

Franck-Hertzov poskus

Miha Pompe

Maj 2021

1 Teorija

Franck-Hertzov poskus dokazuje diskretost energijskih nivojev elektronov v atomu. Plinska trioda vsebuje kapljico živega srebra Hg , plinska faza nad njo pa ima pri temperaturi $200^{\circ}C$ tlak okoli 1 kPa. 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 majhnim 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 $E = E_1 - E_0$, kjer sta E_1 in E_0 energiji prvega vzbujenega in osnovnega stanja elektrona v zunanji lupini Hg . Pri večjih energijah elektronov 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 atomov, tako da med dvema trkoma elektroni ne morejo dobiti dosti večje energije. Pri nižji temperaturi, se pravi 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 - in s tem popolnoma drugačne razmere.)

Ko spreminjamo napetost U_1 , se spreminja povprečna kinetična energija elektronov ob anodni mrežici. Kinetična energija najprej narašča, ko pa napetost U_1 doseže vrednost $U_1 = \Delta E/e_0$, kjer je e_0 osnovni naboj, kinetična energija pade na 0. Ob nadaljnjem večanju U_1 se kinetična energija spet veča, dokler elektroni po prvem neelastičnem trku ne vzbudijo v prvo vzbujeno stanje še nekega drugega atoma Hg . To se ponavlja, če večamo napetost U_1 še naprej. Nas zanimajo predvsem elektroni tik ob anodni mrežici. Te elektrone polovimo z anodnim kolektorjem, če le imajo dovolj hitrosti usmerjene proti

njemu. Napetost U_2 med anodno mrežico in anodnim kolektorjem služi za zmanjšanje ozadja. Elektroni namreč potrebujejo kinetično energijo najmanj e_0U_2 , da dosežejo anodni kolektor.

2 Rezultati in analiza

Pri poskusu smo merili tok elektronov I_2 v odvisnosti od napetosti U_1 . To meritev smo ponovili pri različnih temperaturah. Tabela 1 prikazuje meritve maksimumov pri različnih temperaturah. Opazimo lahko, da so razlike med vrhovi konstante, s čimer dokažemo, da je širina pasu enaka za vsak atom *Hg*. Opazimo lahko tudi, da se lokacija vrhov ne spreminja s temperaturo. S temperaturo se spreminja le tok, ki ga merimo, kar je posledica večje gostote živega srebra pri višji temperaturi. Večja gostota pa privede do nižje prepustnosti elektronov.

Z nižanjem temperature zmanjšujemo koncentracijo atomov, zato začne signal počasi izginjati. Ko poskus izvajamo pri sobni temperaturi opazimo stopnico, ki ustreza napetosti U_2 . Elektroni z nižjo energijo nimajo dovolj kinetične energije, da bi prišli do anode, elektroni z višjo energijo pa lahko.

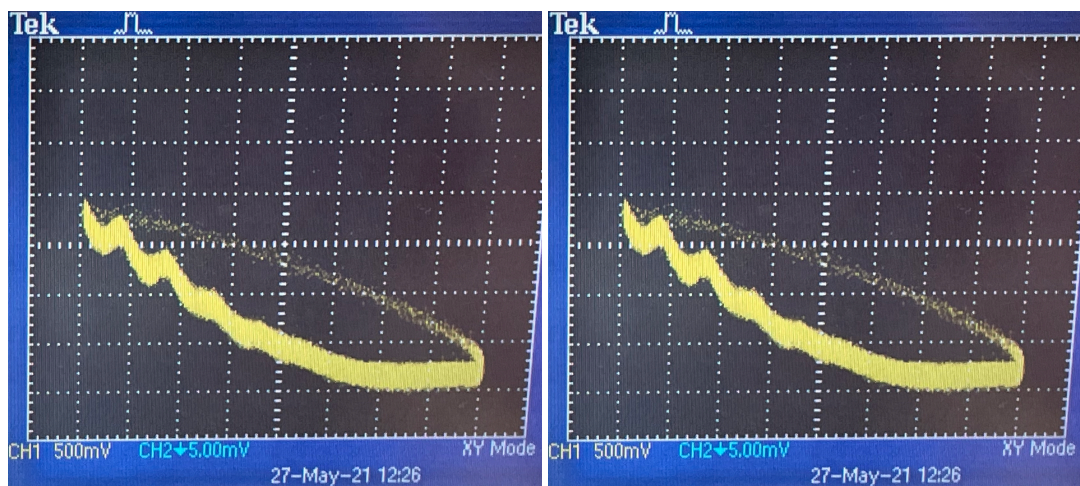
Temperatura [°C]	U1 [V]	U2 [V]	U3 [V]	U4 [V]	U5 [V]
160	4.0	8.5	13.0		
150	4.0	9.0	14.0	19.0	
140	4.0	9.5	14.0	19.0	
130	4.5	9.0	14.5	19.0	24.0
120	4.0	9.0	14.0	19.0	24.0

