

Atomok gerjesztési potenciálja

jegyzőkönyv



Mérést végezte:
Fejes Bence (Q68ZKZ)
Koroknai Botond (AT5M0G)

Mérés időpontja:
2023.11.7

Jegyzőkönyv leadásának időpontja:
2023.11.18

Tartalomjegyzék:

1	Bevezetés	2
2	Mérést célja	2
3	Eszközök	2
4	Mérés menete és mért adatok	2
4.1	Neon	3
4.2	Higany	3
5	Számítási feladatok	4
5.1	Hullámhosszak meghatározása	4
5.2	Szabad úthossz kiszámítása	4
6	Diszkusszió	5

1 Bevezetés

Niels Bohr 1913-ban bevezetett egy planetáris atommodellt, melyben azt feltételezte, hogy az atommag körül az elektronok, csak meghatározott energiapályákon keringhetnek. 1914-ben James Franck és Gustav Hertz kísérletileg is alátámasztotta ezt a feltevést. A kísérletük során termikusan gerjesztett elektronokat gyorsítottak higanygőzt tartalmazó csőben, és azt figyelték meg, hogy bizonyos gyorsítófeszültség alatt az elektronoknak nincs elég kinetikus energiája ahhoz, hogy a higany atomok elektronjait gerjesszék. A kritikus feszültséget elévve és afölött már rugalmatlan ütközéssel gerjeszthetőek a higany atomokat, amelyek a gerjesztés hatására a többlet energiát az UV tartományba eső fotonok formájában sugározzák ki. A labor során ezen mérést próbáljuk meg reprodukálni higany és neon esetén.

2 Mérést célja

A feladatunk, hogy a neon és higany legalacsonyabb gerjesztési potenciálját, valamint a bennük lévő szabad úthosszat meghatározzuk.

