

3. MÉRÉS

Atomok gerjesztési potenciálja

Szerzők:

Krasznai Zsófia

Márton Tamás

Polónyi Szabolcs

Fizika Bsc. 2. évfolyam

Hétfő délelőtti csoport

Mérés dátuma: 2018. 03. 26.

Leadás dátuma:

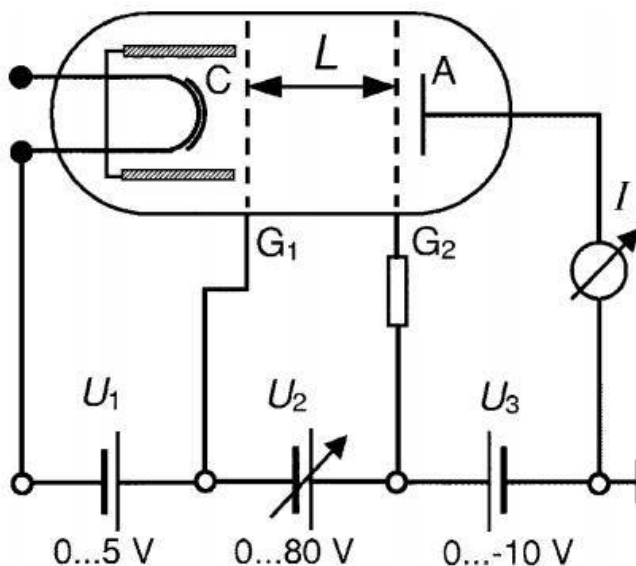


1. A mérés célja

A Bohr-féle planetáris atommodell igazolása a *Frank – Hertz*-féle kísérlettel. A mérés során atomok gerjesztésének vizsgálatával belátjuk, hogy az atomok csak diszkrét energiákat tudnak elnyelni.

2. Mérőeszközök

Az egyik elektroncsőben neon van, ez szobahőmérsékleten gáz halmazállapotú, a másikban higany. A higanyt melegíteni kell, hogy a csőben levő telített higanygőz nyomása megfelelő legyen. A mérést a számítógép segítette, ezzel végeztük az adatok felvételét.



1. ábra. A Frank-Hertz kísérlet összeállítása

3. A mérés leírása

A Bohr-atommodell szerint az elemek energianívói csak meghatározott értékűek lehetnek. Tehát egy atomot úgy lehet egy más energiaállapotba juttatni, ha pontosan a két energiaszint különbségének megfelelő energiát közlünk vele. Franck és Hertz kísérlete bizonyítékot szolgáltat ezen elmélet helyességére.

A méréshez egy elem gőzével vagy gázával töltött kisülési csövet használtak. Ebben egy katódból elektronok lépnek ki, amiket a katódhoz képest pozitív töltésű R_1 és R_2 rácscok helyezkednek el. Az ezeken átjutó elektronokat a rácscokhoz képest negatív töltésű anódra érkeznek.

Ha a R_2 rácscok feszültségét változtatva elérjük a gázatomok gerjesztési potenciálját, akkor az elektronok gyakorlatilag teljesen átadják az energiájukat a gázatomnak, így sokkal kevesebb elektron jut az anódra. *Franck-Hertz* - akik kísérletükért 1925-ben Nobel-díjat kaptak - az anódáram minimumokat galvanométerrel kimérve, meghatározták a gerjesztési potenciálokat.

4. Kiértékelés

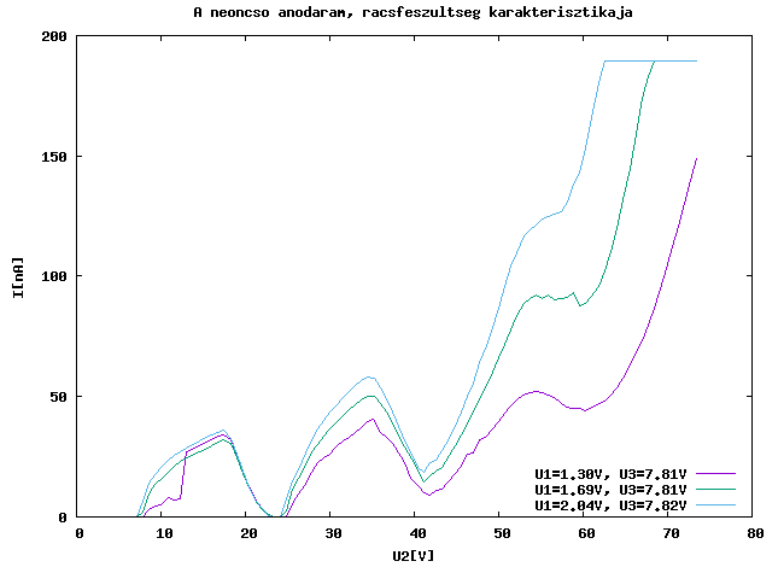
A mérés során a két anyag reakcióját vizsgáltuk az U_1 és U_3 feszültségek változtatására.

