



LUND UNIVERSITY

Allt ljus på kärnan

Om hur kärnfysiken utvecklades i Lund med elektrostatiskaacceleratorer, elektronacceleratorer, Ur-MAX, LUSY, MAX-lab och nedslag i tillämpad kärnfysik. Fahlander, Claes; Forkman, Bengt; Hellborg, Ragnar; Holmin Verdozzi, Kristina

Published in:
Fysik i Lund i tid och rum

2016

Document Version:
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Fahlander, C., Forkman, B., Hellborg, R., & Holmin Verdozzi, K. (Ed.) (2016). Allt ljus på kärnan: Om hur kärnfysiken utvecklades i Lund med elektrostatiskaacceleratorer, elektronacceleratorer, Ur-MAX, LUSY, MAX-lab och nedslag i tillämpad kärnfysik. In *Fysik i Lund i tid och rum* Gidlunds förlag i samarbete med Fysiska institutionen, Lunds universitet.

Total number of authors:
4

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

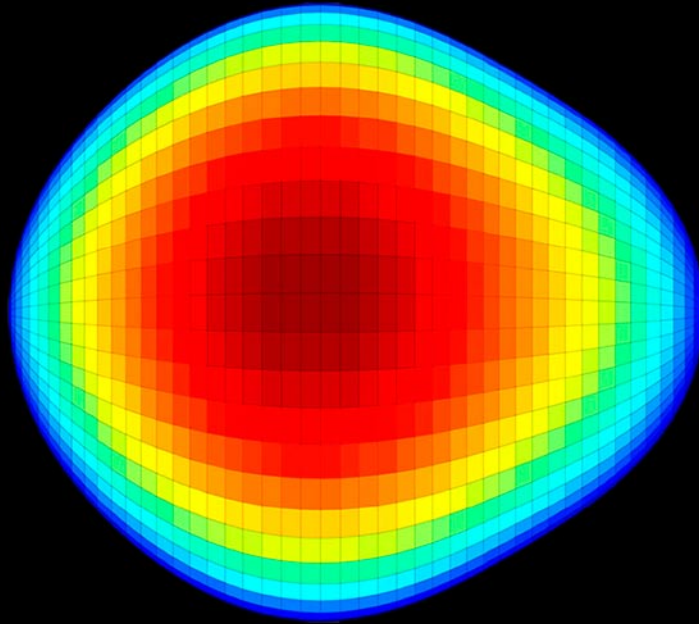
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

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.

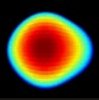
LUND UNIVERSITY

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



Allt ljus på kärnan

Om hur kärnfysiken utvecklades i Lund med elektrostatiska accelerators, elektronacceleratorer, Ur-MAX, LUSY, MAX-lab och nedslag i tillämpad kärnfysik.



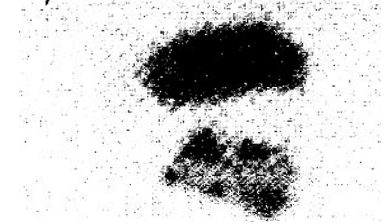
Kärnfysikens utveckling 1896 – 1939

Man kan säga att kärnfysiken startade år 1896, när Henri Becquerel märkte att uransalt sände ut strålning som svärtade fotografiska emulsioner.

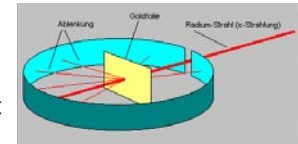
Han trodde att uransaltet måste belysas av solen för att få denna förmåga. Det var mulet i Paris så han framkallade sin inslagna plåt som låg under ett silverkors på vilket det var strött lite uransalt. Till sin förvåning såg han en bild av korset trots frånvaro av sol. Många bidrog sedan med ytterligare kunskap.



Henri Becquerel
Observera det vita korset.



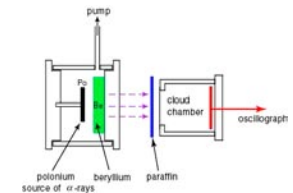
År 1911,
spridning av
 α -partiklar mot
guldfolie.



