

# 拓撲相變揭秘奇異物質 推動量子電腦開發 啟未知世界大門 英3雄奪物理獎



瑞典皇家科學院昨日宣佈，英國物理學教授索利斯、科斯特利茨及霍爾丹，以拓撲相變為理論基礎，揭開奇異物質(exotic matter)的奧秘，開創研究物質的新範疇，有助研發新一代的電子和超導體，並推動未來在量子電腦方面的開發，共同奪得今屆諾貝爾物理學獎。

皇家科學院表示，索利斯、科斯特利茨及霍爾丹利用源於數學範疇的拓撲相變及拓撲相，研究如超導體、超流體或薄膜等不尋常的物質形態，開創奇異物質的研究，「打開了未知世界的大門」，並為科學界未來製造出應用於科學及電子的物料鋪路。

## 數學理論研能量傳送

3位得主都是在英國出生，目前在美國大學執教鞭及進行研究工作。得獎名單公佈後，霍爾丹接受電話訪問時表示，對能獲此殊榮感到「非常驚訝及興奮」。今屆物理學獎得主可分享800萬瑞典克朗(約722萬港元)獎金，其中索利斯分得一半，科斯特利茨及霍爾丹則瓜分餘下一半獎金。

拓撲相為數學名詞，形容物質條件只會以步進式的方法改變，即使透過力度去使其變形，在拓撲學上其物理條件始終不變。故此，只有透過量子計算及微型量子裝置，才能在不會出現過熱的情況下，以拓撲狀態將其形態改變，並傳送能量與資料。

## 70年代研究可望改變世界

早於1970年代初，科斯特利茨及索利斯展示出超導性可在低溫下出現，並解釋其運作原理及轉變過程，他們更發現超導性會在高溫下消失。到1980年代，索利斯以超薄電導體解釋上述的發現，並用上整數步長精確量度出其電導，從而發現這些整數在性質上都符合拓撲的特性。幾乎同一時期，霍爾丹發現如何以拓撲的概念，應用在了解鎖小磁鐵的特性。

時至今日，科學界了解到很多拓撲相變的階段，除薄層及線外，還有現時十分普遍的3D物料。在過去10年，拓撲學更加速了凝聚體物理學的研究，不但為將拓撲物料應用在新一代的電子及超導體帶來希望，甚至令量子電腦得以面世，這些都有賴索利斯、科斯特利茨及霍爾丹當年的研究。

■諾貝爾獎網站/法新社/路透社/美聯社

## 分析連續性變化 拓撲學應用廣

拓撲學是19世紀開始發展的幾何分析工具，用以研究不同空間的連續性變化中，有哪些特質維持不變。除了對數學研究產生巨大影響，更革新了其他不同學科的研究方式。

所謂連續性變化，簡單來說就是拉扯、彎曲、壓扁等，至於切割、黏合都屬於非連續性變化。舉例來說，羅馬數字「1」可以透過拉扯(連續性變化)變成「7」，兩者屬於「同胚」，在拓撲學上並無差別；「1」卻只能透過黏合(非連續性變化)變成「4」，兩者在拓撲學上就有差異。

數學向來就有研究連續性及離散性兩大派系，拓撲學固然是連續性數學的基本概念，對離散性數學也有重大的意義。因此，拓撲學是數學家的基本常識，也衍生出非常多的分支學派，對微分幾何、分析、代數等構成觀念性的影響。

拓撲學還影響了眾多牽涉計算的學科，包括物理、化學、語言學等。在經濟學上，拓撲學有助計算市場有否出現供過於求或供不應求的現象。

■綜合報道

## 證二維物質 極冷下「相變」

長久以來，科學家認為在平面空間，即使溫度出現些微變化，物質內的原子排列也會被打亂，形成不了相，因此不可能出現相變。三位諾貝爾得獎者並不同意，他們利用數學上的拓撲學研究這些發生於二維空間的量子物理現象，發現溫度的變化原來會使極冷二維物質產生拓撲相變現象。

他們發現，在二維物質上，極冷狀態的液體(超流體)會形成一對對緊貼在一起的渦旋(vortex)，如果此時開始提升溫度至特定水平，渦旋就會忽然彈開，亦即拓撲相變。

雖然我們生活於三維空間，但有些物質非常薄，薄得足以將之視為二維空間。在二維空間之中，原子活動的特性與在三維空間完全不一樣。但透過量子物理學，我們仍然能夠解釋每顆原子的活動。

為了觀測這些原子現象，科學家可以強制物質進入「量子凝聚態」，讓平常無法觀測的量子物理現象「現身」。「量子凝聚態」是物質特殊形態之一，有別於普遍的氣態、液態及固態，要讓物質進入「量子凝聚態」，必須把溫度降至接近絕對零度。

■諾貝爾獎網站

■美國普林斯頓大學物理系教授霍爾丹，在新澤西家中分享奪獎感受。路透社

■美國布朗大學物理系教授科斯特利茨即席展示理論。美聯社

### 霍爾丹(65歲)

1951年生於英國倫敦  
學歷：英國劍橋大學物理學博士  
任職：美國普林斯頓大學物理系教授  
獎項：奧利弗·巴克利獎(1993年)、諾貝爾物理學獎(2016年)

