

blev indledt med sidste runde af studenteroplæg og et efterfølgende foredrag om det ydre rum og de anvendelser, det kan bibringe os. Foredraget blev holdt af Johann-Dietrich Wörner, som er generaldirektør for ESA, Det Europæiske Rumagentur. Efter en sidste plakatsession var der spænding om stemmerne for de bedste postere, men før vinderne blev afsløret, var der workshops om foreningsdrift: PR, fondsøgning, og hvordan man starter en lokal forening for fysikstuderende. Bagefter fik vi konferencens sidste foredrag ved Petra Rudolf, der handlede om nogle af verdens mindste maskiner: molekylære motorer.

Efter foredraget blev der afholdt afskedsceremoni. Resultaterne af alle ugens events og konkurrencer blev annonceret. Og her fik vi en dansker på podiet: Philip Sørensen vandt andenpladsen i plakatkonkurrencen for sit arbejde med ultralet mørkt stof. Tillykke, Philip! Efter konferencen var der aftensmad og afskedsfest.

For mange var den sidste morgen travl. Der var fly, der skulle nås, og værelser, der skulle rømmes. Men da vi, en flok trætte fysikere fra Odense, kravlede ombord på toget, vidste vi, at der heldigvis ville være en konference igen næste år.



Emil Vyff Jørgensen er kandidatstuderende i fysik med tilvalg i matematik på Syddansk Universitet. Han har deltaget i ICPS fire gange og været til PLANCKS tre gange, senest i Odense, hvor han selv var arrangør. Hans interesser i fysikken hælder til kvanteoptik og topologiske systemer.

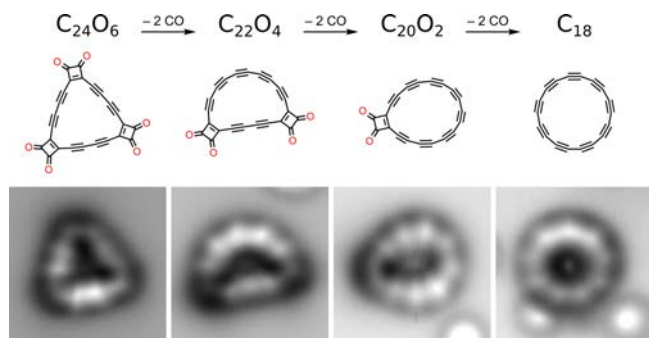
Kvant-nyheder

Af Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

Ringformet kulstofmolekyle

KEMI. Forskere fra Oxford University og IBM Research har for første gang dannet et ringformet kulstofmolekyle, cyclokulstof C_{18} .

Kulstof er et af de hyppigst forekommende grundstoffer og forekommer bl.a. i diamanter, hvor hvert kulstofatom er bundet til fire andre kulstofatomer i en tetraederstruktur. I grafit er hvert kulstofatom bundet til tre andre kulstofatomer i samme plan. Teoretisk er det blevet foreslået, at der kunne eksistere kulstofmolekyler, hvor hvert kulstofatom kun er bundet til to andre kulstofatomer. Ringformede kulstofmolekyler har længe været interessante for forskerne. En ring bestående af 18 kulstofatomer er teoretisk set den mindste ring, som er stabil. Forskerne har især været interesserede i, hvorvidt kulstofatomerne i C_{18} -ringen binder sig til hinanden med dobbeltbindinger eller skiftevis med enkelt- og triplbindinger, da begge dele er muligt.



Figur 1. Fremstilling af cyclokulstof C_{18} ved gradvis fjernelse af CO-grupper fra molekylet $C_{26}O_6$. Nederst ses AFM billeder af processen. Figur fra kilde.

