

KVANT December 4 2022

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 33. årgang

- ARVEN EFTER NIELS BOHR – VAR DER MERE?
- MYSTERIET OM VEKTORBOSONERNES MASSE
- FILOSOFIEN I KØBENHAVNERFORTOLKNINGEN
- HVAD ER VIDENSKAB? • STELLA NOVA – 450 ÅR
- PLANETKALENDER 2023 • BREDDEOPGAVE NR. 100
- DFS ÅRSMØDE 2022 • KIF-PRISEN 2022 • AKTUELLE BØGER

Løssalgspris: 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 Electro

Ole Mørk Lauridsen, SNU

Steen Lærke (astro@kvant.dk),

Astronomisk Selskab

John Rosendal Nielsen,

Aurehøj Gymnasium

Dorte Olesen, SNU,

DTU Compute

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 reprojekteret
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. 1-2023 udkommer ca. 15. marts

Nr. 2-2023 udkommer ca. 15. juni

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

Indhold:

Mysteriet om vektorbosonernes masse <i>Bernhard Lind Schistad</i>	3
Filosofien i Københavnerfortolkningen <i>Emil Charlie Lind-Thomsen</i>	9
På skuldrene af Bohr – ny videnskabsserie	12
Arven efter Niels Bohr – var der mere? <i>Claus Münchow</i>	14
Planetkalender 2023 <i>Martin Götz</i>	18
Hvad er videnskab? <i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	20
SNU-foredrag på YouTube	24
Stella Nova – 450 år <i>Lars Occhionero</i>	25
Kvants brevkasse lukker	26
Vindmøller sommer og vinter – breddeopgave nr. 100 med didaktisk kommentar <i>Jens Højgaard Jensen</i>	27
Nyt fra SNU	28
DFS Årsmøde 2022 <i>Maren Malling</i>	30
Kommende foredrag	31
Aktuelle bøger <i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	32
Kvant-nyheder <i>Christine Pepke Gunnarsson</i>	34
KIF-prisen 2022 til Heloisa Bordallo <i>Maren Malling</i>	Bagsiden



Billedet på forsiden viser Plejaderne, en stjernehop, som domineres af varme, blå stjerner, der tydeligt kan ses med det blotte øje om vinteren. Den kaldes også for De Syv Søstre og ligger 440 lysår fra Jorden i stjernebilledet Tyren. Billedet er taget af astrofotografen Jakob A. Andersen og er med i en ny bog "Himlen set fra Jorden". Læs mere på side 32 i dette nummer af Kvant. Gengivet med tilladelse fra Strandberg Publishing.

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.

Mysteriet om vektorbosonernes masse

Bernhard Lind Schistad, Midtbyens Gymnasium, Mercantec

I standardmodellen formidles den svage vekselvirkning af tre vektorbosoner. Deres masse kan beregnes teoretisk ud fra andre parametre i standardmodellen, og indtil for nyligt var der god overensstemmelse mellem den teoretiske forudsigelse og målinger af massen udført ved CERN og Fermilab.

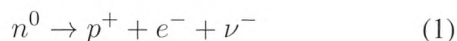
Imidlertid er der lige offentliggjort nye resultater baseret på en stor mængde data fra gamle målinger ved Fermilab. Her viser det sig, at massen af de to ladede vektorbosoner W^+ og W^- er højere, end standardmodellen forudsiger. Hvis de nye resultater er rigtige, afviger den målte værdi fra den teoretiske forudsigelse med syv standardafvigelser. Dette indikerer, at der kan være "ny fysik", som ikke er en del af standardmodellen. De nye resultater har vakt betydelig opsigt i partikelfysik-miljøerne.

Den svage vekselvirkning

I standardmodellen er der fire fundamentale vekselvirkninger:

- Den elektromagnetiske (som er ophavet til elektricitet og magnetisme)
- Den svage (som er ophavet til radioaktivt henfald)
- Den stærke (som er ophavet til kernekrafterne)
- Gravitationen

Den svage vekselvirkning er ophavet til radioaktivt henfald. Det simpleste eksempel herpå er neutronhenfald. En fri neutron vil henfalde til en proton, en elektron og en antineutrino efter processen:



Men standardmodellen fortæller os, at neutronen består af tre kvarker, en u -kvark og to d -kvarker. Det, der virkelig sker ved neutronhenfald, er, at den ene u -kvark forvandler sig til en d -kvark. Dette gør den ved at udsende en negativt ladet vektorboson

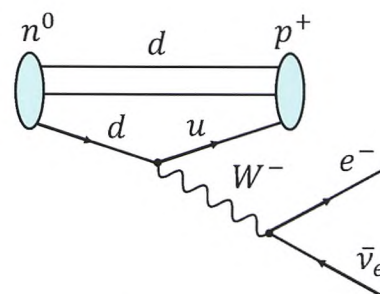


Da vektorbosonen er ustabil, henfalder den igen til en elektron og en antineutrino:



Vi kan derfor illustrere hele processen ved neutronhenfald med diagrammet i figur 1.

I løbet af 1960'erne lykkedes det for Abdus Salam, Steven Weinberg og Sheldon Glashow at skabe en fælles teori for elektromagnetismen og den svage vekselvirkning [1]. I denne teori, kaldet den elektrosvage teori, er både den elektromagnetiske og den svage vekselvirkning facetter af en mere fundamental elektrosvag kraft. I starten af Big Bang, hvor temperaturen var højere end ca. 4×10^{16} K, var de to kræfter identiske, men da temperaturen på grund af universets udvidelse faldt under denne kritiske grænse, skete der et symmetribrud, og den elektromagnetiske og den svage kraft blev forskellige. Samtidig fik elementarpartiklerne masse, efter at de havde været masseløse før dette symmetribrud.



Figur 1. Neutronhenfald.

Vektorbosonerne

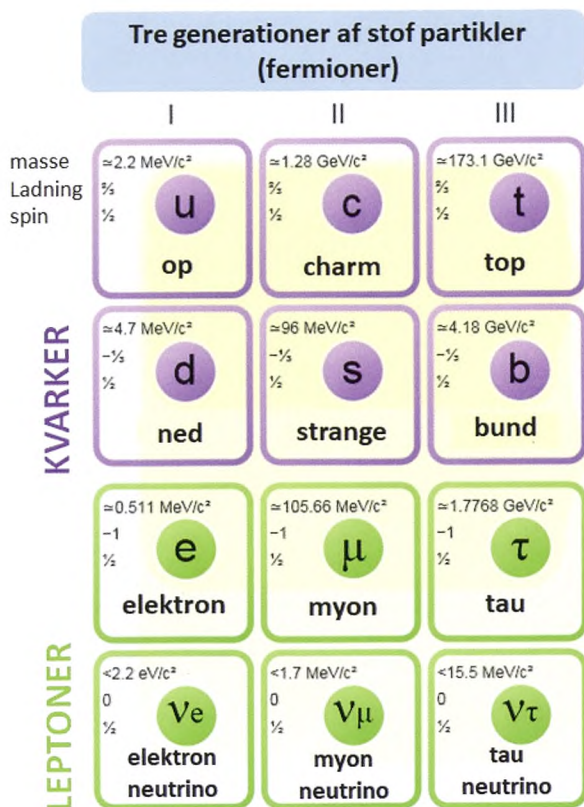
I kvanteteorien for elektromagnetismen skabes elektrisk og magnetisk vekselvirkning ved udveksling af fotoner. Fotonen er kvantet for det elektromagnetiske felt, og den er en masseløs partikel med heltalligt spin ($S=1$). Alle elementarpartikler med elektrisk ladning kan udveksle fotoner. Da fotonen har spin, kan lys polariseres.

I den elektrosvage teori skabes vekselvirkningen ved udveksling af de såkaldte vektorbosoner. De er kvantet for det svage felt, men i modsætning til fotonen har de en meget høj masse, ca. 70 gange protonens masse. De kaldes vektorbosoner, fordi de har spin $S=1$, og derfor er impulsmomentet en vektor. På grund af det heltallige spin adlyder de Bose-Einstein-statistik og er derfor bosoner. Alle partikler som har elektrosvag ladning (kvarkerne og neutrinoen) kan udsende og absorbere vektorbosoner, men kun hvis de er venstrehåndede. Det betyder, at spinvektoren er rettet modsat bevægelsesretningen. Dette strider mod al fornuft, men vi har ingen forklaring på, hvorfor det forholder sig sådan.

Der findes tre forskellige vektorbosoner:

- W^+ med elektrisk ladning $+1$
- W^- med elektrisk ladning -1
- Z^0 uden elektrisk ladning (0)

Når en kvark udsender eller absorberer en W -boson, skifter den type. Dette er ophavet til beta-radioaktivitet. I Standardmodellen findes der tre familier af stofpartikler. I hver familie er der to kvarker med ladning $+2/3$ og $-1/3$ (up, down), (charm, strange), (top, bottom), se figur 2.



Figur 2. Partiklerne i Standardmodellen.

Når en kvark udsender eller absorberer en vektorboson, forvandler den sig til en anden type kvark. Hvis det er en W -boson, vil kvarken skifte ladning. På denne måde kan kvarken forvandle sig til den anden type i samme familie eller til en af de to andre familier. Men når den udsender en neutral vektorboson Z^0 , forvandler den sig altid til en kvark i en anden familie. Et eksempel er reaktionen:

$$s^{-1/3} \rightarrow d^{-1/3} + Z^0 \quad (4)$$

Opdagelsen af vektorbosonerne

Da man havde den elektrosvage teori på plads, begyndte jagten på at finde vektorbosonerne. Her blev det efterhånden klart, at deres store masser gjorde, at der ikke var tilstrækkelig energi i de daværende accelerators til at producere dem. Fysikerne David Cline, Peter McIntyre og Carlo Rubbia foreslog derfor at ombygge CERNs SPS-synkrotron til lagerringe, således at man i samme vakuumrør kunne køre protoner den ene vej og antiprotoner den anden vej [2]. Massecenterenergien er nemlig meget højere ved lagerringe, end når man skyder accelererede partikler mod et stationært mål. Forslaget fremkom lige efter, at man havde lært at mestre teknologien omkring stokastisk køling, som gjorde det muligt at fylde ringen med antiprotoner, selv om de kun kan skabes med en forsvindende lille intensitet, sammenlignet med protoner.

Interessen for at teste teorien var stor nok til, at man vedtog at igangsætte ombygningen af synkrotronen, og i 1981 begyndte man den første opsamling af data fra proton/antiproton-kollisioner. De to partikelstråler

krydsede hinanden på to steder langs maskinens 7 km omkreds, og ved disse krydsningspunkter havde man opstillet to gigantiske detektorer, UA1 og UA2.

I oktober 1982 observerede man de første begivenheder, hvor der skete produktion af W , og i januar 1983 offentliggjorde Carlo Rubbia opdagelsen [3].

I april 1983 observerede man for første gang produktion af Z^0 .

I 1984 fik Carlo Rubbia og Simon van der Meer nobelprisen i fysik for opdagelsen af vektorbosonerne og for den banebrydende teknologi med stokastisk køling.

Vektorbosonernes masse

Da man formulerede teorien for den svage vekselvirkning, stødte man ind i et problem med partiklernes masse. I kvantefeltteori beskriver vi elementarpartiklerne med felter. Vi kan forestille os, at hele universet er fyldt med et felt for hver type elementarpartikel. Hvis vi har en elektron i vores apparat, beskrives dette ved, at elektronfeltet har en værdi større end nul inde i apparatet. Men for at feltteorien skal have mening, er den nødt til at opfylde visse krav til symmetrier. Et af disse krav kalder matematikerne for "gauge invarians", vi kunne kalde det skalainvarians. Det har at gøre med, at hvorvidt vi har en partikel i vores apparat, ikke kan være afhængig af, hvorledes vi har sat vores koordinatsystem, hvilken vej akserne vender, eller hvilke enheder vi bruger. Dette opfyldes, hvis teoriens matematiske udtryk til at beskrive feltet er skalainvariante.

Men kravet til skalainvarians kan ikke opfyldes, hvis partiklerne har hvilemasse. Men en partikel uden hvilemasse vil altid bevæge sig med lyshastigheden. Løsningen på dette paradoks blev fundet af François Englert og Peter Higgs (samt flere andre) i 1964 [4]:

Elementarpartiklerne er "egentlig" masseløse, men får masse ved at vekselvirke med Higgsfeltet. Denne vekselvirkning opstår ved, at de skifter mellem at være venstrehåndede og højrehåndede, ved at udsende og absorbere Higgs-partikler.

I Standardmodellen er en partikels masse bestemt af, hvor kraftig den kobler til Higgsfeltet. Vi har ingen fundamental teori, som giver værdien for massen, i stedet har Standardmodellen 18 frie parametre som skal "lægges ind med håndkraft" for at teorien skal passe [5]. Dette betyder, at vi ikke kan forklare hvor parametrene kommer fra, men vi tror ikke, at de alle kan være fundamentale naturkonstanter (som Plancks konstant og lyshastigheden).

De frie parametre i Standardmodellen er:

- To koblingskonstanter for den elektrosvage vekselvirkning:
 - Koblingskonstanten for elektrosvagt isospin g
 - Koblingskonstanten for elektrosvagt hyperladning g'
- Koblingskonstanten g_3 for den stærke vekselvirkning (kernekræfterne)
- Higgs vakuumforventningsværdien v som angiver den kritiske energi, hvor symmetrien mellem den

elektromagnetiske og den svage vekselvirkning brydes

- Higgspartiklens masse
- Tre Cabibbo-Kobayashi-Maskawa-vinkler (θ_{12} , θ_{23} , θ_{13}), som angiver, hvorledes kvarker af forskellig type kan blandes, når de vekselvirker
- Fasevinklen δ for brud på CP-symmetri
- Ni Yukawa-koblingskonstanter, som bestemmer massen af de seks kvarker og tre leptoner i Standardmodellen

Af disse 18 parametre er der tre, som bestemmer vektorbosonernes masse. Disse masser er givet ved:

De to ladede W^+ og W^- bosoner har samme masse:

$$m_W = \frac{1}{2}vg \quad (5)$$

Den neutrale Z^0 har massen:

$$M_Z = \frac{1}{2}v\sqrt{g^2 + g'^2} \quad (6)$$

De bedste værdier, vi har for de tre parametre, baseret på en række målinger af partikelreaktioner ved CERN, Fermilab og andre laboratorier, er:

$$g = 0,652$$

$$g' = 0,357$$

$$v = 246 \text{ GeV}/c$$

Dette giver vektorbosonernes masser:

$$m_{W^+} = m_{W^-} = 80,196 \text{ GeV}/c$$

$$m_Z = 91,43 \text{ GeV}/c$$

På grund af vektorbosonernes høje masse (næsten hundrede gange protonens masse) har de ekstremt kort levetid (ca. 10^{-26} s) og vil derfor ikke kunne observeres direkte i en partikelkollision.

Vektorbosonernes henfald

Som nævnt indgår vektorbosonerne i alle processer, som involverer beta-radioaktivitet. Men på grund af deres korte levetid kan vi ikke observere dem i nogen partikeldetektor. Vi er derfor henvist til at observere deres henfaldsprodukter. Vi vil derfor se lidt på vektorbosonernes henfald.

Vektorbosonerne kan henfalde til en lepton og en antilepton, eller en kvark og en antikvark af passende type, så den elektriske ladning er bevaret.

Eksempler på leptonhenfald er:

$$W^+ \rightarrow e^+ + \nu_e \text{ (positron + elektronneutrino)}$$

$$W^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu \text{ (antimyon + myonneutrino)}$$

$$W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e \text{ (elektron + anti-elektronneutrino)}$$

$$W^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu \text{ (myon + anti-myonneutrino)}$$

$$Z^0 \rightarrow \nu_e + \bar{\nu}_e \text{ (elektronneutrino + anti-elektronneutrino)}$$

$$Z^0 \rightarrow \nu_\mu + \bar{\nu}_\mu \text{ (myonneutrino + anti-myonneutrino)}$$

Eksempler på kvarkhenfald:

$$W^+ \rightarrow u^{+2/3} + \bar{d}^{+1/3} \text{ (u-kvark + d-antikvark)}$$

$$W^+ \rightarrow u^{+2/3} + \bar{s}^{+1/3} \text{ (u-kvark + s-antikvark)}$$

$$W^- \rightarrow \bar{u}^{-2/3} + d^{-1/3} \text{ (u-antikvark + d-kvark)}$$

$$W^- \rightarrow \bar{u}^{-2/3} + s^{-1/3} \text{ (u-antikvark + s-kvark)}$$

$$Z^0 \rightarrow u^{+2/3} + \bar{u}^{-2/3} \text{ (u-kvark + u-antikvark)}$$

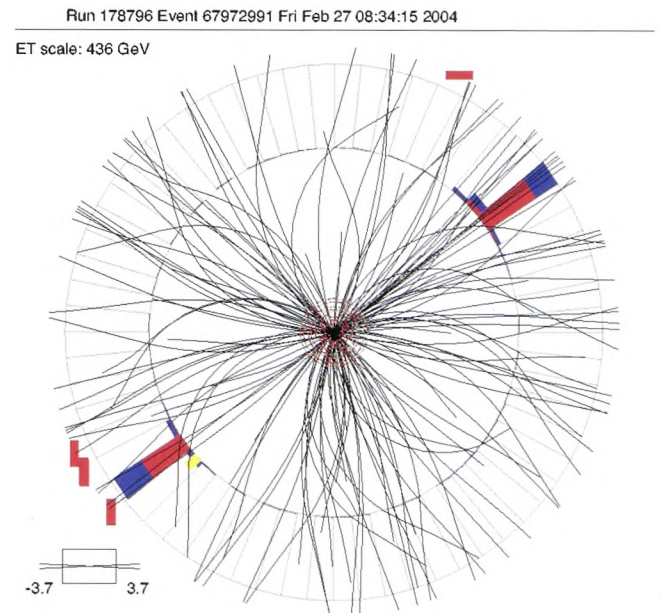
$$Z^0 \rightarrow d^{-1/3} + \bar{d}^{+1/3} \text{ (d-kvark + d-antikvark)}$$

$$Z^0 \rightarrow s^{-1/3} + \bar{s}^{+1/3} \text{ (s-kvark + s-antikvark)}$$

Da en fri kvark ikke kan undslippe fra en partikelreaktion, vil kvarkerne fra vektorboson-henfald altid forbinde sig med andre kvarker til at danne enten en Baryon (proton, neutron etc. bestående af tre kvarker) eller en meson (π , K etc. bestående af en kvark og en antikvark). Vi har beskrevet dette i en tidligere artikel her i Kvant [6].

Måling af vektorbosonernes masse

Som vi har set, har vektorbosonerne så kort levetid, at vi aldrig vil kunne observere dem i en partikeldetektor. Vi er derfor henvist til at observere deres henfaldsprodukter. De partikelsammenstød, som producerer flest vektorbosoner, er annihilation af en partikel med dens antipartikel. I praksis vil det sige enten en elektron med en positron, eller en proton med en antiproton. Imidlertid vil et sådant sammenstød producere en række andre partikler, hvor kun nogle af partiklerne i sluttilstanden stammer fra en vektorboson. Et typisk eksempel på et proton/antiproton-sammenstød er vist på figur 3.



Figur 3. Sekundærpartikler fra proton-antiproton-sammenstød.

Ca. 70% af de W -bosoner, der produceres ved sådanne sammenstød, henfalder til kvark/antikvarkpar. Da frie kvarker ikke kan undslippe, vil dette medføre jets af hadroner, hovedsagelig mesoner i sluttilstanden. Men det er i praksis umuligt at skelne de mesoner, der stammer fra W -henfald, fra de andre sekundærpartikler, der blev produceret ved sammenstødet. Vi kan derfor ikke bruge mesoner i sluttilstanden til at bestemme W -bosonernes masse.

