

Nogle Forsøg over Frembringelse af Röntgenske Straaler.

Af

Cand. mag. **Martin Knudsen.**

De fleste, som have beskæftiget sig med Fotografering med Röntgens Straaler, have haft Lejlighed til at bemærke, at de almindelige Crookeske Rør efter kort Tids Brug tabe deres Evne til at udsende disse Straaler. For at finde Grunden til denne Ulempe, og om muligt afhjælpe den, har jeg lavet en Del Rør af forskellige Former og udpumpet dem med Toepler-Hagens Kvægsølvsluftpumpe.

Det første Rør gav jeg en Form, der nærmest var en Efterligning af Lenards Rør, naturligvis med Undtagelse af

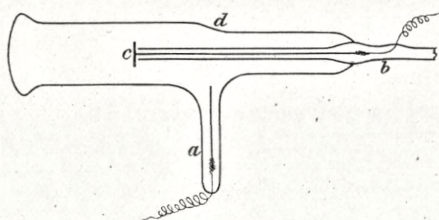


Fig. 1.

Platinrøret og den derpaa anbragte Aluminiumplade. I Stedet for den cylinderformede Anode var som Fig. 1 viser kun indført en Aluminiumtraad, fæstet til en Platintraad gen-

nem Siderøret *a*. Røret *b* smeltedes til Luftpumpen. Først udpumpedes Røret, saa Modstanden i det var lig Modstanden i et 3^{cm} langt Gnismellemrum. Gnisten maalttes, idet den dannedes parallelt med Røret mellem Kugler af 1^{cm} Diameter.

Sendtes Strømmen fra Ruhmkorfferen nu gennem Røret, sank Modstanden hurtig ned til at blive lig Modstanden i en 1^{mm} Gnist, og Røret var nu ude af Stand til at give Röntgenske Straaler, idet disse først fremkomme, naar Modstanden svarer til mindst 5^{mm} Gnist. Det hvide Lys, som fremkom i Røret, tydede paa, at Lufttrykket var blevet forøget derinde, og ved at foretage en Pumpning viste det sig, at dette virkelig var Tilfældet. Man kan nemlig under Pumpningen se, hvorledes Trykket varierer, idet man iagttager, til hvilket Rumfang Luften i Pumpebeholderen skal sammentrykkes for at overvinde Kvægsølvets Haarrørvirkning i det snevre Udløbsrør. Ved at lade Strømmen fra Ruhmkorfferen gaa gennem Røret i lang Tid under stadig Pumpning, kan man bringe Modstanden i Røret op til den oprindelige Værdi og faa den til at holde sig nogenlunde konstant i længere Tid, selv om Maskinen gaar og man ikke pumper. Vendes nu Strømmen, stiger Trykket atter meget hurtigt i Røret, samtidig med at Modstanden synker ned under den for Frembringelse af de Röntgenske Straaler tilladelige Værdi. Ved stadig Udpumpning, mens Strømmen sendes gennem Røret, bringes Modstanden atter op, og efter at have skiftet Strømmen nogle Gange og bragt Trykket ned til den ønskede Værdi, kan man smelte Røret fra Pumpen. Hvor længe et saadant Rør kan bruges efter Afsmeltningen, retter sig efter Rørets Størrelse og den Tid, i hvilken man har ladet Strømmen gaa igennem det under Udpumpningen.

Forsøget viser saaledes, at den ene Elektrode afgiver en begrænset Luftmængde, saa længe Strømmen gaar samme Vej, medens den anden Elektrode slet ikke afgiver noget eller i hvert Fald meget lidt. Om Luftudviklingen skyldes Katoden eller Anoden, bestemte jeg ved at lave et Rør, der kun skilte sig fra det forrige ved, at en cylinderbøjet Aluminiumplade lige som i Lenards Rør var fæstet til Aluminiumtraaden ved a . Overfladen af denne Aluminiumcylinder var omtrent 100^{cm^2} , medens Aluminiumpladen c kun var 1^{cm^2} . Det viste sig da,