Ernest Rutherford
År 1919 utfördes
första kärnreaktionen: $\alpha + {}^{14}\text{N} \rightarrow \text{p} + {}^{17}\text{O}$.



James Chadwick
Neutronen upptäcktes 1932.





Kärnfysiken till Lund

Atombomberna som fälldes över Japan 1945 förändrade världen och kärnfysik blev ett nytt forskningsområde, så även i Lund.

Manne Siegbahns elev, Sten von Friesen, kom till Fysiska institutionen i Lund 1946 och fick husera i en barack med fyra små rum. I ett av rummen planerade Hellmuth Hertz för en Van de Graaff-accelerator och i ett annat byggdes en Wilson-dimkammare för kosmisk strålning. I det fjärde rummet samsades Krister Kristiansson som mikroskoperade kärnemulsioner med Sven Johansson som utvecklade elektroniska gamma-detektorer.



Forskargruppen på kärnfysiska avdelningen i Lund under mitten av 1950-talet.

Inklippta överst från vänster: Eskil Möller, Bibijana Dobovisek, Lennart Stigmark, Berndt Waldeskog.

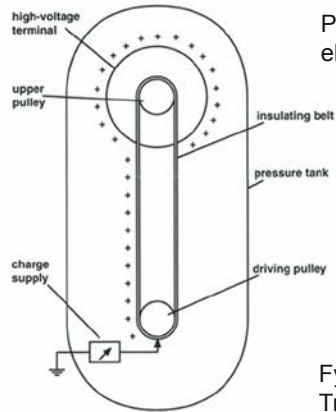
Överst från vänster: Erik Alinder, Börje Persson, Åke Isberg, Nils Norlind, Erik Hellstrand, Lars Hansson, Per-Olof Fröman, Uno Persson.

Mitten från vänster: Nils Starfelt, Nils Svantesson, Laboratorie-assistent, Elvir Andersson, Bengt Forkman, Hans Ryde, Kjell Jönsson, Börje Pettersson, Jan Cederlund.

Nederst från vänster: Göran Leide, Birgit Lindqvist, Holger Sköldbörn, Sven Johansson, Sten von Friesen, Kurt Lidén, Krister Kristiansson, Hellmuth Hertz.

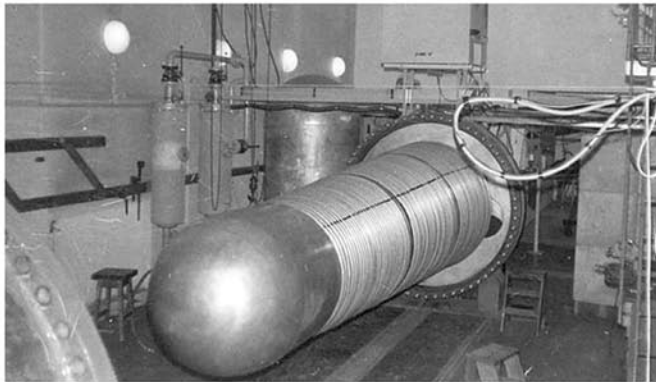


Acceleratorbygge



Principen för en elektrostatisk generator.

Fysicums VdG-accelerator.
Trycktanken som omgav acceleratoren skymtar i förgrunden.



Sten von Friesen reste till USA för att studera nya accelerators. Han fann att en Van de Graaff-accelerator var idealisk eftersom man kunde göra precisionsmätningar med den samtidigt som den borde vara billig i drift.

En nystartad forskargrupp började nu bygga en egen VdG på den nya institutionen i den lokal som nu rymmer biblioteket.

