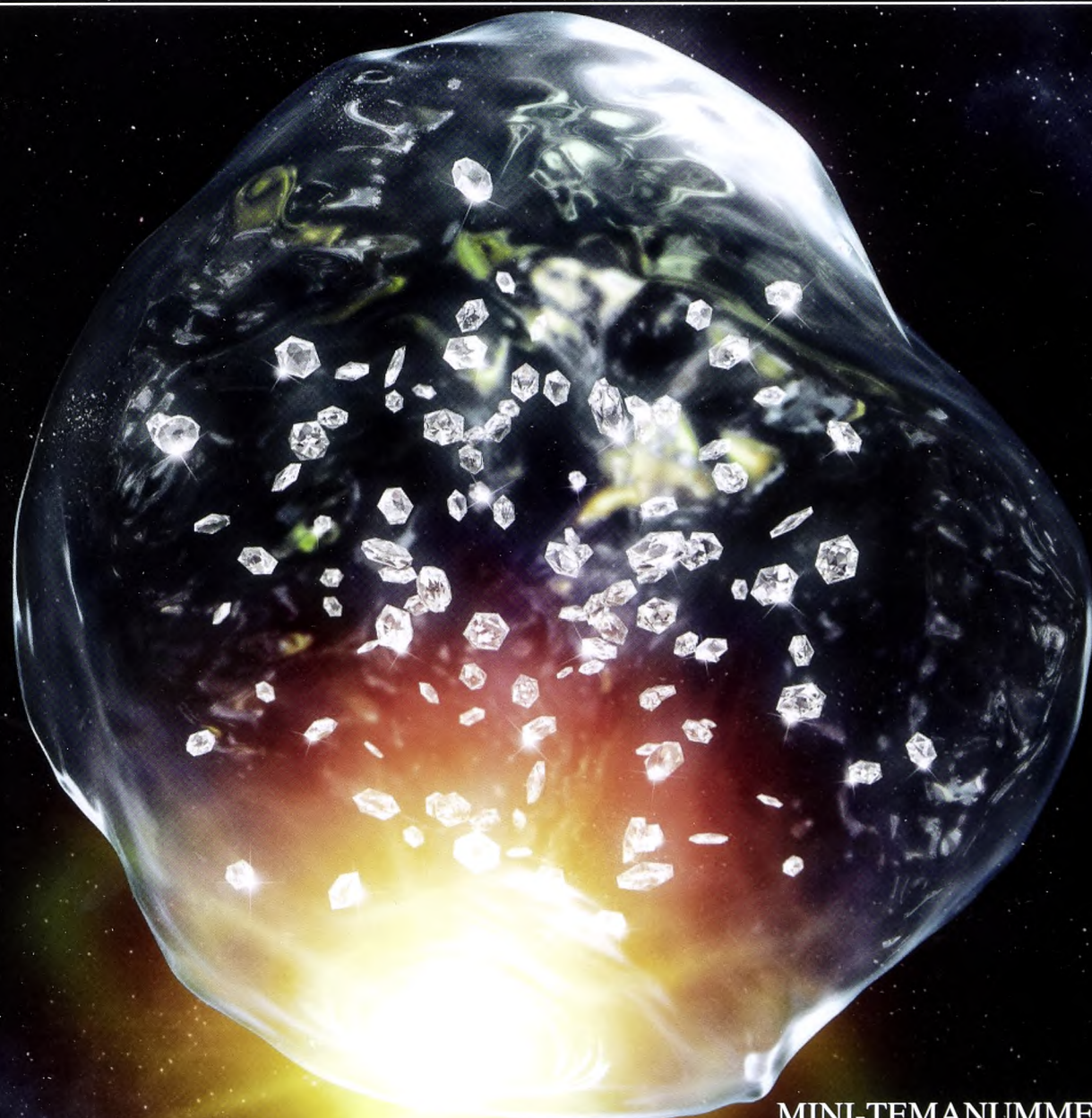


KVANT

Oktober 2022 3

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 33. årgang



MINI-TEMANUMMER OM UNDERVISNING

- FYSIK OG MATEMATIK – FORSØG OG TEORI
- LITTERATURFORSTÅELSENS BETYDNING
FOR NATURFAGSUNDERVISNINGEN
- KVANTETEKNOLOGISK REVOLUTION
– DEN STØRSTE UDFORDRING ER AT UDDANNE NOK
- DANSK FYSISK SELSKAB FYLDER 50 ÅR
- NETVÆRK FOR KVINDER I FYSIK FYLDER 30 ÅR
- NY PRÆSIDENT FOR SNU

Løssalgsspris: 50 kr.

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o DTU Space, Centrifugevej 356
DK-2800 Kgs. Lyngby

Hjemmeside : www.kvant.dk

E-mail : kvant@kvant.dk

Facebook  : [KVANT.fysiktidsskrift](https://www.facebook.com/KVANT.fysiktidsskrift)

ISSN (trykt) : 0905-8893

ISSN (web) : 2245-4942

Udgives af

Astronomisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion

Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv. red.),
DTU Space

Michael Cramer Andersen,

Christianshavns Gymnasium

Christine Pepke Gunnarsson (nyheds-
redaktør), DTU Health Technology

Ole Mørk Lauridsen, SNU

Steen Lærke (astro@kvant.dk),

Astronomisk Selskab

John Rosendal Nielsen,

Aurehøj Gymnasium

Dorte Olesen, SNU,

DTU Compute

Malte Olsen (Kvants brevkasse,

spoergkvant@kvant.dk)

Finn Berg Rasmussen,

Niels Bohr Institutet, KU

Svend Erik Rugh

Abonnementspris : 185 kr./år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er med-
lemsblad for de udgivende selskaber.

Abonnement tegnes på www.kvant.dk.

Øvrige henvendelser vedr. abonnement til

Christine Pepke Gunnarsson:

christine@kvant.dk (tlf. 27 51 01 76).

Annoncepriser

1/1 side: 3600 kr., 1/2 side: 2300 kr.

1/4 side: 1600 kr.

Priserne er excl. moms og for reproklart
materiale i farver. Henvendelser om annon-
cer til redaktøren på: kvant@kvant.dk

Tryk

Vestergaards Bogtrykkeri A/S.

Oplag: 2.500.



Tryksag
5041 0826

Produktionsplan

Nr. 4-2022 udkommer ca. 15. december

Nr. 1-2023 udkommer ca. 15. marts

Deadline for mindre bidrag og annoncer
er ca. en måned før, længere artikler skal
modtages to måneder før.

Indhold:

Kvanteteknologisk revolution – Den største udfordring er at uddanne
nok

Kim Splittorff 3

Fysik og matematik – Forsøg og teori

Klaus Nielsen 7

Stor formidlingspris til Helge Kragh 12

Litteraturforståelsens betydning for naturfagsundervisningen

Emil Hjerl 13

Kvant-nyheder – Exoplanet med sandfyldte skyer

Christine Pepke Gunnarsson 15

Dansk Fysisk Selskab fylder 50 år

Peter Sigmund 16

Kvant-nyheder – NASA rammer asteroide

Christine Pepke Gunnarsson 20

Netværk for Kvinder i Fysik fylder 30 år

Maren Malling og Anja C. Andersen 21

Tillykke med de 30 år – hvad nu?

Katrine Krogh Andersen 24

Fluksreglen – Breddeopgave 98 og 99 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen 28

Aktuelle bøger

Jens Olaf Pepke Pedersen 30

Kommende foredrag 32

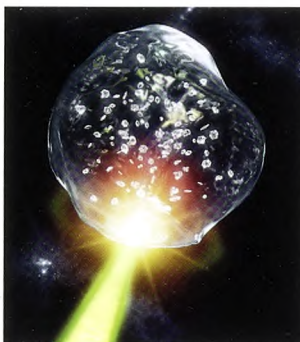
Kvant-nyheder – Diamanter!

Christine Pepke Gunnarsson 33

Nobelprisen i Fysik – Fra filosofi til teknologi

Jens Olaf Pepke Pedersen 35

Ny præsident for SNU Bagsiden



Billedet på forsiden illustrerer, hvordan plastik, som rammes af en højenergi-
laser, producerer nanodiamanter. Diamantregn findes måske på de store
isplaneter Uranus og Neptun, og forskere ved Stanford Linear Accelerator
Center i Californien har fundet ud af, at oxygen virker som en katalysator
for diamantdannelse og får diamanterne til at vokse. Forskerne brugte PET-
plastik for at simulere sammensætningen af planeterne, da PET har en god
balance mellem carbon, hydrogen og oxygen. I forsøget rammer en laser et tyndt
lag PET-plastik og genererer en chokbølge, der komprimerer foliet, så trykket
stiger til flere millioner bar i løbet af få nanosekunder. Under det ekstremt høje
tryk dannes små nanodiamanter. Læs mere i Kvant-nyheder side 33.

Billede: Greg Stewart/SLAC National Accelerator Laboratory.

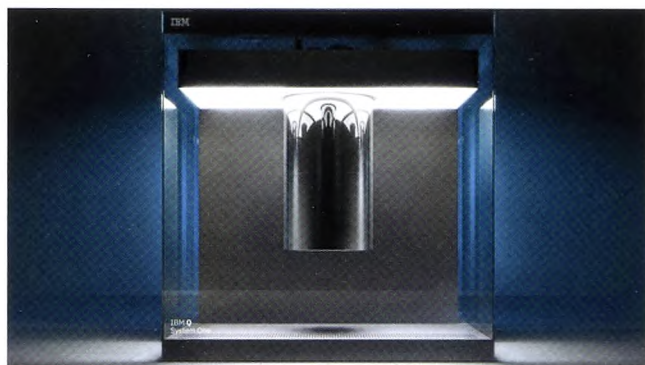
Kvant udsendes gratis, i ét eksemplar, til alle gymnasier, seminarier og HTX-
kurser i Danmark, på Færøerne og i Grønland med velvillig økonomisk støtte
fra Niels Bohr Institutet (KU), Institut for Fysik og Astronomi (AU), Institut
for Fysik, Kemi og Farmaci (SDU), DTU Fotonik, DTU Fysik samt Institut
for Naturvidenskab og Miljø (RUC). Kvant omdeles med PostNord. Såfremt
bladet udebliver opfordres du til at kontakte PostNords kundeservice på telefon
70707030 samt orientere Kvant på e-mail kvant@kvant.dk.

Kvanteteknologisk revolution – Den største udfordring er at uddanne nok

Kim Splittorff, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Den måske største flaskehals, for at Danmark kan spille en afgørende rolle i det igangværende kvanteteknologiske kapløb, er, om vi formår at uddanne tilstrækkeligt med kvalificeret arbejdskraft, med andre ord om vi kan opbygge en kvante-klar arbejdsstyrke. En af løsningerne kan være selv samme kvanteteknologi: Jeg argumenterer her for og giver eksempler på, hvordan kvantecomputere med fordel kan bruges i undervisningen på skoler, gymnasier og universiteter samt til efteruddannelse.

Den amerikanske udenrigsminister Anthony Blinken, den danske statsminister Mette Frederiksen og NATO's generalsekretær Jens Stoltenberg har alle besøgt Niels Bohr Institutet inden for det seneste år for at diskutere udviklingen af kvanteteknologier. Et af de brændende spørgsmål er uden tvivl: Hvornår vil kvantecomputere kunne opnå "quantum advantage", dvs. hvornår vil de kunne løse problemer, som selv de hurtigste supercomputere må give op over for?



Figur 1. IBM har i dag en række fungerende kvantecomputere, der kan tilgås online af alle: du kan selv over aftenkaffen afprøve Heisenbergs ubestemthedsprincip! Antallet af qubits vokser støt, og allerede nu er de perfekte redskaber til at formidle og undervise kvanteteknologi. Undervisnings-eksperimenter og -materiale på alle uddannelsesniveauer er under udarbejdelse på Niels Bohr Institutet. (Foto: IBM.)

Et spørgsmål, jeg personligt er lige så brændende optaget af, er: Hvordan får vi uddannet en kvante-klar arbejdsstyrke? Uanset om der går 5 eller 10 år [1], inden de nye kvanteteknologier vil revolutionere vores samfund, så afhænger Danmarks rolle heri af, om vi får uddannet tilstrækkeligt med kvalificeret arbejdskraft. Hvis vi i Danmark skal spille en afgørende rolle i det internationale kapløb om udviklingen af kvanteteknologier, og hvis danske virksomheder skal være i stand til at høste frugterne af den teknologiske udvikling, er det afgørende, at vi får uddannet tilstrækkeligt med unge og efteruddannet tilstrækkeligt af de etablerede i kvanteteknologi. I sommeren 2023 tager Københavns Universitet og DTU i fælleskab et vigtigt skridt i denne retning med en ny fælles kandidatuddannelse i Quantum Information Science [2]. Men den helt store udfordring er, at de årgange, der om 5–10 år kommer gennem universiteterne, er hele 15% [3] mindre end de årgange,

der netop nu får deres kandidatgrad. Det er derfor altafgørende ikke kun at tænke i kandidatuddannelser, men også at indtænke hele "fødekæden", så Danmark kan blive kvanteteknologiernes svar på Silicon Valley [4].

De muligheder, som kvanteteknologier potentielt åbner for, er så brede og vidtgående, at jeg ikke et sekund er i tvivl om, at dette i sig selv kan inspirere unge til at studere dem og inspirere de etablerede til at efteruddanne sig. Men det kræver, at den udvikling, der foregår netop nu, bliver formidlet på en måde, der er tilgængelig for andre end eksperter i kvanteteknologi.

Det centrale spørgsmål er altså: Hvordan får vi den kvanteteknologiske udvikling ind i undervisningen på skoler, gymnasier, B.Sc.-niveau og i efteruddannelse, så de unge og etablerede kan blive inspireret til se de muligheder, de har for at kunne gøre en forskel. Artiklen her giver et muligt svar: Brug kvantecomputeren!

Fra tørsvømning til live eksperimenter

Forestil dig at skulle undervise klassisk mekanik, emnet er det frie fald. Det er noget, som mange af Kvants læsere vil have prøvet før, men denne gang må du ikke tage en bold og lade den falde. Ja, du må ikke engang tage en bold med i undervisningen. Forestil dig yderligere, at dem, du underviser, aldrig har set en bold eller for den sags skyld noget som helst andet falde. Sådan har det i høj grad været at undervise i kvantemekanik. Den pædagogiske luksus det er, at dem, man underviser, ved, hvad en bold er og har en intuition for, hvad der vil ske, når man slipper den, har man ikke i kvantemekanik. Det ville være til at leve med, hvis man blot havde muligheden for at kunne lave kontrollerede eksperimenter (fx at lade bolden falde og måle sammenhæng mellem faldhøjde og hastighed), men indtil nu har dette heller ikke været muligt, når vi underviser i kvantemekanik. Vi har selvfølgelig forsøg som fx spektroskopi, men her har vi ikke kontrol over den tilstand, systemet starter i. Vi exciterer simpelthen så mange tilstande som muligt og observerer, hvad der efterfølgende sker. Undervisning i kvantemekanik har derfor haft visse ligheder med tørsvømning. Det ideelle ville være, hvis man i undervisningen kunne sætte netop den kvantemekaniske tilstand op, som vi ønsker, udsætte den for præcis de påvirkninger, vi kunne tænke os, og afslutte med at lave en vilkårlig måling.

Kvantecomputere er ekstremt velkontrollerede kvanteeksperimenter, hvor man netop kan sætte en vilkårlig kvantetilstand op og gøre med den, hvad man ønsker. Dvs. at vi med en kvantecomputer live kan lave netop de eksperimenter, der skal til for at give indsigt i kvantefænomener. Derfor er kvantecomputere ideelle redskaber til at undervise i kvanteteknologier.

Kvantecomputere er ikke en fremtidsdrøm, de eksisterer allerede. Rundt om i verdenen har flere konkurrerende firmaer udviklet fungerende kvantecomputere, der netop nu udfører beregninger på stadig voksende antal af qubits. Et af disse firmaer er IBM. IBM er ikke blot med i det internationale kapløb om at skabe den største og bedst fungerende kvantecomputer, de har samtidigt udviklet det førende interface, Qiskit, til at kommunikere med selve kvantecomputeren. Kommunikationen foregår online, og via Qiskit giver man en række instruktioner til kvantecomputeren, der derefter udfører eksperimenter svarende til instruktionen og sender resultaterne retur.

P.t. er der selvfølgelig en vis begrænsning i antallet af qubits, og hvor godt de er kontrollerede, men IBM's kvantecomputere (IBM Q) kan i dag med høj præcision lave netop de simple, eksemplariske eksperimenter, der egner sig bedst i undervisningssammenhæng. Derfor kan vi bruge de eksisterende kvantecomputere til at undervise i fremtidens kvanteteknologier! De åbner muligheden for, at man kan eksperimentere sig frem til en forståelse af forskellen på kvantemekanik og klassisk fysik, uden at skulle løse differentialligninger.

Superposition og sammenfiltrering

I studieåret 2021/22 introducerede vi eksperimentelle øvelser på IBM Q i kvantemekanik-kurserne på Niels Bohr Institutet, og vi er p.t. i færd med at videreudvikle øvelserne og gøre dem til en fuldt integreret del af undervisningen. Vi har også positive erfaringer med at benytte øvelserne på IBM Q i SRP-projekter (større opgave i 3.g. på STX-gymnasier) ved Niels Bohr Institutet. Nedenfor giver vi eksempler på, hvordan vi benytter kvantecomputere til at forstå de to helt centrale kvantemekaniske fænomener: superposition og sammenfiltrering.

Eksempel 1: Superposition

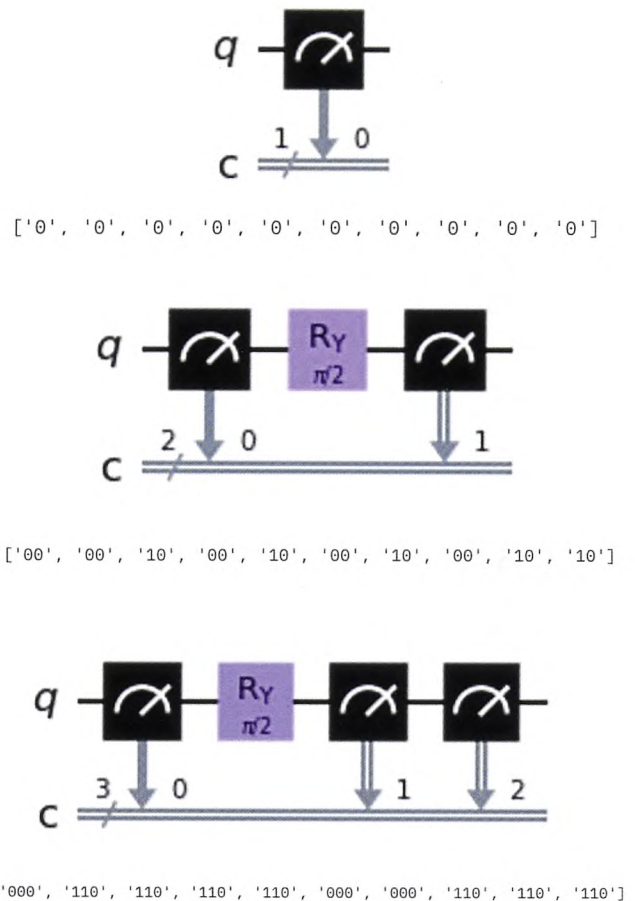
Grundelementet i en kvantecomputer er en qubit, dvs. et kvantemekanisk system med to tilstande. I lighed med en klassisk bit i en almindelig computer benævnes de to tilstande $|0\rangle$ og $|1\rangle$ og de mulige udfald¹, når man måler, er 0 og 1. Men her hører ligheden med den klassiske bit også op. For mens en klassisk bit enten er 0 eller 1, så kan en qubit være i en vilkårlig (normaliseret) superposition af $|0\rangle$ og $|1\rangle$, f.eks

$$|\psi_+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0\rangle + |1\rangle) . \quad (1)$$

Vi siger, at den nye tilstand $|\psi_+\rangle$ er en *superposition* af de to tilstande $|0\rangle$ og $|1\rangle$. Tilstanden er hverken $|0\rangle$ og $|1\rangle$, den er en superposition, d.v.s. en sum $|0\rangle + |1\rangle$, og

¹Hvis dette minder dig om spin-tilstandene, $|\uparrow\rangle$ og $|\downarrow\rangle$, af fx elektroner, er du helt på rette spor. Det er fuldstændigt ækvivalent, det er alene notationen, der er lidt anderledes.

vi kan ikke forudsige med sikkerhed, om udfaldet bliver 0 eller 1, hvis vi udfører en måling. Superpositioner udfordrer derfor i den grad vores klassiske opfattelse af verden; og vores klassiske intuition for, hvordan den hænger sammen, spænder derfor ben, når man de første (mange) gange arbejder med superpositioner.



Figur 2. Visualisering af kvantekredsløb med en enkelt qubit (den vandrette sorte streg) og klassiske bits (de vandrette grå streger) til at læse resultatet af målinger ned i. Kvantecomputeren udfører eksperimentet 10 gange og sender resultatet tilbage. Øverst: Qubit-tilstand $|0\rangle$ og måling giver 0 hver gang. Midt: En rotation på 90° fører til superpositionen $1/\sqrt{2}(|0\rangle + |1\rangle)$, og resultatet af målingen kan ikke forudsiges med sikkerhed. Nederst: Efter målingen er superpositionen kollapset til enten $|0\rangle$ eller $|1\rangle$ afhængig af det målte. Dette testes ved at gentage målingen.

Superpositioner af tilstande er på en gang en af de helt grundlæggende egenskaber ved kvantemekanik og et af de afgørende elementer i kvantecomputere, hvor superpositioner er afgørende for at kunne lave beregninger, der ikke er mulige på en klassisk computer. I undervisningen kan vi udnytte kvantecomputeren til at studere, hvad der sker, når vi udfører målinger på en tilstand, der er en superposition af $|0\rangle$ og $|1\rangle$. Forsøgene på kvantecomputeren giver os mulighed for at opbygge en intuition for kvantemekaniske systemer.

I figur 2 er givet et eksempel på et kvantekredsløb med en enkelt qubit repræsenteret ved den vandrette sorte streg. Diagrammet er en visualisering af de instrukser, vi beder kvantecomputeren udføre, og læses fra

venstre mod højre. I den øverste figur starter vores qubit i tilstanden $|0\rangle$. Derefter udfører vi en måling, illustreret ved den sorte box med meteret på. Da vores qubit starter i tilstanden $|0\rangle$, er der 100% sandsynlighed for at målingen giver 0, og efter målingen vil tilstanden igen være $|0\rangle$. Vi gennemfører forsøget på kvantecomputeren 10 gange, og resultatet af målingen er alle 10 gange 0. Så langt er alt helt analogt til en klassisk bit.

