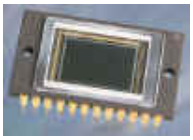


SENSITOMETRIA

2º Ano - Curso de Fotografia - 2º Ano

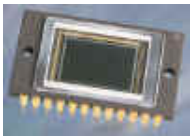
5º Capítulo - Efeito Fotoeléctrico

Breve Introdução

O efeito fotoeléctrico é um fenómeno que resulta da interacção da radiação electromagnética com a matéria. No nosso caso - Fotografia, a radiação electromagnética é a "nossa luz", no domínio do visível e também nos domínios vizinhos, ultravioleta (UV) e infravermelho próximo (IR).

A presente e moderna tecnologia de fotografia digital é baseada neste efeito fotoeléctrico. O sensor fotossensível deixou de ser um sensor químico e passou a ser um sensor físico. No entanto os primórdios, as bases deste "sensor físico", são quase tão antigas quanto a própria fotografia (que podemos *abusivamente* chamar de analógica, em oposição à actual fotografia digital), remontando também ao século XIX.

O efeito fotoeléctrico foi observado experimentalmente por H. Hertz em 1887 e logo depois por P. Lenard, e constitui um dos fenómenos físicos que esteve na base do estabelecimento da moderna Física Quântica. O intervalo de tempo que decorre entre a descoberta do efeito fotoeléctrico, a sua interpretação por A. Einstein (1905), a confirmação experimental da hipótese de A. Einstein por R. Milikan (1914) e o reconhecimento pleno destes trabalhos progressivos por parte da comunidade científica internacional, com as atribuições dos prémios Nobel da Física de 1921 (Einstein) e 1923 (Milikan), evidenciam bem o "choque" científico resultante do facto da teoria ondulatória da luz se mostrar incapaz de explicar o efeito. Durante os séc. XVIII e XIX foi *fundamentada* a natureza ondulatória da luz. Com o efeito fotoeléctrico essa natureza foi posta em causa, retomando a ideia da luz como partícula (I. Newton). Hoje em dia temos uma explicação dual da natureza da luz ; onda-partícula.



Efeito fotoeléctrico

A verificação experimental do efeito fotoeléctrico e, a partir daí, a determinação do valor de uma das constantes fundamentais da Natureza, a constante de Planck, h , pode ser realizada numa experiência como a montagem descrita na figura 1. ($h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s)

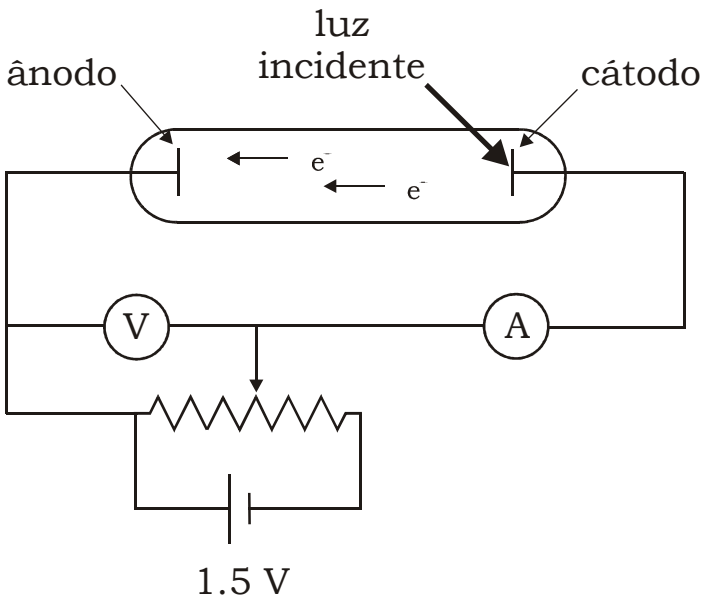
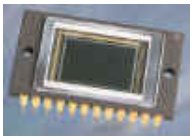


Figura 1. - Efeito fotoeléctrico. Numa ampola de vácuo os electrões arrancados ao cátodo (eléctrodo negativo) por acção da luz atingem o ânodo. Um potenciómetro permite ajustar o potencial de corte V medido pelo voltímetro de forma a anular a fotocorrente medida pelo amperímetro, A.

