

Relatório 3: Efeito Fotoelétrico

Anna Beatriz R. Jaria

nº USP: 10732180

Resumo:

Neste experimento tivemos como objetivo entender o efeito fotoelétrico e usá-lo para determinar a Constante de Planck e a função trabalho do material absorvedor do fototubo. Utilizamos filtros para variarmos a intensidade e LEDs. Obtivemos resultados insatisfatórios para a constante de Planck nos que seguem o esperado.

Introdução:

Em 1887, Hertz realizou a experiência que comprovou a existência eletromagnética da luz e a teoria de Maxwell para a propagação da luz, e também, a possibilidade que a luz ultravioleta dava para a descarga elétrica entre dois eletrodos. Logo após, Lenard mostrou que essa possibilidade ocorreu, porque a luz ultravioleta faz com que os elétrons sejam emitidos do cátodo \Rightarrow Efeito fotoelétrico.

Esse efeito contrariava a teoria ondulatória da luz, já que a energia cinética do elétron não aumentava com uma maior intensidade de luz incidida sobre o metal. Diante disso, Einstein disse que a luz radiante estava em "pacotes" de energia (fótons) e que a energia dos ondas eletromagnéticas emitidas era:

$$(1) \quad E = nh\nu, \quad n=0, 1, 2, \dots$$

De modo que, ao passar de um estado n para $n-1$, a fonte emitirá um pulso de radiação com energia $h\nu$. Assim, um elétron é emitido da superfície do metal com energia:

$$E_c = h\nu - w \quad (2)$$

Onde h é a constante de Planck, ν a frequência e w , o trabalho necessário para remover o elétron, e quando temos uma luz mais fraca, a energia máxima será:

$$E_{c\max} = h\nu - w_0 \quad (3)$$

Onde w_0 é a energia característica do material. Quando a corrente se anula:

$$e \cdot V_c = h\nu - w_0 \quad (4)$$

Onde V_c é o potencial de corte e e é a carga do elétron, de valor $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Metodologia:

Utilizando um "foto-tubo" com empímetro acoplado, voltímetro, filtros coloridos, LED branco e LED's coloridos, fizemos o seguinte experimento. Primeiramente calibramos o fototubo ao tomarmos a entrada de luz com um filtro opaco e aplicando uma tensão de 3V, onde a corrente deve se anular.

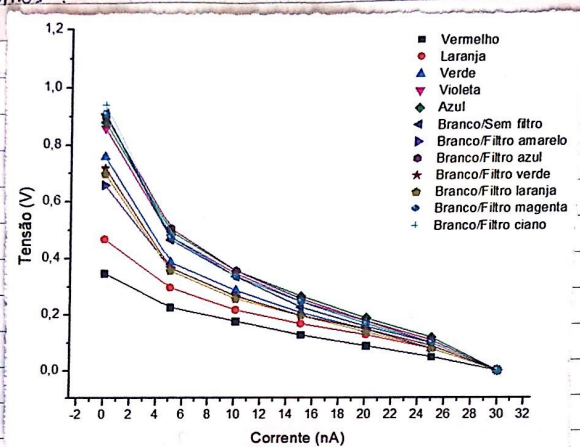
Para coletarmos os dados, utilizamos primeiro o LED branco com seus filtros em frente ao detector do aparelho e aproximamos o LED até acharmos a posição de 30nA, e com isso aplicava-se uma tensão de retardo para a corrente ser nula novamente. Repetimos esse processo para os LED's coloridos.

Analizamos os valores de tensões em função da corrente para determinarmos o potencial de corte de cada LED/filtro e a constante de Planck em seguida, juntamente com o função trabalho.

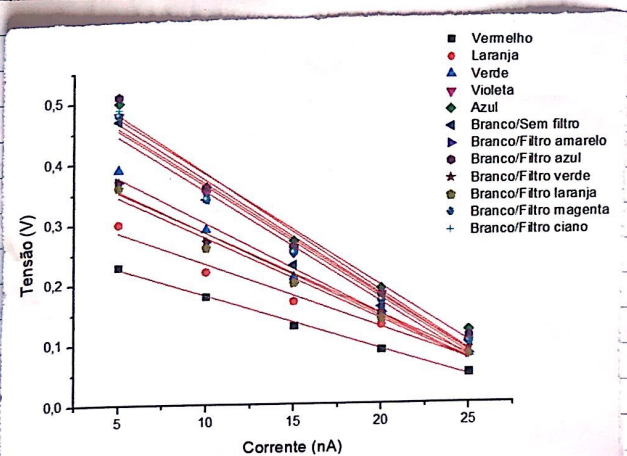
Resultados e discussões

Led/Filtro	Tensão Medida (V) para cada corrente em nA							Comprimento de Onda de Pico (nm)	Frequência (Hz)
	30	25	20	15	10	5	0		
Vermelho	0,0	0,05	0,09	0,13	0,18	0,23	0,35	653	4,59418E+14
Laranja	0,0	0,08	0,13	0,17	0,22	0,30	0,47	595	5,04202E+14
Verde	0,0	0,08	0,15	0,21	0,29	0,39	0,76	558	5,37634E+14
Violeta	0,0	0,10	0,18	0,25	0,35	0,48	0,86	396	7,57576E+14
Azul	0,0	0,12	0,19	0,27	0,36	0,50	0,88	475	6,31579E+14
Branco/Sem filtro	0,0	0,10	0,16	0,23	0,34	0,47	0,91	460	6,52174E+14
Branco/Filtro Amarelo	0,0	0,08	0,15	0,20	0,27	0,37	0,66	541	5,54529E+14
Branco/Filtro Azul	0,0	0,11	0,18	0,26	0,36	0,51	0,90	460	6,52174E+14
Branco/Filtro Verde	0,0	0,09	0,15	0,20	0,27	0,37	0,72	537	5,58659E+14
Branco/Filtro Laranja	0,0	0,08	0,14	0,20	0,26	0,36	0,70	556	5,39568E+14
Branco/Filtro Magenta	0,0	0,10	0,17	0,25	0,34	0,48	0,91	460	6,52174E+14
Branco/Filtro Ciano	0,0	0,10	0,18	0,26	0,35	0,49	0,94	460	6,52174E+14
Branco/Filtro Vermelho	Não foi possível medir com o filtro vermelho							663	4,52489E+14

