

Fysikkens 10 uløste gåder

Hvad er de største uløste problemer inden for fysikken? Det er der sikkert mange meninger om, men nu har en række fysikere i hvert fald givet et kvalificeret bud.

Af Carsten R. Kjaer og Michael Cramer Andersen

■ Som man kunne læse i en "kort nyt" i sidste nummer af Aktuel Naturvidenskab, har det amerikanske institut Clay Mathematics Institute for nylig udlovet en dusør på 1 million dollar til løsningen af hver af 10 matematiske problemer. Det er imidlertid ikke kun inden for matematikken, at man finder store uløste problemer. En konference inden for "superstrengsteori" på Universitetet i Michigan, USA, blev afsluttet med en session, hvor deltagerne gav de-

res bud på de 10 største problemer inden for deres område. Denne uformelle afstemning kan så indtil videre stå som en fysikkens top ti inden for uløste problemer. Selvom resultatet måske var blevet anderledes, hvis man havde spurgt en anden samling fysikere, er der dog ingen tvivl om, at løsningen af de nævnte problemer, vil kunne beskæftige fysikere verden over en rum tid endnu. Godt nok er der ikke udlovet nogen dusør, men mon ikke, at den, der løser

et af de nævnte problemer vil have gode chancer for at komme en tur til Stockholm?

Størrelsen af naturkonstanterne

Hvorfor har naturkonstanterne, som karakteriserer det fysiske univers, den størrelse, de netop har (f.eks. lysets hastighed, elektronens ladning, størrelsen på Plancks konstant osv.). Skyldes deres værdier en dyb logik, som endnu er skjult for os, men som man i princippet kan regne

sig frem til, eller er de bestemt af historiske eller kvantemekaniske tilfældigheder og dermed uberegnelige?

Hertil kommer spørgsmålet om den såkaldte "finstrukturkonstant" *alfa*. Hvis man tager kvadratet på elektronens ladning og dividerer med lysets hastighed ganget med Plancks konstant, så ophæver alle dimensioner hinanden (masse, tid og distance), og giver et rent tal – alfa – som har en værdi lidt større end 1/137. Men hvorfor

En af universets utallige spiralgalakser. Selvom galakser i jordisk målestok er af ufattelig størrelse, så udgør de samlet set kun en brøkdel af den masse, der findes i Universet. Faktisk udgøres 90% af den masse, som findes i Universet, af såkaldt "Mørkt stof", som forskerne endnu ikke ved, hvad er.



