

Nogle nyere anskuelser om jordens opståen.

Af

HENNING SØRENSEN.

Da den franske videnskabsmand GEORGES-LOUIS LECLERS, Comte de BUFFON for ca. 200 år siden fremsatte sin fantasifulde forklaring på jordens opståen i sin »Histoire Naturelle«, betegnede det et afgørende brud med den mosaiske skabelshistorie. Nok havde andre før ham forsøgt at løse jordens gåde, men ingen tidligere hypotese fik en så vid udbredelse som BUFFON's.

BUFFON gik ud fra, at jorden var revet løs fra solen som følge af et sammenstød mellem denne og en komet. Den løsrevne, glødende masse udviklede sig så til jorden, og ved forsøg med metalkuglers afkølingshastighed kunne han beregne jordens alder til ca. 75.000 år, hvilket var meget i sammenligning med de dengang almindeligt antagne 6.000 år.

BUFFON's hypotese blev stærkt kritiseret af en anden franskmand LAPLACE, der i 1796 hævdede, at jorden ligesom de øvrige planeter var opstået ved kondensation af en roterende, glødende urtåge. Lignende synspunkter var allerede fremsat af Immanuel KANT i 1755 (og til dels også af SVEDENBORG). I LAPLACE's fremstilling havde urtågen den største gas-koncentration i sine centrale dele. Under afkølingen steg rotationshastigheden, centrifugalkraften voksede som følge heraf, og der blev udskilt ringe ved tågens ækvator (cf. Saturns ring). Disse sønderfaldt i planeter.

LAPLACE's hypotese høstede stor anerkendelse og var enerådende til 1859. Den engelske fysiker J. CLERK-MAXWELL påviste da, at en urtåge nok kunne sønderfalde i ringe, men at disse ikke ville kunne kondenseres i planeter. Dertil kom, at LAPLACE's teori ikke kan forklare fordelingen af rotation mellem solen og planeterne. Hovedparten af solsystemets drejningsmoment er nemlig koncentreret i planeterne, til trods for at solen udgør ca. 99 % af systemets masse.

Man vendte sig så igen til sammenstødshypotesen, der i begyndelsen af dette århundrede blev fremsat i nye former af en hel række fysikere (CHAMBERLIN, MOULTON, JEANS og JEFFREYS).

Ifølge disse hypoteser passerede en fremmed stjerne tæt forbi solen (eller kolliderede med den). Da den fjernede sig, blev der på grund af den gensidige tiltrækning mellem de to legemer revet materiale ud af dem begge, først som et bånd mellem dem. Da de fjernede sig mere fra hinanden, blev båndet revet over — rester af det lagde sig rundt om den ene (eller begge), og således opstod planeterne. Ifølge CHAMBERLIN og MOULTON skete dette

ved sammenhobning af små faste partikler (planetesimaler), ifølge JEANS og JEFFREY's bestod båndet mellem stjernerne af gas.

I 1935 forbedredes hypotesen af RUSSEL og LYTTLETON, der begge uafhængigt af hinanden hævdede, at solen oprindeligt havde været en af stjernerne i en dobbeltstjerne, og at det var solens ledsager, og ikke solen, der havde været udsat for kollisionen.

Mod alle disse hypoteser er det blevet indvendt, at chancen for sammenstød er yderst ringe, og at de to stjerner må have bevæget sig med enorme hastigheder, nemlig 5000 km/sek, hvilket overgår alle hastigheder i mælkevejssystemet (cf. dog side 660). Planeterne ligger også for langt borte fra solen, og deres kemiske sammensætning afviger så stærkt fra solens, at de ikke kan være dannet direkte af denne. Endelig har man vist, at materiale revet ud af solen under ingen omstændigheder kunne konsolidere som planeter.

KANT-LAPLACE hypotesen er så atter blevet sat i højsædet, og hermed er vi nået frem til den rivende udvikling indenfor astronomien, der har fundet sted i de sidste år. Før vi beskæftiger os med de nyeste hypoteser, er det imidlertid nødvendigt at se på de kendsgerninger, der ligger til grund for den nye kosmologi.

