



諾貝爾獎

●今屆物理諾獎得主為量子技術奠定基礎。圖為微軟的量子運算晶片Majorana 11。網上圖片

提供微觀世界新資訊 為量子技術打開大門

# 三實驗物理學家摘諾獎 宏觀尺度揭示量子特性

香港文匯報訊 物理學世界中深奧的量子力學，是計算機、加密與傳感等量子技術的基礎，能夠展示量子效應的系統的最大尺度，一直是物理學界關注的焦點。瑞典皇家科學院周二（10月7日）宣布，今屆諾貝爾物理學獎授予克拉克、德沃雷特與馬蒂尼斯三名科學家，表彰他們在一個足以用手握住的系統中，發現了宏觀量子穿隧效應和能量量子化，證實了量子效應能在宏觀系統中呈現，為眾多改變人類世界的量子技術打開大門。

量子力學通常描述的是單一粒子尺度下的物理規律，這些現象被稱為「微觀」。由大量粒子組成的「宏觀」物體，則無法表現出可見的量子行為。例如一個籃球被拋向牆壁時，它會被反彈回來；一枚硬幣拋起後落入手心，只會呈現正面或反面。但在微觀世界中，單一粒子卻可以「穿過牆壁」，或同時呈正面和反面落下。這種看似穿過無法跨越勢壘的現象，稱為量子穿隧（Quantum tunneling effect）。

在微觀量子世界，量子穿隧具隨機性，顯得神秘莫測，通過大量樣本統計，科學家可以設法探求其半衰期。不過當一個系統包含大量量子時，這種量子效應會迅速消失，多粒子體系能否同時呈現穿隧行為，能否在宏觀尺度上精確呈現量子特性，長期是物理學的研究難題。

## 超導體中呈現量子特性

1984年至1985年間，在加州大學柏克萊分校的物理研究小組中，導師克拉克、博士後德沃雷特與博士生馬蒂尼斯三人，共同設計一個宏觀尺度呈現量子特性的實驗。為確保系統隔絕外界干擾，他們使用超導材料建構一種特殊電路，用極薄的絕緣層將兩者隔開，形成一個「約瑟夫森結」（即無電阻狀態下的導電結構），並以極高精度測量電流與電壓的變化。

在實驗中，三名科學家精確地控制電路參數，觀察到當電流通過時，難以計數的密集電荷在整個超導系統中，如同一個單一「宏觀粒子」填滿電路。這個有如宏觀粒子的系統起初處於「零電壓」狀態，似乎被困在無法跨越的能量勢壘後面。但後續實驗顯示，這個系統也可以透過量子穿隧效應，躍遷至脫離零電壓狀態，從而展現其量子特性。

三名科學家透過實驗，詳細記錄了宏觀粒子系統通過量子穿隧躍遷時，並以統計方式描繪出其分布曲線。進一步研究表明，當輸入不同波長的微波，該系統會吸收特定頻率的能量，躍遷到更高的能級，其行為符合量子力學的預測，也與微觀粒子吸收能量躍遷的模式完全一致。

## 奠定量子計算等實驗基礎

這一創新性的研究，開啟了千變萬化的量子技術世界。與以往由微觀現象組成宏觀結果（包括激光、超導或超流體）不同，這項研究是直接宏觀系統中，展示了量子行為本身。研究人員將這種宏觀量子態視作一種人工原子，將其用於探索微觀世界的規律、奠定量子計算和量子傳感的實驗基礎。

諾貝爾物理學委員會主席埃里克森表示，今次獲獎的技術是新一代量子技術的關鍵，「能夠慶祝百年量子力學持續帶來新驚喜，這令人振奮，量子力學不僅深具科學意義，也是所有數學技術的基礎。」三名科學家將均分1,100萬瑞典克朗（約912萬港元）獎金。

## 得主之一曾就職Google 主導研發量子計算

香港文匯報訊 今屆諾貝爾物理學獎得主之一、美國物理學家馬蒂尼斯，曾任職於科技巨擘Google，擔任量子硬件首席科學家。美媒報道稱，馬蒂尼斯的團隊於2019年在《自然》期刊發布論文，首次通過擁有53個量子比特（quantum bit）的處理器，實現量子計算在處理特定任務上的「量子霸權」，計算速度超過當時全球最強的經典超級計算機，被視作量子計算領域的重大突破。

在量子資訊科學中，量子比特是量子資訊計量單位。在傳統系統中，一個位元在同一時間只有0或1，只存在一種狀態。量子比特也使用0和1，但利用微觀量子技術，它可以同時存在1和0兩種狀態，這種效果被稱作「量子疊加」，是量子芯片計算目前獨有的特性。馬蒂尼斯早年受訪時預測，一款量子處理器的量子比特突破50個，即可在特定任務實現量子霸權。



