

Fysisk eskatologi – Universet og det evige liv

Af Helge Kragh, Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet

Kosmologi er en udviklingsvidenskab, der rekonstruerer Universets historie fra Big Bang til den sene fremkomst af intelligent liv. Ifølge nogle fysikere er den kosmiske fremtid nok så væsentlig som fortiden, især hvis fremtidsscenerne omfatter livets skæbne. Vil intelligent liv være en parentes i Universets historie, eller vil det fortsat eksistere i den fjerne fremtid, måske i al evighed? Et nyt og kontroversielt forskningsområde, kaldet "fysisk eskatologi", beskæftiger sig med disse spørgsmål.

Historisk prolog

I middelalderen og renaissance blev Universet ofte fremstillet som en slags levende organisme, der var behersket af og centreret omkring mennesket, Guds udvalgte skabning. Det var vanskeligt, ja næsten umuligt, at forestille sig et univers uden mennesker, for i en vis forstand var mennesket altings mål og formål. I overensstemmelse med renaissancehumanismens idealer blev Universet opfattet som antropocentrisk, og mennesket tillagt en afgørende rolle i verdensordenen. Denne orden var gudsskabt, men ikke uforanderlig, for Gud havde i sin visdom skabt verden engang i

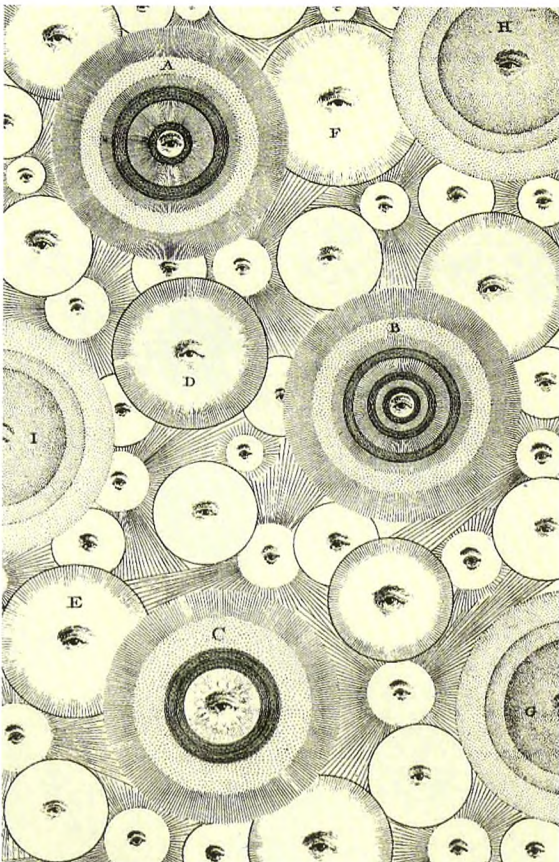
den fjerne fortid – for næsten 6000 år siden! – og den ville ikke fortsætte med at eksistere i al evighed. I overensstemmelse med de apokalyptiske passager i Bibelen var det anerkendt, at verden var på vej mod sin undergang. Med dommedag ville alting ophøre, og alt liv ville forsvinde, om end muligheden for en genkomst stod åben. På Herrens dag, hedder det i Peters andet brev, "skal himlene forgå med brag, og elementerne skal komme i brand og opløses, og Jorden og alt menneskeværk på den skal brænde op". Men det siges også, at efter dommens dag vil der komme "nye himle og en ny jord".



Figur 1. På dommens dag vil verden gå under og livet ophøre. Begrebet *eskatologi*, der betegner forestillinger om verdens afslutning, er teologisk, mens det er kontroversielt, om det også har en plads i kosmologien.



Figur 2. Omkring 1600, hvor astrologiske og alkymistiske forestillinger endnu var almindelige, optrådte mennesket som en central aktør i det fysiske univers. Illustration fra den engelske naturfilosof og mystiker Robert Fludds bog *Utriusque Cosmi* fra 1617.



Figur 3. Englænderen Thomas Wright udgav i 1750 bogen *An Original Theory of the Universe*, hvori han beskrev et kosmologisk system, hvor Gud og intelligent liv var overalt i Universet.

