

# Tyngre än bly



Det tyngsta **GRUNDÄMNET** som finns har atomnummer 118. De tyngsta grundämnena är kortlivade och ju tyngre, desto mer instabila. Forskare i Ryssland och Japan försöker skapa nummer 119 och 120.

**T**

dag finns 118 grundämnen beskrivna. Alla tyngre än bly (atomnummer 82) är instabila. I naturen hittas grundämnena med atomnummer upp till uran (92), samt kortlivade isotoper av neptunium (93) och plutonium (94). Flera av dessa grundämnen finns bara i små mängder på grund av att de är radioaktiva och har kort halveringstid: Francium, radium, polonium, teknetium, radon, prometium, aktinium, neptunium och plutonium. De bildas i naturen genom sönderfall av torium- och uranisotoper. Samtliga aktinider tyngre än uran har upptäckts genom laboratorieexperiment, liksom alla de så kallade supertunga grundämnena med atomnummer från 104. Dessa upptäckter är gjorda efter 1940.

I atomkärnan repellerar protonerna varandra elektrostatiskt. Stabiliteten hos en isotop beror på kombinationen av antal protoner och neutroner. Nuklider med fler än 20 protoner (som kalcium) måste ha fler neutroner än protoner för att med stark växelverkan motverka den elektrostatiska

repulsionen mellan protoner. Ju tyngre ett grundämne är, desto fler neutroner krävs för att det ska vara stabilt. Till slut blir kärnan för stor för att vara stabil och därför har inget av de tunga elementen någon stabil isotop. Bly är det tyngsta stabila grundämnet. Vismut (83) är inte stabilt, men har en halveringstid på  $1,9 \times 10^{10}$  år vilket är mer än en miljard gånger universums ålder ( $1,38 \times 10^{10}$  år) och brukar därför betraktas som stabilt. De tyngsta grundämnena som inte har några stabila isotoper har upptäckts antingen genom neutroninfångning, eller genom fusionsreaktioner, där lättare element har slagits ihop för att bilda ett tyngre. Partiklarna som ska kollidera måste ha så hög energi att de överträffar repulsionskrafterna mellan kärnans laddade partiklar. De kan få tillräckligt hög energi genom att de accelereras i en cyklotron eller i en linjär accelerator.

**DET ÄR IUPAC** som godkänner nya grundämnen. En kommission tillsätts som granskar experimentella data. IUPAC har vid ett par tillfällen varit för snabba med att godkänna ett nytt grundämne. Numera är det en rigorös procedur bakom godkännandet av ett nytt grundämne, och det tar ofta lång tid efter upptäckten innan grundämnet är godkänt och har fått ett namn. Ett krav för att det ska godkännas är att experimentet ska ha upprepats av ett oberoende laboratorium. I några fall har endast några enstaka atomer kunnat framställas.

Den grupp som får föreslå ett namn är den som IUPAC ger äran för att först ha upptäckt ett grundämne. Sedan är det IUPAC som godkänner namnet. Flera tunga grundämnen har fått namn efter platser där experimenten har gjorts, som dubnium, Db, efter Dubna, darmstadtium, Ds, efter Darmstadt, och berkelium, Bk, efter Berkeley. Andra har fått namn efter kända forskare, såsom meitnerium, Mt, efter Lise Meitner och röntgenium, Rg, efter Wilhelm Conrad Röntgen. Det är bara två grundämnen som fått namn efter levande personer: seaborgium, Sg, efter Glenn Seaborg, och oganesson, Og, efter Yuri Oganessian. Glenn Seaborg och hans grupp vid Berkeley-universitetet syntetiserade sju nya grundämnen: Plutonium, americium, curium, berkelium, californium, mendelevium och grundämne nummer 106 som senare fick namnet seaborgium. Yuri Oganessian är den ende nu levande person som har gett namn åt ett grundämne. Han har

varit ledande vid samarbetet mellan Dubna, Berkeley och Oak Ridge vid framställningen av de allra tyngsta grundämnena.