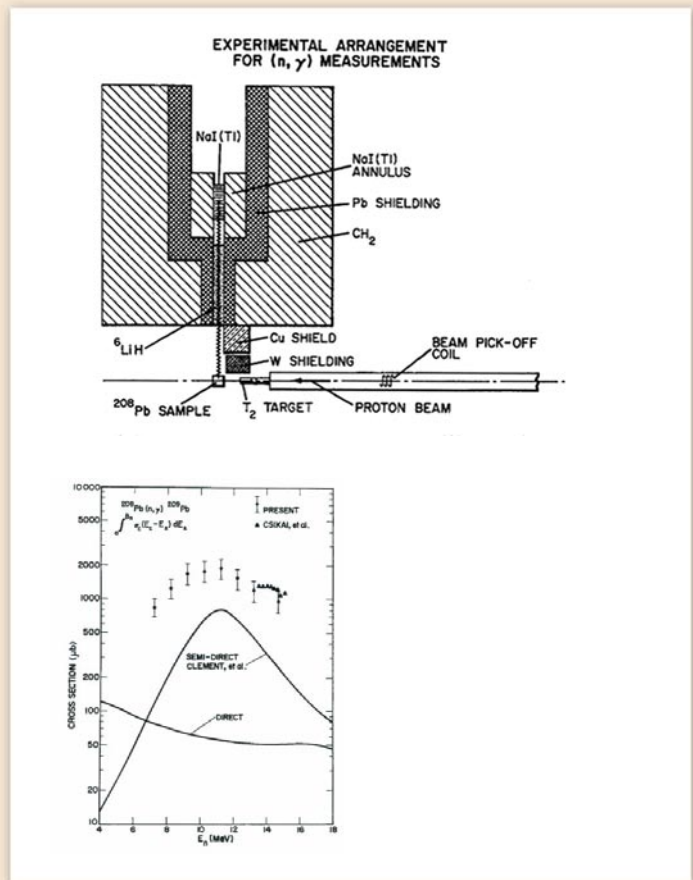
1956 stod acceleratoren färdig för kärnfysikexperiment.

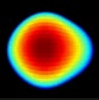


Accelererade protoner

Van de Graaff-acceleratorn kunde producera högspänning upp till 3 MV, (miljoner volt). Den användes för att accelerera protoner, som åstadkom olika processer när de kolliderade med atomkärnor. Bland annat studerade Ingvar Bergqvist och Nils Starfelt snabba neutroner vid kollisionerna.

Neutronerna kunde i sin tur fångas in och bindas i andra kärnor, en process av stort teoretiskt intresse. De snabba neutronerna kan förenas med blykärnan på två sätt: Direkt eller indirekt, över en infångningsresonans. Båda infångningsprocesserna är inblandade.





Pelletronen

År 1972 byttes VdG-acceleratorn ut mot en ny statisk accelerator, en *pelletron*. Laddningstransportbandet ersattes med en kedja av metallkulor, pellets.

I pelletronen kunde man uppnå ett spänningsfall på 6 MV och den kom att få stor betydelse för Fysicum. Förutom den rena kärnfysikforskningen utvecklades här PIXE-metoden för spårämnesanalyser med många tillämpningsområden.

Chef för det nya pelletronlaboratoriet blev Ragnar Hellborg, som innehade befattningen, i drygt 30 år. Till sin hjälp hade han forskningsingenjörerna Kjell Håkansson och Christer Nilsson.



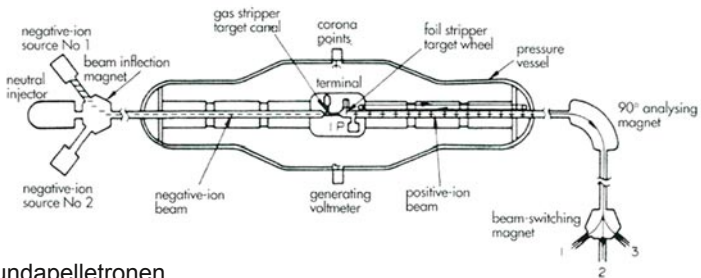
Ragnar Hellborg,
pelletronspecialist.



Kjell Håkansson
forskningsingenjör
och IVA-guldplakett-
innehavare.



Christer Nilsson,
forskningsingenjör
och elitscyklist.



