~~ ~~sem~~ ~~sem~~ semi-condutor, e, fazendo um valor médio das função trabalho, tivemos um valor próximo de 0,44 eV.

⇒ Respostas das questões de revisão:

8. Um fototubo é um detector de radiação, caracterizado por um tubo de vidro fechado composto por vácuo em seu interior, onde possui dois eletrodos, um cátodo cilíndrico e um fio metálico constituindo o ânodo. A fotocélula é um dispositivo utilizado para que o acionamento das iluminações em locais diversos seja automatizado; monitorando a iluminação ao redor. [2]

9. No experimento vimos que a função trabalho obtida para o filtro e para o LED foram baixas. A partir disso, pede-se supor que o material do fototubo é a junção de um metal com um semicondutor.

Como exemplo de valores próximos ao que obtivemos no experimento são as junções entre ouro (Au) e o germânio (Ge) com uma função trabalho de $0,3 \text{ eV}$, e a prata (Ag) e o silício (Si) fornecendo $0,54 \text{ eV}$.

10. Ao analisar a tabela 1 nota-se que, para maiores comprimentos de onda de pico, menor será a tensão de corte. Esse fato já era esperado pela teoria, condizente com o fato da energia do fóton estar relacionado com a frequência da radiação.

11. O comprimento de onda que deve ser empregado é o que corresponde ao pico de maior intensidade.

CONCLUSÃO

No experimento foi possível determinar os valores da constante de Planck e da função trabalho devido ao efeito fotoelétrico, usando um LED branco com filtros coloridos e LEDs coloridos. Pode-se analisar que os valores para a constante de Planck obtidos não foram tão próximos do esperado e, tendo para este experimento, melhores valores para quando analisamos os filtros. Entretanto esse fato não estava de acordo com o esperado, que seria melhores valores para o LED, podendo ser corrigido e observar se calculássemos h para cada comprimento de onda. Ademais, os valores da função trabalho divergiram entre si, por conta dos erros associados ao experimento.

REFERÊNCIAS

[1] LIVRO: Eisberg, R e Resnick, R - Física Moderna, cap. 2;

[2] <https://www.slide share.net/metal semiconductor> < acessado em 25/09/2020 >