



LUND UNIVERSITY

Solkoronans gåta

Om mannen som lyckades lösa den och samtidigt bevisa att strax utanför solens yta är temperaturen 2 miljoner grader och inte 6000 som man tidigare trott.

Litzén, Ulf; Holmin Verdozzi, Kristina; Forkman, Bengt

Published in:

Fysik i Lund i tid och rum

2016

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Litzén, U., Holmin Verdozzi, K. (Red.), & Forkman, B. (Red.) (2016). Solkoronans gåta: Om mannen som lyckades lösa den och samtidigt bevisa att strax utanför solens yta är temperaturen 2 miljoner grader och inte 6000 som man tidigare trott. I *Fysik i Lund i tid och rum*

Total number of authors:

3

Creative Commons License:

CC BY

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Solkoronans gåta

Om mannen som lyckades lösa den och samtidigt bevisa att strax utanför solens yta är temperaturen 2 miljoner grader och inte 6 000 som man tidigare trott.

Bengt Edlén, atomspektroskopist



Bengt Edlén föddes i Gusum i Östergötland 1906. Efter studentexamen i Norrköping började han sina studier i Uppsala 1927.

Han tog sin kandidatexamen redan efter tre terminer, och började som forskarstuderande hos Manne Siegbahn, röntgenspektroskopisten och Nobelpristagaren från Lund.

Forskningsuppgiften omfattade undersökningar av spektra i kortvågigt ultraviolett av högt joniserade atomer, atomer som förlorat ett stort antal elektroner.



Bengt Edlén var äldst i en syskonskara av fem barn.

Solens korona



Vid en solförmörkelse, då själva solskivan är skymd, kan man se solkoronan, ett lysande område utanför solranden.





Koronium, ett okänt grundämne?



Bengt Edlén

Redan 1869 hade man registrerat spektrum från koronan. Spektrallinjerna man observerade, cirka 20 stycken, var okända, och fanns inte i spektrum från någon jordisk ljuskälla.

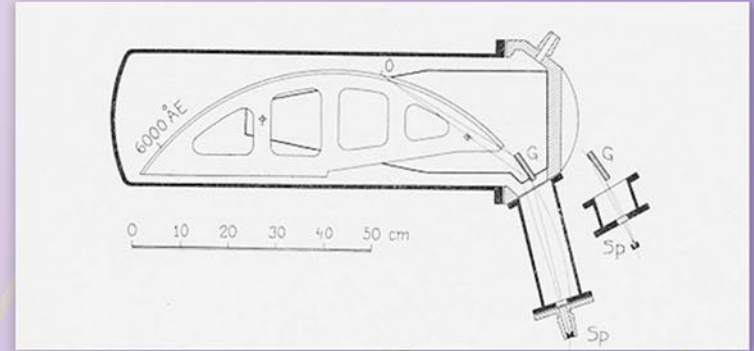
Många olika förklaringar diskuterades – man föreslog till och med att koronans spektrum skulle komma från ett okänt grundämne som inte fanns på jorden, och som man döpte till koronium. Janne Rydberg försökte placera in koronium i det periodiska systemet.

Lösningen på problemet gavs 1941 av Bengt Edlén.