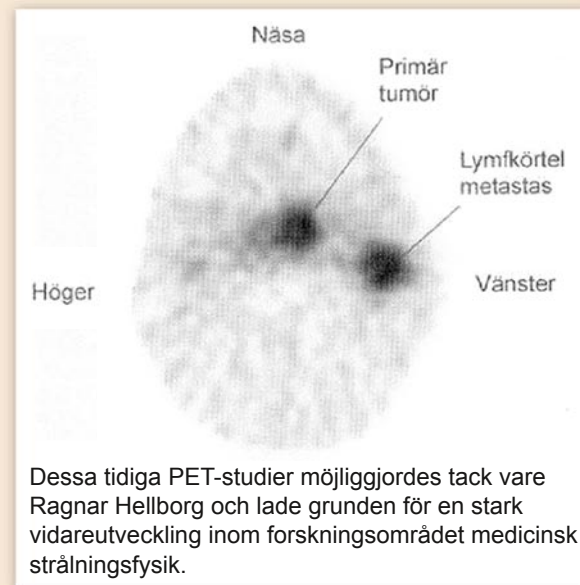
Lundapelletronen



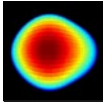
Isotoper för medicinska studier

Isotopen ^{18}F framställs genom kärnreaktionen $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ och är lämplig för medicinska undersökningar. Efter bestrålningen av ^{18}O -rikt vatten extraheras ^{18}F -atomerna och injiceras i patienten. Värdmolekylen deltar i metabolismen i patientens kropp och ansamlas i tumörer. Därefter mäts strålningen från ^{18}F -kärnans sönderfall.

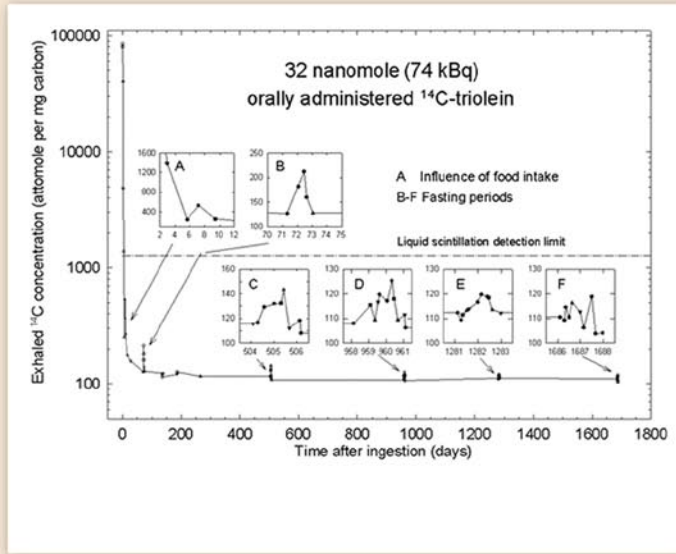
Metoden kallas Positron Emissions Tomografi (PET). En 3-dimensionell bild kan erhållas från det undersökta kroppsområdet.



Dessa tidiga PET-studier möjliggjordes tack vare Ragnar Hellborg och lade grunden för en stark vidareutveckling inom forskningsområdet medicinsk strålningsfysik.



^{14}C – Ett mångsidigt verktyg



Pelletronacceleratorn anpassades under 1990-talet till att utföra masspektrometriska analyser av olika sällsynta radioisotoper. Främst gjordes ^{14}C -analyser inom geologi, arkeologi, omgivningsradiologi och medicin.

Ett exempel visas i figuren till vänster där tekniken använts för att bestämma stråldosen till människa från ett ^{14}C -märkt läkemedel. Även efter mer än 4 år kunde spår av läkemedlet avslöjas i utandningsluften. Kristina Eriksson Stenström har utvecklat denna och liknande tekniker.



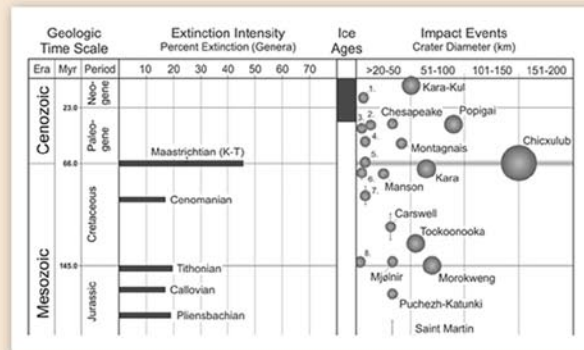
Meteoritregn



En tänkt meteoritträff.

