
Kvant-nyheder

Christine Pepke Gunnarsson, *Kvant*

Nobelprisen i fysik 2021

KOMPLEKSE SYSTEMER. Nobelprisen deles igen i år mellem tre forskere, som har forsket i komplekse systemer. Syukuro Manabe fra Princeton Universitetet i USA og Klaus Hasselmann fra Max Planck-Institutet for Meteorologi i Tyskland deler halvdelen, mens Giorgio Parisi fra Roms Sapienza Universitet modtager den anden halvdel.

Nobelprismodtagerne har beskrevet kaotiske systemer, karakteriseret af tilfældigheder og uorden, og forudsagt deres langtidsadfærd. Manabe og Hasselmann har grundlagt vores nuværende viden om Jordens klima og hvordan mennesker påvirker det. Manabe modtager prisen for hans bidrag til vores forståelse af komplekse fysiske systemer og Hasselmann for hans fysiske modellering af Jordens klima og for at forudsige global opvarmning. Parisi modtager prisen for opdagelsen af sammenspillet mellem uorden og fluktuationer i komplekse fysiske systemer, en model der kan bruges fra atomar til planetar skala.

Manabe udviklede i 1960'erne modeller for Jordens klima og han var den første, der udarbejdede en model for energistrømmene gennem atmosfæren, som inkluderede luftmassernes opadgående bevægelser og vandets kredsløb. Manabe demonstrerede desuden, hvordan en fordobling af mængden af CO₂ i atmosfæren fører til en temperaturstigning på 2 grader på Jordens overflade. Gennemsnitstemperaturens reaktion på udledning af CO₂ introducerede Manabe som klimasensitiviteten. Manabe viste, at man kan beregne klimasensitiviteten ved at simulere fortidens klima og se på, hvordan det har ændret sig. Senere forbedrede han modellen ved at inddrage flere faktorer, hvilket ændre-

de klimasensitiviteten til 3 grader. Manabes forskning grundlagde de klimamodeller, som vi bruger i dag.

Omkring 10 år efter udviklede Hasselmann en model, som forbinder vejr og klima, og forklarer, hvorfor klimamodeller kan være troværdige, mens vejret kan virke kaotisk og uforudsigeligt. Vejret er bl.a. påvirket af solstrålingen, som er ujævnt fordelt over Jorden både geografisk og tidsmæssigt. Desuden er Jorden rund og drejer om en tiltet akse, hvilket komplicerer vejrforudsigelser. Vejret er beskrevet af kaosteori (tænk bare på sommerfugleeffekten). Hasselmanns metode gjorde det muligt at forudsige langtidstendenser for klimaet ved at behandle fluktuationer i det daglige, kaotiske vejr som støj. Hasselmann udviklede desuden metoder til at identificere særlige aftryk som både nogle naturlige (fx solstråling og vulkanudbrud) og menneskeskabte fænomener (fx drivhusgasser) sætter på klimaet. Hans metoder er brugt til at bevise at de øgede temperaturer i atmosfæren bl.a. er pga. menneskets udledning af CO₂.

Omkring år 1980 opdagede Parisi gemte mønstre i uordnede komplekse materialer. Parisi udviklede en model, der kunne forklare hvordan atomer i en type materialer, kaldet spinglasser, orienterer deres spin. I en spinglas er atomer med spin tilfældigt blandet i et gitter af andre atomer. Hvert atom er en magnet med et spin, men atomerne er påvirket af alle magneterne omkring dem og ved ikke hvilken retning, de skal befinde sig i. I en normal magnet peger alle spin i samme retning, men i en spinglas er de frustrerede, og de peger i forskellige retninger.

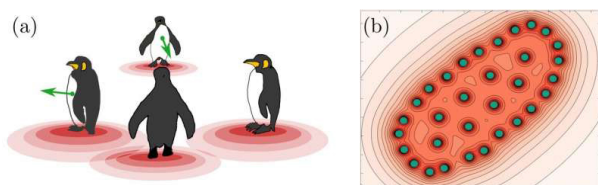
Parisi demonstrerede, hvordan han med et matematisk trick kunne løse spinglas-problemet. Parisi udviklede fra studierne af spinglasser en teori for uordnede og

tilfældige fænomener, som kan bruges i mange andre komplekse systemer. Parisis opdagelser er blandt de vigtigste bidrag til teorien om komplekse systemer. De gør det muligt at forstå og beskrive mange forskellige og tilsyneladende helt tilfældige materialer og fænomener ikke kun i fysik men også i andre områder som biologi, matematik, machine learning og neuroscience.

Kilde: Press release: The Nobel Prize in Physics 2021 - NobelPrize.org .

Kollektiv selvoptimeringsproces hos egoistiske pingviner

GRUPPEDYNAMIK. Pingviner i Antarktis ses ofte stående i store grupper for at holde hinanden varme i de ekstremt kolde temperaturer. Dette har forskere fra Heinrich Heine Universitetet i Düsseldorf og TU Darmstadt vist er et optimeringsproblem, da pingvinerne – hvis de står for tæt på hinanden – overopheder, mens de fryser, hvis de står for langt fra hinanden. Hver pingvin prøver derfor at finde sin idealtemperatur, hvor de har en lille afstand til hinanden, men ikke alt for lille, samtidig med at de prøver at optimere den kollektive tilstand, hvor alle pingviner er varme nok, hvilket de gør ved at bevæge sig i retningen af den største temperaturændring.