Vi er derfor henvist til at bruge leptonhenfald, hvor W -partiklerne henfalder til en elektron eller myon samt en neutrino. Neutrinoen kan vi ikke detektere, da den ikke vekselvirker med stof i en partikeldetektor, men her kan vi udnytte, at W -bosonerne, der dannes ved kvark/antikvark-annihilation, hovedsagelig produceres

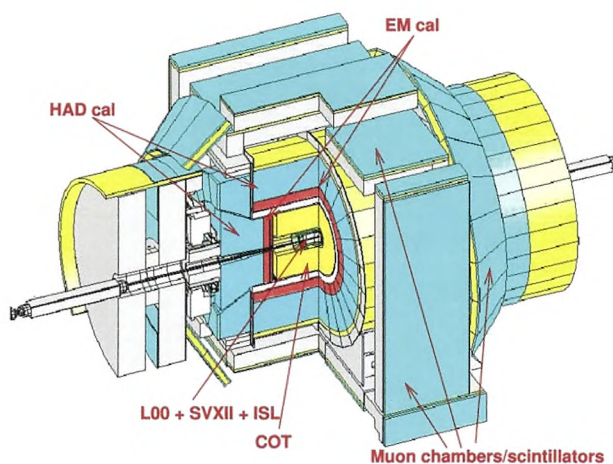
kolineært med beamaksen i partikelacceleratoren. Det vil sige, at deres impuls vinkelret på beamaksen vil være nul. Når de henfalder til en lepton og en neutrino, vil disse hver have halvdelen af W -bosonens impuls. Hvis vi derfor måler impulsen for leptonen (elektron eller myon), kan vi også bestemme impulsen for neutrinoen og dermed W -bosonens impuls og energi.

I praksis kan vi derfor bestemme W -massen ved at måle energi og impuls for et stort antal elektroner og myoner med stor transversal impuls, forenelig med det interval vi forventer fra W -henfald.

En stor "fabrik" for vektorbosoner har været Fermilabs Tevatron-lagring, som producerer sammenstød mellem protoner og antiprotoner med en massecentrerenergi på 980 GeV/c. Maskinen var i drift mellem 1984 og 2011.

CDF II-detektoren

Ved Tevatronen var der installeret to store partikeldetektorer: CDF II og D0. CDF II-detektoren [7] var optimeret til at detektere hadronjets og myoner fra partikelsammenstød og derfor velegnet til at observere W -henfald. I løbet af sin aktive periode registrerede den ca. 4 millioner vektorbosoner.



Figur 4. CDF II-detektoren.

Detektoren, som er vist på figur 4, indeholder blandt andet:

- En supraleedende solenoidemagnet, som giver et magnetfelt på 1,4 T parallelt med beamaksen.
- Diverse scintillationsdetektorer giver input til triggerlogikken, som træffer beslutningen om, at der er sket en begivenhed, som skal registreres. Uden denne udvælgelse ville datamængden blive alt for stor.
- Hadronkalorimetre, som måler energien i jets af hadroner.
- Elektromagnetiske kalorimetre, som måler energien i fotoner.
- Myonkalorimetre, som kan måle energien i myoner.

- Cylindriske driftkamre, som registrerer partikelbaner, og gør det mulig at bestemme ladede partiklers impuls ved at måle krumningsradien i magnetfeltet.

Måleresultaterne fra CDF II

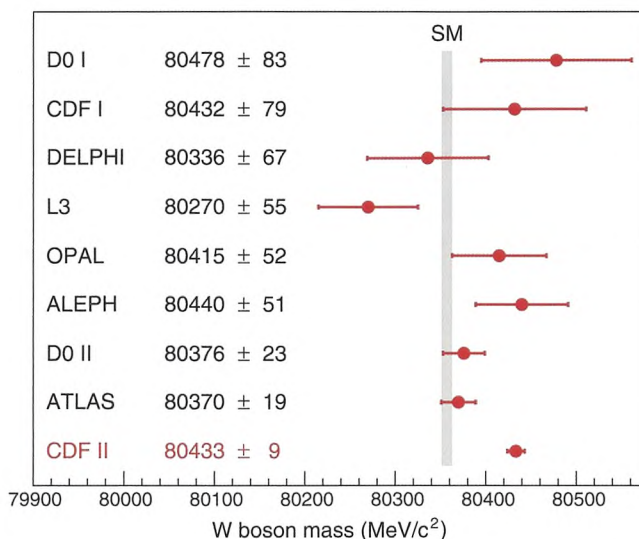
Fra CDF II-detektoren begyndte at optage data i 2001 til Tevatronen lukkede i 2011 har den registreret 1.811.700 W -henfald til elektron + neutrino og 2.424.486 henfald til myon + neutrino. Efterhånden som resultaterne fra disse henfald er blevet analyseret, har man kunnet lave mere nøjagtige målinger af W -bosonernes masse.

Da Tevatronen blev lukket ned i 2011, var der god overensstemmelse mellem disse målinger og de teoretiske beregninger. Men på dette tidspunkt havde fysikerne ved CDF II store mængder af data, som ventede på at blive analyseret.

Nu er alle data analyseret, og holdet bag detektoren har lige publiceret den mest nøjagtige måling af W -massen, der hidtil er foretaget. Men nu er billedet et andet [8]:

De nye målinger afviger fra Standardmodellens forudsigelser med syv standardafvigelser. Dette er ikke en statistisk fluktuation, men en opdagelse!

En sammenligning mellem Standardmodellen (grå stribe) og data fra forskellige tidligere målinger (D0 (Fermilab), DELPHI – L3 – OPAL – ALEPH (CERN LEP), ATLAS (CERN LHC) samt de nye CDF II-data er vist i tabellen i figur 5.



Figur 5. Målinger af W -bosonernes masse.

Konsekvenser af målingerne

De nye målinger afviger fra Standardmodellens forudsigelse med ca. syv standardafvigelser. Dette er for meget til, at det kan forklares med en statistisk fluktuation. I princippet står vi derfor med tre mulige forklaringer:

Systematiske målefejl

Det er påfaldende, at alle tidligere målinger falder indenfor 1,5 standardafvigelse fra den teoretiske værdi. Det er derfor svært at forklare, hvorfor denne sidste måling ligger så langt væk. På den anden side er den

inden for standardafvigelsen for flere af de tidligere målinger. Alligevel vil der blive foretaget en meget kritisk gennemgang af de nye resultater. Hvis der for eksempel er systematiske fejl i målingerne af magnetfeltet i CDF II-detektoren, vil det påvirke bestemmelsen af massen.

Fejlagtige parametre i Standardmodellen

Den teoretiske beregning er baseret på Higgs-vakuumforventningsværdien og to koblingskonstanter i Standardmodellen. Disse er bestemt ud fra andre målinger end W -massen. Der kan være ukendte systematiske fejl i bestemmelsen af disse parametre. På den anden side er de baseret på analyse af en meget stor mængde data fra eksperimenter ved Tevatronen, LEP og LHC. De giver rigtige forudsigelser for en række andre udregninger baseret på Standardmodellen.

Standardmodellen er ufuldstændig og mangler partikler eller vekselvirkninger, som påvirker W -massen
Den forklaring, de fleste fysikere hælder til, er, at der er "huller" i Standardmodellen. Det vil sige, at der eksisterer elementarpartikler og/eller vekselvirkninger, som ikke er med i modellen. Eventuelt kan hele Standardmodellen være forkert og skulle erstattes af noget bedre.

Et vigtig argument for, at forklaringen på uoverensstemmelsen ligger i modellen selv, er, at den ikke kan løse problemerne med neutrinoernes masse eller myonens magnetiske moment [9].

Konklusion

De nye målinger af vektorbosonernes masse har givet fysikerne noget at tænke over. Der foregår i øjeblikket en hektisk aktivitet omkring gennemgang af måleresultaterne. Der er også fokus på Standardmodellen, specielt hvad angår den svage vekselvirkning. Vi kan regne med, at dette vil påvirke prioriteringen af fremtidige forsøg i partikelfysik og eventuelle nye partikelacceleratorer.

Litteratur

- [1] J. Iliopoulos (2016) "Introduction to the Standard Model of the Electro-Weak Interactions", Proceedings of the 2015 CERN–Latin-American School of High-Energy Physics, CERN-2016-005 (CERN, Geneva).
- [2] C. Rubbia, P. McIntyre og D. Cline (1977) "Producing Massive Neutral Intermediate Vector Bosons with Existing Accelerators", *Proc. International Neutrino Conference*, red. H. Faissner, H. Reither og P. Zerwas, Vieweg, Braunschweig, 683.
- [3] L. Di Lella, C. Rubbia (2015) "The Discovery of the W and Z Particles", udgivet i "60 Years of CERN Experiments and Discoveries", World Scientific Publishing.
- [4] P.W. Higgs (1964) "Broken symmetries and the masses of gauge boson", *Physical Review Letters*, bind 13, side 508–09.
- [5] C.D. Froggatt og H.B. Nielsen (2003) "Trying to understand the Standard Model parameters", *Surveys in High Energy Physics*, bind 18, side 55–75.

- [6] B. Schistad (2018) "Kvantekromodynamikken – teorien for den stærke vekselvirkning", *Kvant*, bind 29, nr. 1, side 10–15.
- [7] CDF Collaboration (1996) "The CDF II Detector Technical Design Report", FERMILAB-Pub-96/390-E.
- [8] CDF Collaboration (2022) "High-precision measurement of the W boson mass with the CDF II detector", *Science*, bind 376, side 170–176.
- [9] B. Schistad (2018) "G-2-eksperimentet – den mest nøjagtige test af kvanteelektrodynamikken", *Kvant*, bind 29, nr. 3, side 121–29.



Bernhard Lind Schistad er cand.real. fra Universitetet i Oslo. Han har været forsker i partikelfysik ved Niels Bohr Institutet og CERN og senere arbejdet med udvikling af grafiske systemer og radar. Han underviser i fysik og matematik på Midtbyens Gymnasium, Mercantec, i Viborg.

PFEIFFER VACUUM

Nyhed

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



Tlf. 3166 8708
Lars.Scholte@pfeiffer-vacuum.dk
www.pfeiffer-vacuum.com

17. februar –
19. marts 2023



HOTEL PRO FORMA ELEKTRICITET

Gennem 1800-tallet
Et ladet århundrede

Billedkunst
Performance
Videnskab
Musik
20 medvirkende

Udstilling - Forestilling

SMK 


Statens Museum for Kunst
National Gallery of Denmark

Filosofien i Københavnerfortolkningen

Emil Charlie Lind-Thomsen, Niels Bohr Institutet

Fysik og filosofi er intimt forbundet i deres søgen efter svar på de helt store spørgsmål. Det bliver især tydeligt, når man dykker ned i kvantefysikken. I dette grænseland imellem fysik og filosofi fandt Bohrs og Einsteins berømte dialoger sted, og her befinder man sig selv, hvis man prøver at forstå, hvad kvantemekanikken egentlig betyder. Vi må overveje, hvad forholdet er imellem vores iagttagelser af verden og virkelighedens substans, og om vi er i stand til at erfare og beskrive virkeligheden objektivt.

Videnskabsrealisme og klassisk fysik

Bag enhver fysisk teori ligger nogle grundlæggende antagelser om, hvordan denne teori henholder sig til virkeligheden. Inden for videnskabsteori er særligt to begreber vigtige:

Ontologi, det filosofiske område, som beskæftiger sig med spørgsmål om, hvad verden grundlæggende består af.

Epistemologi, det filosofiske område, som beskæftiger sig med, hvordan vi kan erkende verden omkring os, og hvad denne erkendelse gør os i stand til at vide om verden.

Den klassiske fysik er den fysik, som er blevet ført i langt størstedelen af fysikkens historie, og som havde sit grundlag i de gamle grækeres overvejelser og begyndende eksperimenter om naturens og virkelighedens beskaffenhed.

På den baggrund er den klassiske fysik bygget på vores dagligdags observationer af naturen og disses forhold til virkeligheden. Her antager man tre grundlæggende typer af realisme; *ontologisk realisme*, der betyder, at de ting, vi observerer, er faktisk eksisterende, *epistemisk realisme*, ifølge hvilken vi kan opnå objektive sande påstande om virkeligheden, og *semantisk realisme*, der siger, at kendsgerningen eksisterer før ytringen og dermed er sand, ligegyldigt om den bliver sagt eller ej. Videnskabeligt betyder det eksempelvis, at naturlovene eksisterer ligegyldigt, om de bliver formuleret af nogle organiske væsner på en lille H₂O-rig planet i Mælkevejen eller ej. Foreningen af disse tre realismer i forbindelse med forståelsen af videnskabelige teorier giver os klassisk videnskabsrealisme [1].

Den klassiske videnskabsrealisme

Klassisk videnskabsrealisme hviler altså kort sagt på, at virkeligheden er, som vi observerer den, består af de ting, som vi observerer, og at sandhedsværdien af disse ting er uafhængig af vores observation af og bevidsthed om dem. Dette videnskabsrealistiske erkendelsesgrundlag fører desuden frem til fire ontologiske principper;

Værdibestemthedsprincippet betyder, at værdien af et systems egenskaber ikke er overladt til tilfældighederne, men er en egenskab ved selve systemet. Det betyder fx, at massen af et legeme ikke ændrer sig imellem målinger, hvis ikke der er blevet ændret på legemet.

Kontinuitetsprincippet siger, at et systems tilstandsændring er kontinuert. Når et legeme ændrer sig fra tilstand *A* til *B*, så vil det have gennemløbet alle tilstande

imellem *A* og *B*.

Årsagsprincippet betyder, at alle virkninger har en årsag og ikke sker spontant, uden grund.

Determinismeprincippet siger, at alle fremtidige tilstande af et system er komplet bestemt på baggrund af systemets tidligere tilstand.

Det er determinismeprincippet, som ligger til grund for idéen blandt fysikere om, at man i princippet vil kunne bestemme både fremtidige og fortidige tilstande af universet, hvis man blot kan beskrive dets nuværende tilstand eksakt. Her bemærkes også forskellen på forudsigelighed og determinisme: Determinisme omhandler selve systemets opførsel, mens forudsigelighed omhandler vores mulighed for at beskrive systemet. Et system kan godt være deterministisk, men uforudsigeligt, fordi det er principielt umuligt – eller bare meget svært – for os at beskrive systemet eksakt til ét tidspunkt. Det er netop tilfældet ved kaotiske systemer, som vejret.

Alle disse principper stammer fra den grundlæggende antagelse, som den klassiske fysik hvilede på, at vores mulighed for at iagttage verden gør os i stand til at lave en objektiv beskrivelse af virkeligheden. En objektiv beskrivelse af virkeligheden kræver, at man iagttager verden, som den er i sig selv, og derfor kun på kontrolleret vis påvirker den virkelighed, man undersøger, hvilket man mente var tilfældet i den klassiske fysik [2].

Alle disse principper virker intuitivt rigtige, og i lang tid havde man heller ikke grund til at sætte spørgsmålstegn ved dem. Denne historie skulle hurtigt blive en anden, da Bohr i 1913 introducerede sin atommodel for hydrogenatomet.

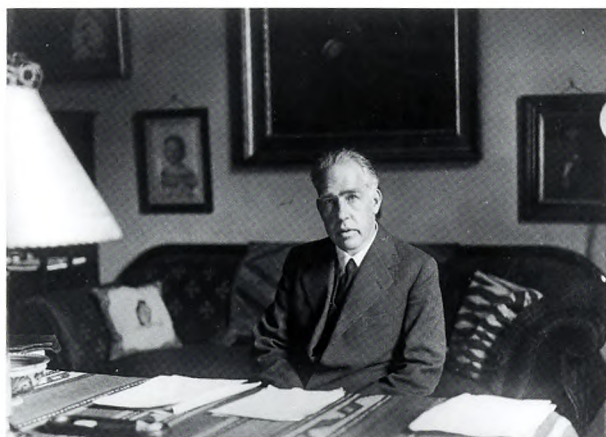
Kvantefysikkens brud med det klassiske

Allerede Bohrs semiklassiske atommodel brød nemlig med tre af de fire ontologiske principper. Det er tydeligt, at kvantefysikken giver et markant andet grundlag for vores erkendelse og dets forhold til virkeligheden end den klassiske fysik gjorde.

Selve kvantepostulatet – det ene af to postulater, som modellen hvilede på – bryder med kontinuitetsprincippet. Postulatet siger, at en bunden elektron kun kan være i ganske bestemte stationære tilstande, hvorfor det ikke er muligt for elektronen at lave en kontinuert tilstandsændring, men *kun* en diskret ændring. Desuden kan en elektron spontant ændre energitilstand, og dermed bryde med årsagsprincippet. Også determinismeprincippet må vige, da det ikke er

muligt at forudsige hvilken energitilstand, en elektron vil ændre sig til på baggrund af tidligere tilstande – vi kan kun sige noget om sandsynligheden for, at elektronen vil ændre sig til forskellige, mulige tilstande. Her er endda blot tale om en semiklassisk teori! Den endelige formulering af kvantemekanikken bryder med værdibestemthedsprincippet, da man ikke kan være sikker på at få det samme måleresultat, når den samme egenskab måles på et system, som det fx er tilfældet med lysets polarisering eller en elektrons spin.

Særligt bruddet med determinismeprincippet er et hårdt slag for den klassiske fysiker, som har svært ved at forlige sig med, at virkeligheden ikke skulle være ordnet og styret efter deterministiske processer.



Figur 1. Niels Bohr i 1935.

Bohrs komplementaritet og superposition

Denne udlægning af Bohrs model for hydrogenatomet læner sig op ad Københavnerfortolkningen, som i høj grad præger vores forståelse af kvantemekanikken i dag. Et af de vigtigste elementer i Bohrs Københavnerfortolkning er *komplementaritetsprincippet*. Dette princip fortæller os, at der i naturen er en *komplementær* forbindelse imellem en kausal- og rum-tidslig beskrivelse af et system. Her omtaler en kausalbeskrivelse et systems impuls og energi, da disse er forbundet med bevarelssætninger, imens en rum-tidslig beskrivelse indeholder de tidslige- og rumlige koordinater. Dette komplementære forhold beskrives ved Heisenbergs ubestemthedsprincip.

Hvis vi tager udgangspunkt i et systems bevægelsesmængde og rumlige koordinater, så betyder det komplementære forhold, at systemets samtidige placering og bevægelsesmængde er gensidigt udelukkende, men samtidig gensidigt udtømmende. Det er udelukkende, fordi vi, når vi vælger den ene beskrivelse, udelukker at kunne bruge den anden beskrivelse. Det er udtømmende, fordi vi er afhængige af muligheden for at *kunne* benytte begge beskrivelser til fuldstændigt at beskrive de fænomener, et system kan udvise. Man kan sige, at vi i den enkelte situation, altid er begrænsede til en enten kausal- eller rum-tidslig beskrivelse, men at den enkelte beskrivelse aldrig vil kunne redegøre fuldstændigt for et systems fænomener. Det komplementære forhold imellem et systems bevægelsesmængde og rumlige koordinater hænger intimt sammen med

partikel-bølge-dualitet. En partikel besidder netop en veldefineret rumlig beskrivelse, imens en bølge besidder en veldefineret bevægelsesmængde eller energi.

Bohr forstod dette komplementære forhold som *ontologisk* – ikke epistemisk. Det betyder, at den begrænsede viden vi kan få om et systems samtidige kausale og rum-tidslige egenskaber ikke bundes i en klodsethed i vores apparatur – en form for mindste forstyrrelse, som vi giver systemet, når vi måler på det. Nej, det er fordi selve systemet ikke er nærmere defineret, end det beskrives af ubestemthedsprincippet; der er altså tale om en ubestemthed ved selve naturen! Det betyder, at når fysikeren foretager en måling, er han tvunget til at *vælge*, om han ønsker en veldefineret kausal eller rum-tidslig beskrivelse.

Også forståelsen af superposition er vigtig for Bohr. Han forstod superpositionen som den mest komplette beskrivelse af et systems tilstand. Hvis en foton polariseres beskrives som værende i en superposition, mente Bohr, at *før* der er foretaget en måling, er det meningsløst at snakke mere specifikt om fotonens polarisation – der er ikke nogen klassisk veldefineret polarisationstilstand at kende. Først *efter*, at der er foretaget en måling, er fotonens polarisation i en entydigt veldefineret tilstand i klassisk forstand. Den polarisation, vi måler af fotonen, er altså ikke udtryk for egenskaber hos fotonen, som den er i sig selv, men udelukkende som den opfører sig i kontekst af vores forsøgsopsætning. Der er altså tale om en kontekstuel egenskab, ikke en objektiv [3].



Figur 2. Werner Heisenberg og Niels Bohr i 1934.

Dette er vigtigt for at forstå de filosofiske konsekvenser, Københavnerfortolkningen har. Bohrs forståelse af komplementaritet og superposition betyder nemlig, at når vi undersøger naturen, kan vi ikke undgå at påvirke den. Når vi måler et system, påvirker vi hvordan det komplementære forhold imellem kausal og rum-tidslige egenskaber ved systemet skal "forskydes", og ligeledes "tvinger" vi en partikel i superposition til at antage en klassisk veldefineret tilstand. De egenskaber, vi måler hos systemer og partikler, er derfor ikke indlejrede, objektive egenskaber, men blot "svar" på de spørgsmål, vi stiller dem. Ifølge Bohrs Københavnerfortolkning må man derfor konkludere, at vores iagttagelsessituation ikke gør os i stand til at lave en objektiv beskrivelse af verden.