I den midterste del af figuren beder vi nu kvantecomputeren rotere tilstanden 90° (illustreret ved den lilla box), så den bliver $|\psi_+\rangle$. Derefter beder vi den udføre en måling. Spørgsmålet er, hvad vi kan forudsige om denne måling? Efter rotationen er vores qubit nu i superpositionen $|\psi_+\rangle$, og det er derfor ikke muligt at forudsige svaret af målingen. Det eneste, vi kan sige, er, at der er 50% sandsynlighed for at målingen giver 0 og tilsvarende 50% sandsynlighed² for at få 1.

Målepostulatet for kvantemekanik fortæller os yderligere (den nederste del af figuren), at hvis målingen giver resultatet 0, så er tilstanden efter målingen $|0\rangle$, og hvis vi måler 1, er tilstanden umiddelbart herefter $|1\rangle$. For at teste dette laver vi en måling mere og ser om resultatet stemmer hermed. Resultatet af 10 identiske forsøg (med 3 målinger og en rotation i hver) er opsummeret nederst i figur 2: Som forventet er alle resultater af den første måling 0, derefter har den anden måling givet ca. lige mange gange 0 og 1, og endelig har den afsluttende måling givet det samme som den forrige. Bemærk at resultaterne af målingerne kan læses fra højre, fx betyder 110, at den første måling gav 0, og de to efterfølgende gav 1.

Selv om dette er et simpelt eksempel med blot en enkelt qubit, involverer vores eksperiment på kvantecomputeren både den ikke-deterministiske natur af kvantemekanik og kollapset af tilstanden! Vores erfaring er, at eksperimenterne på kvantecomputeren i høj grad hjælper elever og studerende med til at konkretisere disse abstrakte regler.

Eksempel 2: Sammenfiltrering

Den anden helt grundlæggende egenskab ved kvantemekanik og helt afgørende egenskab for en kvantecomputer er sammenfiltrering (på engelsk entanglement). For at kunne opnå kvantemekanisk sammenfiltrering skal vi have minimum to qubits. Hvis de to qubits er sammenfiltrede, kan en måling på den ene qubit påvirke den anden. I de algoritmer, der kører på en kvantecomputer, sammenfiltres mange qubits, og man udnytter, at en måling på en enkelt qubit kan påvirke mange qubits *instantant*. I undervisningssammenhæng er det tilstrækkeligt at se på to qubits for at begynde at opbygge en intuition for kvantemekanisk sammenfiltrering.

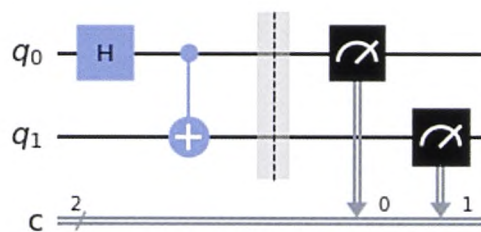
I eksemplet, der er givet på figur 3, instruerer vi kvantecomputeren i at sammenfiltrere to qubits i tilstanden

$$\frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle) . \quad (2)$$

²Vi har positive erfaringer med, at elever selv udleder dette ud fra regnereglerne $\langle 0|0\rangle = \langle 1|1\rangle = 1$ og $\langle 0|1\rangle = \langle 1|0\rangle = 0$ samt at sandsynligheden er givet ved (absolut) kvadratet på hhv. $\langle 0|\psi_+\rangle$ og $\langle 1|\psi_+\rangle$.

³Vi kan ikke forudsige, hvad resultatet præcis vil være, når vi måler på den første qubit, kun at det igen er lige sandsynligt at måle 0 og 1. Men hvis vi fx måler 0, så vil tilstanden efter målingen være kollapset til $|00\rangle$. Derfor vil en efterfølgende måling på den anden qubit med sikkerhed give 0. Tilsvarende hvis vi ved at måle på den første qubit havde fået 1, så ville den anden måling give det samme, nemlig 1.

En måling på det ene af de to qubits vil nu bestemme udfaldet af målingen på det andet!³ Igen er dette imod vores klassiske intuition for, hvordan verdenen opfører sig, og forsøgene på kvantecomputeren kan hjælpe os med at acceptere, at denne klassiske intuition ikke virker her og i stedet begynde at opbygge en kvanteintuition.



Figur 3. Visualisering af kvantekredsløb med to sammenfiltrede qubits. De to vandrette sorte streger illustrerer 2 qubits, der bliver sammenfiltret via en CNOT-gate, illustreret med den lodrette blå gate. Når to qubits er sammenfiltrede, vil en måling på den ene påvirke tilstanden af den anden. Målingerne er illustreret ved de sorte metre.

Det er også lige til for elever/studerende/kursister selv at udtænke andre forsøg, lynhurtigt sætte disse forsøg op og udføre dem på IBM's kvantecomputer. Dette giver dem en unik mulighed for at optræne en kvanteintuition. De kan fx udfordre deres forståelse ved at gentage forsøget med tilstanden

$$\frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle - |11\rangle) , \quad (3)$$

og se om de kan forklare resultatet. Dette kræver blot, at de indsætter en enkelt operation i diagrammet og kører forsøget på kvantecomputeren igen!

Træner mere end bare kvantemekanik

Siden 2015 er antallet af fysikere, der arbejder med computermodellering og -programmering efter endt kandidatuddannelse steget markant [5], og efterspørgslen efter kandidater med disse kompetencer forventes kun at blive øget. I dette lys er det interessant, at kvantemekanik-øvelserne på IBM Q ikke blot træner de studerende i kvantemekanik, det giver dem samtidig lejlighed til at interagere med en af de allermest højteknologiske platforme, der overhovedet eksisterer. Derved får de studerende unik træning i at benytte og udvide programmerings-pakker, samtidig med at de skal bevare overblikket over det system, de eksperimenterer med. Det er netop denne kombination af overblik, matematisk forståelse og programmeringsevner, der gør fysikere så attraktive på arbejdsmarkedet [6].

I øvelser til skoler og gymnasier er det muligt at benytte IBM's Qiskit "composer", hvor den kode, der styrer selve kvanteforsøget alene består af de symbolske blokke, der er vist i figur 2, så eleverne ikke skal forholde sig til python-kode.

Udvikling af undervisningsmateriale

Kvantecomputere er idelle redskaber til at undervise i kvantefænomener fra skoler over universiteter til efteruddannelse, men for at potentialet for alvor kan foldes ud, og denne platform kan blive brugbar bredt, kræver det, at vi udvikler undervisningsmateriale tilpasset den enkelte målgruppe.

Niels Bohr Institutet har allerede startet arbejdet med at udvikle undervisningsmateriale til B.Sc.- og M.Sc.-undervisning, samt til SRP- og SOP-forløb (større projekt i 3.g i hhv. STX- og HTX-gymnasierne). Vi har for nylig modtaget midler fra blandt andet Københavns Universitets pulje til forskningsintegration i undervisningen til at videreudvikle dette undervisningsmateriale og tilpasse det til andre målgrupper.



Figur 4. Den måske største udfordring i det kvanteteknologiske kapløb er at få uddannet tilstrækkeligt mange med de rette kompetencer. Billederne ovenfor illustrerer nogle af de vigtigste elementer i at uddanne i kvanteteknologier: Kontrollerede eksperimenter på kvantecomputere styret fra almindelige computere, peer-sparring og diskussioner. Fotos af Ola J. Joensen, Niels Bohr Institutet.

Opsummering og et kig fremad

De kvanteteknologier, der netop nu er i rivende udvikling, har potentialet til at være transformative teknologier, dvs. teknologier, der fundamentalt ændrer vores samfund. Der er flere interessante udfordringer, før disse teknologier bliver foldet fuldt ud, både teknologiske, men også i høj grad uddannelsesmæssige. Et af Danmarks stærkeste kort i det internationale kvanteteknologiske kapløb er vores høje uddannelsesniveau på området [7]. For at fastholde denne *educational quantum advantage* er det afgørende, at vi både inspirerer kommende

generationer til at studere på relevante uddannelser og de etablerede, der allerede er i arbejde, til at engagere sig i efteruddannelse.

Her har vi fokuseret på brugen af kvantecomputere til at formidle og undervise i kvanteteknologi, men dette skal selvfølgelig kun ses som ét redskab blandt mange, der skal til for at løfte den samlede opgave. Niels Bohr Institutet har for ganske nyligt fået støtte fra Novo Nordisk Fonden til at opbygge et nyt quantum science teaching laboratory, hvis primære mål er at kunne give gymnasieelever en hands-on eksperimentel indgang til kvanteteknologier. Det afgørende for, at disse indgange til undervisning i kvanteteknologier kan have succes med at formidle og inspirere, er, at der bliver udarbejdet et velafprøvet undervisningsmateriale rettet mod de relevante målgrupper. Niels Bohr Institutet er i fuld gang med dette sammen med en række sparringspartnere på gymnasier og i virksomheder. Hvis I er interesserede i at vide mere eller bidrage, er I meget velkomne til kontakte denne artikels forfatter på split@nbi.ku.dk.⁴

Litteratur

- [1] Roadmap IBM Quantum, <https://research.ibm.com/blog/ibm-quantum-roadmap-2025>.
- [2] Ny kandidatuddannelse i “Quantum Information Science”, <https://studies.ku.dk/masters/quantum-information-science/>.
- [3] Danmarks Statistik, <https://extranet.dst.dk/pyramide/pyramide.htm>.
- [4] “Danmark kan blive ”Silicon Valley for kvanteteknologi” med ny NATO-satsning, Institutleder på Niels Bohr Institutet, Jan W. Thomsen <https://videnskab.dk/teknologi-innovation/danmark-kan-blive-silicon-valley-for-kvanteteknologi-med-ny-nato-satsning>.
- [5] Undersøgelse af fysik-kandidater fra KU’s jobfunktion efter endt uddannelse, Danmarks Statistik.
- [6] Aftagerpanel for Fysik, Kemi og Nanoscience 2020.
- [7] Economic impact of Quantum in The Netherlands, Quantum Delta, Nederland, maj 2020.



Kim Splittorff er lektor ved Niels Bohr Institutet og N. Zahles Gymnasieskole. Foto: Ola J. Joensen.

⁴Det er en fornøjelse at takke kollegaer og studerende på universiteter og gymnasier for deres store interesse og entusiasme for kvanteteknologier. Særligt Anna Liv Bjerregaard og Victoria Inselmann for deres aktive bidrag til at udvikle øvelser på IBM Q og arbejde med at inkludere dem i undervisningen i kurset kvantemekanik 1 i vinteren 2022; Niels Obers, Jason Koskinen, Anders Sørensen og Markus Ahlers for direkte samarbejde om kvantemekanikkurserne på Niels Bohr Institutet. Også stor tak til IBM for at stille IBM Q til rådighed for undervisning og særligt Jan B. Lillelund samt Lucas Ament for løbende sparring om brugen af IBM Q. Endeligt en stor tak til Niels Bohr Institutet, KU’s pulje for forskningsintegration samt Novo Nordisk Fonden for deres støtte, der har muliggjort arbejdet.

Fysik og matematik – Forsøg og teori

Klaus Nielsen

Jeg oprettede min hjemmeside: www.fysikogmatematik.wordpress.com i 2017. I min verden hænger forsøg og teori uløseligt sammen. Alle teorier skal helst kunne eftervises i laboratoriet, og hvis eksperimentelle forsøg er udført nøjagtigt, giver det ofte anledning til justeringer af teorierne.

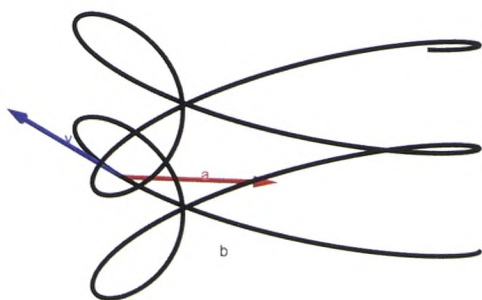
Formålet med hjemmesiden er, at undervisere og særligt interesserede skal kunne få inspiration til deres undervisning. Alt må kopieres frit, og en del fysikforsøg og matematikopgaver kan direkte bruges i undervisningen. Andet kan benyttes som en del af større skriftlige opgaver etc.

De fleste af undersiderne er opbygget med tekst, figur, foto/video, grafer og opgaver. Fx fortæller en video af "Ballongyngerne" mere om forlystelsen end en beskrivelse. Gennemgående bruger jeg ting fra dagligdagen til eksempler og til forsøg. Tivoli har jeg brugt som et fysiklaboratorium, fx er begrebet centripetalacceleration meget lettere at forstå, hvis man først har været en tur rundt i "Galajerne" eller "Kaffekopperne".

I denne artikel viser jeg eksempler fra min hjemmeside www.fysikogmatematik.wordpress.com.

Forlystelsesparker

På hjemmesiden er der bl.a. lavet parameterfremstillinger for 17 forskellige slags forlystelser. Ved hver forlystelse er der et foto/video, en figur af bevægelsen, en animation og en GeoGebra-animation af bevægelsen med ind tegnede hastigheds- og accelerationsvektorer. Fx Fatamorgana [1-2], hvor bevægelsen er en kombination af en skruelinie og en hypocykloide:



Figur 1. Fatamorgana, kombination af en skruelinie og en hypocykloide.

Rotationer og parameterfremstillinger

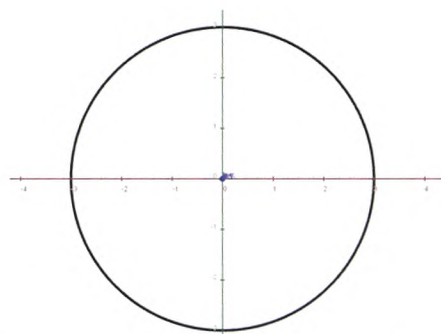
Mange forlystelser kan beskrives ved, at der er en cirkelbevægelse i et plan, hvor centrum af cirklen bevæger sig:

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_0(t) + a \cdot \cos(b \cdot t) \cdot \mathbf{i}(t) + a \cdot \sin(b \cdot t) \cdot \mathbf{j}(t) \quad (1)$$

hvor $\mathbf{R}_0(t)$ er vektoren til centrum af cirklen som funktion af tiden. $\mathbf{i}(t)$ og $\mathbf{j}(t)$ er to enhedsvektorer

vinkelret på hinanden i cirkelns plan, ud fra et givet centrum. a er radius i cirkelbevægelsen og $b = \frac{2\pi}{T}$ er vinkelhastigheden, når T er omløbstiden. $\mathbf{R}(t)$ er parameterfremstillingen for bevægelsen.

Dyrekarrusellen



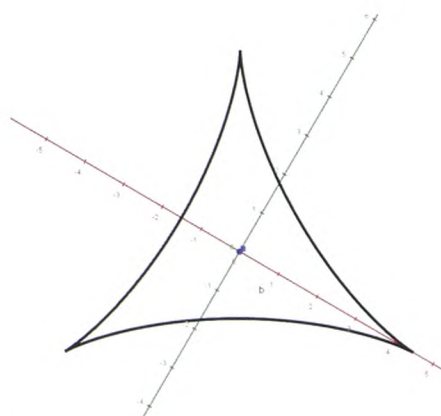
Figur 2. Dyrekarrusellen, almindelig vandret cirkelbevægelse [3].

Er en vandret cirkelbevægelse med fast centrum fx

$$\mathbf{R}_0(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{i}(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{j}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + a \cdot \cos(b \cdot t) \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + a \cdot \sin(b \cdot t) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Kaffekopperne



Figur 3. Kaffekopperne, hypocykloide [4].

Kaffekopperne sidder på en arm, der roterer omkring et punkt, der sidder på en plade, der roterer modsat.

Armen med længde c roterer om et punkt med afstanden a fra pladens centrum. b er vinkelhastigheden af pladen, og d er vinkelhastigheden af armen:

$$\mathbf{R}_0(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Da bevægelsen foregår i x-y-planet er:

$$\mathbf{i}(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{j}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Armen skal rotere modsat pladen, det kan opnås ved at indsætte $-t$ i stedet for t :

$$\begin{aligned} \mathbf{R}(t) &= \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} + c \cdot \cos(d \cdot (-t)) \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &\quad + c \cdot \sin(d \cdot (-t)) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot \cos(d \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot \sin(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix}, \end{aligned} \quad (6)$$

som er forskriften for en hypocykloide.

Tik tak



Figur 4. Tik tak [2].

Udover, at gondolerne bevæger sig på en hypocykloide, kan de også rotere om en vandret akse. Dvs. personerne kan også vende på hovedet. Her kan $\mathbf{R}_0(t)$ vælges som $\mathbf{R}(t)$ for kaffekopperne

$$\mathbf{R}_0(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot \cos(d \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot \sin(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Den lodrette rotation foregår i et plan, der står vinkelret på tangentvektoren

$$\mathbf{R}'_0(t) = \begin{pmatrix} -a \cdot b \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot d \cdot \sin(d \cdot t) \\ a \cdot b \cdot \cos(b \cdot t) - c \cdot d \cdot \cos(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

og x-y-planet

$$\mathbf{i}(t) = \frac{\mathbf{R}'_0(t)}{|\mathbf{R}'_0(t)|} \quad (9)$$

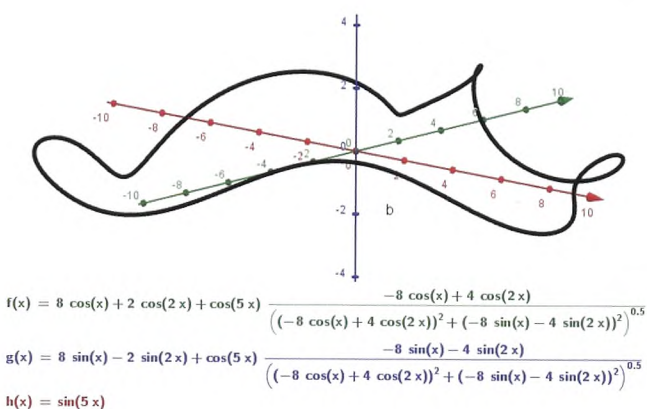
$$= \begin{pmatrix} -a \cdot b \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot d \cdot \cos(d \cdot t) \\ -a \cdot b \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot d \cdot \sin(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} / |\mathbf{R}'_0(t)|$$

og

$$\mathbf{j}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot \cos(d \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot \sin(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{e \cdot \cos(f \cdot t)}{|\mathbf{R}'_0(t)|} \cdot \begin{pmatrix} -a \cdot b \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot d \cdot \cos(d \cdot t) \\ -a \cdot b \cdot \sin(b \cdot t) - c \cdot d \cdot \sin(d \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \\ &+ e \cdot \sin(f \cdot t) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$



Figur 5. Tegning fra GeoGebra med den indtastede forskrift.

Andre typer parameterfremstillinger

Nogle forlystelser, hvor bevægelsen foregår i et plan, kan beskrives ud fra ligningen

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_0(t) + f(t) \cdot \mathbf{i}(t) + g(t) \cdot \mathbf{j}(t) \quad (12)$$

Hvor $\mathbf{R}_0(t)$ er stedvektoren til et punkt i planen, der er udspændt af enhedsvektorerne $\mathbf{i}(t)$ og $\mathbf{j}(t)$, der skal stå vinkelret på hinanden. $f(t)$ og $g(t)$ er funktioner af t .

I det følgende gennemgås nogle eksempler.

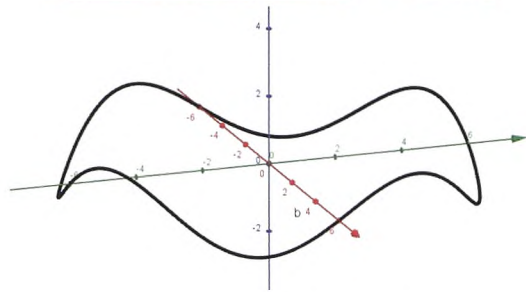
Galajerne

Galajerne bevæger sig rundt i en cirkel med radius a og vinkelhastighed b , samtidig med at de bevæger sig fire gange op og ned per omgang.

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Her er det kun nødvendigt med en vektor vinkelret på x-y-planet

$$\mathbf{j}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (14)$$



Figur 6. Galajernes bevægelse på en cylinderskal [2].

Bakkerne er $1/6$ så høje som radius i cirklen:

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{a}{6} \cdot \sin(4 \cdot b \cdot t) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$= \mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ a \cdot \sin(b \cdot t) \\ \frac{a}{6} \cdot \sin(4 \cdot b \cdot t) \end{pmatrix}$$

Bevægelsen foregår på en cylinderskal.

Ballongyngerne



Figur 7. Ballongyngerne [2].

Udover, at ballongyngerne bevæger sig på en cirkel med radius a med en vinkelhastighed b , gynger de frem og tilbage som et pendul.

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \sin(b \cdot t) \\ 0 \\ -a \cdot \cos(b \cdot t) \end{pmatrix} \quad (16)$$

Da de roterer i x-z-planet, bliver

$$\mathbf{i}(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{j}(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Gondolerne sidder på en arm med længde c . Hvis de gynger ca. 30 grader¹ ud til hver side i løbet af et omløb, bliver

$$f(t) = c \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \quad (18)$$

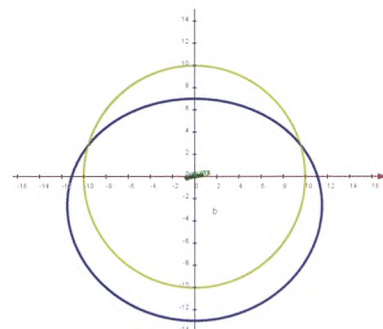
¹Vinklen, ballongyngerne svinger ud, afhænger selvfølgelig af vinkelhastigheden b .

og

$$g(t) = -c \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \quad (19)$$

$$\mathbf{R}(t) = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) \\ 0 \\ -a \cdot \cos(b \cdot t) \end{pmatrix} + c \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - c \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} a \cdot \cos(b \cdot t) + c \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \\ 0 \\ -a \cdot \cos(b \cdot t) - c \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot \sin(b \cdot t)\right) \end{pmatrix}$$



$$\mathbf{f}(x) = 10 \sin(x) + 3 \sin\left(\frac{3.14}{6} \sin(x)\right)$$

$$\mathbf{g}(x) = 0$$

$$\mathbf{h}(x) = -\left(10 \cos(x) + 3 \cos\left(\frac{3.14}{6} \sin(x)\right)\right)$$

Figur 8. På GeoGebra-tegningen er den gule cirkel bevægelsen uden pendulbevægelse og den blå kurve bevægelsen med pendulbevægelse og den tilhørende forskrift.