De stjerner, vi ser på himlen, tilhører mælkevejssystemet, der består af mange milliarder stjerner. En af disse er vor sol. Rummet mellem stjernerne er ikke tomt, det opfyldes af den tynde interstellær gas, der overvejende består af brint, desuden findes der en masse støv. Gassen og støvet er ikke jævnt fordelt og danner undertiden kolossale »skyer«. Man mener, at mælkevejssystemet er formet som en stor flad skive med spiralarme og er nået til dette resultat ved at sammenligne med de såkaldte extragalaktiske systemer (spiraltåger), der findes uden for mælkevejen, og som har vist sig at bestå af samme slags stjerner som vor egen mælkevej. Spiraltågerne roterer, og solen bruger ca. 200 mill. år til en omdrejning om mælkevejssystemets centrum. Solen har en diameter på 1.393.000 km. Til sammenligning tjener, at jordens diameter er 12.700 km. Solens gennemsnitsvægtfylde er 1,4, mod jordens 5,5. Den største del af solens masse består af brint — næstvigtigst er helium; men ved spektroskopets hjælp har man konstateret, at 66 af de 92 grundstoffer, vi kender på jorden, forekommer i solens atmosfære, og man mener, at de stoffer, der opbygger jorden, udgør ca. 1 % af solens masse. Trykket i solens indre må på grund af dens størrelse være kolossalt, og solen ville da også falde sammen, hvis den ikke var meget varm. Temperaturen i dens indre er ca. 20 millioner grader C. At solen kan opretholde denne enorme temperatur, skyldes kernereaktioner, idet brinten omdannes til helium med kulstof og kvælstof som katalysatorer. Ved omdannelsen af brint til helium frigives energi, der i form af røntgenstråler bevæger sig ud mod solens overflade og som undervejs omdannes til almindelig lysstråling. Solens overflade har en temperatur på ca. 6.000 grader C.

99 % af solsystemets masse er koncentreret i solen, der er altså kun en brøkdel levnet til planeterne. Planeterne inddeles i de inderste små (Merkur, Venus, Jorden og Mars) og i de yderste store (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun). De inderste har vægtfylder mellem 4 og 5,5, de yderstes vægt-

fylder er af samme størrelsesorden som solens, altså omkring 1,5. De indre planeter består af grundstoffer som O, Si, Mg, Fe, Al, Ca, Na etc.; brint er kun til stede i underordnet mængde. Medens jordens atmosfære består af kvælstof og ilt med lidt vand og kultveilte, har Venus kultveilte, og Mars har kultveilte, kvælstof og lidt vand. Merkur har ikke nogen atmosfære. Det samme gælder for månen. De ydre planeters centrale dele består sandsynligvis af de samme grundstoffer som jorden, men de har mægtige atmosfærer bestående af ammoniak og metan (hos Jupiter) eller metan (hos de øvrige), altså stor mængde brint. Planeternes overfladetemperaturer varierer fra $+170^{\circ}\text{C}$ på Merkur til -180° på Saturn.

Med hensyn til planeternes afstande fra solen gælder, at radius i hver planets bane er ca. to gange så stor som radius for planetbanen indenfor. Dette kaldtes TITUS-BODES lov. Undtagelser fra loven er Jupiter og Neptun. Med hensyn til Jupiter gælder, at afstanden mellem denne og Mars er for stor, men tager man hensyn til de mange små planeter: asteroiderne, der findes her, er loven opfyldt. Den samme regel gælder for eksempel for afstanden fra Saturns ni måner til Saturn.

For at forstå planeternes dannelse er det først nødvendigt at se, hvordan solen og de andre stjerner i mælkevejssystemet blev til. Som tidligere nævnt kan man den dag i dag iagttage dannelsen af støvskyer i interstellargassen. Disse skyer kan være så store som 50.000 gange afstanden mellem jorden og solen, og man antager, at de kan udvikle sig til stjerner.

