

Større skriftlig opgave

Alle nedenstående oplysninger skal udfyldes

Kursistnummer: [REDACTED]

Kursistnavn: [REDACTED]

Kursistens mailadresse:

Fag: Fysik B	Lærernavn: [REDACTED]	Initialer: [REDACTED]
Fag:	Lærernavn:	Initialer:

Emneområde: *Overemne: Atomet* *Underemne: Atomets historie*

Opgaveformulering:

Vedhæftet

Lærerkontaktoplysning(er):

Mail: [REDACTED]

Jeg bekræfter herved med min underskrift, at opgavebesvarelsen er udarbejdet af mig. Jeg har ikke anvendt tidligere bedømt arbejde uden henvisning hertil, og opgavebesvarelsen er udfærdiget uden anvendelse af uretmæssig hjælp og uden brug af hjælpemidler, der ikke har været tilladt under prøven. **Underskriften må gerne skrives fra din PC.**

Dato **19-02-2017**

Underskrift kursist

Dato

Underskrift lærer: [REDACTED]

Evt. fremmedsprogsgodkendelse: Sprog:

Underskrift leder:

Den større skriftlige opgave skal afleveres elektronisk senest **mandag den 20. februar kl. 10:00** (som én samlet fil, der opfylder formalia) til sso@kvuc.dk. Emnefeltet i mailen skal indeholde følgende: **"SSO 2017 dit fulde navn og dit kursistnummer."** Du er selv ansvarlig for, at det du afleverer på mail er den korrekte udgave, og at alle sider samt bilag er indeholdt i den afleverede fil.

Abstract

This paper is about the discoveries and examinations regarding the atomic theory nowadays. The paper starts out by looking at the atomic structures and the discoveries done around its functions. Where the idea of atomic theory originates from. From here the paper looks at the influence from Max Planck and the interchange between classical and modern physics. An example is his theory about electrons and how they react to an energetic transfer. Also this paper includes the principals and hypotheses by Danish physicist Nils Bohr published in 1913. There is also a work through of two experiments (Planck and Frank-Hertz), here after there is a discussion of the time after 1930, and how the discoveries of the neutron effected the ways we use the core of the atoms, and how we today look at the atomic structure, functions and patterns.



Indholdsfortegnelse

Indledning	3
Atomteoriens begyndelse	4
Planck	5
Elektronen	6
Einstein	7
Rutherford, opdagelsen af atomkernen og protonen	8
Nils Bohr	9
Neutronen	9
Fissionsprocessen	10
Eksperiment: Plancks konstant	11
Eksperiment: Frank-Hertz	13
Betydningen af neutronens opdagelse	15
Litteraturliste	17

Indledning

Atomteorien i de tidligere århundreder har været med til at skabe utrolige ting. Nogle af tidens største opfindelser - blandt andet inden for militæret, energiudvikling og den medicinske industri. Jeg vil i den følgende opgave komme ind på nogle af de eksperimenter og opdagelser, der har ført frem til den opfattelse vi har af atomet og dets funktioner i dag.

Jeg har valgt at fokusere på eksperimenter, der omhandler selve opbyggelsen af atomet, opdagelsen af dens bestanddele og dens evne til at emissionerne eller absorbere energi. Disse opdagelser leder senere til Nils Bohrs postulater og teori om H-atomet. Derudover bliver udvalgte eksperimenter (Plancks konstant og Frank-Hertz) udført og behandlet, samt vurderet i forhold til deres resultaters betydning.

Jeg vil også komme ind på opdagelser efter Nils Bohrs atomteori, der omhandler atomets bestanddele – mere specifikt så handler det om, hvordan neutronen og fissionsprocessen har haft betydning for vor tids videnskabelige eksperimenter, og hvordan disse opdagelser har præget den måde, vi nu bruger atomet på og de fund, der har været på grund af deres opdagelse.

Atomteoriens begyndelse

Ideen om atomet kommer fra naturfilosoffen Leukippos og hans lærling Demokrit, som levede i Grækenland omkring år 400 f.Kr. De forestillede sig at alting var bygget op af evige og udelelige stoffer. Disse udelelige stoffer kaldte de atomer¹.

Deres atomteori lød således, at verden skulle være delt op i to områder nemlig i stof og tomrum (vakuum). Alle ting var opbygget af atomer, derfor kunne de også bevæge sig frit i tomrum. Der var uendelig mange forskellige slags atomer, der var uforanderlige og uskabte.²

Demokrits tanker blev dog til tider taget op til overvejelse fra oldtiden og ind til deres store gennembrud i det 18. århundrede - dog uden nogen rigtig fornyelse af hans idéer.

Det første gennembrud sker da verdens naturfilosoffer/kemikere begynder at eksperimentere og benytte vægten som hovedhjælpemiddel. Herfra havde man opnået den form for forståelse der skulle til, så fysikerne igen kunne lede tankerne hen på en atomistisk forklaring for opbyggelse af stoffer.

Det var gennem mange forskellige fysikere at vore dagens atomteori blev til. Det hele startede med Boyle, som lavede definitionen på et grundstof.

"jeg forstår nu ved et element.....noget primitivt og simpelt-eller et fuldstændigt ublandet stof-noget der ikke kan dannes af andre stoffer eller af hinanden."³

Herefter kom fysikeren Lavoisiers, der i 1774 postulerede loven om massernes bevarelse. Men atom-hypotesen vendte først rigtig tilbage, da fysiker Mikhail Lomonosov havde udgivet "princippet om massernes bevarelse" i 1748.

Den engelske fysiker John Dalton, senere kendt som faderen til den moderne atomteori, udlagde i 1803 tre hovedpointer om hans tanker i forhold til den atomare verden.

Disse hovedpointer lød:

1. Alt stof er opbygget af ekstremt små partikler, kaldet atomer.
2. Atomer af et givende grundstof er alle ens i størrelse masse og andre egenskaber. Atomer der er forskellige for grundstoffernes atomer varierer i størrelse, masse og egenskaber.
3. Atomerne er udelelige, de kan ikke skabes eller ødelægges.
4. Atomer af forskellige arter kombineres i enkelte hele numre når de indgår i en kemisk reaktion.⁴

¹ Petresch, 1979, s. 18-19

² Lund og Svenningsen, 1988, s. 11

³ Lund og Svenningsen s.22

⁴ Petresch, 1979, s. 19

Senere i dette århundrede inspireres fysiker Amadeo Avogadro til i 1811 at komme med en hypotese, som omhandlede den relative masse af atomer.

Dette er hvad han siger om lufts masse;

”lige store rumfang af forskellige luftarter, ved samme temperatur og tryk, indeholder lige mange partikler af luftarten.”⁵

Avogadros postulat blev senere en væsentlig del af grundlaget i det periodiske system, som fysiker Mendelejev i 1886 opstillede for de daværende kendte grundstoffer.⁶

Planck

Det var omkring starten af 1900 -tallet at Max Planck, der i denne periode arbejdede med varmestråling, udledte en hypotese for varmestrålings-spektrene og en formel, der skulle forklare varmestrålingsvirkning. Denne formel kaldte han for strålingsloven.

På grund af uventet gode resultater, som Planck havde under sine forsøg med varmestrålingen, begyndte han ivrigt at søge en forklaring på disse resultater. Dette blev gjort ved en søgning efter en fysisk model, der kunne forklare hans resultater. Denne forklaring fandt han kort efter. Hans forklaring centrerede sig omkring idéen om kvantisering. Dog måtte han bryde med den klassiske fysiks love i forhold til de atomare og subatomare niveauer. Planck antog at strålingen ikke var kontinuerlig, og at det var en form for emission og absorption af lys, som viste sig i adskilte energipakker nemlig kvanter.⁷

Han måtte også antage, at kvanterne havde en række tilladte energiværdier som kunne samles under en enkel formel. Denne formel lød;

$$E_{mek} = n * h * f$$

N: Er et helt tal der både kan give de tilladte værdier for det kinetiske energiniveau og nummeringen af disse værdier. Også kendt som kvantetal, dog er disse kvantiserede energiniveauer diskrete.

h: Plancks konstant, en ny natur-konstant der fortalte noget om kvanter. Han kaldte det virkningskvantum. Denne konstant har værdien $6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.

f: Frekvensen i atomsvingningerne.

Planck mente, at den mekaniske energi blev bevaret under svingningerne og derfor måtte den mekaniske energi også være kvantiseret. På grund af dette måtte dens værdi kunne indrammes i hans formel for stråling.

⁵ Lund og Sveningsen, 1988, s.40

⁶ Petresch, 1979, s. 22-23

⁷ Gamow, 1968 s. 14-15

Denne idé blev dog ikke accepteret af andre fysikere med det samme. Newtons love handlede om bevægelse og masse. De mente derfor ikke, at lys havde en masse. Derfor kan lys heller ikke have energi.