Forskerne dannede cyclokulstof C_{18} ved først at

danne molekylet $C_{26}O_6$ på overfladen af et kobber substrat dækket med NaCl (salt), for at undgå, at kulstofatomerne ville binde sig til overfladen. De trekantede $C_{26}O_6$ -molekyler blev studeret med et atomart kraftmikroskop (også kaldet atomic force microscope, AFM) ved en temperatur på 5 K. Ved at tilføje spændingspulser med høj spændingsforskel over deres AFM, kunne de gradvist fjerne CO-grupper (hjørnerne af trekanten) fra molekylerne, således at de endte med en ring, C_{18} . Forskerne sammenlignede AFM-billederne af C_{18} med simulationer af, hvordan henholdsvis dobbeltbindinger og skiftevis enkelt- og triplbindinger i C_{18} ville se ud, og fandt, at bindingerne i C_{18} var skiftevis enkelt- og triplbindinger. Forskerne fortæller, at metoden til at danne C_{18} med AFM også kan bruges til at syntetisere andre kulstofmolekyler.

Kilde: K. Kaiser m.fl. (2019) "An sp-hybridized molecular carbon allotrope, cyclo[18]carbon", *Science*, eaay1914.

Sort hul sluger neutronstjerne

ASTROFYSIK. For første gang har forskere observeret et sort hul sluge en neutronstjerne. Det er de tre tyngdebølgeobservatorier, LIGO (et i Washington og et i Louisiana, USA) og VIRGO (i Italien), der har målt tyngdebølger (krusninger i rumtiden) fra en hændelse, der skete for 900 millioner år siden.

Sorte huller og neutronstjerner dannes af resterne af døde stjerner efter supernovaeksplosioner. En stjerne fusionerer hydrogen til helium, og når den løber tør for hydrogen, begynder den at fusionere helium til kulstof. Når stjernens helium er brugt op, kan den, hvis den har en masse større end Solens, fusionere kulstof til tungere grundstoffer som bl.a. oxygen, magnesium og jern. Når stjernens kerne er fusioneret til jern, kan den ikke fusio-

ner længere (uden at få tilføjet energi), og stjernen kollapsede under sin egen tyngdekraft. Jernkernen varmes op og bliver så kompakt, at elektroner og protoner kolliderer og bliver til neutroner (og neutrinoer). Stjernens ydre lag kolliderer og falder ind mod neutronkernen, som varmes endnu mere op og til sidst eksploderer i en supernova, der som bekendt sender stof og energi ud i rummet til ny stjernedannelse. Resterne af stjernen kan blive til et sort hul eller en neutronstjerne, afhængig af stjernens masse før supernovaeksplosionen.



Figur 2. En kunstners fortolkning af et sort hul der skal til at sluge en neutronstjerne. Figur fra kilde.

Lige efter målingen af tyngdebølgerne den 14. august skannede Australian National University SkyMapper Telescope rummet, hvor hændelsen kom fra. Det var et område på ca. 7 gange Månens størrelse, men teleskopet kunne ikke finde noget elektromagnetisk stråling fra begivenheden. Der er altså ingen visuelle billeder af hændelsen, hvilket kan skyldes, at det sorte hul har slugt neutronstjernen i en mundfuld uden at efterlade noget stråling. Forskerne analyserer stadig data for at bekræfte størrelsen af de to objekter, men kunne lige efter hændelsen sige, at det lille objekt havde en masse mindre end 3 Sol-masser. Der er derfor størst sandsynlighed for, at det sorte hul har slugt en neutronstjerne, og da forskerne aldrig har detekteret et sort hul mindre end 5 Sol-masser eller en neutronstjerne større end 2,5 Sol-masser, er de meget sikre på, at det er tilfældet. Der er dog en lille sandsynlighed for, at det var et sort hul, der slugte et lille, let sort hul, men det ville i så fald have været et sort hul, der er meget lettere end alle andre sorte huller, vi kender, hvilket i sig selv også ville være en interessant observation.