at Luftudviklingen var langt større, naar Aluminiumcylinderen var Katode end naar den var Anode, og man tør saaledes antage, at det er Katoden, der afgiver Luften. Ved disse Forsøg var et Gnistmelletrum indskudt i Ledningen, da det var vanskeligt at holde Modstanden i Røret saa stor, at Strømmen fra Ruhmkorfferen ikke gik i begge Retninger. Trods flere Dages Pumpning lykkedes det ikke at faa al Luften uddreven af Aluminiumcylinderen, dels fordi den paa Grund af sin Størrelse indeholder megen Luft, dels fordi Udladningen fra hver Overfladeenhed bliver mindre.

Anodens Plads i Røret antages at være ganske ligegyldig, men denne Sætning har jeg ved Forsøg med forskellige Rør ikke funden bekræftet. Saaledes gav det omtalte Rør gode Röntgenske Straaler, naar *a* (Fig. 1) var Katode, Straalerne udgik da fra *d*, medens der slet ikke fremkom Röntgenske Straaler, naar *c* var Katode. Ligeledes gav et cylindrisk Rør, Fig. 2 kun Röntgenske Straaler, naar Aluminiumringen *a* var Katode.

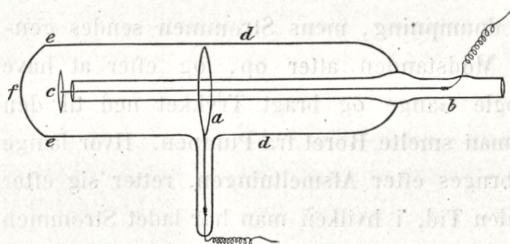


Fig. 2.

Straalerne vare da stærkest ved *f*. Naar *c* var Katode, fluorescerende Glasset fra *e* til *d*, slet ikke ved *f*. Det synes saaledes, som om Katodestraalerne helst gaa fra Katoden til Anoden, eller med andre Ord, at Katodestraalerne i størst Mængde gaa fra Katoden til det Sted af Røret, som har den største positive Spænding.

Vil man lave et Rør, der kan anvendes uden at være i Forbindelse med Pumpen, er der i Følge det foregaaende Grund til at gøre Elektroderne smaa, og selv da er det en langsom Proces at faa al Luften uddreven af dem. Det er fordelagtigt at anbringe en større Luftbeholder paa Røret, i det hele taget

har den i Fig. 3 tegnede Form vist sig praktisk og let at lave. Selve Udladningsrøret *BC* er kegleformet med Anoden *A*, der bestaar af en tynd Aluminiumtraad, der som en Ring bøjes langs Glasvæggen. Katoden *K* er en lille 0,7^{cm} bred Aluminium-

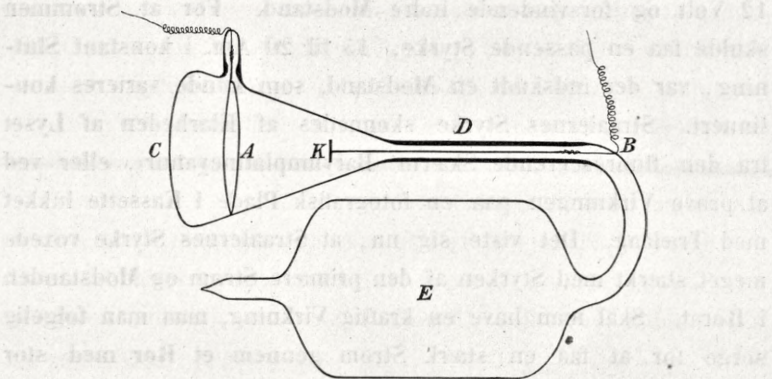


Fig. 3.

