



2024年 5月 第37期

系況速遞

- 2023-24年度共有36位本科生及3位博士研究生獲得本系頒贈獎學金，包括楊振寧獎學金、物理獎、入學獎學金、陳耀華教授及夫人獎學金、羅蔭權教授物理獎及學習進步獎。Luis Roberto Flores-Castillo教授和路新慧教授則獲得2023年度物理系教學獎。
- 今年夏季將會舉辦一連串學術與科研活動，包括：
 - 今年的暑期本科生研究實習計劃將提供約20個名額，整個實習期共9週，實習期結束前所有實習生會以海報的形式來報告自己的研究結果並參加海報競賽。
 - 裘槎暑期課程「超冷原子物理」(5月20日至24日): 這為期五天的課程將向一批優秀的研究生和年青研究員介紹超冷原子物理的基本知識及最新進展。在這領域的知名國際及本地學者將擔任課程的講者，帶領學員參觀超冷原子實驗室及與學員互動交流。這次課程的內容包括拓撲量子物質，強關聯系統和自旋軌道耦合超冷原子等相關課題。 [網址: <https://projects.croucher.org.hk/summer-courses/ultracold-atoms-physics>]
 - 物理夏令營(7月2日至5日): 對象是申請於明年秋季入讀哲學博士及哲學碩士課程的本科生; 活動包括講座、參觀實驗室、海報展覽等等。期望透過是次活動，讓申請人對本系的研究院課程有更深入的了解之餘，亦能夠體驗中大的校園生活。
 - 中學教師遊學團(7月28日至8月2日): 本系今年暑假將帶領經選拔的24位中學物理科老師前往瑞士日內瓦參加由歐洲核子研究組織(CERN)舉辦的中學教師活動計劃。這為期六天的活動包括科學講座及參觀粒子加速器實驗室，使中學老師能認識粒子物理及相關領域的最新研究課題。這次活動獲裘槎基金會贊助。

獎項與殊榮

➔ 吳震宇教授

獲頒2023年度國家自然科學基金「優秀青年科學基金項目(港澳)」，是中文大學四位得獎者之一。吳教授將獲得200萬元人民幣的資助，支持他的研究工作，資助期限三年。



吳震宇教授



➔ 賴裕衡博士

榮獲2023年度理學院「學院模範教學獎」。

賴裕衡博士(左)及頒獎嘉賓理學院院長宋春山教授

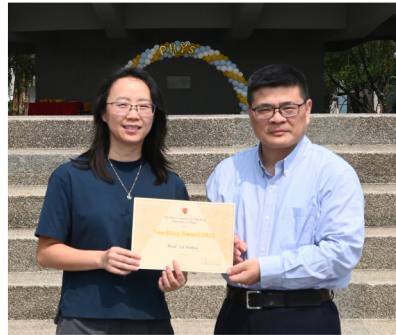
接上頁

➔ **王福俊、李泉及徐磊教授**
三位教授和他們的團隊在第49屆「日內瓦國際發明展」取得兩個金獎及一個銀獎佳績。「日內瓦國際發明展」是全球規模最大的創新展覽。今年中大理學院60周年代表團來自物理系和化學系的團隊共創出兩金兩銀一銅佳績。

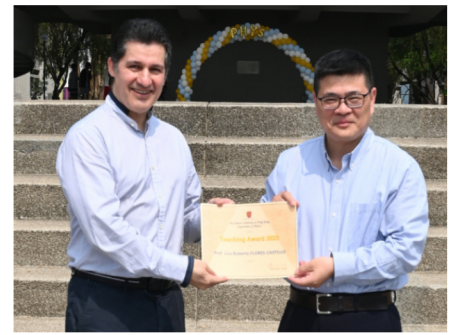


前排：李泉教授(左)、徐磊教授(中)及王福俊教授(右)