Elektronen

Det næste gennembrud inden for atomfysikken kom under de eksperimenter der ivrigt blev foretaget i slutning af det 18. århundrede omhandlende katodestråling og deres afbøjningsegenskaber. Eksperimenterne skulle vise sig at være afgørende i forhold til opfattelsen af atomet.

Det var fysikeren Joseph J. Thomson der i årene 1886-1898 eksperimenterede med katodestråling, som er elektriske strømme, der føres gennem glastrør hvor luften langsomt bliver suget ud. (se figur 1) Han kunne under sine mange forsøg se at strømmen kom fra den elektrode der var forbundet til den negative pol (katoden) og gik imod den positive pol (anoden). Ud fra disse observationer mente han at have bevist at lysstråling måtte være magnetisk på samme måde, som en strømførende ledning. Han blev også den første der i året 1896 kunne bevise at der var en afhængighed mellem ladning og masse (e/m). Ændres på den ene vil den anden også blive ændret.

Han forsøgte sig med at udregne de ny-opdagede partiklers masse og ladning. Han fik et uventet resultat. Den numeriske værdi af e/m for disse partikler var så stor, at han konkluderede, at disse partikler måtte have en ekstremt stor ladning eller have en masse, der var meget mindre end hydrogenatomets. Dette var et hidtil uhørt fænomen.⁸

Han udgav i 1898 et postulat hvor han konkluderede:

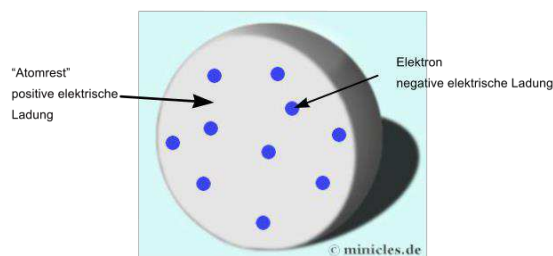
1. at katodestrålingen måtte være en strøm af negativ ladet partikler.
2. at katodematerialet ingen indflydelse havde på forholdet mellem partiklens masse eller ladning.
3. at de ny-opfundne partikler havde en totalmasse, der var mindre end et hydrogenatoms masse.⁹

Dermed havde Thomson bevist eksistensen af en ny bestanddel af atomet, der senere blev kendt som elektronen.

Thomson udviklede i årene 1899-1902 en model til sin konklusion af atomets opbyggelse (se figur 2). Han mente, at elektronerne flød i en systematisk ring rundt i en positiv



Figur 1 opstilling af katodeforsøg fra kild 6



⁸ Lund og Svenningsen, 1988, s.40

⁹ Petresch, 1979 s. 40

ladet substans. Man bruger rosinbollen som en metafor for hans model.¹⁰

Einstein

I 1905 gjorde fysiker Albert Einstein en opdagelse, der skulle sætte kvantiseringen på dagsorden rundt om i verden. Han arbejdede ligesom sin forgænger Planck med problemet om varmemstråling. Han havde dog en helt anden synsvinkel på problemet. Han koncentrerede sig nemlig om selve strålingen i stedet for at koncentrere sig om de svingende atomers energi. Han gik ud fra, at bølgerne var elektromagnetiske bølger. Herfra undersøgte han om den efterfølgende teori, som lød på at bølgerne bliver jævnt fordelt i et rum, og da stråling også var elektromagnetiske bølger, måtte dette også være tilfældet for stråling.

Dette kunne Einstein dog modbevise ret kort efter hans undersøgelse begynde. Han mente i stedet for, at stråling var fordelt som klumper i stedet for at være jævnt fordelt. Størrelsen af disse klumper afhænger af strålingens frekvens. Einstein foreslog også en regel for¹¹ kvantiseringen. Dette kaldte han for kvantiseringsbetingelsen. Dette forslag bestod af idéen om, at stråling med frekvensen f bestod af fotoner med energi. Han beskrev denne sammenhæng ved følgende formel;

$$E_{foton} = h * f$$

Der var dog en strid mellem Einsteins og Plancks idéer, eller det var Einstein ellers ret sikker på. Allerede året efter sin opdagelse af sammenhængen mellem frekvens og strålingens størrelse, måtte han indse, at deres to hypoteser passer helt og aldeles fantastisk sammen.

Deres to formler passer sammen i følgende formel;

$$E_n - E_{n-1} = n * h * f - (n - 1) * h * f = h * f$$

Formlen forklarer, hvordan et svingende atom skifter fra en kvantetilstand (n) til en anden kvantetilstand ($n-1$). Ifølge Planck mister atomet energi under disse kvantespring. Dette energitab kunne han dog ikke forklare, og dermed opstod spørgsmålet om hvor den tabte energi forsvandt hen. Einstein havde dog svaret på dette. Han mente, at energien blev lavet om til et foton der blev udsendt under et kvantespring.

Hans lyskvanteteori kunne også bruges til at forklare den omtalte fotoelektriske effekt. Hans forklaring var den, at man havde et scenarium, hvor man kan belyse en metaloverflade, indtil man løsrev en elektron fra overfladen. Dette ville ske ved, at lyset overgiver sin energi til elektronen, der dermed får nok energi til at kunne fraskille sig atomets kernekraft. Den tiltrækningskraft, der er mellem den positivt ladede kerne og de negativt ladede elektroner, er afhængig af afstanden mellem dem.¹²

Derfor ville elektronen skulle bruge en vis mængde energi, kaldet løsrivningsenergi (W), for at

¹⁰ Lund og Svenningsen, 1988, s. 39-40

¹¹ Thomsen, 1987, s. 15-18

¹² Thomsen, 1987, s. 18-19

kunne løsrive sig. Einstein beskrev sammenhængen mellem elektronens kinetiske energi og den mængde energi, den skulle havde før den kunne løsrive sig, med formlen:

$$E_{kin} = h * f - w$$

Elektronens ladning og energimængde blev dog først rigtig bevist og målt af fysiker Robert Millikan med eksperimentet oliedråber i vand, som han foretog i 1916.

Rutherford, opdagelsen af atomkernen og protonen

I årene 1909-1911 udførte fysiker Ernest Rutherford en lang række eksperimenter ved hjælp af de ny opdagede radioaktive stråler. Disse forsøg skulle vise sig at være en af de største epoker inden for udviklingen af atomteorien, som vi kender den i dag. Han beskød en tynd skive guldfolie med

alfapartikler og registrerede, hvor elektronerne endte op henne (se figur 3).

Hvis Thomsons model skulle have været rigtig så skulle der næsten ingen afbøjning af elektronens kurs ske, men Rutherford kunne observere, at nogle af elektronerne gik direkte igennem guldfoliet, mens andre blev afbøjet voldsomt. Hermed have

han modbevist

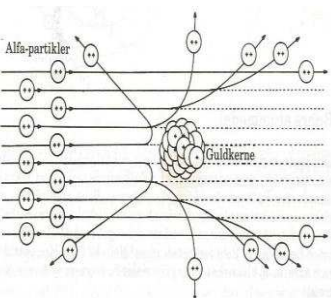
Thomsons atomteori, mens han selv konkluderede, at atomets positive ladning måtte være samlet i et enkelt lille sted; kaldet kernen.

Han mente, at de fleste af alfapartiklerne ikke ville lægge mærke til den lille samling af positivt ladede partikler og derfor bare ville forsætte uden besvær, mens andre ville "støde" ind i kernen og blive frastødt med en voldsom kraft.¹³ (se figur 4).

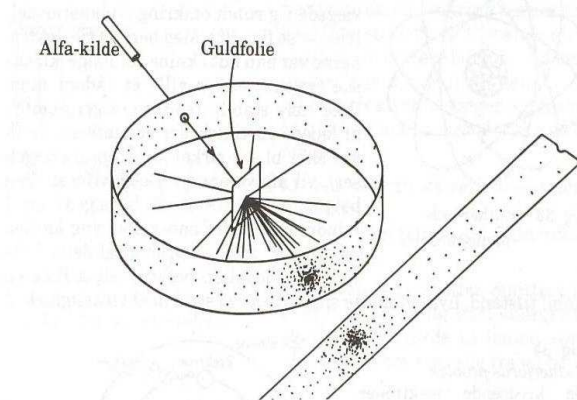
Rutherford kunne i 1911 opstille en model, der viste en ny opfattelse af atomet (se figur 5). Han gik ud fra det samme princip som solsystemet, kernen som sol og elektronerne i kredsende bane omkring den.

Rutherford støttede dog på et problem, nemlig elektronerne. Ifølge den klassiske fysik skulle elektronerne, hvis de bevægede sig, afgive energi og dermed bevæge sig længere og længere ind mod kernen, til de blev opslugt af den. Derfor kunne hans atommodel ifølge den klassiske fysik ikke være en model af et stabilt atom.