plade, der nittes paa Enden af en Aluminiumtraad. Denne Aluminiumtraad føres gennem det snevre men stærke Glasrør *D* hen mod *B* og forbindes der med Platintraaden, som indsmeltes i Glasset. Luftbeholderen *E* rummer c. 300^{ccm}, de øvrige Maal staa i Forhold dertil, som Tegningen viser. Man maa vogte sig for at faa Katodepladen *K* for nær til Glasvæggen, da der i saa Tilfælde kan gaa en gnistlignende Udladning over i Glasset og slaa Hul paa det, eller Udladningen gaar langs Glasvæggen som en gul, lysende Streg hen til Anoden. Idet den ringformede Anode næsten hele Vejen rundt rører ved Glasset, vil Glasbunden *C* faa en Spænding, der ikke er meget forskellig fra Anodens. At dette virkelig har Betydning for Straalernes Udvikling, har jeg set ved at lægge en Aluminiumstrimmel udvendig paa Rørets Bund *C* og forbinde denne Strimmel med Anodeledningen. Straalerne blive da saa stærke i Berøringsfladen, at man ikke ser Skyggen af den 2^{mm} tykke Aluminiumstrimmel paa dette Sted, naar man holder den fluorescerende Skærm lige bag ved.

Ved Forsøg med de forskellige Former af Crookeske Rør, som jeg efterhaanden har lavet, er benyttet en Ruhmkorffs Induktionsrulle, der kan give 10^{cm} lang Gnist mellem Spidser. Den primære Strøm leveredes fra et Akkumulatorbatteri med 12 Volt og forsvindende indre Modstand. For at Strømmen skulde faa en passende Styrke, 15 til 20 Am. i konstant Slutning, var der indskudt en Modstand, som kunde varieres kontinuert. Straalernes Styrke skønnedes af Klarheden af Lyset fra den fluorescerende Skærm (Baryumplatincyranur), eller ved at prøve Virkningen paa en fotografisk Plade i Kasse med Trælaag. Det viste sig nu, at Straalernes Styrke voxede meget stærkt med Styrken af den primære Strøm og Modstanden i Røret. Skal man have en kraftig Virkning, maa man følgelig sørge for at faa en stærk Strøm gennem et Rør med stor Modstand. Dette kan imidlertid vanskeligt gøres med et almindeligt Crookes Rør, hvor Katodestraalerne udgaa fra en lille Aluminiumplade og træffe en Glasbund, idet selve Katoden bliver meget varm, i et af mine Forsøg smeltede den endogsaa bort; og skal Straalerne koncentreres temmelig stærkt paa Glasbunden, hvilket jo er nødvendigt for at faa skarpe Billeder, vil ogsaa Glasset blive varmt. I et andet Forsøg sprang saaledes Glasset, der hvor det blev ramt af Katodestraalerne. Disse Vanskeligheder har jeg undgaaet ved det i Fig. 4 tegnede Rør.

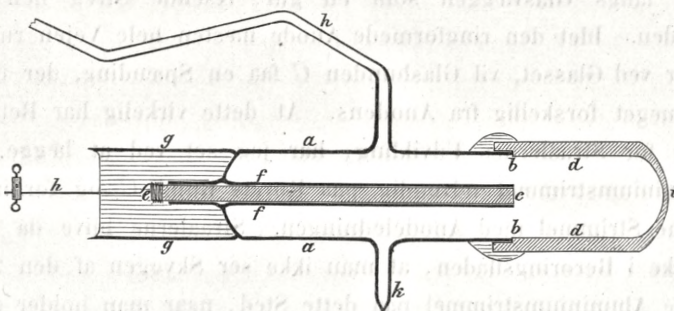
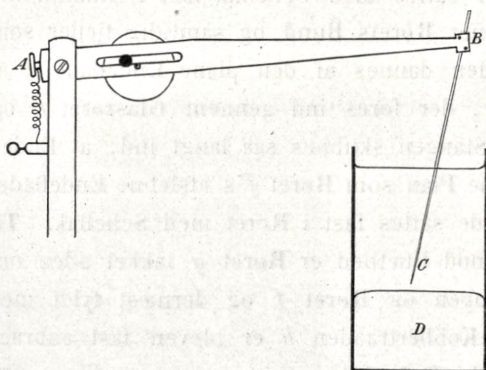