Luis Alvarez hypotes att dinosaurerna dog ut när en stor asteroid kolliderade med jorden bygger på iridiumhaltmätning nära den förmodade nedslagsplatsen. Asteroider har högre iridiumhalter än jordskorpan.

På Kärnfysikavdelningen har Per Kristianssons och Birger Schmitz' grupp byggt en avancerad Iridium Coincidence Spectrometer (ICS) för att söka i den geologiska lagerföljden efter iridium som vittnar om andra stora nedslag i jordens historia.



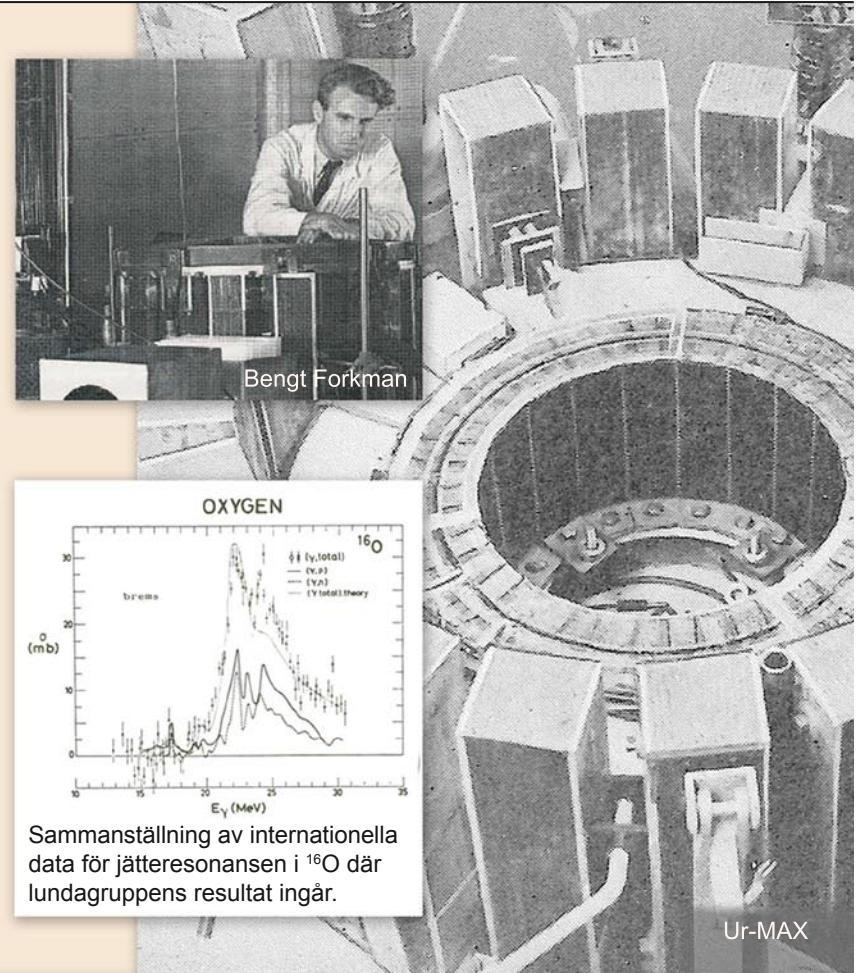


Jätteresonansen

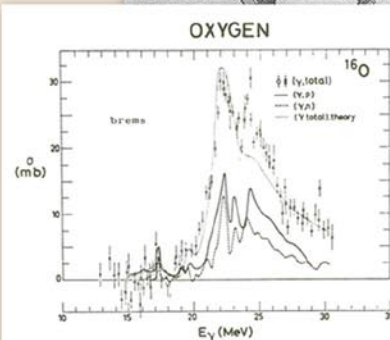
Om energirika fotoner träffar en atomkärna börjar denna vibrera. Fotonerna producerades från en 35 MeV elektronsynkrotron, som man fått till skänks från KTH år 1953, som går under benämningen *Ur-MAX*.

