
T6 - Experiência de Franck-Hertz

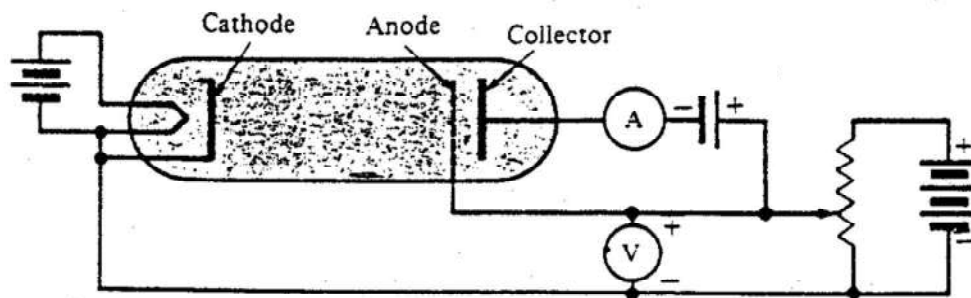
Objectivos

- Verificar o comportamento da corrente medida, quando se aumenta a diferença de potencial (potencial acelerador) entre o cátodo e o ânodo.
- Fazer o gráfico da intensidade de corrente em função do potencial acelerador e determinar para que valores deste existem quedas abruptas de corrente.
- Interpretar as observações experimentais com base na teoria quântica e na existência de níveis atômicos discretos.

Introdução

A experiência que vos é proposta neste trabalho foi realizada pela primeira vez por James Franck e Gustav Hertz em 1914. Esta experiência põe em evidência a natureza quantificada dos estados electrónicos dos átomos. Por este trabalho Franck e Hertz receberam o Prémio Nobel da Física em 1925.

Na figura junta ilustra-se o tipo de equipamento necessário para levar a cabo a experiência de Franck-Hertz. Nesta experiência são libertados electrões junto ao cátodo da âmpola, por efeito termoiónico. A emissão termoiónica só é significativa a temperaturas relativamente elevadas (algumas centenas de graus Celsius) sendo desprezável à temperatura ambiente. Para aquecer o cátodo existe, junto a ele, um “aquecedor” a que chamamos filamento.



Alguns dos electrões libertados do cátodo, são acelerados por uma diferença de potencial V aplicada entre o cátodo e o ânodo e passam através de uma ampola de vapor de mercúrio de baixa pressão até que atingem o colector que está junto ao ânodo. É lida a corrente que passa no amperímetro A (proporcional ao fluxo de electrões) em função do potencial acelerador V , aplicado. Esta corrente é muitíssimo pequena, da ordem dos pA , por isso este “amperímetro” é um pico-amperímetro com um amplificador, que converte este sinal de corrente num sinal em

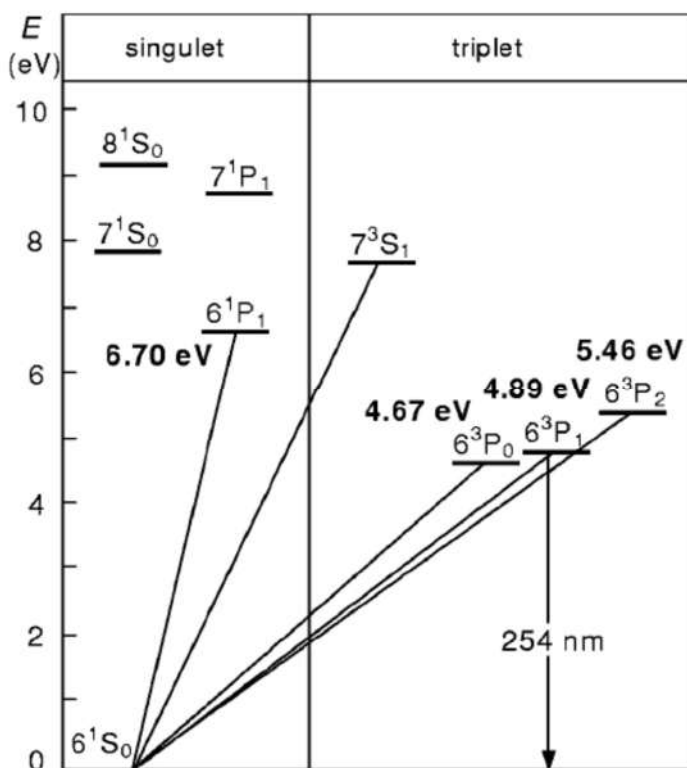
tensão que pode entrar directamente num “registador”. No nosso caso o “registador” é um osciloscópio que permite gravar os dados para posterior tratamento.

Quando se aumenta, a partir de zero, o potencial acelerador V , os electrões vão adquirindo energias ($E_c = eV$) cada vez maiores e a corrente I medida aumenta linearmente ($V = R I$).

Continuando a aumentar a diferença de potencial, atinge-se um valor de V crítico, V_c , para o qual se verifica que a corrente diminui abruptamente. A interpretação desta diminuição de corrente é a de que os electrões adquiriram a energia cinética suficiente para poderem colidir inelasticamente com os átomos de mercúrio e os excitarem para um nível de energia superior, perdendo os electrões toda a sua energia, correspondente à primeira energia de excitação do átomo de mercúrio.