En sådan kold gas- og støvsky vil på grund af tyngdekraften trække sig sammen; den skrumpet, og skrumpningen foregår under varmeudvikling. Da skyen deltager i mælkevejssystemets rotation, begynder den at rotere om sin axe, og rotationshastigheden stiger efterhånden som skyen bliver mindre og mindre. Samtidig stiger temperaturen, skyen begynder at gløde, og til sidst bliver temperaturen i dens indre så høj, at brinten begynder at omdannes til helium. Når den ved denne proces udviklede energi er så stor, at der er ligevægt med den stråling, der udsendes fra stjernens overflade, ophører stjernen at skrumpet, og der er da indtrådt en ligevægtstilstand, der tillader den at stråle i milliarder af år. Da ligevægtstilstanden indtrådte, var den oprindelige sky skrumpet til ca. $1/1.000.000$ af sin oprindelige størrelse.

Skyen kan skrumpet ind til een stjerne, men man kunne også tænke sig, at skrumpningen foregik omkring flere centrer, hvorved man kunne få dannet dobbeltstjerner. Dem skal vi vende tilbage til senere. En tredje mulighed er, at en del af den oprindelige gassky ikke blev brugt, og det er det, den tyske fysiker von WEIZSÄCKER går ud fra i en hypotese, der er en genoplivelse af KANTS oprindelige urtågehypotese. Denne nye urtågehypotese synes at være almindelig anerkendt i astronomiske kredse. Solen var ifølge von WEIZSÄCKER først en roterende masse af samme sammensætning som støvet og gassen mellem stjernerne, altså med brint som den dominerende bestanddel. Denne masse var omgivet af et linseformet hylster af samme bestanddele. Linsen var ustabil på grund af rotationen, og den blev derfor anordnet i en skive i ekliptikas plan, d. v. s. i det plan, hvori planeterne nu roterer om solen. Men også skiven var ustabil, og der opstod turbulensstrømme i den. Herved aftog solens rotationshastighed, og der dannedes hvirvler i skiven. Von WEIZSÄCKER viser, hvorledes det

oprindelige støv kunne akkumuleres i protoplaneter, således at der blev overensstemmelse med BODÉ's lov. Kun støvet blev akkumuleret, gasserne blev afgivet til rummet udenfor.

Der er gjort mange forsøg på at rekonstruere jordens udvikling fra protoplanet til den nuværende skikkelse. Vi skal her kort omtale hovedtrækkene i den fremstilling, H. C. UREY har givet af jordens udvikling. I begyndelsen var protoplanetens temperatur meget lav — langt under 0 grader, men efterhånden blev den varmet op, dels på grund af solens stråling, dels på grund af dens egen skrumpning. I de små planeters protoplaneter fortættedes vand og ammoniak, hvilket fremskyndede, at det kosmiske støv blev koncentreret i større og mindre planetesimaler. Vandet og ammoniakken virkede som klister. Månen skal ifølge UREY have fået sin nuværende skikkelse i denne periode*).

Metan kan have fungeret som klister i de store, ydre planeter. At man kun har de små asteroider i rummet mellem Mars og Jupiter kan skyldes, at vand og ammoniak her var frosset til is, medens metan endnu ikke var kondenseret, og derfor ikke kunne virke som klæbemiddel.

I den første udviklingsperiode afgav protoplaneten en stor del af sine gasser, samtidig med at den på grund af skrumpningen blev varmere og varmere, og de først dannede planetesimaler bevægede sig ud og ind af gasser med høj temperatur. Gasserne bestod af brint, kvælstof, vand, metan og ædle luftarter. Herved fordampede de mindste planetesimaler, de større blev omdannet til jern-nikkel-legeringer i overfladen. Dette højtemperatur trin indfører UREY for at kunne forklare, at jordens kerne består af jern og nikkel (cf. jernmeteoriter). Temperaturen nåede op på 2—3000 grader, men da protoplaneten efterhånden havde afgivet næsten alle sine flygtige forbindelser, så der ikke var noget isolerende lag af gasser rundt om den, afkøledes den hurtigt på grund af udstråling af varme; og sammenhobningen af planetesimaler foregik til sidst ved lav temperatur. Jordens overflade på den tid kan have set ud som månens nu. Af grunde, vi ikke skal komme ind på her, mener UREY, at jorden aldrig har været smeltet.

