

■ Ateistens sjokkoppgdagelse:

Karbonets Hoyle-tilstand

Av Steinar Thorvaldsen
Universitetet i Tromsø.

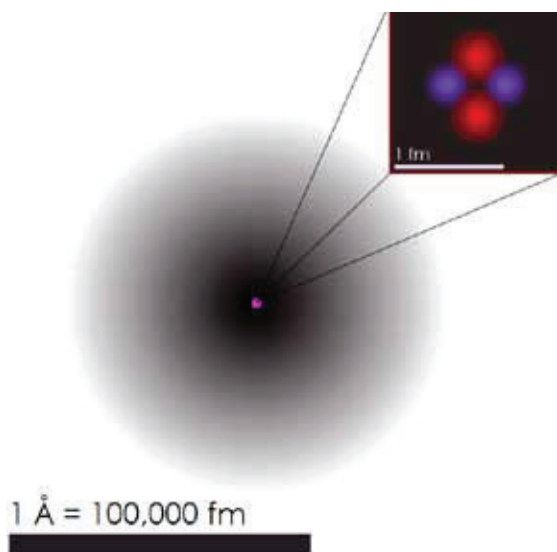
Den berømte astro-
nomen Fred Hoyle
begynte egentlig sin
forskerkarriere som
ateist. De bereg-
ningene han gjorde,
avdekket etterhvert
universets finjustering.

Det fortelles at det
som virkelig fikk ham til å konkludere med at skapelsen krevde
intelligens, var hans beregninger av de spesielle egenskapene
for karbonatomet. Dette rystet hans ateisme i grunnvollene
(Gingerich 2006, s. 57). I det følgende skal vi beskrive denne
oppdagelsen.



"I don't see the
logic of rejecting
data just
because they
seem incredible."

Fred Hoyle



1 Å = 100.000 fm

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hydrogen 1 H 1.00794 (7)							Helium 2 He 4.002602 (2)
Litium 3 Li 6.941(2)	Beryllium 4 Be 9.012182 (3)	Bor 5 B 10.811(7)	Karbon 6 C 12.0107(8)	Nitrogen 7 N 14.0067(2)	Oksygen 8 O 15.9994(3)	Fluor 9 F 18.9984032 (5)	Neon 10 Ne 20.1797(6)

Utsnitt av grunnstofftabellen.

Trippel-alfa

Det universet vi lever i, er bygget opp av en rekke forskjellige *grunnstoffer* som hydrogen, karbon, oksygen, nitrogen og jern. Et grunnstoff er et stoff der alle atomene har like mange protoner i kjernene. I tillegg kommer eventuelle nøytroner som bestemmer hvilken isotop av grunnstoffet vi har med å gjøre. Dersom vi endrer antall protoner, får vi et helt annet grunnstoff, men endrer vi nøytronene får vi en annen variant (isotop) av det samme grunnstoffet. Den klassiske Big-Bang modellen forklarte forekomsten av de lette grunnstoffene hydrogen og helium i universet, men ikke forekomsten av tyngre atomer. Heliumkjerner kalles ofte også for *alfapartikler* (α).

Forskerne manglet lenge en mekanisme som kunne skape noe annet enn de aller letteste grunnstoffene. Dette var en av kosmologiens største gåter. Hoyles viktigste bidrag til astrofysikken kom på dette området, og det kalles gjerne *nukleosyntesen*, dvs. teorien om hvordan kjemiske grunnstoffer som karbon kan dannes i stjerner ut ifra hydrogen og helium. Helt sentral var hans forutsigelse av at karbonatomets kerne har en tilstand med en spesifikk energi som er presist avpasset for de

Mikrokosmos. Illustrasjon av et heliumatom med atomkjernen forstørret øverst til høyre og elektronskyen i sort. Den sorte strek angir én Ångström svarende til 10^{-10} m eller 100.000 fm [femtometer]. Dansk Wikipedia.

