

Modern Fizika Laboratórium Fizika Bsc.  
**Atomok gerjesztési potenciálja**

***Készítette:***  
*Albert Andrea*

## 1. A mérés rövid leírása

A mérés során a **Hg** és **Ne** első gerjesztési potneciálját kell meghatározni a Frank-Hertz kísérlet alapján. Mivel a mérést nem tudtam elvégezni készen megkátam az adatokat **Hg** és **Ne** gázra is.

## 2. A Frank-Hertz cső

A cső tulajdonképpen egy olyan trióda, amely egy termikusan fűtött katódból, egy anódból és rácsszerű elektródákból áll.

Az üveg cső belsejében alacsony nyomású gőz található, az egész pedig egy szabályozható hőmérsékletű kályhával van körülveve. A katódban a fix fűtési feszültséggel elektronok keletkeznek, ezek számát az  $U_1$  feszültséggel szabályozhatjuk, majd a két rácsszerű elektróda között egy  $U_2$  gyorsítófeszültséggel növeljük energiájukat ( $eU_2$ ), a gőzatomokkal töltött téren keresztül. Az elektronok az Anód és a második fém rács között negatív ellenfeszültségbe ütköznek, amivel elérhető, hogy csak azok az elektronok vegyenek részt az áram folyásában, amelyek energiája nagyobb volt, mint  $eU_3$ .

## 3. Mérési eredmények és kiértékelés

### 3.1. A neoncső rácsfeszültség-anódáram karakterisztikájának mérése

A neoncső karakterisztikája különböző  $U_1$  és  $U_3$  feszültségeknél van lemérve (a hőmérséklet ( $T$ ) is változik). Az alábbi táblázat tartalmazza a méréseknek megfelelő paramétereket:

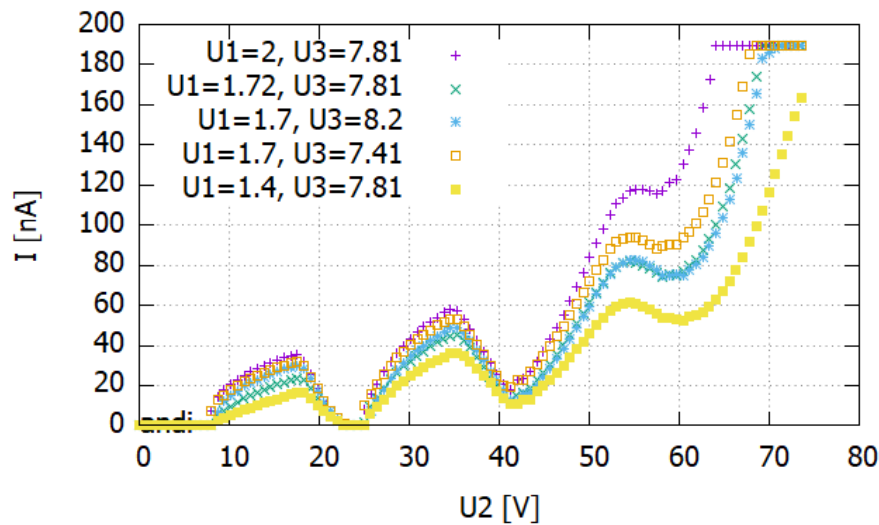
Nr.	$U_1$ [V]	$U_3$ [V]	$T$ [ $^{\circ}C$ ]
1	1.70	8.20	61.90
2	1.70	7.41	71.20
3	2.00	7.81	82.00
4	1.40	7.81	93.30
5	1.72	7.81	109.90

1. táblázat. Mért adatok

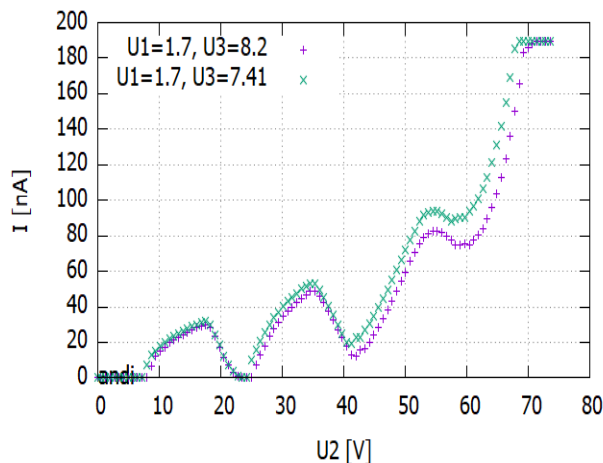
Tehát először csak az  $U_3$  feszültség és a hőmérséklet változott, majd az  $U_1$  és a hőmérséklet, míg az  $U_3$  zároffeszültség állandó maradt.