Med den newtonske videnskabs dominans fra omkring 1700 blev mennesket detroniseret fra sin rolle som naturens mål og reduceret til blot en neutral iagttagere af den. Oplysningstidens adskillelse mellem natur og menneske – eller rettere mellem natur og ånd – blev udfordret af den naturromantiske strømning i starten af 1800-tallet, men uden at udfordringen satte sig varige spor.

Videnskabeligt argumenterede spekulationer om Universets ultimative skæbne er ikke forbeholdt moderne kosmologi. Fra midten af 1800-tallet gav den populære "nebularhypotese" Universet en historisk dimension, der yderligere blev forstærket af ekstrapolationer baseret på termodynamikkens anden hovedsætning. Hvis entropien fortsætter med at vokse, og den frie energi dermed fortsætter med at aftage, vil liv og livgivende processer da ikke ophøre i den fjerne fremtid? "Varmedøden" vil indtræffe, og den vil være irreversibel [1]. Som den engelske digter Algernon Swinburne i 1866 udtrykte det på poetisk, men dog præcis form:

Then star nor sun shall waken,
Nor any change of light:
Nor sound of waters shaken,
Nor any sound or sight:
Nor wintry leaves nor vernal,
Nor days nor things diurnal.
Only the sleep eternal
In an eternal night.

Den pessimistiske forudsigtelse af en kosmisk varmedød var i en lang periode kontroversiel og genstand for megen diskussion, både af videnskabelig, filosofisk og teologisk art. Vi finder i denne periode ansatser til en videnskabelig baseret eskatologi, herunder spekulationer om, hvorvidt mennesket eller menneskelignende liv kan tilpasse sig det højentropiske miljø i den fjerne fremtid. Den tyske fysiker Caspar Isenkrahe argumenterede, at dette var muligt. I en bog fra 1910 konkluderede han, at selv om mennesket ville uddø, så betød det ikke livets endeligt, for over lange tidsrum ville livsformer kunne tilpasse sig selv de mest ekstreme fysiske omstændigheder.

Den almindelige holdning var dog, at i det lange løb kunne livet ikke konkurrere med entropilovens tyranni. Denne holdning blev bl.a. formuleret af James Jeans i en forelæsning fra 1928, på et tidspunkt hvor Universets ekspansion endnu ikke var kendt. Ifølge Jeans var fremstidssceneriet dette [2]:

Som tiden går vil Universets konstruktion forvitres, nedbrydes og opløses, og ingen genopbyggelse eller rekonstruktion er mulig. Termodynamikkens anden lov tvinger det materielle univers til altid at bevæge sig i den samme retning og ad den samme vej, en vej der kun kan ende i død og tilintetgørelse.

Universet i den fjerne fremtid

Mens mennesket og den menneskelige bevidsthed traditionelt ikke medtænkes i de fysiske videnskaber, er der i anden halvdel af det 20. århundrede gjort flere forsøg på at ændre på dette forhold. Nogle af disse er knyttet til forståelsen af kvantemekanikken (som hos Eugene Wigner og John Wheeler), andre til kosmologiske sammenhænge og andre igen til det antropiske princip, som Brandon Carter indførte i 1974. Hele pointen med det antropiske princip er, at Universet og dets udvikling må være konsistent med eksistensen af mennesker som observerende og bevidste væsner, eller mere generelt med avancerede livsformer.

Uanset om bevidstheden spiller en aktiv rolle i naturprocesser eller ej, så er det fristende, og vel i en vis forstand naturligt, at reflektere over livets fortsatte muligheder i forskellige kosmologiske teorier eller scenarier. Sådanne teorier vurderes primært efter deres overensstemmelse med observationer, men andre faktorer af en mere subjektiv eller filosofisk art kan også indgå. Man kan fx foretrække en bestemt kosmologisk model, fordi den i højere grad end andre modeller harmonerer med visse menneskelige (snarere end epistemiske) værdier. En sådan værdi kan være vedvarende intelligent liv i Universet. Der er adskillige eksempler på, at fysikere og astronomer har tillagt denne værdi betydning i den forstand, at de *ønsker* et univers, hvor livet altid fortsætter. Argumenter af denne art indgik i den kosmologiske debat i 1950'erne mellem steady-state modellen og modeller af Big Bang-typen. På omkring samme tid fremhævede Paul Dirac

det ønskelige i, at en kosmologisk teori i det mindste tillader muligheden for et evigt liv.

