

Bagerst i bogen er der et efterskrift på 14 sider om “Jagten på naturens enhed”. Her fortæller Jens Olaf Pepke Pedersen om videnskabens udvikling, der i perioder har været inspireret af tendenser i filosofien, særligt i antikken, i renæssancen og under udviklingen af den moderne fysik i det 20. århundrede. Her berettes også om det fejlslagne forsøg på at beskrive partikler og kræfter ved hjælp af hvirvler i en æter – en teori, som flere af de største fysikere bidrog til fx Kelvin og Maxwell. Det var også et forsøg på at bygge en enhedsteori ud fra primært elektromagnetismen, men æteren og hvirvlerne blev helt forkastet i de senere teorier. Man kan godt betragte de lidt tekststunge bobler i tegneserien som en popularisering af efterskriftet, så

man kan læse det ene eller det andet efter behag.

Målgruppen for tegneserien er læsere fra 13 år, og det er nok meget passende, men den kan også læses med fornøjelse af et voksenpublikum. Der er et morsomt ordspil i navngivningen af det gymnasium, som de fire venner går på – “Aurasteen Gymnasium” – der er en kombination af navnene på to københavnske gymnasier. Portrætteringerne af gymnasieeleverne er ikke just flatterende. Humorforladte gymnasieelever er hermed advarer.

Videnskabstegneserier er en genre, der kombinerer to gode traditioner i Danmark, og den hilses varmt velkommen. Det er positivt, at tegnerne bag har taget endnu et videnskabeligt emne til sig og har vist, at det også kan sættes ind i deres egen fortælling. Efter at have læst bogen, må man erkende, at man ikke kunne have vakt alle de omtalte videnskabsfolk til live, ligesom det blev gjort i serien om Ørsted. De omtalte personer afbildes kun som portrætter i appendikset og på bogens inderflapper.

Man kan kun glæde sig til, hvis holdet engang i fremtiden skaber en ny, tegnet videnskabshistorie. Et forslag herfra kunne være om astronomiens fornyelse med Tycho Brahe og Ole Rømer som hovedpersoner.

Michael Cramer Andersen

Kvant-nyheder

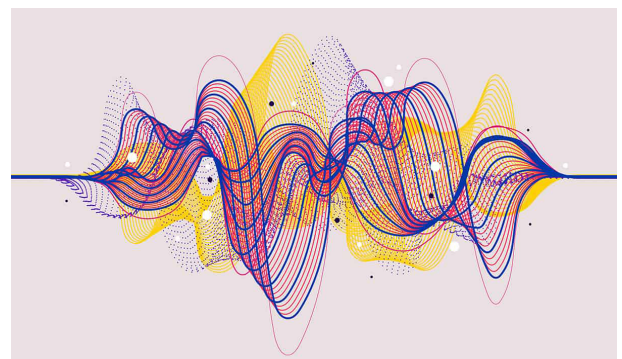
Christine Pepke Gunnarsson, *Kvant*

Kvantecomputer med lyd

KVANTECOMPUTER. Vi hører meget om kvantecomputere og qubits. Nu har forskere fra University of Arizona i USA vist, at lydbølger kan behandle data på næsten samme måde som en kvantecomputer. Lydbølgerne kan nemlig efterligne de kvantemekaniske fænomener *sammenfiltrering* og *superposition*. Lydbølgerne kalder forskerne for phi-bits (fase-bits), og de består af kvasipartikler kaldet fononer, analogt med at lysbølger består af fotoner.

Opstillingen består af et simpelt mekanisk system bestående af tre aluminiumsstænger limet sammen med epoxy og gummibånd til at skabe elasticitet. Stængerne er hver over en halv meter lange. De sender lyd vibrationer igennem stængerne og kigger på hvilken retning, bølgerne bevæger sig i stængerne samt ser på, hvordan stængerne bevæger sig i forhold til hinanden (både retning og amplitude). Ved at tune lydfrekvenserne kunne de finde en frekvens, hvor bølgerne bevægede sig og stængerne bevægede sig var forbundet. Nå de sender lyden gennem stængerne ved den fundne frekvens, dannes de såkaldte phi-bits. På den måde “fanger” de lyden i systemet. De viste, at de ved at justere lyden kunne indkode information i phi-bits. Forskerne viste, at phi-bitsene kan blive forbundet i en superpositions-lignende

tilstand, dvs. en tilstand, der består af flere mulige tilstande, ligesom qubits kan befinde sig både i tilstanden $|0\rangle$ og i tilstanden $|1\rangle$.



Figur 1. Kan kvantecomputeren lave musik?