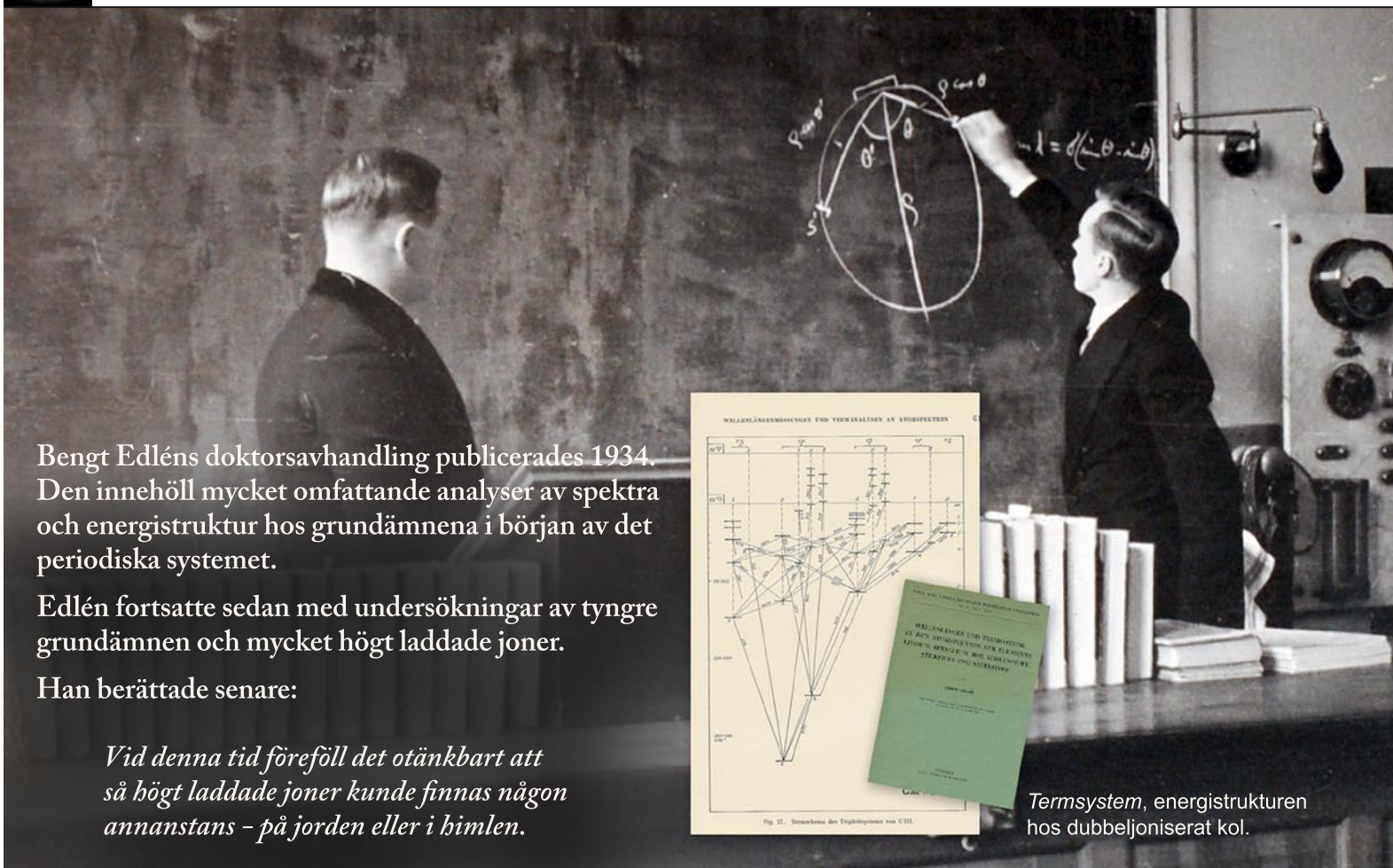
Atomspektroskopi

I en atom som exciteras, får ett överskott av energi, går en eller flera elektroner upp till ett högre energitillstånd. När en elektron sedan återgår till ett tillstånd med lägre energi strålas energin ut som ljus vid bestämda våglängder. Mäter man våglängderna hos dessa spektrallinjer kan man bestämma de olika energitillstånden, atomens energistruktur.

Bengt Edlén använde gnisturladdningar vid 80 000 volt för att jonisera och excitera atomerna. Spektrum registrerades fotografiskt i en spektrograf, specialkonstruerad för ultraviolett strålning.



Doktorsavhandlingen



Bengt Edlén's doktorsavhandling publicerades 1934. Den innehöll mycket omfattande analyser av spektra och energistruktur hos grundämnena i början av det periodiska systemet.

Edlén fortsatte sedan med undersökningar av tyngre grundämnena och mycket högt laddade joner.

Han berättade senare:

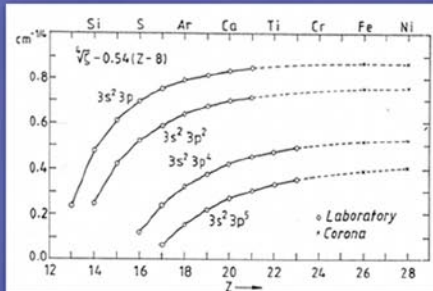
Vid denna tid föreföll det otänkbart att så högt laddade joner kunde finnas någon annanstans – på jorden eller i himlen.

