

Närvarande: Ungefär 300 personer.

### § 1

Sammanträdet öppnades av ordföranden Ingenjör Stenkvist, som hälsade klubbens medlemmar välkomna och också vände sig till de många inbjudna gästerna. Han hälsade även kvällens föredragshållare, professor Hannes Alfvén, välkommen.

### § 2

Till justeringsmän utsågos ingenjör G Bengtsson och doktor E Uhlmann.

### § 3

Professor Alfvén höll föredrag över ämnet "Om utvinning av atomkärnans energi".

Den naturvetenskapliga forskningen har minst lika stor betydelse som den tekniska, ett faktum som kraftigt understrykes av atombombens utveckling. Det samspel, som förefanns mellan fysik och teknik under elektroteknikens utveckling, upprepas nu vid utnyttningen av atomkärneprocesserna.

Rutherford och Bohr ha härvid spelat samma roll som Faraday och Maxwell inom elektrotekniken.

Föredragshållaren beskrev atomkärnans uppbyggnad i stora drag och redogjorde för Rutherfords experiment med  $\alpha$ -partikelbombardemang samt för hur denne från dessa experiment kunde dra slutsatser om atomkärnans uppbyggnad.

På 1930-talet sköt forskningen ny fart, eftersom fysikerna då lärde sig elektroteknik. De skaffade sålunda dels högspänningsanläggningar, varmed laddade partiklar kunde bibringas större hastighet. Vidare lärde de sig att använda elektriska metoder för mätning, t.ex. Geiger-Müller-rör. Ett stort framsteg gjordes, då neutronen upptäcktes. Man kunde därigenom erhålla en mera tilltalande teori för kärnans uppbyggnad.

Därefter redogjordes för en del uranisotoper, bl.a.  $^{235}\text{U}$  och  $^{238}\text{U}$ . Med hjälp av neutronen har man större möjlighet att åstadkomma atomkärnereaktioner än tidigare.  $^{235}\text{U}$  har den speciella egenskapen att den vid en atomkärnereaktion, som sättes i gång av en neutron, såsom slutprodukt lämnar 2 helt nya atomkärnor + ett antal fria neutroner. Klyvningen eller, som den också kallas, fissionen sker under utveckling av synnerligen stor energi. Det viktiga med processen är, att varje fission som sagt medför en nybildning av fria neutroner. Genom dessa kan en ny fission inledas, och man kan sålunda få en kedjereaktion under en våldsam energiutveckling.

Svårigheten är nu, att isotopen  $^{235}\text{U}$  förekommer tillsammans med  $^{238}\text{U}$

och att den förstnämnda endast utgör mindre än 1 % av den totala mängden uran.  $^{238}\text{U}$  motverkar kedjereaktionen. Den absorberar nämligen neutronerna, innan de bromsats ned så mycket, att de kunna inleda en reaktion i  $^{235}\text{U}$ . Endast de neutroner, som klara sig igenom  $^{238}\text{U}$ :s uppbromsningsområde, kunna således utnyttjas för kedjereaktioner. Det är mycket svårt att skilja de 2 isotoperna åt, eftersom de ha samma kemiska egenskaper. Det går emellertid, men de ekonomiska kostnaderna äro synnerligen stora.

En viktig faktor att taga med i beräkningen är också, att en viss minsta mängd uran måste förekomma, för att kedjereaktioner skola kunna äga rum. Två uranmängder, var och en under denna kritiska storlek, äro var för sig alldeles ofarliga som bomber betraktade. För man dem emellertid ihop med stor hastighet och därvid en uranmängd över den kritiska storleken erhålles, inträda kedjereaktioner med en kraftig explosion som följd. Åtminstone en typ av de hittills släppta atombomberna ha varit av den ovan beskrivna sorten.