I den forbindelse skal det kort bemærkes, at Bohr aldrig talte om et kollaps af bølgefunktionen, som andre tilhængere af Københavnerfortolkningen gjorde, fx Heisenberg. Bohr mente ikke, at der lå en fysisk realitet bagved bølgefunktionen, og derfor heller ikke bagved noget kollaps af denne. Han mente, at bølgefunktionen skulle forstås rent symbolsk, i modsætningen til andre fysikere, som har været præget af en stærk *matematisk realisme* i deres fortolkning af bølgefunktionen.

Alternative fortolkninger

Den filosofiske konsekvens af Bohrs Københavnerfortolkning var en stor mundfuld at sluge for de klassiske fysikere på Bohrs tid – og det er det stadig for mange fysikere i dag. Der er derfor gjort flere forsøg på alternative fortolkninger. Her vil vi komme ind på filosofien i to af disse fortolkninger: skjult-variabel-fortolkningen og mange-verden-fortolkningen. Fysikken i disse fortolkninger er blevet behandlet i tidligere udgaver af Kvant [4].

Disse alternative fortolkninger (som det også er tilfældet med langt de fleste af dem, som ikke dækkes her), søger helt eller delvist at genfinde den klassiske videnskabsrealisme og dets principper i den kvantemekaniske formalisme.

Skjult-variabel-fortolkningen søger særligt at genfinde determinismeprincippet i sin fortolkning. Den antager, at kvantemekaniske systemer blot fremstår probabilistiske, fordi de er styret af nogle, for os ukendte, variable. Hvis vi kendte disse, ville vi kunne forudsige det kvantemekaniske systems fremtidige tilstande på samme måde, som vi kan med det klassiske. Der vil derfor heller ikke være grund til at betvivle, at vores iagttagelsessituation skulle gøre os i stand til at beskrive virkeligheden objektivt. Det interessante ved skjult-variabel-fortolkningen er, at John Stuart Bell i 1964 faktisk fandt ud af, at deterministiske og probabilistiske systemer grundlæggende har forskellige sandsynlighedsfordelinger. Derfor giver skjult-variabel-fortolkningen en anden empirisk forudsigelse end en Københavnerfortolkning, hvilket kan testes. Her kommer Bells ulighed ind i billedet, som omtalt i en tidligere udgave af Kvant [5].

Mange-verden-fortolkningen derimod, hviler først og fremmest på en høj grad af matematisk realisme. Når den matematiske formalismes probabilisme falder sammen i mødet med det konkrete måleresultat, så fortolkes dette "kollaps af bølgefunktionen", som en helt reel fysisk proces, hvori vores univers spaltes og alle de mulige måleresultater realiseres i hvert sit parallelle univers. Mange-verden-fortolkningen er et forsøg på en stærk semantisk realisme, da et legemes tilstand som superpositioneret forstås helt konkret, og desuden en realistisk ontologi, da alle legemer ses som faktisk eksisterende. Her mangler vi dog en realistisk epistemologi, da vi ikke er i stand til at detektere disse mange andre verdener. Filosofiske betænkkeligheder ved denne fortolkning kan læses mere om i [2, side 124–132]. Desuden et fysisk perspektiv på den i [4].



Figur 3. Indgangen til Heisenberg-Gymnasium i Hamborg.

Københavnerfortolkningen og videnskabsrealisme

En anden interessant ting at undre sig over er, om Københavnerfortolkningen kan anerkende en anden form for videnskabsrealisme end den klassiske.

Vi kan undersøge dette spørgsmål ved at overveje Københavnerfortolkningens forhold til de forskellige grene af realisme. Epistemisk realisme bliver afvist, da Københavnerfortolkningen netop modsætter sig, at vi er i stand til at få begrundet sand, objektiv viden om verden. Semantisk realisme afvises også, da udsagn ikke altid vil være sande eller falske, da de begreber, vi benytter til at beskrive legemer, ikke udtrykker egenskaber ved selve legemet, men blot som vi sprogligt kan beskrive legemet. Der er derfor ikke en objektiv sandhedsværdi knyttet til udsagnet, før det er sagt og givet mening af os.

Hvad med ontologisk realisme? Det bryder Københavnerfortolkningen faktisk ikke umiddelbart med. Københavnerfortolkningen nægter ikke, at elektroner, fotoner og protoner eksisterer, tværtimod så viser den teoretiske og eksperimentelle succes af atomteorien i højeste grad, at atomer faktisk eksisterer. Københavnerfortolkningen kan altså godt acceptere visse realistiske principper.

Hvilken videnskabsrealisme kan dette give os? Et bud er en pragmatisk videnskabsrealisme. Her møder ontologisk realisme den pragmatiske skole. En pragmatisk videnskabssteori henholder sig til, at videnskabens opgave udelukkende er at give en *præcis beskrivelse af de direkte observerbare dele af verden*. En teori som opfylder dette siges så at være *empirisk adækvat*, hvilket betyder, at teorien i tilfredsstillende grad kan beskrive hele empirien indenfor dens domæne. En pragmatisk videnskabssteori alene er dog ikke realistisk, da den ikke mener, at spørgsmålet om ikke-direkte observerbare entiteters eksistens, fx elektroner og fotoner, er inden for videnskabens domæne eller interesse [1]. Her bidrager den ontologiske realisme med at anerkende eksistensen af disse. Den pragmatiske videnskabsrealisme mener således ikke, at tingene i virkeligheden eksisterer, fordi den videnskabelige teori forudsiger det, men *fordi vi kan bruge dem* [2]. Atomer eksisterer, fordi de giver en præcis og brugbar beskrivelse af, hvordan den mikroskopiske verden hænger sammen. Vi bruger atomer til at opfinde nye materialer og kreere altødelæggende

våben med, derfor har vi ingen grund til at betvivle deres eksistens. Det er dét, som videnskabelige teorier beskriver ifølge en pragmatisk realist; den virkelighed, som fungerer. Vi kan også spore denne tilgang til videnskaben i Bohrs egne udtalelser:

at der ved naturbeskrivelsen ikke er tale om at afdække fænomenernes egentlige væsen, men kun om i størst muligt omfang at efterspore sammenhæng i vore erfarings mangfoldighed [3].

Denne måde at tænke videnskabens rolle er de senere år blevet mere og mere dominerende, særligt inden for andre videnskabelige discipliner end fysik. Det er nok også mest for den klassiske fysiker, at denne videnskabsrealisme kan forekomme reducerende og mangelfuld – og mon ikke vi alle går rundt med en lille klassisk fysiker i maven?

Hvad kan fysikeren bruge filosofien til?

Historien om kvantemekanikkens udvikling viser fysikeren, hvordan man aktivt kan bruge filosofiske overvejelser og principper i sit videnskabelige virke. Når fysikeren overvejer det epistemiske og ontologiske grundlag for sit videnskabelige virke, kan han både adskille de filosofiske antagelser fra sit empiriske og teoretiske grundlag, men han kan også aktivt bruge disse overvejelser til at nå endnu dybere ned i forståelsen af de forudsigelser og resultater, han får. Det var netop det Bell gjorde, da han udledte sin ulighed; Bell transformerede en filosofisk antagelse til en empirisk forudsigelse.

På den måde kan fysikeren se filosofien som et metodisk værktøj, der gør ham i stand til at undersøge sine videnskabsteoretiske antagelser, og bruge dette til at komme endnu dybere ned i virkeligheden.

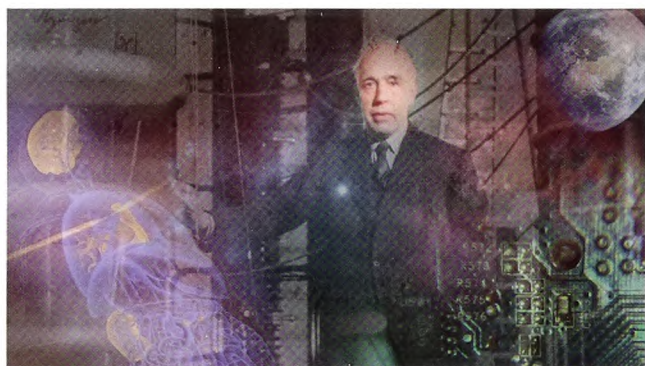
Litteratur

- [1] P. Godfrey-Smith (2003) "Theory and Reality" side 174, The University of Chicago Press.
- [2] J. Faye (2010) "Kvantefilosofi", Aarhus Universitetsforlag.
- [3] N. Bohr (2013) "Niels Bohr: Filosofiske Skrifter", bind 1, Forlaget Philosophia.
- [4] K. Mølmer (2021) "Kvantemekanikkens fortolkninger", *Kvant*, bind 32, nr. 2, side 21–25.
- [5] J. Myrheim (2021) "Kvantemekanisk sammenfiltrering – Bells uligheder", *Kvant*, bind 32, nr. 4, side 22.–26.



Emil Charlie Lind-Thomsen er fysikstuderende på Niels Bohr Institutet. Han har været på et to ugers studieophold på CERN og kvalificeret sig til den Internationale Fysikolympiade 2022. Han er særligt interesseret i kvantemekanik fra en kombineret fysisk og filosofisk vinkel. Denne artikel er baseret på hans SRP i fysik og filosofi.

På skuldrene af Bohr – ny videnskabsserie



Kvants læsere har ikke kunnet undgå at bemærke, at det i år er 100 år siden, at Niels Bohr modtog Nobelprisen i fysik. Niels Bohr var i øvrigt præsident for Videnskaberne Selskab i en årrække, og nu afslutter Videnskaberne Selskab Bohr-fejringen med en filmserie, der samler trådene mellem videnskabsmanden Niels Bohr, hans forskning og ikke mindst forskningslandskabet i dag, 100 år senere.

Serien havde premiere på DR2 den 18. november og består af i alt seks afsnit på hver ca. 15 minutter. Serien er produceret af produktionsselskabet Booms-hanka Productions, der har mere end 20 års erfaring med tilrettelæggelse og produktion af videnskabeligt tv, og den kan ses på https://www.dr.dk/drtv/serie/paa-skuldrene-af-bohr_336797

Seriens emner har alle berøring med de tanker, Niels Bohr gjorde sig. Den første af filmene ser således på begrebet tid. For hvad er tid i virkeligheden? Er tiden overhovedet til, eller er den bare noget, vi bilder os ind? Det næste afsnit handler om, hvordan vi bruger stråling og radioaktivitet til at redde liv, og det tredje afsnit handler om, at universet ikke er uendeligt – men hvad er der så på den anden side? De sidste dele beskæftiger sig med supercomputere, teleportation og Higgsfeltet.

Serien om Bohr er en fortsættelse af en tidligere serie "På skuldrene af Ørsted", som blev produceret i anledning af 200-året for Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen i 1820.

Physics Book and Journal Collection

- ▶ Check out over **100** new and forthcoming titles in 2022 & 2023
- ▶ Enjoy exclusive year-end deals
- ▶ Find high-quality journals to read and publish in

30% OFF min. **2 books** with code **WSNEW23**

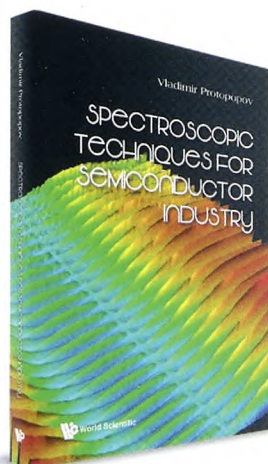
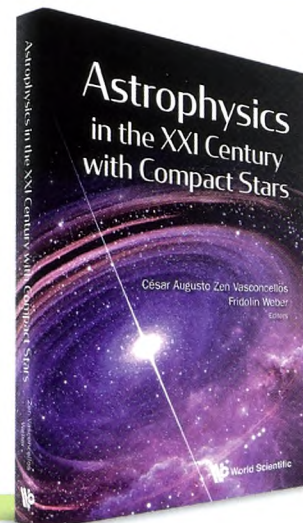
Valid til **Jan 15, 2023**

Astrophysics in the XXI Century with Compact Stars

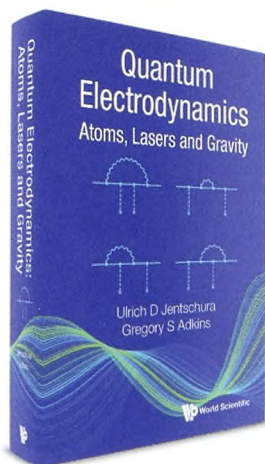
edited by **César Augusto Zen Vasconcellos** (*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil & ICRANet, Italy*), **Fridolin Weber** (*San Diego State University, USA*)

There are reasons to believe the 21st century will be the best ever for astrophysics: the James Webb Space Telescope will extend nearly twenty times the present observational limit of visible light; neutrino massiveness opens a new window for exploration on dark matter physics; gravitational waves produced at the birth of the Universe and by compact stellar objects have unveiled a new area of astronomy. Against this background, compact stars, the theme of this volume, present unique astrophysical laboratories for probing the fabric of space-time and the building blocks of matter and their interactions at physical regimes not attainable in terrestrial laboratories.

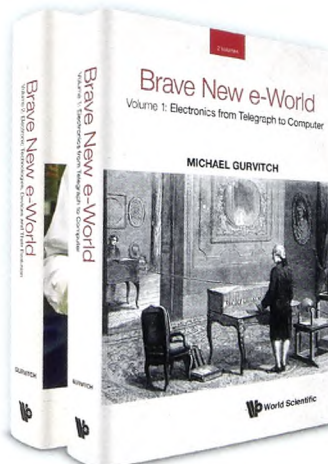
352pp | Nov 2022



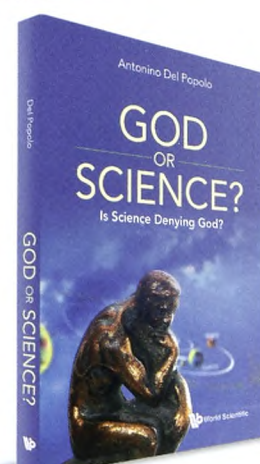
by **Vladimir Protopopov**
(*Samsung Electronics
Mechatronics Center,
South Korea*)



by **Ulrich D Jentschura**
(*Missouri University of Science
and Technology*) &
Gregory S Adkins (*Franklin &
Marshall College*)



by **Michael Gurvitch**
(*Stony Brook University, USA*)



by **Antonino Del Popolo**
(*University of Catania, Italy*)

Discover more new books at
bit.ly/wsphy23



Find the resources beneficial for your academic community?
Recommend them to your librarian

For orders or enquiries:

USA | Tel: 1-201-487-9655 | E-mail: wspc_us@wspc.com

UK | Tel: 44-20-7836-0888 | E-mail: direct.orders@marston.co.uk

ASIA | Tel: 65-6466-5775 | E-mail: sales@wspc.com

 **World Scientific**
Connecting Great Minds

International Journal of Modern Physics B

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

Editor's Pick

Manipulation of the topology and solid-state spin using a mechanic-based hybrid system
Wen-Tao Huang et al. | **Mar 2022**

Modified nonlinear Schrodinger models, CPsTd invariant N-bright solitons and infinite towers of anomalous charges
Blas, H; Maguina, MC and dos Santos, LF | **Sep 2021**

Find more featured articles at
www.worldscientific.com/ijmpb



2021
Impact Factor
1.404



Arven efter Niels Bohr – var der mere?

Claus Münchow

I år har vi fejret 100-året for Bohrs Nobelpris, som han fik for sit arbejde med atomernes struktur. Efter kvantemekanikkens totale succes som grundlag for beregninger mangler der stadig en forståelse af hvad kvantemekanikken overhovedet fortæller os om den verden, hvoraf vi selv er en del. Her så Bohr forløsende, men ikke inddraget som en del af kvantemekanikken, at komplementaritet er svaret. Herom siger Abraham Pais: “Hvordan kan det være at komplementariteten ... som Bohr selv anså for sit vigtigste bidrag, ikke nævnes i nogle af de bedste lærebøger i fysik...?” [1, side 29].

Kvantemekanikken virker, men fundamentalt forstår vi den ikke. Hør hvad Nobelpristager og en af de mest indflydelsesrige fysikere i det 20. århundrede med uvurderlige bidrag til teorien for kvanteelektrodynamik, Richard Feynman, siger:

Jeg mener jeg med sikkerhed kan sige, at der er ikke nogen der forstår kvantemekanik... Lad være med at blive ved med at sige til dig selv “Jamen hvordan kan det lade sig gøre?” for du bliver trukket ind i en blindgyde hvorfra ingen endnu er undsluppet. Ingen ved hvordan det kan lade sig gøre” [2].

Lad være med at spørge – en særpræget videnskabelig doktrin.

Men i begejstringen over, hvad kvantemekanikken kan præstere instrumentelt, har man levet med det, ja, ligefrem arbejdet efter devisen “hold kæft og regn!” Og således foregår der nu en rivende udvikling udnyttende særlige kvanteeffekter, kvantemekanisk sammenfiltrering m.m., om hvilke man kan gentage “Ingen ved hvordan det kan lade sig gøre”.

Bohr skiller sig ud – og får medhold

At kvanteeffekter ikke kan forstås med den klassiske fysiks synsmåde, stod klart for Bohr straks ved kvantemekanikkens fødsel. Her udtænkte han komplementaritetsprincippet, som er blevet det filosofiske særkende for den nye tænkemåde, som, videre udbygget, neutraliserer de ovenfor nævnte problemer.

Den legendariske strid mellem Bohr og Einstein handlede om netop dette. En delvis historisk gennemgang heraf vil kunne kaste lys over, hvad der adskiller kvantefysikkens erkendelsesvilkår fra den klassiske fysiks, samt Bohrs helt enestående intuitive tilgang til denne særlige indsigt.

Diskussionerne mellem dem startede ved Solvaykongressen i 1927 og varede livet ud. Mange tankeeksperimenter blev konstrueret som grundlag for diskussionerne. Men der manglede en mulighed for at afgøre sagen med et faktisk eksperiment. At et sådant kunne etableres blev i 1964, to år efter Bohrs død, opdaget af John Stewart Bell. Det var en virkelig inspirerende udfordring for dygtige eksperimentalfysikere. De er kommet på stribet, og tre af dem har delt dette års nobelpris i fysik, John F. Clauser (eksperimentet gennemført i 1972),

Alain Aspect (i 1982) og Anton Zeilinger (i 1997). Deres eksperimenter har alle vist, at klassiske mekanismer er uforenelige med den kvantemekanik, som faktisk virker! Det var voldsomt. Da Aspect præsenterede sit resultat, udtrykte han stærk forbløffelse, og Bell optræder på nettet med erkendelsen: “Jeg har igen og igen læst de steder i Bohrs tekster hvor jeg mener han forsøger at forklare udfaldet. Det er sort snak for mig.”

Hvor får Bohr sit på tværs af al forventning sejrende standpunkt fra?

Det kan vi belyse ved at vende tilbage til to perioder, hvor han i særlig grad fandt vej i et rent kaos.

Bohrs intuitive tilgang

Vi starter ved de såkaldte Bohr Festspiele i Göttingen i 1922. Det var år med stor forvirring og usikkerhed. Men der strømmede spændende rygter fra København om atomernes opbygning, og Bohr blev inviteret til at holde syv forelæsninger om de forunderlige fremskridt, der var opnået.

Her mødte Heisenberg Bohr første gang. Han beretter derfra:

For første gang forstod jeg, at Bohrs syn på hans egen teori var meget mere skeptisk end mange andre fysikers ... og at hans indsigt i teoriens struktur ikke var et resultat af en matematisk analyse af de grundlæggende antagelser, men snarere af en intens besættelse af de faktiske fænomener, således at det var muligt for ham at fornemme intuitivt i stedet for at udlede formelt. Således forstod jeg: viden om naturen er primært opnået på denne måde, og kun som det næste skridt kan man lykkes med at udtrykke sin viden på matematisk form, og dermed udsætte den for en rationel analyse. Bohr var primært en filosof, ikke fysiker ...” [3].

Det er meget betydningsfulde træk ved Bohrs tænkning den unge Heisenberg her oplevede og senere med stor træfsikkerhed sætter ord på. Og det er bemærkelsesværdige ord, for Heisenberg satte i andre sammenhænge Bohrs fysik meget højt. Heisenberg synes at udtrykke, at Bohr opnåede sine fysiske indsigter i samspil med en særlig intuition, som Heisenberg kalder filosofisk. Det er den, vi følger op på her.