4.1. Neoncső vizsgálata

A neoncsövet először az U_1 feszültség változtatásával vizsgáltuk. A mért adatokat ábrázoltuk, ez a 2. ábrán látható.

A 2. ábrán jól látszik, hogy az U_1 érték növelésével az anódáram is egyre nagyobb értékeket vesz fel. Ennek oka, hogy az U_1 feszültség növelésével a katódról egyre több elektron szabadul fel, így egyre több elektron jut el az anódig, ezzel növelve az anódáram értékét.

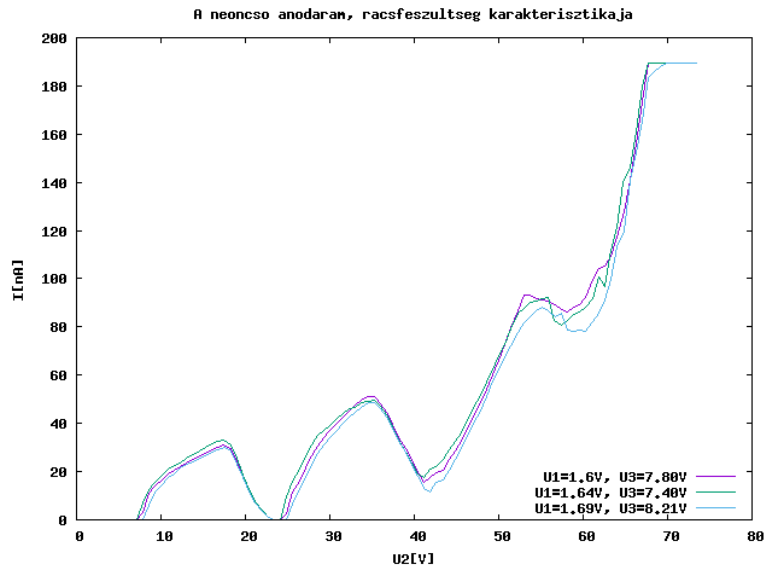
Az ábráról a maximumok és minimumok távolságát is leolvastuk. Ezeket az adatokat az 1. táblázat tartalmazza.



2. ábra. A neon első gerjesztési potenciálja az U_1 feszültség függvényében

A leolvasott adatok alapján a minimum- és maximumhelyek átlagos távolsága $\Delta U = 17,7 \pm 0,5$ V, ahol a hibát az adatok szórásából számítottuk.

Ugyanezt elvégeztük az U_3 feszültség változtatásával is. Ez a 3. ábrán látható



3. ábra. A neon első gerjesztési potenciálja az U_3 feszültség függvényében

A 3. ábrán látható három görbe nem sokkal tér el egymástól, azonban a várakozásunknak megfelelően az U_3 feszültség növelésével az anódáram valamennyit csökken. Mivel az U_3 feszültség fékezi a csőben található elektronokat, így ez minél nagyobb értékeket vesz fel, annál kevesebb elektron jut el az anódig.

Az ábráról a maximumok és minimumok távolságát is leolvastuk. Ezeket az adatokat a 2. táblázat tartalmazza. A gerjesztési energia meghatározásához azonban csak a maximumhelyek távolságait vettük figyelembe.

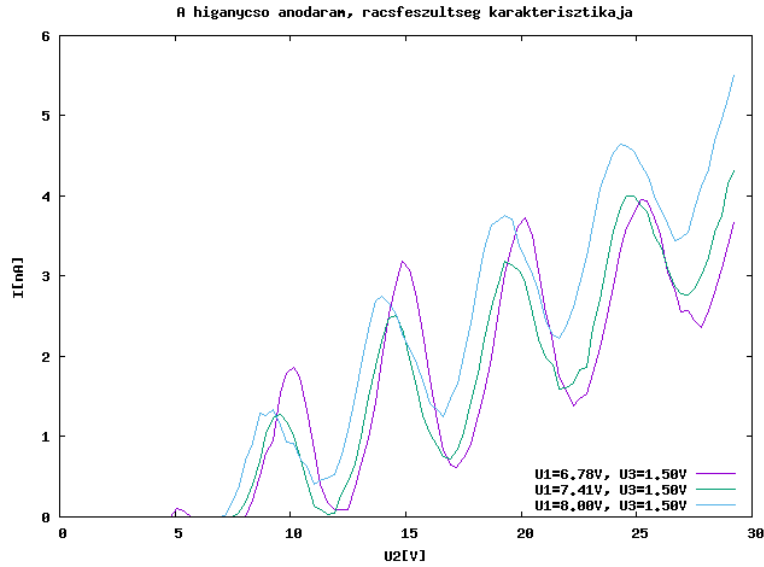
A két mérés során kapott adatok átlagolásából a neon esetén a az anódáram maximumhelyeinek átlagos távolsága: $\Delta U = 18,3 \pm 0,6$ V.

