

# A5

## FRANCK-HERTZ FÖRSÖK

### MÅLSÄTTNING:

Här illustreras kvantisering av energinivåer i en atom, genom excitation med elektronstöt. Man bestämmer excitationens energi från grundtillståndet till den första exciterade nivån för Hg .

### FÖRBEREDELSE:

Baskunskaper i energistruktur hos atomer (kvantisering).

---

|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| Namn.....        | Kurs.....       |
| Utförd den.....  | Handledare..... |
| Godkänd den..... | av.....         |



Arne Rosén/BE  
Halina Roth  
Halina Rubinsztein

## INLEDNING

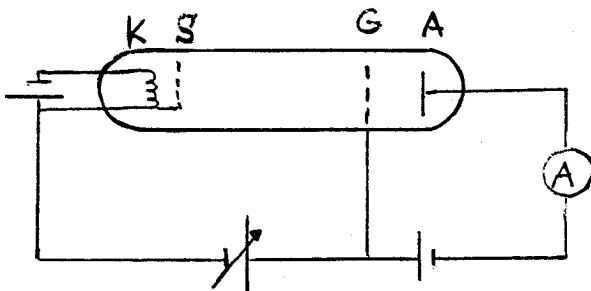
Franck och Hertz var i början av 1910-talet sysselsatta med elektronstötsförsök för bestämning av jonisationspotentialen för gasformiga ämnen. Jonisationspotentialen definieras som den minsta potential en elektron måste genomlöpa för att genom stöt kunna jonisera en atom. Efter dessa undersökningar inriktades intresset på metallångor för bestämning av excitationspotentialer.

Då en gas bringas att lysa exciteras atomerna enligt Bohr's atomteori till högre liggande stationära tillstånd för att därefter snabbt övergå till lägre nivåer under utsändande av ljus. De energiändringar en atom undergår vid ljusemission motsvarar exakt de energiändringar en atom kan råka ut för vid beskjutning med elektroner. Excitation bör äga rum endast om elektronenergin uppgår till ett bestämt värde, som är minst lika med lägsta excitationenergin. När elektroner exciterat atomer förlorar de sin energi vilket bör kunna påvisas experimentellt. För dessa försök utarbetade Franck och Hertz en apparatur, som vi närmare skall undersöka i denna laboration.

Frank-Hertz försök hör till de klassiska bidragen till utvecklingen av den moderna kvantfysiken. De erhöll 1925 Nobelpriset för dessa arbeten.

## TEORI

Den apparatur som användes vid elektronstötsförsök består av ett rör fyllt med det ämne man önskar undersöka samt tre elektroder (katod med skärmgaller, accelerationsgaller och anod). Figur 1 visar en försöksuppställning för elektronstötsförsök. Ångtrycket samt avstånden mellan katod-galler och galler-anod är så avpassade att fria medelväglängden är mycket mindre än avståndet katod-galler (möjlighet för kollisioner) men avsevärt större än avståndet galler-anod (ingen sannolikhet för kollision).



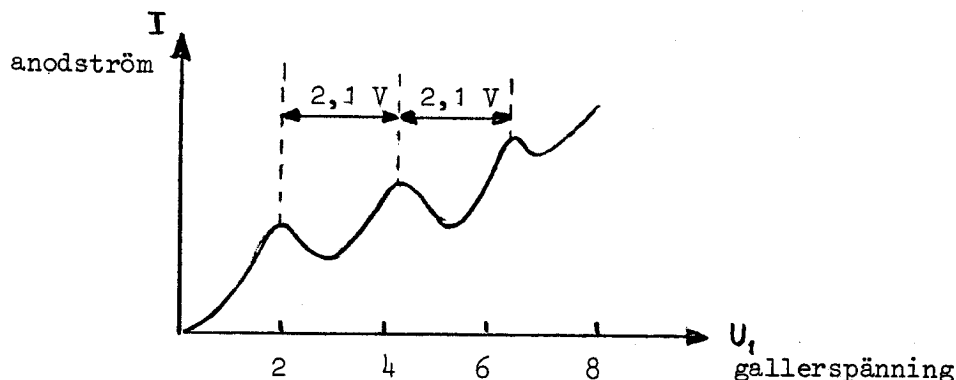
Figur 1. Försöksupställning för elektronstötförsök.

Från glödkatoden (K) emitteras elektroner, som ges en låg begynnelsehastighet av potentialskillnaden mellan katoden och skärmgallret (S). När elektronerna kommer in i området mellan gallren accelereras de ytterligare av potentialskillnaden mellan dessa. Flertalet elektroner passerar accelerationsgallret G och bromsas av ett retarderande fält mellan detta och anoden (A).