### 科斯特利茨(73歲)

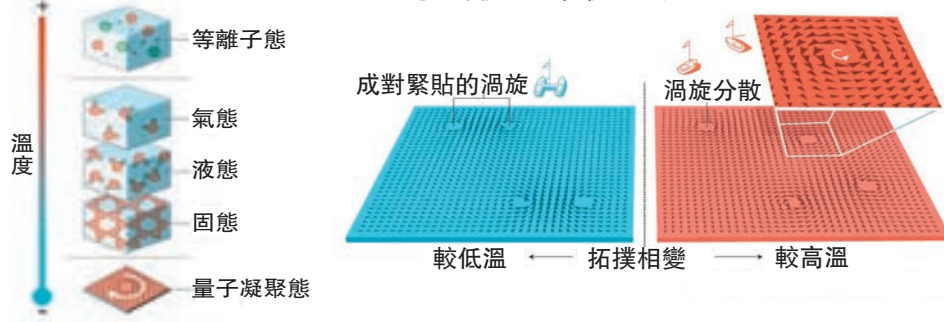
1942年生於英國蘇格蘭阿伯丁  
學歷：英國牛津大學博士  
任職：美國布朗大學物理系教授  
獎項：麥克斯韋獎(1981年)、昂薩格獎(2000年)、諾貝爾物理學獎(2016年)

### 索利斯(82歲)

1934年生於英國蘇格蘭貝爾斯登  
學歷：美國康奈爾大學博士  
任職：美國西雅圖華盛頓大學物理系教授  
獎項：麥克斯韋獎(1973年)、昂薩格獎(2000年)、諾貝爾物理學獎(2016年)

## 拓撲相變

冰融成水是相變的一種，科斯特利茨和索利斯利用拓撲學，描述了在極冷薄片物質上出現的拓撲相變，顯示在溫度升高時，物質上的成對渦旋會突然分開。這被視為20世紀凝聚體物理學最重要發現之一。



## 何謂拓撲？

拓撲學是數學一個分支，主要研究幾何形狀在連續形變中所不改變的性質。例如，一個有把手的茶壺連續變化成輪胎，而不是一個球。拓撲學解釋了為什麼同一物質的不同拓撲性質，會令導電率轉變。



## 主持拿麵包教學

諾貝爾獎委員會昨日介紹物理學獎得主的研究時，主持的瑞典皇家科學院教授漢松特別用肉桂麵包、麵包圈及有兩洞的椒鹽捲餅，解釋拓撲學特點。他表示，在一般人眼中，3種食物的味道及形狀均不同，但在拓撲學家眼中，3種的分別只在洞的數量，並將洞的數量稱為「拓撲變數」。



## 科學家喜見「概念革命」英雄得獎

不少科學家均認為今屆物理學獎3名得主是實至名歸，倫敦帝國學院教授菲利普斯形容，今年的獎項認同了對科學界產生重大影響的研究，很高興看見自己心目中的英雄得獎。同樣研究拓撲學的倫敦納米技術中心物理學家布拉姆韋爾表示，3名得主的突破性研究，讓科學界在了解和計算不同材料特性上取得重大進展。

法國格勒諾布爾大學物理學家利維形容，3人的研究掀起一場「概念革命」，為物理學界引進全新概念，並造就無數新發現。

■《衛報》/法新社

## 奇異物質可與過去通訊

物理學獎評審在聲明中提到，3名得主的研究「解開了奇異物質的秘密」，其實所謂奇異物質(exotic matter)並非一種物質，而是對有別於普通物質、具有奇異特性的物質的統稱。奇異物質可以是只存在於理論但未確認的假常物質、符合已知物理定律的極端物質狀態，也可以是完全與現有物理定律相連背的假想粒子，時光機、蟲洞和無限能量等理論上具可能性的概念，都離不開奇異物質。

「奇異物質」大致可分為4種：具有反常物理性質的假常粒子，例如負質量物質；未確認的假想粒子，如奇異重子；符合已知物理定律的極端物質狀態，如玻色-愛因斯坦凝聚；以及物理學中所知甚少的物質，例如暗物質。

其中一種假想粒子是「快子」，它是根據相對論衍生出來的假想粒子，靜止質量為虛數，理論上預測它的運動速度永遠高於光速。目前尚無證據證明快子存在，但按照狹義相對論，若它真的存在，將可用作實現與過去通訊。

俄羅斯物理學家伊萬諾夫亦曾假設了一種一維奇異流體，它具有違反現有粒子物理學弱能量條件的特性，在伊萬諾夫的模型中，一個填滿奇異物質的區域會擁有隨時間無限減少的總能量，假設重力波持續從區域內帶走正能量，先進文明可以製作出相應儀器，持續收集上述能量。

■PhysOrg網站