I Göttingen præsenterede Bohr et korrespondensprincip, en metode som lader ny og gammel beskrivelse mødes i det ydre atom. Her grænser det kvantiserede atom op mod den kontinuerte klassiske beskrivelse. Derved kunne værdier i det kvantiserede atom ved grænseovergange bestemmes ud fra den etablerede klassiske beskrivelse. Det var et ad hoc princip, og det blev kaldt en tryllestav, som kun virkede i København. Men med staven i Bohrs hænder fremkom resultaterne. Foredragene efterlod en sindsoprevet flok fysikere. Der var rene refusanter, kritiske skeptikere, positivt nysgerrige og vakte begejstrede, stort set følgende aldersfordelingen fra de ældre til de yngre. Max Born fra midtergruppen, som senere blev en produktiv medarbejder, sagde: *“Det er alt sammen så dybt sært og utroligt, men denne danske fysiker ligner i den grad et originalt geni, at jeg ikke tør nægte at der kan være noget i det”* [1, side 176].

Det var også om det arbejde Einstein senere sagde: *“At dette usikre og modsigelsesfyldte grundlag var nok til at en mand af Bohrs enestående instinkt og takt kunne opdage de overordnede love ... forekom mig at være et mirakel, selv i dag [1949]. Dette er den højeste form for musikalitet i tankens sfære”* [1, side 196].

I disse år var vi midt i den utvivlsomt mest intense og fascinerende periode i naturvidenskabens historie. På helt bar bund skulle en ny fysik formuleres. Det var en tid med grænseløse udfordringer og uden forhåndsgivne grænser for idéerne og derfor også med mange vildskud. Men efterhånden fremstod en stor mængde eksperimentelle data med tilhørende teoretiske udlægninger. Og frem af tågerne trådte efterhånden ansatser til en samlende teoretisk beskrivelse.

I løbet af efteråret 1926 og de første måneder af 1927 fandt et gennembrud sted på Bohrs institut i København. Store forskelle og stor gensidig respekt var brændstoffet, der førte Bohr og Heisenberg stadig dybere ind i de helt nye udfordringer. Heisenberg, matematikeren, havde sin beskrivelse som var partikelbaseret, og den virkede. Den mente han derfor, de burde kunne enes om. Men det var Bohr slet ikke parat til. De havde netop haft besøg af Schrödinger, som havde en beskrivelse, som var bølgebaseret. Den virkede også! Bohr: *“Selv ikke den matematiske formalisme hjælper. Jeg må først forstå hvordan naturen undgår modsætninger”* [1, side 322]. Modsætningerne var, at naturens grundbestanddele kunne træde frem både som partikler og bølger. Den dualisme ville Heisenberg først afvise. Men Bohr mente, at den afslørede et afgørende vilkår for vores kontakt med den atomare verden. Udfordringerne og uoverensstemmelserne gik dem på i en grad, så der måtte ske noget drastisk. Så viste Bohrs særpregede arbejdsmetode(!) sig nok en gang: Han tog helt alene på fire ugers skitur i Norge, mens Heisenberg var glad for at blive ladet alene hjemme. For Bohr gjaldt det klar luft og højt til loftet. For Heisenberg var det papir og blyant. Men de månedlange intense diskussioner havde modnet to afgørende dele af løsningen hos dem. Med udgangspunkt i kvantemekanikken fandt Heisenberg sine ubestemthedsrelationer, og Bohr vendte hjem med den filosofiske ramme, komplementaritetsprincippet.

De supplerer hinanden perfekt.

Determinismen i den klassiske fysiks partikeldynamik kræver samtidig og præcis kendskab til en partikels position og impuls. Ubestemthedsrelationerne siger, at det ikke kan opnås. Jo nøjere kendskab man har til positionen, desto mere usikker er impulsen og omvendt.

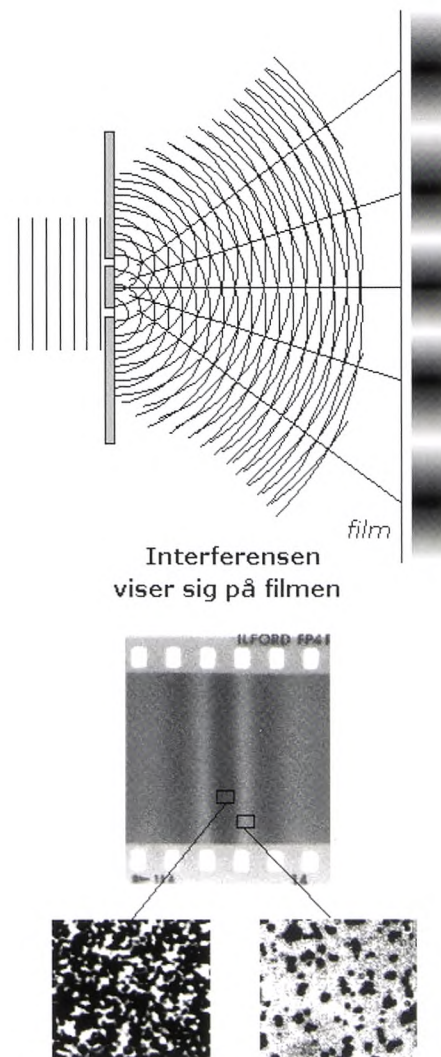
Ubestemthedsrelationerne var derfor den endelige afsked med determinismen og partikelopfattelsen af de atomare objekter.

Komplementaritetsprincippet var den filosofiske ramme inden for hvilken disse naturens nye træk kunne falde på plads.

Komplementaritetsprincippet

Komplementaritetsprincippet åbnede for en ny mulighed: Det er logisk uangribeligt at håndtere modstridende erfaringer, når blot de ikke kan forekomme samtidigt. Så er de nemlig kun *tilsyneladende* modstridende.

Dobbeltspalteeksperimentet er den eksemplariske forsøgsopstilling til behandling heraf, og det er også det eksperiment, som får Feynman til at advare mod at tænke [sic]. På figur 1 vises resultatet af et forsøg med fotoner udført af min søn, da han gik i 3.g.



Figur 1. Øverst ses dobbeltspalteeksperimentet udført med fotoner. I midten ses negativet af den fotografiske film og nederst to forstørrede udsnit. Eksperimentet er udført i 3.g. af Morten Münchow.

Det forløber fuldstændigt ens for fotoner og elektroner. (Teksten bruger elektroner, for det er mere udfordrende, for så kommer man til at tænke på selvstændige partikler – og så opstår Feynmans dilemma!)

En strøm af elektroner sendes fra venstre på figuren ind mod en dobbeltspalte. Om end de registreres punktvis, dvs. som partikler på en fotografisk plade (*film* på figuren, se nederste forstørrelse), illustreres de som bølger. For undervejs har de optrådt som sådanne. De lander nemlig som resultat af bølgeinterferens bag spalterne. Elektronerne kan afskydes enkeltvis, så den enkelte elektron må, helt absurd, hvis elektroner opfattes som partikler, have passeret gennem begge spalter, for den har tilsyneladende interfereret med sig selv inden den landede som partikel på den fotografiske plade.

Men: Hvis man prøver at spore elektronen ved spalterne, og det kan man, så finder man den som partikel passerende gennem kun den ene af spalterne, og samtidigt forsvinder bølgeadfærden, altså striberne. Vi kan ikke på én gang registrere elektronen som både partikel og bølge nogetsteds. Dermed modsiger naturen ikke sig selv. *Det er essensen i komplementaritetsprincippet, og det er en helt ny logisk mulighed.*

“*Jamen hvordan kan det lade sig gøre?*” Heisenbergs ubestemthedsrelationer er kvantemekanikkens teoretiske forklaring på denne situation. At registrere hvilken spalte elektronen opfattet som partikel går igennem på vej hen til sit nedslagspunkt, kræver en så nøjagtig bestemmelse af impulsoverførsel til spalten, at dens position bliver så unøjagtig, at grundlaget for interferens forsvinder. Dobbeltspaltforsøget er altså helt i overensstemmelse med kvantemekanikken.

En elektron er hverken en partikel eller en bølge. Hvad er den så?

Bohr siger det meget tydeligt i Atomfysik og menneskelig erkendelse [4, side 110]:

I kvantefysikken er ... en redegørelse for måleinstrumenternes funktioner uundværlig for definitionen af fænomenerne, og vi må så at sige drage skillelinjen mellem subjekt og objekt på en måde, der i hvert enkelt tilfælde sikrer den entydige anvendelse af de i meddelelserne benyttede elementære fysiske begreber. Langtfra at rumme en mod videnskabens ånd stridende mystik henviser betegnelsen komplementaritet blot til de med vor stilling ved beskrivelsen og sammenfatningen af erfaringerne på atomfysikkens område forbundne erkendelsesvilkår.

Bohrs snørklede udtryksfacon “*redegørelse for måleinstrumenternes funktioner [er] uundværlig for definitionen af fænomenerne,*” kan udlægges: I den udstrækning den atomare verden overhovedet træder frem for os, er vi selv via vores valg af måleopstilling afgørende for den viden, vi får.

Den nye grænse for vores forståelse

Efter 1938 [1, side 457] (skærpet i 1947) bruger Bohr begrebet fænomen som udtryk for den irreducible helhed

af en makroskopisk opstilling, hvori der opstår et signal forårsaget af den atomare verden. Enhver forestilling om, hvad der egentlig foregår hinsides fænomenerne, går i opløsning, når vi selv indgår definerende. Vi kan ikke trænge længere ind i verdens atomare ontologi, men må standse ved den epistemologiske udfordring.

Det afgørende helt nye er, at der indgår en uundgåelig selvreference i den atomare verdens fremtræden for os. Et andet sted i samme bog redegør Bohr for den sproglige udfordring (“fænomen” har stadig ikke helt fortrængt “objekt”) [4, side 37]:

Vi stilles her overfor et erkendelsesproblem, der er helt nyt inden for naturvidenskaben, hvor al beskrivelse af erfaringer hidtil har hvilet på ... at det er muligt skarpt at skelne mellem objekternes opførsel og de midler, hvormed de kan iagttages; en forudsætning, der jo ikke alene er fuldt berettiget ved alle dagligdags foreteelser, men tillige danner hele grundlaget for den klassiske fysik, der netop gennem relativitetsteorien har fundet så vidunderlig en afrunding.

Så snart vi imidlertid har at gøre med fænomener som de individuelle atomprocesser ... tvinges vi derfor til nærmere at undersøge karakteren af de oplysninger om objekterne, som der overhovedet kan blive tale om at vinde, og hvorledes disse oplysninger lader sig sammenfatte.

Et par Bohrcitater: “*Det er forkert at tro, at det er fysikkens opgave at finde ud af, hvordan naturen er. Fysik handler om hvad vi kan sige om naturen*”. Og “*Vi er ophængt i sproget*” [1, side 450 og 474].

Før var skillelinjen mellem iagttageren og den af iagttagelsen uafhængige verden, som således kunne beskrives *set udefra som det den er i sig selv*. Nu er skillelinjen mellem *helhedsfænomenet hvoraf vi selv er en del*, og vores sproglige redegørelse for vores erfaringer.

Det var så det! Einstein afslutter (sat på plads med Bohrs fulde anerkendelse!) den klassiske fysik, hvor iagttageren står uden for alting og iagttager en verden hvor entydighed og kausalitet gælder. Et stort flertal af fysikere og filosoffer kan stadig slet ikke forestille sig denne position anfægtet. Men hvis man vil i kontakt med verden, må man træde ind i den, og iagttagelse af verden indebærer et uundgåeligt element af selvreference.

Selvreference

Som nysgerrigt selvreflekterende menneske var Bohr siden sin ungdom inde på erkendelsesteoretiske problemer. Han var meget optaget af Poul Martin Møllers “En dansk students eventyr”, hvor licentiaten drukner i selvrefleksioner. Når han vil iagttage sit “jeg”, opdager han, at det må være et andet “jeg”, der iagttager det første, og i samme øjeblik må der være et tredje “jeg”, som iagttager de to, osv.

Licentiatens problem berører også det for videnskaben centrale forhold mellem subjekt og objekt. Bohr anbefalede nye medarbejdere at læse den bog som

introduktion til institutteres særlige filosofiske tilgang til fysikkens problemstillinger.

Mærkeligt nok har jeg aldrig set Bohr anvende ordet "selvreference". Komplementaritetsprincippet er imidlertid en følge af de vilkår, som selvreferencen betinger, og Bohr refererer til dem begge under betegnelsen komplementaritet.

Så når vi spørger om, hvor Bohr fik sit på tværs af al forventning sejrende standpunkt fra, så er det i mine øjne fra hans intuitive forståelse af, at den uundgåelige selvreference er et grænsesættende vilkår, når vi "*iagttager den verden hvoraf vi selv er en del.*"

Det er imidlertid en indsigt som ikke lader sig kvantificere og udtrykke i formler. Jeg tror mange derfor blot opfatter dette diktum som en charmerende kliché, som han vedvarende bare tilføjer sine skrifter.

Selv opfattede Bohr denne indsigt som sit vigtigste bidrag til eftertiden [1].

Den afventende anerkendelse

Om dobbeltspalteeksperimentet og kvanteeffekterne: "*Ingen ved hvordan det kan lade sig gøre.*" Nej! For dér har vi ingen adgang.

Bohrs forløsende indsigt på dette område venter stadig på at blive anerkendt.

Fysikere forsøger sig stadig med absurde forestillinger hinsides grænsen, mangeverdensfortolkningen, Bohms indfoldede orden, skjulte parametre m.m.

Det er mig dybt uforståeligt, ja, egentligt oprørende, at fysikere og filosoffer kan ignorere den totale afsløring af fejltænkning om os selv og verden som citatet af Feynman viser.

Dermed kaster jeg bolden videre, hvad angår komplementaritet i fysikken.

Men det standser ikke med fysikken.

Generel komplementaritet

Intet behøver at begrænse den komplementære logik til de kvantemekaniske udfordringer hvoraf den er udsprunget. Bohr opfattede komplementaritetsvilkåret som generelt gældende for os som iagttagere af den verden *hvoraf vi selv er en del* (ligesom Bohr synes jeg heller ikke, at det kan siges for tit). Det fremgår af adskillige forord til tekster og foredrag, hvor han udtrykker håb om, at forståelse af denne nye erkendelse kan finde anvendelse langt ud over den atomfysiske sammenhæng.

Atomfysik og menneskelig erkendelse [4] kan nævnes som et enkelt eksempel:

I forordet skriver Bohr:

Emnet for artiklerne er den erkendelsesteoretiske belæring, som atomfysikkens nyere udvikling har givet os og som kaster lys over vores stilling med hensyn til beskrivelse og sammenfatning på mange områder af menneskelig erkendelse.

og i indledningen skriver han

Den undersøgelse af forudsætningerne for entydig anvendelse af vores elementære

re begreber, som sammenfatningen af de atomare fænomener har nødvendiggjort, har derfor bud langt ud over den fysiske videnskabs egentlige område.

Han bidrog også med eksempler på områder, hvor vi nødvendigvis bruger komplementær tænkemåde, bl.a. retfærdighed/kærlighed, overvejelse/handling, oplevelse/analyse og – hvad mange tilhørere efter at have hørt Bohr nærme sig den endelige indsigt med fortvivelse kunne skrive under på – klarhed/sandhed.

I mine øjne er der tale om mere eller mindre almindelige afvejninger, som *er* komplementære. De udnytter imidlertid ikke for alvor muligheden for at finde nye løsninger på gamle problemer.

Den komplementære logik kan som en ren åbenbaring udnyttes i diskussionen om den frie vilje. Den går på om mennesket har en fri vilje til selv at vælge sin tilværelse, og dermed være ansvarlig for sine valg, eller om vi i virkeligheden indgår viljesløst, og altså uden ansvar, i verdens generelle determinisme.

Oplevelsen af at have en fri vilje er indiskutabel. Naturens universelle determinisme ligeledes. Den frie viljes problem har derfor plaget filosofien siden antikken.

En nærmere analyse af problemet afslører, at vores bevidsthed faktisk retter opmærksomheden skarpt adskilt enten udad mod den materielle verden eller indad mod sig selv. En komplementær behandling ligger lige for.

Altså kan vi realisere Bohrs visioner ved at give den frie viljes problem en konsistent komplementær behandling. Den komplementære logik fjerner modsigelserne og løser således problemet [5].

Litteratur

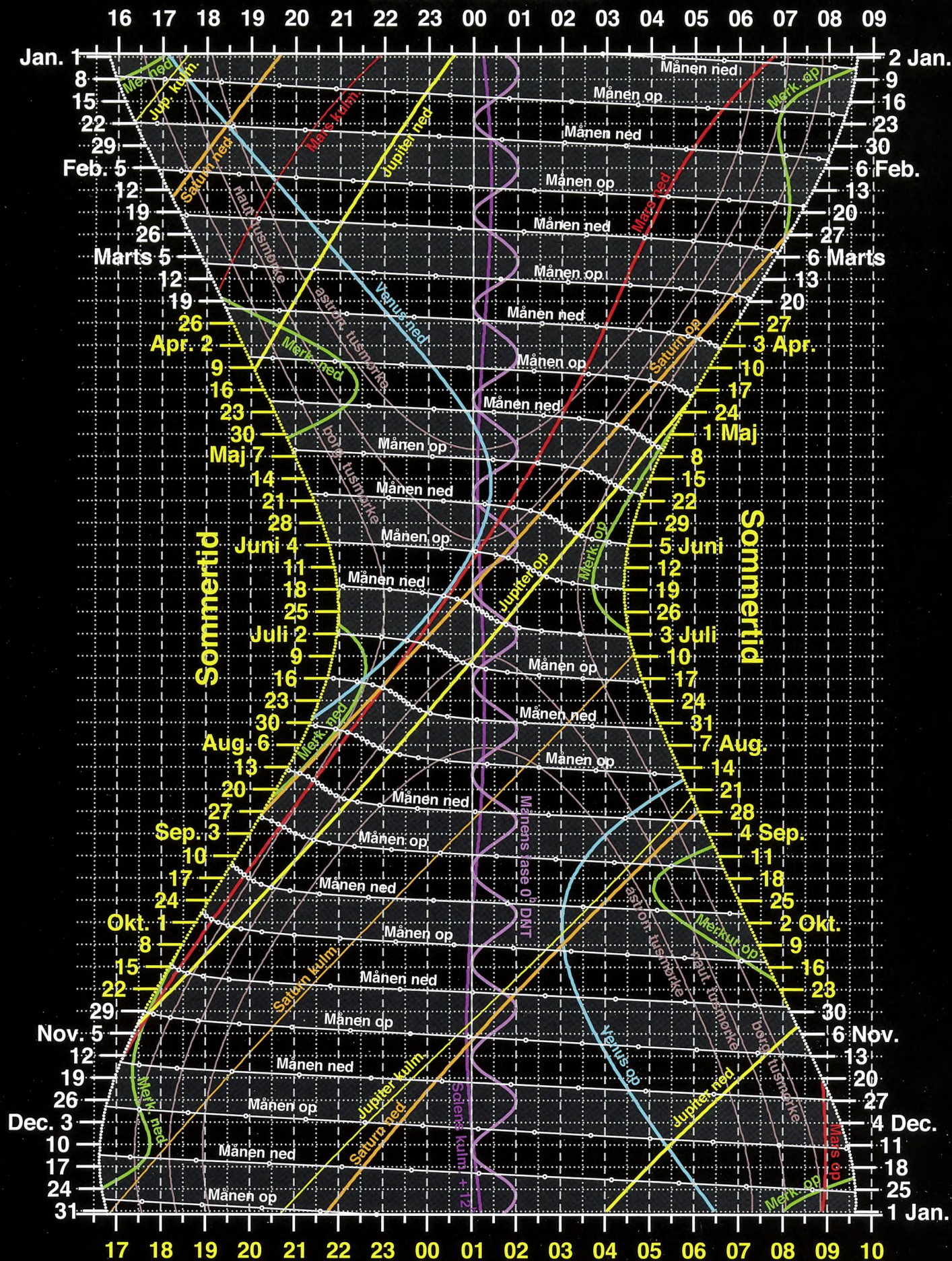
- [1] A. Pais (1994) "Niels Bohr og hans tid", side 29, Spektrum.
- [2] R. Feynman (1985) "The Character of Physical Law", side 129, The M.I.T. Press.
- [3] K. Stolzenburg (red.) (1984) "Niels Bohr Collected Works", bind 5, "The Emergence of Quantum Mechanics (Mainly 1924–1926)", side 92.
- [4] N. Bohr (1957) "Atomfysik og menneskelig erkendelse", J. H. Schultz.
- [5] <http://claus.munchow.net/Libet.htm>



Claus Münchow er tidligere lærer på Sønderborg Statsskole i fysik og matematik. Sluttede med et toårigt forløb i samarbejde mellem filosofi og fysik.

