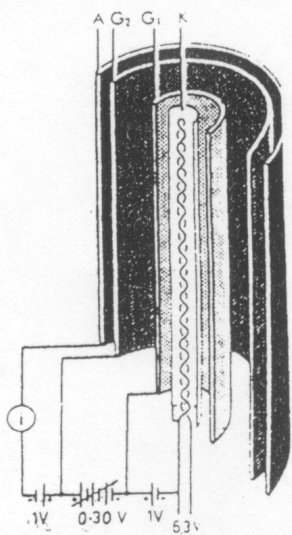


Franck-Hertz kísérlet

1. Elméleti összefoglaló

Az atomfizikában a Planck-féle hatáskvantum, a Planck-állandó bevezetésével a korábbi klasszikus fizikai felfogással teljesen ellentétes új felismerés terjedt el: atomi méretekben az energiaátadás már nem folytonosan, hanem diszkrét mennyiségekben, úgynevezett kvantumokban következik be. Ennek a felismerésnek egyik közvetlen bizonyítékát Franck és Hertz elektronütközési kísérletei szolgáltatták.

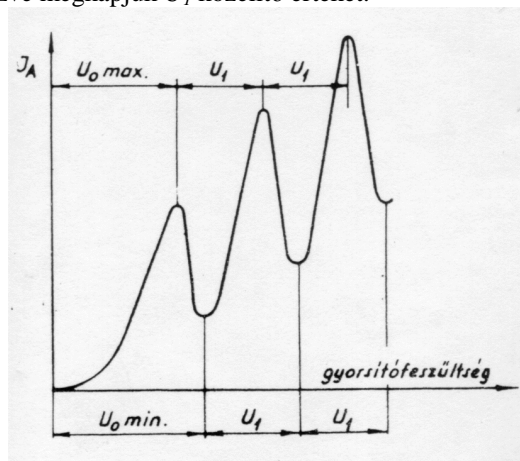
A kísérlethez használt cső (1. ábra) egy kisnyomású higanygőzt tartalmazó, egyébként a vákuum-triódához hasonló cső, amelynél az egyenes **K** izzókatód elektron emisszióját egy ehhez közeli koaxiális **G₁** rácscső szabályozza. A katódból kilépő elektronokat egy további, változtatható (0 – 30 V) feszültségű, szintén koaxiális **G₂** rácscső gyorsítja. A **G₂** rácson áthaladó, egy minimális energiával rendelkező elektronokat egy csekély (0,5 – 1,5 V) negatív feszültségű **A** gyűjtő elektróda fogja fel. A cső egy csepp higanyt tartalmaz, mely mintegy 200 °C hőmérsékleten kb. 15 Hgmm gőznyomást eredményez és hatására az elektronok a katódtól a gyűjtő elektródig tartó útjuk során gyakran ütköznek Hg atomokkal. Az ütközések általában rugalmasak és a gyorsító feszültséget fokozatosan növelve az áram eleinte nő, mint a vákuum triódáknál. Az ilyen ütközések során az elektronok a hozzájuk képest nagy tömegű Hg atomokon nem vesztenek energiát, tehát az elektronok túlnyomó többsége képes a **G₂** rácscső és az anód közötti gyenge ellentéren áthaladni. Amikor az elektronok kinetikus energiája eléri a Hg atomok 4,9 eV-os első gerjesztési energiáját, az ütközések rugalmatlanná válnak, az elektronok túlnyomó része a Hg atomokkal való ütközés során átadja energiáját azoknak és nem képesek áthaladni az említett gyenge ellentéren sem. Ezért az áram hirtelen lecsökken.



1. ábra

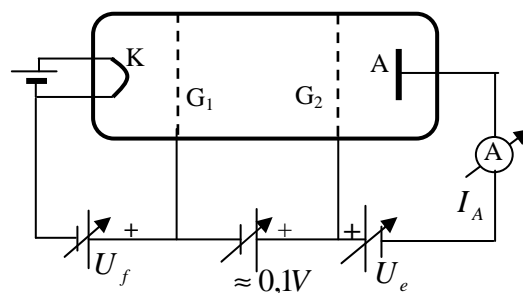
A gyorsító feszültséget tovább növelve az áram ismét nő jelezve azt, hogy az elektronok a **G₂** anódrácsig újra felgyorsulnak és átjutnak az **A** elektródra. További gyorsító feszültség növeléskor az elektronok többször képesek felgyorsulni a rugalmatlan ütközést eredményező energiára,

ezért az áram-feszültség görbében közelítőleg egyenlő távolságokra jellegzetes minimumok és maximumok figyelhetők meg (2. ábra). Franck és Hertz azt tapasztalták, hogy a higanygőz 4,9 V gyorsító feszültségénél $\lambda = 253,7$ nm hullámhosszú fényt bocsát ki, amelynek $\nu = 1,183 \cdot 10^{15}$ Hz frekvenciája megegyezik azon foton energiájával, amely a Hg atom első gerjesztett állapotából az alapállapotba történő spontán visszatérésekor emittál. Eszerint, két maximum közötti U_1 potenciálkülönbség az *első gerjesztési potenciál*. Az U_1 gerjesztési potenciál meghatározásához lemérjük az anódáram-gyorsító feszültség görbe maximumainak távolságait. A kapott mérési eredmények számtani közepét képezve megkapjuk U_1 közelítő értékét.