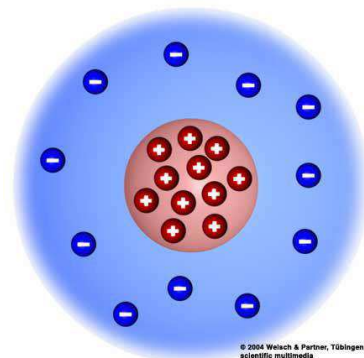
¹³ Atomets historie s. 42-44



Figur 2 Rutherfords forklaring på den positive ladning fra kild 3 s.43



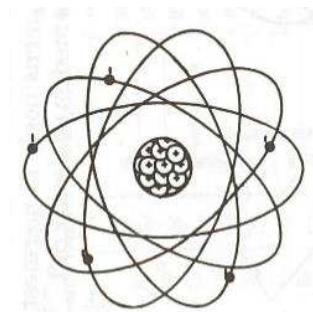
Figur 3 Rutherfords eksperiment opstilling fra kilde 3



Figur 4 Rutherford atommodel fra kilde 6

Nils Bohr

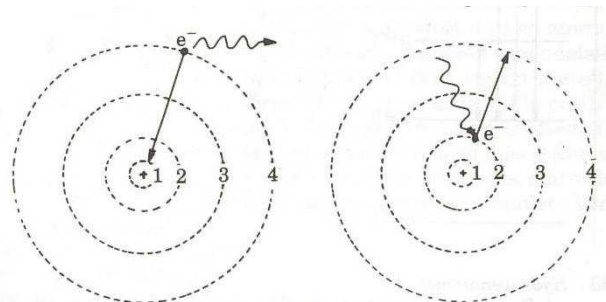
Nils Bohr kom i 1913 med en atomteori (se figur 6), der til forveksling ligner Rutherfords. Modellen tog udgangspunkt i de mange opdagelser, der var gjort igennem årene. Han tog blandt andet eksperimentet, som Thomsons katodestrålings eksperiment og hans opdagelse af elektronen, og Robert Millikan der eksperimenterede med oliedråber, der bestemte



Figur 5 Nils Borhs atomemodell fra kilde 3 s.44

elektronernes ladning og masse, samt Einstein og Plancks idéer om lyskvanter. Det sidste eksperiment, han tog udgangspunkt i, var hans ven Rutherfords eksperiment med alfapartiklens beskydning af guldfolie, der beviste, at de positive partikler var samlet ét sted. Dog havde Bohr også sine egne idéer om, at elektronerne bevæger sig i cirkulære baner omkring kernen. Disse baner kaldte han skaller. Han mente, at hver skal havde en vis mængde energi i forhold til kernen. Dette gik dog imod de klassiske fysiske love. Dette tog Bohr sig ikke af. Han postulerede, bare at den klassiske fysiks regler ikke gjaldt for atomaresystemet. Hans atommodel var opbygget på to postulater:

- 1) Elektronerne bevæger sig i nogle bestemte separate tilstande (stationære tilstande). Disse baner er defineret efter energiniveau- jo længere ind mod kernen, jo mindre energi.
- 2) Atomer udsender ikke lys, når de er i en stationær tilstand. Dette gør de kun, når de går fra en stationær tilstand til en anden. Dette kan de gøre på to måder (se figur 7).
 - a) Ved en energitilføjelse (absorption)
 - b) Ved en energifrigivelse (emission)



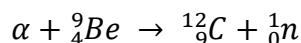
Figur 6 Nils Bohr: energi overførelse fra kilde 3 s.45

Neutronen

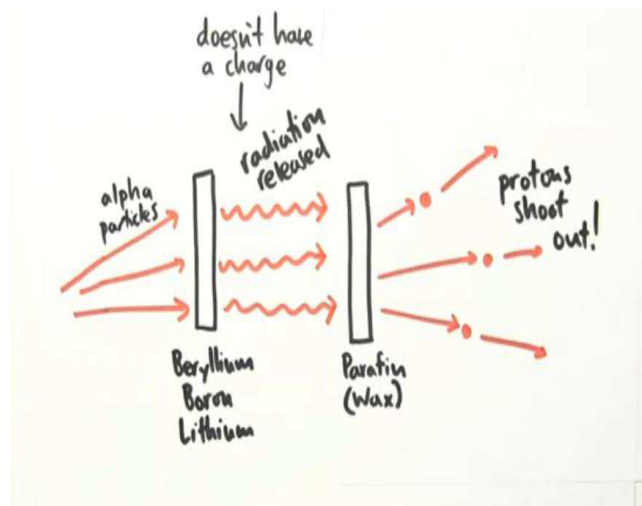
Tanken om endnu en ukendt bestanddel af atomet kom allerede tilbage i 1920 med Rutherford, der mente, at der fandtes en neutral partikel, der var en sammenbinding af elektroner og protoner. Der skulle dog gå 12 år før dette blev bevist i 1932. De første spekulationer om en ekstra bestanddel af atomet kom igennem mange forskellige eksperimenter. I 1920 kom f.eks. Bothe og Beckers forsøg med beskydning af beryllium med alfapartikler, der så frembragte gammastråling. Og Curies eksperiment med tågekammeret.

Dog mente fysiker James Chadwick ikke, at nogle af disse forklaringer var rigtige. Derfor begyndte han at eksperimentere med idéen om, at der blev udsendt en neutral partikel med ca. den samme masse som en proton. Han tog et eksempel med beryllium, som lød¹⁴

¹⁴ <http://www.hefrandsen.dk/atomfysik09.htm>



Han mente, at der skulle komme noget ud af et sammenstød mellem to partikler (se figur 8). Han prøvede derfor at eksperimentere med en opstilling, der bestod af en plade af et materiale, f.eks. litium, og beskød pladen med alfapartikler, lidt ligesom Rutherford gjorde det før ham. Dermed kunne han se, at der blev udsendt nogle partikler, men han opdagede at disse partikler var ladningsløse. Derfor fik han idéen om at prøve at stille en modstand bestående af en voksplade bag hans plade med litium for at se, hvordan de ladningsløse partikler reagerede. Han kunne nu -

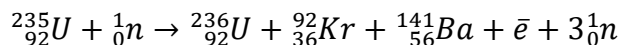


Figur 7 Eksperiments opstilling taget fra kilde 12

observere, at når den ladningsløse partikel ramte voksen, blev der udstødt protoner her fra. Dette, antog han, var fordi disse ladningsløse partikler måtte have en størrelse, der var den samme som protonens. Dette fik Chadwick til at konkludere, at de ladningsløse partikler måtte være en del af atomets kerne. Denne partikel kaldte han for neutronen.¹⁵

Fissionsprocessen

Fissionsprocessen blev første gang forklaret af Nils Bohr og J.A. Wheeler. Deres forklaring kom i 1939 og bygger på Bohrs dråbemodel. Dette eksperiment havde den anskuelse, at en dråbe bestod af elektroner og neutroner, der blev holdt sammen af en stærk kernekraft. Denne kraft er dog ikke altid en god ting. Bohr og Wheeler opdager nemlig, at hvis man trak en proton ud af kernen, ville den kraft, der holder sammen på neutronerne og protonerne, fungere sådan, at den strækker sig ud og laver en indsnævring på midten. Denne indsnævring gør, at der opstår et ligevægtspunkt på hver side af den. Kernekraften på hver side af indsnævringen vil derpå være i balance, dog ikke med hinanden. Derfor vil atomet være ustabilt, og dette er atomerne ikke så glade for. Dermed splittes atomet. Dette er det man i dag kender som fissionsprocessen.¹⁶ Det kan f.eks. være fissionen af uran som lyder:



¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=7DAIvRI1M4&list=PL3hPm0ZdYhyxYBS94sd8iqDttfDiaY19Z&index=5>

¹⁶ http://denstoredanske.dk/lt_teknik_og_naturvidenskab/Fysik/Kernereaktioner/fission

Eksperiment: Plancks konstant

Jeg skal i dette eksperiment finde Plancks konstant(h)

Dette gør jeg ved at bruge Plancks virkningskvantum som lyder: $E_{mek,n} = n * h * f$ samt Einsteins forklaring på den fotoelektriske effekt.

Forsøgsopstilling til måling af Plancks konstant

Plancks konstant- apparat fungerer sådan, at man har en fotocelle med en overflade af cæsium og en ringformet anode omkring den. Dette er beskyttet af et plastcover. (se figur 8)

Apparatet har den funktion, at den opfanger den kinetiske energi målt i volt, der går fra katoden til anoden, man kan med en grov og en fin knap justere den energi, der løber mellem katoden og anoden.