Moderne kosmologi er "historisk" i den forstand, at den søger at forklare det nutidige univers som resultatet af fortidige processer, der ultimativt kan føres tilbage til Big Bang for 13-14 mia år siden. Den fortidige kosmiske udvikling er godt forstået, men hvad med fremtiden? De ligninger, der beskriver kosmologiske modeller, er tidssymmetriske, så de fortæller os ikke blot om den kosmiske fortid, men også om den kosmiske fremtid. Alligevel er det først for relativt nyligt, at denne fremtid er blevet gjort til genstand for seriøse studier, dvs. at man på grundlag af kosmologiske modeller og fysisk viden har opstillet scenarier for Universets ultimative skæbne.

Eskatologi er et teologisk begreb, der betegner forestillinger om verdens afslutning, mere specielt menneskets skæbne efter døden. Sådanne forestillinger findes i de fleste religioner, men af historiske årsager har den kristne eskatologi været særlig vigtig i den vestlige kulturkreds. Fra omkring 1970 begyndte enkelte fysikere og astronomer at bruge ordet i forbindelse med teoretiske studier af Universets tilstand i den meget fjerne fremtid. Vil verden gå under i et kataklystisk "Big Crunch"? Vil den blot fuse ud og langsomt nærme sig en død tilstand? Eller vil den måske genskabes igen og igen? I nogle af disse "eskatologiske" studier indgår intelligent liv direkte og centralt, mens andre studier ignorerer livet eller blot nævner det parentetisk. Især for førstnævnte studier har man foreslået navnet "fysisk eskatologi", idet man hermed ønsker at understrege området som et fysisk forskningsprogram, der hverken er af teologisk eller filosofisk karakter. Navnet indgår i en del kosmologiske og astrofysiske artikler, men har ikke vundet officiel anerkendelse. Ifølge John Barrow og Frank Tipler er fysisk eskatologi "studiet af livets overlevelse og opførsel i den fjerne fremtid", hvor "liv" dog skal forstås i en meget generel forstand [3; 4].

I forsøget på at etablere fysisk eskatologi som en respektabel astrofysisk disciplin gør man meget ud af at nedprioritere de spekulative elementer. Området bygger på kendt fysik og hævdvundne videnskabelige metoder, siges det. Desuden anstrenger man sig for at distancere området fra teologisk eskatologi og generelt at benægte, at det har noget med religiøse forestillinger at gøre. Det første moderne arbejde af en eskatologisk art fremkom i 1969, hvor Martin Rees undersøgte, hvordan et lukket univers ville nærme sig den endelige (eller måske endelige) udslettelse i et "Big Crunch". Et par år senere undersøgte Paul Davies de termodynamiske forhold i modeller af et evigt ekspanderende univers. I ingen af disse tidlige eksempler spillede liv nogen rolle.

Siden da har mange fysikere udviklet scenarier af en lignende type, blot meget mere detaljerede. Resultatet afhænger naturligvis af de undersøgte kosmologiske modeller og antagelser om hvilke fysiske processer, der indgår i den fremtidige kosmiske udvikling. Fx vil scenariet afhænge af, om protonen antages at være ustabil eller ej. I ekstrapolationer af den næsten absurde størrelsesorden, der her er tale om, er man næsten tvun-

get til at antage, at de nuværende fundamentale fysiske love vil fortsætte med at være gyldige og tilstrækkelige. Man ved naturligvis godt, at dette næppe er tilfældet, men denne konservatisme hører til spillets regler. Som et avanceret eksempel på denne type fremtidsscenarier, eller fysisk eskatologi om man vil, kan nævnes en artikel fra 1997 af Fred Adams og Gregory Laughlin, som eksplicit udelukkede liv fra deres analyse for derved at gøre den mere videnskabelig [5].