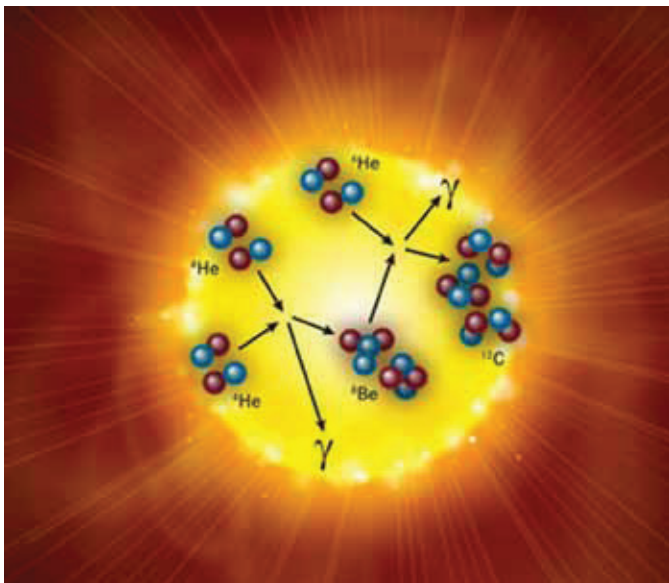
grunnleggende fusjonsprosesser av atomkjerner. Det dreier seg her om det karbonet vi har i universet, og som er en forutsetning for eksistensen av alle karbonbaserte livsformer. Han innså at de kjernereaksjoner som kunne frembringe karbon i tilstrekkelige mengder, krevde et helt spesifikt og statistisk

usannsynlige energinivå i karbonkjernen. Hoyle ble overbevist om at den såkalte *trippel-alfa-reaksjonen* måtte fungere via en eller annen til da ukjent prosess.

Vanlig karbon består som kjent av 6 protoner og 6 nøytroner, og helium har 2 av hver. Man kunne jo tenke seg at tre heliumkjerner kolliderte samtidig og dannet en karbonkjerne. Men dette er umulig i praksis, da sannsynligheten for at tre heliumkjerner skulle være på nøyaktig samme sted samtidig, mens de beveget seg med nøyaktig de riktige hastigheter for å fusjonere, er forsvinnende liten.

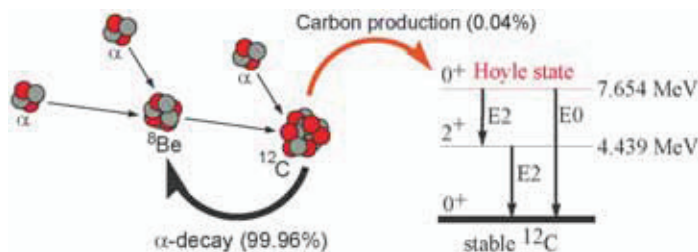
En annen mulighet er at 2 heliumpartikler ved svært høye temperaturer smelter sammen til ett berylliumatom, som igjen smelter sammen med en tredje heliumkjerne og slik danner karbon (se figuren). Da blir det til sammen 12 kjernepartikler. Første problem her er at berylliumkjernen vil være ekstremt ustabil og typisk spaltes igjen nesten momentant. Det ville så vidt være tenkelig at en nytt heliumkjerne kunne smelte sammen med berylliumet i løpet av dens kortvarige eksistens. Men her er det enda en stor hindring:

Summen av massene av heliumkjernen og beryllium er nemlig *større* enn massen av karbonkjernen. Den samlede energien for hele partikkelen ville være høyere enn



Trippel-alfa reaksjonen, der tre heliumkjerener skaper karbon, skjuler en stor hemmelighet. Gamma (γ) betyr utstråling av energi.

grunntilstanden til karbon. Så hvis helium og beryllium smeltet sammen og dannet karbon, måtte masseforskjellen sendes ut i form av energi fordi energi og masse er ekvivalente ($E=mc^2$). Dette tar ekstra tid, og det var jo nettopp tid som i utgangspunktet manglet. Det betyr at det er svært lite sannsynlig at en ny partikkel dannes slik, på samme måte som to pluss to ikke blir tre.



Trippel-alfa prosessen. To heliumkjerener (α -partikler) smelter sammen og danner et beryllium-atom, og deretter smelter en tredje α -partikkel hurtig sammen og skaper nøyaktig det som er lik Hoyle-tilstanden for karbonkjernen, hvor 0,04 prosent går videre til stabilt karbon i sin grunntilstand. I høyre del av figuren vises karbonkjernens tre tilstander, hvor Hoyle-tilstanden og grunntilstanden har spinn 0. Spinnen er konserverv i denne type reaksjoner, så tilstanden i midten spiller ingen rolle da den har spinn på 2. Denne prosessen markerer starten for produksjon av de grunnleggende atomer som er nødvendige i biologien. Prosessen kan også betegnes som et trippel-under.