Tivoli – et forsøg værd

Denne underside indeholder links til indscannede hæfter *Tivoli – et forsøg værd A, B, C* m.fl. Disse hæfter er udarbejdet omkring 1999 og indeholder opgaver og forsøg, der kan laves i Tivoli.

For 20–30 år siden troede folk, at vi kom fra TV2, når vi skulle filme eksempelvis “Det gyldne Tårn” med et videokamera på stativ. Og indtil for få år siden målte vi accelerationer med Verniers accelerationssensor, der var en fuldstændig black box. Nu er det meget lettere. Stort set alle nyere mobiltelefoner indeholder både mange moderne sensorer og et godt videokamera.

Forslag til målinger i Tivoli

Gør det enkelt, der kan måske godt laves accelerationsmålinger [5] i de fleste forlystelser, men det bliver hurtigt umuligt at fortolke resultaterne. Mål i stedet accelerationen i en tur rundt i “Ballongyngerne”, samtidig med at omløbstiden måles. I bunden skal den lodrette acceleration være centripetalaccelerationen plus tyngdeaccelerationen og i toppen være tyngdeaccelerationen minus centripetalaccelerationen.

“Det Gyldne Tårn” er en forlystelse, hvor personer bliver hevet ned hurtigere, end de ville falde naturligt. Selve tårnet er opbygget af et antal ens stålkonstruktioner, det er ca. 60 m højt. Optag en video fra

jorden af gondoler, der falder ned, afspil videoen i Logger Pro, aflæs tiden hver gang gondolen er faldet en metal konstruktion ned. Benyt tiderne og afstanden ud fra antal stålkonstruktioner til at vise, at startaccelerationen er ca. 2 gange tyngdeaccelerationen.

Fysik og apps til mobiltelefoner

Termometer, magnetfeltsensor i tre dimensioner, accelerometer, lyssensorer, lydsensorer, gyroskop, barometer mv. er blot nogle af de apps, der findes til mobiltelefoner.

Undersiden omtaler en del forskellige apps med tilhørende opgaver og forsøg. For at gøre det enkelt for eleverne, er det en god ide at bruge apps, der kun kan en ting.

App'en Phyfox indeholder stort set alle de sensorer, der er i en mobiltelefon, dog ikke et termometer. Den er til gengæld let at hente data fra, da den gemmer dataene i en Excelfil, der kan hentes ind i det program, der skal bruges. Eksempler fra undersiden:

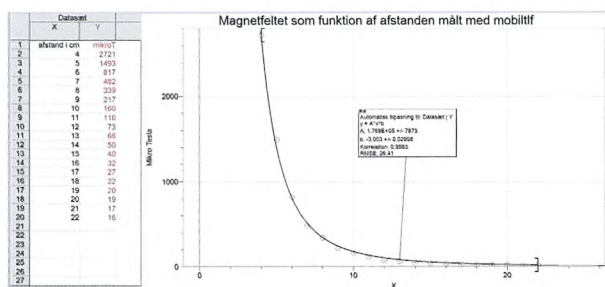
Magnet og mobil



Figur 9. Mobiltelefon med indbygget Hallsonde.

Mobiltelefoner med indbyggede Hallsonder er gode til at måle magnetfelter. Da det ikke er godt at sætte stærke magneter på elektronik, kan en gammel mobiltelefon benyttes. Drej mobiltelefonen rundt om magneten, indtil udslaget er størst. Korrigér for jordens vandrette magnetfelt.

Målingerne skal foretages hurtigt for at få rimelige målinger. Start med at sætte en neodymagnet ca. 20 cm fra mobiltelefonen og bevæg magneten tættere på. Hvis man bevæger magneten væk fra mobiltelefonen, bliver målingerne forkerte, da mobiltelefonen "husker" magnetfeltet et stykke tid.



Figur 10. Magnet målt med mobiltelefon.

Se [6] for at se mere om "supermagneter", se [7] for flere "hjemmeforsøg".

Fysikforsøg: elektriske sensorer m.m.

Siden indeholder også en del forsøg med elektriske sensorer. Fx "Lav din egen vægt!"



Figur 11. Kraftsensorvægt.

Apparatur: Kondensator lavet af stanniol, papir, filt og fotoramme i A4-størrelse, forbundet til en kapacitansmåler. Fremgangsmåde: Kondensatoren laves i 9 lag. Glas-stanniol-papir-stanniol-filt-stanniol-papir-stanniol-fotorammens bundplade.

Stanniolstykkerne til højre og til venstre må ikke røre hinanden.

Mere detaljeret forklaring, se [8].

Virkemåde: Hvis der oven på kraft-sensoren sættes et lod, vil filtstykket trykkes sammen, og kapacitansen vil øges.

Resultater:

x	C(x)
Masse i kg	Kapacitans i nF
0.5	15.2
1.0	17.11
1.5	18.28
2.0	19.23
2.5	19.81
3.0	20.33
4.0	21.42
5.0	22.22
8.0	24.18

Figur 12. Resultater.

Potensfit giver $C(x) = 17,0655 \cdot x^{0,165148}$ kalibreret mellem 0.5 kg til 8 kg. $C(75 \text{ kg}) = 34,81 \text{ nF}$ Passede præcist med en persons vægt!

Magnetfelter m.m.

Undersiden indeholder flere lette forsøg, der kan laves med simpelt udstyr, fx en hegnsfjeder fra en landbrugsbutik m.m.

De fleste laboratorier har en Tangensboussole, som normalt kun bruges til at måle B-feltet i centrum. Og Helmholtzspoler, hvor B-feltets betydning bruges i et plan midt imellem spolerne. Men der er B-felter overalt, der let kan måles med en Hallsonde [5].

Magnetfelter overalt i rummet

Ud fra Biot-Savarts lov kan magnetfeltet overalt i rummet beregnes for alle mulige former for ledere og spoletyper. Undersiden indeholder programmer i TI-Nspire Cas, der giver mulighed for at finde B-feltet

overalt i rummet fra diverse ledere. Alle programmerne giver de samme resultater/formler som de kendte formler for B-felter i og omkring ledere de almindeligt udvalgte steder.

Programmer i TI-Nspire Cas og pdf-filer m.m. [6].

Fysikdemonstrationsforsøg m.m.

Undersiden indeholder over 100 forsøg, der kan let kan vises i undervisningen. Eksempler fra undersiden:

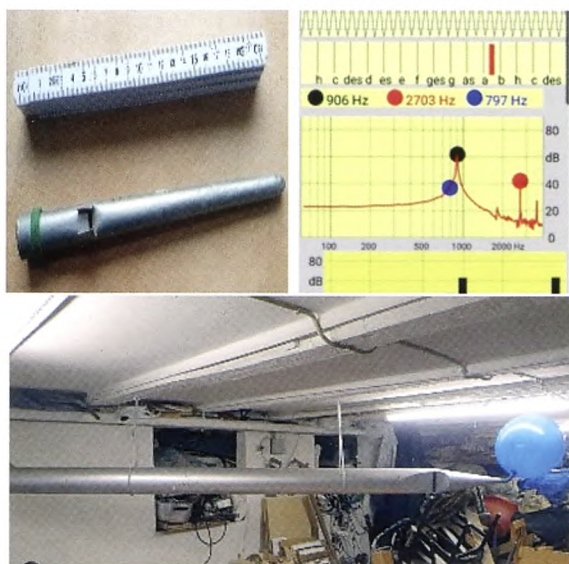
Bold, der ruller på en anden bold

På et tidspunkt ca. 48 grader fra toppen vil bordtennisbolden “forlade” fodbolden, se video og forklaring [9].



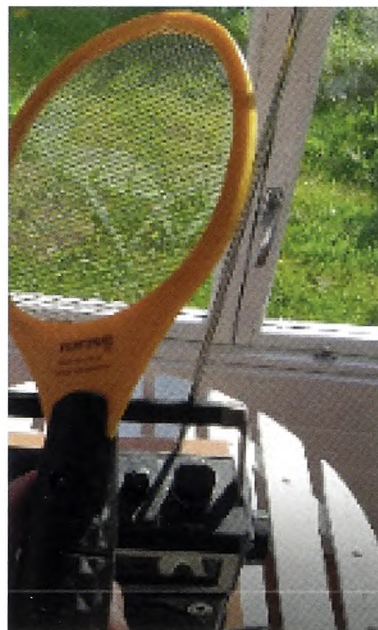
Figur 13. Bold, der ruller på en anden bold.

Lyd / stående bølger



Figur 14. Apparatur: orgelpipe med og uden hat, ballon, og lydspektrums app til mobiltelefoner [5]. Video med orgelpipe se [9].

Radiobølger / radiosender



Figur 15. Video med gnistradiosender se [9].

Fremgangsmåde: Sæt en gammel radio til at afspille støj på langbølgeområdet. Tryk på en elektrisk “fluesmækker” eller en lighter med gnist fra piezokrystal i nærheden af antennen. Der høres tydeligt, at det påvirker lyden fra radioen.

Radiobølger / radiomodtager

En spole forbundet med øretelefoner kan bruges som en radiomodtager! Aktiveres “fluesmækkeren” i nærheden af spolen, høres knas i øretelefonerne. Forklaring se [8].



Figur 16. En spole forbundet med øretelefoner.

Se undersiden Fysik Demonstrationsforsøg for flere forsøg med elektromagnetiske bølger: infrarødstråling, almindeligt lys, ultraviolet lys med fluorescens, røntgenstråling fra gnist, gammastråling og “dræberfotoner” fra supernovaer.

Magnetfelt hen over en cirkelskive

Antages det, at elektronerne løber i koncentriske baner i en cirkelskive, vil der være mindst modstand i banen tættest mod centrum af cirkelskiven. Dvs. der vil strømstyrken være størst, hvis der ses på f.eks. en cirkelleader med en bredde på 1 mm. Der hvor

strømstyrken er størst, vil B-feltet også være størst. Ifølge denne teori vil B-felt være størst ved den indre kant, aftage til nul ca. 2/3 fra den indre kant [11], skifte fortegn og vokse ud mod den ydre kant. Numerisk vil B-feltet være størst ved den indre kant. Dette kan måles med en Hallsonde [5].



Figur 17. Skiveformet leder (t.v.) og opstilling med skiveformet leder, voltmeter og termometerpistol (t.h.).

Den viste halvcirkel består af et stykke pap beklædt med et meget tyndt lag alufolie, der giver en meget stor elektrisk modstand i cirkelskiven. Tændes der for strømmen, vil cirkelskiven opvarmes, mest ind mod centrum. Det kan måles med en "termometerpistol".

Video og TI-Nspire program se [6] eller [9].

Andre undersider

Fysik-Astronomi, hvor der også er udledt en formel for sammenhængen mellem tid og vinkel for jordens bevægelse i en ellipse om solen m.m.

Cirkus Fysikus med mange opgaver fra cirkus fx om kanonkonge, dødsdrom m.m.

Programmering bl.a. om stjerner, der bevæger sig i snirkloider i galakser, hvor massen vokser lineært fra

centrum af galaksen. Og om ide til hvordan galaksers udseende er opstået.

Matematik- og fysikprojekter fx om differentiaalligninger med forsøg.

Hjemmeforsøg med over 20 forslag til forsøg, der kan laves med udstyr fra dagligdagen. Fx sammenstød mellem to stålkugler.

Litteratur

Henvisninger til enkelte sider på hjemmesiden www.fysikogmatematik.wordpress.com:

- [1] Amusement park/forlystelsesparker/Tivoli
- [2] Tivoli, billede fra Tivolis hjemmeside
- [3] Dyrehavsbakken, billede fra deres hjemmeside
- [4] Tivoli – et forsøg værd
- [5] Fysikapps til mobiltelefoner m.m.
- [6] Magnetfelter m.m.
- [7] Fysikhjemmeforsøg
- [8] Fysikforsøg: elektriske sensorer m.m.
- [9] Demonstrationsforsøg
- [10] For den viste cirkelskive

Klaus Nielsen er cand.scient. i fysik og matematik fra Københavns Universitet 1982. Han har undervist i matematik og fysik fra 1979 til 2020 på gymnasier og VUC'er. Fik i 2000 NKT's Uddannelsespris for at "forvandle Tivoli til et moderne laboratorium for matematik- og fysikundervisning". Er nu PHD – Pensionist Hele Dagen – med tid til at lave programmer, "opfinde" forsøg og skrive artikler til hjemmesiden.



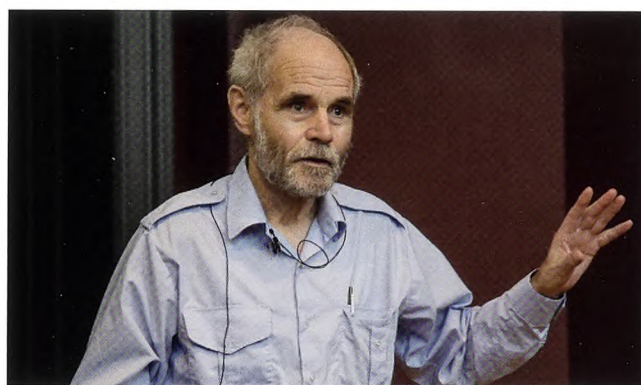
Stor formidlingspris til Helge Kragh

En af landets største kommunikationspriser, Bergsøefondens Formidlingspris på 100.000 kr., er uddelt til professor emeritus Helge Kragh.

Helge Kragh er velkendt i Kvants spalter som en af de flittige og meget vel skrivende forfattere til videnskabshistoriske artikler.

Helge Kragh er kandidat i fysik og kemi fra Københavns Universitet i 1970. Han var i en periode gymnasielærer, hvor han underviste i kemi og fysik, og i 1981 blev han dr.scient. fra RUC på afhandlingen "On Science and Underdevelopment". I 2007 blev han desuden dr.phil. fra Aarhus Universitet med afhandlingen "An Introduction to the Historiography of Science".

Fra 1987 til 1989 var han ansat som lektor i fysik og historie ved Cornell University i USA, og derefter arbejdede han i fire år på et projekt, der kortlagde Danmarks teknologihistorie. Herefter var han kurator ved Stenomuseet, og efter ansættelser i Cambridge, USA, og Oslo blev han i 1997 professor i videnskabs- og teknologihistorie ved Aarhus Universitet, hvor han var frem til 2015. Siden 2015 er det Niels Bohr Institutet og ikke mindst Niels Bohr Arkivet, der har nydt godt af hans virke.



Helge Kragh (Foto: Ola J. Joensen, Niels Bohr Institutet.)

Her i 100-året for Niels Bohrs Nobelpris i fysik, har Helge Kragh udgivet en bog om Niels Bohrs atomteori med titlen "Niels Bohr: On the Constitution of Atoms and Molecules". Kragh var hovedredaktør på det store firebindsværk, "Dansk Naturvidenskabs Historie", og har i alt udgivet omkring 35 bøger og mere end 800 forskellige publikationer.

Han er mangeårigt medlem af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.

Litteraturforståelsens betydning for naturfagsundervisningen

Emil Hjerl, Gribskolen

Denne artikel er skrevet ud fra mit STEM-speciale. Den handler om, hvordan vi som undervisere i naturfagene kan anvende litteraturforståelse af STEM-faglige tekster for derved at øge sandsynligheden for, at vores studerende kan afkode den faglige tekst, som vi har tiltænkt den.

Naturfagene i folkeskolen kan beskrives som et af de kreative fag. De er fag, hvor de studerende kan følge deres egen nysgerrighed og afprøve deres hypoteser eller løse problemstillinger.

Dette kan de gøre ved fx at afprøve simuleringer, opstille modeller, indsamle empiri til modelleringer og/eller afprøve dem eksperimentelt. Men for at de studerende når hertil, er de nødt til at blive inspireret, dette kan være gennem inspirerende anekdoter fra en livlig underviser, det kan være gennem deres egne erfaringer, undren over oplevede fænomener eller gennem deres hobbyer og ikke mindst gennem diverse medier eller fagtekster.

De elever, der af sig selv opnår denne fordybelse, ser vi fx til den nationale konkurrence "Unge forskere", hvor 100 unge finalister dystes i deres kreativitet inden for naturfagene. Der er garanteret flere af jer, der har prøvet at være tilknyttet denne konkurrence på den ene eller anden måde og hørt de unge mennesker forklare i detaljer om deres arbejdsproces og den viden, de har opnået med stor entusiasme. Jeg har selv haft flere elever med, og de har alle en fællesnævner, nemlig at de alle kan afkode faglige tekster ud fra det indhold, som de leder efter eller har brug for – hvad enten de skal skrive om, hvordan avokadoer modnes, hvilken kemisk proces der sker i juice, når den rådner, eller hvordan man planter ferskvandsafgrøder oven på verdenshavene.

For at de studerende kommer til at fordybe sig, og dermed også skaber en god start på deres læringsproces, er det vigtigt, at de kommer godt fra start, hvilket er underviserens rolle. Det er essentielt, at jo bedre de studerende bliver forberedt på temaet/emnet, der skal undervises i, jo større chance er der for, at de bliver stimuleret og lærer det, de skal. Opstarten på et undervisningsforløb startes ofte med en indledning, fx en fængende film, artikel eller undrende spørgsmål. I folkeskolen har vi en række hjælpemidler såsom bogsystemer og portaler, som kan hjælpe underviseren med at finde inspiration og materiale, hvis ikke underviseren selv finder nyere artikler, film eller fagtekster andetsteds fra.

Men hvad gør alle disse intentioner og fede forløb godt for, hvis de studerende ikke kan afkode indholdet i dem? Jeg kan ikke tælle, hvor mange gange jeg gennem de sidste 12 år har fundet en relevant og inspirerende artikel, som jeg har givet mine elever for derefter at finde ud af, at de ikke havde de rette forudsætninger for at afkode indholdet af teksten, hvad end det var en fagtekst, faglig artikel, dokumentar, relevante billeder

m.m. Hvordan jeg fandt ud af det, var gennem de studerendes handlinger, når vi gang på gang skulle gennemgå indholdet af teksten, og det tog længere tid for dem at gennemgå den end at læse den. Af den sparsomme tid, der er til naturfagene, er der ikke noget værre end at sidde fast i forforståelsen til et tema/emne, når starten trækker ud, selv om teksten er udgivet til en 1. eller 9. klasse.

Jeg undersøgte dette fænomen i mit speciale og fandt ud af, at det ikke kun er mig, som lader sig inspirere af omverdenen og tænker "dette skal mine studerende også læse eller se". Men det er heller ikke kun mig, som havde lange opsamlinger om disse fagtekster og fagrelevante medier. Jeg lavede et rapid review, som undersøgte, om der var artikler i Danmark, Norge, Sverige, England og i amerikanske databaser, som beskrev litteraturforståelse inden for naturfag, men jeg fandt desværre ikke nogen referencer. Dette gav mig i stedet anledning til selv at forsøge at beskrive det (figur 1).

Denne proces ledte til et nyt spørgsmål, nemlig hvordan man som underviser kan øge chancen for, at de studerende kan læse den udvalgte faglitteratur. Jeg kom frem til syv anbefalinger, som kan anvendes, når man finder en interessant tekst til undervisningen.

Anbefaling 1 – Hvordan er sætningsopbygningen?

Denne anbefaling kommer af, at de interviewede undervisere mener, at de studerende er for dårlige læsere, og at de ikke selv er "danskklærere". Dertil kommer, at forskning peger på strategier til at øge læsbarheden af teksterne [1], fx ved at arbejde med:

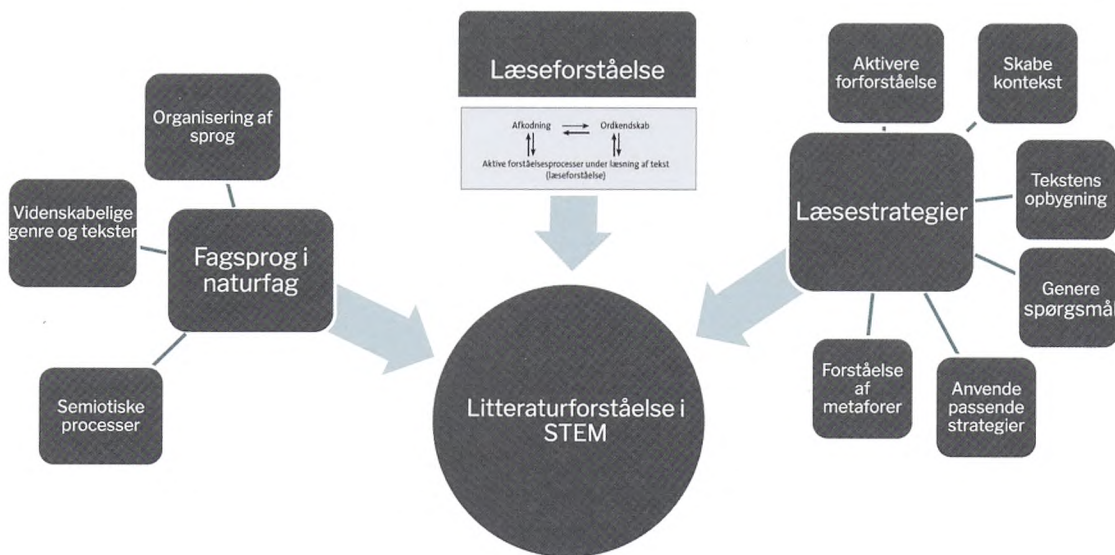
- a. Tekstlængder og typografier.
- b. Overgange fra hverdagsprog til fagsprog.
- c. Hvilke ord kender de studerende til, og hvordan bidrager teksten til deres ordforråd.
- d. Anvendelse af metaforer og hvor meget der skal læses indenad i teksten.

Anbefaling 2 – Hvilke faglige forudsætninger skal der til for at afkode teksten

Jo tættere en tekst rammer den studerendes "viden om verden", jo nemmere er det for de studerende at aktivere deres forforståelse og afkode fagbegreberne. Her er et par eksempler, som konkretiserer nogle aktiviteter:

- a. Sæt ord på forkundskaberne.
- b. Repetition af tidligere relevante områder inden teksten anvendes.
- c. Er der en god transferværdi mellem fagsprog og hverdagsprog i teksten?

