

Frank-Hertzov poskus

Tadej Strah

15. maj 2022

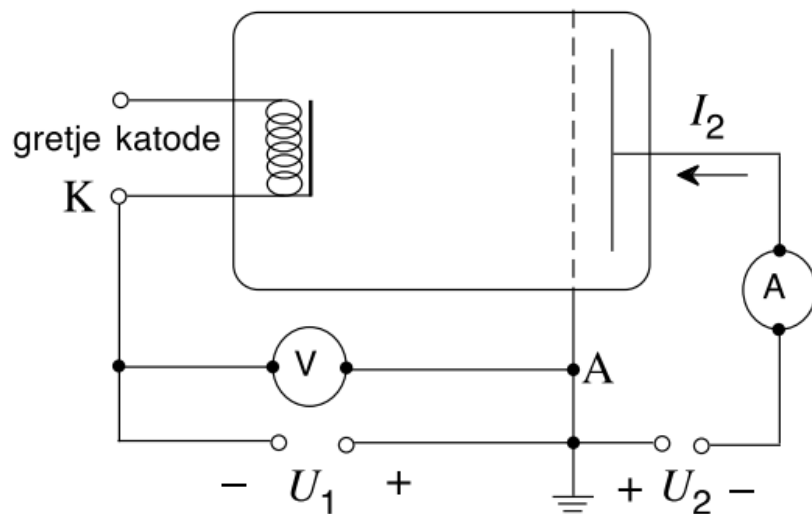
Izvedeno 3. maj

1 Uvod

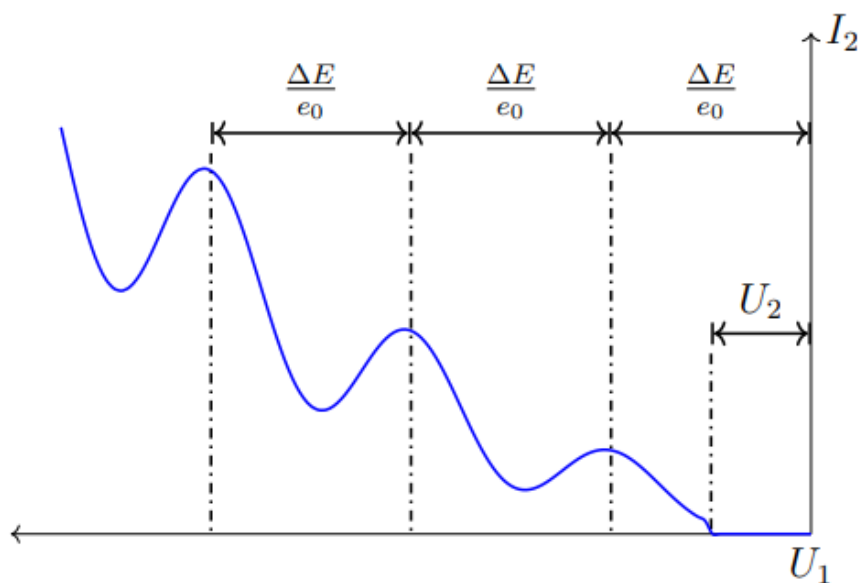
Diskretnost energijskih nivojev elektronov v atomu lahko pokažemo s Franck-Hertzovim poskusom. Izvedemo ga s plinsko triodo, ki vsebuje kapljico živega srebra. V cevi pospešujemo elektrone od katode proti anodni mrežici z napetostjo U_1 in jih nato lovimo s kolektorsko anodo, ki elektrone dodatno odbija z majhni potencialom U_2 . Merimo tok elektronov I_2 , ki doseže anodni kolektor, to je kolikšen je tok elektronov, ki uspejo premagati nasprotni potencial U_2 med anodno mrežico in anodnim kolektorjem.

Med katodo in anodno mrežico se elektroni pospešujejo, hkrati pa trkajo ob atome Hg. Trki so elastični pri energijah elektronov manjših od $\Delta E = E_1 - E_0$, kjer sta E_1 in E_0 energiji prvega vzbujenega in osnovnega stanja elektrona v zunanji lupini Hg. Pri večjih energijah elektronov elektronov je verjetnost za neelastični trk dovolj velika, tako da so v vmesnem prostoru med katodo in anodno mrežico le elektroni s kinetičnimi energijami manjšimi od ΔE . To velja pri dovolj veliki gostoti živo srebrovih atomov, tako da med dvema trkoma elektroni ne morejo dobiti dosti večje energije. Pri nižji temperaturi; torej pri manjši gostoti atomov, ali pri višji pospeševalni napetosti, pridobijo elektroni med trki več energije in lahko atome Hg tudi vzbudijo v druga stanja ali ionizirajo. Tako dobimo plazmo, ki jo lahko opazimo, saj celica tedaj oddaja svetlobo; s tem pa se seveda razmere popolnoma spremenijo.

