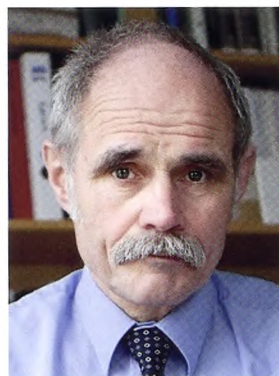


radikale påstand indebærer selvsagt en enorm udvidelse af, hvad der findes i verden. For at finde plads til de afsindigt mange nye fysiske objekter må Tegmark da også gå uden for den kendte verden og henvise til multiverset med dets uanede mængder af helt andre universer og fysiske love. Tegmarks matematisk-fysiske fantasi nyder måske ikke videnskabelig respekt, men i det mindste er den instruktiv set ud fra et historisk og videnskabsfilosofisk perspektiv.

Litteratur

- [1] H. Kragh (2011) *Higher Speculations: Grand Theories and Failed Revolutions in Physics and Cosmology*, Oxford University Press.
- [2] S. Scoular (2007) *First Philosophy: The Theory of Everything*, Boca Raton.
- [3] D. Lindley (1993) *The End of Physics: The Myth of a Unified Theory*, Basic Books.

- [4] G. 't Hooft (1997) *In Search of the Ultimate Building Blocks*, Cambridge University Press.
- [5] D. Rickles (2014) *A Brief History of String Theory*, Springer.
- [6] S. Weinberg (1992) *Den Store Teori: Jagten på Naturens Grundlove*, Gyldendal.



Helge Kragh er professor emeritus ved Niels Bohr Institutet og arbejder især med de fysiske videnskabers nyere historie.

Seks

Af John Rosendal Nielsen, Kvant

Tidligere redaktør på Kvant, Mogens Esrom Larsen, blev bedt om at udtale sig om sex under et presse-interview, hvortil han svarede: "Jo – seks er meget bemærkelsesværdigt; det er det eneste tal, der er lig med summen eller produktet af de samme tre tal". I Mogens' ånd og glæde for rekreativ matematik vil jeg stille denne opgave: Lav seks hver gang.

Idéen til opgaven kommer fra en opgave i *Illustreret Videnskab* (for over 30 år siden), som Mogens lavede. Jeg mener dog ikke, at han havde 0 og 10 med i sin version.

0	0	0	=	6
1	1	1	=	6
2	2	2	=	6
3	3	3	=	6
4	4	4	=	6
5	5	5	=	6
6	6	6	=	6
7	7	7	=	6
8	8	8	=	6
9	9	9	=	6
10	10	10	=	6

Reglerne er enkle:

1) Det er tilladt at bruge de fire regningsarter (plus, minus, gange og dividere), sætte parenteser, samt anvende almindelige matematiske funktioner, men I må ikke tilføje nye tal, heller ikke i regneoperationen. Kvadratrodd er således tilladt, men ikke fx potenser og eller den tredje rod.

2) Resultatet skal give seks, så man kan ikke benytte sig af $\neq$. Nogle regnestykker er der flere svarmuligheder til. God fornøjelse med opgaven!
PS. Løsningen findes på side 12.



80 sider i
hardcover
(Vejl. 184,50 kr)

For første gang er historien om Hans Christian Ørsted nu udkommet som tegneserie. Læs om hans opvækst, hans samtid, hans betydning og hans opdagelse af elektromagnetismen – tegnet og fortalt af Ingo Milton og Sussi Bech efter oplæg af Kvants redaktør Jens Olaf Pepke Pedersen.

Tegneserien om ØRSTED

Inkl. 12 siders efterskrift om Hans Christian Ørsted.

Køb "Ørsted – han satte strøm til verden" hos din boghandler eller direkte fra forlaget (www.eudor.dk)

E EUDOR

relativitetsteori kan beskrives helt simpelt igennem relationen til spredning i Yang-Mills-teorien. Da Yang-Mills-teori (og elektromagnetisme) er kernen bag de øvrige fundamentale vekselvirkninger, forstår vi nu på en helt præcis måde, hvorledes tyngdekraften er knyttet til kræfterne mellem elementarpartiklerne. Her går der en lige linje fra Ørsted til Einstein.