**VID SYNTES AV** grundämnena 114–118 har en isotop av kalcium accelererats mot olika aktinider (se artikeln intill). För att hitta tyngre grundämnen än oganesson (118) så går det inte längre att använda sig av kalcium, på grund av att det helt enkelt inte finns någon tillräckligt stabil aktinidisotop tyngre än californiumisotopen att använda som mål. Vid JINR i Ryssland planerar man i stället att använda sig av en titanisotop för att beskjuta berkelium och californium med, och att skapa grundämnena 119 och 120. *Chemistry World* rapporterade i mars 2018 att man där konstruerar en ny cyklotron, som dels skall ha förbättrade detektionsmöjligheter, och dels kunna generera en stråle av lätta element med betydligt högre intensitet än vad som hittills varit möjligt. Forskare vid japanska Riken har redan påbörjat försök för framställning av grundämne 119. Där använder man en annan teknik än den JINR planerar. Japanerna bombarderar curium (96) med vanadin (23) i hopp om att de två atomerna ska smälta samman. Dessa potentiella nya element förväntas ha mycket kort halveringstid. Den måste vara längre än cirka en mikrosekund för att den skapade atomkärnan skall hinna nå fram till detektorn innan den sönderfaller. Det sätter en praktisk gräns för hur tunga element som kan skapas.

**DEN AMERIKANSKE** fysikern och Nobelpristagaren Richard Feynmans beräkningar satte 137 som gräns för hur tunga grundämnen som kan finnas. Beräkningarna byggde på antagandet att de innersta elektronerna har högre och högre hastighet när atomkärnan blir större. När den når en viss storlek måste elektronerna gå fortare än ljushastigheten, vilket är fysiskt omöjligt. Andra beräkningar, med en icke-sfärisk atomkärna, förutsäger att den övre gränsen är 170.

Det har förutsagts att det finns stabilitetsöar vid atomnummer 120, 124 eller 126 och att dessa grundämnen med ett magiskt antal protoner skulle kunna vara betydligt mer stabila än omkringliggande element, om de samtidigt också har det magiska antalet 184 neutroner. Ett stort experimentellt problem är dock att det helt enkelt inte finns två isotoper att starta med, som tillsammans ger tillräckligt många neutroner för att komma till en sådan stabilitetsö.

**Mats Johnsson, professor i oorganisk kemi vid Stockholms universitet.**



FOTO: ISTOCKPHOTO

## Så här upptäcktes de nya grundämnena

Fyra laboratorier står för upptäckterna av elementen med atomnummer högre än 92:

93–101:

**Lawrence Berkeley National Laboratory**, Kalifornien, USA.

107–112:

**Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)**, Darmstadt, Tyskland.

113:

**Rikagaku Kenkyusho (Riken)**, strax norr om Tokyo, Japan.

102, 114–118:

**Joint Institute of Nuclear Research (JINR)**, Dubna, Ryssland.

103–106

**Lawrence Berkeley National Laboratory tillsammans med JINR.**

93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md
102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds
111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	?

Edwin McMillan och Philip Abelson vid Berkeleyuniversitetet framställde med hjälp av så kallad neutroninfångning neptunium (93):



Efter denna upptäckt har Glenn Seaborg, Edwin McMillan med flera framställt plutonium (94) genom att bombardera uran med  $\alpha$ -partiklar (heliumkärnor). En artikel de skickade in för publicering 1941 drogs tillbaka då det stod klart att en isotop av

plutonium fissioneras på ett sätt som kunde ge en explosiv kedjereaktion och därför kunde användas i en atombomb.

Einsteinium (99) och fermium (100) upptäcktes i sönderfallsprodukter från en amerikansk provsprängning av en vätebomb på stillahavsatollen Bikini 1952.

För syntes av de riktigt tunga grundämnena fungerar inte neutroninfångning, då de har för korta halveringstider. De supertunga elementen

(från 104) har halveringstider från 0,69 millisekunder (118) till 29 timmar (105).

Forskarna i Darmstadt och vid Riken har i stället använt så kallad *cold fusion*, vilket här betyder låg excitationenergi och

att isotoper av medeltunga element (järn, nickel eller zink) accelereras mot mål av bly eller vismut. *Hot fusion* kräver hög excitationenergi och används då isotoper av lätta element accelereras mot mål av aktinider (Cf, Am), som när oganesson bildas:



Vid syntes av grundämnena 114 – 118 har en kalciumisotop accelererats mot olika aktinider. Experimenten har gjorts i Dubna, Ryssland. Aktinidisotoperna som användes som måltavla för kalciumisotoperna vid dessa experiment har framställts vid Oak Ridgelaboratoriet i USA. Det tog två år att framställa de 20 milligram berkelium som användes vid syntesen av teness (117).