Litteraturforståelse



Figur 1. Hovedområder, der ligger til grund for litteraturforståelse i STEM-fagene .

Anbefaling 3 – Forarbejdet med teksten, inden den læses, for at motivere og aktualisere indholdet

Anbefalingen kommer sig af, at underviserne efterspørger materialer, som åbner for arbejdet med problemstillinger, hypoteser, påstande og undren [2]. Måder til at optimere den dybere læring i teksterne er:

- Stil opklarende spørgsmål.
- Vurdering af hvilke ord, der er vanskelige.
- Opsummerende spørgsmål.
- Stil uddybende spørgsmål eller problemstillinger til teksten.
- Er der ordforklaringer til stede, fx ordbogsopslag eller uddybning af fagbegrebet vha. figurer, eller henvisninger til, hvor man kan finde orddefinitioner.

Anbefaling 4 – Anvende relevante læsestrategier

Naturvidenskabelige tekster kan være sammensat af fx teori, biografi og hverdagsbeskrivelser, altså en slags blanding af tekstgenrer [3]. Men da hver genre har deres egen unikke læsestrategi, kan dette gøre det meget svært som studerende at orientere sig i og egentlig vide, hvad man præcist skal have ud af teksten. Nogle enkelte tiltag til at arbejde med læsestrategier er:

- Hvad er formålet med teksten?
- Hvordan skal den læses? Skimming, nærlæsning, notatteknikker, grafisk model m.m.
- Arbejde med forskellige gruppedynamikker .

Anbefaling 5 – Hvordan skal indholdet af teksten gennearbejdes efterfølgende?

Denne anbefaling ligger i tråd med den forrige, men handler om efterbearbejdningen af teksten. Arbejdet med analysestrategier med henblik på, at studerende lettere kan forstå, at det, de oplever i undervisningen, er opbygning af videnskabelig viden. Der anvendes fx følgende elementer:

- Generering af påstande, hypoteser, problemstillinger og spørgsmål.
- Hvordan skal indholdet af teksten formidles efterfølgende? Og skal det være simpelt eller uddybende?
 - Skriftligt – notat, beskrivelser, journal, rapport, biografi , m.m.
 - Undersøgende – eksperimentel, proceduretekster, forsøg med variationer og/eller fejlkilder.
 - Modellerende – multimodalt, simuleringer, iagttagelse m.m.
 - Diskuterende – debatindlæg, etiske dilemmaer, påstande, hypoteser, m.m.
 - Argumenterende – ekspertindlæg, perspektiverende, konklusioner, m.m.

Anbefaling 6 – Hver opmærksom på, om teksten giver mulighed for fordybelse

Konteksten af teksten er især vigtigt ift., hvornår i forløbet det er planlagt at indgå, men også ift. struktur og navigation i teksterne.

- Er teksten spændende for målgruppen?
- Er teksten relevant for undervisningen?
- Er der kohærens i teksten?
- Hvornår er teksten sat til at blive arbejdet med i forløbet?
- Hvad er det faglige udbytte af teksten?

Anbefaling 7 – Vær bevidst om, hvorvidt anvendelse af og layoutet af de valgte multimodale elementer er passende

Den sidste anbefaling handler om layoutet, hvilket vi undervisere er meget bevidste om, når vi vælger vores grundbogssystemer. Men når vi kigger i fagtekster eller faglige medier, er det sjældent, at vi egentlig tillægger det nogen værdi. Hvis de multimodale elementer allerede er i teksten, er det ikke sikkert, at underviserne tager højde for deres funktion. Fagportalene udnytter i høj grad multimodale elementer til at gøre undervisningen

interessant for læserne. Samspillet mellem de forskellige multimodale elementer, og at teksten skal have en klar rød tråd, er vigtig, fordi det således guider læseren godt igennem teksten.

- Organisere tekster efter behov.
- Tydelige markeringer.
- Er placeringen i teksten hensigtsmæssig?
- Hvordan støtter illustrationerne læserens forståelse?

Litteraturforståelsens elementer viser sig at give bud på tiltag, som kan forbedre udvælgelsen af tekster. Her viser det sig også, at underviserne arbejder med flere af dem, når de udvikler og finder tekster til eget brug. Flere af elementerne handler om, hvordan teksterne afkodes og rammer den dybere forståelse af det, der skal arbejdes med, hvilket underviserne i undersøgelsen peger på som værende et problem i deres undervisning.

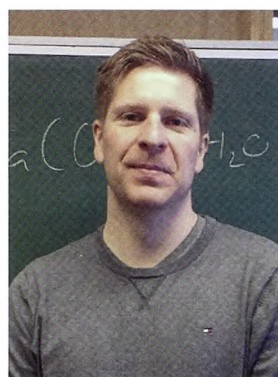
Der kan ligge et stort arbejde for underviseren, før eleverne modtager den tilsigtede undervisning. Derfor er det vigtigt, at naturfagsunderviserne kan lette deres arbejde ved at vide mere om, hvordan de kvalificeret kan udvælge teksterne. Således er der en større chance for, at de studerende kan afkode og fordybe sig i de udvalgte tekster, hvilket er en vigtig del af naturfagene og til udvikling af kompetencerne inden for fagene.

Bare ved brug af en enkelt af de ovenstående syv anbefalinger fremmer man udbyttet af elevernes læsning

af de udvalgte tekster. Teksterne giver også mulighed for, at flere af de studerende lader sig inspirere af indholdet. Og ikke mindst at undervisningen ikke bruger for meget tid på opsamling af indholdet i teksten, men giver mere tid til bearbejdningen af den aktuelle problemstilling i teksten.

Litteratur

- [1] M. Brudholm (2002) "Læseforståelse". Gyldendal Undervisning.
- [2] E. Arnbak (2007) "Faglig læsning: fra læseproces til læreproces". Gyldendal.
- [3] J. Polias (2020) "Fagsprog i naturfag – at læse, skrive og "gøre" videnskab". Akademisk forlag.



Emil Hjerl er folkeskolelærer og naturfagsvejleder på Gribskolen og cand.scient. i STEM-undervisning fra Københavns Universitet. Han modtog sidste år Ørsted-medaljen i bronze for fremragende formidling af naturvidenskab i grundskolen.

Kvant-nyheder – Exoplanet med sandfyldte skyer

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

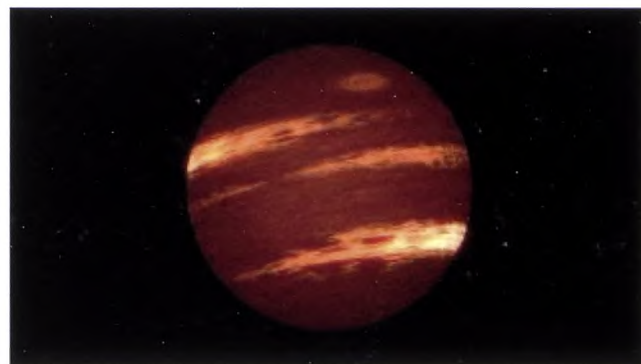
PLANETATMOSFÆRER. James Webb-rumteleskopet har opdaget en planet indhyllet i sandfyldte skyer. Planeten er en såkaldt brun dværg, der er næsten 20 gange større end Jupiter.

Brune dværge er objekter, der ikke er helt store nok til at antænde som stjerner, men lidt for store til at være almindelige planeter. Brune dværge udsender lys ved at fusionere deuterium i modsætning til stjerner, der fusionerer hydrogen til helium, hvilket de brune dværge ikke er massive nok til. Desuden kræver hydrogenfusion meget højere temperatur og tryk end deuteriumfusion. Der dannes i øvrigt He-3, når en deuteriumkerne fusionerer med en proton.

Den brune dværg er i kredsløb omkring to små røde dværgstjerner 72 lysår fra Jorden i stjernebilledet Kragen. Planeten blev observeret i 2016 og har siden forundret astronomerne, da den har et rødt skær. Nu er det blevet bekræftet, at det rødlige skær er pga. skyerne i atmosfæren, der er fyldt med sandlignende silikat-korn. Teleskopet har desuden målt vand, metan, natrium, kalium, CO og CO₂ i atmosfæren. Forskerne

kan se, at forholdet mellem gasserne ændres vertikalt op gennem atmosfæren, hvilket de antager skyldes, at atmosfæren ikke står stille, men at der er bevægelse i den, som får CO₂ til at bevæge sig op og blande sig med metan højere oppe i atmosfæren.

Ref.: <https://www.space.com/> og [arXiv:2209.00620](https://arxiv.org/abs/2209.00620).



Figur 1. Grafik af en brun dværg med flere farvede bånd af skyer (NASA/JPL-Caltech). Se animation på <https://youtu.be/tbyjrFdoXLk>.

Dansk Fysisk Selskab fylder 50 år

Peter Sigmund, Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet

På en søndag i vinteren 1972, den 20. februar, mødtes Jens Bang, lektor ved Niels Bohr Institutet og formand for den traditionsrige Fysisk Forening, med Jens Als-Nielsen, sektionsleder på Forskningscenter Risø og formand for Dansk Selskab for Faste Stoffers Fysik og Kemi ("Faststofsselskabet"), for at løse et aktuelt opstået problem: Fysikere i det meste af Europa var blevet opfordret til at bakke op om European Physical Society (EPS), som var blevet dannet i 1968. Tilmelding foregik via de enkelte landes fysiske selskaber, og i Danmark var det, mærkeligt nok, Faststofsselskabet. Derved var der ikke nogen direkte adgang til EPS for et betydeligt antal danske fysikere. Specielt blev det et problem for medarbejderne på Niels Bohr Institutet, kronjuvelen i dansk fysik.

Som resultat af mødet mellem de to formænd dannedes Dansk Fysisk Selskab som en paraplyorganisation over Fysisk Forening og Faststofsselskabet. Det nye Selskab holdt sit første bestyrelsesmøde den 19. december 1972 og blev Danmarks repræsentant i EPS med virkning fra 1. januar 1973.

Selskabet udviklede sig hurtigt til det efterlyste fælles mødested for landets fysikere med mødeaktiviteter, kurser, repræsentation udadtil og, sammen med andre, udgivelse af tidsskriftet KVANT.



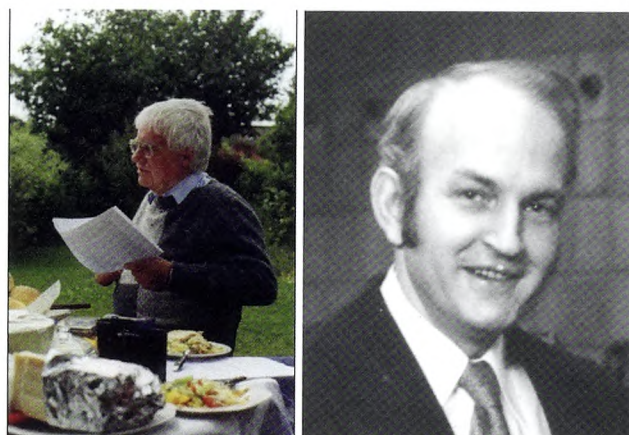
Figur 1. Jens Als-Nielsen, formand for Faststofsselskabet og initiativtager til dannelsen af DFS.

Mødet mellem de to formænd foregik i undertegnedes rækkehus i Hillerød, og desuden er jeg eneste overlevende af det nye selskabs første bestyrelse, der ud over mig omfattede formanden Jens Bang, sekretæren Peter Lawaetz og Rodney Cotterill, begge ansat ved det, der dengang kaldtes Danmarks Tekniske Højskole.

Derfor føler jeg mig legitimeret til at fortælle lidt om, hvad der foregik i tiden forud for, under og efter dannelsen af det nye forum, hvis 50-årsjubileum markeres i år.

Behov for et selskab?

Den opmærksomme læser vil måske undre sig over, hvorfor det tog så lang tid at danne et Fysisk Selskab i Danmark. I de store lande i Europa rækker tilsvarende selskabers historie tilbage til 1800-tallet, fx 1845 i Tyskland, 1874 i England og Frankrig og 1897 i Italien. Disse selskaber har nu til dags tusinder af medlemmer, ejer huse og en professionel stab, kører forlagsvirksomhed og spiller en rolle i offentligheden. Fysiske selskaber i lande som Danmark, Sverige og Holland dannedes i 1920'erne med fokus på faglig kommunikation mellem fysikere og blev kørt på fritidsbasis af dedikerede forskere, assisteret af deres institutssekretariater.



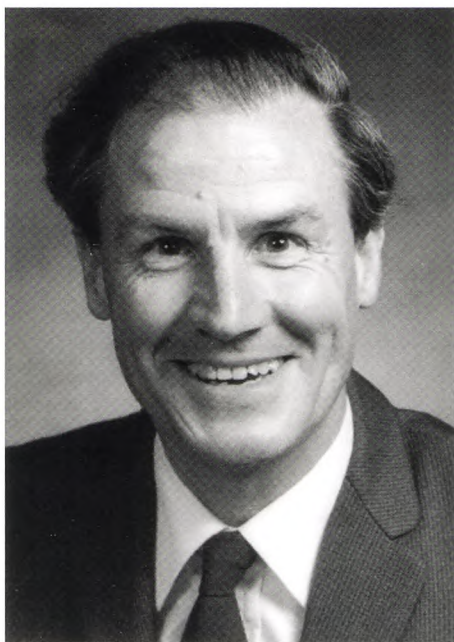
Figur 2. Jens Bang (t.v.), initiativtager til dannelsen af DFS og Selskabets første formand, og Peter Lawaetz (t.h.), Dansk Fysisk Selskabs første sekretær (Foto: Teknologihistorie DTU).

Indtil 1950'erne var fysikken i Danmark koncentreret indenfor et lille område af det indre København, især Sølvtorvet og Blegdamsvej. Hertil kom et betragteligt antal gymnasielærere spredt rundt i landet. Til kommunikation af ny forskning havde man Fysisk Forening, der mødtes i og styredes fra København. Hertil kom dog noget ret enestående, Selskabet for Naturlærens Udbredelse, grundlagt af H.C. Ørsted, der henvendte sig til den brede offentlighed. Det selskab udgav også Fysisk Tidsskrift, grundlagt af Kirstine Meyer i 1909.

Henimod slutningen af 1950'erne skete der imidlertid en del i fysikken og relaterede områder, ikke kun i Danmark. I 1954 oprettedes et naturvidenskabeligt fakultet ved Aarhus Universitet, i 1955 blev H.C. Ørsted Instituttet bygget under Københavns Universitet, i 1956 oprettedes Forsøgsanlæg Risø under Atomenergikomissionen, og endelig viste det sig, at udvidelsen af den

Polytekniske Lærestalt i begyndelsen af 1950'erne til Østervold var langt fra tilstrækkelig, hvorefter man forberedte udflytningen til Lundtofte, som dog først blev afsluttet i 1974.

Denne udvidelse reflekterede en tilsvarende ekspansion af det faglige spektrum, som gik langt ud over det fokus på kerne- og partikelfysik, som var dominerende på Niels Bohr Institutet dengang. Denne ekspansion gav anledning til dannelsen af nye faglige fællesskaber, herunder, fra 1961, "Studiegruppen for Faste Stoffers Fysik og Kemi" med Niels I. Meyer, Danmarks første professor i halvlederfysik som ankermand, støttet af Jens Lindhard, professor i fysik i Aarhus, Otto Kofoed-Hansen, afdelingsleder på Risø, Henning Højgaard-Jensen, professor først på Polyteknisk Lærestalt og siden på H.C. Ørsted Institutet, og endelig Laurits T. Muus, professor ved Kemisk Institut i Aarhus.



Figur 3. Rodney Cotterill, initiativtager til Dansk Fysisk Selskabs årsmøde. Foto: Huset Mydtskov.

Denne uformelle sammenslutning af måske et halvt hundrede fysikere og kemikere var allerede et veludviklet netværk, da forfatteren for denne artikel kom til Risø i 1962 som friskt ph.d.-uddannet i Tyskland. Man mødtes til endagsmøder fire gange om året på et af de fire knudepunkter. Det indebar, at der altid var nogen, der måtte rejse mellem Aarhus og Hovedstaden, hvilket foregik med DFDS' natbåd, hvor man mødtes om aftenen til en øl før sengetid.

Til møderne var der afsat god tid til en stribe foredrag, som varierede fra rene tutorials af almen interesse, som fx en serie om mangelegeme-elektroteori, til de nyeste resultater om sjældne jordarters magnetisme, ionstrålers kanalisering, strålingsbeskadigelse, superledning og halvledere, for at nævne nogle få.

Et væsentligt element i denne hurtige ekspansion, båret i hovedsagen af ganske unge kandidater fra universiteterne og lærestalten, var hyringen af erfarne udenlandske forskere, i første omgang som gæster, hvoraf nogle gik over til fast ansættelse, ikke mindst

dem, der havde stiftet familie med dansk partner før eller efter ankomsten.

En af disse var Allan Roy Mackintosh (1936-95), ph.d. fra Cambridge, som kom til Risø som gæst fra Iowa State University, og som hurtigt blev en central skikkelse i fysikken i Danmark, ansat som professor ved H.C. Ørsted Institutet fra 1970. En af hans mange fortjenester er, at han fra starten så betydningen af EPS og danske fysikers medlemskab af samme. Som afløser for Niels Meyer som tovholder i Studiegruppen blev han pennefører i kontakten med EPS.

Formel optagelse i EPS krævede en forening. Det krav blev opfyldt 17. februar 1970 ved at opgradere studiegruppen til en forening med navnet "Dansk Selskab for Faste Stoffers Fysik og Kemi" under Akademiet for de Tekniske Videnskaber (ATV) med Niels Meyer som formand og en bredt sammensat bestyrelse med undertegnede som sekretær.

Faststofselskabet

Det er værd at bemærke, at indtil dannelsen af Faststofselskabet havde Studiegruppen ikke noget budget. Alle udgifter, primært rejser for medlemmerne og udenlandske foredragsholdere, blev finansieret af medlemmernes institutioner. Det var ikke en holdbar situation på langt sigt, men med dannelsen af Faststofselskabet var der mulighed for at søge tilskud. Det betød i praksis, at Faststofselskabet i hele perioden fra 1970 til 1976 rådede over en årlig bevilling på 20.000 kr. fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.

Mødeaktiviteten ændredes ikke væsentligt efter dannelsen af Faststofselskabet. Der blev fortsat afholdt fire møder per år, men takket være rådsbevillingen var der bedre muligheder for at invitere udenlandske foredragsholdere, herunder navne som Heinz Maier-Leibniz, John Wilkins, Leo Falicov, Steve Shapiro og mange andre.

Hen ad vejen kom der ændringer. I foråret 1971 blev mødet holdt på Fyn. Det indebar en ændring i rejsemønstret, og det endte med et todagesmøde fra 30. april til 1. maj på Blommenslyst Kro i Odense. Det blev begyndelsen til en lang serie forårsmøder, der efter nogle år tiltrak andre sektioner, og som kom til at fortsætte som Dansk Fysisk Selskabs årsmøde, kun afbrudt en enkelt gang i forbindelse med coronapandemien.

En anden nydannelse var selskabets vinterskole, der henvendte sig primært til studerende. Den første blev holdt i 1976 og havde faseovergange, superledning og strålingsbeskadigelse som emner.

Endelig skal det nævnes, at et af møderne blev holdt i Göteborg efter indbydelse fra Stig Lundquist.

Fysisk Forening

Fysisk Forening blev dannet i 1908 af en kreds af forskere ved Polyteknisk Lærestalt. Hovedformålet var "at fremme kendskabet til nyere fysiske arbejder ved afholdelse af møder og referater og diskussioner". I praksis kom det til at betyde, at der blev indkaldt til foredrag en gang om måneden, undtagen i sommerferien.

Ved den første generalforsamling i 1909 var der

registreret 42 medlemmer, heriblandt seks kvinder, og på navnelisten finder man som nummer 1 Hanne Adler, og derudover bl.a. professor Chr. Bohr, stud.mag. Niels Bohr, docent Martin Knudsen og dr.phil. Kirstine Meyer. Årskontingentet var 3 kr., som kom til at stige til 25 kr. i 1972. Allerede i 1921 var foreningens medlemstal steget til 99, og i 1972 var det 160.

Fysisk Forenings aktiviteter er omhyggeligt dokumenteret i foreningens arkiv, som er tilgængeligt på Niels Bohr Arkivet. Foredragene blev holdt fortrinsvis af lokale talere og, i hvert fald efter krigen, altid på Blegdamsvej. Dertil kommer dog, at der på Institut for Teoretisk Fysik til enhver tid var en livlig kollokvieaktivitet med foredrag af gæsteforskere og gennemrejsende, instituttets stab samt juniorforskere.

Årsmøde 1988
Dansk Fysisk Selskab



Dansk Fysisk Selskab
Danmarks landsdækkende forening for fysik

Figur 4. Øverst: Dansk Fysisk Selskabs gamle logo, tegnet af Grete Hvam i 1988, symboliserer Yin-Yang sammen med forkortelsen DPS. Nederst: Dansk Fysisk Selskabs nye logo.

Overgangsperioden

Ved mødet den 20. februar 1972 blev man som nævnt enige om at etablere Dansk Fysisk Selskab som en paraplyorganisation over Faststofselskabet og Fysisk Forening. Selskabets formål var, ifølge vedtægten fra 5. oktober 1972, *“at repræsentere fysikerne i Danmark over for European Physical Society og andre organisationer i ind- og udland, samt at formidle den indbyrdes kontakt mellem fysikere i Danmark”*.

Mens kontakten med EPS blev etableret omgående, således at DFS blev officielt optaget per 1. januar 1973, gik det noget langsommere med de øvrige punkter. De to selskaber fortsatte deres mødeaktiviteter som vanligt og uden at ændre navn. Den mest synlige forandring var introduktionen af en ny medlemskategori i Fysisk Forening, idet dennes medlemmer fik mulighed for at fravælge medlemsskab i EPS. Det gjorde man af hensyn til lærere i gymnasieskolen, som derved slap for en kontingentforhøjelse fra 25 til 50 kr. per år.

Bemærkelsesværdigt ved ovenstående vedtægt er, at der ikke er nævnt så meget som et ord om, at der skulle holdes videnskabelige møder og foredrag. Det afholdt ikke Rodney Cotterill fra at tage initiativ til og planlægge et møde for at markere etableringen af det nye selskab. Det blev et betragteligt arrangement den 15. december 1973 i i H.C. Ørsted Institutets auditorium 1, med prominente talere som Christian Møller, Mogens Pihl, Jens Lindhard og adskillige af den yngre generation. Alle talte på dansk. Det havde man for længst opgivet i Faststofselskabet, hvor alt undtagen generalforsamlingen afholdtes på Engelsk, undtagen tidligt i 1960'erne. Bemærkelsesværdigt er bredden af

emner, som rakte fra *“Ak hvor forandret”* (Mogens Pihl) til *“Fysik fra første klasse”* (H. Lütken).