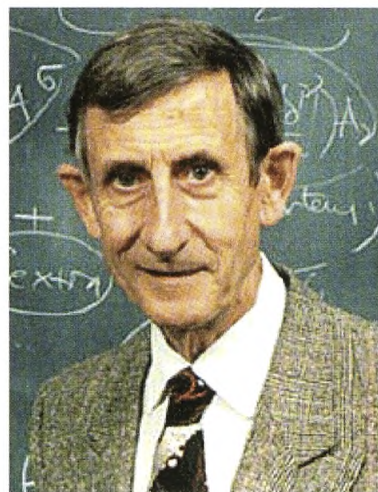
Et fremtidsscenario for et åbent og stadigt ekspanderende univers, sådan som fremlagt af Adams, Laughlin og flere andre, kan typisk starte med udslukningen af lysende stjerner og deres omformning til neutronstjerner eller sorte huller, hvilket måske finder sted om 10^{14} år (10.000 gange Universets nuværende alder). Når der er gået 10^{34} år, vil alt stof være blevet til en tynd og kold suppe af sorte huller, elektroner, positroner, neutrinoer og fotoner. De sorte huller "fordamper", sådan som først forudsagt af Stephen Hawking, og efter det gigantiske tidsrum på 10^{118} år vil selv de tungeste sorte huller være forsvundet. Til den tid vil Universet bestå af en umådelig tynd elektron-positron plasma i en ultrakold stråling af neutrinoer og fotoner. Og det er så det. Man bør nok hæfte sig ved, at det tager 10^{118} år at nå til denne tilstand af kedsommelig fysisk evighed. Det er rigtig lang tid!

Uendeligt i alle retninger

I 1978 holdt den ansete teoretiske fysiker Freeman Dyson et foredrag om den endeløse tid, der af mange bliver anset som det grundlæggende arbejde i fysisk eskatologi [6]. I modsætning til de tidligere nævnte arbejder var liv og bevidsthed af central betydning for Dysons analyse, der netop fokuserede på muligheden for evigt liv. Han tænkte ikke på noget så vulgært og bibelsk som mennesker, men på meget højere udviklede livsformer af en ikke nærmere defineret organisk art. For ham var biologi en integreret og helt central del af kosmologien. Foredraget og den efterfølgende artikel i *Reviews of Modern Physics* var på mange måder bemærkelsesværdige, ikke mindst på grund af sammenblandingen af matematisk-fysiske argumenter med stærkt spekulative og normative antagelser. Dyson, der erklærede sig for "filosofisk optimist", var overbevist om, at Universet har et formål, og at livets fortsatte eksistens er en vigtig del af dette kosmiske formål. Lige så lidt som middelalderens filosoffer kunne han forestille sig et livløst univers.

Etiske og lignende normative værdier regnes normalt som irrelevante fremmedlegemer i naturvidenskab, men Dyson accepterede ikke denne traditionelle skelnen mellem videnskab og menneskelige værdier. En anden fremragende fysiker, nobelpristageren Steven Weinberg, havde året før i sin bog *De første tre minutter* konkluderet, at "Jo bedre vi forstår Universet, des mere meningsløst forekommer det os". Dyson var lodret uenig. Hans univers havde et formål, nemlig at understøtte og udvikle livet i stedse større rigdom, kompleksitet og diversitet. Et lukket univers, der måtte ende i et Big Crunch, gav ham en følelse af klaustrofobi. Universet

måtte være åbent, uendeligt og udtømmeligt i tid, rum, liv og muligheder. "I den åbne kosmologi har historien ingen afslutning", som han sagde.



Figur 4. Den engelsk-amerikanske fysiker Freeman Dyson (født 1923) var en pioner i udviklingen af kvanteelektrodynamikken og har i bøger og artikler bidraget til de mere spekulative dele af fysik og kosmologi.

Den ukuelige optimist Dyson argumenterede, at i et åbent univers vil intelligent liv ikke blot kunne eksistere i al evighed, ultimativt vil det også blive forenet i en biologisk og bevidsthedsmæssig forstand – hele Universet vil måske blive til en levende superorganisme. For at nå sådanne konklusioner måtte han rimeligvis indføre nogle højst spekulative antagelser, bl.a. om "subjektiv tid" og "kosmisk dvale", men han hævdede, at disse kunne begrundes i de fysiske love. Dysons fremtidsscenario var af samme type som nævnt ovenfor, blot gik det længere end til sølle 10^{118} år. Hans tabel over fremtidens kronologi omfattede bl.a. disse begivenheder:

Stjerner afkøles	10^{14} år
Stjerner løsrives fra galakser	10^{19} år
Sorte huller fordamper	10^{64} år
Alt stof henfalder til jern	10^{1500} år

Da Dyson skrev sin artikel, var inflationsteorien endnu ikke fremkommet, og eksistensen af en eksotisk mørk energi (som normalt tilskrives en kosmologisk konstant) var ukendt. Senere forskere har taget hensyn til disse og andre nyere opdagelser i kritiske revurderinger af Dysons analyse. Disse senere bidrag til fysisk eskatologi er helt i Dysons ånd, blot mere opdaterede og i flere tilfælde endnu mere spekulative og ambitiøse. Et enkelt eksempel vil antyde karakteren af denne type undersøgelser, hvortil en række af fremtrædende astrofysikere og kosmologer har bidraget.

Ifølge den prominente russisk-amerikanske fysiker Andrei Linde, en af inflationsteoriens fædre, hører studiet af livet i den fjerne fremtid til kosmologiens fornemste og mest presserende opgaver. Lige som Dyson ønskede han evigt liv, men i 1988 måtte han konkludere,

at dette nok ikke var muligt i vores univers. Heldigvis kunne Linde undgå en sådan pessimistisk konklusion ved at henvise til sin teori om såkaldt kaotisk inflation, der indebærer stadig skabelse af nye universer eller kosmiske domæner. Vore fjerne efterkommere vil ikke kunne overleve i vores univers, men måske de så kan rejse til et andet univers med bedre muligheder for fortsat liv. Og når dette univers er ved at dø, kan de rejse til endnu et nyt univers, etc. Linde forklarede, at vores univers måske vil ende i et sort hul, men trøstede læserne af *Physics Letters* med, at det nok vil tage $10^{10.000}$ år, før det sorte hul opsluger alt. Så der vil være tid nok til at "udarbejde en succesrig overlevelsesholdning eller en mere filosofisk holdning til fremtiden" [7]. Overlevelsesholdningen kunne være de kosmiske rejser til nye biovenlige universer, mens Linde undgik at kommentere, hvori den mere filosofiske holdning til fremtiden kunne bestå.

Fysisk eskatologi og evigt liv

Evighed er, ligesom eskatologi, et teologisk begreb, men det har altså ikke forhindret nogle fysikere i at bruge det i kosmologiske spekulationer. I almindelighed er fysisk eskatologi karakteriseret ved en ret ekstrem form for reduktionisme, idet det implicit eller eksplicit hævdes, at *alting* kan forstås udtømmende på grundlag af den fysik og matematik, vi kender i dag. Dette gælder ikke blot naturen, men også livsforhold, etiske værdier og religiøse forestillinger. Det liv, der tales om, er ikke liv, som du og jeg kender det, men defineres abstrakt i fysiske og informationsteoretiske termer. Frank Tipler hører til de mest outrerede af de fysiske eskatologer, og også til de mest reduktionistiske. For ham er fysik og matematik altings grundlag, i bogstavelig forstand alt der eksisterer. Som han og Barrow har fremhævet, så er påstanden om det evige liv i overensstemmelse med en af de mangfoldige versioner af det antropiske princip, nemlig det såkaldte "endelige antropiske princip", der netop postulerer, at livet aldrig kan forgå. Ikke mange fysikere tager denne version alvorlig, men Tipler gør.

Jeg kan ikke her komme nærmere ind på Tiplers ofte kontroversielle og ekstreme teorier, der næppe deles af mange af hans kolleger i fysikken. Ekstreme som hans ideer unægtelig er, så er nogle af dem dog ganske repræsentative for den nye forskningstradition i fysisk eskatologi. Tipler hævder at have *bevist* livets evige eksistens, at det uundgåeligt følger af fysikkens love. Som han formulerede det i en artikel fra 2003: "Intelligent liv vil overleve indtil tidens ende, fordi det kræves af fysikkens love; eller for at udtrykke det på en anden måde, fordi sådan overlevelse er et af Universets formål" [8]. Det evige intelligente liv er ikke mennesker af kød og blod, men selvreproducerende erkendende robotter, der kun i en genealogisk forstand er knyttet til os.