Figur 1. Et eksempel på kollektiv selvoptimering: (a) Pingvinerne er varmekilder, der bevæger sig i retningen af deres idealtemperatur (grøn pil). (b) En næsten opnået kollektiv idealtilstand af 32 pingviner (grønne cirkler), de sorte linjer er isotermer, som viser, at næsten alle pingviner har opnået idealtemperatur.

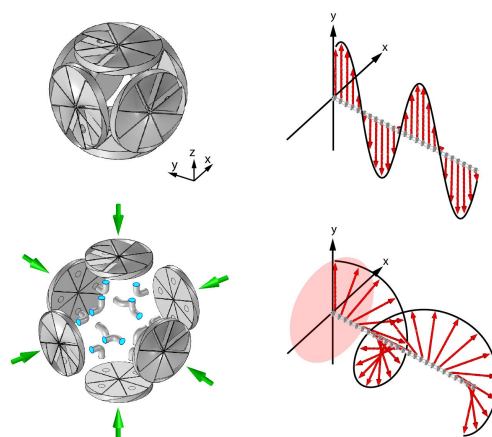
Forskerne har studeret gruppedynamikken af såkaldte “kommunikerende aktive partikler”, som konstant fokuserer på selvoptimering. Forskerne har fundet ud af, at det er den individuelle selvoptimering som skaber en idealtilstand for hele gruppen, hvor alle pingviner har en idealtemperatur. Det vil sige, at pingvinerne ved hele tiden at stræbe efter selv at opnå deres idealtemperatur også hjælper de andre gruppemedlemmer. Forskerne brugte en ny model for aktive kommunikerende partikler, som selv kan ændre retningen af deres bevægelse. Partiklerne kommunikerer med hinanden ved at sanse et skalarfelt, som for pingvinerne for eksempel er et temperaturfelt. Feltet gør at partiklerne bevæger sig i den retning, der er mest favorable for dem for at opnå deres idealtilstand. Forskerne opdagede at vekselvirkningen med feltet førte til “tre-legeme-kræfter” mellem partiklerne. Netop tre-legeme-kræfterne er nøglen til at forstå den kollektive dynamik mellem de kommunikerende aktive partikler. Det interessante ved studiet er, at det ikke er et minimerings problem (hvilket sådanne situationer ofte er) men er et optimeringsproblem. Resultatet er en tilstand, hvori pingviner med få naboer står tættere på hinanden end dem med mange naboer, sådan at alle holdes varme. Konklusionen er derfor at selvom pingvinerne er drevet af deres egen interesse i

selv at opnå en idealtemperatur, opnår hele gruppen en tilstand, der holder alle pingviner varme.

Kilde: Three-body interactions bring egoists into the collective comfort zone – even penguins (phys.org). Collective self-optimization of communicating active particles, PNAS, doi.org/10.1073/pnas.2111421118.

Transversale lydbølger

FYSIK. Fra fysikundervisningen har vi lært, at mens lysbølger er transversale, dvs. at oscillationerne er vinkelret på udbredelsesretningen, så er lydbølger longitudinale dvs. at oscillationerne er parallelle med udbredelsesretningen. Det kan måske være svært at forestille sig at en lydbølge der udbreder sig i et medium, skulle kunne gøre dette som en lysbølge, da der i luft ikke er en forskydningskraft, men det er netop lykkedes forskere fra City University i Hong Kong at vise, at de kan skabe en transversal lydbølge.



Figur 2. Figuren illustrerer “meta-atomet” og de transversale lydbølger.

Det er første gang, at en transversal lydbølge er blevet demonstreret. Lydbølgen, som vibrerer vinkelret på udbredelsesretningen, har både spin og orbitalt angulært moment ligesom lysbølger har. Spin-orbit vekselvirkningen eksisterer kun i transversale bølger, da longitudinale bølger ikke har spin.

For at danne en transversal lydbølge kræves som nævnt en forskydningskraft, som er resultatet af modsatte kræfter i et materiale og kun dannes i faste stoffer, og ikke i almindelig luft. Forskerne har skabt syntetiske forskydningskræfter ved at fordele luft i små mængder i resonatorer med snoede indvendige klinger, såkaldte “meta-atomer” (figur 2). Resonatorerne er så små, at deres størrelse er mindre end bølgelængden af lydbølgen. Det er den kollektive bevægelse af meta-atomerne, der skaber en forskydningskraft, som gør det muligt for den transversale lydbølge at bevæge sig inde i metamaterialet. Det er netop forskydningskraften der viser, at metamaterialet opfører sig som et elastisk medie, og derfor understøtter udbredelsen af en transversal lydbølge med spin-orbit vekselvirkning.

Forskerne forventer, at opdagelsen af transversale lydbølger vil kunne bruges til udvikling af nye anvendelser i akustisk kommunikation og i akustisk billed-dannelse.

Kilde: Shubo Wang et al, Spin-orbit interactions of transverse sound, Nature Communications (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-26375-9