Trippel-under

På dette punktet gjorde Hoyle en dristig forutsigelse. For å løse problemet antok han at karbon kunne eksistere i en ny energitilstand (eksitert tilstand) som til da var ukjent. Hans prediksjon gikk ut på at det måtte finnes en energitilstand med masse nøyaktig lik summen av massene til beryllium og helium. Denne tilstanden ville være en ny karbontilstand som gjorde det mulig å danne karbon innen det korte tidsvinduet. Deretter kunne karbonet gå over til sin normale grunntilstand.

Energien som ville bli sendt ut ved den interne overgangen, ble beregnet til 7,65 millioner elektronvolt (MeV). Ut fra dette beregnet han de nødvendige verdier for energinivåene i karbonkjernen.

Resultatene ble senere bekreftet ved laboratorieforsøk. Dette regnes som et av 1900-tallets største vitenskapelige triumfer, og avhandlingen som han skrev sammen med forskerne Geoffrey & Margaret Burbidge og Fowler, kalles nå bare B²FH-avhandlingen etter forfatternes initialer. De interne energinivåene som foreligger for karbonkjernene, er her svært interessante. Den eksiterte tilstanden er det som kalles en *resonans*, og den ligger nøyaktig slik at de understøtter prosessen som gir vanlig karbon som resultat! Resonans betyr her at partiklene vibrerer i fase inn mot og ut fra sentrum av atomkjernen. Dette fører til at når beryllium og helium kolliderer, så vil de henge sammen en stund før de flyr fra hverandre igjen. Og mens de henger sammen, vil det med en viss sannsynlighet sendes ut energi i form av stråling samtidig som karbonet går ned til den stabile grunntilstanden. Hvis den eksiterte tilstanden ikke var slik, ville reaksjonen $Be + He \Rightarrow C + \text{energi}$ måtte skje i ett trinn, uten mulighet for å «hvile seg» i resonans-tilstanden. Dette ville ha gjort produksjon av karbon svært lite sannsynlig. For at den stabile grunntilstanden skal være mulig å oppnå, må det være en slik resonans. Sannsynligheten for at disse forhold kunne vært slik at stabilt karbon ikke var mulig, er faktisk her uendelig langt større.

En usynlig hånd

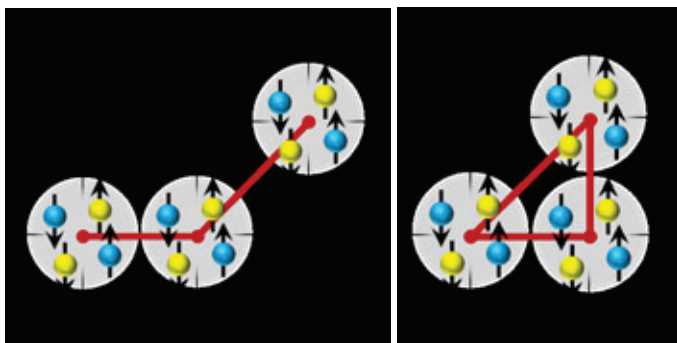
Den ustabile mellomtilstanden for karbonatomet går nå under navnet *Hoyle-tilstanden*. Hoyle-tilstanden viste seg å være en naturlig egentilstand i karbonatomet, med så å si nøyaktig den samme energi som den kombinerte masse av beryllium og helium. De spesielle egenskapene ved Hoyle-tilstanden (både energinivå og resonans) gjør at den fungerer som en usynlig hånd i fremstillingen av stabilt karbon. Prosessen fungerer.

Flere forskningsgrupper arbeider nå med å beregne det detaljerte utseendet av karbonkjernen. Både grunntilstanden av karbon, og den eksiterte Hoyle-tilstanden, er svært kompliserte 12-legemep problemer som går ut på å bestemme bevegelsen til disse 12 kjernepartikler som gjensidig påvirker hverandre. Dette er krevende å beregne selv med dagens superdatamaskiner, men nylig offentliggjorde en tysk/amerikansk forskergruppe sine beregninger som viser konfigurasjonen av disse to viktige tilstandene. Grunntilstanden har en kompakt triangulær formasjon av heliumkjernene, mens Hoyle-tilstanden viser de tre heliumkjernene i form av en «bøyd hånd» (Epelbaum et al. 2012). Men resultatet er fortsatt usikkert

Eksiterte systemer

I *atom- og kjernefysikken* sier man at et system (atom, molekyl, kjerne) blir eksitert når det i vekselvirkning med andre partikler eller elektromagnetisk stråling (fotoner) bringes fra sin vanlige, laveste energitilstand (grunntilstanden) til en tilstand med høyere energi. Det eksiterte systemet vil gå tilbake til grunntilstanden ved å sende ut energi i form av fotoner. Hvis systemet tilføres nok energi, kan det også brytes helt i stykker. Fra <http://snl.no/eksitere>

og andre (Zimmerman et al. 2013) har funnet løsninger som ligner på en oblat (flattrykket kule). Beregningene som superdatamaskinene utfører, ville typisk ha tatt mer en 200 år på en vanlig bærbar PC.