●馬蒂尼斯在Google成功研發量子處理器「懸鈴木」。網上圖片

馬蒂尼斯於2020年從Google離職，近年一直活躍於半導體產業。2022年，馬蒂尼斯參與創建初創公司Qolab，認為半導體產業是實現實用量子計算的關鍵，相信其未來還能製造質素更高、擁有更多量子比特的處理器。另一名今屆諾獎得主克拉克受訪稱，今次獲獎是他一生中最意外的驚喜，並感謝另外兩名獲獎者的貢獻。克拉克解釋，今次獲獎的研究可被視作量子計算的基礎，「雖然目前我還不清楚，它究竟適合何種領域。不過單是智能手機能夠發揮作用的根本原因之一，就源自這些工作。」

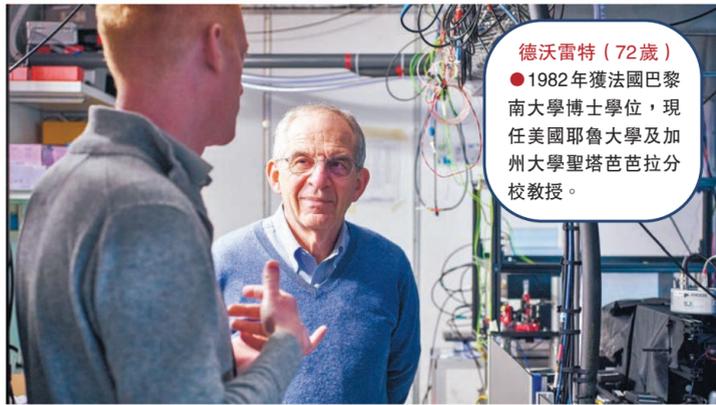
2019年10月，馬蒂尼斯的團隊在Google成功研發這款量子處理器「懸鈴木」（Sycamore）。作為對照，基於該處理器的100萬次量子隨機線路採樣僅耗時約200秒，當時全球排名第一的經典超級計算機，則需耗時長達一萬年。

馬蒂尼斯的團隊在Google成功研發這款量子處理器「懸鈴木」（Sycamore）。作為對照，基於該處理器的100萬次量子隨機線路採樣僅耗時約200秒，當時全球排名第一的經典超級計算機，則需耗時長達一萬年。

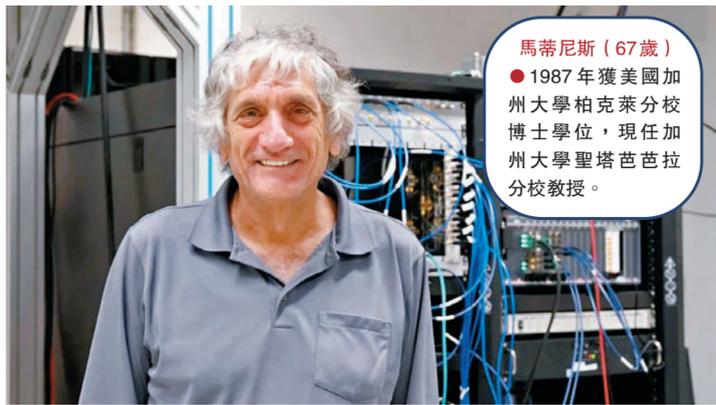
馬蒂尼斯於2020年從Google離職，近年一直活躍於半導體產業。2022年，馬蒂尼斯參與創建初創公司Qolab，認為半導體產業是實現實用量子計算的關鍵，相信其未來還能製造質素更高、擁有更多量子比特的處理器。另一名今屆諾獎得主克拉克受訪稱，今次獲獎是他一生中最意外的驚喜，並感謝另外兩名獲獎者的貢獻。克拉克解釋，今次獲獎的研究可被視作量子計算的基礎，「雖然目前我還不清楚，它究竟適合何種領域。不過單是智能手機能夠發揮作用的根本原因之一，就源自這些工作。」



克拉克（83歲）  
●1968年獲英國劍橋大學博士學位，現任美國加州大學柏克萊分校教授。



德沃雷特（72歲）  
●1982年獲法國巴黎南大學博士學位，現任美國耶魯大學及加州大學聖塔芭芭拉分校教授。



馬蒂尼斯（67歲）  
●1987年獲美國加州大學柏克萊分校博士學位，現任加州大學聖塔芭芭拉分校教授。

## 獲獎實驗關鍵：超導體中的電子狀態



▲在普通導體中，電子會互相碰撞，並會與導體的物質碰撞，形成電阻。  
▲但在超導體中，電子則會結合成「庫柏對」，形成無電阻的電流。圖中的空隙稱為「約瑟夫森結」，由兩個微弱連接的超導體組成。  
▲「庫柏對」會表現得像一顆單一粒子，填充整個電路。量子力學用一個共同的波函數來描述這狀態，而這波函數的特性，正是獲獎實驗的關鍵。

