



LUND UNIVERSITY

Supertunga atomkärnor - finns dom?

Nilsson, Sven Gösta

1969

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Nilsson, S. G. (1969). Supertunga atomkärnor - finns dom?

Total number of authors:

1

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

Supertunga atomkärnor — finns dom?

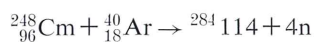
AV SVEN GÖSTA NILSSON

Förutom 81 s k stabila grundämnen känner vi nu 9 naturligt radioaktiva och 14 artificiellt producerade (se bild 1). Det sist syntetiserade elementet är ^{260}Ku (Kurchatovium) med endast 0,3 sekunders halveringstid. Den senare storheten definieras som den tid, efter vilken halva antalet atomer i ursprungsmängden av grundämnet sönderfallit. Med stigande laddningstal Z (dvs antal protoner i kärnan) blir fissionsprocessen (kärndelningsprocessen) avgörande för halveringstiden. I själva verket är Z^2/A , där A är masstalet, eller det totala antalet nukleoner, den mera relevanta parametern. Är denna parameter större än 41 eller 42, blir fissionsbarriären, som är det kvantitativa måttet för motståndet mot delningen, så tunn, att halveringstiden 1 sek underskrids. Skenbart står vi här inför en gräns, bortom vilken grundämnesforskningen i viss mening upphör att vara lönsam.

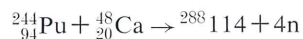
Förhoppningen att denna tendens tillfälligt bryts, trots ytterligare växande värden på laddningen Z , knyter man till existensen av slutna nukleonskal förknippade med protontalet $Z=114$ och neutrontalet $N=184$. Om dessa slutna skal är åtminstone hälften så starkt markerade som proton- och neutronskalet $Z=82$ och $N=126$, de senare ansvariga för den exceptionella stabiliteten av blyisotopen 208, så skulle atomkärnan $^{298}114$ och dess närmaste grannar bli

sfäriska kärnor. (I beteckningen $^{298}114$ står sålunda 114 för protontalet och 298 för masstalet.) Genom att de är sfäriska, skulle dessa supertunga atomkärnor få en tjockare och inte en tunnare barriär mot fission än t ex plutonium, en i grundtillståndet deformerad kärna (se bild 2).

De tyngsta $f n$ producerade grundämnena har alla framställts artificiellt genom bombardemang av tunga isotoper med relativt tunga joner. Den tyngsta nu använda jonen är ^{40}Ar . Genom jonbombardemang får man generellt neutronfattiga kärnor, därför att både projektil och måltavla har ett lägre relativt antal neutroner än vad som svarar mot produktkärnor belägna längs stabilitetslinjen, och där speciellt $^{298}114$. En tidigare reaktion med Ar-joner



(förlusten av fyra neutroner är icke önskvärd men oundviklig) gav inga påvisbara spår av $^{284}114$. Sannolikt innebär detta, att halveringstiden för fission är kortare än 10^{-8} sek, den undre gränsen för observation i experimentet. Enligt våra teoretiska beräkningar ligger troligen först $^{290}114$ över denna gräns. För att verkligen nå innanför det relativt stabila området krävs sannolikt tyngre joner än nu tillgängliga. Den reaktion, som nu planeras i Berkeley,