➔ **路新慧教授及 Luis Roberto Flores-Castillo教授**
榮獲2023年度「物理系教學獎」。



路新慧教授(左)及領獎者物理系系主任王建方教授



Luis Roberto Flores-Castillo教授(左)及王建方教授

活動回顧

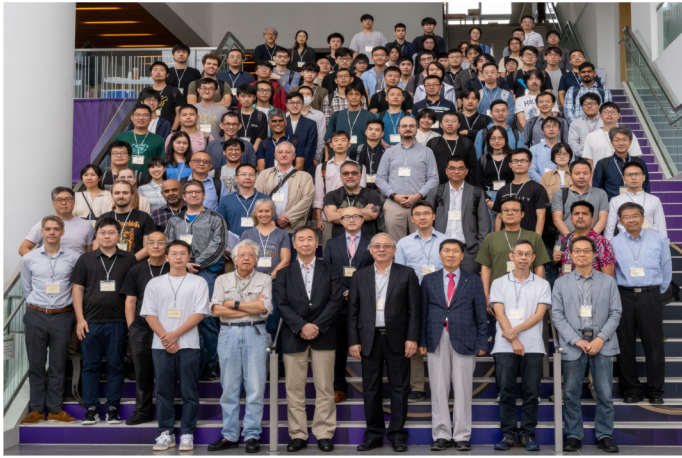
學術會議

本系在2023年的11月及12月期間舉辦了五個學術會議及工作坊，包括：

「Multimessenger Astronomy: Bridging Transients, Lensing, and Dark Matter (Cosmic Frontiers)」、「International Symposium on Cosmology and Particle Astrophysics 2023 (CosPA 2023)」、「International Conference on Resolving Galaxy Ecosystems Across All Scales」、裘槎高等學術課程「Quantum Criticality and Topological Phases Transition」及「Unconventional Superconductivity and Correlated Electron Systems」工作坊。這些會議把世界各地包括內地及本港在相關領域的專家帶到中大校園，於會中展示和交流他們的研究成果。



「International Conference on Resolving Galaxy Ecosystems Across All Scales」與會者合照



「International Symposium on Cosmology and Particle Astrophysics 2023」與會者合照



裘槎高等學術課程與會者合照

物理學科普活動

本系在剛過去的11月17日、2月24日及4月19日舉辦了三場物理學公開講座給中學老師和同學：賴裕衡博士 -- 《飛秒激光脈衝的科學世界》、吳震宇教授 -- 《中微子與反物質之謎》及梁寶建博士和練立明博士 -- 《從超新星到宇宙大爆炸》。本系亦於12月16日舉辦了一場有關重力波天文學的工作坊給中學同學。是次活動由Otto Hannuksela教授和他的研究生主持。

人事動態

兩位新老師在本學期加入物理系，在這裡讓他們向大家作自我介紹。

陳增強教授/中大物理系助理教授

我在2013年香港中文大學物理系本科和碩士畢業。後來到了美國加州大學聖地牙哥分校深造，並在2019年博士畢業。畢業後我在杜倫大學完成三年的博士後，然後在芝加哥大學擔任了一年博士後研究員。在2023年，我回到中大物理系任職助理教授。我的研究範圍是理論和計算天文物理學。主要研究興趣為暗物質、宇宙學、星系形成和演化、天文物理的計量方法、緻密星等。在工餘時間，我喜愛露營、觀星、到不同國家城市旅行，感受其文化氣息和大自然的景觀。我亦喜好打羽毛球和演奏大提琴。

(陳增強教授)



薛昊冉教授/中大物理系助理教授

我於2016年本科畢業於南京大學，之後在新加坡南洋理工大學繼續深造，並於2021年取得博士學位。在兩年的博士後研究之後，我於2023年10月加入中大物理系。我的主要研究方向是波動系統中的拓撲物理現象以及非厄米物理現象。我的研究課題以個人興趣為導向，注重理論創新，同時追求以盡可能簡單的實驗手段探索新物理現象。近期，我也在嘗試將機器學習、物質與波相互作用引入研究當中。非常歡迎有興趣的同學來與我交流並加入我們的研究。科研以外的時間，我喜歡進行足球、籃球及乒乓球這幾項體育運動，同時愛好電子遊戲以及尋覓美食。非常期待能夠在香港結識更多的朋友。

(薛昊冉教授)

模擬宇宙和星系的誕生和演變

物理系助理教授 陳增強

在天氣清朗的晚上，我們望向天上無窮無盡的繁星，不禁感嘆宇宙的浩瀚。我們肉眼可見數千顆恆星。它們如太陽以核子融合，產生巨大的能量，發出刺眼的光芒和熱量。可是，宇宙大多數的恆星並不是肉眼可見，而是聚集在眾多遙遠的星系。例如銀河系其實是數千億恆星的集合，而太陽只是其中之一。我們不禁好奇，究竟天上的繁星是如何誕生？星系又是如何形成？為何我們可在太陽系誕生？這些答案竟可追溯到極早期宇宙！

宇宙在大爆炸後不斷膨脹。但宇宙初期的量子漲落產生了不平均的物質分佈。高密度的暗物質由於引力收縮，變得更加緊密，形成暗物質團塊。氣體受到引力吸引，跟隨暗物質團塊收縮，直至達到極高密度，不受控制塌縮並催化核融合，形成極高溫恆星。在眾多的暗物質團塊中，這些恆星不斷誕生，形成星系。可惜，星系的誕生和演變並非一帆風順，而是面對眾多困難阻礙。當中最重要的是恆星回饋，即恆星以輻射、爆炸和恆星風向外釋放能量，影響星系的演化。