Grænsen for spekulationer inden for fysisk eskatologi og lignende områder er knap til at få øje på. Den ansete kosmolog Edward Harrison foreslog i 1995 – tilsyneladende i fuld alvor – at vores univers er skabt af superintelligente væsner levende i et andet univers [9]. I

modsatning til Tiplers robotter er Harrisons intelligente væsner af omtrent samme slags som os, blot umådeligt højere udviklede. Homo sapiens vil måske selv engang nå et sådant avanceret udviklingsstadium og kan så gå i gang med at skabe nye universer til gavn for sig selv og andre kosmiske væsner. Med denne spekulation mente Harrison at kunne give en god forklaring på, hvorfor Universet er rationelt forståeligt og så eminent egnet til at huse højere livsformer.

Videnskabelige bidrag til den fysiske eskatologi publiceres typisk i astronomi- og fysiktidsskrifter eller i den nye litteratur, der er vokset op omkring astrobiologien. Tidsskriftet *International Journal of Astrobiology*, der første gang udkom i 2002, indeholder flere bidrag af den spekulative type. I en af disse artikler argumenteres, at menneskers personligheder kan genskabes eller simuleres i fremtidens supercomputere, sådan at selv den individuelle personlighed kan leve evigt. I overensstemmelse med Dyson, og i modstrid med Weinberg, mener forfatteren, at livet er formålsbestemt og har en kosmisk mening. En anden artikel i samme tidsskrift, med den pompøse titel "The Theory of Everything and the Future of Life", slutter med følgende opfordring:

Vi må straks begynde at tage fysisk eskatologi mere alvorligt, for det er selve livets fremtid i Multiverset der her er på spil. Hvad er meningen med vore liv, hvis livet ikke eksisterer i morgen? Det vil være særdeles spændende og tilfredsstillende [at finde ud af] hvordan menneskeheden og andre livsformer vil være i stand til at redde sig og fortsætte deres overlevelse uendeligt i fremtiden.

Kommentarer skulle være overflødige.

Fra kosmobiologi til kosmoteologi

Inden for den klasse af teorier, jeg her har skitseret, er det rimeligt at skelne mellem kosmologiske fremtidsscenerier og egentlig fysisk eskatologi, hvor fokus er på fortsat liv i Universet. Førstnævnte arbejder er ret uproblematisk, men også ret sterile. Der er tale om hypotetisk-deduktive argumenter, hvor man ud fra den bedste fysiske og kosmologiske viden slutter til konsekvenser om Universets tilstand i den meget fjerne tilstand. Argumenter af en logisk set lignende type er almindelige i fysikken og ofte af stor nytte, da man ved at teste konsekvensen kan vurdere hypotesens gyldighed. Dette lader sig imidlertid ikke gøre for fremtidssceneriernes vedkommende, i det mindste ikke i nogen realistisk forstand. Af denne grund kan de forekomme at være epistemisk sterile øvelser, om end af en interessant slags.

Egentlig fysisk eskatologi er naturligvis spekulativ, hvilket dog ikke i sig selv er en alvorlig indvending. Dele af området er dog særdeles spekulative, bl.a. fordi de opererer med modeller og antagelser for begreber som liv, intelligens og bevidsthed. Hertil kommer, at de ofte er præget af pseudodobybsindigheder og en tvivlsom

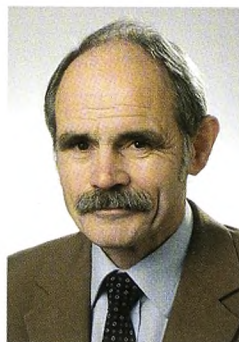
eller illegitim brug af filosofiske og teologiske begreber. I det mindste i nogle tilfælde minder de mere om middelalderens skolastiske diskussioner end om fysisk videnskab, idet de reelt set ikke forpligter sig over for den virkelige natur.

Al den stund fysisk eskatologi optræder i anerkendte videnskabelige tidsskrifter, må området i en sociologisk forstand regnes som videnskabeligt, men det kan diskuteres, om det også er det i en epistemisk og metodologisk forstand. I det mindste understreger denne type teoretisk forskning, at demarkationsproblemet mellem videnskab og ikke-videnskab stadig er aktuelt [10].