Termssystem, energistruktur hos dubbeljoniserat kol.

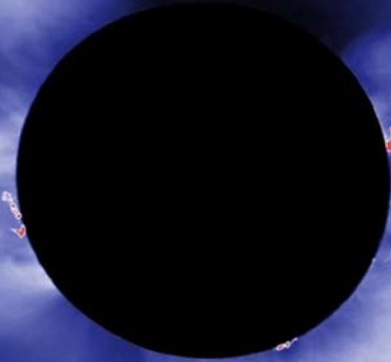
Koronagåtans lösning

Med hjälp av sina nya mätningar och analyser kunde Bengt Edlén 1941 visa att de okända linjerna i koronans spektrum var så kallade förbjudna linjer från mycket högt laddade joner av kalcium, järn och nickel.

Sådana förbjudna linjer kan bara uppstå i materia med mycket låg densitet där atomerna sällan utsätts för kollisioner. Därför kunde de inte observeras i laboratoriet.



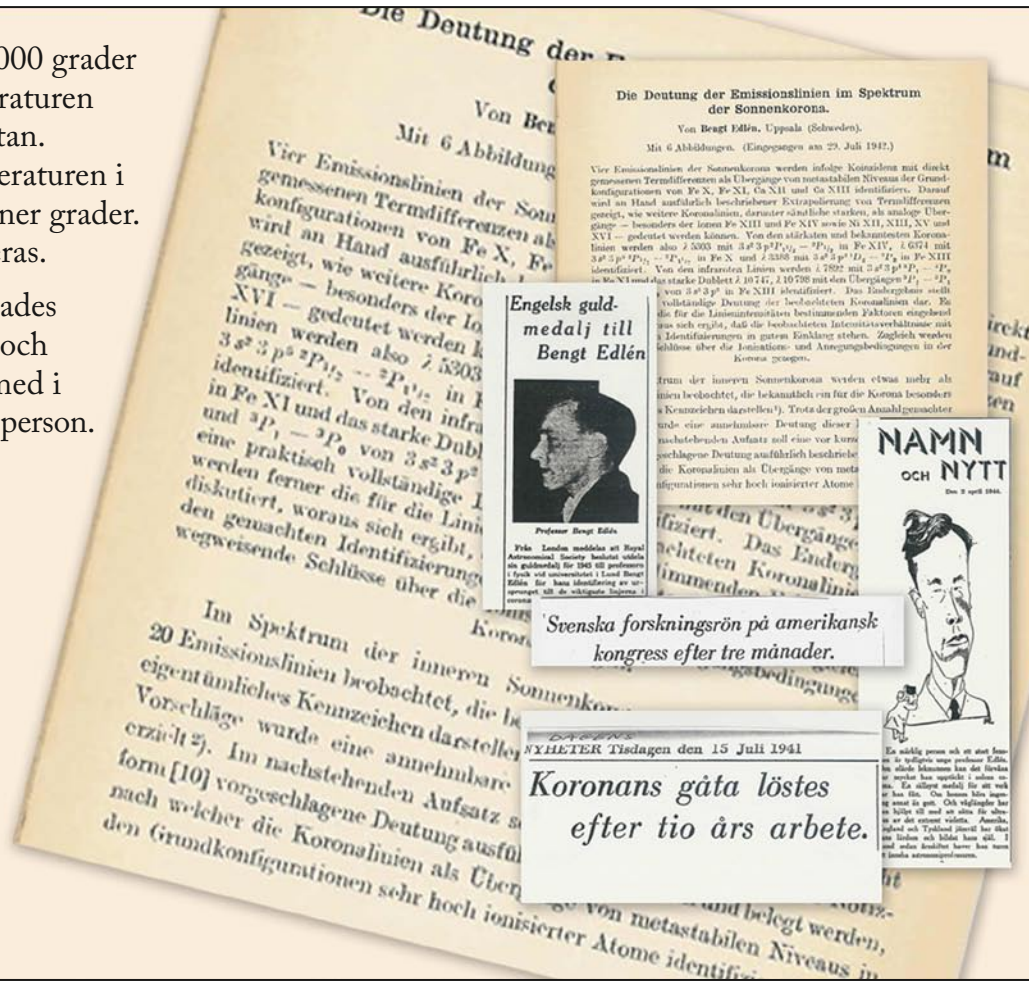
Några av de 20 koronalinjerna kunde Edlén identifiera direkt från sina nya analyser av atomstrukturen, men i andra fall byggde han på noggranna extrapolationer.



