

Nome: Mario Araujo nº USP: 10318460

Experimento 3 - Efeito Fotoelétrico

Resumo

O experimento sobre Efeito Fotoelétrico permitiu e melhor entendimento sobre este processo por meio da extinção da função trabalho e da constante de Planck por meio da análise da variação do tensão para LEDs sem com filtro para algumas correntes. Os resultados obtidos não estão próximos do valor teórico, o que pode ser consequência do uso de uma luz ^{não} monocromática.

Introdução

O Efeito Fotoelétrico representa a interação da luz com certos materiais. Ocorre quando uma luz incide num material fazendo com que os elétrons sejam emitidos termicamente do cátodo e acelerados em direção ao ânodo devido a uma diferença de potencial, gerando uma corrente que varia de acordo com a intensidade da luz. Este fenômeno foi descoberto por "Heinrich Hertz" e após alguns anos, foi modificado por Albert Einstein pois alguns conceitos não foram explicados pelo físico clássico. De acordo com Einstein a energia da radiação (ondas eletromagnéticas) está concentrada em "pacotes", mais tarde conhecidos como fótons, e não distribuída sobre a onda (como na teoria clássica). Além disso, ele supôs que a energia do fóton está relacionada com a frequência γ pelo seguinte equação:

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

onde h é a constante de Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

Ademais, supõe também que o fóton é absorvido por um elétron no fotocátodo, e qual será removido do átomo com uma energia cinética igual a:

$$K_{\text{máx}} = h\nu - w \quad (2)$$

onde w é a função trabalho, ou seja, o trabalho necessário para superar as forças atrativas dos átomos.

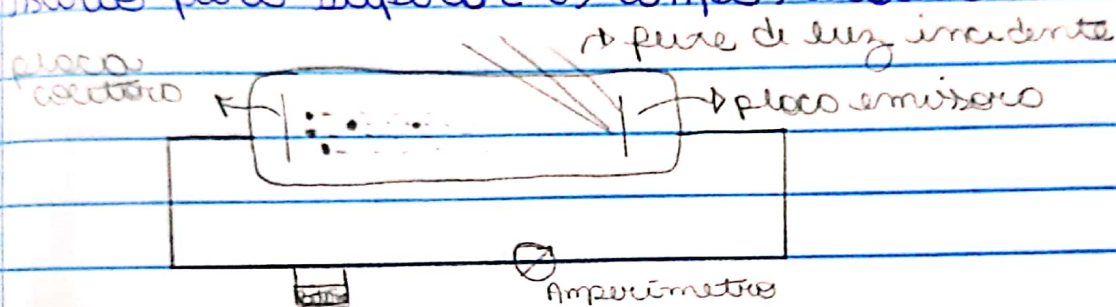


Figura 1: Arranjo experimental do Efeito Fotoelétrico

Quando o potencial V é invertido, a corrente não cai imediatamente a zero e se torna zero quando atinge o potencial de corte, o qual é independente da intensidade da luz. Assim, os elétrons possuem a seguinte energia cinética:

$$K_{\text{máx}} = e \cdot V_0 \quad (3)$$

onde e é a carga do elétron.

Relacionando a equação (3) e (2), temos

$$V_0 = \frac{h\nu}{e} - \frac{w}{e} \quad (4); \text{ equação que será utilizado na análise dos dados.}$$

Metodologia

Para a realização do experimento deve-se utilizar um fototubo com amperímetro acoplado, voltmétrico, filtros coloridos e LEDs emissores. Inicialmente deve-se realizar uma calibração, tampando a fonte de luz e colocando uma lâmpada de 3V para que a corrente seja nula.

Em seguida, deve-se colocar a fonte de luz a uma distância do detector onde a corrente seja 30nA. Assim, variando-se a corrente num intervalo de 5nA medem-se a tensão para todos os filtros e LEDs disponíveis.