Planetkalender for København 2023

Dansk Normaltid

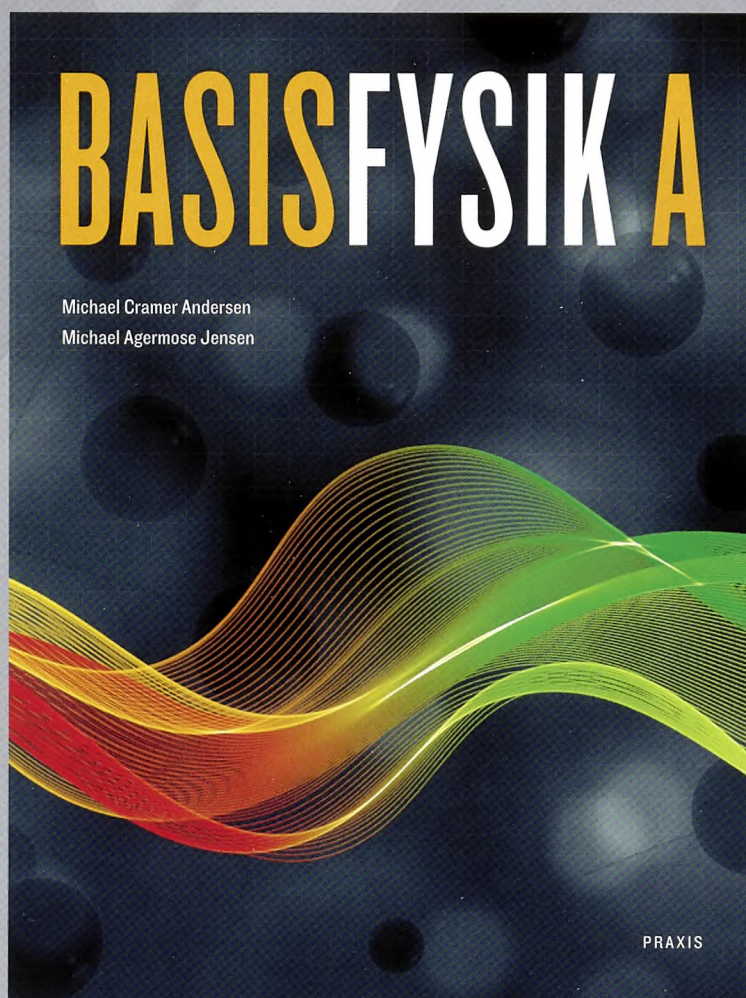


Beregninger og design: Martin Götz, København

© 2022 Martin Götz, <http://www.planetkalender.tk/>

BasisFysik A

Med udgivelsen af A-bogen er
BasisFysik nu komplet



BasisFysik A dækker sammen med *BasisFysik B* kernestoffet på fysik A stx. I tilknytning til bogens otte kapitler og appendiks gives forslag til 22 eksperimenter. Emnerne introduceres kort og præcist og følges op af eksempler, 'tænk selv'- og beregningsopgaver. Hvert kapitel afsluttes med en opsamling.

Serien BasisFysik består desuden af *BasisFysik C*, *BasisFysik C. Kernestoffet* og *BasisFysik B*. Lærebøgerne indgår i fagpakken til fysik, der også indeholder adaptive træningsmoduler og temaforløb. Yderligere info på www.fagpakker.dk.

Michael Cramer Andersen underviser i astronomi og fysik på Christianshavns Gymnasium.

Michael Agermose Jensen underviser i fysik og matematik på HF & VUC FYN, Odense.



Husk, at du med unilogin altid har adgang til bogen på online.praxis.dk



Af Michael Cramer Andersen og
Michael Agermose Jensen

343 sider

Trykt bog: Kr. 309,00

Ebog+ (1-årigt ab.): Kr. 39,00
ekskl. moms

Hvad er videnskab?

Jens Olaf Pepke Pedersen, DTU Space

Forholdet mellem forskere og befolkningen er under forandring. Indtil midt i 1900-tallet blev forskningen gerne set som en uafhængig og autonom kultur, hvor forskerne nød stor tillid og til gengæld producerede pålidelige resultater. Især i de seneste årtier har forskningen fået en mere central rolle i samfundet, hvor den beskæftiger sig med stort set enhver udfordring, som politikerne står overfor, men hvor politikerne også stiller krav til forskningen. Derfor er der i et demokratisk samfund god grund til at vide, hvad videnskab egentlig er, og hvad forskerens rolle består i. Det forsøger jeg i denne artikel.

År 2022 har budt på mange diskussioner om, hvad der egentlig er videnskab. Flere forskere har således klaget over Danmarks Radios satireprogram "Ellen Imellem", hvor det ser ud som om, at en journalist interviewer en række forskere, men i virkeligheden er det konspirationsteoretikere, som igennem en øresnegl stiller de spørgsmål, som kommer ud af journalistens mund. Det problematiske er ifølge de medvirkende forskere, at videnskab og synspunkter sidestilles i programmet.

Vi har også set, hvordan selv store statsledere ser bort fra faktuel viden og skaber deres egne "alternative fakta". På sociale medier promoveres fake news, og på universiteterne har pseudoforskningen alt for gode vilkår. Sidste år førte det helt usædvanligt til, at et stort flertal på Christiansborg fandt det nødvendigt at vedtage en erklæring med titlen "Om overdreven aktivisme i visse forskningsmiljøer", hvor politikerne erklærede, at "Folketinget har den forventning, at universiteternes ledelser løbende sikrer, at selvreguleringen af den videnskabelige praksis fungerer. Det vil sige, at der ikke forekommer ensretning, at politik ikke forklædes som videnskab, og at det ikke er muligt systematisk at unddrage sig berettiget faglig kritik."

En af de vedholdende kritikere af pseudoforskning er epidemiologen og lægen Torsten Skov, der både på sin egen blog [1] og i en ny bog med den korte titel "Pseudoforskning" har beskrevet, hvordan pseudoforskning og manglende videnskabskritik også flourer i den danske universitetsverden [1].

Videnskab og universiteter – en europæisk opfindelse

Udviklingen af videnskab og universiteter hører til blandt de helt store europæiske opfindelser. De første universiteter blev oprettet i Europa i det 12. århundrede med støtte fra den katolske kirke, og det er den eneste europæiske institution, der har bevaret sin grundlæggende funktion igennem århundrederne. Selvom alle store civilisationer har haft institutioner for højere uddannelse, har de europæiske universiteter været enestående i kraft af en høj grad af akademisk frihed.

Mange civilisationer som den kinesiske, den indiske og den arabiske-islamiske civilisation, har haft potentiale til at udvikle videnskab, men det naturvidenskabelige gennembrud er alene sket i Europa, hvor videnskaben byggede på tanker udviklet tilbage i det antikke Grækenland. Naturvidenskab er nemlig ikke blot et spørgsmål

om at mestre ingeniørmæssige teknikker eller udvikle instrumenter, men en metode til at tænke og handle på i studiet af naturen.

To græske opfindelser, nemlig det stringente bevis og det aksiomatiske system (hvor man udleder konklusioner ud fra nogle få grundlæggende antagelser), samt Aristoteles' filosofi om, at det observerede danner forudsætningen for meningsfulde sandhedskriterier, er stærke redskaber, som har dannet grundlag for naturvidenskaben samt for hele den moderne ingeniørkunst, der har bredt sig ud over jordkloden.



Figur 1. Verdens første universitet blev grundlagt i 1088 i den italienske by Bologna. Her er det tyske studerende i Bologna, der bliver optaget i de tyske studerendes forbund, "Natio Germanica Bononiae" (miniature fra 1497).

Kristendommen har ydet et afgørende bidrag ved at udvikle en tradition for at bruge fornuft og rationalitet til at forstå, fortolke og kritisere den kristne tro. De store forskere i middelalderen, renæssancen og oplysningstiden overtog det rationelle argument, som vi i dag nærmest betragter som en selvfølgelighed, og de fandt desuden inspirationen i deres kristne tro, fordi der i skaberværket var lovmæssigheder, de kunne afkode i naturen, og som det nærmest blev en kristen pligt at studere. I modsætning hertil gik den videnskabelige udvikling i den muslimske verden i stå i 1300-1400-tallet især på grund af religiøs modstand, hvor selve

formuleringen af naturlove var blasfemisk, fordi de begrænsede Allahs frihed til at handle, som han ville.

De kinesiske dynastier havde også akademier, hvor embedsmænd blev uddannet til at administrere det kæmpemæssige rige, men det var ikke institutioner, der tolererede selvstændig tænkning. Studenterne blev mestre i kalligrafi og kunne gengive store mængder kinesisk litteratur, men den intellektuelle udvikling stod stille i århundrederne.

Videnskabens grundlæggende betydning for samfundet

I dag er videnskab af grundlæggende betydning for vores højteknologiske samfund, som ikke ville have eksisteret uden en lang række videnskabelige genembrud. Corona-pandemien viste således, at politiske indgreb og god adfærd hos borgerne nok kan begrænse smittetrykket, men samfundenes genåbning blev kun mulig, fordi årtiers forskning i de såkaldte mRNA-vacciner betød, at en effektiv vaccine hurtigt kunne designes og masseproduceres.

Videnskab er ikke kun vigtig for at beskytte os selv, vores miljø og økonomi, men også for at opfylde et grundlæggende menneskeligt ønske om at få svar på spørgsmål om os selv og vores univers. Derfor er der traditionelt bred politisk opbakning til, at en betydelig del af samfundets ressourcer skal bruges på forskning. Til gengæld har befolkningen en forventning om, at forskningen foregår efter strenge videnskabelige principper, hvor hypoteser, teorier og resultater bliver begrundet med præcise og rationelle argumenter.

Vi lever også i et samfund, hvor adgangen til information er nærmest ubegrænset. Der udgives hvert år millioner af forskningsartikler i tusindvis af fagtidsskrifter, og i de talrige nyheder om videnskab kan påstande og modpåstande være meget forvirrende. Selv for den meget interesserede borger kan det for eksempel være svært at finde vej mellem hyppigt skiftende kostanbefalinger eller afgøre, om vi befinder os i en klimakrise, eller om kernekraft er en sikker teknologi.

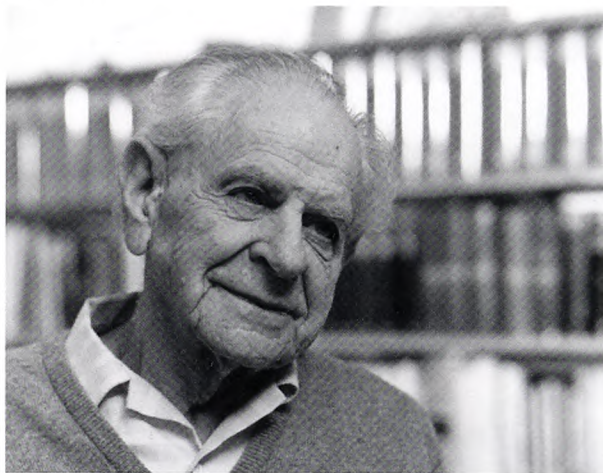
Forvirringen bliver ikke mindre af, at forskere også er borgere, der har ret til at deltage i samfundsdebatten, men de har ikke ret til at forklæde deres politiske holdninger som videnskab – og nogle forskere har haft svært ved at skelne mellem deres rolle som forskere og som aktivister. Statsminister Anders Fogh-Rasmussen sagde i sin første nytårstale i 2002: "Ekspert kan være gode nok til at formidle faktisk viden. Men når vi skal træffe personlige valg, er vi alle eksperter." Derfor er det i et demokratisk samfund vigtigt at fastholde arbejdsdelingen, hvor det er forskernes opgave at fremlægge resultater og prognoser, mens det er politikerne, der som befolkningens valgte repræsentanter, har til opgave at træffe de politiske beslutninger.

Videnskabens fællestræk

Der findes nogle fællestræk, som beskriver videnskab. Det er således et krav til den idéelle forsker, at han skal bruge rationelle argumenter og være sin egen stærkeste kritiker. Det sidstnævnte er i praksis sjældent tilfældet, for det kan være svært at forkaste sin egen

yndlingsteori, og derfor er det også et generelt krav, at forskersamfundet skal organisere og anvende metoder, så forskernes påstande kan efterprøves.

Forskernes arbejdsmetoder afhænger af hvilke områder, de beskæftiger sig med, og de kan opdeles i naturvidenskab, samfundsvidenskab og humanvidenskab (humaniora). På mange måder har den naturvidenskabelige forsker det nemmest, fordi han undersøger objekter og fænomener i naturen, hvor det som regel er nemt at adskille det, forskeren studerer, fra forskeren selv. Hans metoder består typisk i at observere fænomener i naturen eller udføre eksperimenter i laboratoriet, og selvom man i daglig tale siger, at man ikke må generalisere, så er det netop naturvidenskabens opgave at generalisere og finde frem til generelle love, som forklarer observationerne. Forskeren fremsætter således en generel teori, men ikke alle teorier er lige gode, og her har den østrigsk-engelske filosof Karl Popper (1902-1994) udviklet det krav til en teori, at den for at være videnskabelig skal kunne falsificeres.



Figur 2. Den østrigske videnskabsfilosof Karl Popper (1902-1994) grundlagde falsifikationismen, hvor kriteriet for en videnskabelig teori er, at den kan falsificeres, dvs. at den skal formulere forudsigelser, der kan afprøves af eksperimenter eller observationer.

Falsifikation

Popper havde indset, at det ikke var nok at finde talrige eksempler på, at en teori var korrekt, for der måtte heller ikke være eksempler på, at den var forkert. Derfor blev hans krav, at en videnskabelig teori dels skal indeholde forudsigelser, som kan afprøves – det vil sige falsificeres – gennem observationer eller eksperimenter, og dels, at den ikke måtte være falsificeret. Her har naturvidenskabens den fordel, at eksperimenter kan gentages, og at resultaterne ikke afhænger af hvem, der udfører dem. For eksempel har fysikerne afvist æterteorien, fordi den forudsagde, at lyshastigheden var forskellig i forskellige retninger, hvilket var i modstrid med målingerne. Mange fysikere har gennem årene også forsøgt at falsificere Einsteins relativitetsteori ved at finde eksempler på, at den ikke passede med målingerne, men indtil nu uden held. Derfor betragter fysikerne relativitetsteorien som en stærk teori, som ikke nødvendigvis er den endelige sandhed om partiklers bevægelse i rum og tid, men som vi vælger at bruge, fordi den indtil nu har modstået

alle forsøg på at blive falsificeret. Astronomer har også tidligt kunnet forudsige for eksempel solformørkelser, mens de med henvisning til Popper vil afvise, at astrologi (hvor man forudsiger menneskers fremtid ud fra himmellegemernes placering) er en videnskab, fordi horoskopernes forudsigelser typisk er så upræcise, at det er umuligt at falsificere dem.

Marxismen havde i sine velmagtsdage også mange tilhængere, som mente, at dens lære om samfundets lovmæssige udvikling var videnskab, hvilket Popper afviste med henvisning til, at marxister aldrig kom med konkrete forudsigelser, som kunne afprøves.

Derfor er det også en udbredt erfaring, at forskningen er selvregulerende, fordi forkerte teorier eller resultater bliver falsificeret og forsvinder igen. Det forudsætter naturligvis, at der er nogen, der gentager eksperimenterne, hvilket ikke altid er tilfældet, for forskere får sjældent større anerkendelse for at gentage andres resultater. Især inden for medicinforskningen taler man ligefrem om en replikationskrise, fordi mange studier ikke bliver reproduceret. Når man præsenteres for nye forskningsresultater er det derfor en god idé at se nærmere på, om konklusionerne er baseret på et enkelt studie eller er gentaget mange steder.

Problemerne opstår også på naturvidenskabens grænseområder, som ofte har stor politisk interesse, for eksempel i klimaforskningen. Det er næsten umuligt at lave reproducerbare eksperimenter i klimasystemet, fordi forholdene i for eksempel atmosfæren konstant ændrer sig, og derfor er det også svært at falsificere teorier om klimaet. I stedet baserer klimaforskerne deres viden på matematiske modeller, som er følsomme over for de forudsætninger, der er lagt ind i modellerne, og som derfor genererer en strøm af data, hvis sandhedsværdi afhænger af disse forudsætninger. Troværdigheden af modellernes forudsigelser er derfor afhængig af forudsætningerne, og det er derfor diskussionen af disse forudsætninger, der bør være det centrale i klimadebatten.

Trans-videnskabelige spørgsmål

Mange af de spørgsmål, som politikere gerne vil have svar på, hører imidlertid til i en kategori, som den amerikanske fysiker Alvin Weinberg (1915–2006) kaldte for trans-videnskabelige spørgsmål. Det er spørgsmål, som kan formuleres i videnskabelige termer, og som ofte omhandler vekselvirkningen mellem samfundet og teknologier, men som videnskaben reelt ikke kan svare på. Svarene bliver derfor heller ikke videnskabelige, men transvidenskabelige, fordi de helt afhænger af, hvilke aspekter forskeren vælger at forske i, og hvordan han udfører forskningen.

Der er ikke en skarp grænse mellem videnskab og transvidenskab, men det er for eksempel transvidenskab, hvis man spørger til sandsynligheden for ekstremt usandsynlige begivenheder, for eksempel om et jordskælv vil ødelægge en dæmning. Det er også transvidenskab, når forskningen forsøger at svare på, om vi befinder os i en klimakrise, eller om kernekraft er sikker. I Nevada har man for eksempel planlagt et depot for atomart affald ved Yucca Mountain, men selv efter at forskerne har brugt mere end 25 års forskning og 15

milliarder dollars, er det ikke lykkedes at svare på, om depotet er sikkert.

I Danmark havde vi også en lang politisk debat om, hvorvidt kernekraft var en god idé eller ej, og hvor sikkerheden ved forskellige reaktorkonstruktioner blev en del af den offentlige debat. Debatten var ofte stærkt følelsesladet, og det er befolkningens ret i et demokratisk samfund, men i sådanne transvidenskabelige spørgsmål mister forskeren ofte sin autoritet, fordi diskussionen reelt handler om politiske spørgsmål, hvor forskerens mening ikke er vigtigere end den oplyste borgers.



Figur 3. Et transvidenskabeligt spørgsmål: er kernekraft sikker? På billedet ses kernekraftmodstandere uden for Barsebäcksværket i 1986. Foto: Jonn Leffmann.

Samfundsvidenskab

De fleste politisk interessante emner hører til samfundsvidenskab, fordi forskerne her undersøger menneskelige fællesskaber, herunder også selve den politiske proces. Samfundsvidenskab er særlig vigtig for den demokratiske samtale i samfundet, fordi samfundsforskere blandt andet udvikler teorier om sociale, økonomiske og politiske forhold og sammenhænge. Med inspiration fra naturvidenskab benytter man typisk også metoder, der forsøger at etablere et empirisk grundlag for teorierne, som omfatter kvalitative, kvantitative eller komparative (sammenlignende) metoder. Samfundsforskeren skal ikke kun vide noget om politologi, men ofte have en bred viden om historie, geografi, demografi, sociologi, økonomi m.m., og også her er der tale om videnskab, fordi forskeren baserer sine konklusioner på det rationelle argument og den evidensbaserede, analytiske tilgang, frem for subjektive og emotionelt motiverede synspunkter.

Problemerne i samfundsvidenskab opstår, hvis forskeren glemmer at være kritisk over for sine egne teorier, hvilket er en risiko, hvis forskeren selv har en klar holdning til det emne, han arbejder med. Således har forskningen i politisk følsomme emner som islam, indvandring og integration været præget af, at forskerne også ønsker at påvirke de politiske beslutninger og derfor i nogle tilfælde går på kompromis med de videnskabelige metoder. Risikoen for pseudoforskning er også stor, hvis forskerne for eksempel bruger deres egne antagelser som argument for deres konklusioner. Det var således tilfældet i en undersøgelse af sexismen på Aarhus Universitet, hvor forskerne gik ud fra, at miljøet var sexistisk, og hvis interviewpersonerne ikke var

enige, blev de kategoriseret som sexistiske, og dermed nåede forskerne frem til en konklusion, der svarede til deres antagelse.