A ΔU érték ismeretében a neon első gerjesztési energiáját (E_{Ne}) is meghatároztuk:

$$e \cdot \Delta U = E_{Ne} = 2,9 \cdot 10^{-18} \pm 1,1 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 18,3 \pm 0,6 \text{ eV}$$

4.2. Higanycső vizsgálata

A higanycső esetén először az U_1 feszültség változtatása közben vizsgáltuk az anódáramot. A 4. ábrán láthatóak a mért értékek a különböző feszültségek esetén.

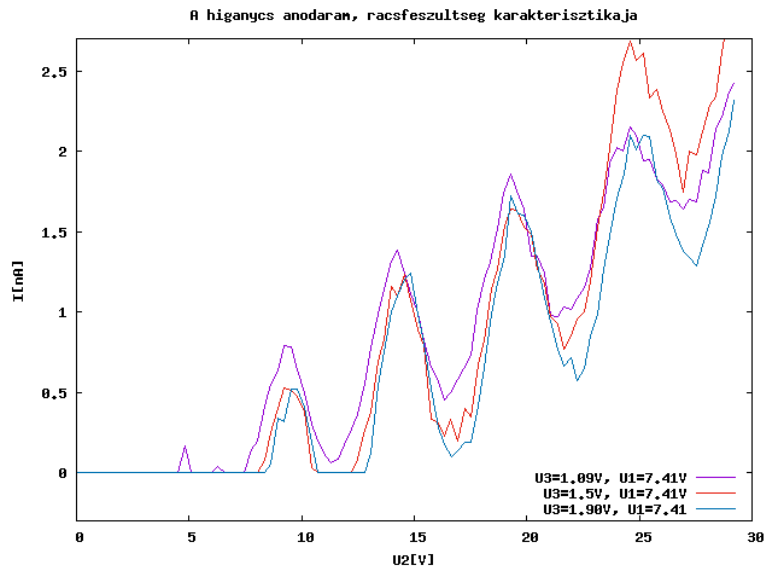


4. ábra. A higany első gerjesztési potenciálja az U_1 feszültség függvényében

A minimum- és maximumhelyek távolságát kiszámoltuk. A mért és számolt adatokat a 3. táblázat tartalmazza.

A minimum-és maximumhelyek átlagos távolságának a $4,8 \pm 0,4$ V érték adódott.

Ezután az U_3 feszültség változtatásának függvényében is vizsgáltuk az anódáramot. A mért értékek a 5. ábrán láthatóak.



5. ábra. A higany első gerjesztési potenciálja az U_3 feszültség függvényében

A minimum- és maximumhelyeket leolvastuk az ábráról, és kiszámoltuk a távolságaikat. A mért és számolt adatok a 4. táblázatban találhatók.

A minimumok és maximumok átlagos távolságára $4,9 \pm 3$ V értéket kaptunk.

A két mérés adataiból a minimumok és maximumok távolsága: $\Delta U = 4,9 \pm 0,4$ V. Ezen érték ismeretében a higany első gerjesztési energiája:

$$E_{Hg} = 7,8 \cdot 10^{-19} \pm 6 \cdot 10^{-20} J = 4,9 \pm 0,4 eV$$

Az E_{Hg} irodalmi értéke: 4,9 eV, amit hibahatáron belül kimértünk.

4.3. Az visszagerjesztődés során keletkező foton hullámhossza

Feladatul kaptuk még, hogy a gerjesztettből az alapállapotba visszaugró elektron mekkora hullámhosszú fotont bocsájt ki. Ehhez a jól ismert foton energia képletet használjuk:

$$E = h\nu,$$

ahol h a Planck-állandó, értéke 4,135667 eV fs; E a foton energiája az előző kiértékelési pontban meghatározott érték. A ν frekvenciából pedig megkaphatjuk a λ hullámhosszat:

$$\lambda = \frac{c}{\nu},$$

ahol c a fénysebesség, értéke 299792458 m/s. Ezek alapján a keletkező fotonok hullámhossza a higany esetén:

$$\lambda_{Hg} = (253,03 \pm 20,7)nm$$

A kapott érték hibánhatáron belül azonos az irodalomban található 254 nm-es hullámhosszal. A neon esetén:

$$\lambda_{Ne} = (729,32 \pm 23,9)nm$$

A kapott érték csak közelíti az irodalomban megtalálható 600 nm-es értéket, azonban a hibát is figyelembe véve nem egyezik vele. A hibaszámításnál a fotonenergia és a hullámhossz relatív hibáját azonosnak tekintettem és ez alapján számoltam abszolút hibát.