Ko spreminjamo napetost U_1 , se spreminja povprečna kinetična energija elektronov ob anodni mrežici. Kinetična energija najprej narašča, ko pa napetost doseže vrednost $U_1 = \Delta E/e_0$, kinetična energija pade na 0. Ob nadaljnjem večanju U_1 se kinetična energija spet večja, dokler elektroni po prvem neelastičnem trku ne vzbudijo v prvo vzbujeno stanje še nekega drugega atoma Hg. To se ponavlja, ko večamo U_1 . Nas zanimajo predvsem elektroni tik ob anodni mrežici. Te elektrone polovimo z anodnim kolektorjem, če le imajo dovolj hitrosti usmerjene proti njemu. Napetosti U_2 služi za zmanjšanje ozadja. Ob spreminjanju U_1 se torej spreminja kinetična energija elektronov in posledično tok I_2 .



Slika 1: Shema postavitve eksperimenta.



Slika 2: Spreminjanje anodnega toka I_2 v odvisnosti od mrežne napetosti U_1 ima periodično ponavljajoče se maksimume in minimume. Razdalje med sosednjimi maksimumi so enake in ustrezajo ekscitaciji elektrona v prvo vzbujeno stanje. V odvisnosti od gostote atomov se spreminjajo tokovi in izrazitost posameznih maksimumov.

2 Potrebščine

- Franck-Hertzova cev v termostatisiranem ohišju
- generator žagaste napetosti in izvor za gretje katode
- digitalni osciloskop

3 Naloga

1. Opazuj odvisnost toka I_2 med anodno mrežico in anodnim kolektorjem v odvisnosti od negativne napetosti U_1 na katodi. Spreminjaj temperaturo in posebej natančno opazuj in izmeri položaje vseh vrhov v merjenih odvisnostih. Skiciraj odvisnost pri petih različnih temperaturah, ko se slike primerno razlikujejo (200°C, 180°C, 160°C, 140°C, 120°C).
2. Natančno določi položaje vrhov $U_{1,n} = U_2 + n\Delta E/e_0$ pri posameznih temperaturah in rezultate vnesi v tabelo. Razlike napetosti med zaporednimi maksimumi ustrezajo energiji, ki jo izgubijo elektroni pri posameznem neelastičnem trku z atomom Hg . Določi $\Delta E = E_1 - E_0 = e_0\Delta U_1$, kjer sta E_1 in E_0 energiji prvega vzbujenega in osnovnega stanja elektrona v zunanji lupini Hg .

4 Izvedba meritev, obdelava podatkov in rezultati

Izvedemo meritve, kot je opisano v navodilih. Merimo pri temperaturah 200°C, 180°C, 160°C, 140°C, 120°C in sobni temperaturi, ter vsakič shranimo screenshot osciloskopa (ki je v XY načinu; na X osi gledamo napetosti U_1 , na Y osi pa posredno preko padca napetosti na uporu merimo tok I_2 .)

Pri nižjih temperaturah je parni tlak živega srebra nizek, tako je gostota živo srebrovih atomov nizka in elektroni bolj nemoteno potujejo proti anodi. Pri tem se bolj pospešijo in pri višjih pospeševalnih napetostih lahko tudi dosežejo ionizacijsko energijo za živo srebro; v tem primeru se v celici ustvari plazma, ki je za razliko od vakuumu prevodna, tako da se tok bistveno poveča.

Meritve vidimo na slikah 3 do 7, iz slik prebrane razdale med maksimumi (ki so bolj ostri od minimumov in tako bolj primerni za odčitavanje) pa najdemo v tabeli 1

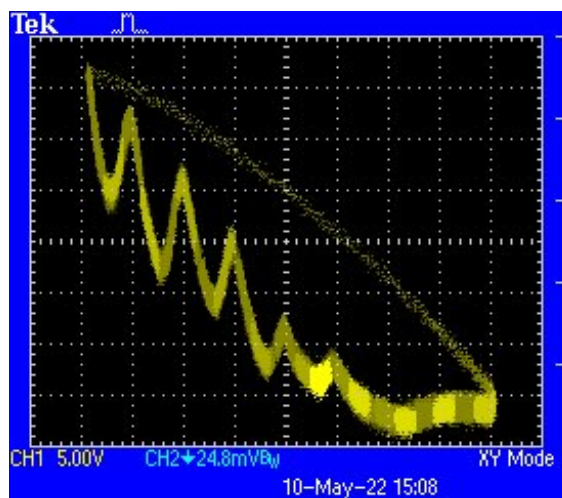
Iz podatkov v tabeli 1 izračunamo povprečno razliko napetosti (oz. energijo) med sosednjimi vrhovi:

$$\Delta E = (4.96 \pm 0.1) \text{ eV},$$

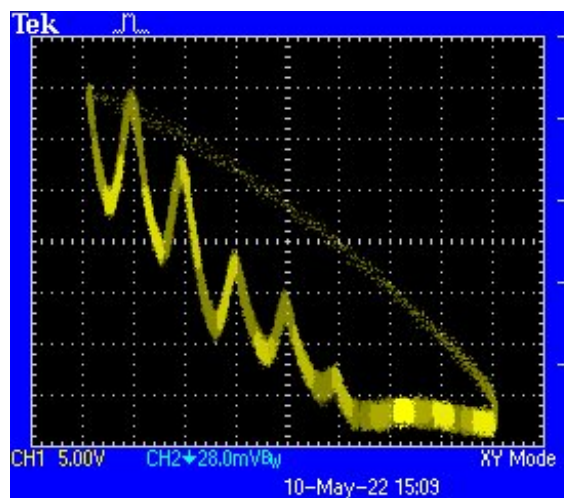
kar se dobro ujema z vrednostjo iz Wikipedije.