Mødet blev en succes, så man besluttede at gentage det ved at mødes i Aarhus til et todagesmøde den 8.-9. november 1974, og det blev man ved med i en årrække. Samtidigt kom kontakten med udenlandske selskaber i gang i form af forespørgsler, aktioner og samarbejdsudvalg. En arbejdsgruppe om Fysikundervisning havde fundet sammen under DFS, og der blev afholdt et møde om Atomenergiens Sikkerhedsproblemer. Til årsmødet den 28.-29. november 1975 på Danmarks Tekniske Højskole blev Aage Bohr og Ben Mottelson, der lige havde modtaget Nobelprisen, inviteret som æresgæster.



Figur 5. Allan Mackintosh, første formand for det rekonstruerede selskab.

Ny struktur

I årene efter 1972 blev DFS' engagement i diverse problemstillinger ved at stige. Her skal bare nævnes et udvalg *“Fysik for Ikke-Fysikere”*, *“Fysikjob-udvalg”* og *“Dietrich-udvalget”* (kortlæggelse af forskning i faststoffysik). Bestyrelsen udgjordes af de fire folk, som var blevet udpeget af de to formænd i 1972. Efterhånden viste den i 1972 vedtagne struktur en række ulemper:

- Kun foreninger, ikke enkeltpersoner kunne melde sig ind i selskabet.
- Fysikere uden tilknytning til Fysisk Forening eller Faststofselskabet havde ingen adgang til EPS.
- Der var ikke forudset valg til selskabets bestyrelse.
- Med det opnåede aktivitetsniveau havde selskabet bevist sin berettigelse til at repræsentere fysikerne i Danmark.

På basis af disse overvejelser besluttede man en ny struktur, hvis hovedtræk var følgende:

- Fysisk Forening ophører som selvstændig Forening, men fortsætter som sektion under Dansk

Fysisk Selskab, i første omgang under samme navn. Dette ændredes dog senere til Sektionen for kerne-, partikel- og astrofysik.

- Faststofsektionen ophører som selvstændig forening, men fortsætter ligeledes som sektion under Dansk Fysisk Selskab under betegnelsen Sektion for faste stoffers fysik og kemi, forkortet Faststofsektionen.
- Der åbnes for dannelsen af nye sektioner. Det førte omgående til dannelsen af Atomfysiksektionen, der nu kaldes Sektionen for atom- og molekylfysik, optik og plasmafysik samt Sektionen for uddannelse. I dag findes der også en Sektion for geofysik. Endelig er foreningen Kvinder i Fysik, grundlagt i 1992, blevet en del af Dansk Fysisk Selskab.

- Der indføres direkte valg til DFS' bestyrelse. Det blev senere ændret til sektionsvise valg, hvorved Selskabets bestyrelse kom til at bestå af sektionernes formænd.

En ny vedtægt blev formuleret og godkendt af generalforsamlingen den 23. november 1979. Den første bestyrelse i det restrukturerede Selskab, dannet i direkte valg, kom til at bestå af Allan Mackintosh (formand), Peter Sigmund (næstformand), Henrik Smith (sekretær) samt Jørgen From Andersen, Jens Bang, Jørgen Kjems, Peter Lawaetz og Gunnar Sørensen.

På initiativ af Allan Mackintosh indførte man en turnusordning svarende til den, der kendes fra American Physical Society, med funktionsperioder på to år som formand samt et år som næstformand både forud og bagefter. Denne ordning blev fulgt i ganske lang tid, men i dag er den glemt.

Dansk Fysisk Selskabs formænd

Navn	Tilknytning	Periode
Jens Bang	Niels Bohr Institutet	1972-1977
Allan Mackintosh	Fysisk Laboratorium 1	1977-1979
Sven Bjørnholm	Niels Bohr Institutet	1979-1981
Jens Als-Nielsen	Risø	1981-1983
Peder Gregers Hansen	Aarhus Universitet	1983-1985
Henrik Smith	Fysisk Laboratorium 1	1985-1987
Peter Sigmund	Odense Universitet	1987-1989
Bent Elbek	Niels Bohr Institutet	1989-1991
Nils O. Andersen	Ørsted Laboratoriet	1991-1993
Jacob Bohr	Danmarks Tekniske Universitet	1993-1996
Preben Alstrøm	Niels Bohr Institutet	1996-1998
Jens Olaf Pepke Pedersen	Niels Bohr Institutet	1998-2000
Dorthe Posselt	Roskilde Universitetscenter	2000-2002
Henrik Bruus	Danmarks Tekniske Universitet	2002-2004
Jan Thomsen	Niels Bohr Institutet	2004-2005
Jørgen Schou	DTU-Risø	2005-2010
Ian Bearden	Niels Bohr Institutet	2010-2012
Jørgen Schou	DTU-Risø	2012-2016
Kristoffer Haldrup	Danmarks Tekniske Universitet	2016-2022
Ian Bearden	Niels Bohr Institutet	2022-

Den senere udvikling

Set udefra er årsmødet Dansk Fysisk Selskabs vigtigste aktivitet. Mødets form har kun forandret sig lidt siden Faststofselskabets møde i Odense 1971. Dog havde man ikke postersessioner dengang. Antallet af deltagere steg betydeligt i de første år, men der var også perioder, hvor det faldt. Den mest iøjnefaldende forskel sammenlignet med 1970'erne og 1980'erne er antallet af kvinder, som har været stigende, ikke mindst takket være en systematisk indsats i talentpleje i form af årlige sommerkurser for gymnasieelever, der afholdtes første gang i 1988 på Sorø Akademi og kørte i en årrække

samme og andre steder. Ligesom i det øvrige samfund har den udvikling dog endnu ikke nået ledelsesniveauet, idet listen over Selskabets formænd indtil videre kun tæller en enkelt kvinde.

Blandt andre initiativer skal også nævnes, at Dansk Fysisk Selskab i 1988 etablerede en Fysikpris, sponseret af NKT med 40.000 kr. Første pristager var Jens Lindhard. Der gik mange år, inden der kom flere priser fra offentlige og private sponsorer.

I løbet af 1980'erne blev det klart, at det traditionsrige Fysisk Tidsskrift, der i en lang årrække havde N.O. Lassen som udgiver, trængte til en fornyelse, ikke mindst fordi der var problemer med at få økonomien til at løbe

rundt. Det var under Henrik Smiths formandskab, at Dansk Fysisk Selskab, der indtil da ikke var involveret i udgivelsen, tog kontakt til Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Det satte en flerårig procedure i gang, som endte med, at de to foreninger i fællesskab stod for udgivelsen af et nyt tidsskrift, som efter lange forhandlinger fik navnet KVANT. Bladet, som fra begyndelsen udkom i et tidssvarende layout, blev vel modtaget blandt læsere og skribenter og kan sagtens tåle sammenligning med tilsvarende udgivelser i andre lande.



Peter Sigmund er professor emeritus ved Syddansk Universitet og var medlem af Dansk Fysisk Selskabs første bestyrelse.

Kvant-nyheder – NASA rammer asteroide

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant



Billeder fra Hubble-rumteleskopet hhv. 22 min., 5 timer og 8,2 timer efter at DART kolliderede med Dimorphos. Billederne viser, hvordan materialet fra asteroidens overflade slynges ud i rummet efter kollisionen.

ASTEROIDEFORSVAR. NASA har for første gang ramt en asteroide 11 mio. km væk fra Jorden i en såkaldt planetarisk forsvarstest ved navn Double Asteroid Redirection Test (DART). DART er et forsøg, der skulle undersøge, om det er muligt at forsvare Jorden mod en potentiel asteroide med kurs mod os ved at styre et rumfartøj ind i den. Offeret, asteroiden Dimorphos, blev den 26. september ramt af NASAs rumfartøj DART. DART har brugt 10 måneder i rummet, før den kom frem til månen Dimorphos, der kredser omkring den større asteroide Didymos. Asteroiderne udgør ingen trussel mod Jorden, og DART var udelukkende en envejstur, der skulle bekræfte, at NASA kan navigere et rumfartøj til at kolliderer med en asteroide for derved at afbøje dens bane. Teknikken kaldes for "kinetic impact".

NASA vil nu holde øje med Dimorphos for at bekræfte, at kollisionen har ændret dens bane omkring Didymos. Forskerne forventer, at kollisionen med DART vil forkorte Dimorphos' bane med ca. 1% eller ca. 10 min. rotationstid. Selvom kollisionen kun ændrer

asteroidens fart lidt, giver det en signifikant ændring i asteroidens bane.

Forskerne er i gang med at analysere kollisionen vha. billeder fra flere teleskoper på Jorden og i rummet. James Webb- og Hubble-rumteleskoperne har taget billeder af kollisionen, og sammen kan de give viden om overfladen af Dimorphos og hvor meget materiale, der blev udsendt efter kollisionen, samt hvor hurtigt det blev udsendt. Da de to teleskoper tager billeder af forskellige bølgelængder (infrarødt og synligt lys), kan de desuden sammen give viden om fordelingen af partikelstørrelser i støvskyen, der opstod som følge af kollisionen. Teleskopobservationerne kan hjælpe forskerne med at forstå, hvor effektiv metoden kinetic impact er til at ændre en asteroides bane. En dag kan resultaterne af DART-kollisionen måske bruges til beskyttelse, hvis der opdages en asteroide med kurs mod Jorden, selvom vi nok alle håber, at sådanne situationer forbliver i fiktionens verden.

Kilde: NASA.

Netværk for Kvinder i Fysik fylder 30 år

Maren Malling og Anja C. Andersen

Det er i år 30 år siden, at Netværk for Kvinder i Fysik (i daglig tale kaldet KIF) blev stiftet. I den anledning vil vi her se tilbage på netværkets udvikling og gøre status.

Kvinder i Fysik (KIF) er et netværk for kvindelige fysikere fra hele Danmark; KIF ønsker at nedbryde de barrierer, der er for kvinders muligheder for at gøre karriere inden for fysik, og har som erklæret mål at fremhæve og støtte kvindelige fysikere og at bidrage til et øget optag af kvinder til uddannelse og forskning inden for fysik.

Det KIF virkelig handler om for det enkelte medlem, er at skabe kontakt mellem kvindelige fysikere på tværs af forskningsinstitutioner, forskningsfelter og niveauer. KIF er den mest aktive sektion af Dansk Fysisk Selskab (DFS) og afholder hvert år en række aktiviteter og events. I KIF er den sociale dimension vigtig; at netværke handler om at lære hinanden at kende, at kunne trække på hinandens ressourcer, erfaringer og kontakter, og at støtte hinanden. Derfor har de fleste af KIF's arrangementer en uformel og afslappet karakter. KIF er et fælles forum, hvor man kan mødes med andre fysikere. Hvor meget man får ud af netværket, afhænger helt af, hvor aktiv man er, og hvor meget man selv bidrager med. Alle uanset køn kan blive støttemedlem af KIF, og langt de fleste af netværkets arrangementer er åbne for alle.

Ideen til at starte KIF kom fra udlandet, nærmere bestemt Norge, hvor der dengang fandtes et velfungerende Netværk for Kvinder i Fysik, som var startet af en kvindelig fysiker, som var den eneste kvindelige ansatte på sit institut. De ønskede at få kontakt med tilsvarende netværk i andre lande og spurgte derfor bekendte i Danmark, om der fandtes et netværk. Det gjorde der på det tidspunkt ikke, men forespørgslen fik en gruppe unge kvindelige fysikere til at undersøge, om der var grundlag for sådan et netværk i Danmark.

Da der var flere, der viste interesse for at deltage i et netværk, blev KIF kort tid efter stiftet og fik i løbet af sit første år 88 medlemmer. Allerede året efter dannelsen blev KIF optaget som sektion i Dansk Fysisk Selskab (DFS) på lige fod med de øvrige sektioner. Der var dengang nogen, der stillede spørgsmålstejn ved, om der virkelig var grundlag for en særlig sektion af DFS kun for kvinder. Det må siges at være tilfældet, da KIF nu har eksisteret i 30 år og gennem stort set hele perioden været den mest aktive sektion af DFS.

KIF blev således startet som et netværk for de ganske få kvinder, som var i gang med at gøre karriere inden for fysik i de tidlige 90'ere. Der var desuden en del kvindelige gymnasielærere, der meldte sig ind. I starten skulle man som minimum have en bachelorgrad i fysik for at blive medlem, og det var først og fremmest et netværk, hvor medlemmerne udvekslede erfaringer. Det er ikke længere et krav, at man skal have en bachelorgrad i fysik for at blive medlem. Alle, der har interesse og

føler sig relateret til, hvad KIF arbejder for, er velkomne til at melde sig ind. Det er stadig kun kvinder, der kan opnå fuldt medlemskab og sidde i bestyrelsen, men alle kan blive støttemedlemmer. De seneste år har flere og flere unge fysik- og ingeniørstuderende meldt sig ind, og det er ikke kun begrænset til kvinder. Det virker som om, at de unge studerende er langt mere opmærksomme på ligestillingsproblematikkerne, måske i takt med at der generelt er kommet mere fokus på emnet i samfundet. Nogle af de kvindelige fysikstuderende har desuden taget initiativ til lokale arrangementer for deres medstuderende, hvilket KIF selvfølgelig støtter op om.

KIF's formål er i dag som for 30 år siden:

- At skabe et kontaktnet til udveksling af informationer og erfaringer mellem kvindelige fysikere.
- At synliggøre kvinder i fysik i Danmark.
- At bidrage til en øget rekruttering af kvinder til uddannelse og forskning inden for fysik, bl.a. ved at identificere barrierer for kvinders karriere inden for fysik, og at arbejde for fjernelse af disse.

KIF har en lang række forskellige aktiviteter, som beskrives herunder: En vigtig årlig aktivitet i KIF er årsmødet, hvor medlemmerne har mulighed for at mødes og netværke. Årsmødet har igennem årene haft forskelligt format, oftest med flere oplægsholdere og mulighed for diskussion. De første mange år blev årsmødet afholdt i forbindelse med DFS's årsmøde, men igennem en årrække har KIF afholdt et separat årsmøde. I år er det besluttet igen at holde KIF's årsmøde sammen med DFS' årsmøde, som foregår på Hotel Nyborg Strand den 15. og 16. november. I forbindelse med årsmødet afholdes ligeledes KIF's generalforsamling den 16. november kl. 14-15. Årsmødet er en vigtig mulighed for at mødes, og særligt studerende og unge forskere kan have stor gavn af at deltage og præsentere deres projekter.

KIF afholder løbende foredrag med inviterede talere, oftest med en vinkel omkring kvinder i naturvidenskab. Fx har KIF for nylig afholdt foredrag med professor Jocelyn Bell Burnell, som fortalte om, hvordan hun som ung ph.d.-studerende opdagede pulsarer (hurtigt roterende neutronstjerner). Denne opdagelse blev belønnet med en Nobelpris i fysik i 1974, som dog gik til hendes mandlige vejleder. Hun fortalte om, hvordan det var at være ung kvindelig studerende ved Glasgow University, hvor de mandlige studerende havde en tradition for at

banke i bordet og stampe i gulvet, hver gang en kvinde kom ind i auditoriet. Ofte var hun eneste kvinde til forelæsningsen, hvilket blot gjorde situationen endnu mere ubehagelig. På trods af dette holdt hun fast i sine studier og fik en af de højeste karakterer på sin årgang.



Figur 1. Frokost med Jocelyn Bell Burnell med KIF-bestyrelsesmedlemmer og hjælpere i forbindelse med besøg og foredrag i maj 2021.

3-4 gange om året afholdes uformelle netværksmøder og sociale events, hvor medlemmer og gæster har mulighed for at mødes og udveksle erfaringer. Der er jævnlige møder på AU, DTU og KU, og på det seneste har særligt studerende og yngre forskere deltaget i møderne. Planen er at øge antallet af lokale møder og events, da der er stor interesse for disse. Under coronanedlukningen har der endda været afholdt virtuelle netværksevents, som var meget populære.

KIF udsender et nyhedsbrev til medlemmerne, der blandt andet informerer om foreningens events og aktiviteter. Nyhedsbrevet udsendes elektronisk til alle registrerede medlemmer og støttemedlemmer 4-5 gange om året. Indtil omkring 2012 blev nyhedsbrevene udsendt via brevpост til medlemmer af KIF. En del af disse nyhedsbreve er blevet indscannet og ligger som et arkiv på KIF's hjemmeside (www.kvinderifysik.dk) under fanen Newsletters, hvor de kan læses i PDF-format. De elektroniske nyhedsbreve kan ligeledes læses her.

Siden 2017 har KIF's primære kommunikations-sprog været engelsk. Dette blev besluttet, fordi en stadig voksende del af netværkets medlemmer ikke er dansktalende. Der blev samtidig designet et nyt logo.

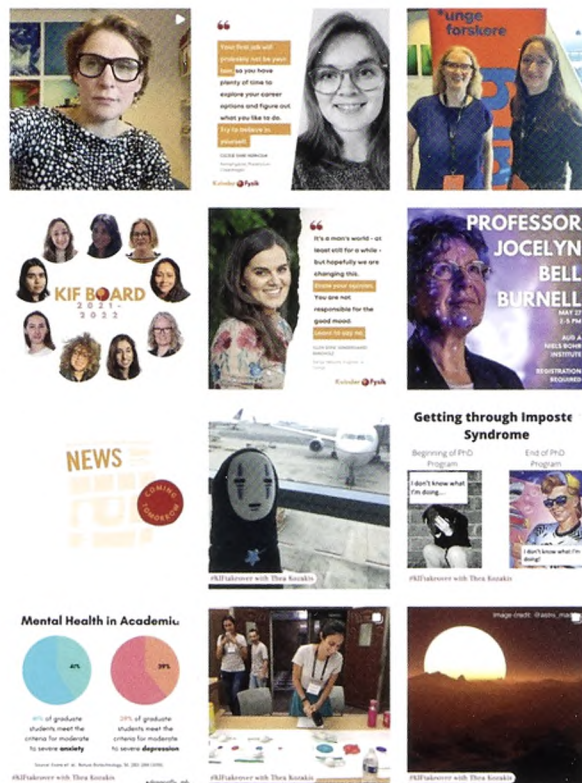


Figur 2. KIF's logo.

Et af KIF's fokusområder er at skabe synlighed omkring kvindelige fysikere og deres bidrag til forskningen. Desuden ønsker KIF at vise, hvad man kan bruge en

fysikbaggrund til indenfor det private erhvervsliv og i den offentlige sektor. Dette gøres bl.a. ved at publicere interviews med kvindelige fysikere, der modtager bevil-linger og hæder for deres forskning, samt med kvindelige fysikere, der gør karriere uden for forskningsverdenen. Disse interviews kan findes på KIF's hjemmeside under Interviews samt på sociale medier.

I starten af 2018 oprettede KIF en profil på Instagram (@kvinderifysik) som bl.a. bruges til, at kvindelige fysikere på skift deler billeder og korte tekster, der beskriver deres arbejde og hverdag. Dette foregår under hashtagget #KIFtakeover, og indtil videre har 77 kvinder deltaget. Profilen har nu tæt på 1000 følgere og bruges desuden til at informere om KIF's aktiviteter.



Figur 3. Eksempler på opslag på KIF's Instagram-profil (@kvinderifysik).

KIF har en virksomhedsprofil på LinkedIn (/company/kvinderifysik), som nu har 570 følgere. Profilen bruges hovedsageligt til at publicere interviews med kvindelige fysikere.

KIF har desuden en profil på Facebook (/KIF-network), som bruges til at dele events, interviews m.m.

KIF har taget initiativ til en række events, som henvender sig til et bredere publikum. Her kan bl.a. nævnes filmserien Under Radaren, som blev arrangeret i samarbejde med Cinemateket i efteråret 2021. Temaet for de 6 film i serien var oversete kvinder i videnskaben, og i forbindelse med filmvisningerne var der arrangeret debatter og paneldiskussioner. En ny filmserie om kvinder i videnskab er i støbeskeen, denne gang i samarbejde med foreningen High5Girls, som arbejder for at inspirere unge piger/kvinder til at interessere sig for STEM (science, technology, engineering, mathematics) og entreprenørskab. Serien kommer til at foregå på Cinemateket i løbet af efteråret og vinteren 2022 –

hold øje med KIF's hjemmeside og sociale medier for nærmere information.

Bestyrelsen besluttede i 2010, at KIF skulle uddele en årlig pris. KIF-prisen er en hæderspris, der uddeles for at skabe opmærksomhed omkring kvinders betydning for fysik. Prisen skal være med til at synliggøre kvindelige fysikere som rollemødder såvel på universiteter og gymnasier som i samfund og erhvervsliv. De første 5 år blev prisen tildelt en kvindelig ph.d.-studerende eller yngre forsker. I 2015 blev prisen givet til professor Jens Hjorth for hans særlige indsats for at synliggøre eller fremme kvinders muligheder inden for fysik. I 2016 blev prisen ikke uddelt, og siden 2017 er den blevet uddelt efter to skiftende principper: I ulige år gives prisen til en yngre kvinde (før lektorniveau), som viser særligt potentiale eller har gjort noget bemærkelsesværdigt inden for forskning i fysik, og i lige år gives prisen til en kvinde, som arbejder inden for de fysiske fag, og som optræder som rollemødder for andre kvinder inden for fysik. Læs mere om prisen og de tidligere vindere på hjemmesiden under KIF prize.



Figur 4. Birgitta Nordström, Maren Mallong og Mette Marie-Louise Grace ved overrækkelsen af KIF Lifetime Achievement Award ved KIF's årsmøde i oktober 2021.

I 2021 besluttede bestyrelsen af KIF at tildele lektor emerita Birgitta Nordström en særlig KIF Lifetime Achievement Award for hendes væsentlige videnskabelige bidrag og for at være en værdifuld rollemødder. Birgitta har været aktiv i KIF siden stiftelsen i 1992 og har siddet i bestyrelsen i en længere årrække. Læs indstillingen til prisen og et interview med Birgitta på hjemmesiden under Interviews.