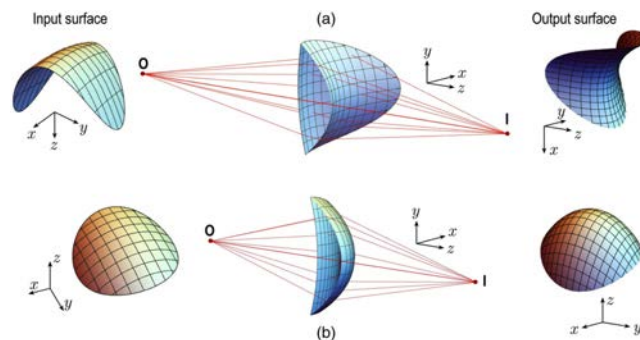
Kilde: www.phys.org, <https://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/25333.gcn3>

Fysikere løser 2000 år gammelt problem

OPTIK. For over 2000 år siden fandt den græske matematiker Diokles et problem med de linser, han arbejdede med. I en perfekt linse vil alle lysstråler fokuseres i samme punkt, fokalpunktet, lige meget hvor på linsen, de rammer. Diokles' linser var sfæriske, så lys, der rammer linsen på et andet sted end i linsens centrum, bliver afbøjet og fokuseret i et andet punkt end i linsens

fokalpunkt. Kun lysstråler, der rammer linsens centrum, bliver fokuseret i linsens fokalpunkt. Diokles opdagede, at afhængigt af hvor på linsen og med hvilken vinkel, lysstrålerne ramte, blev de alle fokuseret i forskellige punkter. Billedet blev derfor mere uskarpt i linsens kanter i forhold til i linsens centrum. Dette kaldes for sfærisk aberration, da det kun forekommer i sfæriske linser. Asfæriske linser med form som en ellipse eller hyperbel er ideelle linser, da de ikke har problemet med sfærisk aberration, men asfæriske linser er meget dyre at producere. Både Newton og Leibniz forsøgte at løse problemet med sfærisk aberration, men uden held.

I 1949 blev problemet beskrevet af matematikeren Gerhard D. Wassermann og fysikeren Emil Wolf (sidstnævnte er nok mest kendt for bogen "Principle of Optics", som han skrev sammen med Max Born). Problemet blev derfor sidenhen kendt som Wassermann-Wolf-problemet, og de foreslog, at en løsning kunne være at bruge to asfæriske overflader ved siden af hinanden efter den sfæriske linse for at korrigere for lysets brydning i linsen. Dette forbedrede billedet og er sidenhen blevet brugt i mange forskellige anvendelser fx i kameraer og i teleskoper. Men det er en dyr og ofte utilstrækkelig løsning.



Figur 3. Linser med konvex (a) og konkav (b) input-overflade. Formlen udregner den optimale output-overflade, som eliminerer sfærisk aberration, der opstår som følge af linsens input-overflade. Bemærk, at kun et stykke af linsen er vist, og at linsen er vist som værende hul for at illustrere lysstrålernes vej gennem den. Figur fra kilde.

Nu har mexicanske fysikere løst problemet analytisk med en lang matematisk formel, som beskriver præcist, hvordan formen af en efterfølgende asfærisk overflade skal være for at korrigere for sfærisk aberration i en given sfærisk linse. Løsningen er uafhængig af materiale, størrelse og anvendelse af linsen og bruger som input kun den sfæriske linses form og objekt-billedafstanden. Formlen eliminerer sfærisk aberration og er blevet testet i simulationer, som viser, at den kan producere linser, der er 99,9999999999% præcise. Forskerne fortæller, at formelen vil kunne bruges til at producere knivskarpe linser af høj kvalitet til bl.a. teleskoper, mikroskoper, kameraer og – måske mere relevant for nogle af Kvants læsere – briller og kontaktlinser.

Kilde: R. G. González-Acuña, H. A. Chaparro-Romo og J. C. Gutiérrez-Vega (2019) "General formula to design a freeform singlet free of spherical aberration and astigmatism", *Appl. Opt.*, bind 58, side 1010–1015.