Resultados e Discussões

A partir da realização experimental, obtiveram-se os seguintes dados - Tabela 1:

Corrente	30 nA	25 nA	20 nA	15 nA	10 nA	5 nA	0 nA	V _c (V)	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	0,27 ± 0,01	653	4.59E+14	
Laranja	0,0	0,08	0,13	0,17	0,22	0,30	0,47	0,35 ± 0,01	595	5.04E+14	
Verde	0,0	0,08	0,15	0,21	0,29	0,39	0,76	0,45 ± 0,01	558	5.38E+14	
Violeta	0,0	0,10	0,18	0,25	0,35	0,48	0,86	0,55 ± 0,02	396	7.58E+14	
Azul	0,0	0,12	0,19	0,27	0,36	0,50	0,88	0,57 ± 0,02	475	6.32E+14	
Branco/Sem filtro	0,0	0,10	0,16	0,23	0,34	0,47	0,91	0,53 ± 0,02	460 4°	6.52E+14	
Branco/Filtro Amarelo	0,0	0,08	0,15	0,20	0,27	0,37	0,66	0,42 ± 0,01	541 2°	5.55E+14	
Branco/Filtro Azul	0,0	0,11	0,18	0,26	0,36	0,51	0,90	0,58 ± 0,02	460 7°	6.52E+14	
Branco/Filtro Verde	0,0	0,09	0,15	0,20	0,27	0,37	0,72	0,42 ± 0,01	537 3°	5.59E+14	
Branco/Filtro Laranja	0,0	0,08	0,14	0,20	0,26	0,36	0,70	0,41 ± 0,01	556 8°	5.40E+14	
	0,0	0,10	0,17	0,25	0,34	0,48	0,91	0,54 ± 0,02	460 5°	6.52E+14	
Branco/Filtro Ciano	0,0	0,10	0,18	0,26	0,35	0,49	0,94	0,56 ± 0,02	460 6°	6.52E+14	
Branco/Filtro Vermelho	Não foi possível medir com o filtro vermelho.									663	4.52E+14

Ademais, foi possível realizar uma análise gráfica relacionando a tensão com a corrente.

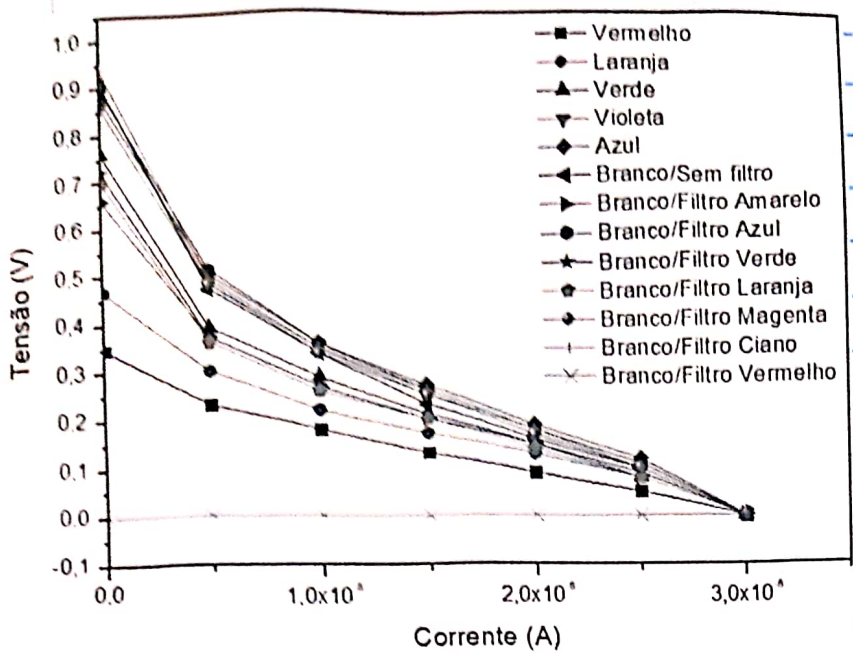


Gráfico 1: Tensão versus Corrente

Analisando o gráfico observa-se que há uma tensão de corte para cada filtro e LED estudado, a qual corresponde ao ponto onde a corrente se anula. O potencial de corte não depende da intensidade da luz, já a corrente depende. Além disso, quando o potencial é invertido, a corrente fotoelétrica não cai imediatamente a zero e para valores altos de potencial a corrente fotoelétrica atinge um certo valor limite.