Solen i nytt ljus

Temperaturen på solens yta är cirka 6 000 grader Celcius. Man antog tidigare att temperaturen utanför solen var mycket lägre än på ytan. Edlén's resultat visade istället att temperaturen i koronan måste vara omkring två miljoner grader. Bilden av solens byggnad måste revideras.

Tolkningen av koronalinjerna publicerades naturligtvis i vetenskapliga tidskrifter, och väckte stor uppmärksamhet. Till och med i dagspressen blev Bengt Edlén en känd person.



Beräkningar och analyser

Edléns tidiga arbeten utfördes före datorernas tid. Ett viktigt hjälpmedel i analysen var diagram, där skalorna och enheterna var valda så att eventuella fel eller avvikelser lätt skulle kunna avslöjas.

Beräkningarna utförde han med hjälp av en mekanisk räknemaskin, en så kallad Odhnersnurra.



Bengt Edlén och den så kallade Odhnersnurran.





Till Lund

1943 utnämndes Bengt Edlén till professor i fysik vid Lunds universitet. Det fanns då bara en fysikprofessur här. Bland tidigare innehavare fanns Rydberg och Siegbahn.

En av Edléns första uppgifter blev att leda planeringen av en ny institutionsbyggnad.



Den nya byggnaden invigdes 31 maj 1951 av Kung Gustaf VI Adolf.



Atomspektroskopi i Lund



Spektroskopiforskning hade funnits i Lund sedan Rydbergs och Siegbahns tid. Edlén kunde nu bygga vidare på den verksamheten, och hans forskargrupp utvidgade undersökningarna till att omfatta alltmer komplicerade atomer.

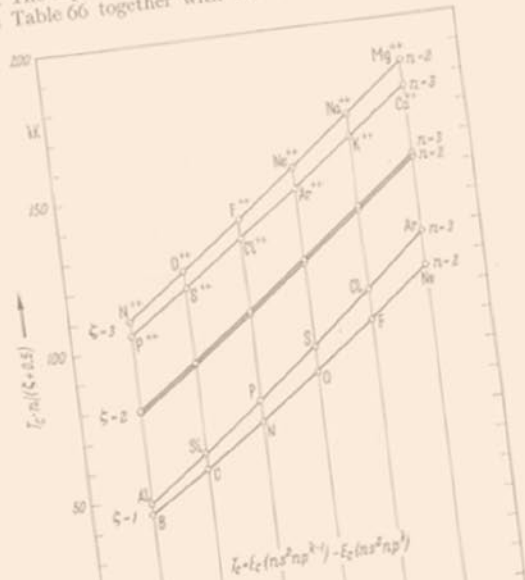
Nya spektrografer och ljuskällor för olika typer av atomer och jonisationsstadier konstruerades.

Edlén var nu välkänd i forskarvärlden. Han anlätades som spektroskopiexpert, i bland annat International Astronomical Union, och i den internationella kommitté som utarbetade den nya meterdefinitionen.



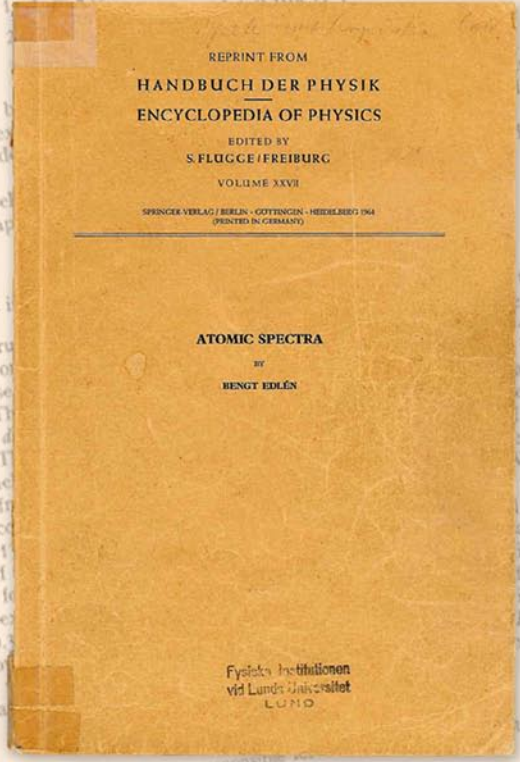
Handboksartikeln

type of the curves in Fig. 79. The experimental data $T_e(\text{obs})$ that were obtained from the measurements are given in Table 66 together with the values $T_e(\text{calc})$ obtained from the formula