Da jorden var dannet, havde den en atmosfære bestående af brint, vand, metan, ammoniak etc., d. v. s. den var reducerende, men da vandet blev spaltet i sine bestanddele brint og ilt ved fotokemiske processer, og da brinten dampede bort, blev atmosfæren iltende. (Ammoniakken omdannedes samtidig til kvælstof, metanen til kulstøv, også her forsvandt brinten). Atmosfæren forandrede altså fra at være reducerende til at være iltende, og UREY mener, at de første spor af liv opstod i denne periode, hvor der var gunstige betingelser for at få dannet en hel række organiske forbindelser. Det er muligt, at den tids have har været opløsninger af organiske forbindelser.

At der er stor forskel i kemisk sammensætning mellem solen og jorden

*) Andre har som G. DARWIN hævdet, at månen på et tidligt trin af jordens udvikling er blevet revet ud af jorden på grund af resonansfænomener, og at Stillehavet er det hul, der derved fremkom. Med hensyn til kratrene på Månen mente man tidligere, at de skyldtes vulkanudbrud eller afgasning, men man er nu mere tilbøjelig til at betragte dem som huller frembragt af meteoriter, der er faldet ned på Månen.

skyldes altså, at en stor del af protoplaneternes flygtige forbindelser er afgivet under skrumpningen til planeter. Denne antagelse bestyrkes af, at de ydre planeter er så store på grund af tilstedeværelsen af gasser.

Hvis man godtager von WEIZSÄCKER's fremstilling, må alle grundstofferne have været til stede under hele solsystemets udvikling, da der ikke er nogen mulighed for at få dannet de tunge grundstoffer i solen. Yderligere må planetdannelse være et naturligt led i de fleste stjernes udvikling.

En helt anden forklaring på jordens dannelse er givet af den engelske astronom Fred HOYLE, der bygger videre på den tidligere omtalte dobbeltstjernehypotese. Halvdelen af de stjerner, vi ser på himlen, er dobbeltstjerner, d.v.s. de består af to stjerner, der bevæger sig rundt om hinanden. HOYLE mener, at solen oprindeligt var den ene komponent af et dobbeltstjernesystem. Den anden stjerne må have været meget stor og massiv, en såkaldt supergigant. På grund af dens størrelse og store energitab til omgivelserne blev dens brint brugt hurtigere, end det er tilfældet i solen. Da brinten var opbrugt, og stjernen stadig udstrålede energi fra overfladen, begyndte den at skrumpne for at udligne energitabet. Derved steg dens indre temperatur, og dens udstråling og rotationshastighed forøgedes kraftigt. Til sidst blev rotationen så stor, at centrifugalkraften blev større end tyngdekraften, og stjernen exploderede. Dette skete imidlertid på en fredelig måde, så længe det kun var strålingen fra overfladen, der var årsagen til skrumpningen. Stjernen spyttede materiale ud som en fyrværkerisol; det er det, man kalder en nova. Men der kan også ske noget mere katastrofalt, nemlig hvis temperaturen inde i stjernen bliver så fantastisk høj, at der begynder at dannes tungere grundstoffer (Fe, Mg, Si etc.) ved kerneprocesser. Disse processer forbruger varme på grund af dannelsen af frie elektroner, og dette hurtige varmeforbrug fører til en kraftig explosion, hvor hele stjernen sønderspringes: Supernova.

På det tidspunkt explosionen skete, var den oprindelige store stjerne skrumpet ind til at være mindre end jorden, og den var så massiv, at en tændstikæske fuld af stof fra dens indre ville veje flere tusind tons. Dette skyldes, at atomerne var degenererede, d.v.s. at elektronskallerne blev trykket itu, så kernerne lå tæt op til hinanden. Stjernen ville i explosionsøjeblikket have en sammensætning nogenlunde svarende til jordens.

Ved explosionen slyngedes størstedelen af materialet ud i rummet, men en lille del af det indfangedes af solens tyngdefelt og anordnedes i en skive som i von WEIZSÄCKERS hypotese. Den videre udvikling er dog forskellig fra den, vi har omtalt tidligere, da vi jo her starter med de tunge grundstoffer, der hobedes sammen på grund af tyngdekraften. HOYLE mener, at de lette forbindelser som vand, kvælstof etc. optoges, efterhånden som protoplaneterne passerede gennem gasskyer af forskellig sammensætning.