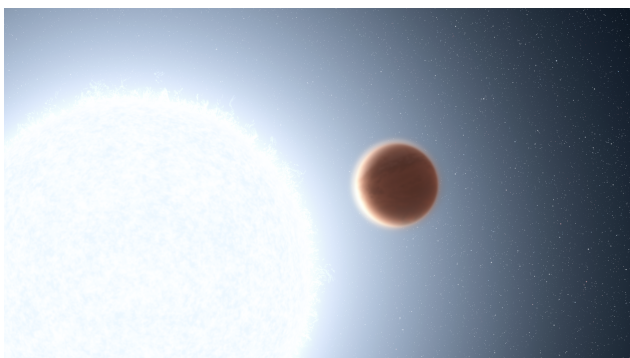
Forskerne viste desuden, at de kunne lave en sammenfiltringslignende tilstand, hvor en phi-bit reagerede i sammenhæng med andre phi-bits. Sammenfiltreringen er ikke kvantemekanisk, og derfor kan systemet ikke bruges til kvantekryptografi. Men den superpositions-lignende tilstand er vigtig for en kvantecomputer, og her er phi-bits mere stabile end qubits. Kvantecomputere

kræver ofte kryogene temperaturer, da qubits bliver forstyrret af omgivelserne, mens phi-bits virker ved stuetemperatur og i længere tid uden at blive forstyrret. Forskerne har testet deres system ved en konference og de har vurderet, at det kan køre i flere år uden at blive påvirket af forstyrrelser.

Kilder: M. A. Hasan m.fl. (2023) "Quantum analogue information processing using "classical entanglement" of acoustic waves", *J. Acoust. Soc. Am.*, bind 153, side A362.

En brandvarm Jupiter

EXOPLANETER. Varme "Jupiter"-planeter er betegnelsen på en type exoplaneter, der minder om gasgiganten Jupiter i vores Solsystem, men som kredser meget tæt omkring deres individuelle stjerne. Disse Jupiter-planeter fuldfører et kredsløb i løbet af få dage eller timer og er brandvarme, fordi de befinder sig så tæt på deres stjerne. Varme Jupiter-planeter er svære at studere, da genskinnet fra deres stjerne gør dem svære at detektere, men nu har forskere opdaget et system ca. 1400 lysår væk fra Jorden, der giver mulighed for at studere en brandvarm Jupiter. Opdagelsen blev gjort med det meget store teleskop Very Large Telescope i Chile. Systemet er særlig interessant, fordi den varme Jupiter er den varmeste, der nogensinde er fundet – den er ca. 2000 grader varmere end Solens overflade. Da den varme Jupiter desuden er meget stor i forhold til dens stjerne, som er en hvid dværg, der lyser ca. 10.000 gange svagere end normale stjerner, er det muligt at observere den varme Jupiter og at studere dennes atmosfære uden at være forstyrret af genskin fra stjernen. Den varme Jupiter er en såkaldt brun dværg, som er en mellemtung mellem en planet og en stjerne, der er meget kompakt. Denne varme Jupiter er lige så stor som planeten Jupiter i vores Solsystem, men dens masse er 80 gange større end Jupiters masse. Derfor kan den befinde sig meget tæt på stjernen, uden at stjernens tyngdekraft ødelægger den.



Figur 2. En "varm" Jupiter og dens stjerne.

Når en planet kredser meget tæt omkring sin stjerne, kan forskellen i tyngdekraft på planetens sider (tæt på stjernen og langt fra stjernen) bevirke, at planetens orbitale og rotationelle perioder bliver synkroniseret. Dette fænomen kaldes "tidevandslåsning", og det låser planeten fast i en position, så det altid er den samme side, der vender mod stjernen – præcist som vi kender det fra vores egen Måne. Tidevandslåsning skaber ekstreme

temperaturforskelle mellem den lyse side og den mørke side af planeten. Det er også den intense stråling fra stjernen, der skaber de brandvarme overfladetemperaturer på den nyopdagede varme Jupiter. Ved at analysere det lys, der blev udsendt fra systemet, kunne forskerne bestemme temperaturen af den varme Jupiter. Den lyse side er omkring 8000 K varm, til sammenligning er Solen ca. 5780 K varm på overfladen, mens den mørke side kun er omkring 2000 K varm. Den lyse sides temperatur er det varmeste, der er fundet for en varm Jupiter-planet, og forskellen i temperatur på 6000 K mellem de to sider af planeten er dermed ekstrem.