Der er bred konsensus om, at fysik og anden naturvidenskab må være religiøst neutralt, hvilket da også er tilfældet med de fleste bidrag til fysisk eskatologi. Tiplers version er usædvanlig ved eksplicit at inkludere religiøse elementer, om end dette sker på en højst ultraditionel måde. Teologi er ifølge Tipler "ikke andet end fysisk kosmologi baseret på antagelsen om, at livet som helhed er udødeligt". I andre tilfælde har det fysisk-eskatologiske projekt et kvasireligiøst præg, idet det ofte er motiveret i det urgamle og religiøst baserede ønske om evigt liv. Der er ikke tale om apologetisk fysik, men snarere om at spekulativ kosmologisk fysik optræder som en sækulær og tilsyneladende videnskabelig erstatningsreligion. Hvis jeg blev tvunget til at vælge, ville jeg vælge den ægte vare.

Litteratur

- [1] H. Kragh (2008), *Entropic Creation*, Aldershot.
- [2] J. Jeans (1928), The physics of the universe, *Nature* bind **122**, 689-700.
- [3] J. Barrow F. Tipler (1986), *The Anthropic Cosmological Principle*, Cambridge.
- [4] M. Ćirković (2003), Physical Eschatology, *American Journal of Physics* bind **71**, 122-133.
- [5] F. Adams G. Laughlin, A dying universe, *Reviews of Modern Physics* bind **69**, 337-371.
- [6] F. Dyson (1979), Time without end, *Reviews of Modern Physics* bind **51**, 447-460.
- [7] A. Linde (1988), Life after inflation, *Physics Letters B* bind **211**, 29-31.
- [8] F. Tipler (2003), Intelligent life in cosmology, *International Journal of Astrobiology* bind **2**, 141-148.
- [9] E. Harrison (1995), The natural selection of universes containing intelligent life, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* bind **36**, 193-203.
- [10] H. Kragh (2011), *Higher Speculations*, Oxford.



Helge Kragh er professor i videnskabshistorie ved Institut for Videnskabsstudier, Aarhus Universitet, og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie. Han har ledet udgivelsen af firebindsværket "Dansk Naturvidenskabs Historie".

Aktuelle bøger

Af Anja Skaar Jacobsen og Michael Cramer Andersen

Kvantemekanik

Af: Klaus Mølmer
 "Kvantemekanik – Atomernes vilde verden"
 Aarhus Universitetsforlag 2010
 181 sider, illustreret, 198 kr.
<http://www.unipress.dk>.



Denne lille bog giver en kortfattet, kontant og veloplagt, populærvidenskabelig fremstilling af kvantemekanikken, dens paradokser og dens anvendelser. Klaus Mølmer er professor i fysik ved Aarhus Universitet og en af verdens førende kvanteoptikere. Samtidig er han en mester ud i kunsten at formidle sit svære stof til både studerende og

læggfolk. Mølmers fremstilling af kvantemekanikken bygger på teoriens historiske udvikling, fordi, som han skriver, "der gemmer sig en god portion fysisk indsigt i at følge, hvordan teorier opstår og går under i et samspil mellem eksperimentelle fakta og håbefulde spekulationer". Den opfattelse deler denne anmelder til fulde. Efter et lynkursus i klassisk fysik, hører vi således om den historiske udvikling af kvantemekanikken fra den tidlige kvanteteori og navnlig, selvfølgelig, Bohrs atommodel, over bølge- og matrixmekanikken, til teoriens mange anvendelser i beskrivelsen af atomer, kerner, mindre molekyler, faste stoffer og Big Bang. Til slut nævnes anvendelsen af kvantemekaniske effekter i forskellige former for teknologi såsom lasere, atomure og, sandsynligvis, i fremtidens computere.

I modsætning til de fleste lærebøger i kvantemekanik, er debatten om kvantemekanikkens fortolkning et centralt kapitel i bogen. Mølmer har her et meget klart standpunkt i Københavnerfortolkningens favør. Som Bohr og Heisenberg er Mølmer af den opfattelse, at kvanteteorien er et udtryk for vores viden om kvantefænomener. Teorien giver ikke et billede af hvordan kvantesystemer opfører sig uafhængigt af iagttagerens eller eksperimentatorens vekselvirkning med