Derfor kan man også finde den præcise energi, der skal bruges som modspænding for at forhindre strømmen i at nå hele vejen til anoden. Man kan stoppe strømmen helt, fordi en strøm er en bølge af elektroner. Planck undrede sig over, at der var noget energi i hans stråling, der forsvandt, men ifølge Einstein var det fordi, elektronen under sammenstød med andre atomer ville overføre energi til atomet. Han antog derfor, at der var et sammenhæng mellem energien i elektronen og det energitab(w), den havde under sammenstødet med andre atomer.¹⁷ Sammenhængen fik også en formel. Denne formel lød:

$$E_{kin} = h * f - w$$

I forsøget måles altså den energi der skal bruges til at stoppe en strøms elektroner for at nå deres mål anoden. Dette er modspændingen og måles i volt. Denne modspænding måles i forhold til forskellige lyskilder med forskellige frekvenser.

Fremgangsmåden

- Tilslut strøm til Plancks konstants apparat.
- Sæt derefter lyskildens intensitet til 75%. Dette er dog lige meget, da intensiteten ikke gør noget ved, modspændingen.
- Herefter indsættes den ene ende af den første lyskilden til strømkilden, derefter indsættes den anden ende til den sikrede indgang til fotocellen.
- Man kan herefter begynde at dreje på den fin og grove knap der indstiller voltmeteret så man kan måle den modspænding der skal til for at alle elektronerne i strømmen har



Figur 8 plancks konstant Apparat taget fra billag 1

¹⁷ Forsøgs vejledningen: Plancks konstant s.

overgivet hele deres energi til cæsium atomerne i katoden. Dette kan ses, da nanoampermetret skal stå på nul. Dermed kan man notere den volt(U_0) der skal bruges i den givende lyskilde til at forhindre strømmen i at løbe fra katode til anoden.

Databehandling

Jeg har nu noteret de forskellige volt hver lyskilde skulle have for at løsrive en elektron fra et cæsium atom. Disse notationer kan ses på bilag 3

Et eksempel på udregninger

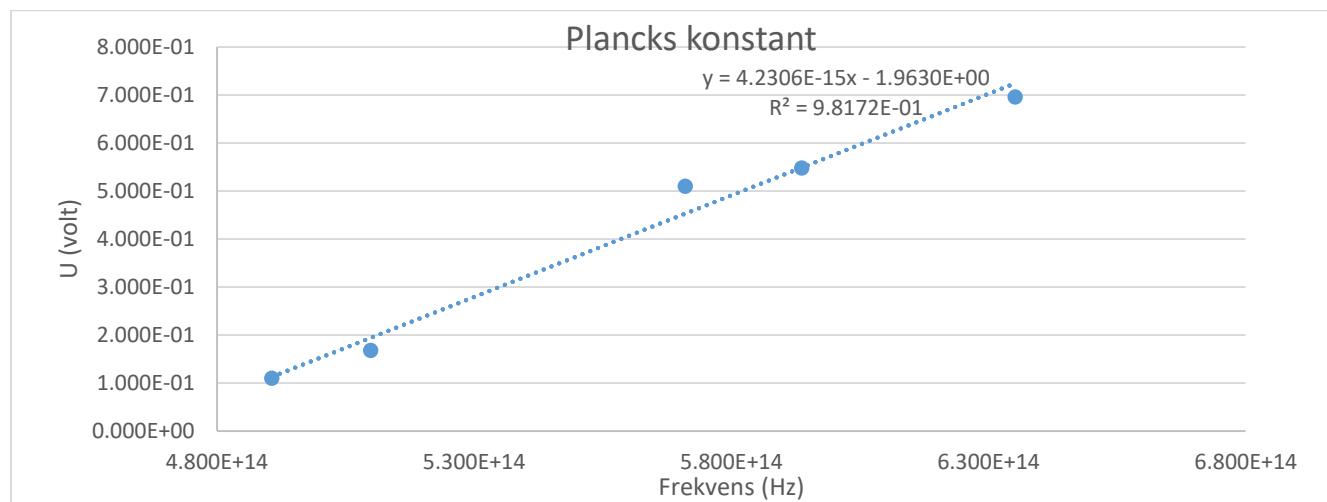
Udregninger foretaget i databehandlingen. Lyskilde(blå) skulle bruge $6,960 \cdot 10^{-1}$ volt til at stoppe strømmen helt. Dette er nemlig vigtigt hvis man kigger på, hvor meget energi hver frekvens har. De forskellige frekvenser har forskellige energiniveauer, derfor skal alle lyskilder heller ikke bruge den samme mængde volt for at kunne stoppe strømmen helt. Et eksempel på en udregning kan være udregningen af den blå diode. Jeg har aflæst dens bølgelængde til at være $4,720 \cdot 10^{-7}$ m altså 472 nanometer. Jeg ved også, at frekvensen udregnes via formlen:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

hvor c er lysets hastighed i vakuum der svare til $2,998 \cdot 10^8$ og lamda der er lyskildens bølgelængde, Jeg sætter nu de ting jeg har fået oplyst ind

$$\frac{2,998 \cdot 10^8}{4,720 \cdot 10^{-7}} = 6.35169 \cdot 10^{14} \text{ Hz som svare til } 6.352 \cdot 10^2 \text{ THz}$$

Jeg kender nu frekvensen på min lyskilde. Dermed kan jeg sammen med de andre lyskilders frekvens, se bilag 2 for resultater, lave en graf, der har frekvens(Thz) som x-aksel, og volt som y-aksel. Når jeg har gjort dette, kan jeg lave en lineær regression.



Jeg har nu et hældnings tal for alle mine målinger. Dette hældnings tal kan jeg nu bruge til at finde Plancks konstant. Plancks konstant findes ved at gange hældnings tallet fra frekvenserne

med e , som er ladningen af en elektron, der har en fast værdi på $1,602 \cdot 10^{-19}$ C(coulomb).¹⁸

Denne udregning ville for min blå lyskilde se således ud

$$1,6021 \cdot 10^{-19} \cdot 4,2306 \cdot 10^{-15} = 6.77784 \cdot 10^{-34}$$

Dette er min Plancks konstant. Jeg måler nu min afvigelse til at være 2,1 %

Dette resultat kan skyldes lyskilde blå og lyskilde turkis, som har frekvenser, der er lidt ved siden af de andre. Den turkise er den værste, da den er en blandings-farve. Dog er der også, hvornår dette eksperiment stammer fra. Det tager ikke højde for, at der er skyer eller forstyrrelser af lyset, selv om den er inde i en kasse.

Eksperiment: Frank-Hertz

Jeg skal i dette forsøg bevise at atomernes **diskrete** elektriske tilstand. Dette gør jeg ved hjælp af en speciel spændingskasse, et Oscilloskop og et Frank-Hertz neonrør.

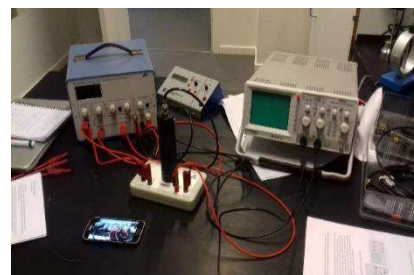
Formålet er at vise at elektroner mister energi ved en energi-overførelse, og at dette kan skyldes accelerationsspænding. Det der sker er, at når en strøms spændingsacceleration stiger samtidig med, at den føres gennem en neon gas, vil der ske sammenstød mellem strømmens elektroner og neon gassens atomer. Disse sammenstød er, på grund af elektronens ladning, elektriske sammenstød. Dog er elektronerne ved lave spændingsaccelerationer ikke påvirket af sammenstødene, og strømmen forsætter med den samme spænding hen til målet anoden. Der sker dog noget når man når en volt på omkring 18. Her har neonatomernes elektroner fået nok energi til at frigøre sig. Dermed vil elektronerne i strømmen begynde at miste energi, og sammenstødende vil ikke længere være elektriske. Hvis man måler katodens spænding og anodens spænding, vil man, hvis man satte en modspænding på, kunne forhindre dele af strømmens elektroner, dem der har mistet energi under sammenstødene med neonatomerne, i at forsætte til anoden. Dette kan observeres via ens målingsapparat. Der vil nemlig ske et fald i mængden af strøm, der når anoden. Hvis man forsætter med at øge accelerationsspænding, vil man opleve, at der igen sker et fald i mængden af strøm der når anoden ved 36V og 54V. Dette skyldes at neonatomerne.¹⁹Når de når en volt på 18 ikke længere kan holde på de yderes elektroner, da kernekraften ikke er stærk nok.

Fremgangsmåden

Fremgangsmåden er den at man tager spændingskassen og sikrer sig, at alle de forskellige spændingsmålere er slukket. Herefter tilsluttes alle ledninger (ses figur 9).

Derefter tændes spændingskassen og oscilloskop.

Sæt oscilloskopet til at måle i XY mode. Indstil her efter x til at være



Figur 9 Billede af opstilling af Frank-Hertz eksperiment

¹⁸ Forsøgsvejledning: Plancks konstant s.