Fazendo um gráfico de tensão em função da corrente com os dados obtidos, temos:



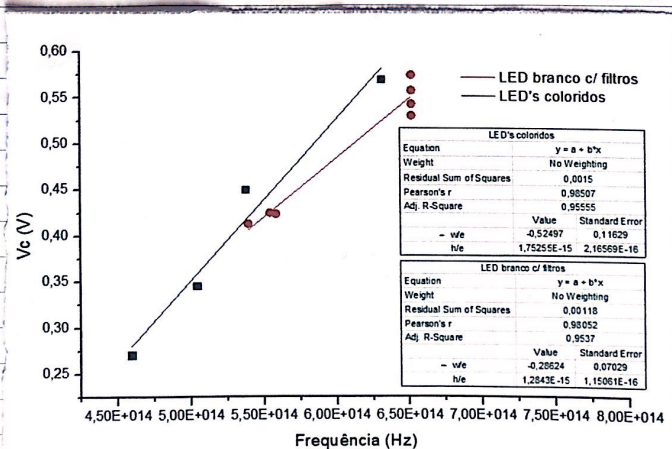
Utilizando apenas a parte linear, conseguimos ajustar a curva e obter o potencial de corte para cada LED/filtro e comparar com aqueles anteriores da tabela 1:



Ordenando os LED's/filtros de acordo com o comprimento de onda, podemos analisar se estão coerentes, ou seja, maior comprimento de onda produzindo menores tensões de corte.

Led/Filtro	Comprimento de Onda de Pico (nm)	Vc (V) (gráfico)
Vermelho	653	0,2710
Laranja	595	0,3390
Verde	558	0,4520
Branco/Filtro Laranja	556	0,4120
Branco/Filtro Amarelo	541	0,4240
Branco/Filtro Verde	537	0,4200
Azul	475	0,5670
Branco/Sem filtro	460	0,5360
Branco/Filtro Azul	460	0,5780
Branco/Filtro Magenta	460	0,5470
Branco/Filtro Ciano	460	0,5610
Violeta	396	0,5510

Para obtermos a constante de Planck e a função trabalho, fizemos os gráficos de Vc por frequência para os LED's e para o LED branco com os filtros.



↳ LED's coloridos:

$$-w_e = -0,525 \pm 0,116 \Rightarrow w_0 = (8,41 \cdot 10^{-20} \pm 1,86 \cdot 10^{-20}) \text{ J}$$

$$\frac{h}{e} = 1,752 \cdot 10^{-15} \pm 0,216 \cdot 10^{-15} \Rightarrow h = (2,81 \cdot 10^{-34} \pm 0,347 \cdot 10^{-34}) \text{ m}^2 \text{ kg / s}$$

↳ LED branco c/ filtros

$$-w_e = -0,286 \pm 0,070 \Rightarrow w_0 = (4,59 \cdot 10^{-20} \pm 1,13 \cdot 10^{-20}) \text{ J}$$

$$\frac{h}{e} = 1,284 \cdot 10^{-15} \pm 0,115 \cdot 10^{-15} \Rightarrow h = (2,06 \cdot 10^{-34} \pm 0,184 \cdot 10^{-34}) \text{ m}^2 \text{ kg / s}$$

erros:

LED's coloridos \Rightarrow 57,58% \rightarrow em relação ao valor teórico de
LED branco c/ filtros \Rightarrow 68,92% $1,602 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg / s}$

Conclusões:

Primeiramente, definiremos que o fototubo é um tipo de tubo a vácuo que detecta radiação e a transforma em corrente. Já uma foto célula é um dispositivo utilizado para automatizar o acionamento de luz em locais diversos. O material que compõe a superfície absorvedora é geralmente um metal acompanhado de um semicondutor. No nosso experimento, pelos resultados obtidos, $w_{LED} = 0,52 \text{ eV}$ e $w_{filtro} = 0,29 \text{ eV}$, podemos supor que temos, respectivamente, prata com p-Si (ou p-Ge, ou n-Ge) e ouro com p-Ge.

Com a requisiada, podemos admitir que para maiores valores de comprimento de onda, obtemos menores valores de tensão de corte, como o esperado, variando pouco para λ pequeno. Pela equação 4, conseguimos obter os valores de h e w_0 para os LED's e para o LED branco c/ filtros, obtendo um melhor resultado da constante de Planck para o teste dos LED's, mesmo esse resultado divergindo 57,58% do esperado, já que sua banda de energia é mais estreita do que a dos filtros, portanto o conjunto dos LED's é mais adequado. Para melhorar a precisão dos resultados,

spirali

deveríamos utilizar fontes de luz monocromáticas, onde temos uma menor banda de ~~energia~~ energia.

Com isso, concluímos que nossos resultados não são todos satisfatórios, mas que eles seguem a teoria proposta e comportamento do efeito fotoelétrico.

Referências:

- Wikipédia
- Slide Share