

Fysik i den tynde verden

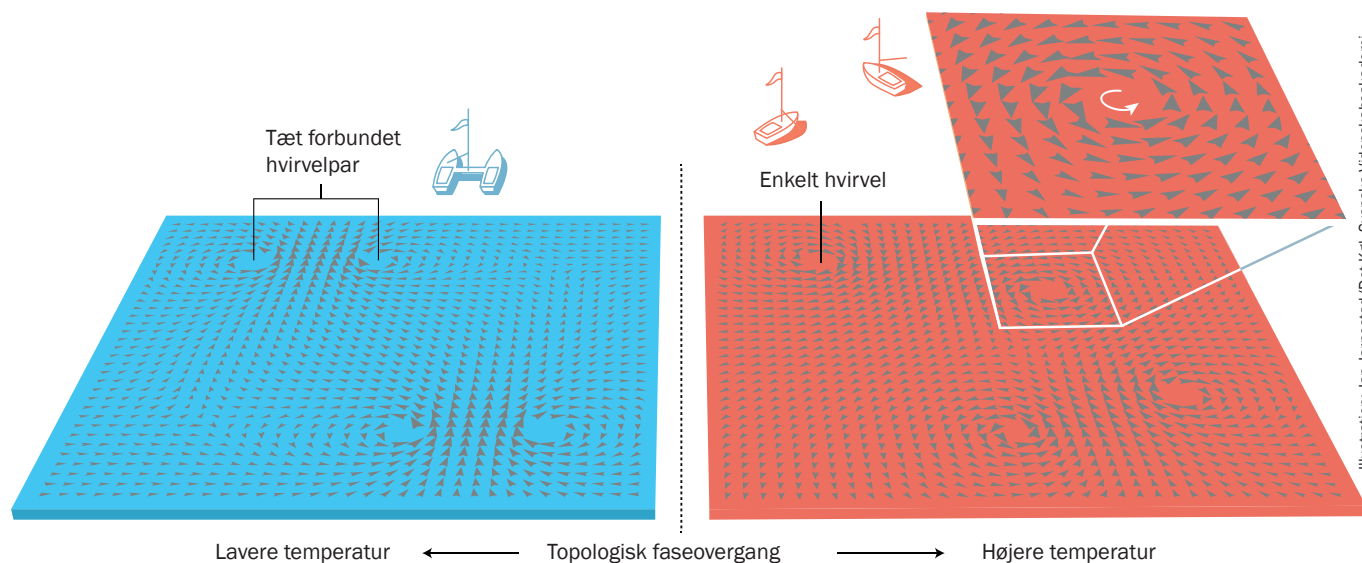


Illustration: Jan Jarnestad/Det Kgl. Svenske Videnskabsakademi

Illustration af en topologisk faseovergang i et ultratyndt og meget koldt materiale. Når det er tilstrækkeligt koldt dannes hvirvelpar i materialet. Ved stigende temperatur adskilles disse pludseligt igen, når temperaturen for en faseovergang er nået.

Arets Nobelpris i fysik er et godt eksempel på, hvordan anvendelsen af matematiske koncepter i fysikken kan betyde et gennembrud i forståelsen af fysiske fænomener. De tre pristagere Michael Kosterlitz, David Thouless og Duncan Haldane har brugt metoder fra en gren af matematikken kaldet topologi til at studere usædvanlige tilstande i materialer som superledning, superflydning og magnetisme i tynde film. Netop anvendelsen af topologi har været afgørende for deres opdagelser og gennembruddet i forståelsen af disse eksotiske fænomener.

Topologi beskriver egenskaber, som forbliver intakte når et objekt strækkes, vrides eller deformeres – men ikke hvis det rives fra hinanden. Hvis fx to geometriske former flydende kan deformeres over i hinanden, uden at der er behov for at skære eller lime, har de samme topologi. En badebold kan fx ikke deformeres over i en badering, og derfor er hullet i baderingen en afgørende underliggende egenskab. Man kan desuden indse, at antallet af huller kun kan vokse i heltallige trin.

Faseovergange i den todimensionale verden

Når materialer ændrer egenskaber, taler man om faseovergange, hvor overgangen

mellem flydende og fast form er et velkendt eksempel. Nobelpristagerne har været i stand til at vise, at eksotiske fænomener, der optræder når materialer bliver ekstremt tynde og dermed næsten todimensionale, kan forklares ved såkaldte topologiske faseovergange i materialerne. I denne tynde verden observerer man helt andre fysiske fænomener end i hverdagen, fordi kvantemekaniske effekter bliver dominerende.

I 1970'erne demonstrerede Kosterlitz og Thouless, at superledning kan forekomme i tynde film ved meget lave temperaturer (nær det absolutte nulpunkt). På det tidspunkt troede man ikke, at dette var muligt, fordi man antog, at termiske fluktuationer ville ødelægge al orden i de todimensionale materialer. Kosterlitz og Thouless forklarede den mekanisme, der får superledningen til at forsvinde ved højere temperaturer, som en topologisk faseovergang, hvor hovedrollen spilles af små hvirvler i det tynde materiale. Ved lave temperaturer danner hvirvlerne tæt forbundne par. Når temperaturen stiger, sker der en faseovergang, hvor hvirvlerne pludselig bryder deres tosommelighed og driver væk fra hinanden i materialet.

I 1980'erne var Thouless i stand til at forklare tidligere eksperimenter med meget

tynde elektrisk ledende lag, hvori ledningsevnen var blevet meget præcist målt til at optræde i heltallige trin. Han viste, at disse heltallige trin var topologiske i deres natur. På omtrent samme tidspunkt opdagede Duncan Haldane, at topologiske koncepter også kan bruges til at forstå egenskaberne af kæder af små magneter fundet i visse materialer.

Det kan bruges til noget

Nobelpristagernes arbejde har været med til at åbne døren til en helt ny verden. I dag kender vi mange topologiske faser, ikke kun i tynde lag og tråde, men også i almindelige tredimensionale materialer. Der er stor interesse i at studere disse materialer og fænomener, ikke mindst fordi topologiske materialer virker lovende til brug i de nye generationer af elektronik og superledere – og måske også i fremtidens kvantecomputere.

CRK, Kilde: Nobelprize.org/Strange-phenomena-in-matter's-flatlands.