Fig. 4.

aa er et tykvægget, 35^{cm} langt, 35^{cm} vidt, vandret liggende Glasrør, i hvis ene Ende et 1^{cm} vidt Glasrør *ff* er indblæst. Begge Rørene ere plant afslebne ved Enderne *bb* og *c*. Enden *bb* af det vide Glasrør sattes med Schellak fast i Aluminiumhylsteret *dd*, der danner Rørets Bund og samtidig tjener som Anode, medens Katoden dannes af den plane Endeflade *c* af en Aluminiumstang *ec*, der føres ind gennem Glasrøret *f* og næsten fylder dette. Stangen skubbes saa langt ind, at Endefladen *c* ligger i samme Plan som Røret *f*'s afslebne Endeflade, medens den anden Ende sattes fast i Røret med Schellak. Til yderligere Sikkerhed mod Utæthed er Røret *g* lakket uden om den frie Ende af Stangen og Røret *f* og dernæst fyldt med smeltet Beg efter at Kobbertraaden *h* er bleven fast anbragt paa *ec*. Den cylindriske Del af Aluminiumhylsteret *dd* er 8^{cm} lang og 0,5^{cm} tyk, den hvælvede Bund er kun 0,2^{cm} tyk. Hele Stykket er drejet ud af en støbt Aluminiumsklods af rent Metal (ikke legeret med Kobber). Forbindelsen med Glasrøret tættes med et Lag Beg. Røret *h* fører til Pumpen, *k* tjener til Paafyldning af tør Luft. Naar Luften i Røret er bleven tør, smeltes *k* til, og den egentlige Udpumpning kan begynde. I dette Rør kan Katoden *c* vanskelig opvarmes stærkt, da Varmen ledes bort gennem den tykke Aluminiumstang. Katodestraalerne træffe Aluminiumbunden *i*, og derfra ledes Varmen ud i de tykke cylindriske Vægge, der kunne afsvales ved en Vandstrøm gennem et Blyrør, der i flere Spiralvindinger dækker den cylindriske Del af Aluminiumhylstret og lidt af Glasrøret. Det ses, at man i det saaledes konstruerede Rør har den største Spændingsforskel mellem Katoden og Aluminiumhylsteret, hvoraf Straalerne komme ud. I Begyndelsen var den Luftudvikling, som den elektriske Strøm fremkalder i Røret, saa stærk, at Røret kun gav Röntgenske Straaler et Øjeblik efter hver Pumpning. Den resterende Fugtighed blev efterhaanden uddreven af denne Luft fra Aluminiumstangen, og efter nogle Dages Forløb behøvede man kun at pumpe hver femte Minut for at have en

nogenlunde konstant Straaleudvikling. Strømmen leveredes af en stor Ruhmkorffs Maskine, der kan give en 30^{cm} lang Gnist mellem Spidser. Middelværdien af den primære Strøm var



6—10 Am. Afbrydningen besørgedes af en lille elektrisk Motor paa $\frac{1}{10}$ Hests Kraft og 1500 Omdrejninger i Minuttet. Paa dens Axe var anbragt en Skive med en excentrisk Tap, der kunde passere

frem og tilbage i

en Slidse i Vægtstangen *AB* (Fig. 5). Ligesom i Foucaults Vippe sker Afbrydningen her, idet Metaltraaden *BC* løftes op af Kvægsølv *D*.

Til Frembringelse af Röntgenske Straaler har Røret vist sig at være godt. Man kan saaledes se den fluorescerende Skærm lyse, naar den holdes i en Afstand af 4 Meter fra Røret. Straalerne kunne ogsaa bringe Skærmen til at lyse efter at være gaaede igennem Brystet, Halsen eller Hovedet af et voxent Menneske. Et Fotografi er taget af et Hoved, saaledes at Billedet viser Ansigtprofilen. Man ser tydelig Kindbenene, de enkelte Tænder samt en Enøre, som laa mellem Kinden og Kasettelaaget. Et tydeligt Billede af Knoglerne i en Haand beholdtes ved i en Afstand af 20^{cm} at exponere i 70 Sekunder, et Billede, som ikke er kendelig forskelligt derfra, ved i en Afstand af 40^{cm} at exponere i 5 Minutter, det er omtrent den firdobbelte Tid for den dobbelte Afstand. Der er gjort en Del Forsøg paa at fotografere Knæled. Pladen har været tilstrækkelig exponeret, men der er kun ringe Kontrast mellem Knogler og Bløddeler paa Billedet. Man er sikkert tilbøjelig til at tro,