Flere undersøgelser viser, at der stadig er forskelle i mænd og kvinders muligheder for at gøre karriere til trods for lige evner. Inden for universitetsverdenen afspejles dette i det lave antal af kvinder i faste videnskabelige stillinger, men tendensen findes i hele samfundet. KIF har gennem årene lavet en linksamling med statistikker, rapporter og artikler, som viser status for kvinder inden for forskningsverdenen og i erhvervslivet. Disse kan findes på hjemmesiden under KIF Library.

Danske, europæiske og internationale organisationer har indsamlet og offentliggjort data, der giver et klart billede af status for ligestillingen på arbejdsmarkedet generelt og inden for specifikke fagområder. For nylig

har World Economic Forum udgivet Global Gender Gap Report 2022, hvor Danmark er at finde som nr. 32, hvilket er 3 pladser lavere end i 2021. Island, Finland, Norge og Sverige ligger på henholdsvis 1., 2., 3. og 5.-pladsen. I 2014 lå Danmark på en 5.-plads.

Europa-Kommissionen har siden 2003 hvert tredje år udgivet She Figures, som opgør en række nøgletal, der giver en status for ligestillingen i landene i unionen med særligt fokus på forskning og innovation. Inden for forretningsverdenen er der efterhånden bred enighed om, at større diversitet giver bedre resultater, og bl.a. har Innovationsfonden igennem flere år haft et særligt fokus på at øge andelen af kvinder, der går iværksætter- eller forskervejen. Fonden udgav i 2018 en rapport i samarbejde med McKinsey, som peger på, at der er stor mangel på højt specialiseret arbejdskraft inden for naturvidenskab og IT i Danmark, og at dette problem kan løses ved at øge andelen af kvinder i fagene. Rapporten redegør tydeligt for, at en bedre kønsbalance er en god forretning for de enkelte virksomheder og samfundet generelt, og nævner desuden, hvor vigtigt det er at undgå, at fremtidens teknologier bliver udviklet med indbygget kønsbias.



Figur 5. Forside af folderen om FREJA-projekterne, som blev udgivet af Kvinder i Fysik i samarbejde med Female Economics Researchers in Aarhus i 2005.

Som et eksempel på, hvad KIF har bidraget til med henblik på at fremhæve eksempler på "best practice", kan nævnes den folder, som KIF udarbejdede sammen med Female Economics Researchers in Aarhus på bagkant af FREJA-programmet (Female Researchers in Joint Action), som var et forskningsprogram specielt for kvindelige forskere, der blev påbegyndt i 1998. Folderen blev udarbejdet i 2005 og opsummerer FREJA-programmets effekt på det tidspunkt. Formålet med programmet var at medvirke til at øge antallet af kvindelige forskere og dermed forbedre udnyttelsen af Danmarks forskerpotentiale. Der blev i 1998 uddelt 78 millioner til nye forskningsprojekter inden for alle faglige discipliner. Der blev givet dispensation fra ligestillingsloven, så man i tilfælde af lige kvalifikationer kunne tildele penge til det underrepræsenterede køn inden for et givet forskningsfelt. Der indkom ansøgninger fra 327 forskergrupper, heraf 307 ledet af kvinder, og midlerne rakte til at finansiere 16 projekter. Mange af de FREJA-ansøgere, der fik afslag, sendte efterfølgende deres ansøgning andre steder hen og fik

forskningsbevillinger her. På denne måde havde FREJA også en stor indirekte positiv effekt, idet flere kvinder for første gang formulerede deres egne forskningsprojekter, hvor de selv figurerede som forskningsledere. I den publicerede folder blev givet en kort præsentation af alle 16 projekter. Seks af projekterne blev fremhævet som eksempler på, hvordan et forskningsprojekt ledet af en kvinde gav stor videnskabelig og faglig gennemslagskraft, samtidig med at mindst en håndfuld unge, kvindelige forskertalenter blev indlejret, således at vækstlaget af kvinder i forskerverdenen blev gødet og kvinder blev fastholdt med mulighed for at avancere i forskerstillinger. Folderen om FREJA-programmet kan læses på hjemmesiden under KIF Library.

Da KIF blev grundlagt, var der nogen, der satte spørgsmålstegn ved, om sektionen overhovedet var nødvendig og berettiget, men i dag, 30 år senere, er ligestilling kommet mere på dagsordenen, og KIF er så aktiv som altid. Forhåbentlig når vi på et tidspunkt frem til, at alle personer uanset køn, etnisk baggrund, alder osv. har samme adgang til at udfolde deres talent til gavn for samfundet. Indtil da fortsætter arbejdet. Til slut vil vi som tidligere og nuværende forperson for KIF gerne sige en stor tak til alle, der har støttet KIF gennem årene. Særlig stor tak til alle tidligere og nuværende bestyrelsesmedlemmer, samt til alle, der har deltaget i

KIF's aktiviteter!



Maren Malling har en kandidatgrad i fysik fra Niels Bohr Institutet og underviser på Københavns Mediegymsnasium. Hun har siddet i bestyrelsen for Kvinder i Fysik siden 2016 og været forperson siden 2018. Hun sidder desuden i bestyrelsen for Dansk Fysisk Selskab.



Anja C. Andersen er astrofysiker og professor for offentlighedens forståelse for Naturvidenskab og Teknologi ved Niels Bohr Institutet. Hun var forperson for Kvinder i Fysik i perioden 1995–2003. Hun er desuden forfatter til en lang række populærvidenskabelige bøger for både børn og voksne.

Tillykke med de 30 år – hvad nu?

Katrine Krogh Andersen, SCIENCE, Københavns Universitet

30 år er en dejlig alder. Man er voksen, er kommet et stykke vej og har masser at se frem til. Sådan må det også være for KIF, som er et stort og velfungerende netværk, der efter min bedste overbevisning har spillet og fortsat spiller en vigtig rolle. Samtidig kan 30-årsjubilæet også være et tidspunkt til at stoppe op og reflektere. Hvor står vi i dag, og hvor skal vi hen?

KIF's historie falder nogenlunde sammen med min egen uddannelse i fysik og senere karriere, som i det store og hele har kredset om fysik, klima- og naturvidenskab og senere universitetsledelse. Jeg påbegyndte fysikstudiet på Københavns Universitet i 1988 og var i en periode også aktivt medlem af KIF. Diversitet i fysik og mere generelt naturvidenskab og teknisk forskning har været et tema for mig igennem de seneste 30 år.

Som dekan for det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet og tidligere forskningsdekan på DTU har jeg i en årrække også haft overordnet ledelsesansvar på området.

Hvor står vi så i dag?

Nils O. Andersen, professor emeritus på Niels Bohr Institutet, tidligere dekan på SCIENCE og en af initiativtagerne til KIF, gjorde i *Kvant* i 2007 status over

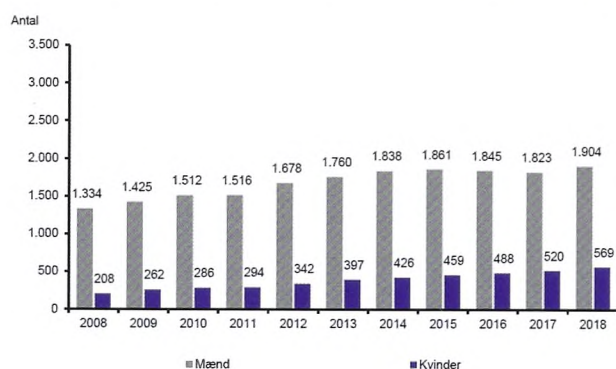
de første 15 år med KIF [1]. Han forudsagde på det tidspunkt, at udviklingen med at tiltrække og fastholde flere kvinder i de fysiske fag ville gå hurtigere i de følgende 15 år, end i de første 15. Er det korrekt?

Jeg er ikke i tvivl om, at der har været stor opmærksomhed på rekruttering af kvinder til fysik og andre naturvidenskabelige og tekniske fag i de forgange 30 år. Der har været igangsat en række forskellige initiativer i forhold til diversitet i rekruttering af studerende, forskningsfinansiering og videnskabelige ansættelser på universiteterne. Der forskes inden for området, og vores forståelse af problematikkerne og datagrundlaget er markant forbedret. Bare inden for de seneste 7–8 år har Uddannelses- og Forskningsministeriet etableret en taskforce for "Flere Kvinder i Forskning" og efterfølgende i flere omgange udgivet et meget informativt "Talentbarometer" om kønsdiversiteten på de danske universiteter og indenfor de forskellige fagområder [2]. Der er ligeledes iværksat en række initiativer og undersøgelser mange steder, og der er stort fokus på ubevist bias i ansættelser og forfremmelser. Senest har de danske universiteter til årsskiftet 2021/22 udarbejdet Gender Equality Plans og indsendt disse til EU. Dem kommer vi til at følge op på i de kommende år.

Helt overordnet set står vi i dag et sted, hvor flertallet af de studerende på landets universiteter er kvinder, og vi har en lang række uddannelser med overvægt af kvindelige studerende. På fysik og øvrige tekniske og naturvidenskabelige uddannelser er antallet af studerende generelt steget over de seneste årtier, men andelen af kvinder var ifølge seneste talentbarometer stort set uændret mellem 2008 og 2018. I 2021 var 34% af alle, der blev optaget på en STEM-uddannelse dog kvinder, hvilket er en stigning på 10% fra 2019.

Udviklingen på universiteterne på STEM-området

Generelt er antallet af ansatte på landets universiteter steget markant over de seneste årtier, særligt på de tidlige niveauer. Andelen af kvindelige ansatte i stillinger fra adjunkt-niveau og opefter er ligeledes steget på universiteterne, men indenfor det naturvidenskabelige og tekniske hovedområde har den relative tilvækst blandt kvindelige ansatte ifølge seneste talentbarometer været meget begrænset. Området har således både haft den svageste udvikling i andelen af kvinder, og det er i forvejen det videnskabelige område, hvor andelen af kvinder er lavest. Stigningen fra 2008 til 2018 ses især på professorniveau, og i 2018 var der ikke forskel på den samlede bestand af kvindelige forskere og andelen af kvindelige forskere blandt de nyansatte i perioden 2016 til 2018. Det vil sige, at en videre udvikling i andelen af kvindelige forskere ikke nødvendigvis sker automatisk.



Figur 1. Mænd og kvinder blandt det videnskabelige personale på professorniveau, danske universiteter samlet, 2008–2018, antal personer. Fra [2].

Kønsbalancen inden for alle hovedområder forskydes fortsat op igennem karrieretrinnene på universiteterne, og kvinderne udgjorde i 2019 25% af professorerne på tværs af landets universiteter og fagområder. Denne andel steg med ca. 1% om året i perioden 2008 til 2018. Alle de mange indsatser for øget diversitet har uden tvivl haft en betydning og gjort en forskel. Når man ser på det tekniske og naturvidenskabelige område, er den tilsvarende stigning dog på 6% på professorniveau og kun 3% på henholdsvis adjunkt- og lektorniveau.

På KU SCIENCE udgjorde kvinder 51% af de kandidatstuderende og 42% af de ph.d.-studerende i 2019. Vi ser dog også, at andelen af kvinder fortsat falder markant efter kandidatgraden, og andelen af kvindelige professorer ligger på omkring 20%, mens andelen af kvinder blandt det samlede, fastansatte videnskabelige personale ligger på omkring 22%.

Det fremgår ligeledes af talentbarometeret, at kvinders sandsynlighed for at blive professor (målt ved det såkaldte karriereindeks) var lavere end mænds på alle universiteter og fagområder både i 2008 og 2018, men at forskellen er blevet markant mindre. Udviklingen er kraftigst inden for det tekniske og naturvidenskabelige område. Ikke desto mindre er det fortsat her, at kvinders sandsynlighed for at avancere til professorniveauet i 2018 var mindst. På Københavns Universitet så vi i 2019 ligeledes, at kvinders sandsynlighed for at avancere til professor på SCIENCE var lavere end generelt på KU og på danske universiteter som helhed. Samtidig viser tallene generelt, at kvinders øgede sandsynlighed for at avancere ikke mindsker mænds sandsynlighed for at blive professor.

På universiteterne kan der være en opfattelse af, at kvinder ofte søger mod de mere anvendelsesorienterede, tværvideenskabelige eller biologisk orienterede retninger inden for STEM-fagene. Det kan betyde, at de faglige prioriteringer ændrer sig i takt med nye ansættelser, øget ligevægt mellem kønnene og bredere mangfoldighed. Det, mener jeg, er ganske naturligt og noget, vi skal hilse velkommen.

Status for fysik

Andelen af fastansatte kvindelige forskere på landets fysikinstitutter varierer. Der er ikke rene fysikinstitutter alle steder, men hvis man ser på Institut for Fysik og Astronomi ved Århus Universitet og DTU Fysik, ligger andelen ifølge institutternes hjemmesider på 10–12%. På Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet har andelen over de seneste fem år ligget på omkring 15%. Dette tal spænder over en andel på 10–14% blandt professorerne over årene og 16–21% blandt lektorerne. Andelen af kvinder blandt adjunkterne ligger lidt lavere end blandt lektorerne.

Niels Bohr Institutet offentliggjorde i 2021 en overordnet mission om ligestilling og kønsdiversitet [3] og formulerede en ambition om, at kvinder i 2030 udgør 35% af lektorerne og 30% af professorerne. De tilsvarende tal var i 2021 hhv. 20,5% af lektorerne og 13,8% af professorerne. Dette er et eksempel på, at der arbejdes konkret med at øge diversiteten, men som beskrevet ovenfor er det et langt sejt træk, som kræver konstant opmærksomhed, analyser og tiltag.

Hvem forlader universiteterne?

Hvis man skal prøve at kigge lidt bag om de data, jeg nævner ovenfor, og se, hvordan vi kan håndtere de fortsat udestående udfordringer, kan Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råds rapport om "Karrierer i forskningen" fra 2019 [4] måske give nogle indikationer.

Sammenfaldende med, at vi har oplevet en stor vækst i antallet af forskere i Danmark over de seneste årtier, bliver en stigende andel af landets forskere ansat i det private erhvervsliv. Dermed forlader en stigende andel forskeruddannede også universiteterne. Således havde 52% af ph.d.'er uddannet i Danmark i 2007-09 forladt de danske universiteter seks år efter, at de havde opnået deres grad, og andelen af kvinder og mænd med børn, der forlader universiteterne er markant stigende.

Det tager samtidig længere tid for kvinder med børn at opnå en fast stilling på universiteterne i forhold til deres mandlige kolleger og kolleger uden børn. Disse tal går på tværs af fagområder, og må også forventes at gælde inden for fysik. På SCIENCE på KU fortsætter 62% af ph.d.-studerende i dag karrieren uden for SCIENCE, mens det er tilfældet for 85% af alle postdocs. Tallene omfatter naturligvis også dem, der fortsætter karrieren på andre universiteter.

Disse opgørelser peger på, at vi på universiteterne skal være gode til at vejlede vores studerende til karrierer uden for universiteterne. De kan samtidig også pege på, at en del af de yngre medarbejdere ønsker arbejdsvilkår, som vi ikke tilbyder i tilstrækkelig grad på universiteterne. Jeg tænker, at vi kan understøtte vores ansatte med små børn bedre, end vi gør i dag. Det er naturligt at gøre, og det vil kunne øge diversiteten og understøtte talenter.

Rekruttering til fysikuddannelserne

Hvis vi kigger på landets bacheloruddannelser inden for fysik, ligger andelen af kvindelige ansøgere over de seneste år på 20–30% med variationer over tid og sted. Der har været en stigning i andelen af kvindelige studerende over tid, men der er fortsat potentiale for at rekruttere bredere af talentmassen blandt de unge på STX og HTX. Det samme billede gør sig i øvrigt gældende inden for en større del af de datalogiske, matematiske og tekniske områder. En del af de datalogiske uddannelsessteder har i de senere år gjort en massiv indsats for rekruttering af kvindelige studerende og ofte med succes.

Vi skal uden tvivl fortsat blive bedre til at rekruttere dygtige, engagerede og interesserede studerende bredere. Uanset om de er tiltrukket af de grundlæggende erkendelser og landvindinger, af matematisk og fysisk stringens, datahåndtering, udvikling af nye materialer, teknologier og produkter eller at bidrage til at håndtere samfundsudfordringer indenfor en lang række områder.

Traditionelt set har fysikere i høj grad fundet ansættelse inden for uddannelsessektoren. På universiteterne er det fortsat ofte karrierevejene som forsker og underviser, der formidles tydeligst til de studerende. Samtidig ser vi blandt fysikere og matematikere en stor vækst i ansættelser i det private erhvervsliv og ofte inden for dataområdet, særligt finansiering og forsikring, men også inden for en lang række andre områder. Man kan høre fra dem, der ansætter vores kandidater, at fysikere og ingeniører mange steder supplerer hinanden godt. Fysikere er generelt gode til den tidlige forskning og udvikling, til at skære problemstillinger ind til benet, analysere dem og modellere. Det er noget, vi i den kommende tid skal undersøge nærmere for at få samspillet mellem vores uddannelser og efterfølgende beskæftigelsesmuligheder til at fungere bedre. Karrierevejledning af kandidater, ph.d.-studerende og postdocs er et stort fokusområde for os på SCIENCE i de kommende år.

Hvor skal vi hen?

KIF har i 30 år skabt opmærksomhed på de kvinder, der har valgt uddannelser og karrierer inden for fysikkens verden. Det har været vigtigt, og jeg er overbevist om, at netværket både har stor betydning for medlemmerne og har bidraget til en vigtig diversitetsdagsorden inden for fysik og andre fagområder. Jeg tror dog også, at vi i dag ved, at årsagerne til den skæve kønsfordeling på fysikuddannelser og blandt de universitetsansatte har mange årsager, og at der ikke findes “quick-fixes”.

På universiteterne skal vi løbende arbejde for at udvikle mangfoldige, inkluderende og attraktive faglige miljøer, så vi kan rekruttere de, der har talent og brænder for vores fag. En “afbalanceret sammensætning af mænd og kvinder” betyder mindst 1/3 af hvert køn. Der er vi i dag ikke inden for fysik og mange af de andre tekniske, matematiske og datalogiske fag. For at tage stafetten op fra min forgænger Nils O. Andersen vil det være mit ønske, at vi om 15 år har en afbalanceret sammensætning af mænd og kvinder blandt ansatte fysikere på universiteterne. Dette vil forhåbentlig følges med, at kønsfordelingen blandt de studerende stille og roligt nærmer sig fordelingen blandt studenter med adgangsgivende eksamen, og at vi fortsat dæmper op for “leaking pipeline” op igennem karrieretrinene.

Derudover kunne jeg ønske mig, at vi breder dagsordenen ud til hele den del af STEM-fagene, hvor vi fortsat ikke rekrutterer og fastholder talent tilstrækkelig bredt og samtidig ser ind i et stort behov for arbejdskraft i samfundet.

Litteratur

- [1] N.O. Andersen (2007) “KIF 15 år. Tillykke med jubilæet!”, Kvant, bind 18, nr. 1, side 36–37.
- [2] <https://ufm.dk/publikationer/2020/maend-og-kvinder-pa-de-danske-universiteter-danmarks-talentbarometer-2019>.
- [3] <https://nbi.ku.dk/english/about/profile-and-history/gender-equality-diversity/>.
- [4] <https://ufm.dk/forskning-og-innovation/rad-og-udvalg/danmarks-forsknings-og-innovationspolitiske-rad/projekter/afsluttede-projekter/karrierer-i-forskningen>.



Katrine Krogh Andersen er dekan ved det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet. Hun er ph.d. i fysik og har tidligere forsket og undervist ved Niels Bohr Institutet på KU, været chefkonsulent i Klima- og Energiministeriet, samt forskningschef ved DMI og forskningsdekan på DTU.

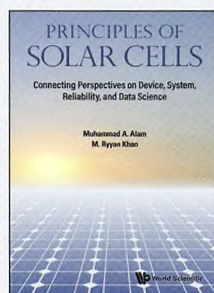
World Scientific Physics Books & References

25% OFF for **Kvant Readers** | Code: **WSKVANT25** (valid til Nov 30, 2022)

Find out more at tinyurl.com/wskvant

Fundamentals of Laser Optoelectronics (2nd Edition)

This textbook covers the fundamental principles underlying laser beam control in optoelectronics, as well as working principles and application cases for modern optical instruments. It provides the reader with the necessary background for working in a laser, optoelectronic or photonic laboratory.



Principles of Solar Cells

Connecting Perspectives on Device, System, Reliability, and Data Science

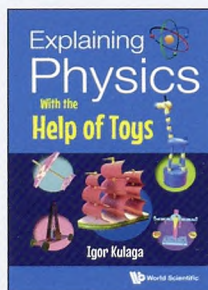
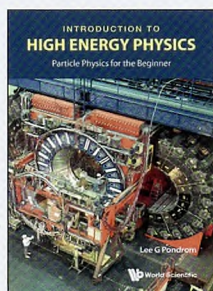
"The authors present an end-to-end perspective based on a conceptual framework that is simple, clear, elegant, and unique. If your aim is to understand both the fundamental science and engineering principles of PV systems, this is the book to study."

Mark Lundstrom
Purdue University

Introduction to High Energy Physics

Particle Physics for the Beginner

This book introduces fundamental topics in particle physics that are useful and accessible to as wide an audience as possible. Problems are included in every chapter with solutions available for authorized instructors.



Explaining Physics With the Help of Toys

Describes 55 toys whose unusual or intriguing mechanisms reveal basic physical laws, useful for teachers and parents who wish to arouse children's interest in physics through visual and interactive aids.

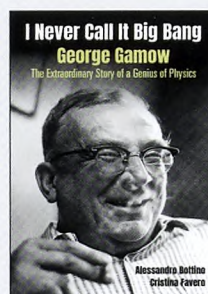
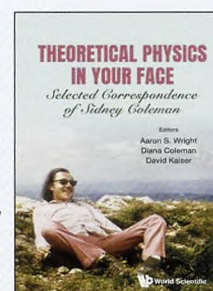
Theoretical Physics in Your Face

Selected Correspondence of Sidney Coleman

"Anyone encountering Sidney as friend, colleague, student or mentor recognized his irrepressible wit, dazzling brilliance, and profound knowledge of physics. Readers of 'In Your Face' will catch a glimpse of this uniquely gifted theoretical physicist."

Sheldon L. Glashow

Nobel Laureate in Physics, 1979



I Never Call It Big Bang

George Gamow: The Extraordinary Story of a Genius of Physics

George Gamow was one of the most brilliant physicists of the past century, whose ideas are behind a number of Nobel Prizes. Yet, his true merits were seldom fully recognized. This book provides a thorough and intriguing survey of Gamow's scientific achievements placed against the rapid advance of physics in the 20th century.