HOYLE's hypotese forklarer forskellen i sammensætning mellem solen og planeterne, og den fortæller, hvordan de tunge grundstoffer blev dannet. Det er blevet indvendt mod denne hypotese, at materialet fra den exploderende stjerne aldrig ville blive indfanget af solen på grund af dennes lystryk.

Men hvordan begyndte det hele så? Der er to hovedopfattelser.

Ved at undersøge lyset fra de extragalaktiske spiraltåger har man kun-

net konstatere, at de fjerner sig fra os på en sådan måde, at hastigheden stiger med afstanden fra os. Det er det, man kalder universets udvidelse, det pustes op ligesom en ballon. At spiraltågerne fjerner sig fra os skyldes ikke, at vi er midtpunktet i universet; man ville se det samme fra en hvilken som helst anden stjerne.

Det at alle stjernetåger synes at bevæge sig væk fra hinanden kunne tyde på, at de en gang har ligget meget tæt sammen og ud fra hastigheden hvormed universet udvides, kan man slutte sig til, at dette må have været tilfældet for 2—3 milliarder år siden. Der er mange, der som belgieren LEMAITRE mener, at universet havde sin oprindelse i et kæmpemæssigt »uratom«, der eksploderede for 2—3 milliarder år siden og dermed startede universets expansion. »Uratomets« indre var kolossalt varmt (måske 10 milliarder grader C), og ved denne høje temperatur har intet andet end neutroner kunnet bestå. Da expansionen begyndte, faldt temperaturen hurtigt, og ifølge GAMOW omdannedes neutronerne i løbet af et øjeblik til de grundstoffer, der nu opbygger universet — og i det nu observerede mængdeforhold. Under expansionen kondenseredes det dannede materiale i spiraltåger og stjerner, og da disse sidstnævnte den gang kan have ligget tættere sammen end nu, hævder tilhængere af kollisionshypotesen, at det er i denne periode, at solen er stødt sammen med en anden stjerne. Forklaringen er utilstrækkelig, fordi stjernerne sandsynligvis er dannet i spiraltågerne på et tidspunkt, hvor disse havde opnået deres endelige form.

Den ovenfor anførte antiaktualistiske fremstilling af universets udvidelse er ikke særlig tilfredsstillende. Den lader universet opstå gennem en voldsom eksplosion af et »uratom«, men man må spørge, hvad gik forud for dette? Dertil kommer, at denne opfattelse ikke levner noget spændende univers til vore efterkommere på denne jord. Når alt extragalaktisk materiale fjerner sig fra os, vil fremtidens mennesker, hvis da ikke alt levende forinden er blevet stegt af den døende sol, finde sig ene med de overlevende blandt mælkevejens stjerner i et tilsyneladende tomt univers. Og efterhånden vil alt interstellart materiale være kondenseret i stjerner, der lever en vis tid under udsendelse af stråling for til slut at brænde ud. Strålingen fortaber sig i universets øde. Universet skulle altså udvikle sig mod en »varmedød« (tilstand af maximal entropi), og når denne er nået, vil alle processer ophøre, idet energien da vil være jævnt fordelt i hele universet.

Ifølge EINSTEIN er universets form bestemt af dets indhold af materiale. Man kunne da som R. C. TOLMAN spørge, om expansionen ikke er en midlertidig foreteelse, og om den vil blive afløst af kontraktion. Med andre ord: universet skulle pulsere.