at Katodestraalerne fra Aluminiumstangen delvis omdannes til diffuse Röntgenske Straaler, naar de træffe Aluminiumbunden, og fra denne Antagelse vilde man maaske vente, at Straalerne udsendes diffus fra et halvgennemtrængeligt Legeme, som de træffe paa deres Vej, og saaledes forhindre Dannelsen af skarpe Skygebilleder. At dette imidlertid ikke er Tilfældet, fremgaar af følgende Forsøg. Tæt opad Aluminiumbunden F (se Fig. 6) anbragtes en Blyblænder med et cirkelrunt Hul, 4^{mm} i Diameter. I en Afstand af $7\frac{1}{2}^{\text{cm}}$ herfra anbragtes en 2^{mm} tyk Aluminiumplade A med en vandret Kant i Højde med Hullet i Blypladen. 10^{cm} fra F stilledes en lodret Blystang B , 8^{mm} bred, og atter 10^{cm} fra denne den

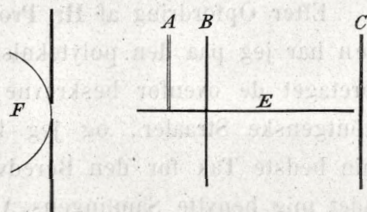


Fig. 6.

fotografiske Plade C i sin Kasse. E er en vandret Blyplade, anbragt for at forhindre mulige Straaler fra Aluminiumpladen A i at paavirke den fotografiske Plades nederste Del. Exponeringen varede 5 Minutter, og Billedet viste, at Aluminiumpladen kun havde tilbageholdt nogle Straaler og ikke fungeret som Straalegiver, idet Blystangens Skygge var lige skarp baade i og udenfor den af Aluminiumpladen dækkede Del. Skyggenes Størrelse og Skarphed forandres heller ikke, naar Skyggegiveren nedsænkes i et straaleabsorberende Medium, f. Ex. Vand. Dette viste sig ved at stikke en Blystang halvt ned i et 10^{cm} vidt Elementglas, fyldt med Vand. Vandet stod i Højde med Rørets Bund og Skyggen iagttoges paa den fluorescerende Skærm. Medens Straalerne, efter at være passerede gennem det 10^{cm} tykke Vandlag og de to tilsammen 7^{mm} tykke Glasvægge, kunde faa Skærmen til at fluorescere, modtog en fotografisk Plade, som $\frac{1}{2}$ Time holdtes i Skærmens Sted, ingen synlig Paavirkning. Det er da rimeligt at antage, at der findes flere Slags Straaler, nogle mere, andre mindre gennemtrængende. De

meget gennemtrængende Straaler, som ere komne igennem Vandet, gaa følgerig gennem den fotografiske Plade uden at øve nogen kemisk Virkning, medens de formaa at bringe Bariumplatincyannur til at fluorescere. At den fotografiske Plade ikke paavirkes af de meget gennemtrængende Straaler, er rimeligvis Grunden til, at Skygebilledet af Knoglerne i en Haand viser langt større Kontraster paa Fotografiet end paa Skærmen.

Efter Opfordring af Hr. Professor, Dr. med. C. Christiansen har jeg paa den polytekniske Lærestalts fysiske Samling foretaget de ovenfor beskrevne Forsøg over Frembringelse af Röntgenske Straaler, og jeg bringer herved Hr. Professoren min bedste Tak for den Beredvillighed, med hvilken han har ladet mig benytte Samlingens Apparater og Lokaler.