International Journal of Modern Physics A & Modern Physics Letters A

Condensed Matter Physics • Statistical Physics • Atomic, Molecular and Optical Physics

Started in 1986, International Journal of Modern Physics A (IJMPA) and Modern Physics Letters A (MPLA) have gained international reputations as high-quality scientific journals. They consist of original papers and review articles covering the latest research developments in Particles and Fields, Gravitation and Cosmology.

Read the latest papers and submit your work now:

worldscientific.com/ijmpa
worldscientific.com/mpla



2021
Impact Factor
IJMPA
1.475

2021
Impact Factor
MPLA
1.594

Featured Articles

The SU(3) × SO(3) missing label problem and the analytical Bethe Ansatz

Nicolas Crampé, Dounia Shaaban Kabakibo and Luc Vinet | IJMPA Vol. 37, No. 8 (2022)

Is "dark energy" a quantum vacuum energy?

Stephen L. Adler | MPLA Vol. 36, No. 40 (2021)



Fluksreglen

– Breddeopgave 98 og 99 med didaktisk kommentar

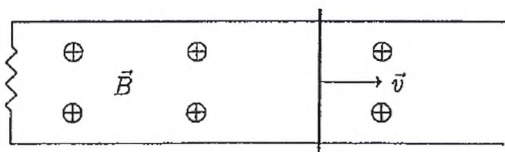
Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, INM, RUC

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsninger og kommentar til opgaverne fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaverne i sidste nummer af Kvant var disse breddeopgaver (nr. 98 og 99 i rækken her i Kvant):

Breddeopgave 98 og 99. Fluksreglen

En metalstang trækkes mod højre på et par glatte metalskiner anbragt i et magnetfelt som antydnet på figuren. Hvordan ændrer dens hastighed sig med tiden, når den slippes? Begrund svaret.



Hvordan afhænger selvinduktionskoefficienten for en spole med en given størrelse af antallet af vindinger? Begrund svaret.

Løsninger

For at svare på den første af opgaverne vil vi anvende fluksreglen, at en varierende magnetfelt-fluks gennem et elektrisk kredsløb genererer en elektromotorisk kraft i kredsløbet lig med fluksændringen per tid. Der er en øget fluks igennem det skitserede kredsløb på figuren med det homogene og konstante magnetfelt, fordi kredsløbsarealet, magnetfeltet gennemtrænger, ændrer sig, når metalstangen bevæges mod højre. Med d for afstanden imellem skinnerne og figurens betegnelser er den herved genererede elektromotoriske kraft ε givet ved:

$$\varepsilon = dBv. \quad (1)$$

Når metalstangen slippes, bremses den af Lorentzkraftens magnetfeltsbidrag som følge af ladningsstrømmen i den. Kaldes stangens masse M , ladningstætheden af den strømmende ladning i den ρ , dens tværsnitsareal A , og ladningernes hastighed u , har vi:

$$M \frac{dv}{dt} = -\rho dAuB. \quad (2)$$

Da ladningsstrømmen I i kredsløbet er lig med ρAu , kan den højre side af ligning (2) omformuleres til $-dIB$. Og da $\varepsilon = RI$, hvor R er den på figuren antydede

modstand i kredsløbet, kan højresiden yderligere omformes til $-d(\varepsilon/R)B$. Endelig får den højre side af ligning (2), når ligning (1) indsættes heri, udseendet $-(d^2B^2/R)v$. Bevægelsesligningen for opbremsningen af metalstangen, når den slippes, er altså:

$$M \frac{dv}{dt} = -\frac{d^2B^2}{R}v. \quad (3)$$

Svaret på opgaven er derfor, at metalstangens hastighed med tiden ændrer sig eksponentielt aftagende, når den slippes. Kaldes hastigheden, når den slippes, for $v(0)$, sker det således:

$$v(t) = v(0) \exp\left(-\frac{d^2B^2}{R}t\right). \quad (4)$$

For at svare på den anden opgave vil vi igen anvende fluksreglen. Spolen har et fast tværsnitsareal A . Til gengæld skabes der et varierende magnetfelt B i den, når der løber vekselstrøm i dens ledning. Og derfor en varierende fluks $A \frac{dB}{dt}$. Ifølge fluksreglen er den genererede elektromotoriske kraft i hver af spolens vindinger derfor:

$$\varepsilon = A \frac{dB}{dt}. \quad (5)$$

For at finde størrelsen af magnetfeltet i spolen vurderes linjeintegralet af B langs en lukket kurve, der går igennem spolen og er i stor afstand fra spolen uden for den. Da magnetfeltet er svagt på lang afstand fra spolen, er værdien af linjeintegralet tilnærmelsesvist lB , hvor l er længden af spolen. Ifølge Ampères lov er linjeintegralet af B langs kurven lig med den magnetiske konstant μ_0 gange ladningsstrømmen gennem arealet omsluttet af den lukkede kurve. Da strømmen I i spolens vindinger går n gange igennem fladen, hvis n er antallet af vindinger i spolen, er ladningsstrømmen gennem fladen nI . Ifølge Ampères lov har vi derfor:

$$lB = \mu_0 nI. \quad (6)$$

Den samlede elektromotoriske kraft i spolens n vindinger er n gange den elektromotoriske kraft genereret i hver vinding, jf. ligning (5). Ved indsættelse af ligning (6) differentieret fås:

$$n\varepsilon = n^2 \mu_0 \frac{A}{l} \frac{dI}{dt}. \quad (7)$$

Indsættes spolen i et kredsløb, vil denne samlede genererede elektromotoriske kraft fungere som en modspænding. Selvinduktionskoefficienten L i kredsløbet er da faktoren foran dI/dt i ligning (7):

$$L = n^2 \mu_0 \frac{A}{l}. \quad (8)$$

Svaret på den anden opgave er derfor, at selvinduktionskoefficienten for en spole med fastholdt A og l er proportional med spolens antal af vindinger kvadreret.

Kommentar

De to opgaveløsninger forekommer verden rundt som gennemregnede eksempler i lærebøger beregnet for indledende universitetsundervisning i fysik. Her er de svar på eksamensspørgsmål stillet ved kursus nummer to i fysisk problemløsning sent i fysikuddannelsen på RUC forud for specialet. Hvordan hænger det sammen?

For det første kan der ikke skrives af efter lærebogen til eksamen. Hjælpemidler er ikke tilladt ved den skriftlige 4 timers prøve, bortset fra et på begge sider beskrevet A4-ark efter den studerendes eget valg. Og pensum ved prøven i Fysisk problemløsning II er stort. Det dækker som en afrunding både det, der har været på programmet ved Fysisk problemløsning I på bachelorniveauet og Fysisk problemløsning II på kandidatforløbet. Tilsammen dækker de to kurser fysik i bredden, så længe fysikken ikke bliver for matematisk kompliceret. Så der er kun plads til de få helt centrale formler på A4-arket.

For det andet – og vigtigere – er udfordringen for de studerende anderledes end ved en eksamen i et af fysikkens delemer i forlængelse af undervisning i delemnet. De skal have fået nogle grundforståelser under huden for at kunne aktivere dem senere i situationer, der kræver nytænkning af dem. Udenadslære er utilstrækkeligt som eksamensforberedelse, det store pensum taget i betragtning. Eksamenerne i Fysisk problemløsning I og Fysisk problemløsning II anses af de studerende for svære, men relevante.

Vi underviser er glade, når vi finder på opgaver, formuleret i dagligdags sprog, hvis løsning kræver kombination af fysikforståelser fra forskellige af fysiks delemer. Det udfordrer de studerendes evner til at bevæge sig ud over reproduktion af lærebogen. Men de to opgaver her er formuleret i fagsprog og hører tydeligvis til delemnet elektrodynamik. Det sker oftere for os i sammenhæng med elektrodynamik og for eksempel relativitetsteori end i tilknytning til fx mekanik, hydrodynamik og termodynamik, hvis indhold ligger tættere på dagligdagsoplevelser. Men eksamensformen og det brede pensum hjælper til, at vi også i sammenhæng med elektrodynamik og relativitetsteori udfordrer de studerendes evner til at bevæge sig ud over reproduktion af lærebogen.

Ved løsningen af de to opgaver har jeg begge gange benyttet fluksreglen. Det ses i ligning (1) for den første opgaves vedkommende og i ligning (5) for den anden opgaves vedkommende. Ved det første problem skyldes

fluksændringen, at noget af kredsløbet bevæger sig. Ved det andet problem er kredsløbets position i rummet fast, medens magnetfeltet ændrer sig. Fluksreglen vil også kunne anvendes, når både kredsløb og magnetfelt ændrer sig på én gang. Ikke desto mindre sammenfatter reglen to af hinanden uafhængige lovmæssigheder. Ligning (1) skyldes magnetfeltets påvirkning af metalstangens ladninger via Lorentzkraftens magnetfeltsbidrag som følge af stangens bevægelse. Hvorimod ligning (5) skyldes påvirkningen fra det elektriske felt, der, ifølge den af Maxwells ligninger, der også går under navnet Faradays lov, dannes langs en fast lukket kurve i rummet i sammenhæng med magnetiske fluksændringer gennem den flade, kurven indhegner.

Feynman opsummerer situationen vedrørende fluksreglen således [1]:

We know of no other place in physics where such a simple and accurate general principle requires for its real understanding an analysis in terms of two different phenomena. Usually such a beautiful generalization is found to stem from a single deep underlying principle. Nevertheless, in this case there does not appear to be any such profound implication. We have to understand the “rule” as the combined effects of two quite separate phenomena.



Breddeopgave 100. Vindmøller sommer og vinter

Inden næste nummer af Kvant udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra eksamen juni 2020, nr. 100 i rækken her i Kvant):

Vindmøllers strømproduktion afhænger ikke kun af, hvor meget det blæser, men også af, hvor koldt det er. Hvor stor er den procentvise forskel mellem produktionen en kold vinterdag og en varm sommerdag i Danmark med samme vindstyrke? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer af Kvant.

Litteratur

- [1] R.P. Feynmann, R.B. Leighton og M. Sands (1964) “The Feynmann Lectures on Physics”, Addison-Wesley, Reading, Bind II, side 17-2.



Anja C. Andersen og Peter Hyldgård (red.), "Lyset fra Bohr – Den nyeste forskning fra Niels Bohr Institutet", 2022, Strandberg Publishing, 192 sider, 250 kr.

Lyset fra Bohr

Niels Bohr Institutet blev indviet i 1921 og som en markering af 100-årsjubilæet fortæller medarbejderne ved instituttet i en ny bog om deres forskning over 17 kapitler. De fleste af forskerne og mange af de udvalgte emner vil Kvants læsere allerede have stiftet bekendtskab med, for bidragsyderne til bogen har været flittige til også at formidle deres forskning i Kvant.

Bogen er skrevet til en større målgruppe end Kvants læsere, så kapitlerne er korte og lette at læse, men bogen giver en samlet og fin introduktion til forskningen på instituttet, og der helt sikkert nyt at hente for alle typer læsere.

Partikelfysiker Poul Henrik Damgaard fra Niels Bohr Internationale Akademi skriver således om glæden ved at færdes i de historiske bygninger og ved stadigvæk at kunne skrive med kridt på en sort tavle. Det bedste tavlekridt er det japanske Hagoromo, som giver den helt rigtige lyd, og det langsomme tempo, når formlerne skal skrives på tavlen, har den gavnlige effekt, at tankerne kan nå at følge med og se de næste skridt i udledning.

Formlerne handler om tyngdebølger, som dannes, når sorte huller eller neutronstjerner støder sammen langt ude i universet. Einstein kom allerede i 1918 med en korrekt, men tilnærmet, beskrivelse af tyngdebølger på grundlag af hans generelle relativitetsteori, men han var ikke selv overbevist om, at teorien var rigtig. Damgaard har sin egen teoretiske baggrund fra partikelfysikken, men da han i 2015 kastede sig over tyngdebølgerne, viste det sig, at de metoder, som bruges til at beskrive kollisioner mellem partikler i CERN's accelerators, også kunne bruges til helt nyt beregninger af tyngdebølger.

Eftersom partikelprocesser beskrives med kvantemekanik, mens tyngdebølgerne forklares med generel relativitetsteori, gav det en helt ny forbindelse mellem Bohrs kvantemekanik og Einsteins relativitetsteori, som Bohrs institut nu danner rammen omkring.

En anden af Einsteins forudsigelser handler om hvordan afbøjningen af lyset fra to stjerner, der nærmer sig hinanden, vil få lyset fra den bagerste stjerne til at lyse op. For en del år siden inspirerede det Uffe Gråe Jørgensen til at bruge metoden til at afgøre, om forgrundsstjernen havde en planet. Ifølge teorien skulle den lille planet give en ekstra lille ændring af lyset fra baggrundsstjernen, og efter mange natters observationer lykkedes det endelig i 2004 at se den ventede ændring.

Champagnen, der havde stået klar i to år, blev drukket, men desværre viste det sig snart, at den lille lysændring ikke skyldtes en planet, men en sky, der uheldigvis var passeret forbi observatoriet på samme tid. I august 2005 var der imidlertid gevinst, og den første Jordlignende exoplanet blev fundet.

I 2020 kunne Gråe Jørgensens gruppe offentliggøre de første resultater over, hvordan skyer kommer og går på exoplaneter og brune dværge (se også Kvantnyheder side 33), og nu arbejder gruppen på metoder til at observere exoplaneter i centrum af Mælkevejen, hvad der hidtil ikke har været muligt.

Darach Watson fra Cosmic Dawn Center på instituttet skriver om to af de store gåder, som astronomerne har kastet sig over, som er "liv" og "tyngdekraft". Den første gåde om liv er spørgsmålet, om vi er alene i universet, og hvis det ikke er tilfældet, så vil astronomerne gerne vide, hvor almindeligt liv er, og hvordan det ser ud. Jagten på liv foregår både i vores eget solsystem og blandt fjerne exoplaneter – de sidstnævnte kan vi ikke besøge, men måske kan observationer af deres atmosfære indikere, om der er liv nedenunder.

Tyngdekraften er en nøgle til at forstå både universets begyndelse og afslutning. Spørgsmålene er her, hvad der fik universet til at udvide sig voldsomt i den tidlige såkaldte inflationsfase, og hvorfor universet nu accelererer i udvidelsen. Astronomerne ved ikke, hvorfor udvidelsen går hurtigere og hurtigere, men de kalder årsagen for "mørk energi" og gætter på, at det kan være en ændring af tyngdekraften, en fundamental egenskab ved universet eller noget helt tredje. Indtil videre forsøger de at måle udvidelsen så præcist som muligt for at se, hvordan de forskellige modeller passer med målingerne.

Emnerne spænder vidt fra udforskningen af Mars til ny nuklearmedicin, klimaforskning, kvantecomputere og kvantevæsker samt "machine learning". De mange forfattere betyder også, at der er mange skrivestile. Ifølge forordet fra institutdirektør Jan W. Thomsen har det imidlertid netop været hensigten, at de enkelte forfattere skulle vælge deres egen vinkel på forskningen.



Tor Nørretranders, "Det udelelige – Niels Bohrs aktualitet i fysik, mystik og politik", 2022, Gyldendal, 495 sider, 300 kr.

Det udelelige

I anledning af 100-året for Niels Bohrs Nobelpris har Gyldendal valgt at genudgive Tor Nørretranders bog fra 1985, men nu forsynet med et længere efterskrift af forfatteren. Her ser Nørretranders tilbage på den kvanteteknologiske udvikling siden 1985, hvor de nye indsigter i kvantefysikken og eksperimentelle teknikker har åbnet et helt nyt forskningsfelt indenfor kvanteteknologier.

Nørretranders er nok landets mest kendte videnskabsformidler, med en lang række populærfaglige bøger i sit forfatterskab og en stor læserskare. "Det udelelige" er en af hans første bøger og samtidig en modig bog, hvor han med en uddannelse som cand.techn.soc. fra RUC giver sig i kast med at forklare det teoretiske grundlag for kvantemekanikken og samtidig fortolke både kvantemekanikken og ikke mindst fortolke, hvad Bohr mente med sine ofte svært forståelige udsagn. En interessant detalje er, at Nørretranders også forsøger at vise, hvordan Bohr ofte bruger sin intuition snarere end argumenter i debatten om, hvordan den nye fysik skulle forstås.

Missionen lykkedes i 1985, for bogen er anmeldt mange gange og generelt med rosende omtaler, ligesom flere af bogens læsere har fortalt undertegnede, hvordan bogen var en god hjælp i deres forsøg på at forstå kvantemekanikken. En enkelt læser var endda så begejstret, at han læste bogen to gange. Det samme har jeg nu også præsteret, omend med mange års mellemrum.

Konklusionen er, at bogen holder til to gennemlæsninger. Den giver en god gennemgang af Bohrs arbejde med og hans tanker omkring den atommodel, som udløste Nobelprisen, og om den senere udvikling af kvantemekanikken og fysikernes frustrationer over, hvordan de skulle begribe den nye fysik, som de selv var med til at afdække. Nørretranders formår også at vise

en del af dybden af Bohrs komplementaritetsprincip, hvilket ellers ofte går galt i mere populære fremstillinger.

Der er også en detaljeret og nuanceret beskrivelse af den lange debat mellem Niels Bohr og Albert Einstein, og den lange teoretiske og eksperimentelle indsats med at afklare, hvem, der vandt diskussionen. Nørretranders er ikke blind for, at netop Einsteins utilfredshed med de filosofiske konsekvenser af kvantemekanikken, og hans lange debat med Bohr var med til at tydeliggøre kvantefysikkens mærkværdigheder. Den blev først endeligt afgjort med Alain Aspect's sofistikerede eksperimenter, der viste, at Einstein tog fejl. Det er ikke ensbetydende med, at Bohrs fortolkning er den rigtige, men den er indtil videre ikke falsificeret.

Nørretranders nævner selv i forordet, at medmindre man interesserer sig for forskningspolitik, kan man springe det første kapitel over. Det er dog ganske underholdende at læse Nørretranders' analyse fra 1985 af universiteternes deroute, som han mener skyldes, at universiteterne ekspanderede alt for voldsomt i 1960'erne og 1970'erne, og derfor ansatte enhver, der uanset evner havde lyst til at få en stilling. Derfor var man nu midt i 1980'erne endt med en masse dårlige, men fastansatte, forskere, som blokerede for udviklingen.

I det nye efterskrift er der også flere beske kommentarer til Niels Bohr Institutets tilstand i 1970'erne og 1980'erne, der ifølge Nørretranders var endt i en "sump af sentimentalitet og museumskustodemaner", og man mærker en tydelig bitterhed mod de "toneangivende lektorer" på instituttet, som i 1985 frarådede udgivelsen af hans bog, fordi den "umuligt kunne interessere lægmænd eller seriøst arbejdende fysikere".

Nørretranders' forbitrelse har åbenbart holdt sig i live siden da, men i et nyligt og ret så patetisk interview med Weekendavisen (15. juli 2022) har han fortalt, at han alligevel fik oprejsning i 2013, da Alain Aspect fik overrakt Niels Bohr-guldmedaljen i forbindelse med en fejring af 100-året for Bohrs atommodel: "... jeg sad nærmest og tudede. Nu var jeg frikendt for alle anklager om at være uartig og tale lektorerne midt imod," sagde Nørretranders.

I interviewet præciserer han også, at det var i forholdet til Bohrs filosofi, at "slutningen af 70erne, 80erne og begyndelsen af 90erne [var] et lavpunkt for instituttet".

Nørretranders afslører ikke, hvem han har talt med på Bohr Institutet, men det har ikke været Nobelpris-modtagere Aage Bohr (1922–2009) eller Ben Mottelson (1926–2022), som begge var meget optagede af kvantemekanikkens grundlag og fortolkning.

Derfor kan Nørretranders godt have ret i, at der ikke generelt var den store interesse for kvantemekanikkens fortolkninger, for når fysikerne først var overbeviste om, at Bells uligheder var korrekte, og at Aspect's forsøg dernæst havde vist, at kvantemekanikken var korrekt, så var der heller ikke nogen grund til at reparere på den. De forskellige fortolkninger kan være filosofisk interessante, men hvis det ikke ændrer forudsigelserne af kvantefysikken, så kan det give god mening at bruge sin indsats på at anvende den.

Derfor tror jeg heller ikke på, at Nørretranders har ret,

når han til Weekendavisen udtaler, at “nogle studerende faldt over Bells ulighed ved et tilfælde, men da de forhørte sig [på instituttet], vidste ingen, hvem han eller det var”. Da jeg læste fysik i Aarhus i første halvdel af 1980’erne, var både Bells ulighed og Aspects forsøg blandt de hyppige emner ved frokostbordet, og det er svært at forestille sig, at det skulle have være helt ukendte fænomener i København. Jeg skrev også en større afløsningsopgave om de eksperimentelle tests af Bells ulighed, hvor Jørgen Kalckar (1935–2012) fra Bohr Institutet var censor ved bdeømmelsen, og han var i hvert fald dybt inde i emnet.

“Det udelelige” er ikke en bog, man kommer igennem

på en enkelt søndag, og det er også den største indvending mod idéen om at genoptrykke den 37 år senere. Videnskabsformidling har nok ændret sig siden da, for mange af forklaringerne fremstår i dag meget omstændige med alt for mange gentagelser, som ikke gør forklaringerne mere gennemskuelige, og desuden med for mange sidespring i fortællingen. Derfor ville både emnet og forfatteren have været bedre tjent med en grundig gennemskrivning, der måske kunne være skrevet med større overskud, og som også kunne have reduceret teksten med mindst en tredjedel.

Men som bogen nu engang foreligger kan den fortsat anbefales – også til nye læsere.