3 Eszközök

- mérőprogram
- neoncső
- higanycső
- kályha
- Franck-Hertz tápegység

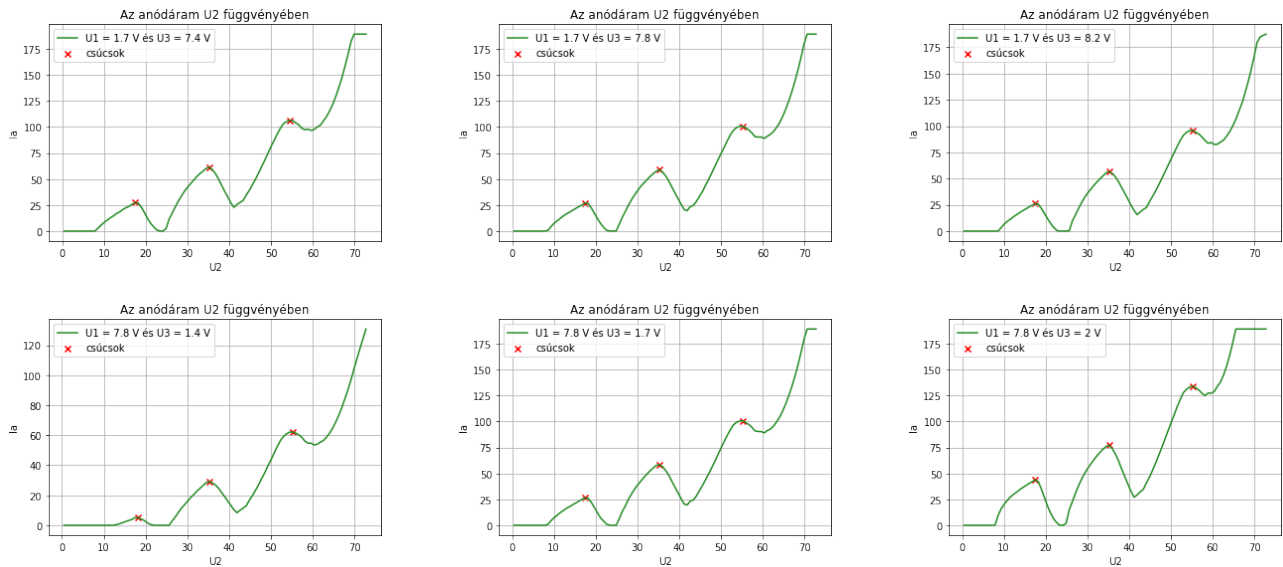
4 Mérés menete és mért adatok

A mérés során az adott gázokat tartalmazó csöveket rákötöttük a tápegységre és potencióméter segítségével különböző feszültségeket kapcsolunk rá és a mérőprogram segítségével vizsgáltuk az anódáram változását az U_2 gyorsítófeszültség függvényében. A mérés két részre volt bontva. Először konstans U_1 (keletkező elektronok számát szabályozó feszültség) mellett mértünk, U_3 -at (ellenfeszültség) változtatva, majd pont fordítva. Így módon 6-6 mérést végeztünk mindkét cső esetén. A mérés során kapott ábrákon az anódáram lokális maximumok és minimumok között ingadozik, ez mutatja, hogy az elektronok az adott atomokat diszkrét gerjesztési energiájú szintekre léptették. A szomszédos maximumok távolsága közti feszültségkülönbség, a mérés során közelítőleg végig azonos marad, így a köztük lévő ΔU feszültségkülönbségből megadható a legalacsonyabb gerjesztési energia:

$$E = e \cdot \Delta U$$

ahol e az elemi töltést jelölje. mérés során ΔU értékének a csúcsok közti feszültségkülönbség átlagát vettük, míg hibájának a szórásukat.

4.1 Neon



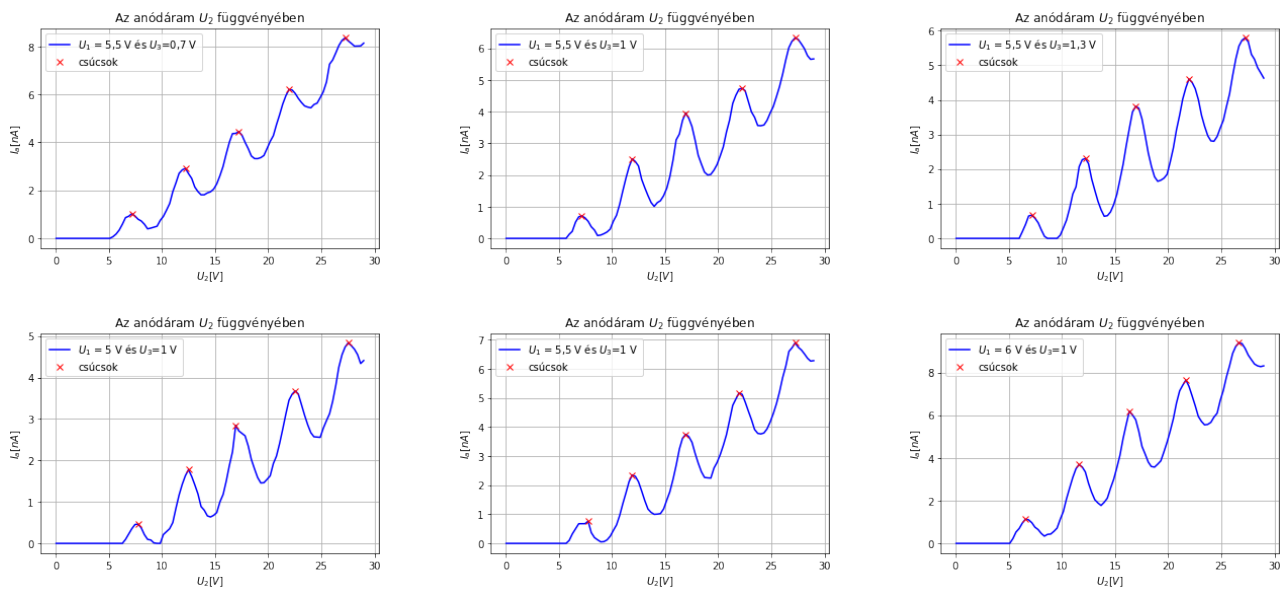
Ábra 1: A 6 mérés a neon esetén

U_1 [V]	U_3 [V]	ΔU [V]	E [eV]
1.7	7.4	18.47 ± 0.72	18.47 ± 0.72
1.7	7.8	18.85 ± 1.1	18.85 ± 1.1
1.7	8.2	18.85 ± 1.1	18.86 ± 1.1
7.8	1.4	18.48 ± 1.45	18.48 ± 1.45
7.8	1.7	18.85 ± 1.1	18.85 ± 1.1
7.8	2	18.85 ± 1.1	18.85 ± 1.1