資料來源：瑞典皇家科學院

## 城大物理系副教授：量子技術推AI更上一層樓

香港文匯報訊（記者 許芮榕）香港城市大學物理系副教授許耀銓指出，今次諾貝爾物理學獎的研究成果，演示了量子力學的穿隧效應和能量量子化，表明量子穿隧並非僅屬於微觀世界。許教授相信隨量子技術發展，未來的量子計算機能進一步提升計算能力，結合現時迅速發展的人工智能（AI）技術，有望更好提升AI算力，讓AI技術廣泛應用於不同領域。

許教授解析，今次獲獎的實驗在1985年，利用極為創新的方式，從宏觀尺度觀察到量子穿隧現象。三名物理學家的實驗證明，如同一個穿牆而過，不會被牆壁彈回的皮球一般神奇的量子特性，實則也可以在宏觀程度上被精確呈現。許教授還指出，實驗中的宏觀系統呈現出「能量量子化」特徵。在微觀世界的能量傳遞中，當粒子吸收或釋出能量時，會從一個能階跳躍到另一個能階，這個過程稱為「量子躍遷」。今次獲獎的實驗發現，宏觀系統也能吸收特定頻率的能量，躍遷到更高能階，其行為與單個粒子的躍遷模式一致。今屆諾貝爾物理學獎得主之一馬蒂尼斯任職科企Google期間，曾參與研發量子處



●許耀銓（右）與馬蒂尼斯（左）合照。受訪者供圖

理器「懸鈴木」，在處理特定任務時，其計算速度遠超經典的超級計算機。許教授表示，如今許多大型科企都積極投入研發量子計算機，探索如何協助應用於AI技術。若AI算力能由量子計算機協助更上一層樓，先進的AI技術有望被應用於處理複雜數據、執行各類任務、長遠支撐AI技術在更多領域大展身手。許教授曾與馬蒂尼斯共事一年半，他回憶馬蒂尼斯為人熱情，每次學術討論時，馬蒂尼斯都積極參與、予以鼓勵，分享自身獨到見解。許教授非常欣賞馬蒂尼斯積極的學術研究態度，從中受益匪淺。

## 特朗普揚言援引《叛亂法》 鋪路美軍進各大城市

香港文匯報訊 美國總統特朗普試圖派遣國民警衛隊，進駐多個民主黨主政的大型城市。特朗普周一（10月6日）揚言，他會考慮動用《叛亂法》，繞過司法機關與地方政府限制，直接派遣美軍進駐俄勒岡州波特蘭等城市。他揚言當地針對打擊非法移民執法部門的抗議已構成「叛亂」，強調若有必要不排除行動。特朗普在白宮橢圓形辦公室受訪時宣稱，他暫不認為現時需要動用《叛亂法》，「但如果真的需要動用（這項法案），我會這麼做，例如當美國人被殺害、法院阻礙我們，或者當地的州長和市長在阻礙我們的行動時。」特朗普還宣稱波特蘭局勢緊張，「看看波特蘭這些年來發生的一切，它就像一個燃燒的地獄。你卻看

到一位迷失方向的法官，試圖假裝那裏沒問題。」  
於1807年頒布 用於鎮壓叛亂行為

《叛亂法》是一項聯邦法律，頒布於1807年，該法案允許總統在全美範圍內部署美軍，或從聯邦層面調派各州的國民警衛隊，用於鎮壓總統認為的、針對美國的叛亂行為。不過法律專家指出，《叛亂法》頒布多年，多項條款已經很難適用於現時環境，在城市部署軍隊勢必面臨高度敏感的憲政和公共安全問題。美媒也分析稱，美國歷任總統都極少引用《叛亂法》，上次援引該法案還要追溯到1992年的洛杉磯暴動期間。根據美國法律，除非總統認為情況屬於叛亂並援引

該法案，否則美軍通常不能用於美國境內的執法行動。美國司法體系已出手阻止特朗普的行動。聯邦地方法院法官伊默古特早前頒令，暫時阻止特朗普從全美各地調派任何國民警衛隊進駐波特蘭。伊利諾伊州芝加哥也提起訴訟，不過當地地方法官佩里暫未頒布禁制令，安排本周四舉行聆訊。《紐約時報》等美媒分析，如果特朗普最終援引《叛亂法》，只有較小可能繞過部分司法限制，其作法勢必在全美引發巨大爭議，民主黨主政的地方政府和州政府也勢必向法院提起訴訟。派駐美軍進入城市也會引起極大政治反彈，或不利好共和黨明年的中期選舉選情。



●波特蘭市居民與美國海關人員爆肢體衝突。美聯社