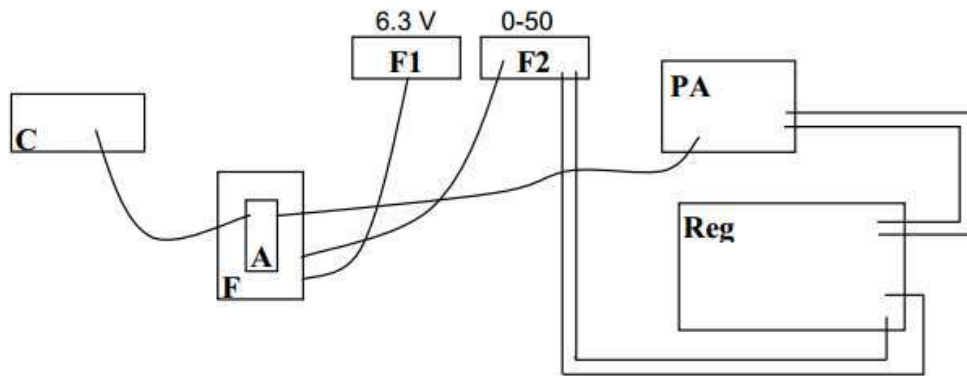
Continuando a aumentar o potencial acelerador, aparecerão outras quedas da corrente, ou seja outros potenciais para os quais a corrente medida diminui abruptamente. Estas outras quedas de corrente podem corresponder ou a transições para outros níveis energéticos superiores no átomo, ou a sucessivas excitações sempre para o primeiro nível excitado dos átomos de mercúrio diferentes, dependendo da forma específica como a ampola é construída. Na nossa situação experimental verifica-se que os sucessivos picos de corrente se encontram mais ou menos igualmente espaçados entre si, o que indica que correspondem a situações em que os electrões conseguem colidir inelasticamente com 2, 3, ou mais átomos de mercúrio antes de atingirem o colectador, excitando-os sempre para o primeiro nível excitado. A colisão inelástica só se dá quando o electrão possui a energia mínima correspondente à primeira energia de excitação do átomo de mercúrio.

Põe-se assim em evidência a natureza discreta das transições electrónicas nos átomos. Segue um diagrama dos primeiros níveis energéticos do átomo de mercúrio tirado do artigo G Rapior, K Sengstock e V Baev, “New features of the Franck-Hertz experiment” Am J. Physics **74**, 423 (2006).



Procedimento Experimental

Verifique se o circuito esquematizado na figura se encontra montado.



O dispositivo de Franck-Hertz consiste numa ampola de vapor de mercúrio (A) que se encontra incorporada num forno (F) com sistema de aquecimento e controlo de temperatura (C).

Existe uma fonte de tensão ($F1 = 6.3V$) aplicada ao filamento, para provocar a emissão termoiónica de electrões do cátodo da ampola. Existe uma fonte de tensão variável ($F2: 0-50V$), com rampa, para aplicar o potencial acelerador entre o cátodo e o ânodo.

A corrente que sai da ampola de Franck-Hertz entra num picoamperímetro **que tem uma saída em tensão** para um osciloscópio. A tensão aceleradora aplicada aos electrões emitidos do cátodo é também visualizada no osciloscópio.

Aquecer o tubo de Franck-Hertz até uma temperatura de cerca de $200^{\circ}C$ e deixar estabilizar. Ao mesmo tempo ligar F1 para aquecer os filamentos. Ligar também F2 mantendo o potenciómetro em zero.

Variar a tensão aceleradora (F2) entre 0 e 50 V, duma forma lenta e contínua, manualmente ou com a rampa, observando no registador os máximos e mínimos de corrente. Escolher as melhores escalas no osciloscópio e registar os resultados (corrente em função do potencial acelerador).

Repetir para outras três temperaturas ligeiramente diferentes. *(A temperatura da ampola é muito crítica nesta experiência, pois controla a pressão de vapor de mercúrio no interior da ampola e, portanto, a probabilidade dos choques entre os electrões e os átomos de mercúrio. O que se pretende é estar numa situação em que a maior parte dos electrões sejam obrigados a chocar com vários átomos de mercúrio no seu trajecto até ao ânodo)*

Tratamento dos Resultados

Interpretar os resultados obtidos com base na existência de níveis energéticos discretos para os átomos dos elementos.

Determinar o valor aproximado de energia que é absorvida na excitação dos átomos de mercúrio.

Calcular o comprimento de onda, aproximado, dos fótons emitidos na desexcitação dos átomos de mercúrio.

Identificar a transição do átomo de mercúrio envolvida neste processo.

Desafio: Ainda que sejam muito cuidadosos na realização desta experiência, é provável que o valor da energia do primeiro nível excitado de Hg (o nível 6^3P_0) que encontram é algo maior do que o valor da literatura, 4,67 eV. Uma pista sobre o que se passa é dada pelas pequenas variações sistemáticas nas posições dos picos e vales (sempre que haja uma variação sistemática vale a pena perguntar porquê!). Se analisarem com cuidado as posições dos vales na curva da corrente em função da tensão aplicada vão descobrir que a diferença de tensão entre os vales aumenta ligeiramente com a tensão aplicada. Uma explicação deste efeito é desenvolvida no artigo de G Rapior, K Sengstock e V Baev, “New features of the Franck-Hertz experiment” *Am J. Physics* **74**, 423 (2006). Ler este artigo e realizar a análise que eles sugerem para encontrar um valor mais preciso da energia do primeiro nível excitado de Hg, bem como uma estimativa da secção eficaz para uma colisão inelástica entre um eletrão e um átomo de Hg.