The differences between the error limits of the eye accuracy, give no difference in form. Some simple relations to the following apply

which comprises 40. Term structures of the iron (Table 2) all arise from the ionized atoms of the iron (cf. Fig. 79). The incomplete shells kinds arising from the of d^4s^2 is, of course recall (Sect. 1). The terms of the system for the energy of the system [cf. Eq. (40.3)] are, therefore, to know where the terms B and C are



1962 publicerade Bengt Edlén *Atomic Spectra* in *Handbuch der Physik*. Artikeln på 220 sidor innehåller en sammanfattning av allt som vid den tiden var känt från mätningar av atomspektra, beskrivet i text, formler, tabeller och diagram.

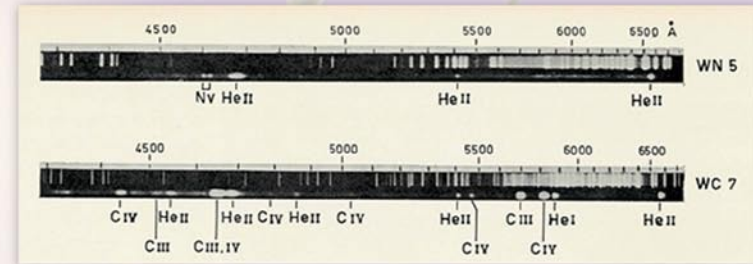
The configurations that are responsible for the spectra are contained in the following three groups:
low, even $\begin{cases} nd^k n's^2 \\ nd^{k+1} n's \\ nd^{k+2} \end{cases}$ odd $\begin{cases} nd^k n's n'p \\ nd^{k+1} n'p \end{cases}$ high, even $\begin{cases} nd^k n's \\ nd^{k+1} n's \end{cases}$
where $n' = n + 1$ and $n'' = n + 2$.
From TAS, pp. 202, 206, 233; O. LAPORTE: Phys. Rev. 61, 302 (1942); G. RACAH: Phys. Rev. 61, 305 (1942). See also M.A. CATALAN and M.

Atomer och stjärnor

Bengt Edlén var tidigt intresserad av astronomi. Han började arbeta med en speciell typ av mycket heta stjärnor redan 1931. Han berättar:

Jag betraktar dessa s.k. Wolf-Rayet-stjärnor som mina speciella vänner därför att de gav anledning till mitt första bidrag till astrofysiken.

Arbetet fortsatte i Lund, och tack vare nya laboratoriearbeten kunde han 1956 förklara nästan alla detaljer i dessa stjärnors spektra.



Om man jämför spektrallinjerna i ljuset från en stjärna med laboratoriespektra kan man se vilka grundämnen som finns i stjärnan.

Om man känner atomstrukturen tillräckligt bra kan man med linjerna bestämma hur mycket av varje ämne som finns i stjärnan och stjärnans temperatur.

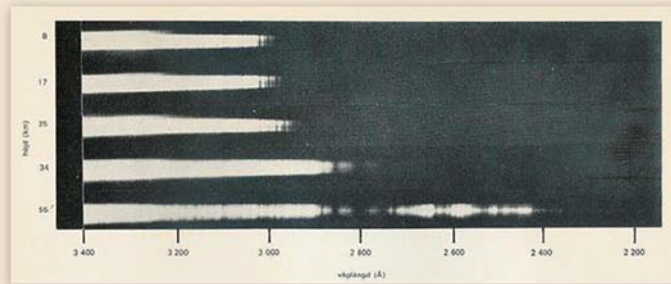


Rymdspektra

Edléns forskning blev högaktuell när rymdforskningen kom i gång. Redan 1946 sändes en raket upp i USA med en spektrograf för den första observationen av solens ultravioletta spektrum.

Ju högre upp man kom i atmosfären, desto mer såg man av solens UV-spektrum. Många av spektrallinjerna kunde identifieras tack vare Edléns tidiga observationer i laboratoriet.