Resonansvibrationer mellan protonerna och neutronerna skapas i energiområdet 15 -35 MeV. Förvånansvärt nog fanns det struktur i resonansen. Strukturen blev ett starkt bevis för skalmodellen. Individuella nukleoner rör sig i givna banor trots att kärnmaterien är kompakt.

Pionjärer inom detta område var Sven Johansson och hans doktorand Bengt Forkman.

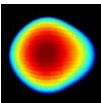


Bengt Forkman



Sammanställning av internationella data för jätteresonansen i ^{16}O där lundagruppens resultat ingår.

Ur-MAX



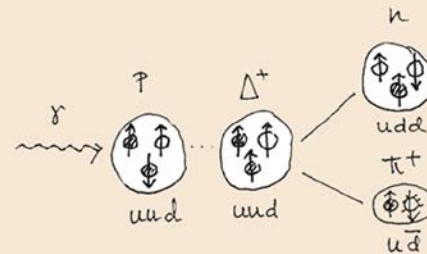
LUSY



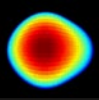
LUSY 1200 MeV-elektronacceleratorn.

När 1,2 GeV (1 200 MeV) elektronsynkrotronen LUSY 1962 togs i bruk påbörjade kärnfotogruppen under Bengt Forkmans ledning en serie studier över högenergetiska fotoreaktioner långt över jätteresonansens cirka 20 MeV.

Om man ökar energin på fotonerna upp till över 150 MeV uppstår nya absorptionsprocesser, Δ -resonanser. Någon av de tre kvarkarna i den träffade nukleonen kan kasta om spinriktning vilket ger förhöjd absorption och vid deexciteringen kan fotoner kastas ut.



Schematisk bild av hur en kvark i en nukleon flippar.



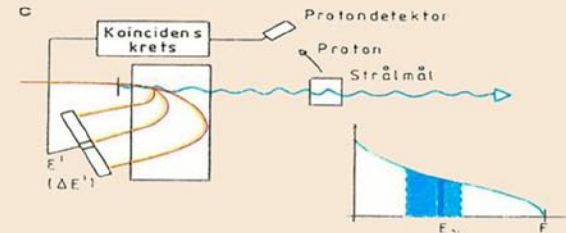
Taggade elektroner

När LUSY skulle avvecklas utarbetades planer på en ny anläggning för kärnfotoexperiment. Projektet utvecklades efter hand till det som blev MAX-lab, där kärnfysikdelen har pågått fram till våren 2015.

En väsentlig del är utrustningen för så kallad taggningsteknik där enstaka fotoner med definerad energi märks ut. Nu äntligen kunde man göra experiment med energibestämda fotoner.



Kurt Hansen och Bent Schröder vid taggningmagneten.