Table 1: Tabela prikazuje maksimume napetosti pri različnih temperaturah.

Razlike med vrhovi znašajo $\Delta E = 5eV \pm 0.5eV$. Meritev se sklada s podatki iz literature, kjer navajajo $\Delta E = 4.66eV$. Napaka meritve je tako visoka zaradi načina odčitavanja vrednosti vrhov. Z uporabo oscilatorja, ki omogoča merjenje s kurzorjem bi lahko napako zmanjšali za en red velikosti.

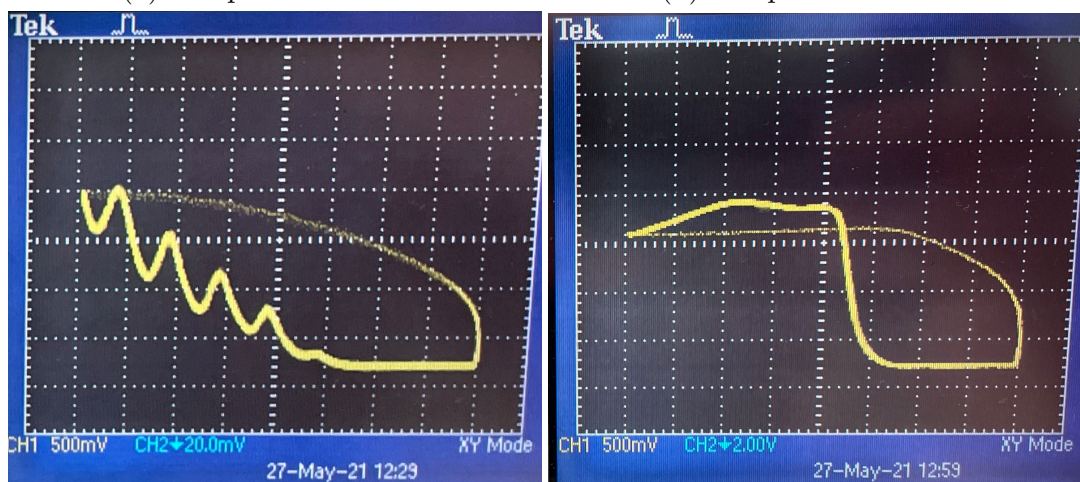
3 Diskusija

Pri vaji smo potrdili, da so energijska stanja elektronov v atomu živega srebra diskretna. Potrdili smo tudi, da ni nobene odvisnosti energijskih stanj od temperature. Izmerili smo energijski skok iz osnovnega v prvo vzbujeno stanje, le-to meritev pa bi lahko izboljšali z uporabo boljšega osciloskopa.



(a) Temperatura 160°C

(b) Temperatura 140°C



(c) Temperatura 120°C

(d) Temperatura 26°C

Graf 1: Meritve napetosti in toka pri različnih temperaturah.