T[°C]	$\Delta U_1[\text{V}]$	$\Delta U_2[\text{V}]$	$\Delta U_3[\text{V}]$	$\Delta U_4[\text{V}]$	$\sigma_{\Delta U_n}[\text{V}]$
200	4.9	5.0	4.9	5.1	0.2
180	4.9	5.1	5.0	4.9	
160	4.9	4.8	5.1	5.0	
140	4.7	4.9	5.1	5.0	
120	4.8	5.0	5.1		

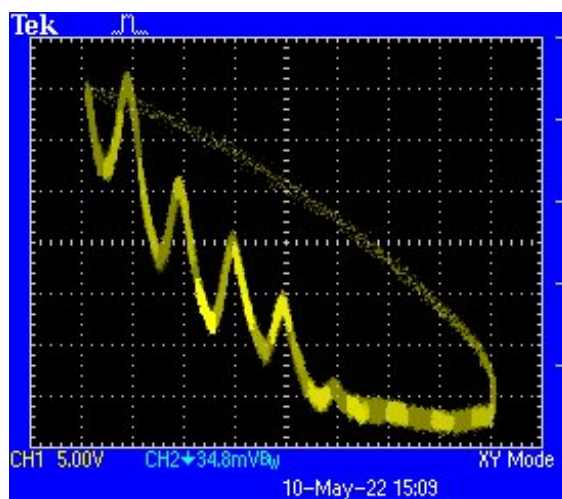
Tabela 1: Razlike med maksimumi na grafih. Napako meritve ocenimo iz razmazanosti oz. debeline črte na slikah.



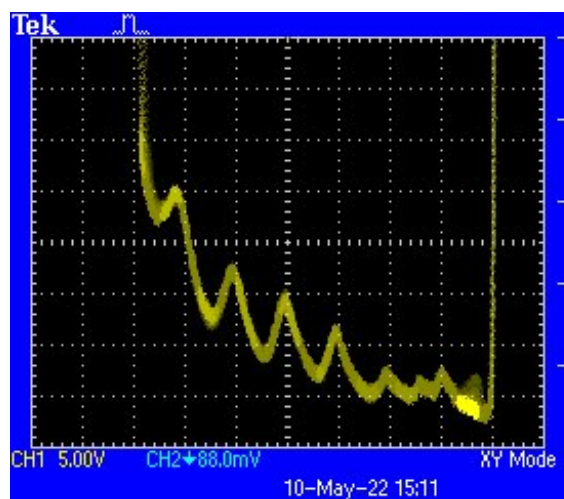
Slika 3: Meritev pri 200°C



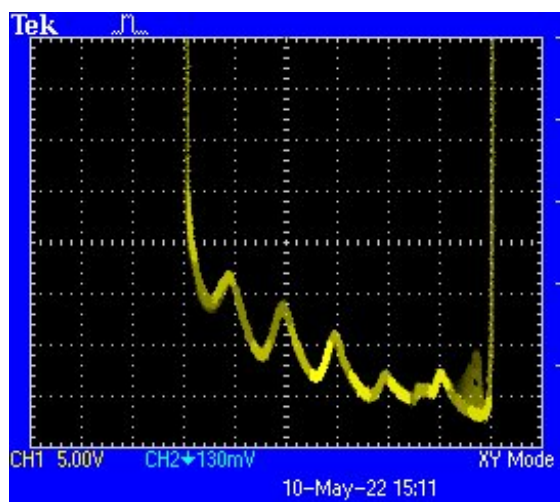
Slika 4: Meritev pri 180°C



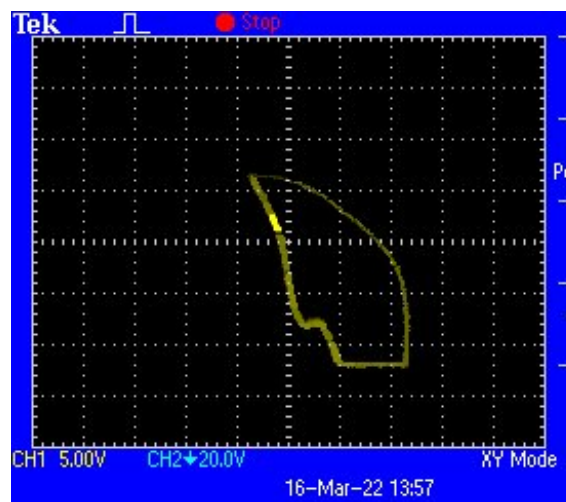
Slika 5: Meritev pri 160°C



Slika 6: Meritev pri 140°C



Slika 7: Meritev pri 120°C



Slika 8: Meritev pri sobni temperaturi ($\approx 25^{\circ}\text{C}$)