

F0047T

Laboration: Frank-Hertz

Daniel Brolin, danbro-3@student.ltu.se
Kenny Eriksson, keneri-3@student.ltu.se

12 december 2018

Sammanfattning

1 Introduktion

Syfte

Frank-Hertz experiment är ett av de första experimenten uppbyggda med avsikten att studera kvantisering av energin i valenselektroner, utfört av James Frank och Gustav Hertz 1914. Experimentet utförs här i avsikt att fördjupa förståelse för kvantisering av energi, och var den resulterande kvantmekaniken avviker från klassisk mekanik.

Teori

Grundstommen som experimentet baseras på är vakumrörteknologi; en apparat som i modern tid näst intill ersatts av transistorer i de flesta användningsområdena på grund av dess begränsningar som gjort den inkompatibel med modern höghastighetselektronik.

Det klassiska vakumröret består av katoden, ett upphettat filament som avger sig elektroner till sin omgivning; anoden, en fysiskt separat ledare mot vilken de frigjorda elektronerna attraheras med hjälp av en pålagd spänning; samt gallret, ett nät placerat mellan anoden och katoden och vars spänning kontrolleras relativt de andra två för att modulera strömmen som färdas emellan.

Principen som experimentet baseras på är att vakumröret i detta fall innehåller kvicksilver som kommer förångas vid upphettningen av kammaren röret placerats i. När kammaren och katoden är upphettade kommer en spänning läggas mellan katoden och anoden vilket kommer driva elektroner däremellan som ger upphov till en mätbar ström. Med hjälp av en transresistiv¹ förstärkare och ett oscilloskop så kan strömmen grafas mot den pålagda spänningen.

Under experimentet kommer även gallret att backspännas. Detta kommer motverka elektronerna som propagerar mot anoden genom att introducera ett potentialsteg som kan styras. Detta tillåter en arbiträr barriär för att kunna attenuera elektronflödet utöver drivspänningen och elektrånernas interaktion med kvicksilvret.

Experimentets utförande är tydligt detaljerat stegvis i handledningen[2] och upprepas därför inte här.

¹Omvandlar en strömsignal till en spänningsignal

2 Resultat

Alla tester kördes utan förstärkning och värden är sparade med 5 V/div. För att enkelt kunna läsa av maximan och miniman för accelerationsenergin, U_A , för att i sin tur kunna beräkna excitationenergin, måste korrekt backspänning och en bra temperatur i ugnen uppnås. Med Ekvation (2.1)[4, s. 303] kan man hitta våglängd från rörelseenergi, vilket kan användas för att identifiera excitationsspektrat, kvicksilvers unika fingeravtryck.

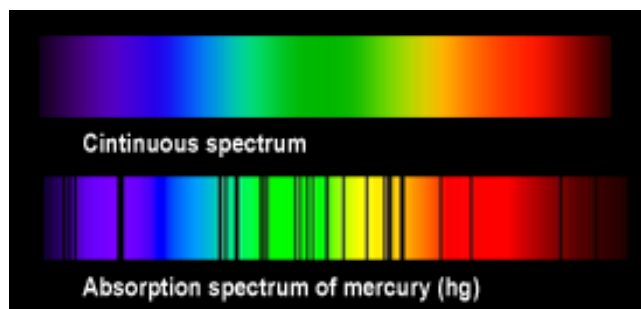
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \quad (2.1)$$

där h är plancks konstant, m är massan av atomen och E_k är den kinetiska energin.

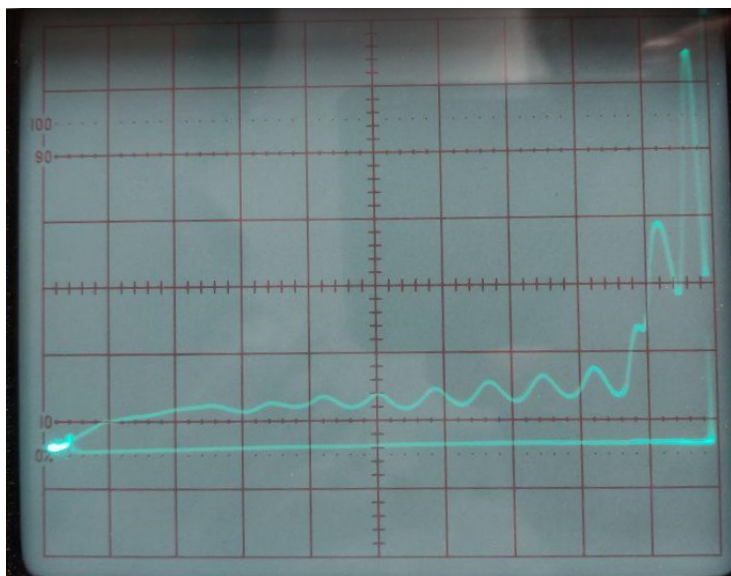
För att säkerhetsställa rätt temperatur i tuben ska temperaturen sättas till 180°C , detta för att säkerhetsställa rätt tryck i tuben. För låg temperatur leder till att det kan bli för få kvicksilveratomer för att märka topparna, och för högt tryck leder till att medelavståndet mellan kollisioner sjunker och slumpmässig rörelse höjs[3].