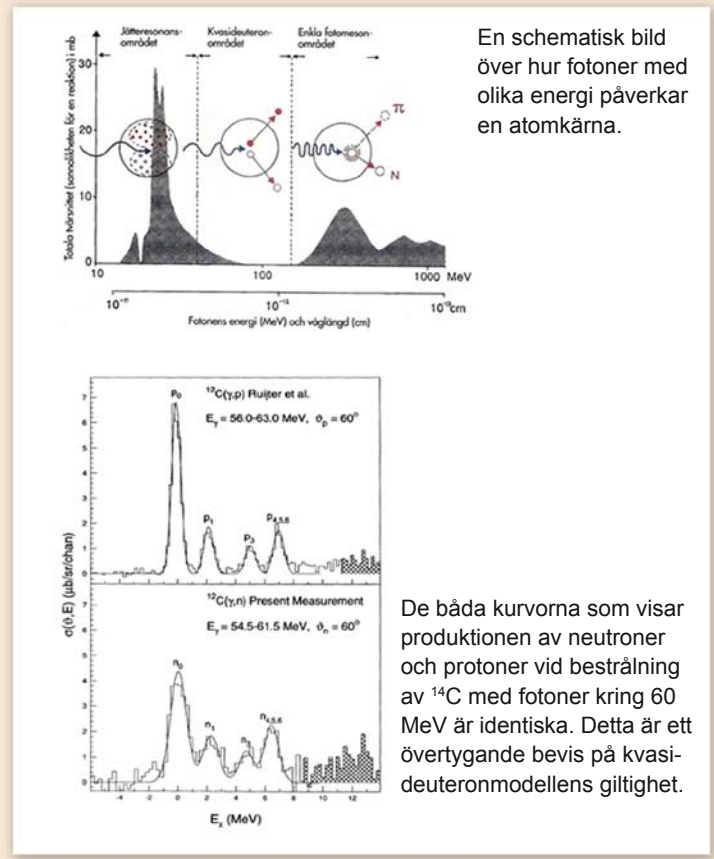


Man böjer av den uppbromsade elektronen i ett magnetfält och fångar upp den i en av många fällor på rad. När man känner den uppbromsade elektronens energi vet man också den verkliga fotonens energi.



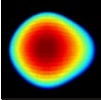
Experiment vid MAX-lab

Det finns skäl att tro att fotoner med energier över jätteresonansen och under tröskeln för fotopionproduktion (30-150 MeV) reagerar med kvasideuteroner, alltså tillfälliga neutron-protonpar. Bent Schröder övertog ledningen av kärnfotogruppen när MAX-lab blev tillgängligt för experiment.

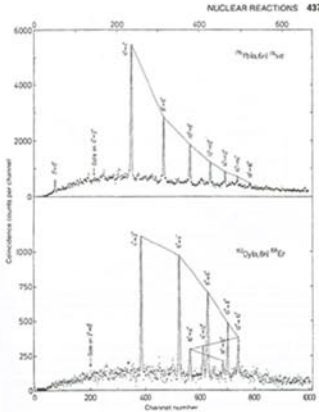


En schematisk bild över hur fotoner med olika energi påverkar en atomkärna.

De båda kurvorna som visar produktionen av neutroner och protoner vid bestrålning av ¹⁴C med fotoner kring 60 MeV är identiska. Detta är ett övertygande bevis på kvasideuteronmodellens giltighet.

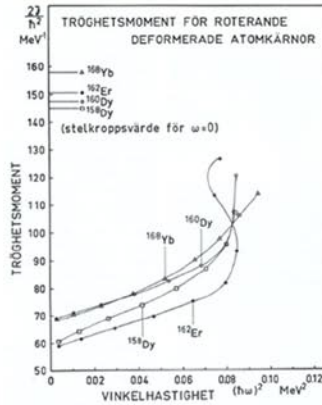


Roterande kärnor



Mätningar på rotationsspektra från exciterade Hf och Er kärnor.

Nedan:
Kärnans tröghetsmoment uppmätt för olika vinkelhastigheter i kvadrat.



Hans Ryde

1975 efterträddes Sten von Friesen av Hans Ryde. Rydes intresse var partikelrörelser inne i atomkärnor. En atomkärna kan bringas att rotera genom α -partikelbestrålning. När man kommit över rotationsnivån 14^+ minskar energin för att sedan öka igen. Något händer med kärnan vid 16^+ -kvantalet. Nukleonerna inne i kärnan roterar normalt parvis men vid höga rotationsenergi bryts denna koppling av Corioliskraften.

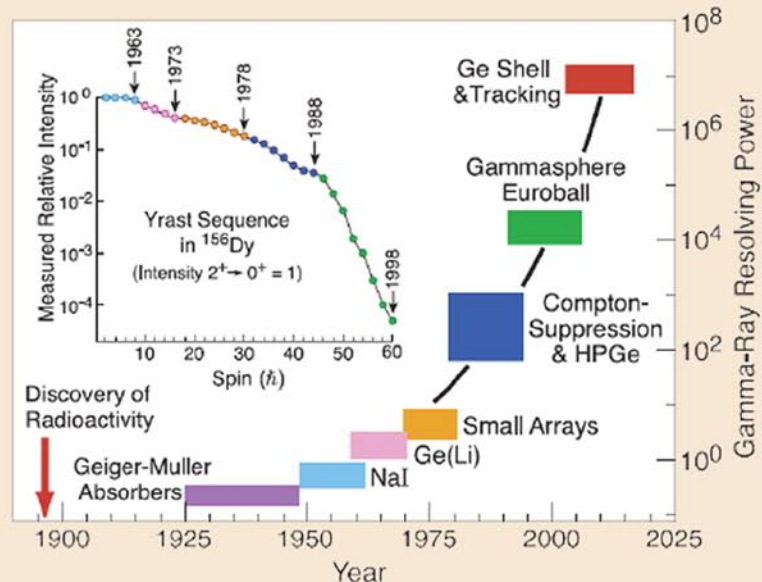
År 1972 upptäckte Hans Rydes grupp i Stockholm denna så kallade backbending-effekt hos snabbt roterande kärnor.