Kommende foredrag

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Okt 2022				
24/10	18.15	Forskning i termonukleare supernovaer i dag	Maximilian Stritzinger	AS (Kbh)
24/10	19.30	Event med uddeling af Kirstine Meyers Mindelegat Kirstine Meyer og hendes bidrag til dansk fysik og videnskabshistorie Foredrag ved modtageren af mindelegatet	Helge Kragh NN	SNU
Nov 2022				
1/11	19.45	Forskning i termonukleare supernovaer i dag	Maximilian Stritzinger	AS (Aarh)
7/11	18.15	Supernovaresten efter Tycho's supernova og andre supernovaresten observeret i røntgenstråling	Desiree Della Monica Ferreira	AS (Kbh)
14/11	19.30	“Kogt spaghetti i en jacuzzi” – om protein- krystallografi	Johan Gotthardt Olsen	SNU
15/11 -16/11		Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab på Hotel Nyborg Strand		DFS
21/11	19.45	Supernovaresten efter Tycho's supernova og andre supernovaresten observeret i røntgenstråling	Desiree Della Monica Ferreira	AS (Aarh)
28/11	18.15	Type Ia-supernovaer og kosmologien	Charles Steinhardt	AS (Kbh)
Dec 2022				
5/12	19.45	Type Ia-supernovaer og kosmologien	Charles Steinhardt	AS (Aarh)
5/12	19.30	Jupiter set fra NASA-missionen Juno: nyt om måner og magnetfelt. Efter foredraget uddeles H.C. Ørstedmedaljen til en inspirerende gymnasielærer	John Leif Jørgensen	SNU

AS (Kbh): Astronomisk Selskab, CSS (lokale 35.-1.05), Gammeltoftsgade 15, 1353 København K (astronomisk.dk).

AS (Aarh): Astronomisk Selskab, Aarhus Universitet, Ny Munkegade 118, 8000 Aarhus C (bygning 1530, lokale G122).

DFS: Dansk Fysisk Selskab (dfs.nbi.dk).

SNU: Aud. 1, H.C. Ørstedbygningen, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (naturlaeren.dk, facebook.com/SNU1824).

Foredragene i AS kræver tilmelding via AS eller Folkeuniversitetet. Der er gratis adgang til foredragene i SNU.

Får du flere eksemplarer af Kvant?

Kvants postliste sammensættes bl.a. af medlemslisterne fra Astronomisk Selskab, Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Hvis du er medlem af flere foreninger, kan du derfor få tilsendt flere eksemplarer af bladet. Såfremt du kun ønsker at modtage et enkelt eksemplar af Kvant, kan du give besked til en af foreningerne om ikke at sende bladet til dig: AS: Peter Stub Jørgensen (kasserer@astronomisk.dk). DFS: Louise Kindt (loki@sdu.dk). SNU: Cecilie Pedersen (cecilie.pedersen@naturlaeren.dk).

Kvant-nyheder – Diamanter!

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

Det regner med diamanter

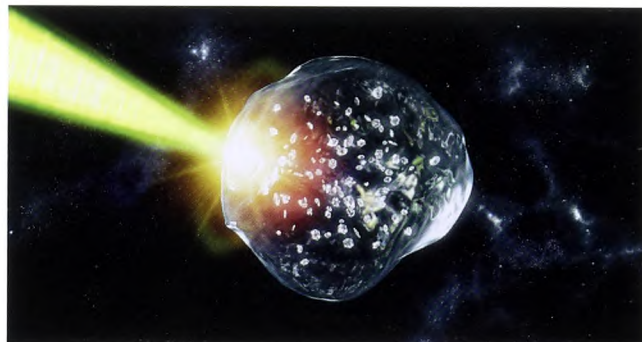
PLANETATMOSFÆRER. Diamantregn findes måske på store isplaneter som Uranus og Neptun. Forskere ved Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) i Californien har tidligere observeret dannelse af diamantregn i et forsøg, der skulle efterligne vejrforholdene på isplaneterne. Nu har de fundet ud af, at tilstedeværelsen af oxygen gør diamantregn mere sandsynlig, da oxygen virker som en katalysator for diamantdannelsen og får diamanterne til at vokse sig større. Det nye studie giver et mere komplet billede af, hvordan diamantregn formes på andre planeter, og kan lede til nye metoder at fabrikere nanodiamanter på.

I de tidligere forsøg studerede forskerne et materiale lavet af en blanding af hydrogen og carbon (centrale grundstoffer, som Uranus og Neptun består af), men isgiganterne består også af mange andre elementer som fx oxygen. I de nye forsøg brugte forskerne derfor PET-plastik for at simulere sammensætningen af planeterne mere præcist, da PET har en god balance mellem carbon, hydrogen og oxygen. I forsøget rammer en laser et tyndt lag af PET-plastik. Laseren opvarmer kortvarigt PET-foliet til 6000°C og genererer en chokbølge, der komprimerer foliet, så trykket stiger til flere millioner bar i løbet af få nanosekunder. Under det ekstremt høje tryk dannes små nanodiamanter.

Forskerne brugte en kraftig laser ved SLAC's "Linac Coherent Light Source" til at skabe chokbølgerne i PET. Ved brug af røntgendiffraction kunne de se, når atomerne i materialet omorganiserede sig i en diamantstruktur. Samtidig brugte de småvinkelspredning til at måle, hvor hurtigt og hvor meget regionerne voksede. De så, at når der var oxygen tilstede i materialet, så voksede nanodiamanterne ved lavere tryk og temperatur end tidligere observeret. Tilstedeværelsen af oxygen accelererede desuden opsplitning af carbon og hydrogen, og det betød, at carbonatomerne lettere kunne forbinde sig og danne diamantstrukturer.

Forskerne forventer, at diamanterne på Uranus og Neptun vil blive meget større end nanodiamanterne produceret i de tidligere forsøg, og over tusinder af år vil diamanterne måske langsomt synke gennem planeternes islag og samle sig som et tykt lag omkring planeternes kerne.

Forskerne har desuden fundet ud af, at i kombination med diamanterne kan en ny fase af superionisk vand, beskrevet som varm sort is, dannes. Denne vandfase eksisterer ved ekstremt høje temperaturer og højt tryk. I disse ekstreme betingelser brydes vandmolekyler, og oxygenatomer danner et krystalgitter, hvori hydrogenkernerne flyder frit rundt. Da disse fritflydende kerner er elektrisk ladede, kan superionisk vand lede strøm, og det kan muligvis forklare de usædvanlige magnetfelter på Uranus og Neptun.



Diamantdannelsen indikerer en potentiel ny vej til at producere nanodiamanter med laserdrevne chokkompressioner af PET-plastik. Denne metode ville gøre det lettere at kontrollere produktionen samt størrelsen af nanodiamanterne, hvilket er svært med de metoder, der bruges i dag. Nanodiamanter bliver bl.a. brugt som kvantesensorer, medicinske kontraststoffer og katalysatorer.

Forskerne har planer om at fortsætte deres forsøg ved at tilføje andre kemikalier indeholdende ethanol, vand og ammoniak for at lære mere om dannelsen af diamantregn.

Ref.: Zhiyu He m.fl. (2022) "Diamond formation kinetics in shock-compressed C-H-O samples recorded by small-angle X-ray scattering and X-ray diffraction", *Science Advances*, bind 8, nr. 35, side eabo0617.

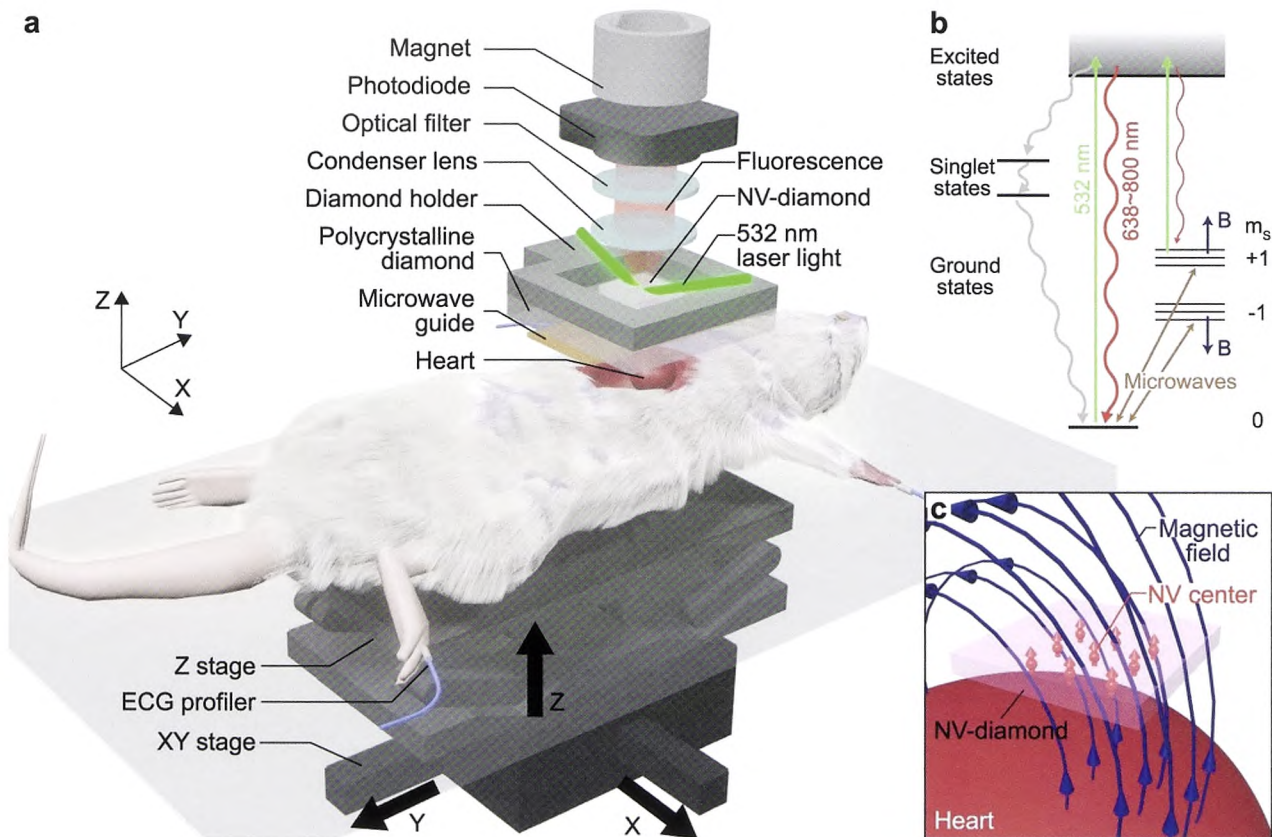
Diamantkvantesensor

KVANTESENSORER. Vi bliver ved diamanterne. Forskere fra Tokyos Teknologiske Institut har vist, at de med en diamantkvantesensor kan måle strømme i hjertet med millimeter-opløsning.

Det er i dag svært for læger at undersøge patienter med hjerteproblemer, som oftest er uregelmæssigheder i de elektriske strømme, der bevæger sig gennem hjertet, da det kræver, at patienten udsættes for røntgenstråling. En alternativ metode er magnetocardiografi (MCG), som indirekte kan måle hjertestrømmene.

Teknikken går ud på at måle små ændringer i magnetfeltet nær hjertet som følge af strømmene, dog uden kontakt med patienten. Forskellige kvantesensorer er udviklet til det formål, men deres opløsning har været begrænset til centimeterskala, og de har ikke været gode nok til at måle hjertestrømmene, der udbreder sig på millimeterskala. Desuden har disse sensorer praktiske begrænsninger i deres størrelse og temperatur.

Nu har forskere udviklet en ny sensor til at lave MCG ved højere opløsning. Deres metode er baseret på en diamant-kvantesensor bestående af et "nitrogen vacancy centre" (NV center), som er en urenhed i diamantstrukturen, hvor et carbonatom er erstattet af et nitrogenatom, og nabopladsen er efterladt tom. Denne urenhed opfører sig atomlignende, har spin og kan påvirkes af de svage magnetfelter, som hjertets strømme producerer.



MCG-opstillingen af en excitationslaser med en bølglængde på 532 nm til at excitere diamantsensoren, og en fotodiode til at måle de udsendte fotoner.

Sensoren er desuden fluorescerende, hvilket betyder, at den absorberer lys ved bestemte frekvenser, og udsender det ved andre (lavere) frekvenser. Intensiteten af lyset udsendt fra NV-centrene ændres afhængig af intensiteten og retningen af det eksterne magnetfelt, og kan derfor bruges til at kortlægge de udsendte fotoner med de tilsvarende magnetfelter og dermed med strømmene i hjertet, der er ansvarlige for dem.

Med en rumlig opløsning på 5,1 mm kunne systemet skabe detaljerede 2D-kort af strømmene målt i hjertet på laboratorierotter. Ydermere kunne diamantsensoren virke ved stuetemperatur i modsætning til andre MCG-sensorer, der kræver kryogenisk temperatur ($\leq 150^\circ\text{C}$). Det gjorde det muligt for forskerne at placere deres sensor ekstremt tæt på hjertet, hvilket forstærkede de målte signaler. Den kontaktløse sensor kan således give mere præcise observationer af hjerteproblemer.

Ref.: K. Arai m.fl. (2022) "Millimetre-scale magnetocardiography of living rats with thoracotomy", *Commun.Phys.*, bind 5, side 200.

KIF Årsmøde 2022

Kvinder i Fysiks årsmøde finder sted den 16. november på Hotel Nyborg Strand, hvor mødet er en del af DFS's Årsmøde, som finder sted den 15. og 16. november.

KIF's generalforsamling afholdes den 16. november fra kl. 14.00 til kl. 15.00 og er åben for alle almindelige medlemmer af KIF.

PFEIFFER VACUUM

Nyhed

Oliefri vacuumpumpe - HiScroll (6-20 m³/t)
Ekstrem lyd- og vibrationsvag
pumpe med kompakt design

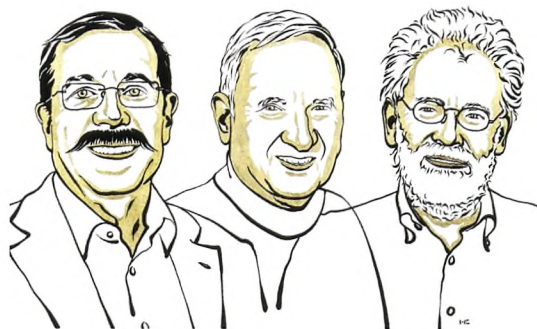


Tlf. 3166 8708

Lars.Scholte@pfeiffer-vacuum.dk
 www.pfeiffer-vacuum.com

Nobelprisen i Fysik – Fra filosofi til teknologi

Jens Olaf Pepke Pedersen, Kvant



Nobelprisen i fysik 2022 gik til fysikerne Alain Aspect, John Clauser og Anton Zeilinger for eksperimenter med sammenfiltrede (entangled) fotoner. Det var blandt andet en filosofisk strid mellem Albert Einstein og Niels Bohr om fortolkningen af kvantemekanikken, som motiverede til den langvarige eksperimentelle indsats.

Det er et emne, som er blevet behandlet i Kvant i flere omgange (for nylige artikler se [1–3]), og Nobelprisen giver genudgivelsen af Tor Nørretranders bog fra 1985 (se side 31) fornyet aktualitet, for her kan man finde en detaljeret gennemgang af den langvarige strid og eksperimenterne frem til Aspects forsøg.

Kvantemekanikken blev udviklet i 1920'erne, og en mærkværdighed ved fortolkningen var, at atomare partikler ikke havde bestemte fysiske egenskaber, før de blev målt. Det fandt bl.a. Einstein filosofisk særdeles utilfredsstillende, for han mente, at partikler nødvendigvis havde præcise egenskaber, uanset om de blev målt eller ej. Derfor måtte der nedenunder kvantemekanikken findes skjulte variable (selvom Einstein ikke brugte dette udtryk), som indeholdt de præcise parametre for alle fysiske størrelser, og kvantefysikken dækkede derfor blot over vores uvidenhed om den atomare verden.

I 1935 fandt Einstein på et tankeeksperiment, der skulle vise, at kvantemekanikken havde en bizar konsekvens. Det involverede to sammenfiltrede partikler, der blev ført meget langt væk fra hinanden. På trods af den enorme afstand forudsagde kvantemekanikken, at en måling på den ene partikel ville påvirke den anden partikel.

Det kaldte Einstein hånligt for en spøgelsesagtig virkning, som imidlertid ville forsvinde, hvis de skjulte variable fandtes.

I mange år blev det betragtet som en rent filosofisk diskussion, og det kom som en stor overraskelse, at fysikeren John Stewart Bell i 1964 opdagede, at et spidsfindigt eksperiment kunne afgøre spørgsmålet. Det blev Clauser, der som ung post.doc. på Universitetet i Berkeley kastede sig over eksperimentet, selvom kollegaerne advarede om, at det ville ødelægge hans karriere, hvis han spildte sin tid på et så "unyttigt" foretagende. Det lykkedes ham dog at gennemføre eksperimentet i 1972, som til Clausers egen overraskelse viste, at Einstein tog fejl. Til gengæld fik kollegaerne

ret, for Clausers karriere kom ikke til at indeholde et professorat.

Clausers eksperiment lukkede heller ikke alle smuthullerne for skjult-variabelteorier, men det gjorde Aspect i Paris ti år senere med et meget sofistikeret eksperiment, og i 1997 demonstrerede Zeilinger i Wien fænomenet kvanteteleportation, hvor kvanteinformation overføres fra en partikel i et sammenfiltret par til en tredje partikel.

Det er tankevækkende, at den teknologiske udvikling startede med et dybt filosofisk spørgsmål, og selvom mange vil mene, at nu er diskussionen slut, så forsøger flere fysikere, bl.a. den tidligere Nobelpristager, hollænderen Gerard 't Hooft, at fortsætte debatten. 't Hooft modtog Nobelprisen i fysik i 1999 sammen med sin specialevejleder Martinus Veltman for arbejdet med kvantestrukturen i de elektrosvage vekselvirkninger.

't Hooft er også motiveret af samme filosofiske utilfredshed som Einstein, for han mener, at når kvantemekanikken kun kan forudsige måleresultater ved hjælp af sandsynligheder, så skyldes det, at vi ikke kender alle relevante data for begyndelsestilstanden. Han mener derfor, at der stadig kan findes determinisme neden under kvantemekanikken.

Han har derfor skitseret en alternativ teori, som han kalder *cellulær automatfortolkning*, og som han udgav i en bog i 2016 [4].

Den cellulære automatfortolkning er en computermodel af et dynamisk system, der består af celler arrangeret i et multidimensionelt gitter. Hver celle indeholder et antal databits samt en tidsvariabel. Når tiden går, opdateres alle celler af en algoritme, hvor de nye data i en celle afhænger af de tidligere data i den samme celle og dens nærmeste naboer.

Modellen bruger klassiske algoritmer og er fuldstændig deterministisk, og der er hverken et Hilbertrum eller en Schrödingerligning. Men man kan alligevel definere en Schrödingerligning, så modellen til alle praktiske formål bliver til en kvantemodel. Modellen er kontroversiel, men interessant og fortjener at blive taget alvorligt.

Den kvanteteknologiske udvikling er i fuld gang med at styre kvantetilstande, som er grundlaget for kvantecomputere, lagring af kvanteinformation og kvantekryptering. Men den filosofiske diskussion er også fortsat i gang.

Litteratur

- [1] K. Mølmer (2021) "Kvantemekanikkens fortolkninger", *Kvant*, bind 32, nr. 2, side 21-25.
- [2] J. Myrheim (2021) "Kvantemekanisk sammenfiltrering – Baggrund", *Kvant*, bind 32, nr. 3, side 23-28.
- [3] J. Myrheim (2021) "Kvantemekanisk sammenfiltrering – Bells uligheder", *Kvant*, bind 32, nr. 4, side 22-26.
- [4] G. 't Hooft (2016) "The Cellular Automaton Interpretation of Quantum Mechanics", Springer.

Ny præsident for SNU



Direktionen for Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU) har pr. 1. juli 2022 konstitueret sig med ny præsident, nemlig Anja C. Andersen fra Niels Bohr Institutet. Det er ikke hvert årti, at SNU får en ny præsident, og den nu tidligere præsident for selskabet, Dorte Olesen, har virket på posten siden 1989. Dorte Olesen fortsætter som medlem af SNU's direktion.

Anja C. Andersen bliver den 14. præsident i SNU's snart 200-årige historie. Selskabets grundlægger og første præsident, H.C. Ørsted, ville med selskabet højne forståelsen for de grundlæggende naturlove og sammenhænge i naturen. Samtidig ønskede han at gøre erhvervsfolk opmærksomme på naturvidenskab, så de kunne udnytte nye fremskridt i deres produktion. Det lykkedes allerede i hans tid, idet forelæsningerne bl.a. åbnede brygger Jacobsens øjne for den videnskab, der lå bag gæringsprocesser, og dermed gjorde det muligt for Carlsberg at udvikle sin produktion på videnskabelig baggrund.

SNU spillede også en stor rolle ved dannelsen af Polyteknisk Læreanstalt (i dag DTU) i 1829, hvor H.C. Ørsted blev den første rektor for læreanstalten.

SNU udvikler sig fortsat og det seneste store initiativ har været udstillingen "H.C. Ørsted på ny – skønheden i naturen". Den blev i 2020 vist i Rundetaarn og på Syddansk Universitetsbibliotek og i 2021 hos Steno Museet i Aarhus. Udstillingen er lige nu opstillet hos energiselskabet Ørsted i Gentofte.

SNU står fortsat hvert år for mange offentlige forelæsninger med forskere inden for fysik og kemi, og en del af foredragene kan ses på

Youtube.

SNU uddeler guld-, sølv- og bronzemedaljer til videnskabsfolk og videnskabsformidlere på højeste niveau. De seneste år har eksempelvis kemiprofessor Karl Anker Jørgensen samt professor i kvantemekanik Charles Marcus modtaget den sjældne Ørsted-guldmedalje.

Selskabet fylder 200 år i 2024, og det bliver en vigtig rolle for den nye præsident at stå for den fejring, hvor selskabet forventes at uddele en ny guldmedalje.



Anja C. Andersen er astrofysiker og professor for offentlighedens forståelse for naturvidenskab og teknologi. Hun er desuden ivrig foredragsholder og forfatter til en lang række populærvidenskabelige bøger for både børn og voksne.

Anja er kandidat i astronomi og fysik fra KU i 1995 og blev ph.d. i astrofysik samme sted i 1999.

Efter en række korte forskeransættelser ved Uppsala Universitet i Sverige, Astronomisk Observatorium på KU og Nordisk Institut for Teoretisk Fysik, blev hun i 2005 lektor ved Niels Bohr Institutet og fra 2017 professor.

Hun har modtaget en lang række priser for sin forskning og formidling, bl.a. EU's Descartes Pris 2005, DR's Rosenkjærpris 2006, UNESCO's Lysets år-formidlingspris 2015, Dansk Forfatterforenings faglitterære pris 2017, Ebbe Muncks Hæderspris 2018 og H.C. Ørstedprisen 2021. For nylig modtog Anja også Hørups Debatpris, efter at hun i foråret markerede sig i debatten om DR's kritiserede satireserie "Ellen Imellem".