A partir do tensão de corte obtida (tabela 1) construiu-se os seguintes gráficos:

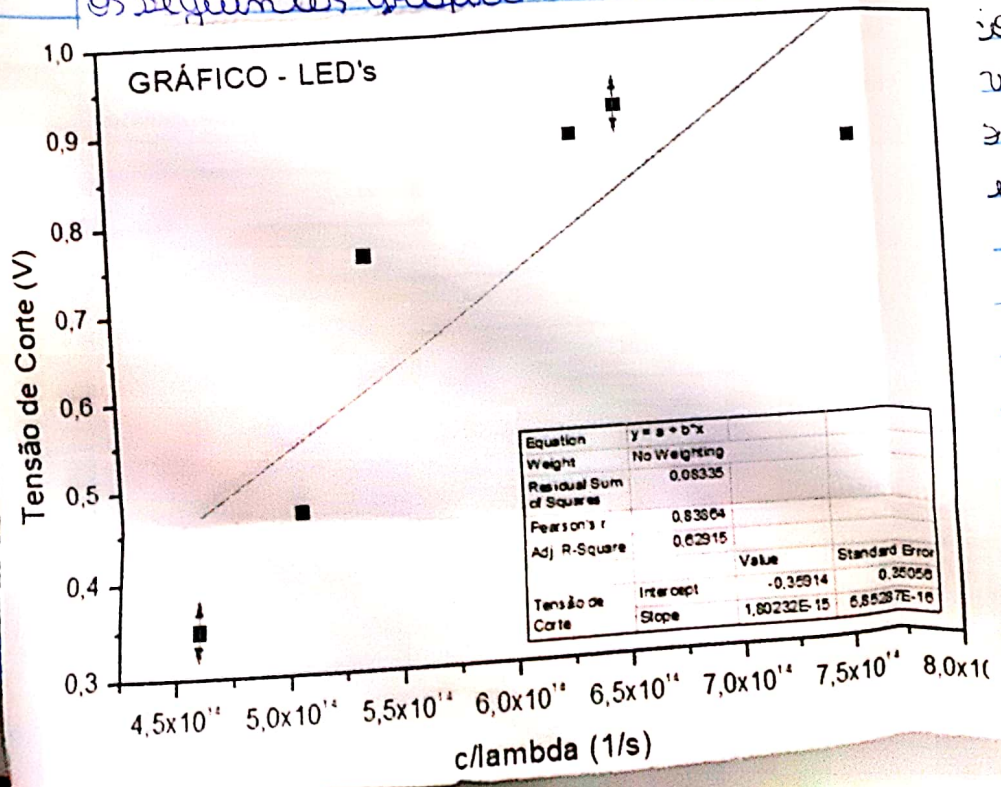


Gráfico 2: Tensão de corte versus Comprimento de onda de pico emitido do LED.

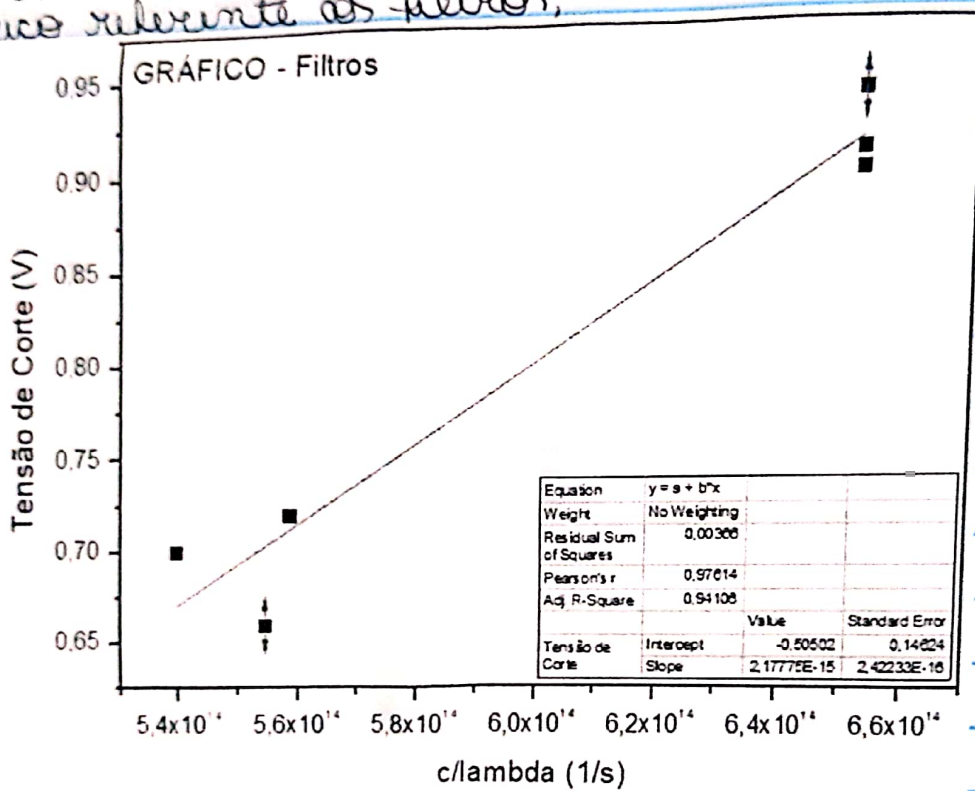
Utilizando a equação (4) e realizando o fitting de
 nos no gráfico pode-se obter a constante de Planck
 e a função trabalho, respectivamente:

$$h = (2,88 \pm 0,94) \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, \quad (h = \text{tg}\theta)$$

$$w = (-0,36 \pm 0,35) \text{ eV}, \quad (w = \text{Intercept})$$

Para a constante de Planck obtve-se um erro de
 73% em relação ao valor teórico ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)

Gráfico 3: Tensão de corte versus comprimento de onda
 para o filtro de 100 nm;



Analogamente ao gráfico anterior, obtve-se:

$$h = (3,48 \pm 0,39) \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \text{ com um erro de } 68\%$$

$$w = (-0,51 \pm 0,15) \text{ eV}$$

Logo, pode-se analisar que o conjunto mais adequado
 para calcular a função trabalho e a constante de Planck é
 o com LEDs de acordo com a teoria, pois estes possuem um
 espectro com comprimento de onda máximo melhor definido,
 porém no experimento foi o filtro que obtve melhor resultado, e q
 pode ser consequência de erros experimentais e do tipo de
 luz monocromática.

Revisão - Tópico 8

O que é um fototubo e uma fotocélula?

O fototubo é um tubo à vácuo sensível a luz, ele permite a emissão de elétrons de sua superfície quando os fótons atingem o cátodo sendo atraídos pelo ânodo. Enquanto a fotocélula é um dispositivo que monitora a iluminação ao seu redor e controla o acionamento dos lumináres em função dela.

- Tópico 9

Qual é o material que compõe a superfície observadora do fototubo?

A função trabalho obtida para o filtro e o LED foram baixos. Logo, pode-se supor que o fototubo é uma junção de metal com um semicondutor. Por exemplo, a junção entre o ouro (Au) e o Germânio (Ge) fornece uma função trabalho de 0,3 eV e a Prata (Ag) e o silício (Si) fornece 0,54 eV. Valores próximos do encontrado no experimento.

- Tópico 10

Ordene as cores dos filtros e dos LEDs de acordo com o valor do tensão de retardo obtido. Com esta ordenação os valores de tensão de corte estão coerentes com o comprimento de onda e com a cor dos filtros, ou seja, comprimentos de onda menores produzindo tensões de corte maiores?

Analisando a tabela 1 pode-se notar que para maiores comprimentos de onda de pico, menor é a tensão de corte. O que já é esperado pelo teórico e condiz com o fato de energia do fóton estar relacionado com a frequência da radiação.

- Tópico 11

Quando uma fonte possui dois picos de emissão, como por exemplo o LED branco ou o filtro magenta, qual é o comprimento de onda de corte correto a ser empregado no cálculo do constante de Planck? O comprimento de onda que deve ser utilizado é o que corresponde ao pico de maior intensidade.

Conclusão

O experimento sobre o Efeito Fotoelétrico permitiu calcular a constante de Planck e a função trabalho relacionando a tensão de corte com o comprimento de onda. Os valores obtidos tiveram um erro relativo de 56% para o LED e 47% para os filtros. Porém, o erro de pelo menos seria o LED apresentar um valor mais próximo do constante de Planck, pois seu espectro de onda é máximo e único para um comprimento de onda, ou seja, os elétrons chegam no anodo com uma mesma energia, enquanto os filtros possuem vários máximos para vários comprimentos de onda, logo a energia de elétrons varia muito. Esse erro deve ser consequência do utilização de luz monocromática, além dos erros experimentais que possa ter ocorrido. Para a função trabalho, os valores obtidos deram ser próximos já que o material era o mesmo durante todo o experimento, porém obtiveram-se valores com uma discrepância de 29%.

Referências

- Física Experimental (Capítulo 5)
- EISENBERG, R.; RESNICK, R. Física Quântica, Átomos, Moléculas, núcleos e partículas.