¹⁹ Ser forsøgsvejledning: Frank-Hertz s.

1V/div og y til at være 2V/div

Man skal under eksperimentet holde styr på fire forskellige former for spændinger (se figur 10)

U_F : Varmer ens neonrør op og gør det muligt for elektronerne at undslippe.

U_{KG} : Er spændingen over kontrolgitter. Dette vil sige, at den hjælper med udsugningen af elektronerne i neonrøret. Denne proces, også kaldet "elektronfordampning", ville hurtigt gå i stå uden denne mekaniske.

U_A : er spændingen, der få elektronerne til at accelerere igennem neon gassen og mellem kontrolgitterne og anoden.

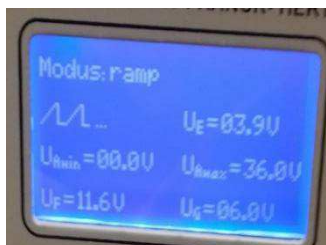
U_{AE} : modspændingen

Selve eksperimentet begynder med en langsom forøgelse af U_F . Dette gøres, indtil man kan se et rødt skær i glødetråden i neonrøret. Vent derefter til at dens temperatur er stabil, før du indstiller din spændingskasse så minimumsaccelerationen er 0V, og dens maksimums acceleration er 80V. Indstil derefter U_{kg} til at være 9V.

Begynd herefter at forøge U_a igen til hele neonrøret har fået en orange farve. Dette sker i mellem 4V og 12V. Når dette sker, skrues der ned for U_f igen til det kun er glødetråden, der stadig har en glød. Nu skrues man så op for accelerationen af elektronen, indtil man på sit oscilloskop kan se en kurve for, spændingsfald i den modtagne strøm i anoden.

Databehandling

Jeg vil nu ud fra billeder forklare, hvad det er, der sker i eksperimentet. Dette billede viser det første spændingsfald der sker i anoden, dette sker i ca. 18V, da det er her vores neonatomers elektroner har nok energi til at kunne løsrive sig fra kernekraften.

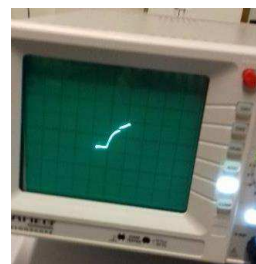
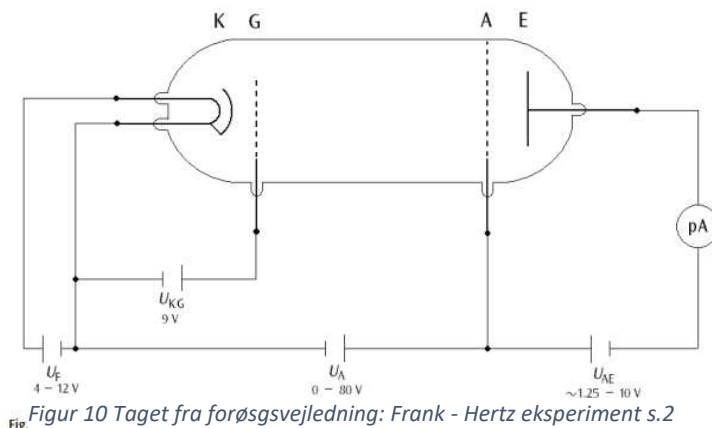


Det næste billede viser, hvornår neon-atomet igen har nok energi til at kunne løsrive en ny elektron. Dette sker i 36V præcis 18V mere fra den sidste løsrivelse.

Dette billede forklarer, hvornår der sker et spændings falde mere. Dette er omkring 54V og er 18V mere end sidst. Det forklare også, hvordan det ser ud på vores oscilloskop,



Det sidste billede viser de tre spændingsfald, der sker hen over dette forsøg.



Der med kan man bevise, at elektronerne vil afgive deres energi til atomernes elektroner. Ved en vis mængde energi, kan atomernes elektroner løsrive sig deres kernekraft.

Forsøgende er med til at på bevise hvordan atomet kan emissionere og absorption energi samt hvor meget energi en cæsium kerne skal bruge til dette. Neutronen har også haft en betydning for vores opfattelse af atomet. Dette vil jeg gerne i det næste afsnit bringe lidt lys over.

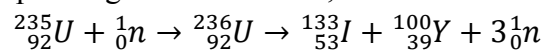
Betydningen af neutronens opdagelse

Neutronens opdagelse har gjort meget for vor samfund. Det er dens opdagelse, der gør det muligt at skabe energi i større mængder via fissionsprocesser af mange forskellige grundstoffer. Neutronerne har også nogle egenskaber, der gør det attraktiv af bruge dem til forskellige eksperimenter og undersøgelser inden for den fysikkens verden. Dette kan være igennem stråling og eksperimenter ligesom Rutherfords beskydning med alfapartikler. Denne stråling er attraktiv, fordi den f.eks. på grund af den ladningsløs tilstand, er i stand til at gennemtrænge materialer uden at beskadige deres naturlige opbygning. Undersøgelse af materialer, kan f.eks. være undersøgelsen af deres magnetiske egenskaber. Dette kan neutronen gøre, da den stadig uden af have en ladning har et magnetiske moment som reagerer med et materialets indre magnetfelt. Dermed kan man se, om materialet har magnetiske egenskaber. Neutronen er også rigtig god til at bestemme atomers placering i f.eks. plast, og hvordan atomer og molekyler bevæger sig i et materiale. Dette gøres ved at måle neutronens kinetiske energi, inden man sender den gennem en vekselvirkning og derefter måler den, når den kommer tilbage. Den har under vekselvirkningen tabt energi dette kan f.eks. være til de atomer, den støder sammen med. Det kan også være energioverførelse til gittervibrationer. Da neutronen skal bruge mindre energioverførelse er den også rigtig brugbar, hvis man taler om eksperimenter med et højt eller lavt tryk, samt temperaturforskelle fordi der ingen ladning i neutronen er. Neutronens opdagelse var også med til opdagelsen af fissionsprocessen, der blev opdaget af tysk fysiker Otto Hahn, som bombarderede uran med neutroner. Dermed kunne se, at uran splittede sig. Dermed blev der skabt en stor mængde energi.²⁰ Dette var begyndelsen på store militære udviklinger og store verdensomspændende eksperimenter og opfindelser. Neutronen, fandt man ud af, var mulig at kontrollere og styre under de rigtig forhold. Derfor kunne man også i 1942 se den første fissionsreaktor, der var bygget af italienske Enrico Fermi.

Opdagelsen af både neutronen og fissionsprocessen har i dag en stor betydning for både lægevidenskaben samt videnskabsmændenes arbejde. Det er muligt at finde nye og forbedrede måder at bygge stoffer, f.eks. plast, samt en mulighed for at kunne bespare spild af materialer, da muligheden for at undersøge stofferne nu er større end nogensinde før. Gennem fissionsprocessen kan man også skabe mange flere neutroner. Da man splitter mange atomer ad, kan man også bruge fissionsprocessen til at skabe andre grundstoffer. Dette sker under

²⁰ Kild 13,2016, s. 4-6

spaltningen af f.eks. uran, som har en fissions proces der lyder:



En fissionsproces sker indtil et atom er gået fra at være ustabilt til i en stabil tilstand. ²¹