2. ábra

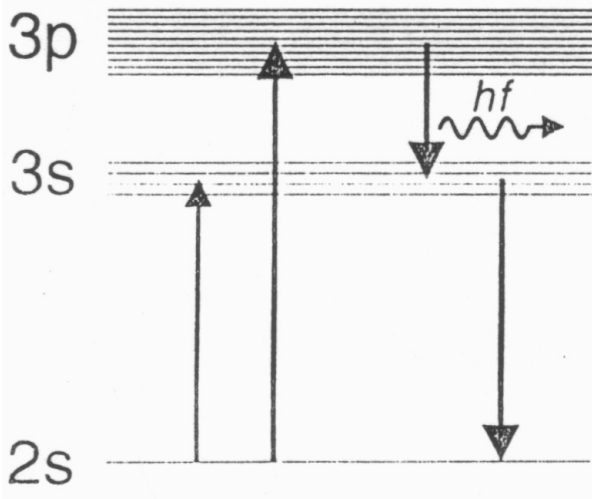
A magasabb gerjesztett állapotok kimutatására Franck és Hertz a kapcsolási elrendezést a következőképpen módosították (3. ábra): a katódból kilépő elektronok a katód és az ahhoz igen közeli **G₁** gyorsító rácscső közötti feszültség hatására gyorsulnak. Mivel ezen a rövid szakaszon a kisnyomású higanygőzben a rugalmatlan ütközések ritkák, viszonylag sok elektron a gyorsító feszültségnek megfelelő energiával kerül a **G₁** gyorsító rácscső és a **G₂** anódrács közötti hosszú, gyakorlatilag erőmentes térrészbe. **G₂** és az anód megfelelő energiájú elektronok a **G₁** és a **G₂** rácscső között elvesztették energiájukat. A **G₂** és az **A** elektródok között most is csekély ellentéren van. Az áram-feszültség karakterisztikán mutatkozó jól észrevehető esések vagy törések jelzik, hogy a Hg magasabb rendű gerjesztési potenciáljainak megfelelő energiájú elektronok a **G₁** és **G₂** rácscső között elvesztették energiájukat.



3. ábra

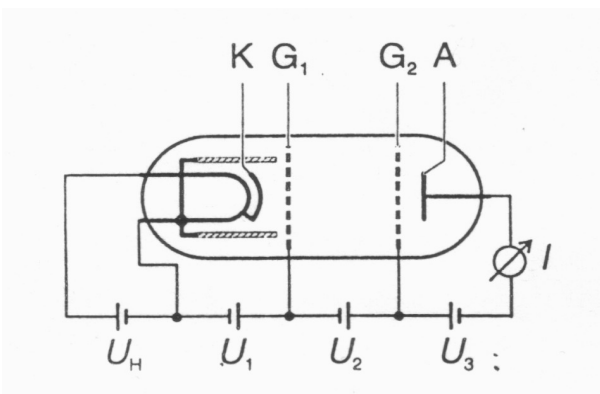
5. Franck-Hertz kísérlet neon gázzal töltött kisülési csővel

A Neon gáznál a gerjesztés illetve rekombináció folyamata a higany atoménál komplikáltabb. A rugalmatlan elektron-ütközéses gerjesztés a legvalószínűbb úton az alapállapot és a 10 db 3p gerjesztett állapot között történhet amelyek energiái 18,4 eV és 19,0 eV közé esnek. A négy alacsonyabb energiájú 3s állapot energiái a 16,6 eV és 16,9 eV értékek között vannak. A magasabb 3p állapotból az alapállapotba történő legerjesztődés mindig a 3s energiasávon keresztül történik. Eközben a 3p és 3s sávok közötti átmenetnél látható fény tartományába eső foton kibocsátása észlelhető. A folyamatot a 4. ábra mutatja be.

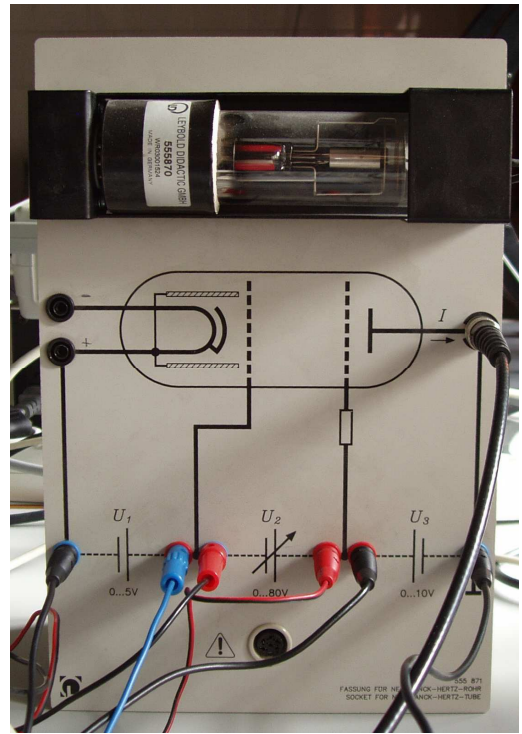


4. ábra. Neon gerjesztés és rekombináció vázlatja.