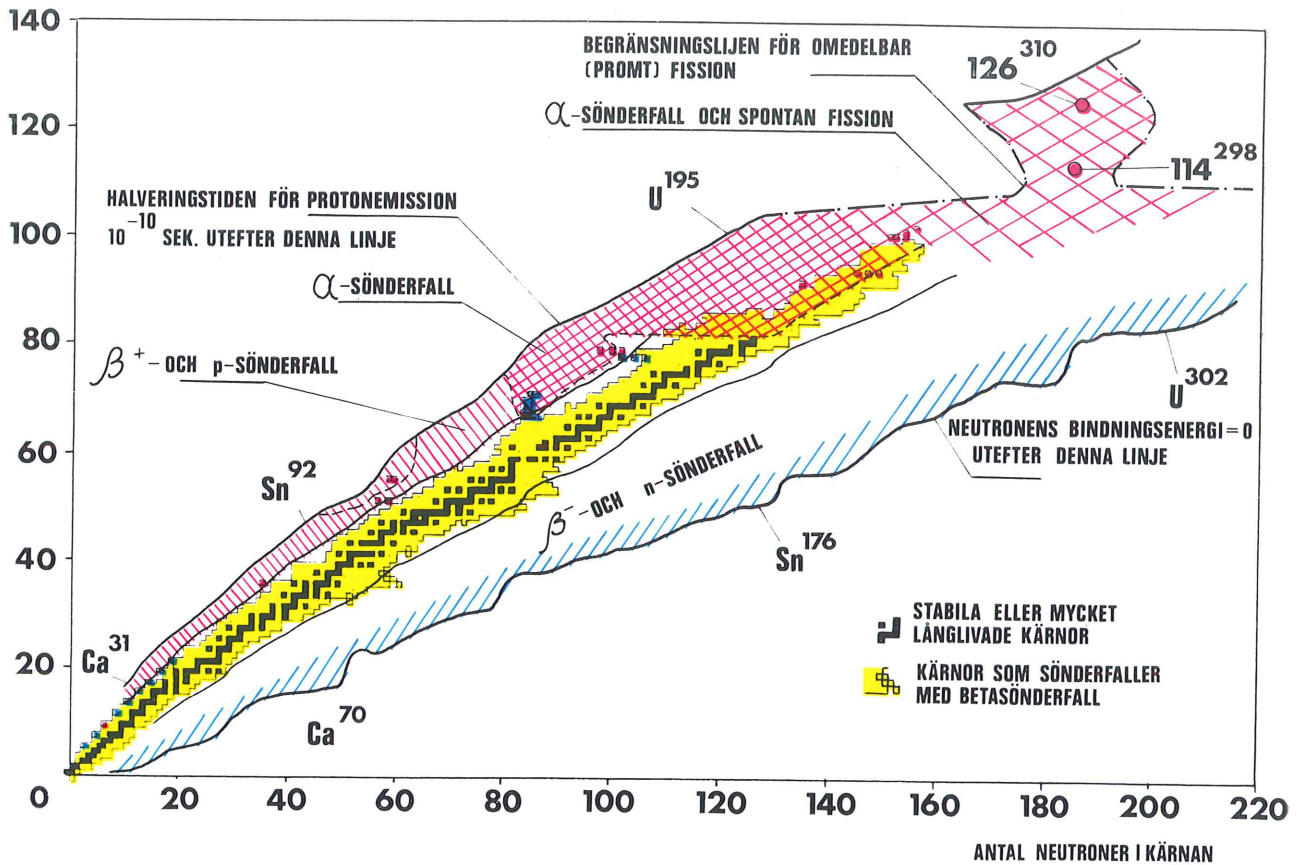


ger troligen inte heller den en så stabil isotop av 114, att en observation är möjlig, men utsikterna är dock avsevärt förbättrade. Det bör observeras, att det med $^{288}114$ ännu fattas 10 neutroner till den eftersträlvade isotopen $^{298}114$.

Man kan också tänka sig, att produceras isotoper av 114 med hjälp av neutronbestrålning från underjordiska kärnenergi prov. Ehuru metoden ger ett stort totalt neutronflöde, har hittills inte speciellt tunga atomkärnor producerats, förmodligen därför att mellanprodukterna blir fissionsinstabila.

En alternativ väg till kärnsyntes har möjligen redan utnyttjats av naturen i astrofysikens s k »r-process», som anses ansvarig för den naturliga produktionen av tyngre grundämnen än vismut. Mycket tyder på att längs denna väg också elementen kring $N=184$, $Z=114$ genereras. I denna process förutsätter man ögonblickliga neutronflöden ca 10^5 gånger svagare än i vätebombsexplosionerna, men av ca 10^8 gånger längre varaktighet.

Enligt våra ytterst vanskliga och grova beräkningar skulle möjligheterna att identifiera något element, som syntetiserats genom denna process, vara bäst i omgivningen av $^{294}110$, som framgår av bild 3. Vi visar där förväntade halveringstider med avseende på fission och alfasönderfall. För observation krävs, för-



1. Stabila och semistabila atomkärnor som funktionen av neutrontalet — (abscissan) och protontalet Z (ordinatan). De svarta kvadraterna (längs »botten» i »massdalen») representerar stabila kärnor. De röda ringarna i övre högra hörnet markerar det förväntade området för supertunga atomkärnor.

utom långa halveringstider i förhållande till fission och alfasönderfall, också stabilitet mot betasönderfall (skuggade kvadrater).