²¹ Kilde 13,2016, s. 9-11

Litteraturliste

1. Gamow, George: Tredive år der rystede fysikken, Gyldendals ugeblad. Side 14-15. Bind 204. 1. udg. Gyldendal, 1968. (Bog)
2. Petresch, Christian: Atom- og kernefysik, Liniefysik. Side 18-26,70-71. 1. udg. Nordisk Forlag A.S., 1979. (Bog)
3. Lund, Kirsten Brink og Marianne Svenningsen: Atomets Historie. Side 07-21. 1. udg. Frederikssund Arbejdesgruppe ApS , 1988. (Bog)
4. Thomsen, Poul V: Den moderne fysiks gennembrud: Kvanteteorien. Side 15-20. 1. udg. HOW , 1987. (Bog)
5. Bragg, Sir Lawrence: Teorier og opdagelser: fra Newton til Rutherford . Side 17-20. 1. udg. Gjellerups Forlag a-s , 1975. (Bog)
6. Fuglsanggårds skolen: Atomets opdagelser. . Udgivet af 22. juni 2012..
Internetadresse: atomfysik09.htm - Besøgt d. 19.02.2017 (Internet)
7. Den Store Dansk : Atom. Udgivet af 13-11-2014.
Internetadresse: http://denstoredanske.dk/It_teknik_og_naturvidenskab/Fysik/Atomer_og_molekyler/atom - Besøgt d. 14.02.2017 (Internet)
8. Den Store Dansk : Bohrs dråbemodel. Udgivet af 06-12-2016.
Internetadresse: http://denstoredanske.dk/It%2cteknik_og_naturvidenskab/Fysik/Kernestruktur/Bohrs_dråbemodel - Besøgt d. 17.02.2017 (Internet)
9. Den Store Dansk : Fission. Udgivet af 12-10-2012. Internetadresse: http://denstoredanske.dk/It_teknik_og_naturvidenskab/Fysik/Kernereaktioner/fission - Besøgt d. 16.02.2017 (Internet)
10. Youtube: Models of the Atom Timeline. Udgivet af 06.12.2012. Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=NSAgLvKOPLQ&list=PL3hPm0ZdYhyxYBS94sd8iqDttfDiaY19Z> - Besøgt d. 15.02.2017 (Internet)
11. Youtube: Charge of an Electron: Millikan's Oil Drop Experiment. Udgivet af 04.12.2012.
Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=2HhaQtvICe8&list=PL3hPm0ZdYhyxYBS94sd8iqDttfDiaY19Z&index=4> - Besøgt d. 15.02.2017 (Internet)
12. Youtube: Atomic Structure Discovery og the Neutron. Udgivet af 23.10.2012.
Internetadresse: <https://www.youtube.com/watch?v=7DAIvRIIM4&list=PL3hPm0ZdYhyxYBS94sd8iqDttfDiaY19Z&index=5> - Besøgt d. 13.02.2017 (Internet) - Besøgt d. 13.02.2017 (Internet)
13. PDF-ESS: Fremstillingen og anvendelsen af neutronen . Udgivet af 00.02.2016.
Internetadresse: <http://www.science.ku.dk/oplev->

science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/temahaefter/filer/257_ESS_Gymnasieh_fte_2016.pdf
- Besøgt d. 19.02.2017 (Internet)

Planck's Constant Apparatus (115 V, 50/60 Hz) Planck's Constant Apparatus (230 V, 50/60 Hz)

1000536 / U10700-115
1000537 / U10700-230

Instruction manual

07/13 ALF



- 1 LED with connecting lead
- 2 Nanoammeter
- 3 Voltmeter
- 4 Protective cover for photo-cell
- 5 Collector tube for photocell
- 6 Coaxial power socket for power supply
- 7 Power supply with connector socket for LED
- 8 Back EMF adjustment (coarse)
- 9 Back EMF adjustment (fine)
- 10 Intensity knob
- 11 Empty sleeve

1. Notes

The photocell in the Planck's constant apparatus is highly sensitive. Bright light can cause it to age quickly and can cause permanent damage. Following irradiation it ideally needs to be left for quite a long period before it regains its stability.

- The protective cover for the photocell should never be removed.
- When the experiment is completed, slide the empty sleeve over the collector tube of the photocell.
- Keep the apparatus secure so that it does not get shaken and do not expose it to extreme temperatures, high humidity, moisture or direct sunlight.

2. Scope of delivery

- 1 Basic apparatus with photocell, voltmeter, nanoammeter and LED power supply
- 1 Empty sleeve for covering the photocell collector tube
- 5 LEDs (472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm) in case with connector leads
- 1 Plug-in power supply, 12 V AC
- 1 Instruction manual
- 1 Work sheet for carrying out evaluation

3. Description

The Planck's constant apparatus is for determining the magnitude of Planck's constant h and the work W done in emitting electrons from a caesium cathode in a photocell using the back-EMF method.

It contains a vacuum photocell, a voltmeter for measuring back EMF, a nanoammeter for measuring the photocell current and a power supply for the LEDs. Five different light-emitting diodes (LEDs) are provided, which emit light at differing known average frequencies. The intensity of the emitted light can be varied between 0 and 100% in each case. The photocell itself consists of a cathode with caesium condensed onto its surface and a ring-shaped anode. When the apparatus is switched on, a voltage is applied between the two electrodes and this can be adjusted by two knobs for coarse and fine adjustment.

Power is supplied to the apparatus via the plug-in transformer provided. The Planck's constant apparatus with order number 1000536 / U10700-115 is designed for a mains voltage of 115 V ($\pm 10\%$) while the version with order number 1000537 / U10700-230 is for 230 V ($\pm 10\%$).

4. Technical data

Photocell:	Type 1P39, caesium (Cs)
Voltmeter:	3½-digit LCD
Precision:	0.5% (typically)
Nanoammeter:	3½-digit LCD
Precision:	1% (typically)
LEDs:	472 nm, 505 nm, 525 nm, 588 nm, 611 nm
Dimensions:	280x150x130 mm
Weight:	1.3 kg approx.

5. Theoretical principles

At the end of the 19th century and the beginning of the 20th, it almost seemed as though Physics had explained all there was to know, but the so-called photo-electric effect was one of the last riddles. Classical theories were unable to account for this effect. In 1905, though, Albert Einstein devised a brilliantly simple theoretical description of the phenomenon using the quantum theory which had been introduced by Max Planck. His assumption was that light consisted of particles, so-called photons (quanta of light), with an energy E which was directly proportional to their frequency f and a momentum p indirectly proportional to the wavelength λ :

$$E = h \cdot f \cdot p = h / \lambda$$

The constant of proportionality here h was Planck's "quantum of action". What it meant was that energy in the form of electro-magnetic radiation could only

be emitted in small, discrete packets called quanta. This minimum energy was dependent on the frequency. Planck's constant is one of the fundamental constants of nature and has a value to a high accuracy of $h = 6.62606896 \cdot 10^{-34}$ Js.

In this experiment light from the light emitting diode connected in the circuit passes through a ring-shaped anode before striking the cathode. If an electron is struck by a photon, the photon can give up all of its energy ($E = h \cdot f$) to the electron. Part of that energy may then propel the electron out of the metal surface (the so-called work function W). The rest of it is converted into kinetic energy for the electron:

$$E_{\text{kin}} = h \cdot f - W$$

The work done in emitting electrons from the cathode is dependent on the material as well as on the temperature. For caesium it is 2.14 eV at 0 K and about 2 eV at room temperature.

Depending on the adjustment of the back EMF between the cathode and anode, a current of electrons should flow from the former to the latter. This can be measured using the nanoammeter. If the back-EMF corresponds to the critical voltage U_0 , where

$$e \cdot U_0 = E_{\text{kin}} = h \cdot f - W \text{ and } e = 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{ C,}$$

then this current should have a magnitude of 0 nA.

Plot a graph of $e \cdot U_0$ against f for the critical voltages U_0 , measured for various frequencies of light f , to obtain a line of gradient h crossing the y axis at W . The point where the line crosses the y-axis is different for all cathode materials, so that the corresponding straight lines are all different too. The gradient of the line depends on the cathode material.

6. Operation

6.1 Measurement of critical voltage at a light intensity of 75%.

- Plug in the transformer to supply power.
- Set the intensity of the light source to 75%.
- Insert the plug for the first light source into the LED connector socket.
- Push together the jaws of the clip for the sleeve over the collector tube of the photocell and remove the sleeve.
- Push the LED unit fully onto the collector tube of the photocell until the jaws of the clip snap into place.
- Set the fine adjustment knob for the back-EMF to a central position.

Note: it is worth waiting a few minutes to set the critical voltage before starting the first measurement.

- Slowly turn the coarse setting knob till the photoelectric current measured by the nanoammeter is approximately 0.
- Use the fine setting knob to optimise the calibration. Turn it round till the display oscillates between 0 and -0.
- Take note of the back-EMF as set in this fashion and record it as the critical voltage U_0 .
- Repeat this measurement for the four other LEDs.
- After the experiment, close the plastic cover back over tube for attaching the LED.

6.2 Determining Planck's constant h .

- Work out the frequencies of the light from the printed wavelengths λ using the formula $f = \frac{c}{\lambda}$
where $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Use the critical voltages U_0 to work out the energies $e \cdot U_0$ where $e = 1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- Plot the values obtained on a graph of energy against frequency.
- Draw a straight line through the points and determine Planck's constant h from the gradient and the work W from where the line crosses the Y axis.

Note: It is easiest to evaluate the results, particularly those referring to the back-EMF, with the help of the supplied Excel spreadsheet. This merely involves entering the measured critical voltage into the relevant table. Afterwards the gradient h and the y-axis crossing point W can be read from a graph and any discrepancies from quoted values can be calculated by entering the quoted figures into the relevant cell in the second table.