Nya detektorer

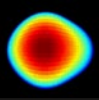
Mycket av det vi idag vet om atomkärnan härrör från experiment och mätningar med γ -strålning. Övergången från GM-räknare och NaI(Tl) kristaller till Ge-detektorer kombinerat med snabb elektronik har gjort det möjligt att mäta gammaspektra med mycket hög energiupplösning. Detta har medfört mycket ny kunskap om atomkärnor.

Kärnstrukturgruppen i Lund har bidragit till denna utveckling.



Enastående utveckling av mätning av γ -strålning.

Med *yrast* nivå, för en atomkärna vid ett givet spinn, avses nivån med den lägsta energin för det aktuella spinnets. Det nu internationellt använda begreppet infördes med referens till det svenska adjektivet *yr*.



Dagens kärnstrukturforskare

Efter Hans Rydes pensionering kom en ny generation kärnstrukturforskare Claes Fahlander (från Uppsala), Dirk Rudolph (från Göttingen) och Joakim Cederkäll (från Stockholm), som studerar allt mer svåråtkomliga nuklider.

De söker svaren på frågor som; hur många, eller hur få, neutroner kan existera i en atomkärna med ett givet antal protoner? Hur tung kan en atomkärna bli? Var går den gräns där kärnan blir så instabil att den inte längre existerar?

Frågan i bakgrunden är: Hur många grundämnen rymms inom det periodiska systemet?



Claes Fahlander



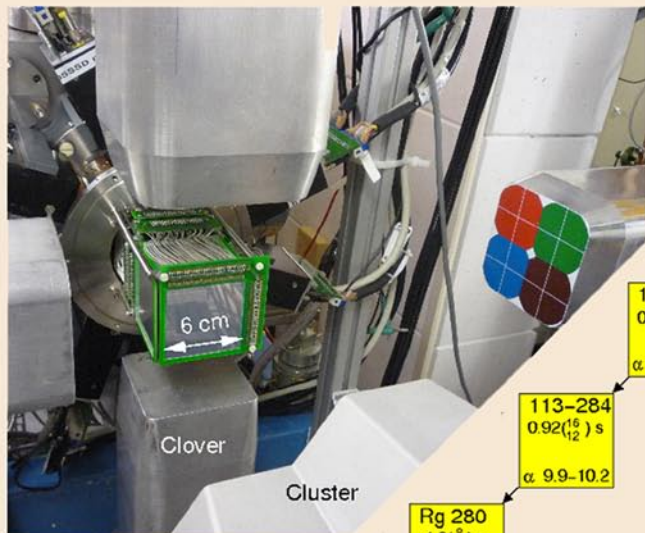
Dirk Rudolph



Joakim Cederkäll



Nytt grundämne



2013 års vetenskapliga rapport från GSI Helmholtz-zentrum för Schwerionenforschung visar en experimentuppställning för studium över sönderfallskedjan av isotopen 288-115, som för första gången undersöktes med högupplösande spektroskopiska metoder. Totalt 30 atomer av grundämnet 115 identifierades under ett tre veckor långt experiment, efter det att en tunn folie av radioaktivt ^{243}Am hade beskjutits med 6 triljoner ^{48}Ca strålpartiklar.

Experimentet leddes av Dirk Rudolph, och involverade inte mindre än 50 medarbetare varav sex knutna till Lund.