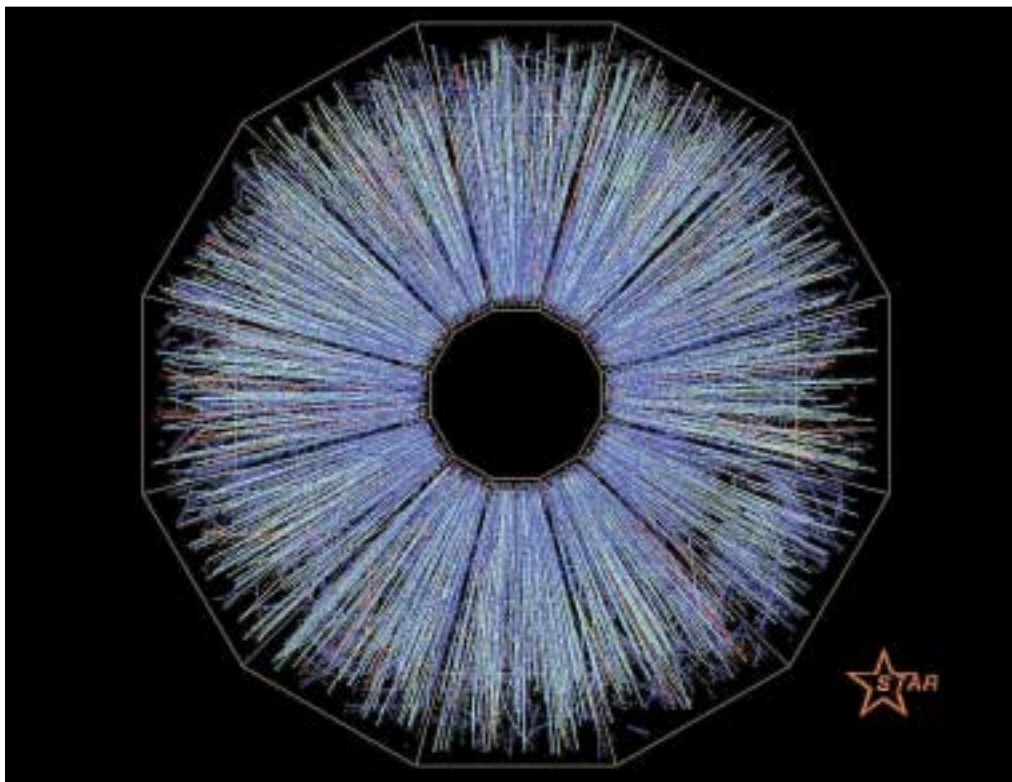


Foto: Brookhaven National Laboratory

Billede af en kollision mellem guld-ioner fra verdens – indtil videre – nyeste og største partikelaccelerator RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) i Brookhaven, USA. Acceleratoren skaber i ultrakorte øjeblikke betingelser, som kommer tæt på forholdene ved Big Bang.

er det ikke præcis $1/137$ eller en anden værdi helt præcist?

“Kvante-gravitation” og Universets oprindelse

To af de store teorier i moderne fysik er *standard-modellen*, som bruger kvantemekanikken til at beskrive de subatomare partikler og de kræfter, som de adlyder, og “generel relativitetsteori” - teorien om tyngdekraften (gravitationen). Fysikere har længe håbet at kunne blande de to teorier i en “teori om alting”: *kvante-gravitation*, som ville føre til en langt dybere forståelse af Universet herunder specielt Big Bang. Den førende kandidat for denne blandingsteori er *superstrengsteori* eller *M-teori*, som den seneste version bliver kaldt. Men for at forstå tyngdekraften på korte afstande (eller høje energier) må vi først have en bedre forståelse af, hvad “masse” i grunden er.

Protonens levetid

Mange fysikere har hidtil antaget, at protonen lever for evigt og aldrig nedbrydes til mindre bestanddele. Protonen er opbygget af tre kvarker og er den letteste kernepartikel. Til sam-

menligning vil en fri neutron, som er lidt tungere end en proton, henfalde til en proton efter ca. 15 minutter.

I 1970erne indså teoretiske fysikere, at deres kandidater for “den store forenede teori” som forenede alle kræfterne undtagen tyngdekraften, forudsatte, at protoner måtte være ustabile. Så, hvis man bare ventede længe nok, ville man observere en proton, som “brød sammen”. Tricket skulle så være at tage dem på fersk gerning. Men selvom eksperimentelle fysikere siden har kigget grundigt efter, har man endnu ikke observeret en proton opgive ånden. Indtil videre lever alle protoner tilsyneladende videre i bedste velgående – så enten er protoner fuldstændig stabile eller også har de en så enorm levetid, at forskerne i princippet kan vedblive med at kigge forgæves i årtusinder endnu.

Er naturen supersymmetrisk?

Mange fysikere mener, at hvis alle naturkræfterne – inklusive tyngdekraften – skal forenes i en enkelt teori, vil det kræve, at man kan vise, at to meget forskellige typer af partikler faktisk

er intimt forbundne – et fænomen kaldet *supersymmetri*. Den første type, *fermioner*, er løst beskrevet alt stofs byggesten – f.eks. protoner, elektroner og neutroner. Disse klumper sig sammen og danner stof. Den anden type, *bosonerne*, er de partikler, som bærer kræfter. Et eksempel herpå er fotoner. Med supersymmetri vil alle fermioner have en boson-tvilling og omvendt. Disse “superpartnere” bliver kaldt *spartikler* (sparticles). Sådanne partikler er dog endnu ikke blevet påvist, hvilket enten kan skyldes, at de er for tunge til at kunne observeres, eller at de simpelthen ikke eksisterer. Dette kan forhåbentlig blive afgjort, når eksperimenterne på CERNs nye accelerator (LHC = Large Hadron Collider) efter planen begynder i år 2005.