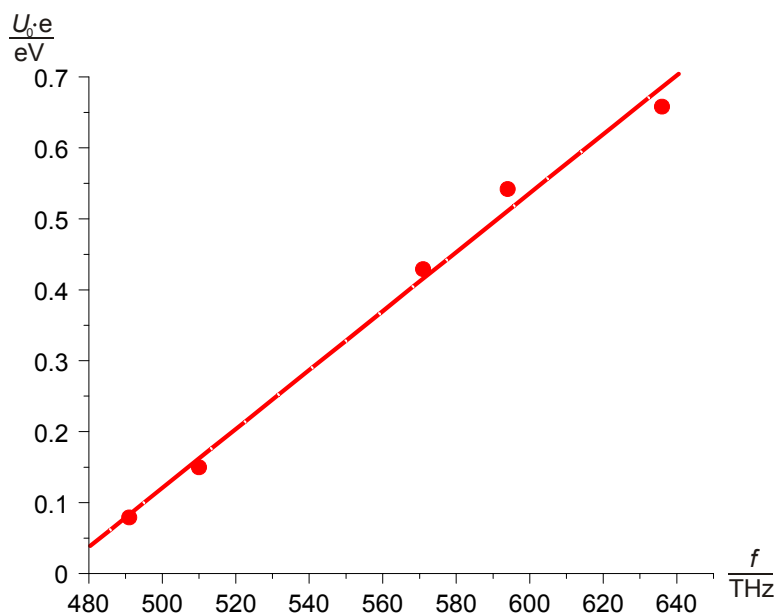


Fig.1 Critical energy $U_0 \cdot e$ against frequency f

6.3 Proof that the critical voltage does not depend on the light intensity.

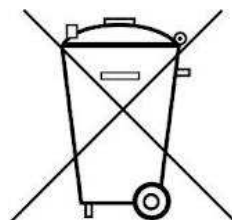
- Select an LED.
- Set the light to maximum intensity and determine the critical voltage U_0 .
- Reduce the intensity to zero in a set of steps and determine the critical voltage U_0 in each case.

7. Cleaning

- Only use conventional mild washing-up liquid and never aggressive detergents.
- Make very sure that no moisture gets inside the equipment.
- Unplug the power supply to turn off the equipment.
- Clean the equipment using a slightly damp and non-fluffy cloth.

8. Disposal

- The packaging should be disposed of at local recycling points.
- Should you need to dispose of the equipment itself, never throw it away in normal domestic waste. Local regulations for the disposal of electrical equipment will apply.



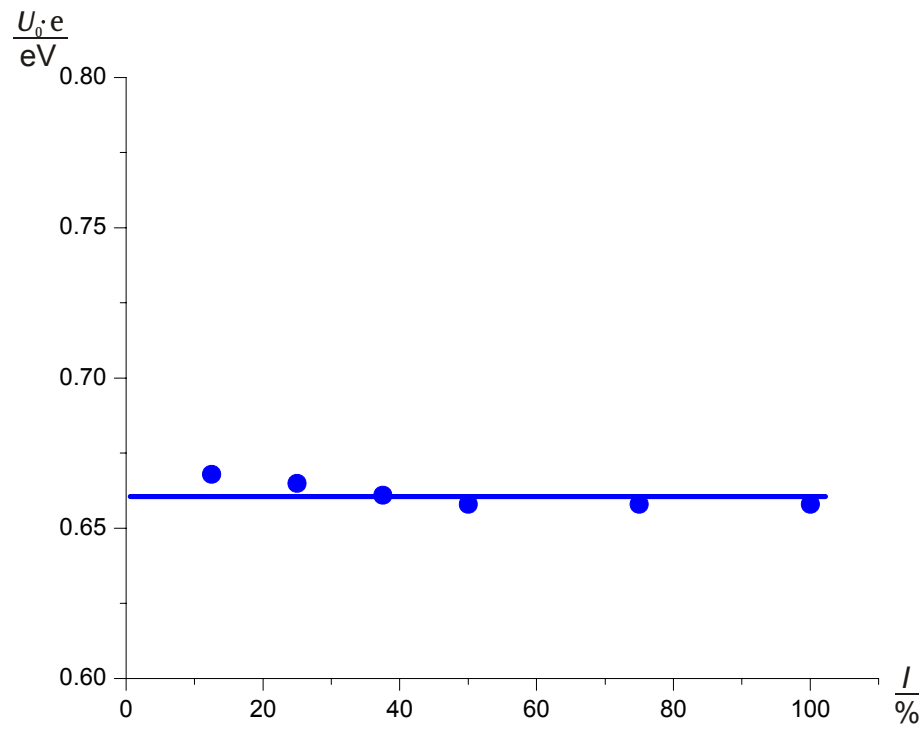
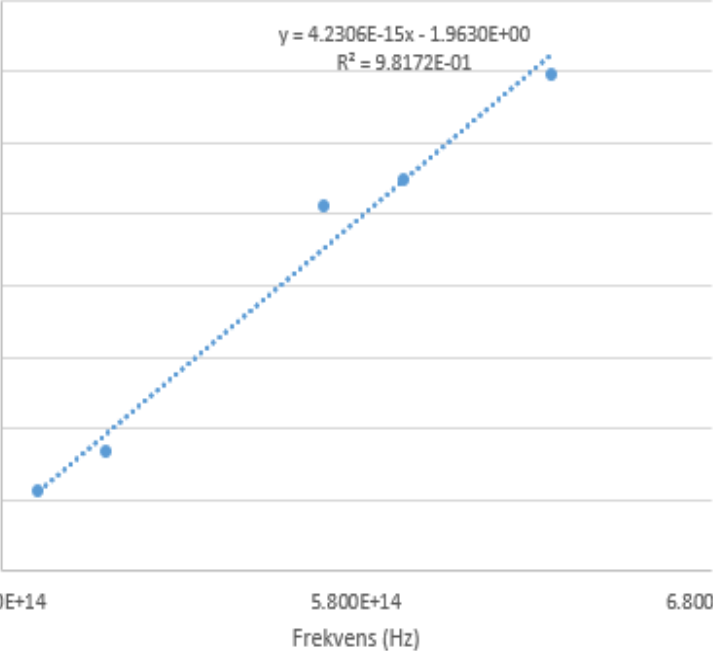


Fig. 2 Critical voltage U_0 against light intensity I at a wavelength of 472 nm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		bølgelængde (m)	voltmeter(U0)	Lysetshastighed(m/s)	e(konstant)	Frekvens (hz)	Frekvens (Thz)	plancks	Reggasion
2	Rød	6.110E-07	1.100E-01	2.998E+08	1.602E-19	4.907E+14	4.907E+02	6.7778E-34	4.23E-15
3	gul	5.880E-07	1.680E-01	2.998E+08	1.602E-19	5.099E+14	5.099E+02	6.7778E-34	
4	grøn	5.250E-07	5.100E-01	2.998E+08	1.602E-19	5.710E+14	5.710E+02	6.7778E-34	
5	trukis	5.050E-07	5.480E-01	2.998E+08	1.602E-19	5.936E+14	5.936E+02	6.7778E-34	
6	blå	4.720E-07	6.960E-01	2.998E+08	1.602E-19	6.352E+14	6.352E+02	6.7778E-34	
7	Plancks konstant								
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

Franck-Hertz forsøget

Kort lærervejledning

Introduktion

Franck-Hertz forsøget bruges til at påvise eksistensen af diskrete elektrontilstande i atomer. Til forsøget bruges et Franck-Hertz neonrør, en speciel spændingskasse, oscilloskop og nogle ledninger herunder et afskærmet BNC-kabel.

Elektroner accelereres ved stigende accelerationsspænding gennem en neongas og rammer herefter en anode. Ved lave spændinger støder elektronerne elastisk sammen med neonatomerne og elektronstrømmen i gennem gassen er upåvirket af stødene, alle elektronerne når frem til anoden. Men ved en accelerationsspænding på ca. 18 V bliver mange af stødene uelastiske, idet tærsklen for excitation af neonatomerne er netop ca. 18 eV. Ved at påtrykke en lille modspænding kan man helt hindre de elektroner der har tabt energi i at nå frem til anoden. Derved sker et dyk i anodestrømmen. Skruer man videre op for accelerationsspændingen, vil der igen ske et dyk i strømmen ved ca. 36 V og 54 V, svarende til at elektroner har forårsaget 2 hhv. 3 excitationer i neongassen.

Forsøget

Man bygger en opstilling som denne. Det er lige ud ad landevejen at forbinde det.