Særlig problematisk bliver det, hvis forskerne afviser veletablerede videnskabelige og evidensbaserede teorier og afviser, at der findes videnskabelige sandheder. I stedet mener de, at videnskabelige love blot er sociale konstruktioner eller konventioner, og derfor kan man ikke afgøre, hvad der er sandt eller falsk. Der findes flere versioner af socialkonstruktivisme. Nogle socialkonstruktivister mener således, at biologiske køn, menneskeracer og nationer alene eksisterer som sociale konstruktioner, og den mest ekstreme form afviser ligefrem, at virkeligheden eksisterer. Popper kalder sådanne teorier for "universelle teorier", fordi de end ikke kan kritiseres. Der er jo ikke nogen virkelighed, som teorierne kan testes imod, og svaret på en kritik vil derfor være, at selv denne kritik og alt, hvad vi siger og gør, også kun er en social konstruktion.



Figur 4. Gudernes budbringer Hermes har lagt navn til hermenutikken. Hermes blev også anset for at være opfinder af sprog og tale, en tolk, en løgner og en tyv, og de mange roller gjorde Hermes til en ideel repræsentativ figur for hermeneutikken: ord har magt til at afsløre eller skjule og kan levere budskaber på en tvetydig måde.

Humaniora

Videnskabsbegrebet er mindre stringent inden for humaniora, hvor man undersøger og fortolker genstande, som mennesker har skabt, for eksempel sprog og tekster, historiske begivenheder, billeder, kunstværker og musik. Her bruger forskeren ofte en metode, som man kalder for den hermeneutiske cirkel. Metoden er en proces, hvor forskeren forsøger at fortolke den genstand, han undersøger, og hvor fortolkningen omfatter blandt andet intentioner, meninger og betydninger.

Vi kan genkende processen hos os selv, når vi første gang læser en bog eller ser på et kunstværk, og danner os en hypotese om mulig fortolkning af bogen eller kunstværket. Efterhånden som vi kender mere til forfatteren og kunstneren, deres samtid og deres kilder, ændrer vi måske hypotesen, og i så fald må vi gå tilbage og undersøge, om den nye hypotese stemmer med de øvrige kendsgerninger. Her er vi allerede inde i en hermeneutisk cirkel.

En forudsætning for forskerens forståelse er derfor, at han besidder en forforståelse af den sag eller det forhold, han ønsker at forstå. For at forstå en del af en tekst må han forstå helheden, men samtidig kan han kun forstå helheden, når han forstår de enkelte dele.

Der er naturligvis også problemer i humanvidenskaben, for der er mange hermeneutiske metoder at vælge imellem, og det kan gøre det svært at nå til enighed om en fortolkning af en tekst. Derfor kan man ikke nå frem til absolutte sandheder, men de forskellige fortolkninger kan fint supplere hinanden, så forskerne i fællesskab når frem til en dybere forståelse af teksten.

En oplagt risiko er, at det kan være svært at holde politiske, subjektive og følelsesbestemte holdninger ude fra forskningen, og der er desværre også eksempler på, at tænkningen i for eksempel kønsforskning bliver styret af social kontrol i forskermiljøet, og hvor forskere, der udfordrer den vedtagne konsensus, bliver udstødt af deres kollegaer.



Figur 5. Under Stalin fik pseudovidenskab katastrofale konsekvenser i Sovjetunionen. Genetik blev afvist som en reaktionær videnskab, og det lykkedes Trofim Lysenko (1898–1976) at fjerne sine kritikere og overbevise Stalin om, at hans pseudovidenskabelige teorier kunne producere alle mulige afgrøder. I stedet endte det med hungersnød og millioner af døde.

Når forskning bliver politik

I tiden op til Den Anden Verdenskrig var den dialektiske materialisme den eneste tilladte filosofi i Sovjetunionen, og inden for naturvidenskaben førte det til, at alt kunne og skulle beskrives deterministisk og med den klassiske fysik. Det betød, at sovjetiske fysikere måtte tage afstand fra Einsteins og Bohrs teorier, fordi de lå hinsides den klassiske mekanik, og efter krigen kom en række sovjetiske filosoffer, herhjemme sekunderet af den kommunistiske chefideolog Ib Nørhlund, med kraftige fordømmelser af Bohrs teorier.

De sovjetiske fysikere fik derfor problemer, da Stalin beordrede dem til at udvikle en atombombe, hvor de var tvunget til at acceptere både Einsteins og Bohrs arbejder,

og med årene blev de sovjetiske filosoffer derfor nødt til at argumentere for, at Bohrs teorier alligevel var forenelig med den dialektiske materialisme. Få år før sin død blev Bohr endda udnævnt til æresdoktor ved universitetet i Moskva.

Endnu mere ekstrem var forholdene på samme tid for den sovjetiske forskning i biologi, hvor genetik officielt blev erklæret for at være en borgerlig pseudovidenskab, hvilket førte til, at tusindvis af sovjetiske biologer mistede deres arbejde, blev fængslet, sendt i arbejdslejr eller henrettet.

Inden for humanvidenskaben er det svært at bruge Poppers kriterium, at teorier skal kunne falsificeres, og derfor er risikoen, at forkerte resultater ikke bliver korigeret, og det kan i værste fald resultere i at sandhed bliver erstattet med magt, det vil sige, at flertallet bestemmer, hvad der er sandhed, og at afvigende synspunkter bliver undertrykt i den såkaldte cancel-kultur. I de senere år har det særligt inden for kønsstudier, identitetsstudier og kritisk teori været et problem, at vedtagne sandheder ikke må kritiseres, og når det rationelle argument heller ikke accepteres af aktivistiske forskere, så bliver forskningen ikke længere selvkorregerende og resultatet kan blive, at fagenes egne fagtidsskrifter ikke længere kan skelne pseudovidenskab fra videnskab.

Et ekstremt eksempel er tiden under nationalsocialismen i Tyskland, hvor målet for forskningen blev at udvikle særlig tysk videnskab, som for eksempel en tysk fysik, en tysk matematik og en tysk sociologi. Også her blev kriterierne for videnskabelighed sat ud af kraft, fordi den officielle ideologi var, at der eksisterede en arisk sandhed i videnskaben, som var andre sandheder overlegen.

Krav til god forskning

Som det fremgår af denne gennemgang, er der forskel på natur-, samfunds- og humanvidenskaberne, men der er også fællestræk. Hypoteser, der forveksles med beviser, eller inkonsistente hypoteser er således uacceptable, for en selvmodsigende fortolkning kræver ikke blot

de videnskabelige idealer, men også det demokratiske samfunds tillid til forskningen. Det er også et fælles krav til forskerne, at deres videnskab skal være uafhængig af egne politiske holdninger, at den skal overholde de videnskabelige normer for kritik og bygge på rationalitet frem for irrationalitet. Heldigvis overholder langt de fleste forskermiljøer kravene til god videnskab, men for borgeren, der støder på nye og måske overraskende forskningsresultater, kan det være nyttigt at se på forskernes kilder. Bygger de på data eller på tolkninger af motiver, og bygger konklusionerne på en bestemt forforståelse af problemet? Er hypotesen overbevisende og er konklusionen logisk? Især hvis forskeren forsøger at overbevise om, at noget er moralsk rigtigt eller forkert, er der god grund til at undersøge, om argumenterne bygger på forskerens egne værdier og vurderinger.

Kravet til forskningen må derfor være, at den er transparent, og i et frit samfund sker den mest solide og værdifulde forskning ved at forskningen er åben for kritik, ligesom den bedste samfundsudvikling sker, hvis politiske diskussioner og argumentationen for lovgivning og beslutninger er forankret i pålidelige videnskabelige indsigter.

Litteratur

- [1] T. Skov: www.begrund.dk.
- [2] T. Skov (2022) "Pseudoforskning", Multivers.



Jens Olaf Pepke Pedersen er ph.d., seniorforsker ved DTU Space, og redaktør af Kvant.

SNU-foredrag på YouTube



Fik du ikke hørt det seneste foredrag i SNU eller vil du høre det igen, så kan du finde over 50 forelæsninger på SNU's YouTube-kanal på adressen <https://www.youtube.com/@SNU1824>.

Det nyeste foredrag er ved John Leif Jørgensen fra DTU Space, der fortæller om Jupiter og dens måner, og hvad vi har lært af Juno-missionen. Det er også muligt at høre Johan Gotthardt Olsen fra Biologisk Institut ved Københavns Universitet, der har under titlen "Kogt spaghetti i en jacuzzi" forelæser om proteinmolekylers struktur og funktion.

Stella Nova – 450 år

Lars Occhionero, Kroppedal Museum og Astronomisk Selskab

“Den 11. november sidste år, da jeg efter solnedgang som sædvanlig betragtede stjernerne på den klare himmel, blev jeg opmærksom på, at der lige over mit hoved strålede en ny og ukendt stjerne, som var meget tydelig i forhold til de andre.”

Således starter bogen “De Nova Stella,” hvori Tycho Brahe beskriver sine observationer af den nye stjerne i 1572.

Tycho Brahe var ikke den eneste, som så denne “nye stjerne,” da den var tydelig, i begyndelsen selv om dagen, i over 400 dage. Men det var Tycho, som foretog de mest nøjsomme observationer af fænomenet og skrev om det i sit første store værk. I dette beskriver han bl.a. hvordan “stjernen” ikke flytter sig i forhold til fiksstjernerne, og at den derfor må være en af disse og ikke et atmosfærisk fænomen. Specielt dette var epokegørende, da det var i kontrast til det accepterede verdensbillede, hvor himlen, og i særdeleshed stjernehimlen, var uforanderlig.

Som bekendt observerede Tycho Brahe ikke en ny stjerne blive skabt, men snarere en stjerne eksplodere; hvad vi i dag kalder en supernova af type Ia, hvor en hvid dværgstjerne i et binært stjernesystem kan opsamle materiale fra sin partner og dermed blive for tung og eksplodere i en termionuklear eksplosion. Tycho Brahes nøjsomme beskrivelser af “stjernens” lysstyrke som funktion af tiden var med til at gøre det muligt at bestemme, at supernovaen måtte være af denne type.



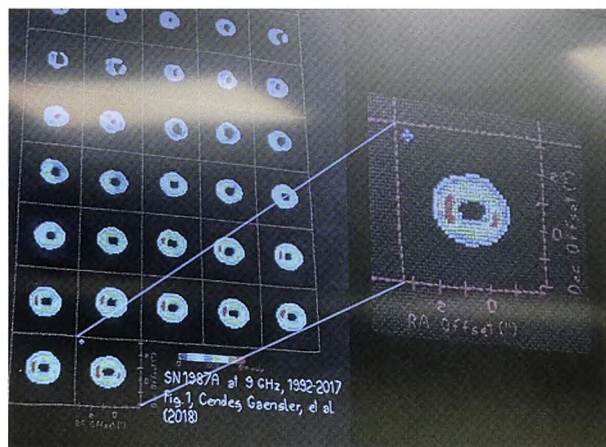
Figur 1. Stemningsbillede fra Tycho Braheudstillingen på Syddansk Universitet. Foto: Bertil Dorch.

Men det er ikke alt, Tycho Brahes bog indeholder. Ud over den astronomiske beskrivelse af Stella Nova, indeholder bogen også et forord til Tycho Brahes meteorologiske tabeller, som primært var funderet i astrologi, samt en beskrivelse af måneformørkelsen i december 1573. Ud over Tychos eget arbejde indeholder bogen desuden breve, som retfærdiggør hans skrivelser samt digte, som er med til at indkapsle bogen i den rette filosofiske kontekst.



Figur 2. Buste af Tycho Brahe foran tegning brugt som banner for udstillingen. Foto: Lars Occhionero.

Alt dette er nu, for første gang, oversat til dansk. I år har vi fejret 450-året for Tycho Brahes opdagelse, og den 11. november blev markeret flere steder i landet med arrangementer, foredrag samt udgivelsen af “De Nova Stella” i en ny dansk oversættelse [1].



Figur 3. Udvikling af Supernovaresten fra SN1987a, gengivet som broderi af Yvette Cendes. Foto: Bertil Dorch.

Bogens udgivelse blev fejret på Syddansk Universitet (SDU). Her startede Yvette Cendes fra Harvard med at berette om den moderne forskning i supernovaer, hvorefter Peter Zeeberg fra Det Danske Sprog- og Litteraturselskab kunne fortælle om oversættelsen af bogen, og dens struktur. Endelig afsluttede Helge Kragh med at diskutere, hvorvidt man kan tilkende Tycho Brahe opdagelsen af “Stella Nova”, når der nu også var

andre end ham, der observerede den – for hvad betyder det egentligt at “opdag” noget i naturvidenskab?



Figur 4. Montre fra udstillingen, med kobberstik af Urani-
enborg og original udgave af bogen “Historia Coelestis” fra
1672, som bl.a. beskriver Tycho Brahes observationer. Foto:
Bertil Dorch.

Efter foredragene blev receptionen holdt i den nye udstilling “De Nova Stella – Tycho Brahes nye stjerne 1572–2022”. Udstillingen er et samarbejde mellem SDU og Kroppedal Museum og udforsker både Tycho Brahes opdagelse og samtid, samt den forandring af verdensbille-
det, som opdagelsen skabte, og hvordan observationer af supernovaer af type Ia er ved at revolutionere vores verdensbillede igen ved at afsløre acceleration i universets udvidelse og dermed eksistensen af mørk energi.

Udstillingen lukkede på SDU den 14. december, men flytter nu til Kroppedal Museum, hvor den kan opleves fra den 3. februar frem til 30. april 2023.



Figur 5. Den nyudgivne oversættelse af “De Nova Stella”.
Foto: Bertil Dorch.

Foruden den store lancering af den nyoversatte bog, blev opdagelsen markeret flere steder i landet. På Planetarium blev stjernehimlen på Tycho Brahes tid vist, efterfulgt af foredrag om supernovaer af Johan Fynbo fra Niels Bohr Institutet. På Rundetårn blev et live-afsnit af podcasten “Rumsnak” optaget, hvor Tina Ibsen og Anders Høeg Nissen interviewede Rundetårns historiske konsulent Rasmus Agertoft, Desiree Della Monica Ferreira fra DTU Space og Anja Andersen fra Niels Bohr Institutet. Her blev der talt om, hvordan Tycho Brahes lærling Longomontanus var inspireret

af sin mester, da han designede Rundetårn, hvordan supernovaer observeres i røntgen i dag og mere generelt om stjerner og deres liv.

Tycho Brahes opdagelse er generelt blevet fejret i løbet af hele året. I Astronomisk Selskab har vores foredragsrække her i efteråret været knyttet til Tycho Brahe. På samme måde har vi på Kroppedal Museum tematiseret vores stjerneaftener til at omhandle astronomiske emner, som vedrører Brahe og hans opdagelser. Rundetårn har udgivet en række mindre dokumentarfilm, som kan findes på YouTube (“I Tycho Brahes fodspor”) og lige nu udgives en ekstra mini-serie af podcasts under Rumsnak-fanen.

Der er altså stadig rig mulighed for at dykke i 450 året for opdagelsen af “Den nye stjerne” både på video, lyd, foredrag og bøger. Vi håber, at Tycho Brahe ville være blevet glad for fejringen; vi ved jo, at han var ganske glad for fester, og jeg håber, at I fortsat vil nyde godt af de tilbud, som fejringen har ført med sig.

Litteratur

- [1] T. Brahe (2022) “De Nova Stella. Tycho Brahes bog om den nye stjerne”, red. B. Dorch og P. Zeeberg, oversat af C.G. Tortzen, P. Zeeberg og M. Skafte Jensen under medvirken af C. Fabricius. Syddansk Universitetsforlag, 239 sider, 398 kr.



Lars Occhionero er
astrofysiker, cand.scient.,
museumsinspektør på
Kroppedal Museum og
formand for Astronomisk
Selskab.

Kvants brevkasse lukker

Kvants brevkasse så dagens lys tidligere i år efter et forslag fra en medlemsundersøgelse i Astronomisk Selskab. I mellemtiden har Malte Olsen bestyret brevkassen, men der er ikke indkommet et eneste spørgsmål. Konklusionen er derfor, at Kvant ikke har brug for en brevkasse, som derfor lukker igen.

I stedet kan vi henvise til Niels Bohr Institutets brevkasse “Spørg om fysik” (spoergom@nbi.ku.dk), der gerne modtager spørgsmål fra både skoler og enkeltpersoner, og som også har Malte Olsen som brevkasseredaktør. Han ekspederer som oftest spørgsmålene med højst en dags forsinkelse.

Brevkassen modtager en del spørgsmål fra skoleelever, og her er politikken, at spørgsmål, som indgår i uddannelserne (som i en opgave fra underviseren), ikke får et færdigt svar. I stedet får spørgerne evt. en udlægning af, hvad spørgsmålet i grunden er, og af de begreber, der indgår, og så får de links til de knap 1.000 svar, som Malte Olsen har lavet, og som ligger på https://nbi.ku.dk/spoerg_om_fysik/besvarede-spoergsmaal.

Vindmøller sommer og vinter - breddeopgave nr. 100 med didaktisk kommentar

Af 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 opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af Kvant var denne breddeopgave (nr. 100 i rækken her i Kvant):

Breddeopgave 100. Vindmøller sommer og vinter

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

Vindmøllers strømproduktion er proportional med den kinetiske energi i den luft, der per tidsenhed strømmer imod dem, når de er rettet imod vinden. Det volumen luft, der strømmer imod en vindmølle per tidsenhed, er givet ved møllevingernes overstrykningsareal A gange vindhastigheden v . Dets kinetiske energi er $\frac{1}{2}\rho A v^3$, hvor ρ er luftens massefylde. Vindmøllers strømproduktion er altså proportional med luftens massefylde.

Luftens massefylde er større om vinteren end om sommeren. Ifølge luftarternes idealgasligning med sædvanlige betegnelser, $pV = nRT$, og M for molmassen af luft, har vi:

$$\rho = nM/V = Mp/RT. \quad (1)$$

Da M og R er konstanter uafhængige af, om det er sommer eller vinter, og p kan antages konstant, er ρ altså omvendt proportional med T :

$$\frac{\rho_{\text{vinter}}}{\rho_{\text{sommer}}} = \frac{T_{\text{sommer}}}{T_{\text{vinter}}}. \quad (2)$$

Da den absolutte temperatur i Danmark størrelsesordenmæssigt er 300 K, og temperaturforskellen mellem sommer og vinter i Danmark størrelsesordenmæssigt er 30 K, er vindmøllers strømproduktion med samme vindhastighed i Danmark af størrelsesordenen 10% større om vinteren end om sommeren.

Kommentar

Jeg tænker, at løsningen af opgaven, som jeg har skitseret den her, falder de fleste af Kvants læsere ligetil. Den er ikke i den svære ende af breddeeksamensopgaverne. Den

blev stillet til eksamenen efter kurset Fysisk problemløsning I på bachelordelen af RUC's fysikuddannelse. Alligevel gør den åbne formulering af opgaven, at den ikke er så lige til for de studerende. Skal der søges efter svar i elektricitetslære, mekanik, aerodynamik, termodynamik eller? Hvordan kan temperaturen spille en rolle for effekten af vindmøller? Hvad kan der tænkes at komme på tale? Virkningsgraden af dynamoen i vindmøllen? Vingernes længdeudvidelse? Vindens tryk på vingerne? Eller?

Eksperter er ikke folk, der har paratviden om specifikke problemer, de får forelagt, men folk der, i forhold til en type af problemer, er i stand til at takle dem, selv når de ikke har umiddelbar paratviden om dem. Noget i den stil erindrer jeg at have set forskere i kognition citeret for. Tilsvarende er de erklærede formål med kurserne Fysisk problemløsning I og Fysisk problemløsning II på RUC, ganske vist sekundært at lære de studerende fysik i bredden, men primært at lære dem "at tænke som fysikere". Det er grunden til vores valg af opgavetype og eksamensform.

De studerende er uvante med fysikkurser af en induktiv karakter som problemløsningskurserne. For at invitere dem ind i projektet, plejer jeg at sammenligne undervisningen med svømmeundervisning. Man kan selvfølgelig godt instruere folk, der ligger på en taburet, i specifikke svømmebevægelser. Men for rigtig at lære at svømme må man hoppe i vandet. Her viser al erfaring, at de fleste lærer at svømme ved at træne og øve sig, selvom det er svært, grænsende til det umulige, at kortlægge i detaljer, hvordan det lykkes. Tilsvarende skal samlingen af breddeopgaver fra tidligere eksaminer fungere som svømmevandet, medens lærebogen har taburetrolen.