Backspänningen agerar som en potentialstegsbarriär, när denna är för hög "absorberas" alla låga accelerationsspänningar bort och "subtraherar" från de passerande elektronernas energi. Är denna för låg syns nästan bara brus. En bra nivå på backspänningen sattes till cirka 9 V.

Med ett svep på 50 V gavs följande vy, Figur 2 och värdena i Tabell 1.



Figur 1: Kvicksilver absorbtionsspectrum.[1]



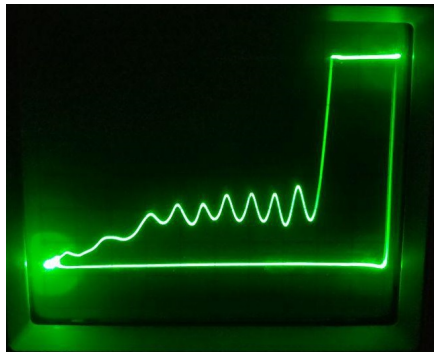
Figur 2: x-led: accelerationsspänning, U_A , [5 V/Major div.]
y-led: ström, I_A , [arbiträr enhet]

Maxima [div.]	Maxima [V]	Minima [div.]	Minima [V]
3.4	17	3.0	15
4.2	21	3.8	19
5.0	25	4.6	23
5.8	29	5.4	27
6.6	33	6.2	31
7.4	37	7.0	35
8.2	41	7.8	39
8.8	44	8.4	42
9.0	45	—	—

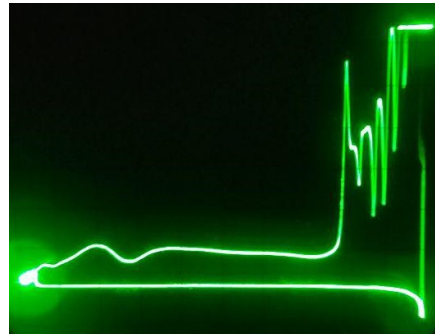
Tabell 1: Non-standard library entries, custom or third-party designed.

Från Figur 2 kan det ses hur strömmen ökar exponentiellt med högre accelerationsspänning med periodiska dipp som motsvarar excitationenergierna för kvicksilver. Den exponentiella ökningen ses tydligt i början av Figur 4a där vi testade extremerna för systemet.

Filament voltage effect: Scales up or shifts current earlier along the acceleration voltage axis.

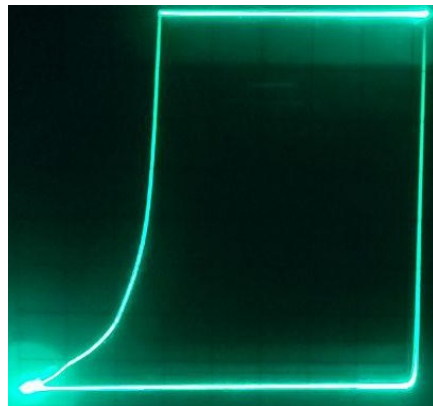


(a) XXX



(b) XXXXXXXXXXXX

Figur 3: XXX



(a) XXXXXXXXXXXX

Figur 4: XXX

3 Diskussion

Referenser

- [1] <http://www.astronoo.com/en/articles/spectroscopy.html>
- [2] Labhandledning, labpm2018, "Laboratory and numerical experiments in Quantum Physics F0047T".
- [3] "The Franck-Hertz Experiment: Excitation of Mercury Atoms", *Rochester University*, http://teacher.nsrl.rochester.edu/phy_labs/Franck_and_Hertz/Franck_Hertz.html
- [4] Physics handbook, ed.8.8, ISBN:978-91-44-04453-8, *Nordling, Österman*.