Az  $U_2$  gyorsítófeszültség 0-tól körülbelül 73.5 V-ig változott olyan 0.75 V-os növekedéssel.

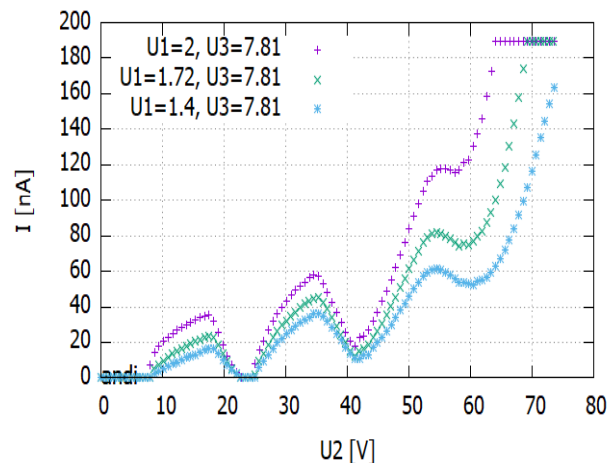
A mérési eredményeket egy közös ábrán ábrázolva a következőt kapom:



Külön még ábrázoltam azokat az eseteket amikor az  $U_1$  és amikor az  $U_3$  maradt változatlan:



(a)  $U_1$  fix



(b)  $U_3$  fix

A képeken jól látható, hogy az  $U_2$  növelésével egyenlő közönként lecsökken az anódáram és egy lokális minimum után a jelenség megismétlődik. Ez azért van mert a maximumok (vagy minimumok) különbségének megfelelő energiákon az elektronok már rugalmatlan ütközések során a Ne atomokat diszkrét gerjesztési energiájú szintekre képesek gerjeszteni.

A kapott adatokból közelítő értéket kaphatunk a neon gerjesztési potenciáljára, ami a maximum és a minimum helyek különbségeiből határozható meg mivel azok megfelelnek az egyes gerjesztett állapotok közötti különbségeknek. A maximum- és minimum helyeket a `scipy.signal.argrelextrema` függvényével határoztam meg úgy, hogy előtte köbösen interpoláltam a kapott adatokat a hiba csökkentésére:

```
1 def get_max(I,U2): #maximumhelyek
2     f = interp1d(U2, I, kind='cubic')
3     U2new = arange(U2[0],U2[-1],0.01)
4     peaks = argrelextrema(f(U2new), np.greater,order=200)
5     return U2new[peaks]
6
7 def get_min(I,U2): #maximumhelyek
8     f = interp1d(U2, I, kind='cubic')
```

```

9  U2new = arange(U2[0], U2[-1], 0.01)
10 peaks = argrelextrema(f(U2new), np.less, order=200)
11 return U2new[peaks]

```

## 1. Listing. Szélsőértékek megkeresése

Az így kapott szélsőérték leolvasás hibája pedig  $\pm 0.01/2$  V (az interpolálási tartomány lépésközének fele). Viszont az interpolálás miatt ezek az értékek csupán közelítő jellegűek a valóságoshoz képest. Ezért a hiba ennél nagyobb,  $\delta = \pm 2 \cdot (0.01/2 + 0.75/2)$  V =  $\pm(0.76)$  V

A maximumok helyei a következők voltak (a mérések számozása az előző táblázatbeliekkel egyezik meg):

Nr.	1.max [V]	2.max [V]	3.max [V]	átlagos távolság [V]
1	17.57	34.90	54.88	18.655
2	17.46	34.94	54.75	18.645
3	17.33	34.72	55.37	19.020
4	17.76	34.97	54.58	18.410
5	17.86	35.01	54.50	18.320

## 2. táblázat. maximumok

A minimumhelyek pedig:

Nr.	1.min [V]	2.min [V]	3.min [V]	átlagos távolság [V]
1	24.64	41.66	58.53	16.945
2	23.88	40.86	57.52	16.820
3	23.89	41.07	57.50	16.805
4	24.63	41.50	60.27	17.820
5	23.05	41.16	58.13	17.540

## 3. táblázat. minimumok

A maximum- és minimumhelyek különbségéből (azok különböző mérésekre kapott eredményeinek átlagolásával) az első gerjesztési energia átlagos értéke:

$$E_{Ne-max} = (18.610 \pm 0.760) \text{ eV}$$

$$E_{Ne-min} = (17.186 \pm 0.760) \text{ eV}$$

Látható, hogy a két érték hibahatáron belül megegyezik. Ezek felhasználásával a gerjesztett elektron visszaugrásakor keletkező foton hullámhossza kiszámítható:

$$\lambda = \frac{ch}{E}$$

$$\lambda_{max} = (66.776 \pm 2.726) \text{ nm}$$

$$\lambda_{min} = (72.309 \pm 3.198) \text{ nm}$$

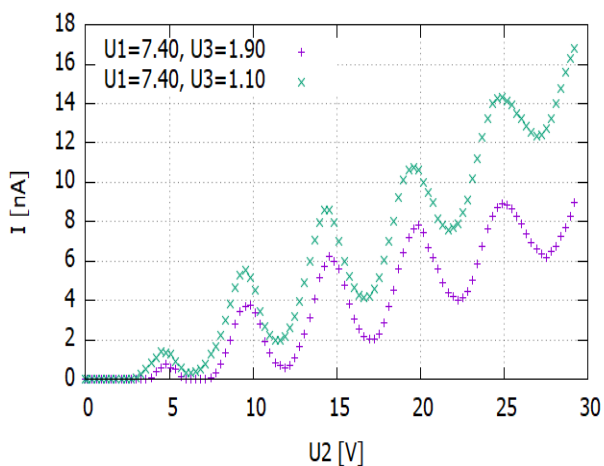
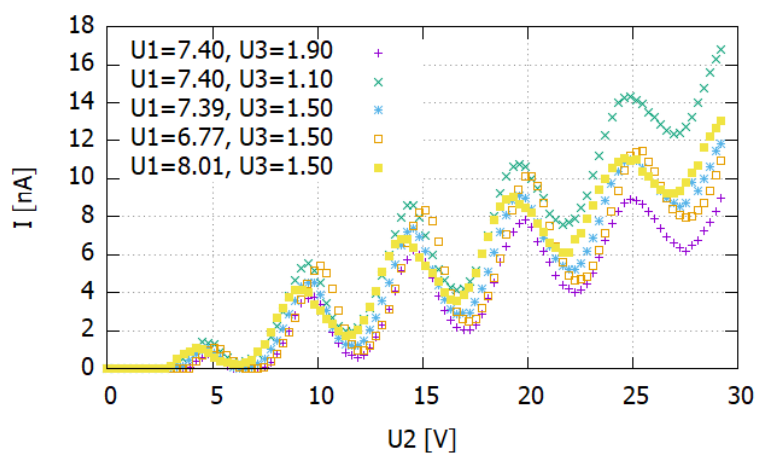
### 3.2. A higanycső karakterisztikájának mérése

Itt a mérési eredményekhez tartozó paraméterek:

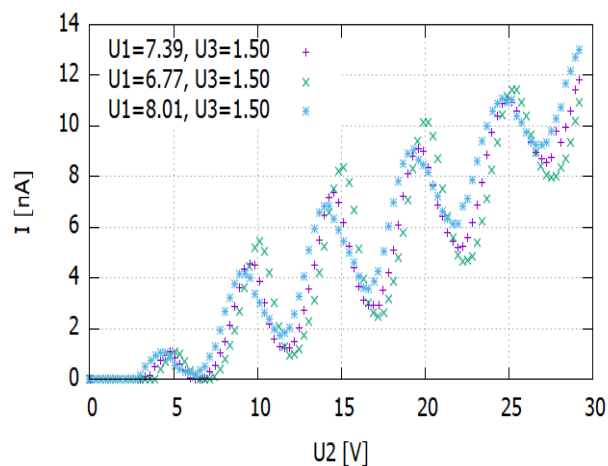
Nr.	U1 [V]	U3 [V]	T [C°]
1	8.01	1.50	125.7
2	6.77	1.50	125.5
3	7.39	1.50	125.5
4	7.40	1.10	125.6
5	7.40	1.90	125.6