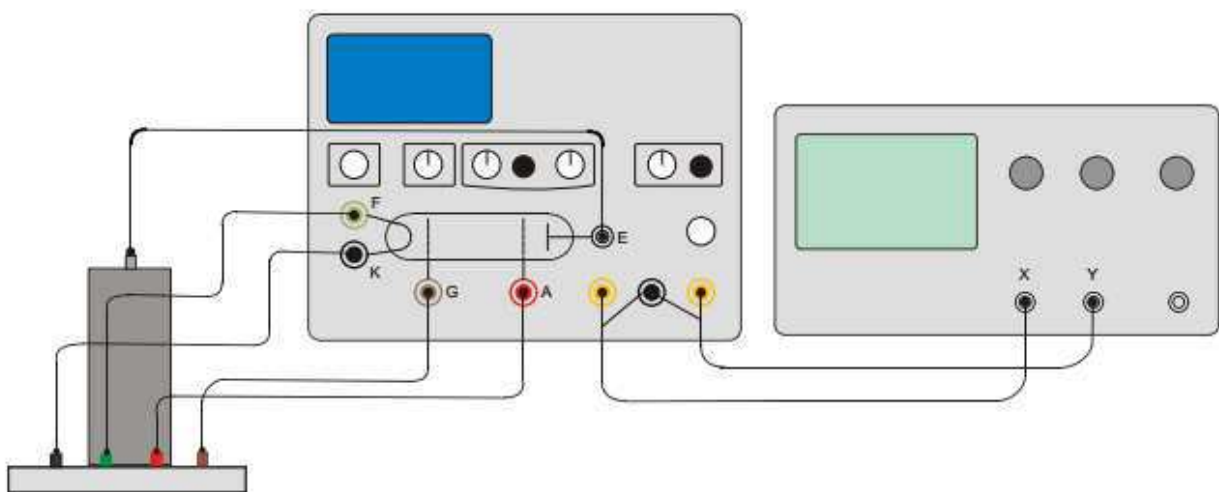


Fig. 2 Experiment set-up - Franck-Hertz tube filled with neon

OBS!

- Det er vigtigt at BNC-kablet der forbinder toppen af røret med spændingskassen er godt afskærmet, da det er en meget svag strøm der skal måles.
- Accelerationsspændingen er skaleret ned med faktor 10 ved udgangen på spændingskassen.
- Accelerationsspændingen kan både styres manuelt og i "ramp"-mode. Ramp-mode er default, hvor spændingen kører mellem den indstillede U_{Amin} og U_{Amax} .
- Oscilloskopet kan erstattes med LoggerPro tilsluttet 2 spændingsmålere. I så fald betjenes spændingen manuelt.
- I manual mode er hverken oscilloskop eller LoggerPro nødvendigt, da der er et display på spændingskassen der både viser U_{Acc} og anodestrømmen. Men så ser man ingen graf.

Franck-Hertz forsøget

Kort lærervejledning

Kredsløbsdiagram:

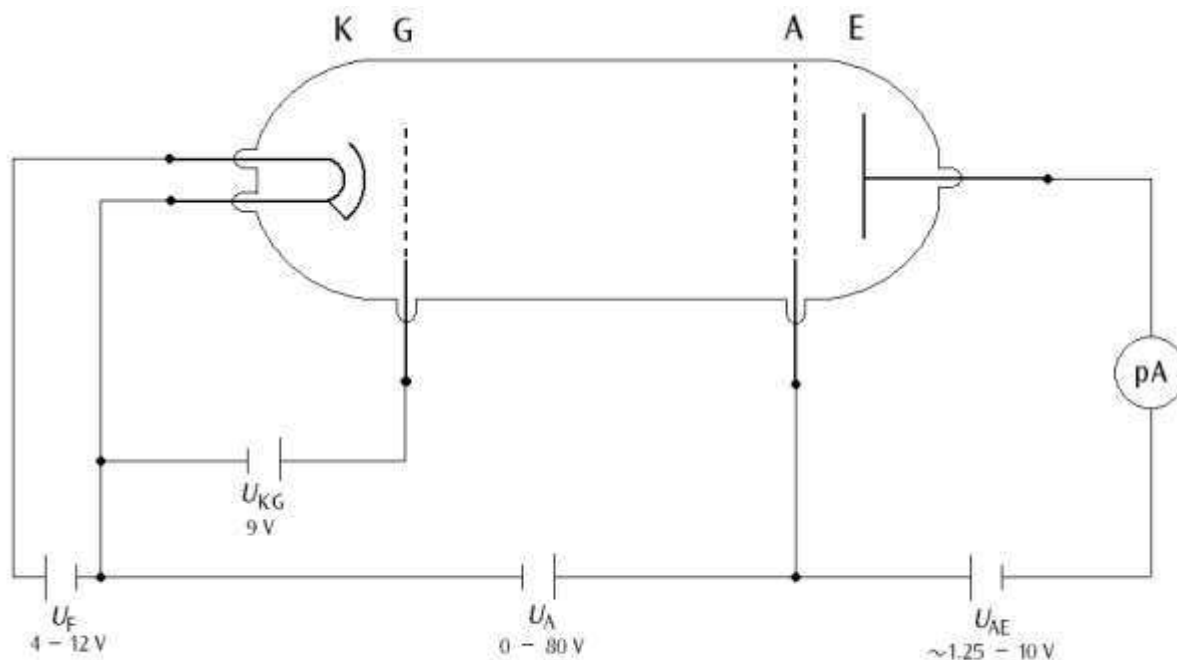


Fig. 1 Schematic of set up for measuring the Franck-Hertz curve for neon (K cathode, G control grid, A anode, E collector electrode)

Der er fire forskellige spændinger at holde styr på.

- U_F varmer glødetråden og gør de energirigeste elektroner i stand til at undslippe.
- U_{KG} er spændingen over kontrolgitteret. Med det suges elektroner ud af elektronskyen omkring glødetråden. Uden U_{KG} ville "elektronfordampningen" hurtigt gå i stå.
- U_A er spændingen som accelererer elektronerne i gennem neongassen i mellem kontrolgitteret og anoden.
- U_{AE} er modspændingen.

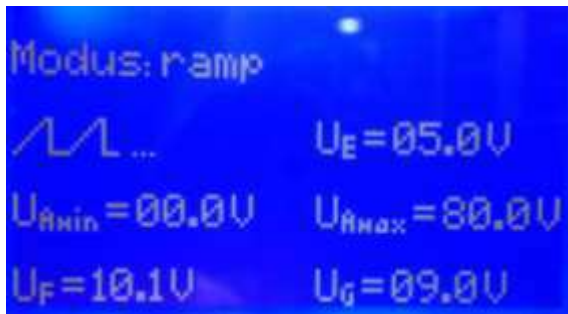
Der er en speciel procedure for at starte røret op, som producenten beskriver:

- Start with the voltage supply unit switched off, and with all the voltage setting knobs fully to the left.
 - Connect up the experiment as shown in Fig. 2.
 - Turn on the equipment. It will start in ramp mode.
 - Set up the oscilloscope in XY mode with $x = 1 \text{ V/div}$ and $y = 2 \text{ V/div}$.
 - Gradually increase the heater voltage till the filament starts to faintly glow red. Then wait 30 seconds till it reaches its operating temperature.
 - Set the minimum acceleration voltage to zero, choose a maximum acceleration voltage of 80 V and set the control grid voltage to 9 V.
- The ideal filament voltage should be between 4 and 12 V. This differs from tube to tube due to manufacturing tolerances.
- Gradually increase the filament voltage until an orange glow appears between the cathode and the grid. Then turn down the filament voltage till the glow disappears and only the filament is glowing.
 - Gradually increase the decelerating voltage until the measured curve (of signal against accelerating voltage) is near horizontal.
 - Increase the gain till the maxima of the Franck-Hertz curve can be seen on the oscilloscope screen.

Franck-Hertz forsøget

Kort lærervejledning

Eksempel på målinger:

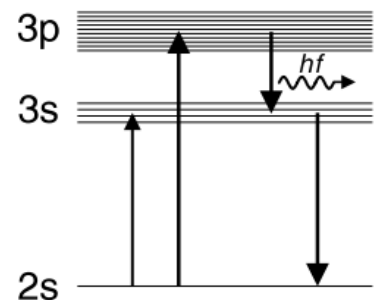


For at opsøge de forskellige maksima, skrues ned for accelerationsspændingen indtil man er ved maksimum. Spændingen kan da aflæses i displayet. Dette passer fint med at spændingen skulle begynde at dykke ved et multiplum af 18 V.

Ekstra forsøg – Emission i neongassen

Når spændingen dykker, er det jo fordi neonatomerne exciteres. Excitationen sker fra grundtilstanden (2s) til tilstanden (3p). Denne overgang svarer til de ca. 18 eV. Men overgangen 3p → 2s er forbudt. Atomet henfalder derfor i første omgang via overgangen 3p → 3s hvor energiforskellene er omkring 2 eV.

Da 3p – underskallen indeholder flere forskellige tilstande, giver dette anledning til en række spektrallinjer i den rødgyldne del af spektret.



Man kan se emissionen med det blotte øje som billedet her viser. Billedet er taget ved en spænding på 46 V. Det betyder at elektronerne har energi nok til at forårsage to excitationer i neongassen. Det ses som to adskilte zoner.

Spektret kan optages med Ocean Optics spektroskopet, som man kan se på grafen for neden. Linjerne kan sammenholdes med databogen.