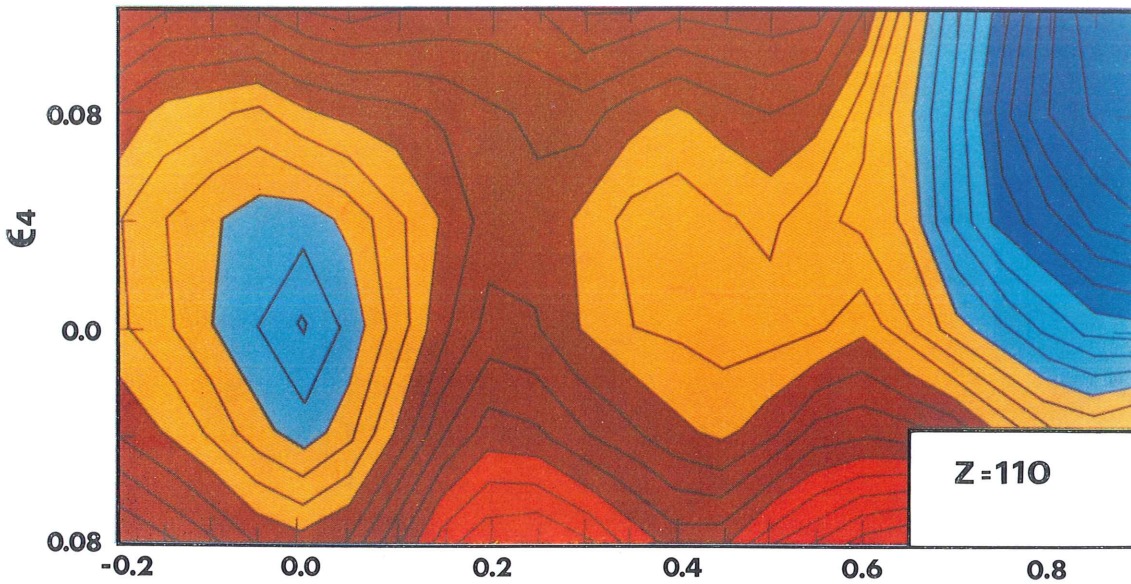
För att elementet $^{294}110$ skall kunna påvisas i jordisk materia, utan att det förut skall ha upptäckts i rutinundersökningar, krävs halveringstider i det smala intervallet mellan 2×10^8 och 3×10^8 år. Även om de teoretiska beräkningarna (med osäkerheter på flera tiopotenser) faller nära dessa gränser, är givetvis a-priori-sannolikheten liten för upptäckt. Generösare gränser för upptäckt existerar däremot i den kosmiska strål-

ningen. I denna anses det förekomma materia, vars skapelse ligger »endast» 10^6 och 10^7 år tillbaka.

Under sommaren 1968 har man sökt efter $Z=110$ i naturligt platina, vars kemiska egenskaper enligt beräkningar är ytterst närbesläktade med det förra grundämnetts egenskaper (se bild 4). Genom direkt isotopseparation har man kunnat sätta den övre gränsen för dess förekomst till $1:10^6$. En troligen känsligare slagruta för att upptäcka $Z=110$ är en kärnfysikalisk aktiveringsanalys, i detta fall bestrålning i cyklotron med protoner och tyngre joner. Härifrån

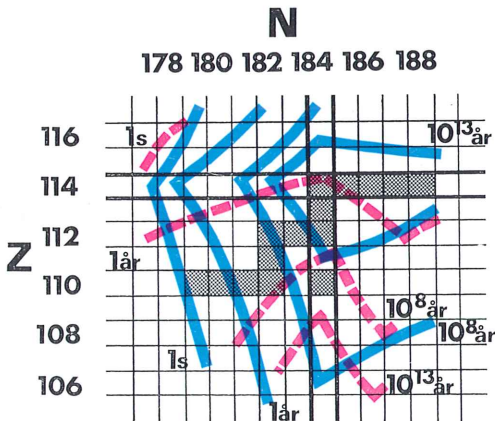
tycks man kunna sätta den nämnda övre gränsen till $1:10^9$.

I den kosmiska strålningen har en enda partikel med ett laddningstal Z på ca 106 nyligen rapporterats. Observationen kan möjligen ge ett vagt hopp, att de supertunga grundämnen inte förblir skrivbordsprodukter eller enbart kommer att produceras under geniala men artificiella laboratorieförhållanden (vilka förefaller att snart komma inom räckhåll), utan att de redan finns i den för oss tillgängliga delen av universum — och att de, medan de sönderfaller, väntar på sina upptäckare.



2. Den potentiella energin för det supertunga grundämnet $Z=110$, $A=294$ i form av en topografisk karta. Längs axlarna markeras en excentricitetsparameter ϵ och en insnörningsparameter ϵ_4 . Det blå området t v anger grundtillståndets minimum medan det blå området t h visar sönderfallstillstånd bortom fissionsbarriären.

4. De supertunga grundämnenas troliga läge i det periodiska systemet. Man kan observera att $Z=110$ befinner sig i samma period som platina (Pt) och $Z=114$ i samma period som bly (Pb).



3. Partiella halveringstider i området kring $Z=114$, $N=184$. De heldragna blå linjerna markerar halveringstider i förhållande till fission, de streckade röda halveringstider i förhållande till alfa-sönderfall. Stabilitet mot beta-sönderfall markeras med streckade kvadrater.

1	H																	2	He																
3	Li	4	Be											5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne										
11	Na	12	Mg											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar										
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn
87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Ku	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118													
119	120	121																																	

LANTHANIDER	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71

AKTINIDER	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103

122	123	124	125	126		
-----	-----	-----	-----	-----	--	--