Det finns en annan typ av atomklyvning, som ger långsammare energiutveckling och därför är intressantare för fredliga förhållanden. Vid denna typ av atombomb använder man det nyupptäckta ämnet plutonium, som liksom uran 235 kan undergå klyvning vid neutronbombardemang. Vid framställning av plutonium, vilken också sker genom atomkärneklyvning, frigöras stora energimängder, som kunna utnyttjas på fredlig väg. Fördelen att använda plutonium för atombomber ligger väsentligen i att plutonium kemiskt kan separeras från uran. Det svåra är att få i gång den reaktion, som ger plutonium. Utgångsämnet är här uran 238, som bombarderas med neutroner. Härvid bildas uran 239, som är radioaktivt och sönderfaller till neptunium, vilket också är radioaktivt och i sin tur sönderfaller till plutonium. Dessa processer ske under energiutveckling. För neutronbombardemanget av uran 238 användas neutroner, som bildas vid klyvning av uran 235. Hela den tekniska processen sker i en s.k. "stapel" eller "mila": stavar av uran, inbäddade i grafit eller tungt vatten. De sistnämnda ämnena verka som moderatorer, vilka bromsa upp de neutroner som skickas ut från atomkärneklyvningar vid stavarna. Genom lämplig avpassning av moderatorerna kan man bromsa ned neutronerna till de låga hastigheter, som behövas för fission av uran 235, så att neutronbildningen hålles i gång.

Mängden av uran, som fordras för denna process, bör nog räknas i ton. Ämnet måste också vara kemiskt rent. Amerikanerna tyckas ju ha löst problemet om den tekniska framställningen, även om de gjort det utan att sky några kostnader.

Den 2 december 1942 är ett historiskt datum, eftersom den första stapeln då kom i gång i närheten av Chicago, även om stapelns effektutveckling var så låg som 0,5 watt.

Om 1 kg. plutonium tillverkas per dag, uppstår en effekt av  $10^6$  kW.

Ännu har man ej börjat utnyttja denna energi utan endast haft intresse för slutprodukten plutonium. En stor svårighet är den radioaktiva strålning, som erhålles under processen. Det är givetvis slutligen av intresse att göra klart för sig kostnaderna för denna energi. Då 1 kg. av uran 235 klyves, erhålles  $2 \times 10^7$  kWh. Det är emellertid svårt att säga, hur mycket 1 kg. uran 235 eller 1 kg. plutonium kostar för närvarande.

#### § 4.

Ingenjör Stenkvist tackade föredragshållaren för det intressanta föredraget. Man har läst mycket i tidningarna om atombomberna, och det har varit mycket intressant att få saken klarlagd på ett så förnämligt sätt som i kväll. Ingenjör Stenkvist påpekade också, hur krigstiden, genom att man helt bortser från de ekonomiska faktorerna, kan befördra utvecklingen.

#### § 5.

Ordet lämnades fritt för diskussion.

Ingenjör Robert Svensson: De formler, som föredragshållaren använt sig av, uppvisa ej någon skillnad i massan före och efter atomklyvningen. Man ser ofta, att det är massan som övergår till energi. Hur stämmer detta med föredragshållarens framställning?

Professor Alfvén: Enligt relativitetsprincipen äro massa och energi ekvivalenta. Energin, som frigöres, har en viss massa. Det går alltså en viss massa förlörd. De massvärden, som angivits i mina formler, ha varit avrundade tal. Det är decimalerna, som ha täckt massförlusten. Som exempel kan nämnas att 200 miljoner elektronvolt motsvara 0,2 massenheter ungefär.

Ingenjör Plöön: Föredragshållaren nämnde, att kärnan ej kan innehålla elektroner. Vid en av de visade reaktionerna bildades dock en elektron. Hur skall man förklar detta?

Professor Alfvén: En av neutronerna i kärnan har vid reaktionen omvandlats till en proton, varvid en elektron bildades.

Ingenjör Wennerlund: Kan man tänka sig ha möjlighet att utnyttja atomklyvningsprocesserna på så sätt, att man därigenom skaffar sig en del numera sällsynta ämnen, som kunna ha stor teknisk betydelse?