Nogen overordnet vejledning kan man dog give, udover at øvelse gør mester. Fx plejer jeg at referere ovenstående karakteristik af eksperter. Og at jeg, med mig selv som eksempel på en fysikekspert, sjældent går den lige vej til svaret på en breddeopgave formuleret af en af de andre lærere på kurserne. Hvis det nu ikke var mig selv, der havde formuleret opgaven om vindmøller sommer og vinter, så havde jeg måske kløet mig i nakken. Kan der overhovedet være tale om forskel i produktivitet sommer og vinter? Det har jeg aldrig hørt om. Hvad med dynamoen i vindmøllerne? Nej, effektiviteten af køleskabe og dampmaskiner afhænger af omgivelsernes temperatur, men det samme gælder

ikke for maskiner, der omsætter mekanisk energi til elektrisk energi. Hvis temperaturen skulle have en indvirkning via fx varierende gnidning, er det en lille indvirkning. Hvad med vingernes længdeudvidelse? Det vil jo give et større overstrygningsareal og dermed en større strømproduktion om sommeren end om vinteren. Men, nej! Effekten er der, men den må være lille. Den relative længdeudvidelse fra vinter til sommer er beskeden. Hvad med vindens tryk på vingerne? Det afhænger af vindhastigheden. Men den er jo forudsat ens sommer og vinter. Så nej. Hov vent lidt. Det afhænger jo også af luftens massefylde. Ja, det må betyde noget. Ud fra idealgasligningen må jeg kunne vurdere, hvor stor massefyldeændringen fra sommer til vinter er. Så mangler jeg kun ved en energibetragtning at finde, hvordan strømproduktionen afhænger af luftens massefylde. Lad mig nu se ...

Jeg plejer at opsummere min erfaring med problem-løsning med, at det kræver både speeder og bremse. Speederen er den proces, der genererer indfald og hypoteser. Bremsen er den proces, der luger de forkerte ideer ud. En ekspert kan få ni gale indfald, før der nås frem til det 10'ende indfald, som består den nødvendige trykprøvning. Og det er noget helt andet end at have svar på rede hånd.

Videnskabsfilosoffen Karl Popper skelner mellem "context of discovery" og "context of justification" i sammenhæng med ny-opdagelser. Det er "context

of justification", han som filosof via falsifikationstests beskæftiger sig med, medens "context of discovery" overlades til psykologerne. Forkastelse af ideer er et spørgsmål om facts og logik. Derimod er det logisk set svært gennemskueligt, hvad der fører til fremkomsten af nye ideer.

Overført til løsningen af breddeopgaver svarer min "speeder" til "context of discovery" og min "bremse" til "context of justification". Bremsen kan gennemskues. Og der kan til en vis grad instrueres i at bruge den. Vi kan forkaste et resultat ved kontrol af fx dimensioner, grænsetilfælde, størrelsesorden og fysikeftertanke. Speederen er sværere at gennemskue og instruere i. Den afhænger af mønstergenkendelse, dialektik og associationer, som på uklar vis hænger sammen med det mentale lager af forudgående erfaringer og tanker. Der må i højere grad henvises til, at "øvelse gør mester".

Breddeopgave 101. Ventilator

Inden næste nummer af Kvant udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra eksamen juni 215, nr. 101 i rækken her i Kvant):

Hvordan afhænger effektforbruget af en ventilator med en roterende propel af dens diameter og dens rotationsfrekvens? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer af Kvant.

Nyt fra SNU

Uddeling af H.C. Ørstedmedalje til "Unge Forskere"-tovholder

SNU har den 5. december 2022 tildelt H.C. Ørstedmedaljen i bronze for inspirerende undervisning i naturvidenskab til lektor Lisbeth Tavs Gregersen, Thisted Gymnasium. Med medaljen og æren følger et rejselegat på 25.000 kroner samt 50.000 kroner til et projekt på Thisted Gymnasium sponsoreret af energiselskabet Ørsted.

I motivationen for tildelingen sagde SNU's præsident Anja C. Andersen, at Lisbeth er en blændende lærer, som supplerer sin undervisning med computersimulationer og forsøg, der kan inspirere eleverne. Hun har for begge sine faggrupper været et omdrejningspunkt for skolens indsats for at højne interessen for de naturvidenskabelige fag. Hun har været med til at etablere et laboratorium i skolens hytte i Nationalpark Thy, så noget af den naturvidenskabelige undervisning kunne flytte ud i naturen. Lisbeth er skolens tovholder på projektet "Unge Forskere", og hun blev sammen med en kollega udnævnt til "Årets lærerteam" på Thisted Gymnasium, som vandt Årets Forskerskolepris i både 2019 og 2022. Hun motiverer flere elever til at deltage i naturvidenskabelige konkurrencer ved at inddrage forberedelserne i undervisningen, men hun kommer ikke med idéerne til elevernes konkurrencebidrag – hun

fungerer kun som konsulent, og eleverne elsker hende også for den form for undervisning.



Figur 1. Modtageren af årets H.C. Ørstedmedalje i bronze, Lisbeth Tavs Gregersen fra Thisted Gymnasium, fortæller om sin undervisning. Foto: Jens Olaf Pepke Pedersen.

Lisbeth Tavs Gregersen har også skabt samarbejde med lokale virksomheder samt bidraget til et bioteknologisk samarbejde med skoler fra seks andre europæiske

skoler under Erasmusprogrammet. Hun er også aktiv i brobygning med såvel folkeskolen som de videregående uddannelser. Sammen med kolleger har hun hvert år alle elever i 8. klasse fra Thisted Kommune til en introduktion til de naturvidenskabelige fag, hvilket giver genklang i lokalsamfundet og er med til, at flere får mod på naturvidenskab på Thisted Gymnasium.

Ørstedmedaljen i bronze er nu uddelt for 11. gang, og tildelingen sker på baggrund af indstillinger fra gymnasierektorer, kolleger og elever over hele Danmark. Bedømmelsen foretages af et syvpersoners fagkyndigt udvalg under ledelse af Hans Lindemann, fhv. rektor for Metropolitanskolen.

Udstillingen "H.C. Ørsted på ny – skønheden i naturen" lever videre

H.C. Ørsted-udstillingen har siden sommeren 2022 været genåbnet i lidt mindre format for en lukket kreds, efter at have været udstillet på Steno Museet i Aarhus i hele 2021. Den står nu hos energiselskabet Ørsted i Gentofte, hvor de mange ansatte og gæster både fra Danmark og udlandet kan se den, og hvor firmaet også bl.a. har haft alle 9. klasser i Gentofte Kommune til rundvisning. Udstillingen forventes at forblive i Gentofte frem til juni 2023, og det er tanken at holde et medlemsarrangement i Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU) i foråret 2023, hvor medlemmer kan komme med projektleder Gregers Mogensen på rundgang i udstillingen.



Figur 2. Modtagerne af Kirstine Meyers Mindelegat, Sofie Marie Koksangs og Søren Strandskov Sørensen, fik legatet overrakt af årets Nobelprismodtager i kemi, Morten Meldal fra Københavns Universitet. Foto: Cecilie Pedersen.

Kirstine Meyer Event med festlig uddeling til to unge forskere

Mandag den 24. oktober uddelte SNU det prestigefyldte Kirstine Meyers Mindelegat til to unge forskere: Sofie Marie Koksang fra Centre for Cosmology and Particle Physics Phenomenology (CP3) på Syddansk Universitet og Søren Strandskov Sørensen fra Institut for Kemi og Biovidenskab på Aalborg Universitet. Forud for uddelingen holdt professor Helge Kragh et foredrag om "Kirstine Meyer og hendes bidrag til dansk fysik og

videnskabshistorie", og derefter talte hver af årets unge modtagere om deres egen spændende forskning.

Sofie Marie Koksangs forskning handler om de effekter universitets strukturer, fra de mindste byggesten til kæmpe galaksehobe, har på universitets dynamik og vores observationer af det. Hun har meget selvstændigt forfulgt sine egne idéer og fået skelsættende resultater.

Søren Strandskov Sørensen forsker i glasmaterialers struktur og egenskaber og hans forskning bevæger sig i grænselaget mellem materialevidenskab, kemi og faststoffysik. Hans nytænkende forskning har allerede under ph.d.-studiet resulteret i 18 videnskabelige arbejder, som er publiceret i fine internationale tidsskrifter som fx Science Advances og Nature Communications.

H.C. Ørsted Akademiet er nu en realitet

SNU har i 2022 skabt et netværksforum for modtagere af H.C. Ørstedmedaljen i guld, sølv eller bronze, hvor man gensidigt kan inspirere hinanden på det vigtige formidlingsområde.

Ved stiftelsen af H.C. Ørsted Akademiet sagde SNU's præsident Anja C. Andersen: "Akademiet vil tilføje en ny dimension til det at være formidler af sit naturvidenskabelige specialområde – nemlig at man kan sparre med ligesindede fra andre institutioner og organisationer, og på tværs af målgruppernes alder. Det vil give inspiration og ny energi at mødes på tværs af uddannelsestrin et par gange om året og udveksle idéer og erfaringer."

Det første møde i akademiet blev holdt hos Aarhus Institute for Advanced Study den 30. august. Her blev bl.a. drøftet Videnskabsår2022. Næste møde er planlagt til januar 2023. Akademiets aktiviteter støttes af Carlsbergs Mindelegat, Torkil Holms Fond og energiselskabet Ørsted.

Ørstedmedaljerne er blevet uddelt af SNU siden 1908, hvor guldmedaljen blev indstiftet. Guldmedaljen gives primært for den helt exceptionelle forskningsindsats, men i nyere tid er også formidlingsindsatsen blevet inddraget som faktor i bedømmelsen. Sølv- og bronzemedaljerne gives primært for formidlingsindsatsen, og i de senere år er det inspirerende gymnasielærere og grundskolelærere, der har modtaget Ørstedmedaljen i bronze. Sølvmedaljen gives også til fremragende videnskabsjournalister.

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).

DFS Årsmøde 2022

Maren Malling, KIF

Den 15. og 16. november holdt Dansk Fysisk Selskab (DFS) årsmøde på Hotel Nyborg Strand, og i år blev mødet holdt sammen med Fysiklærerforeningen. De to foreninger har længe ønsket at holde et fælles arrangement for at styrke samarbejde, netværk og erfaringsudveksling, og resultatet var et fantastisk fremmøde på i alt 185 deltagere fra hele Danmark. Programmet bød på spændende plena-foredrag, tematiske sessioner og praktiske workshops, og selvfølgelig fælles middag og socialt samvær om aftenen. De tematiske sessioner dækkede et bredt udvalg af forskningsfelter såsom kvantefysik, partikelfysik, energiteknologier, biofysik, materialefysik, atmosfærisk fysik, fysikuddannelse med mere. Der blev desuden afholdt en company session, hvor dygtige fysikere fortalte om deres arbejde i det private erhvervsliv. Et af formålene med årsmødet er at samle fysikere på tværs af forskningsfelter fra hele landet og særligt at give unge fysikere mulighed for at præsentere deres projekter og forskning for fagfæller.



Figur 1. Natasha Holmes fra Cornell University fortæller om hvilke laboratorieaktiviteter, der fremmer forskellige typer læring hos fysikstuderende. Foto: Maren Malling.

En af mødets hovedtalere var lektor Natasha Holmes fra Cornell University, som gav et meget interessant foredrag med titlen “Putting the Experiment back in the Lab”, hvor hun fortalte om sin forskning i hvilke laboratorieaktiviteter, der fremmer forskellige typer læring hos fysikstuderende. Blandt de andre inviterede foredragsholdere var Jill Miwa fra Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet, som fortalte om sin banebrydende forskning inden for kvantematerialer. Kristine S. Madsen fra DMI holdt et spændende oplæg om sin forskning i klimaforandringer og vejrmønstre, og Mathias Porsmose Clausen fra Institut for Grøn Teknologi ved Syddansk Universitet fortalte om sin fascinerende forskning i gastrofysik.

Efter middagen holdt Klaus Mølmer fra Niels Bohr Institutet et både underholdende og lærerigt foredrag med titlen “Quantum Mechanics – Still Crazy After All These Years”. Derefter bød programmet på den

traditionelle postersession, hvor unge fysikere fra hele landet havde mulighed for at præsentere deres projekter. Der blev uddelt i alt fire priser: European Physical Journal (EPJ) havde sponsoreret to priser på 1000 kr. hver – en for bedste teoretiske poster og en for bedste eksperimentelle poster. Desuden uddelte DFS en første- og andenpræmie for bedste posters.



Figur 2. Jill Miwa fra Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet fortæller om forskning i kvantematerialer. Foto: Maren Malling.



Figur 3. Postersession under årsmødet. Foto: Maren Malling.

Bedømmelseskomiteen var meget imponeret over de mange virkelig gode præsentationer, men blev enige om følgende vindere:

Kathrine Mørch Krogh vandt EPJ-prisen for bedste teoretiske poster. Kathrine er ph.d. i teoretisk partikelfysik og kosmologi ved Niels Bohr Institutet, og titlen på hendes poster var “Deciphering the Diffuse Neutrino Flux”. Mads Nibe Larsen vandt EPJ-prisen for bedste eksperimentelle poster med posteren “A New Dimension in Infrared Imaging”. Mads er i gang med

en erhvervs-ph.d. hos firmaet Newtec A/S i samarbejde med Institut for Fysik, Kemi og Farmaci ved Syddansk Universitet.

Sofie Castro Holbæk, som er kandidatstuderende med specialisering i kvantefysik på Niels Bohr Institutet, vandt DFS-førstepræmien med posteren "Properties of Semiconducting States in AV3Sb5". Mikkel Have Eriksen, som er ph.d-studerende på Institut for Fysik, Kemi og Farmaci ved Syddansk Universitet vandt DFS-andenpræmien med posteren "Optoelectronic Control of Atomic Bistability with Graphene".

Stort tillykke til disse dygtige, unge fysikere!

Bestyrelsen af DFS vil gerne takke alle deltagerne, talerne og oplægsholderne for at gøre mødet til en stor succes. Vi er allerede i gang med de første forberedelser

til næste årsmøde, som kommer til at foregå den 13. og 14. november 2023, og vi håber, at det bliver lige så velbesøgt.



Maren Malling har en kandidatgrad i fysik fra Niels Bohr Institutet og underviser på Københavns Medie-gymnasium. 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.

Kommende foredrag

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Jan 2023				
30/1	19.45	James Webb-rumteleskopet. Fra koncept til de første observationer	Peter Jakobsen	AS (Aarh)
Feb 2023				
6/2	19.30	Jagten på de første stjerner, galakser og supertunge sorte huller	Thomas Greve	SNU
20/2	19.45	James Webb – verdens største rumteleskop	Peter Laursen	AS (Aarh)
20/2	18.15	Andreas' rumrejse	Thomas Djursing	AS (Kbh)
27/2	18.15	Trusler fra rummet	Michael Linden-Vørnle	AS (Kbh)
27/2	19.30	Videnskaben bag smagen som drivkraft i den grønne omstilling	Ole G. Mouritsen	SNU
Mar 2023				
6/3	18.15	Rummet som Jordens spejl	Michael Schultz Rasmussen	AS (Kbh)
13/3	18.15	Naturlige trusler fra rummet	Jens Olaf Pepke Pedersen	AS (Kbh)
13/3	19.45	JWST observations of Exoplanets (på engelsk)	Hannah Diamond-Lowe	AS (Aarh)
20/3	18.15	Rumrejser set fra Jorden	Christina Toldbo	AS (Kbh)
20/3	19.30	The Milky Way Black Hole (på engelsk)	Roman Gold	SNU
Apr 2023				
17/4	19.30	Vedvarende energi, uden Ørsted gik det ikke	Frede Blaabjerg	SNU
24/4	19.45	JWST and the first galaxies (på engelsk)	Katriona Gould	AS (Aarh)
Maj 2023				
1/5	19.45	På jagt efter de første galakser med JWST og ALMA	Kasper Elm Heintz	AS (Aarh)
8/5	19.30	James Webb-rumteleskopet – liv i universet Efter foredraget uddeles H.C. Ørstedmedaljen til en inspirerende grundskolelærer	Lars Buchhave	SNU

AS (Kbh): Astronomisk Selskab, Søndre Campus – Islands Brygge St. (Metro), Emil Holms Kanal 2–8, 2300 Kbh. S. Lokale: 23.0.49 (bygning 23, stuen) (astronomisk.dk).

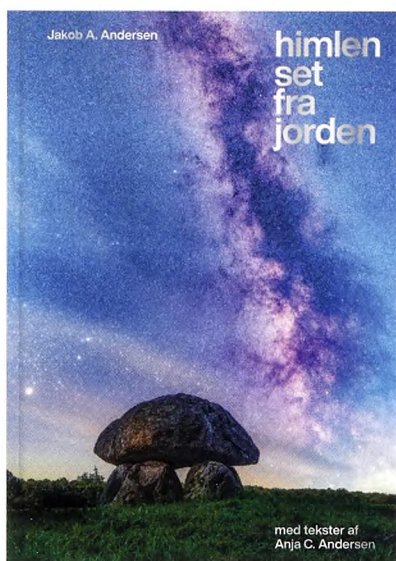
AS (Aarh): Astronomisk Selskab, Aarhus Universitet, Ny Munkegade 118, 8000 Aarhus C (bygning 1530, lokale G122).

SNU: Aud. 1, H.C. Ørstedbygningen, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (naturlæren.dk, facebook.com/SNU1824). OBS: Der må ikke parkeres ved hovedindgangen til Universitetsparken 5, og kun med særlig p-tilladelse andre steder i Universitetsparken. Der kan parkeres med EasyPark på Nørre Allé.

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

Aktuelle bøger

Jens Olaf Pepke Pedersen, *Kvant*



Jakob A. Andersen med tekster af Anja C. Andersen, "Himlen set fra Jorden", 2022, Strandberg Publishing, 240 sider, 400 kr.

Himlen set fra Jorden

Astrofotografering kræver både erfaring, tålmodighed og teknik, men belønningen er fantastiske billeder. I bogen "Himlen set fra Jorden" har astrofotograf Jakob Arthur Andersen samlet nogle af sine bedste fotografier, som viser os, hvor smuk og fascinerende nattehimlen kan være.

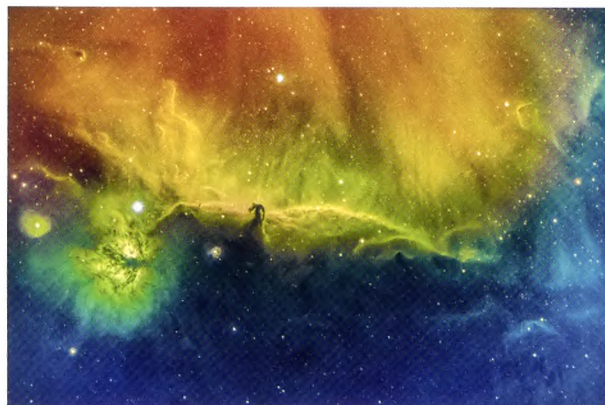
Selvom vi er forvante med flotte billeder fra universets afkroge, som rumteleskoper sender ned til os, er der noget betagende ved, at de flotte billeder også kan fotograferes fra Jorden, som bogens titel fortæller. Til gengæld fortæller Jacob Andersens gennemgang af teknikken også, at det ikke er nok bare at investere i det rigtige udstyr. Han brugte selv mange år på at lære nattehimlen at kende, og hvor han i alle årstider sad hver eneste stjerneklare nat ude i kulden med sin kikkert.



Figur 1. Broen ved Hannenov Skov. Billedet er taget en vindstille nat, hvor ugerne tudede natten igennem. På grund af den manglende blæst skulle linsen tørres fri for dug mellem hvert billede. Foto fra bogen.

For at samle stjernelys nok til et færdigt billede er det nødvendigt at tage mange billeder af det samme motiv med en eksponeringstid på flere minutter og efterfølgende samle dem til ét billede i en proces, der kaldes "stacking". Ved hjælp af særlige filtre, som kun lader en bestemt bølgelængde passere, kan man fremhæve dele af fx en stjernetaåge, som ellers ville være svær at fange med alle lysstrålerne i et billede. Det betyder også, at forfatteren ofte må bruge 15 timer eller mere for et enkelt billede, og han skriver derfor også, at han typisk kun tager mellem 10 og 15 billeder om året. Bogen repræsenterer således mange års arbejde.

En undtagelse er billedet af Plejaderne, der pryder Kvants forside, og som "kun" ligger 440 lysår borte. Her var eksponeringstiden 1,1 time, men selv de "hurtige" billeder, som et billede af Mælkevejen set fra Møns Klint, krævede en nats arbejde. Vejret var ellers perfekt, da Jakob Andersen ankom, men så blev det pludselig dårligt, og først klokken to om natten begyndte de sidste skyer langsomt at forsvinde. I mellemtiden var det blevet højvande, så da stod fotostativet i 20 cm vand.