Endast de elektroner, vars kinetiska energi överstiger ett visst värde, beroende på den valda backspänningen, når fram till anoden. Då accelerationsspänningen ökas från ett lågt värde, kommer fler och fler elektroner att kunna övervinna backspänningen och nå anoden, varför anodströmmen kommer att öka. Dessa elektroner har givetvis under sin väg mot anoden kolliderat elastiskt med atomer ett flertal gånger.

Vid en viss accelerationsspänning är elektronernas energi så stor, att de omedelbart framför gallret G kan kollidera oelastiskt med atomer, varvid de förlorar en stor del av sin energi och ej längre förmår nå fram till anoden, dvs. strömmen sjunker. Vid ännu högre accelerationsspänning accelereras elektronerna först tills de uppnått en kinetisk energi, som är lika stor som atomernas excitationenergi. Då sker en oelastisk kollision, varvid elektronerna förlorar sin energi. Denna kollision sker ett stycke framför gallret G, varför elektronerna kan accelereras på nytt av den del, som är kvar av accelerationsspänningen. Detta innebär, att strömmen ökar igen. Området för de oelastiska kollisionerna kommer således att flytta närmare skärmgallret S då accelerationsspänningen ökas. Så småningom kommer excitationenergin att uppnås två gånger mellan gallren och vi får en ny minskning i strömkurvan osv.

Om man mäter upp sambandet mellan anodström och accelerationsspänning, får man en kurva med ett antal maxima och minima i strömmen, vilka visar att en elektron kolliderat oelastiskt en, två, tre eller ännu fler gånger under sin väg mellan gallren. Figur 2 visar ett ström-spänningsdiagram för ett rör fyllt med natrium. Avståndet mellan minima motsvarar excitationenergin för Na-atomer.



Figur 2. Anodströmmen som funktion av gällerspänningen vid elektronstöt-försök för natrium.

Om vi antar att accelerationsspänningen är  $U_1$  erhålles elektronens kinetiska energi som

$$U_1 e = \frac{1}{2} m v^2$$

där  $e$  = elektronens laddning

$m$  =    "-       vilomassa

$v$  =    "-       hastighet

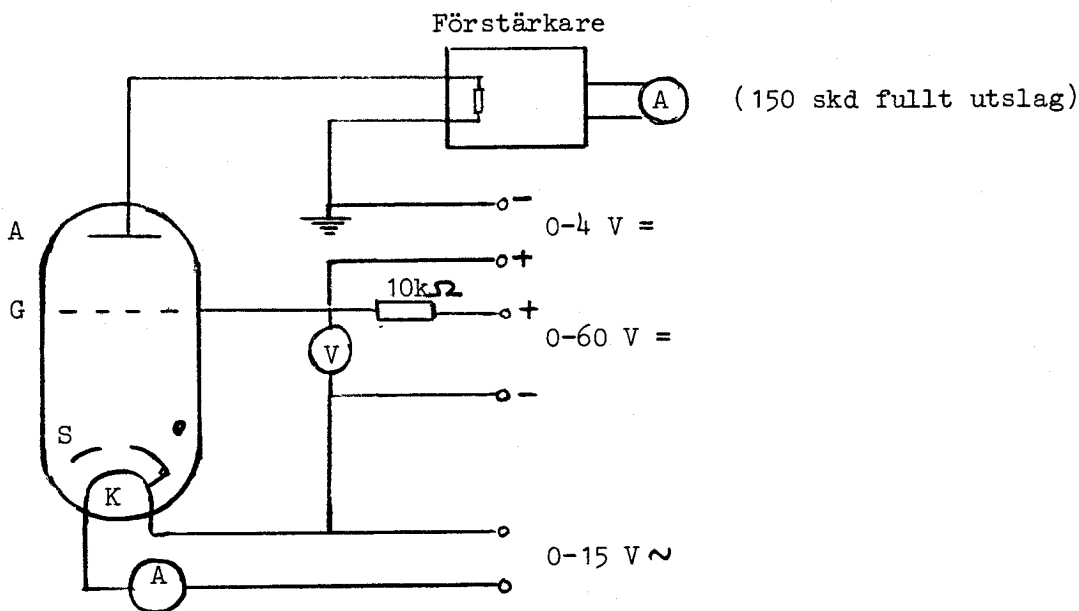
Oelastisk kollision förutsätter att elektronenergin är minst lika med skillnaden i energi mellan grundtillståndet och det första (lägsta) exciterade tillståndet. Om vi antar att röret innehåller natrium med grundtillståndet  $3^2S$  och första exciterade tillståndet  $3^2P$  fordras för oelastisk kollision.

$$U_1 e = \frac{1}{2} m v^2 \geq E(3^2P) - E(3^2S) = h \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

där  $\lambda = 589,3$  nm är våglängden för den gula natriumlinjen. Från denna relation erhålles  $U_1 = 2,1$  V

UTFÖRANDEBestämning av excitationsenergin för kvicksilver.