Englænderen T. GOLD og H. BONDI og uafhængigt heraf Fred HOYLE har fremsat teorier om, at der til stadighed nydannes stof i universet. De er gået ud fra forskellige forudsætninger, men kommer til tilsvarende resultater, nemlig at der rundt om i det »tomme« rum til stadighed opstår brint. Dannelsen af et brintatom pr. liter pr. milliard år skulle være tilstrækkeligt til at forklare universets udvikling. Ud af den tynde interstellare og intergalaktiske gas skulle nye spiraltåger og nye stjerner stadig

opstå til afløsning af dem der forsvinder ud af synsvidde eller som går til grunde. Det udadrettede tryk, som den nydannede brint udøver, er ifølge HOYLE årsag til universets udvidelse. BØNDI regner desuden med, at den energi, lysstrålerne mister, når de rejser gennem universet, skulle kunne medvirke til udvidelsen.

HOYLE hævder, at den store mængde brint, der nu findes rundt om i universet, kræver et stadigt tilskud af dette grundstof. Hvis dette ikke skete, skulle brint, der jo i stjernerne omdannes til helium, findes i langt mindre mængde end det iagttagne.

Termodynamikens anden lov siger, at processerne i naturen er irreversible, altså at historien ikke gentager sig. De sidstnævnte hypoteser er i modstrid med denne lov, idet de siger, at universet altid vil se nogenlunde ens ud fra et bestemt punkt; nye stjerner fødes og erstatter dem, der dør. At der er uoverenstemmelse med en af den fysiske kemis grundlove behøver ikke at betyde, at de nævnte hypoteser ikke kan være rigtige alligevel; en lov, der er fundet på jorden, behøver jo ikke at have universel gyldighed. De nye hypoteser har mange tiltalende træk, blandt andet indfører de det aktualistiske princip i kosmologien.

Spørgsmålet om universets alder kan behandles under to synsvinkler.

Slutter man sig til LEMAITRES opfattelse, er alt stof dannet for 2—3 milliarder år siden ved »uratomets« explosion.

Har det aktualistiske princip universel gyldighed, må selve universet være uendelig gammelt. Derimod kan man tale om alderen af afgrænsede dele af det, og man kan ved hjælp af forskellige metoder sætte en øvre grænse for alderen af vor del af universet.

Jorden må i hvert fald være lige så gammel som det ældste mineral fundet på den, og det vil for øjeblikket sige, at jorden må være mindst 3,3 milliarder år gammel. Desuden kan man på grundlag af urans halveringstid beregne, at jorden højest kan være 6 milliarder år gammel.

Endelig kan man bedømme stjernernes aldre. En stjerne af solens størrelse har nok brint til 50 milliarder års stråling, og da den har bevaret det meste af sin brint, kan man slutte, at den endnu må være i sin barndom.

Store stjerner forbruger deres brint meget hurtigt. Leder man derfor efter stjerner, der har opbrugt hele deres brintbeholdning, kan man, hvis man kender deres masse, bestemme deres alder. Sådanne stjerner er de røde giganter, og HOYLE oplyser, at man ikke har truffet nogen rød gigant, der er ældre end ca. 4 milliarder år. Dette skulle være alderen for de ældste stjerner i vor del af universet.

Altså, de forskellige metoder giver alle som resultat, at jorden og vor del af universet højest kan være ca. 4 milliarder år gammel.

Til slut skal det nævnes, at aldersbestemmelser på meteoriter har givet værdier helt op til 7 milliarder år, hvilket gør det tvivlsomt, om meteoriterne hører hjemme i solsystemet. Imidlertid mener man, at disse bestemmelser ikke er tilforladelige, idet den kosmiske strålings indvirkning på meteoriterne er årsag til dannelsen af helium, der derved forekommer i større mængde i meteoriterne, end hvis helium opstod alene ved de radioaktive stoffers sønderfald.

LITTERATURLISTE

- BONDI, H. *Cosmology*. — Cambridge University Press 1952.
- GAMOW, G. *The birth and death of the sun*. — A Mentor Book published by the new American Library, Third printing 1953.
- HOYLE, FRED. *The nature of the universe*. — Basil Blackwell, Oxford, 1950.
- JEFFREYS, H. *The origin of the solar system, i The internal constitution of the earth under redaktion af B. GUTENBERG*. Dover Publications, Inc. New York 1951.
- UREY, H. C. *The planets, their origin and development*. — Oxford University Press, 1952.
- WEIZSÄCKER, C. F. VON. *The history of nature*. — The University of Chicago Press 1949.