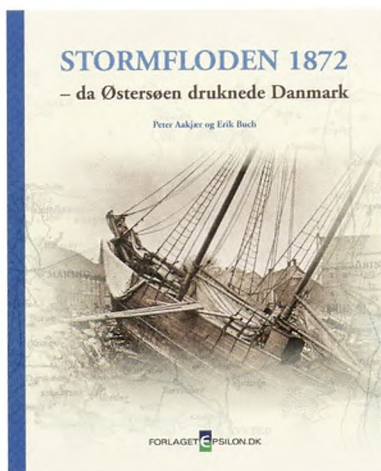
Figur 2. Hestehovedtågen – Eksponeringstid 8 timer. Foto fra bogen.

En del af oplevelsen ved bogen er således ikke alene billederne, men også de små ledsagende billedtekster, der forklarer, hvordan billedet blev taget.

Hestehovedtågen, der er gengivet på figur 2, krævede således en eksponeringstid på otte timer, men det krævede også mange forsøg, før der var samlet data nok. Det danske vejr drillede konstant, så det enten var overskyet, regnvejr, for fugtigt eller for blæsende – eller det hele på en gang. En enkelt aften blev det til opsætning og nedpakning fire gange.

Bogens billeder er inddelt i kapitler om fjerne galakser, Mælkevejen, Solen, Månen samt stjernetaåge og kuglehobe, hvortil Anja C. Andersen har skrevet korte indledende tekster til hvert af kapitlerne.

I en tid, hvor det naturlige nattemørke er en sjældenhed og mange af os bor i store byer, og måske aldrig har set Mælkevejen, minder disse billeder os om en verden, der næsten er gået tabt.



Peter Aakjær og Erik Buch, "Stormfloden 1872 - da Østersøen druknede Danmark", 2022, Forlaget Epsilon, 151 sider, 325 kr.

Ekstremt vejr

Vejret kan være dramatisk, og følger man blot lidt med i mediedækningen af naturens luner, kan man godt få indtrykket af, at de ekstreme vejrphænomener står i kø. Men for 150 år siden, den 13. november 1872, oplevede Danmark en af de største naturkatastrofer i landets historie. En rekordhøj superstormflod med vandstande på over 3 meter ramte de danske østersøkyster. Stormfloden blev skabt af en intens og langvarig orkan i den vestlige del af Østersøen, der bevirkede store oversvømmelser og massive ødelæggelse. På Lolland og Falster blev digerne gennembrudt, og ca. 90 mennesker samt tusinder af husdyr druknede i vandmasserne.

I alt forliste eller strandede 600 skibe omkring Østersøen og ca. 270 omkom. Der var 2.800 ødelagte huse og 15.000 hjemløse.

En ny bog beskriver de helt usædvanlige forhold i atmosfæren og havet, der førte til denne katastrofe. Forfatterne er Peter Aakjær, der er ph.d. i meteorologi og geofysik og tidligere direktør for DMI, samt Erik Buch, der er ph.d. i fysisk oceanografi, og tidligere afdelingsleder på DMI med ansvar for bl.a. stormflodsvarslingen.

En meget populær – men forkert – forklaring på stormfloden er, at den skyldes, at der i dagene forinden havde været en kraftig vestenvind, som blæste ekstraordinært meget vand ind i Kattegat og videre ind i Østersøen. Da vinden vendte, løb vandet tilbage med høj vandstand til følge i det sydvestlige hjørne af Østersøen.

Forklaringen holder imidlertid ikke, fordi vejrkort for dagene op til den 13. november end ikke viser antydningen af en kraftig vestenvind, ligesom der heller ikke er tegn på opstuvning af vand i den østlige del af Østersøen. Den i dag ret oversete ingeniør og videnskabsmand Ludvig August Colding (1815–1888) indsamlede kort efter stormfloden oplysninger om vind, lufttryk og vandstand, og i en stor afhandling fra 1881 kunne han allerede dengang påvise, at oversvømmelsen alene var drevet af den kraftige vind.

Forfatterne har ved hjælp af moderne vejrmodeller kunnet genskabe stormfloden og få ny indsigt i årsagerne til stormfloden og omfanget af ødelæggelserne. I lighed

med Colding når de også frem til, at stormfloden var et rent vindskabt fænomen, og den opstod på grund af en meget kraftig, kold vind, der kom fra Sibirien.

Bogen sammenholder samtidig den nye viden med de gamle beretninger og arkivalier om de dramatiske ødelæggelser, hvilket giver nyt liv til beretningerne og bedre indsigt i katastrofens omfang og årsager.



Figur 1. Foto fra Allinge havn efter stormfloden. I en datidig beretning hed det: "En mængde Fiskerbaade knustes og et Par Skonnerter blev kastede ind paa Land med en saadan Kraft, at den enes Bogspryd gjenembrød Ydermuren i en grundmuret Gaard. Havnegaden var impassabel paa Grund af Bjælker og Brædder og Tagsten, der som i et Bombardement hvirvledes rundt om. Havnen i Sandvig, der er af stor Vigtighed for Allinges Fiskere, blev ligeledes tilintetgjort".

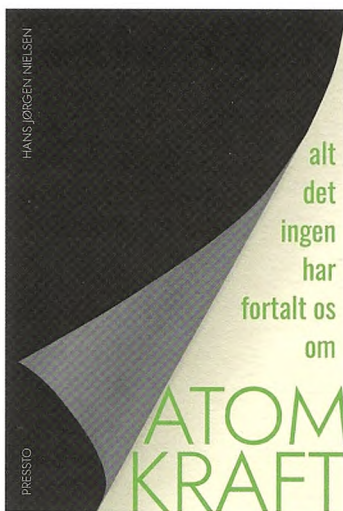
Mens vi kender til flere store stormfloder i Vesterhavet, bl.a. de store manddrukninger i 1362 og 1634, der begge kostede 10–15.000 mennesker livet, er stormfloder i den vestlige del af Østersøen heldigvis sjældne.

Spørgsmålet "Kan det ske igen?" bliver diskuteret i slutningen af bogen. En superstormflod som i 1872 kan ramme os igen, men hvor ofte det sker er svært at beregne, fordi det er en sjælden begivenhed. Data fra Køge Bugt-området tyder dog på, at det sker med ca. 300 års mellemrum. I dag vil vi heldigvis være langt bedre forberedte. Digerne langs Lolland og Falster er nu 4–4,5 m høje, men til gengæld er mange områder i Det sydfynske Øhav og langs Lillebælt ikke sikret med diger, samtidig med, at der siden 1872 er opført mange bygninger tæt på kysten. Derfor vil en ny superstormflod give store ødelæggelser.

I slutningen af dette århundrede kan middelvandstanden desuden være 0,5 m højere end i dag, og det vil betyde, at alle de steder, som blev oversvømmet i 1872, og som ikke er beskyttet af diger i mellemtiden, vil opleve, at oversvømmelsen bliver større i år 2100 end i 1872.

En anden usikker parameter er de fremtidige vindmønstre, som er svære at vurdere. Prognoserne tyder dog på, at både middel- og ekstremvinde vil være stort set uforandrede eller eventuelt en anelse svagere end i dag.

Bogen er rigt illustreret med gamle fotografier, tegninger og kort.



Hans Jørgen Nielsen, “Alt det ingen har fortalt os om atomkraft”, 2022, Pressto, 310 sider, 299 kr.

Atomkraft

Efter at have ligget underdrejet i mange år er debatten om atomkraft igen kommet på den politiske dagsorden. Det er ikke mindst invasionen af Ukraine og boykotten af Rusland, som har udløst en europæisk energikrise, men også klimaudfordringen, der har øget interessen for og ændret holdningen til atomkraft. Det gælder også herhjemme, hvor der for første gang i nyere tid er et lille flertal for at satse på atomkraft. Det er især de unge, der er tilhængere, mens den største modstand findes blandt kvinder over 60 år.

Forfatteren er direktør for konsulenthuset Slotsholm ApS, og han har tidligere arbejdet som journalist og politisk rådgiver og har udgivet flere bøger om at skrive. Det er da også en veloplagt fremstilling af atomkraft,

som læseren bliver præsenteret for, og hvis man ellers kan affinde sig med, at forfatteren jævnligt henvender sig direkte til læseren i første person, så er det svært ikke at lade sig rive med i fortællingen.

Hans Jørgen Nielsen bruger også sig selv i fortællingen, og beskriver hvordan han var sikker på, at han var på det godes side, da han omkring 1980 sang med på protestsangene mod atomkraft. Siden har han ændret holdning, og det får han også til at harmonere med andre af ungdomsoplevelserne, som da han et halvt år boede hos en landarbejderfamilie i Nicaragua.

Her boede ti familiemedlemmer i et hus på 40 kvadratmeter, maden blev tilberedt over et åbent ildsted, og der var ikke el, så det var mørkt fra klokken seks om aftenen til klokken seks om morgenen. Hans erfaring fra Nicaragua er, at der er en tæt og direkte sammenhæng mellem adgang til energi og et lidt bedre liv.

Som titlen antyder, så gennemgår forfatteren mange af de argumenter, der findes imod atomkraft, og han påviser, at en stor del er baseret på fordomme og myter uden hold i virkeligheden. Fx findes der ikke et eneste eksempel på, at kvinder, der har været udsat for selv meget høje doser radioaktivitet, har født børn med handicap af den grund. Han bruger også en ny meningsmåling til at vise, at det meste af det, befolkningen ved om atomkraft, er forkert.

Hvis man har fulgt debatten om atomkraft er der nøgternt set ikke så meget nyt i bogen, men der er mange illustrative eksempler, som fx, at hvis man havde samme krav til sikkerhed i trafikken, som i atomkraftindustrien, måtte hver dansker kun køre 450 km i bil om året.

Efter endt læsning sidder man mest af alt tilbage med en undren over, hvorfor folkestemningen i årtier har været imod atomkraft. Det har bogen til gengæld ikke noget godt svar på, men frykten for atomkraft ser ud til at være en rodfæstet del af vestens kulturelle baggrund.

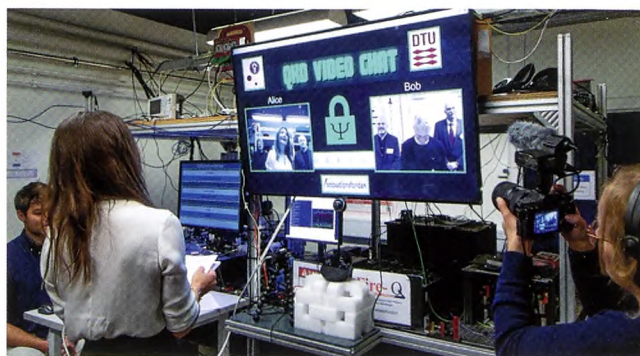
Kvant-nyheder

Christine Pepke Gunnarsson, *Kvant*

Kvantekrypteret forbindelse mellem NBI og DTU

KVANTETEKNOLOGI. Den 22. november i år demonstrerede forskere fra Niels Bohr Institutet (NBI) og Danmarks Tekniske Universitet (DTU) en kvantekrypteret sikker forbindelse mellem de to universiteter, da de førte en krypteret videosamtale. Samtalen blev forsøgt hacket og afbrudt som følge af hackerangrebet, der straks blev opdaget. Kvantekrypterede forbindelser er før demonstreret, også i Danmark (se *Kvant* 2022, nr. 1), men denne er den første i Danmark som er ført over en større afstand (18 km), og den første, som bruger en enkelt fotonkilde. Kvantekryptering bygget på enkelte fotoner er 100% sikker da en hacker, hvis hun forsøger at aflytte forbindelsen, vil blive opdaget, da det ikke er

muligt at kopiere eller dele en enkelt foton.



Kvantekryptering går ud på at skabe en sikker og hemmelig nøgle mellem afsender (Alice) og modtager

(Bob), som kun de to deler. Nøglen kan så bruges til at kryptere og aflæse beskeder sendt mellem Alice og Bob. Da nøglen og dataoverførslen foregår kvantemekanisk, kan det opdages, hvis en hacker (Eva) forsøger at aflytte dataoverførslen, da hun ved at gøre dette vil ændre kvantetilstanden af data, hvilket Alice og Bob kan konstatere. Det er kendt, at en måling i kvantemekanikken ændrer på partiklens kvantetilstand, og hvis Eva måler på flere fotoner, vil hun introducere fejl i nøglen, hvilket Alice og Bob kan opdage, når de efterfølgende sammenligner tilfældigt udvalgte målinger. Det er heller ikke muligt for Eva at skabe en ny foton med præcis de samme egenskaber, som den hun målte (dette kaldes “no cloning theorem”).

Kvantekryptering er beskyttet af kvantemekanikkens love, og er derfor en sikker måde at overføre data på. Klassisk kryptering er baseret på sværhedsgraden ved at udregne matematisk komplicerede funktioner, og en klassisk kryptering kan derfor brydes af meget kraftfulde computere. Da computerne i dag bliver bedre og bedre, er der et behov for kvantekryptering til at overføre data sikkert.

Alice blev spillet af Natasha Friis Saxberg, direktør for IT-Branchen, der befandt sig på NBI, og Bob blev spillet af Anders Eldrup, bestyrelsesformand for Innovationsfonden, der befandt sig på DTU. Det var en ph.d.-studerende på DTU, der spillede Eva, og forsøgte at hacke forbindelsen, men angrebet blev straks opdaget og forbindelsen blev afbrudt.

Forskerne har dermed vist at deres enkeltfoton-kilder er af høj nok kvalitet og robuste nok til at blive brugt til kvantekryptering – og det er en verdensnyhed i sig selv.

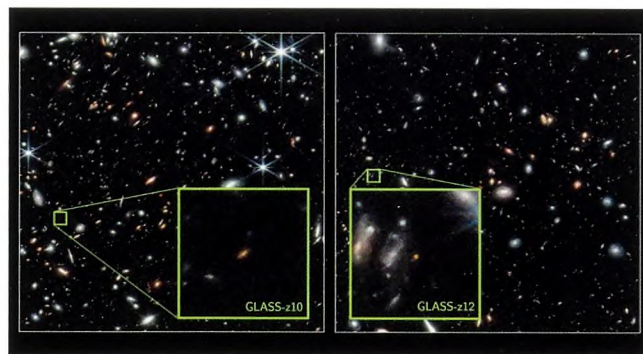
Kilde: NBI og DTU, se videoen her: video.ku.dk/video/81545272/danmarks-forste-kvantesikrede.

James Webb opdager hidtil fjerneste galakser

ASTROFYSIK. James Webb-teleskopet har opdaget flere galakser, som er længere væk end de fjerneste galakser, vi kender. Det var forventet, at vi med James Webb-teleskopet, der kan se skarpere end Hubble og i infrarødt lys, kunne se længere tilbage til nogle hundrede millioner år efter Big Bang, og at vi derfor ville se galakser, vi ikke kendte. Det interessante er, at de observerede galakser er meget store og indeholder mange flere stjerner end forventet, og derfor udfordrer den kosmologiske standardmodel kaldet Λ CDM-modellen. Dels er der mange galakser, men de er også for lysstærke, dvs. for store, i forhold til universets unge alder. Det er interessant, da en galakse ikke burde have haft tid til at bygge så meget masse op så kort tid efter Big Bang.

Astronomerne er dog nødt til at vente på tidskrævende spektroskopimålinger for at bekræfte de målte afstande. Men da flere forskellige forskerhold ved forskellige analyser har fundet samme afstande til især to af galakserne, tyder det på at afstandsbestemmelsen er korrekt.

Det var ellers ikke forventet, at universets såkaldte mørke alder ville ende så tidligt, og at galakserne ville begynde at forme sig kun 180 millioner år efter Big Bang, hvilket observationerne indikerer.



Det er kendt, at lys på sin rejse gennem det udvidende univers får bølgelængden strukket ud, og dermed bliver rødforskuet. Desto længere væk en galakse er, desto mere rødforskuet er lyset fra den. James Webb-teleskopet tager som nævnt billeder i det infrarøde, og kan derfor se de mest rødforskudte og dermed de ældste galakser.

Et spektrum over lysets bølgelængder tager tid at måle, men kan bestemme rødforskydningen præcist. En hurtig måde at bestemme rødforskydning på er ved “drop-out”-teknikken, som går ud på at tage billeder med forskellige farvefiltre. En galakse tæt på vil fx være synlig i nogle farvefiltre, mens den vil være usynlig i et UV-filter. Her siger man, at galaksen er “droppet ud” af filteret. De fjerneste galakser vil til sammenligning kun være synlige i midt-infrarøde filtre, og vil være “droppet ud” af de nær-infrarøde filtre. Hvis forskerne observerer en galakse, der kun er i det midt-infrarøde filter, tyder det derfor på, at lyset fra den er meget rødforskuet, og at den befinder sig langt væk.

En usikkerhed ved “drop-out”-teknikken er, at den kan fortælle hvilke galakser der er mest rødforskudte, men ikke hvorfor. Universets udvidelse er ikke den eneste grund til, at galakserne ser røde ud. Når stjerner dør, producerer de tungere grundstoffer, der kan sætte sig sammen til støv. Den type støv absorberer primært lys med kort bølgelængde (blåt og UV), men transmitterer lys med lang bølgelængde (rødt og IR). Hvis der er meget støv i en galakse, vil lyset fra den derfor se mere rødt ud. Det kan også være, at galaksen er holdt op med at danne nye stjerner. Her ved vi, at de første stjerner som udslukkes, er de blå, og at de røde stjerner vil lyse længst, og derfor vil en døende galakse også se mere rød ud.

“Drop-out”-metoden er derfor en hurtig måde at bestemme rødforskydningen på af mange galakser på én gang, men for en præcis bestemmelse af afstanden er man nødt til at måle spektret.

De nye observationer af fjerne, lysstærke galakser tyder på, at der er noget den kosmologiske standardmodel ikke kan forklare, men det er vigtigt at huske på, at de modeller, der bruges, er bygget på viden om nærliggende galakser. I det tidlige univers var de fysiske forhold meget anderledes. Fx var universet varmere, hvilket har en indvirkning på hvor tunge stjerner, der kan dannes. Forskerne har vist, at hvis gastemperaturen i universet øges, giver udregningen 10 gange mindre galakser, og så holder Λ CDM modellen fortsat.

Kilde: cosmicdawn.dk.

KIF-prisen 2022 til Heloisa Bordallo

Maren Malling, KIF



Figur 1. Heloisa Bordallo fra Niels Bohr Institutet (t.h.) sammen med Maren Malling, KIF.

KIF-prisen er en hæderspris, der uddeles årligt 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. Prisen blev i år uddelt ved Dansk Fysisk Selskabs Årsmøde 2022, og der blev sammen med prisen givet et legat på 5.000 kr. doneret af Videnskabernes Selskab. Priskomiteen bestod af professor Winnie Edith Svendsen fra DTU, lektor og viceinstitutleder Mads Toudal Frandsen fra SDU og lektor emerita Birgitta Nordström fra NBI/KU.

Årets vinder er lektor Heloisa Bordallo fra Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet, som var blevet indstillet af en lang række af hendes tidligere studerende. I deres motivation lagde komiteen vægt på hendes imponerende forskerkarriere såvel som

hendes dedikerede arbejde som underviser og vejleder. Heloisa er en inspiration og rollemodel for mange unge forskere, som ofte holder kontakt med hende længe efter, at de har afsluttet deres projekter med hende. Hun går op i, hvordan det går dem i deres videre karriere, og giver gerne gode råd på vejen.

Heloisa Bordallo har publiceret mere end 140 videnskabelige artikler (heraf 30 som førsteforfatter) i internationalt anerkendte publikationer og mere end 20 artikler i publikationer af generel interesse. Hun er grundlægger og senior videnskabelig vejleder på projektet "MIRACLES Backscattering Neutron Spectrometer", som er ved at blive bygget ved European Spallation Source (ESS) i Lund.



Figur 2. Heloisa Bordallos foredrag ved prisoverrækkelsen.

Heloisas forskning kombinerer fysik med kemi, biologi og materialevidenskab, og hun har en passion for forskning, der gør en forskel for samfundet, hvilket ses ved hendes mange bidrag til bl.a. vacciner og kræftbehandling, men også til materialer, som er relevante for vores daglige liv, såsom mad, medicin, dentalcement og hårblegning.

Stort tillykke til Heloisa med den meget velfortjente pris! Læs også interviewet på Kvinder i Fysiks hjemmeside:

kvinderifysik.dk/2022/11/16/interview-with-kif-prize-winner-2022-heloisa-bordallo/