A Ne kisülési cső szobahőmérsékleten működik és a gáz töltet nyomása kb. 10 hPa. A kisülési cső elektródáinak sematikus elrendezését az 5. ábra mutatja be.



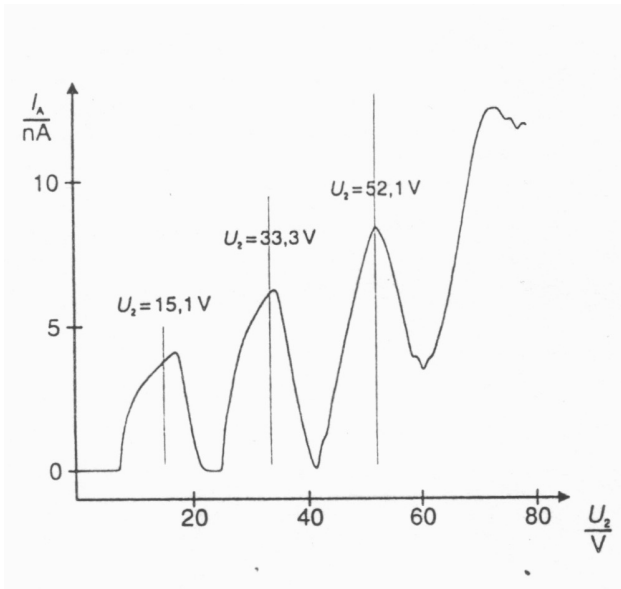
5. ábra. Neon Franck-Hertz cső felépítése és az alkalmazott villamos feszültségek



A csőben négy elektród található, melyek jelölései: **K** = katód (melyet közvetetten fűtünk $U_H = 6,3$ V feszültséggel) **G₁** = vezérlőrács (a katód és **G₁** közé kapcsolt feszültség U_1) **G₂** = gyorsító rács (a **G₁** és **G₂** rácsok közé kapcsolt feszültség U_2), **A** = anód (a **G₂** és **A** közé kapcsolt feszültség U_3)

A fűtött katódból emittált elektronok elektronfelhőt képeznek, melyet U_1 potenciál segítségével a **G₁** rácsig vezetünk. Az emissziós áram gyakorlatilag független az U_2 (rácsok közötti) potenciáltól, ha elhanyagoljuk a visszaszóródott elektronok hatását. Az U_3 fékező feszültség segítségével csak azon elektronok jutnak az anódra, melyek kinetikus energiája a fékező térrel szemben elegendően nagy. Ezen elektronok árama az I_A kollektoráram.

A kísérletben az U_2 gyorsító feszültséget változtatjuk 0 ...60 V között, miközben U_1 és U_3 feszültségeket állandó értéken tartva az I_A anódáramot mérjük. A mérés során az áram kezdetben nő (a konvencionális tetródákhoz hasonlóan), és akkor ér el maximumot ha a **G₂** rács közelében az elektronok kinetikus energiája elegendően nagy ahhoz, hogy ütközéssel gerjessze a Ne atomokat. Ekkor az anódáram hirtelen lecsökken, mivel az ütközés utáni elektronok lecsökkent kinetikus energiája nem elég az U_3 fékező potenciálon történő áthaladáshoz. Ahogy az U_2 gyorsító feszültség tovább nő, úgy a Ne atomok gerjesztésének megfelelő kinetikus energiájú elektronok egyre beljebb kerülnek a rácsok közötti tartományba, eltávolodva a **G₂** ráctól. A Ne atomokkal történt ütközés után az elektronok újra gyorsulnak és elegendően nagy feszültségnél ismét a gerjesztéséhez szükséges energiát abszorbeálva atomokat gerjeszthetnek. (6. ábra)



6. ábra.

A Neon Franck- Hertz mérés áram-feszültség görbéi

Ez eredményezi a kollektor áram második maximum-minimumát. Magas gyorsító feszültség esetén a G_1 és G_2 rácsok közötti térben diszkrét vörös lumineszkáló rétegek figyelhetők meg.

Mérőegység beállítása számítógépes adatgyűjtés esetén, programozható tápegységgel.

A Hameg hármas tápegységen állítsa be az alábbi feszültségeket:

Fűtőfeszültség: 5V.

Ellentér U_3 feszültség kb 7,4 V

U_1 feszültséget 6,4 V

A programozható tápegység feszültségtartományát állítsa High-ba, ekkor 60V a maximális kimeneti feszültség.

Kapcsolja be az áramerősítő konvertert.

Az adatgyűjtőn állítsa be a mintavételezés jellemzőit és indítsa el a mérést.

Különböző paraméterekkel végezze el a mérést, keresse meg a legjobb adatokat szolgáltató beállítást. Méréstechnikai szempontból és a mellékhatások miatt célszerű az árammaximumok távolságával számolni.

A mérési adatok alapján állapítsa meg az ionizációs energiát.