Systemet er en mulighed for at studere effekten af ekstrem ultraviolet stråling på planeters atmosfærer. Den intense stråling kan medføre, at gasser i atmosfæren fordamper, og den kan ødelægge (dissociere) molekyler. Ultraviolet stråling har derfor stor indflydelse på planetens udvikling. Forskerne planlægger at følge systemet igennem flere observationer, da vi ikke har meget viden om udviklingen af denne type binære systemer. Det vil også hjælpe forskerne med at forstå varme Jupiter-planeter andre steder i Universet.

Kilde: N. Hallakoun m.fl. (2023) "An irradiated-Jupiter analogue hotter than the Sun", *Nat. Astron.*, <https://doi.org/10.1038/s41550-023-02048-z>.

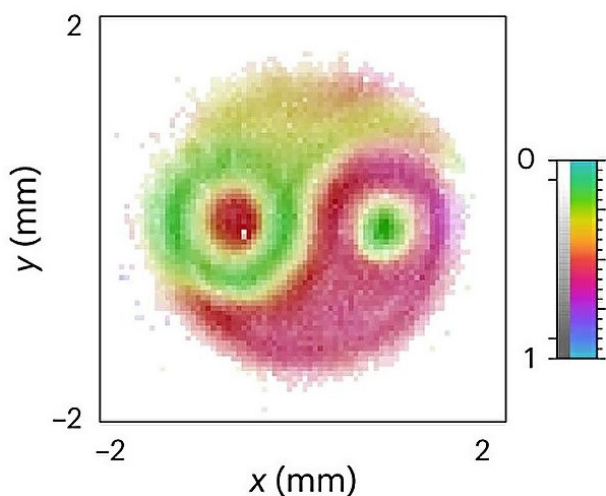
Et billede af kvantemekanisk sammenfiltrering

KVANTEFYSIK. Sammenfiltrering (eng. *entanglement*) er et kvantemekanisk fænomen mellem to partikler, der betyder, at når vi måler den ene partikels bølgefunktion, så ved vi præcis, hvad den anden partikels bølgefunktion er, siden de er sammenfiltrede. Dette gælder ligegyldigt, hvor langt væk fra hinanden de to partikler befinder sig – eftersom de er sammenfiltrede, så er informationen mellem dem stadig delt og tilgængelig i dem begge. Denne lidt mystiske egenskab, som selv Einstein syntes var "spooky", har forskere nu taget et billede af. Forskere fra Ottawa Universitet i Canada har i samarbejde med forskere fra Sapienza Universitet i Rom demonstreret en teknik, der kan visualisere bølgefunktionen af to sammenfiltrede fotoner (lyspartikler) i et interferensmønster.

De sammenfiltrede fotoner blev interfereret med en kendt kvantetilstand, som dannede et billede af et yinyang-symbol. Yinyang-symbolet beskriver netop forbindelsen mellem to komplementære kræfter og kunne ses som en slags billede af sammenfiltringsbegrebet. Forskerne observerede, når fotonerne ankom samtidig og skabte et billede af sammentræffene, lidt ligesom når to dansere er synkroniseret i dans. Ved hjælp af et højteknologisk kamera med nanosekunders præcision kunne de fange fotonernes synkroniserede ankomst og observere et interferensmønster. Fra interferensmønsteret kunne de rekonstruere bølgefunktionen.

At bestemme bølgefunktionen af et system kaldes kvantetomografi. Kvantetomografi er tidskrævende og skalerer med systemets dimensionalitet. Normalt bestemmer man bølgefunktionen ved en projektiv måling. En projektiv måling i kvantetomografi er lidt som et CT-scan, hvor formen (tilstanden) af et 3D-objekt kan blive rekonstrueret ud fra en gruppe af 2D-billeder.

I klassisk optik er der en anden vej til at rekonstruere et 3D-objekt, såkaldt digital holografi, som er baseret på at optage et enkelt billede, et interferogram, opnået ved at interferere lyset spredt fra objektet med reference lys. Forskerne udvidede dette koncept til to fotoner. At bestemme bølgefunktionen af en to-foton tilstand kræver at interferere den med en kendt reference tilstand og derefter at analysere den rumlige distribution af positionerne, hvor de to fotoner ankommer simultant dvs. sammentræfsbilledet. Sammentræfsbilledet er et interferensmønster, der som nævnt, kan bruges til at rekonstruere den ukendte bølgefunktion. Metoden er hurtigere end andre metoder indenfor kvantetomografi og kræver kun sekunder eller højst minutter i forhold til tidligere, hvor det tog dage at bestemme bølgefunktionen. Desuden er detektionstiden ikke bestemt af systemets dimensionalitet.