Försöksapparaturen är uppriggad så att alla anslutningar till rörets elektroder finns tillgängliga på en frontplatta med rörsymbol enligt figur 3. Röret är monterat bakom plattan. Röret upphettas till c:a  $180^{\circ}$  i en ugn varvid Hg-trycket uppgår till c:a 15 torr



K = katod

S = skärmgaller

A = anod

G = accelerationsgaller

Figur 3 Kopplingsschema för Franck Hertz röret

## Utförande:

1. Ugnen inkopplas, temperatur  $(180 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
2. Förstärkaren inkopplas ( $\frac{1}{2}$  h bör förstärkaren vara inkopplad före användning). Koppla upp enligt figur 3. Amperemetern inkopplas ej förrän omedelbart före mätningarnas början.
3. Spänningen mellan G och A inställes på c:a 1 V (ung. 1/3 varv på kontrollratten för 0-4 V uttaget).
4. Spänningen  $U_1$  mellan K och G inställes på c:a 50 V. OBS! Om jonisation inträder, vilket yttrar sig så att voltmeterens utslag plötsligt sjunker kraftigt, måste spänningen ( $U_1$ ) omedelbart sänkas till noll! Efter tidigast någon minut kan försöket fortsättas.

5. Amperemetern anslutes till mätförstärkaren område  $10^{-9}$  och nollpunktskorrigeringen (på förstärkaren) injusteras så att ampere-  
meterns utslag blir c:a 10 skaldelar.
6. Glödströmmen ökas sakta från noll till dess ampere-  
metern gör ett relativt stort utslag (c:a 130 skd). Om jonisation inträder förfa-  
res enligt punkt 4 ovan, och då försöket fortsättes inställes  $U_1$   
någon volt lägre än tidigare.
7.  $U_1$  sänkes successivt med  $\frac{1}{2}$  volt i taget till 0 volt och samtidigt  
avläses anodströmmen  $I \downarrow$ . Därefter avläses anodströmmen  $I \uparrow$  då  
spänningen  $U_1$  istället ökas från 0 till 50 volt. Två diagram  
uppritas med  $I$  som funktion av  $U_1$ . Ur kurvorna bestäms med åter-  
kommande intervall medelvärdet av avståndet mellantvå maxima, vilken  
spänning motsvarar Hg:s resonansspänning.

Anm. Vid otillräckligt ångtryck kommer ej alla elektroner som upp-  
nått den energi, som motsvarar excitationensenergin att excitera; des-  
sa kommer istället att ytterligare öka i energi före en ev. kollision,  
varvid jonisation kan bli följd (härvid uppkommer nya max. i  
kurvan). Samma effekt uppstår vid för hög elektronström genom röret.

#### FRÅGOR:

Följande uppgifter skall lösas som förberedelse till laborationen. De  
skall kunna besvaras vid laborationens början eller tas upp till diskus-  
sion med handledaren vid genomgången.

1. Vad menas med ett exciterat tillstånd för en atom?
2. Beskriv ett Franck-Hertz rör.
3. Förklara begreppen elastisk och oelastisk kollision mellan en  
elektron och en atom.
4. När kan oelastiska kollisioner inträffa?
5. Förklara strömmens variationer med spänningen över Franck-Hertz  
röret.
6. Ibland kan Franck-Hertz röret joniseras. Hur märks detta?
7. Vilket av Bohrs postulat verifieras av Franck-Hertzförsöket?
8. Vad menas med jonisationsenergi och kritisk potential?
9. Vad innebär det att utvärdera mätdata med återkommande intervall?







Tabell 2. Beräkningar av excitationsspänningen

|         |             |  |
|---------|-------------|--|
|         |             |  |
| Kurva 1 |             |  |
| Kurva 2 |             |  |
|         | Medelvärde: |  |

Resultat:

Instuderingsfrågor till laboration:

A5 FRANCK-HERTZ' FÖRSÖK

1. Vad menas med ett exciterat tillstånd för en atom?
2. Hur definieras jonisationspotential?
3. Hur definieras excitationspotential?
4. Beskriv principen för försöksupställningen.
5. Rita upp anodströmmen som funktion av gallerspänningen i natrium och förklara kurvans utseende.
6. Redogör för skillnaden mellan elastisk och oelastisk kollision mellan en elektron och en atom.
7. Varför måste röret med kvicksilver upphettas till c:a 180°C?
8. Ibland kan Franck-Hertz'röret joniseras. Hur märks detta?
9. Vilket av Bohrs postulat verifieras av experimentet?
10. Beskriv metoden med återkommande intervall för att utvärdera mätdata.