Det skal her til sidst fremhæves, at denne nyligt opdagede forbindelse mellem tyngdekraft og gauge-teori (som fx elektromagnetismen) på ingen måde er af blot akademisk interesse. For blot få år siden observerede LIGO-eksperimentet i USA spektakulært, og for første gang nogensinde, tyngdebølger udsendt i forbindelse med sammensmeltning af to sorte huller langt ude i universet, en opdagelse, der i øvrigt kort tid efter førte til Nobelprisen. For at kunne analysere sådanne signaler kræves der beregninger i Einsteins generelle relativitetsteori af meget høj præcision. Disse beregninger er ekstremt komplicerede i den konventionelle formulering. Med forbindelsen mellem tyngdekraft og gauge-teori er disse beregninger pludselig blevet mulige i et omfang, man ikke kunne have forestillet sig for

blot få år siden. Således er Ørstedes opdagelse i 1820 overraskende blevet ganske central for frontforskning i tyngdebølger i 2020.

Litteratur

- [1] N. E. J. Bjerrum-Bohr (2014) "Amplituder og nye fundamentale teorier", *Kvant*, bind 25, nr. 2, side 14.
- [2] N. E. J. Bjerrum-Bohr (2015) "Tyngdekraft og kvante-teori", *Kvant*, bind 26, nr. 4, side 23.



Poul Henrik Damgaard er professor i teoretisk fysik ved Niels Bohr Institutet og leder af Niels Bohr Internationale Akademi.

KVANT-nyheder

Af Christine Pepke Gunnarsson, KVANT

Lasersimulationer viser dannelse af stof ud fra lys

LASERFYSIK. Det er kendt, at man kan få energi ud fra stof, hvilket Einsteins berømte ligning udtrykker: $E = mc^2$. Solens fusionsprocesser og atombombens fission skaber begge energi ud fra stof. Det omvendte, at skabe stof ud fra energi, er også muligt. Da universet lige var blevet dannet, skabte strålingskollisioner det første stof i form af partikel-antipartikel-par. Dannelsen af stof ud fra lys er en kompliceret proces, som endnu ikke har været vist i laboratoriet. Nu har simulationer vist, at en meget kraftig laser kan danne stof i form af partikel-antipartikel-par.

Forsøget går ud på at rette en meget kraftig laser mod et mål for at generere et stærkt magnetfelt. Laseren opvarmer elektronerne i målet, og accelererer dem til relativistiske energier. Der dannes et plasma, og den stærke elektronstrøm danner et magnetfelt, der er flere hundrede kT, hvilket er lige så kraftigt som på overfladen af en neutronstjerne. De laseraccelererende elektroner genererer intense høj-energi-røntgenstråler, der kolliderer i plasmaet, og kortvarigt producerer partikel-antipartikel-par. Magnetfeltet eksisterer kun i 100 fs, men set fra laserens reference er feltet kvasi-statisk, dvs. det virker som om, at det varer længere. Laseren, der skal bruges, skal ifølge simulationerne have en effekt på 4 PW (1 PW = 10^{15} W), hvilket er ekstremt kraftigt. Dog overraskede det forskerne, at simulationerne viste, at der ikke var brug for endnu højere lasereffekt for at skabe det kraftige magnetfelt.

På Extreme Light Infrastructure (ELI) i Rumænien findes verdens kraftigste lasere, der kan levere den krævede effekt, og det er planen, at ELIs lasere skal teste simulationerne om få år, når de er klar til det. Når forsøget udføres, vil det være første gang, at lys bliver brugt til at danne stof uden tilførsel

af høj-energi-elektroner, hvilket har været nødvendigt i tidligere forsøg. Forsøget vil derfor være tæt på de betingelser, der var til stede de første minutter efter Big Bang, og vil give forskerne et indblik i det tidlige univers' liv. Forskerne håber især at kunne studere antistof nærmere, da det stadig er et mysterium, hvorfor der er mere stof end antistof i universet, når der i teorien skulle være lige meget af hver.

Kilde: T. Wang m.fl. *Power Scaling for Collimated γ -Ray Beams Generated by Structured Laser-Irradiated Targets and Its Application to Two-Photon Pair Production*, Physical Review Applied, 13, 5, (2020).



Løsning til opgaven side 9

$$\begin{aligned}
 9 &= i(0I/0I) - 0I/\wedge \\
 9 &= 6/\wedge - (6/\wedge \times 6/\wedge) \\
 9 &= i(8/8) + 8/\wedge \\
 9 &= (2/2) - 2 \\
 9 &= 9 - 9 + 9 \\
 9 &= (9/9) + 9 \\
 9 &= \underline{9}/\wedge + \underline{9}/\wedge + \underline{9}/\wedge \\
 9 &= 9 - (9 \times 9) \\
 9 &= 9 + 9 + 9 \\
 9 &= i(1 + 1 + 1) \\
 9 &= i(i0 + i0 + i0)
 \end{aligned}$$