Nya laboratoriedata behövdes, och verksamheten inom spektroskopigruppen i Lund utökades kraftigt.



Solspektrum observerat vid allt högre höjd med den första raketburna spektrografen. I det nedersta spektrogrammet har raketerna passerat igenom ozonskiktet 50 km över jordytan, och man ser för första gången en del av solens UV-spektrum.

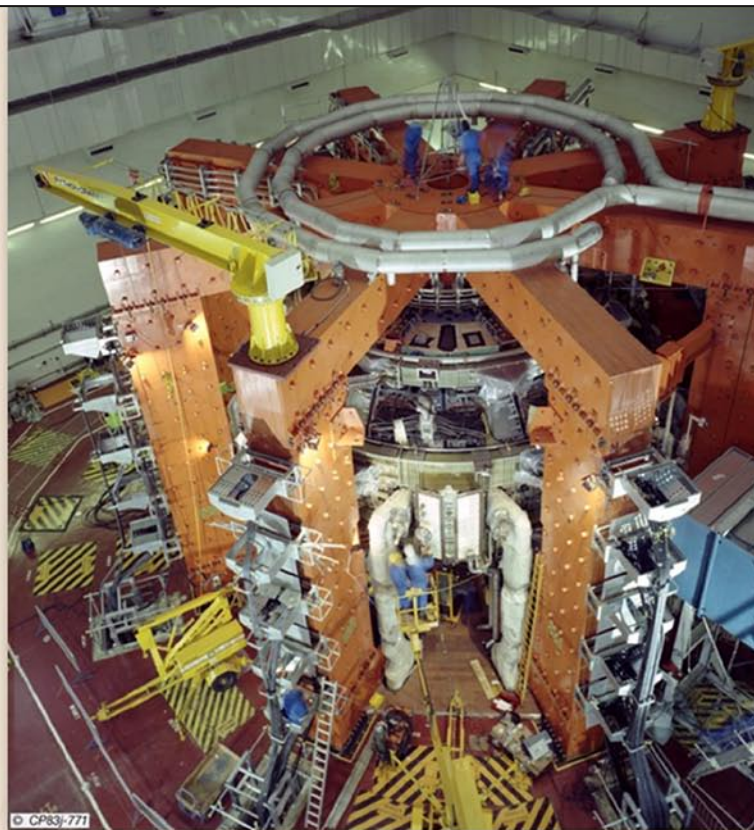


Fusionsforskningen

När Bengt Edlén gått i pension 1973 blev hans tidiga forskning åter aktuell.

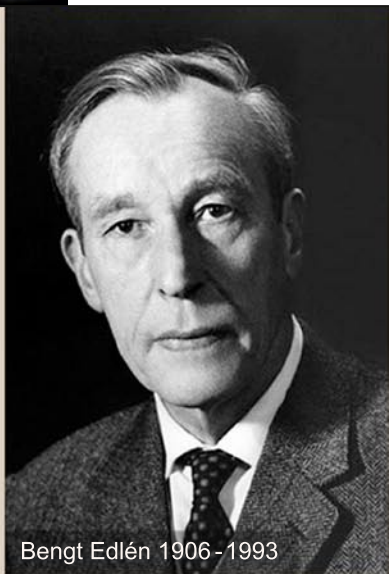
I de stora tokamakerna, där man försöker utvinna energi genom fusion, uppnår man temperaturer på tiotals miljoner grader. Densiteten är låg och plasmat liknar solens korona.

Man kunde där observera förbjudna linjer av samma slag som Edléns koronalinjer. Linjerna visade sig vara det bästa hjälpmedlet för att mäta temperaturen och densiteten i plasmat.



JET tokamak i Culham, England.

Nytt projekt



Bengt Edlén startade nu ett nytt projekt där han kombinerade nya observationer med beräkningar av fysiker i USA och Ryssland, och han kunde på så sätt förutsäga alla relevanta förbjudna linjer i ett stort antal joner. Resultaten publicerade han i en serie artiklar som avslutades 1985.

Forskningen om atomers och joners struktur fortsattes av Edléns efterträdare Indrek Martinson, som utvidgade arbetena till mätningar av de atomära tillståndens livstider.

Astrofysikforskningen fortsattes av en grupp som leddes av Sveneric Johansson.