4. táblázat. Mért adatok

Az U2 gyorsítófeszültség pedig 0-tól 29.21 V-ig változott kb. 0.3-ával.  
A mérési eredmények:



(a) U1 fix



(b) U3 fix

A gerjesztési potenciál kiszámításához ugyanúgy határoztam meg a szélsőértékeket mint a Ne esetben. A hiba viszont a sűrűbb mintavételezés miatt kisebb (mivel itt az U2 0.3 V-onként változott)  $\delta = \pm 2 \cdot (0.01/2 + 0.3/2) \text{ V} = \pm(0.31) \text{ V}$

A maximumhelyek:

Nr.	1.max [V]	2.max [V]	3.max [V]	4.max [V]	5.max [V]	átlagos távolság [V]
1	4.35	9.05	14.13	19.24	24.59	5.060
2	5.16	10.09	15.06	20.01	25.36	5.050
3	4.77	9.69	14.50	19.68	24.92	5.0375
4	4.59	9.52	14.42	19.62	24.82	5.0575
5	4.79	9.77	14.61	19.86	24.91	5.030

5. táblázat. maximumok

A minimumhelyek pedig:

Nr.	1.min [V]	2.min [V]	3.min [V]	4.min [V]	5.min [V]	átlagos távolság [V]
1	6.18	11.37	16.57	21.82	26.80	5.155
2	7.06	12.01	17.25	22.27	27.6	5.135
3	6.43	11.77	17.11	22.06	27.34	5.2275
4	6.11	11.46	16.63	21.70	27.05	5.235
5	6.09	11.92	17.04	22.29	27.49	5.350

6. táblázat. minimumok

Az első gerjesztési energia Hg-ra:

$$E_{Hg-max} = (5.0470 \pm 0.3100) \text{ eV}$$

$$E_{Hg-min} = (5.2205 \pm 0.3100) \text{ eV}$$

Az ide tartozó hullámhossz pedig:

$$\lambda_{max} = (246.225 \pm 15.124) \text{ nm}$$

$$\lambda_{min} = (238.042 \pm 14.135) \text{ nm}$$

Hg esetében az elektronok szabad úthossza a következőképpen számolható:

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

ahol  $n$  a részecskesűrűség,  $\sigma$  pedig a hatáskeresztmetszet. Higany atomokon történő elektronszórás esetén a kísérletben gerjesztődő tripllett P-szintekhez tartozó hatáskeresztmetszetek összegével számolhatunk, amelyet az egyes folyamatokra számolható értékekből kaphatunk ( $a$ : Bohr sugár):

$$\sigma_{tot}(^3P) = 3.5\pi a^2 = 3.079 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$$

$n$  értékét meghatározhatjuk a következő összefüggésből (azzal a feltevéssel, hogy a részecskék csupán ütközések során hatnak kölcsön egymással):

$$p = nk_B T$$

ahol  $k_B$  a Boltzmann-állandó,  $T$  pedig a rendszer hőmérséklete, ami a mérés során olyan  $125.6^\circ C = 399.75^\circ K$ . Ilyen hőmérsékletekre a csőben kialakuló nyomás a következőképpen számolható:

$$p = 8.7 \cdot 10^{9-(3110/T)} = 144.430 \text{ Pa}$$

Tehát a részecskesűrűség:

$$n = \frac{p}{k_B T} = (2.617 \cdot 10^{22}) \frac{1}{m^3}$$

Végül a szabad úthossz:

$$\Lambda = 1.241 \text{ mm}$$

## 4. Diskusszió

Mind a **Hg**, mind pedig a **Ne** esetében olyan értékeket kaptunk a gerjesztési energiákra, amelyek közel vannak a tényleges értékekhez (rendre 4.9 eV és 16.8 eV). A hullámhosszra kapott eredmények is közel állnak az irodalmi értékekhez, például *Hg* esetében ez  $\lambda = 254 \text{ nm}$  ami kicsivel nagyobb mint a fennebb számolt.