Hoyletilstanden (til venstre) for karbon viser tre heliumklynger fordelt som en «bøyd hånd» (Epelbaum et al. 2012). Den er energirik med omtrent 7,65 million elektronvolt ekstra energi, men sender ut energien i form av stråling når den går over til grunntilstanden. Grunntilstanden (til høyre) av vanlig karbon viser en konfigurasjon med tre heliumklynger fordelt på hjørnene i en kompakt trekantform. Protonene er blå og nøytronene gule. Det forskes fortsatt på hvordan atomkjernene ser ut, og saken er ikke avklart.

Ved siden av karbon, spiller oksygen også en viktig rolle for livet på jorden. Oksygen har 16 kjernepartikler og kan dannes ved å kombinere karbon- og heliumkjerener. Hadde resonansverdien for oksygen vært 4 prosent lavere, ville det ikke blitt dannet oksygen, og hadde den vært kun 0,5 prosent høyere, ville alt karbon ha blitt omdannet til oksygen. Dette er ganske små marginer.

Videre vil en del av oksygenkjernene kunne stripes for et proton og omdannes til nitrogen. Uten karbon, oksygen og nitrogen ville karbonbasert liv – det vil si det liv som karakteriserer vår jord – ikke vært mulig. Hoyle-tilstanden er broen som åpner veien til det livsviktige karbonet. Karbonatomet er særegent siden det kan danne et utall av kjemiske forbindelser og da spesielt i den organiske kjemien.

Hoyle-tilstanden muliggjør også at skapelsen av den livløse materie i universet kan skje i en akt. Dette er velkjent fra Bibelens skapelsesberetning der materiens tilblivelse blir beskrevet ved hjelp av en setning.

De unike energinivåene som er nødvendig for å frambringe karbon og oksygen, er, som vi har vist, svært lite sannsynlige statistisk sett. Hoyle skrev senere: «Ville du ikke si til deg selv at en superhøy intelligens må ha designet egenskapene ved karbonatomet, ellers ville sjansene for at det skulle finnes et slikt atom med utgangspunkt i naturens blinde krefter, være ytterst sparsomme» (Hoyle 1982, side 16). Den samlede konfigurasjon av kvantitative egenskaper i disse grunnstoffene er så usannsynlig at det fikk Hoyle til å regne med «a supercalculating Intellect». For Hoyle var tallenes tale så klar at denne konklusjonen var så godt som selvnlysende. Hans arbeider på dette området støttet det som senere ble kalt det «antropiske prinsipp» om at vårt univers var og er finstemt slik at intelligent liv er mulig. ■

Litteratur

Owen Gingerich (2006). *God's Univers*. Harvard University Press.

Fred Hoyle (1982). The Universe: Past and Present Reflections. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*: 20, side 16.

Simon Singh (2007). *Big bang*. Aschehoug forlag.

Evgeny Epelbaum et al. (2011). Ab Initio Calculation of the Hoyle State. *Phys. Rev. Lett.* 106 (19): 192501

Evgeny Epelbaum et al. (2012). Structure and rotations of the Hoyle state. *Phys. Rev. Lett.* 109, 252501

W.R. Zimmerman et al. (2013). Unambiguous Identification of the Second 2+ State in ^{12}C and the Structure of the Hoyle State. *Phys. Rev. Lett.* 110, 152502

En spesiell takk til min sønn Andreas J. Thorvaldsen (PhD, teoretisk kjemi) for gode råd i forbindelse med denne artikkelen.



Jonathan Wells

Evolutionens ikoner

Evolutionens Ikoner er både en øjenåbner mht. de opdagelser vi står med i dag inden for moderne biologi, og et alvorligt opråb om ærlighed inden for forskning og uddannelse. Den viser at darwinismen er i så stor krise at den åbenbart må benytte sig af fordrejninger og fortielser for at opretholde sin indflydelse.

239,- DKK

Forlaget ORIGO

[www.skabelse.dk / origonorge.no](http://www.skabelse.dk/origonorge.no)