Hvis det viser sig, at “spartiklerne” ikke eksisterer, må tilhængerne af en teori om supersymmetri så forklare, hvorfor symmetrien er brudt.

Antallet af rum-tids dimensioner

Hvorfor har Universet tilsyneladende en tids-dimension og tre rum-dimensioner? Bare fordi

det som menneske kan være svært at forestille sig andre dimensioner end de velkendte opned, højre-venstre, frem-tilbage betyder det jo ikke nødvendigvis, at Universet er designet på denne måde. Faktisk må der ifølge superstrengsteori være seks yderligere rumlige dimensioner. Men disse er hver især “sammenrullet” og dermed for små til at blive påvist. Hvis denne teori er rigtig, hvorfor er det så kun tre af dimensionerne, der er blevet udfoldet?

Man kan imidlertid vise, at mange fysiske fænomener, f.eks. liv, ikke kan lade sig gøre i mere end tre dimensioner. Så vi kan jo sådan set være meget godt tilfredse med sagerne, som de er!

Den kosmologiske konstant

Hvorfor har den kosmologiske konstant den værdi, som den nu har? Indtil for kort tid siden mente kosmologer, at Universets udvidede sig med en konstant hastighed og udvidelsen udelukkende blev bremsat af massen, dvs. tyngdekraften af galakser og mørkt stof. Nu har astronomerne målt, at meget fjerne supernovaer tilsyneladende fjerner sig hurtigere end

forventet. Denne lille acceleration er beskrevet ved et tal – den kosmologiske konstant – eller blot “Lambda”. Den kosmologiske konstant repræsenterer energien i vakuum og er hverken stof eller stråling som vi kender. Da Universet startede med at udvide sig, var der formentlig kun denne vakuumenergi og den kan altså stadig dominere Universet i dag.

Forvirringen bliver i øvrigt ikke mindre af, at fysikernes absolut mest pålidelige teori – *kvanteelektrodynamikken* – forudsiger, at den kosmologiske konstant skulle være ca. 120 størrelsesordener større end den målte værdi! Dette er den største uoverensstemmelse mellem teori og praksis i fysikken.

Er M-teori fundamental?

I mange år har et væsentligt problem for tilhængere af superstrengs-teori været, at der var fem konkurrerende versioner. Så, hvilken af dem – hvis nogen overhovedet – beskrev Universet korrekt? For nylig er de rivaliserende teorier blevet forbundet i en overordnet 11-dimensional ramme kaldet M-teori. Men dette er dog kun sket ved at introducere yderligere komplikationer. Før M-teori sagde man, at alle sub-atomare partikler var lavet af superstrengte. M-teori tilføjer nu til det subatomare niveau nogle endnu mere besynderlige objekter kaldet *braner* (branes) med så mange som ni dimensioner. Spørgsmålet er nu, hvilke af objekterne, der er de mest fundamentale – er superstrengte lavet af braner eller omvendt? Eller findes der måske nogle endnu mere basale objekter, som ingen har tænkt på endnu? Man kunne også spørge, om M-teori overhovedet har noget med virkeligheden at gøre, eller om det bare er et fascinerende tanke-spil.

Det Sorte Huls informations-paradoks

Ifølge kvante-teorien kan information – hvadenten det beskriver hastigheden af en partikel eller den måde, hvorpå blækklatte er arrangeret på et

stykke papir – ikke forsvinde fra Universet. I fysikken er ordet “information” ikke det samme som betydning, men refererer simpelthen til de binære tal eller en anden kode, som bruges til præcist at beskrive et objekt eller et mønster. Men hvad vil der så ske, hvis man dropper et eksemplar af Lademanns Leksikon ned i et sort hul? Umiddelbart vil man i denne forstand anse informationen i de nævnte bøger for at blive opslugt og være væk for evigt. Men det antages jo at være umuligt. Fysikerne Stephen Hawking og Kip Thorne mener, at informationen faktisk forsvinder, og det må kvantemekanikken simpelthen bare affinde sig med. En anden fysiker, John Preskill, mener, at informationen egentlig ikke forsvinder – den må på en eller anden måde blive fremvist på overfladen af det sorte hul, som på et kosmisk flimlærred.