4.4. Az elektronok szabad úthossza a higany esetén

A szabad úthosszra a következő összefüggés áll fenn:

$$\Lambda = \frac{1}{\sigma n},$$

ahol σ a hatáskeresztmetszet, n pedig a részecskesűrűség. A keresztmetszetet a jegyzetben megadott módon számolhatjuk a Bohr-sugár ($a=5,29178 \cdot 10^{-11}m$) segítségével:

$$\sigma = 3,5\pi a^2 = 3,079 \cdot 10^{-20}m^2.$$

A részecskesűrűség megadásához alkalmazhatjuk az ideális gáztörvényt, mert a részecskék csak ütközések során hatnak kölcsön:

$$p = nk_B T,$$

ahol p a gáz nyomása, k_B a Boltzmann-állandó, T pedig a gáz hőmérséklete, ami a higany esetén 451,15 K volt.

$$p = 8,7 \cdot 10^9 - (3110/T) = 1111,795 Pa.$$

A részecskesűrűség:

$$n = \frac{p}{k_B T} = 1,785 \cdot 10^{23}$$

A szabad úthossz értéke így:

$$\Lambda = 1,82 \cdot 10^{-4}m$$

5. Mérési adatok

1. táblázat. A minimum és maximum értékek helyei és távolsága

U_1 [V]	1,38	1,69	2,84	U_1 [V]	1,38	1,69	2,84
U_3 [V]	7,81	7,81	7,82	U_3 [V]	7,81	7,81	7,82
min_0 [V]	7,85	7,12	7,12				
min_1 [V]	23,39	23,40	23,41	max_1 [V]	17,47	17,48	17,49
min_2 [V]	41,85	41,13	41,14	max_2 [V]	35,21	35,22	34,49
min_3 [V]	60,29	59,57		max_3 [V]	54,39	54,41	
Δmin [V]	17,48	17,48	17,01	Δmax [V]	18,46	18,47	17,00

2. táblázat. A minimum és maximum értékek helyei és távolsága

U_1 [V]	1,60	1,64	1,69	U_1 [V]	1,60	1,64	1,69
U_3 [V]	7,80	7,40	8,21	U_3 [V]	7,80	7,40	8,21
min_0 [V]	7,13	7,12	7,87				
min_1 [V]	23,41	23,41	23,42	max_1 [V]	17,49	17,49	17,50
min_2 [V]	41,15	41,14	41,89	max_2 [V]	35,24	35,24	34,51
min_3 [V]	58,13	57,38	58,87	max_3 [V]	52,96	55,91	55,18
Δmin [V]	17,00	16,75	17,00	Δmax [V]	17,74	19,21	18,84

3. táblázat. A minimum és maximum értékek helyei és távolsága

U_1 [V]	6,78	7,41	8,00	U_1 [V]	6,78	7,41	8,00
U_3 [V]	1,50	1,50	1,50	U_3 [V]	1,50	1,50	1,50
min_0 [V]	7,46	8,06	8,36	max_0 [V]	4,80		
min_1 [V]	11,31	12,20	12,79	max_1 [V]	9,24	9,24	9,83
min_2 [V]	16,34	16,93	16,64	max_2 [V]	14,56	14,57	14,86
min_3 [V]	21,35	21,65	21,65	max_3 [V]	19,29	19,29	19,29
min_4 [V]	26,34	26,93	27,52	max_4 [V]	24,58	24,59	24,59
Δmin [V]	4,72	4,72	4,79	Δmax [V]	4,95	5,12	4,92

4. táblázat. A minimum értékek helyei és távolsága

U_1 [V]	7,41	7,41	7,41	U_1 [V]	7,41	7,41	7,41
U_3 [V]	1,09	1,50	1,90	U_3 [V]	1,09	1,50	1,90
min_0 [V]	7,76	7,47	6,88	max_0 [V]	5,09		
min_1 [V]	11,90	11,61	11,03	max_1 [V]	10,13	9,54	9,25
min_2 [V]	17,22	16,93	16,64	max_2 [V]	14,86	14,57	13,98
min_3 [V]	22,53	21,65	21,66	max_3 [V]	20,18	19,00	19,89
min_4 [V]	27,51	26,93	26,65	max_4 [V]	25,17	24,74	24,30
Δmin [V]	4,94	4,87	4,94	Δmax [V]	5,02	5,07	5,02