A neon első gerjesztési energiája így:

$$E_{Ne} = 18.727 \pm 0.178 \text{ eV}$$

4.2 Higaný



Ábra 2: A 6 mérés a higaný esetén

U_1 [V]	U_3 [V]	ΔU [V]	E [eV]
5,5	0,7	$5,02 \pm 0,20$	$5,02 \pm 0,20$
5,5	1,0	$4,87 \pm 0,43$	$4,87 \pm 0,43$
5,5	1,3	$5,02 \pm 0,20$	$5,02 \pm 0,20$
5,0	1,0	$4,94 \pm 0,43$	$4,94 \pm 0,43$
5,5	1,0	$5,02 \pm 0,20$	$5,02 \pm 0,20$
6,0	1,0	$5,02 \pm 0,21$	$5,02 \pm 0,21$

táblázat 1: A higany mért és számolt adatai

A higany első gerjesztési energiája így:

$$E_{Hg} = 4,982 \pm 0,107 \text{ eV}$$

5 Számítási feladatok

5.1 Hullámhosszak meghatározása

A hullámhosszak, melyek az első gerjesztési potenciálokhoz tartoznak két összefüggés segítségével meghatározhatók:

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

és

$$c = \lambda\nu \quad (2)$$

ahol E a gerjesztési potenciál, h a Planck állandó, ($h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \frac{\text{m}^2 \text{kg}}{\text{s}}$), ν a frekvencia, c a fény vákuumbeli terjedési sebessége ($c = 299792458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$), λ pedig a hullámhossz.

Az (1)-es és (2)-es egyenlet rendezésével az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\lambda = \frac{ch}{E} \quad (3)$$

Ha a képletet az energia szerint deriváljuk, akkor meghatározható a hullámhossz hibája ($\Delta\lambda$) az alábbiak szerint:

$$\Delta\lambda = \frac{ch}{E^2} \cdot \Delta E \quad (4)$$

A neonra és a higanyra számolt hullámhosszak és hibáik az alábbi táblázatban láthatók:

	λ [nm]	$\Delta\lambda$ [nm]	$\lambda_{irodalmi}$ [nm]
Ne	66,30	0,63	66,3
Hg	249,20	5,35	254

táblázat 2: A kibocsátott fotonok hullámhossza

A neon által kibocsátott foton hullámhossza gyakorlatilag szinte megegyezik az irodalmi értékkel (a kerekítések miatt úgy tűnik, hogy teljesen, de valójában nem teljesen egyezik). A higany esetében nagyobb hibát tapasztalunk, azonban még ez is alig több, mint 2%-os relatív hiba. Ezt okozhatta a hőmérsékletnek az itt számításba nem vett hibája is.

5.2 Szabad úthossz kiszámítása

A szabad úthossz számításához a következő képletet használtuk fel:

$$A = \frac{1}{n\sigma} = \frac{k_B T}{p} \frac{1}{\sigma_{tot}} = \frac{k_B T}{8,7 \cdot 10^{(9-(3110/T))} \cdot 3,5\pi a^2} \quad (5)$$

ahol k_B a Boltzmann-állandó ($k_B = 1,38065 \cdot 10^{-23} \frac{m^2 kg}{s^2 K}$), a a Bohr-sugár ($a = 5,29177 \cdot 10^{-11} m$), T pedig a higanygőz hőmérséklete ($T = 403 K$). Az összefüggés a szabad úthosszra az alábbi eredményt adja $T = 403 K$ esetén:

$$A = 1,083 mm$$

Az így kapott úthossz összhangban van a kísérleti eredménnyel, mert ez a távolság jóval kisebb a katód-anód távolságnál, és ennek így is kell lennie. Amennyiben a katód-anód távolsággal összemérhető lenne a szabad úthossz, akkor az megnehezítené az anódáram mintázatának a kiértékelését.

6 Diszkusszió

A mérés során az U_2 függvényében az anódáram jellegzetes görbéit megkaptuk. A kiértékelés során az kibocsátott fotonok hullámhosszát az első gerjesztési potenciálok esetén meg tuduk határozni, és azok az irodalmi értékektől jelentősen nem különböztek. A neon esetén kifejezetten jól egyezett az általunk meghatározott érték, a higany esetén pedig valószínűleg a hőmérséklet általunk nem mért hibája okozhata a kicsit nagyobb eltérést az irodalmi hullámhossz értéktől. A mérés ezek alapján egyértelműen sikeresnek mondható.