Professor Alfvén: Detta är ej sannolikt. Jämfört med de energiomsättningar, som äro förknippade med atomklyvningen, ha ämnena säkerligen litet ekonomiskt värde.

Ingenjör Nordfeldt: Hur stor är halveringstiden för plutonium?

Professor Alfvén: Tusentals år.

D:r Lamm: Jag har 2 frågor att komma med: 1) Fyller det tunga vattnet verkligen ingen annan funktion än att bromsa upp neutronerna? Hur är det med dess radioaktivitet? 2) Av vilken typ äro de kärnprocesser i solen, som lämna solenergin?

Professor Alfvén: Då det gäller att åstadkomma kärnreaktioner, har det visat sig vara lättare att bombardera med tungt vatten än med protoner. I "staplarna" användes dock det tunga vattnet säkerligen endast som moderator. Svårigheten

att få tag i tungt vatten har dock gjort, att amerikanerna i stället använt grafit i stor utsträckning.

Kärnreaktionerna i solen bestå av den s.k. kol-kväve-cykeln. Utgående från en kolatom och 4 väteatomer sker en hel serie kärnreaktioner, vilka som slut produkt giva en kolatom och en heliumatom + energi. Kolet och kvävet äro endast katalysatorer. Troligen giva de flesta andra stjärnor också energi på ett liknande sätt.

Ingenjör Uho Olsson: Hur kan man förklara, att en atomkärna med en viss elektrisk laddning kan hålla ihop? Det måste tydligen finnas några krafter, som motverka de elektrostatiske krafterna.

Professor Alfvén: Ja, det finns dylika s.k. molekyllära krafter, som äro av annan natur än de coulombska. Orsaken till att man ej har större kärnvikt än 239 beror just på de elektrostatiske krafternas splittrande verkan.

Ingenjör Hyltén-Cavallius: Finns det verkligen stabila atomkärnor? Kan det inte tänkas vara så, att alla kärnor äro labila men att halveringstiden i en del fall är så lång, att den ej kan mätas?

Professor Alfvén: Man har ingen anledning att antaga labilitet hos t.ex. syre 16. Däremot äro troligen alla ämnen med atomvikter större än blyets labila.

Ingenjör Plöen: Kan man teoretiskt reda ut labilitetsförhållandena?

Professor Alfvén: Ja, men labiliteten är av olika slag i olika fall. Principiellt kan man räkna ut halveringstiden.

D:r Ernst Olsson: Är det känt, hur tekniken har varit för själva utlösandet av atombomben, när den enligt uppgift fälldes med fallskärm över Nagasaki och bringades att explodera på en viss höjd över marken?

Professor Alfvén: Något bestämt härom vet jag icke. I detta sammanhang kan påpeka att det på sina håll har förekommit, att atombombens verkningar nonchalerats.

Man kan dock besinna, att bomberna mot Japan voro de första i sitt slag. Man bör naturligtvis vänta sig, att framtidens atombomber ha mycket kraftigare verkningar.

Ingenjör Plöen: Finns det risk för att vår jord så småningom övergår till en sol?

Professor Alfvén: På grundval av vad man nu känner till, måste man svara nej på den frågan.

Ingenjör Robert Svensson: Hur kan man förklara, att en del radioaktiva atomkärnor vänta en miljon år med att falla sönder och att en del sprängas direkt? Är det någon viss konstellation hos elementarpartiklarna, som bestämmer detta?

Professor Alfvén: Det är svårt att säga något bestämt om saken. Det enda man med säkerhet kan säga är att det finns en viss probabilitet för sönderfall.

## § 6

Ordföranden förklarade diskussionen avslutad kl. 21.40, varefter 47 per-

soner begåvo sig till Gustavsberg för en animerad eftersits.

Vid protokollet:

P. Lammalund  
sekreterare

Justeras:

G. Högström E. Malmgren