Uma lâmpada de espectro largo fornece-nos uma fonte de luz não monocromática. Esta luz incide num monocromador de modo que na sua abertura de saída obtemos um feixe luminoso idealmente monocromático e de comprimento de onda conhecido o qual incide na célula fotoeléctrica (cátodo). Em consequência, um certo número de electrões (fotoelectrões) irão *captar* fotões incidentes e libertar-se-ão do metal se a energia dos fotões, hf , for igual ou superior a um valor característico do metal, a função de trabalho T. O excesso de energia do fotão relativamente a T é transmitida ao fotoelectrão sob a forma de energia cinética.



Devido à diferença de potencial existente entre o ânodo e o cátodo, existe um campo eléctrico nesta região do espaço pelo que os fotoelectrões vão se deslocar sob a acção de uma força eléctrica em direcção ao ânodo. A intensidade de corrente devida aos fotoelectrões (fotocorrente) varia com a diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo tal como se mostra na figura 2.

Com o aumento da diferença de potencial V a intensidade da corrente aumenta até atingir um valor máximo para o qual todos os fotoelectrões são colectados no ânodo. Para uma diferença de potencial nula existem sempre fotoelectrões a atingir o ânodo devido à energia cinética dos mesmos. Assim, para que a fotocorrente seja anulada é necessário inverter a diferença de potencial aplicada. O valor para o qual isto sucede, V_0 , é designado de potencial de paragem (ou de corte). Este valor está relacionado com a energia cinética máxima ($E_{C,max}$) dos electrões arrancados à placa metálica, $eV_0 = E_{C,max}$.

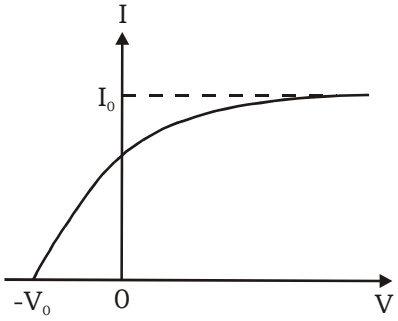
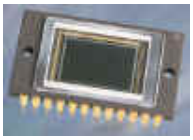


Figura 2. – Gráfico da fotocorrente I em função da diferença de potencial aplicada.

De acordo com a teoria do efeito fotoeléctrico desenvolvida por Einstein em 1905, a energia cinética máxima dos fotoelectrões emitidos por um metal onde incide luz, é dada por:

$$E_{C,max} = hf - T$$

onde f representa a frequência da radiação electromagnética e h a constante de Planck.



- **Teoria corpuscular da luz - quantificação**

Os três maiores *feitos* do efeito fotoeléctrico que não podem ser explicados pela teoria ondulatória da luz, são:

1. a energia cinética dos fotoelectrões deveria aumentar (segundo a natureza ondulatória da luz) à medida que o feixe de radiação luminosa se fosse tornando mais intenso. O que se observa é que é independente da intensidade do feixe.
2. segundo a mesma teoria ondulatória da luz, o efeito fotoeléctrico deveria existir para qualquer frequência da radiação luminosa, desde que com um mínimo de intensidade. O que verificamos é que para cada superfície (metálica por exemplo), existe uma frequência limite f_0 abaixo da qual não ocorre o efeito fotoeléctrico, independentemente da intensidade do feixe luminoso.
3. ainda na teoria ondulatória da luz, se a energia dos fotoelectrões fosse "absorvida" da onda luminosa incidente na placa metálica, deveríamos esperar um mensurável atraso temporal desde a incidência do feixe luminoso e a ejecção do fotoelectrão. Durante este intervalo de tempo os electrões da superfície metálica deveriam estar a acumular energia da onda. Tal atraso nunca é detectado.

As dificuldades técnicas na construção de detectores fotossensíveis (do estado sólido) só foram em termos práticos, ultrapassadas recentemente (à cerca de 40 anos). Só então se conseguiram superfícies duráveis que realizando o efeito fotoeléctrico - convertendo fotões (luz incidente) em electrões (matéria), tinham a possibilidade posterior de contar (quantificar) esse mesmo número de electrões, de modo a produzir uma imagem numérica - uma imagem dita digital.