Figur 3. De sammenfiltrede fotoner blev interfereret med en kendt kvantetilstand, som dannede et billede af et yinyang-symbol.

Kvantemekanisk sammenfiltrering er særlig vigtigt for kvantekryptering, hvor sammenfiltreringen medfører, at ethvert forsøg på aflytning vil blive opdaget, da en aflytning nødvendigvis vil forstyrre sammenfiltreringen.

Kilde: D. Zia m.fl. (2023) "Interferometric imaging of amplitude and phase of spatial biphoton states", *Nature Photonics*, <https://doi.org/10.1038/s41566-023-01272-3>.

Huginn-missionen er opsendt

RUMFORSKNING. Den danske astronaut Andreas Mogensen befinder sig nu på den internationale rumstation ISS. Lørdag den 26. august kl. 9.27 blev rumskibet SpaceX Dragon opsendt fra Kennedy Space Center i Florida. Under opsendelse blev hovedmotoren efter 2½ minut koblet fra rumskibet, og herefter tog en anden motor over i ca. 6 minutter indtil den ligeledes blev afkoblet. Ca. 12 minutter senere afkoblede den anden del, og herefter var Dragon-odulet alene i kredsløb omkring Jorden. Efter næsten 30 timers rejse ankom Dragon-rumskibet den 27. august kl. 15.36 til den internationale rumstation, mens denne befandt sig over Australien. Rumstationen ISS flyver i en højde på 400 km over Jorden, så det tager ikke lang tid at komme derud, men da det er en kompliceret proces og ikke helt ufarligt at koble rumskibet til rumstationen, bruger det flere

kredsløb omkring Jorden for at nærme sig rumstationens kredsløb. ISS kredser omkring Jorden med 28.000 km i timen, og rumskibet opnår samme fart, når det skal kobles sammen med dockingstationen på ISS. Det er en computer, der styrer sammenkoblingen, ligesom autopiloter styrer flyvninger i dag, men hvis der var sket noget, og systemet ikke virkede, så havde det været Andreas Mogensen, der som pilot skulle tage over og manuelt styre rumskibet sammen med ISS.

Hele missionen, som har fået navnet Huginn efter Odins ene ravn, varer seks måneder. I løbet af den tid skal Mogensen og hans kollegaer foretage adskillige eksperimenter og deltage i vedligeholdelse af rumstationen. De forsøg, de skal udføre, er både tekniske, naturvidenskabelige og sundhedsvidenskabelige. Forsøgene skal bl.a. hjælpe til med at forstå, hvordan kroppen reagerer på at være i rummet så længe. Det er særlig relevant for planlægningen af fremtidige missioner til Månen og senere til Mars.



Figur 4. Falcon 9-raketten affyres fra NASAs Kennedy Space Center i Florida med fire astronauter på vej til rumstationen.

Flere af forsøgene er forberedt i Danmark. Blandt de danske bidrag, som han skal arbejde med, er også et projekt, der skal undersøge, hvordan astronauter kan sove bedre. Astronauter sover dårligt på ISS, nok fordi de ser solnedgangen 16 gange i løbet af ét døgn. Mogensen skal teste nogle lyspaneler udviklet til rumstationen, som efterligner dagslyset på Jorden. Det er også vigtigt, at astronauterne genbruger mest muligt, da det koster meget brændstof at sende gods op til ISS. Mogensen skal derfor teste to vandfiltreringsmembraner, som omdanner spildevand til rent vand, og se, hvordan de fungerer, når der ikke er nogen tyngdekraft på ISS. Derudover skal han teste en metal-3D-printer på ISS, da det er praktisk, hvis astronauterne kan printe fx værktøj, som de mangler. Derudover skal han også fra ISS kontrollere en gruppe robotter på Jorden. Desuden har han et avanceret kamera med, hvor han i samarbejde med DTU Space skal undersøge vejrfænomenerne Blue Jets og Red Sprites, som er gigantiske lyn, der kan ses øverst i atmosfæren. Mogensen skal også teste, om VR- (virtual reality)-briller virker i rummet, ligesom han skal tage billeder af jordskin som oplyser Månen, når sollys reflekteres fra Jorden. Det sidstnævnte forsøg kan give ny viden om, hvor meget energi der stråler ud i rummet fra Jorden.

Hvis man ønsker at følge Andreas Mogensen og Huginn-missionen eller selv vil forsøge at koble Dragon-modulet til ISS, kan det anbefales at besøge www.ESA.int og iss-sim.spacex.com.

Kilde: www.ESA.int.