Tyngdekraftens svaghed

Hvilken fysik forklarer den enorme ulighed mellem tyngdekraftens skala og den typiske skala for massen af elementarpartikler? Med andre ord: hvorfor er tyngdekraften så meget svagere end de andre naturkræfter, f.eks. elektromagnetismen? En magnet kan jo samle en papirclip op uden besvær, selvom hele Jordens tyngdekraft trækker i den anden ende. I følge nyere forslag er tyngdekraften faktisk meget stærkere. Den føles bare svag, fordi det meste af den er fanget i nogle af disse ekstra dimensioner, som superstrengs-teori opererer med.

Kvarker og Gluoner

Kvante-chromodynamik (QCD) er den teori, der beskriver de stærke kernekraft. Den stærke kernekraft bæres af gluoner og binder kvarker i partikler som protoner og neutroner. Ifølge teorien, er disse små subpartikler permanent bundet. Det er ikke muligt at trække en kvark eller en gluon ud fra en proton, fordi den stærke kernekraft bliver stærkere med afstanden, og dermed vil få dem til at springe tilbage på plads.

Fysikere mangler dog endnu at bevise endegyldigt, at kvarker og gluoner aldrig kan frigøres. Når de prøver, går beregningerne fuldstændig i kludder. De kan heller ikke forklare, hvorfor alle partikler, som er berørt af den stærke kernekraft må have i det mindste en lille smule masse – hvorfor den ikke kan være nul.

Nok at gå i gang med!

Ja, der er nok at gå i gang med for unge håbefulde forskere! Og der er mange problemer, som knytter op til de her nævnte. F.eks. opererer partikelfysikkens Standardmodel med 12 partikler, som har vidt forskellige masser. Hvorfor har partiklerne så forskellige masser?

Fle af problemerne kredser om begrebet “masse”. Forskerne forstår ikke, hvad det i grunden er, selv om det har været til at regne på i mere end 300 år! Og netop masse er der meget af i Universet, faktisk er der 10-20 gange mere end det, vi kan se udsende lys. Problemet om dette mystiske “mørke stof” burde måske have været med på listen. For man har længe arbejdet med at kortlægge det usynlige mørke stof, som kun manifesterer sig ved dets påvirkning af stjerner i spiralgalakser og bevægelsen af galakser i galaksehobe. Men man er stadig langt fra at kunne forklare dets beskaffenhed. Er det lette stjerner, der næsten ikke lyser, gasskyer, neutrinoer med masse, eller måske disse supersymmetriske partnere? Man kan vist godt tilade sig at sige, at når 90% af Universets masse består af mørkt stof, er det lidt flovt at forskerne ikke ved, hvad det er!

Løsningen af de nævnte problemer, som i øvrigt griber meget ind i hinanden, vil formodentlig ikke umiddelbart betyde den store forskel for de fleste menneskers dagligdag. Men, man kan jo aldrig vide! Om ikke andet, så understreger listen den grundlæggende drift, der driver forskningen fremad – nemlig den evige stræben efter at søge svar – uanset, hvor langt fra hverdagen spørgsmålet så måtte være. ☺



Om forfatterne
Carsten R. Kjaer
Aktuel Naturvidenskab
Tlf.: 8942 5555
E-post: red@aktuelnat.au.dk



Michael Cramer Andersen
er specialestuderende ved
Astronomisk Observatorium,
Københavns Universitet
Juliane Maries vej 30
2100 København Ø
Tlf.: 3532 5980
e-post: cramer@astro.ku.dk

Videre læsning

Artiklen er baseret på en artikel i *New York Times*, 15. august 2000.

Se originalartiklen på www.cozmo.dk/udfordringer/

Der findes megen baggrundsinformation på CERNs hjemmeside <http://cern.web.cern.ch/>

Megen god baggrundsinformation om bl.a. fysiske konstanter kan findes på <http://physics.nist.gov/>