恆星在誕生和死亡時會發放出極強大的能量。該能量大得足以產生巨大的星系風暴。其亮度在一瞬間可超越整個星系！這些強大的爆炸形成一個個壯麗的星雲，例如著名的蟹狀星雲是恆星死亡時產生的超新星殘骸。獵戶座大星雲是新生恆星發光發熱，使星雲附近的氣體游離發光。這些回饋令星系的演變有如燦爛的煙火表演，給予星系各式各樣的形狀和顏色，璀璨奪目。這些爆炸也能阻止新恆星的產生，移走新恆星所需的氣體，或是以高能量粒子或光子施加壓力和熱量，從而掌控星系成長的過程。另一方面，這些爆炸可以把恆星產生重元素佈滿星系，促使地球生命的發展！

雖然我們可以透過天文望遠鏡觀察各式各樣的星系，但我們只能看到星系的一瞬間，以及星系發出的光。要了解星系形成的歷史和內部的運作機制，我們需要結合觀測和理論。可是傳統的紙筆運算已不能涵蓋恆星和星系的眾多複雜過程。我們需要運用超級電腦模擬這些複雜過程，由早期宇宙的微小不平均，形成大規模的暗物質宇宙網絡，直至恆星和星系的形成和演化。當中包括恆星回饋、高能量粒子和光子對星系的影響。這些星系的模型可以和觀測數據相比較，以了解星系的歷史和內部構成。

我們的研究小組以電腦模擬宇宙和星系的形成。主要研究環繞暗物質對星系和宇宙演化的影響，以及恆星如何作用於星際物質和星系。例如暗物質的總量雖然比可見的物質多五倍，可是其構成仍然成謎。但是我們可以透過暗物質的分佈，以及對星系的影響去分析其結構(圖 1)。另一方面，我們模擬恆星和星雲的演化，並與觀測數據比較，從而了解恆星對星系的影響(圖 2)。

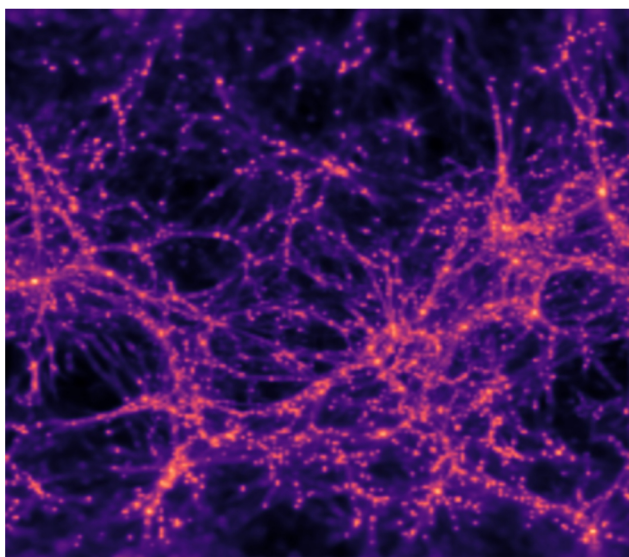


圖 1: 電腦模擬暗物質的分佈

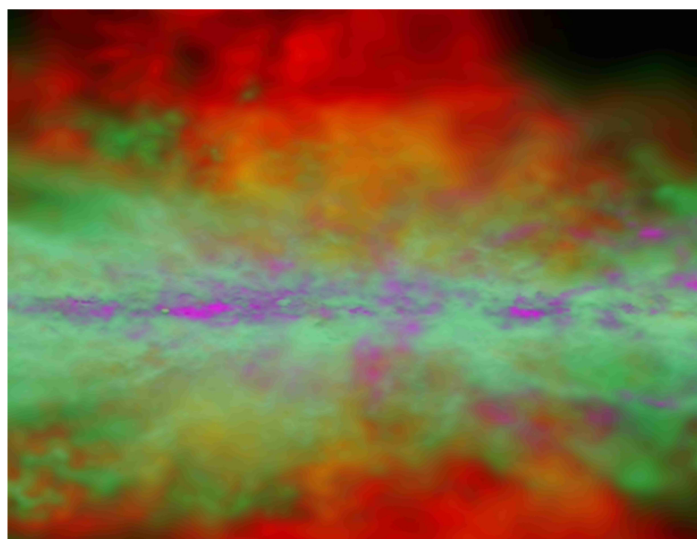


圖 2: 星系風暴 (色彩代表不同溫度的氣體)

人工材料中的拓撲物態

物理系助理教授 薛昊冉

自然界中存在著各種各樣的材料，它們由不同的原子和分子通過不同的排列而形成，從而呈現出不同的物理性質。然而，隨著科技的不斷發展，人們對於各種具有特殊性質和極限物理參數的材料的需求日益強烈，普通自然材料已經難以滿足現有的需求。為此，各類人工材料，如超材料、光子晶體、聲子晶體等，被相繼提出並不斷發展。人工材料的設計方法簡單，製造容易，可由任意自然界存在的材料作為基本單元，且形狀、尺寸及對稱性不受任何限制。因此，人工材料可實現諸多自然材料中難以實現甚至不存在的物理參數。例如，超材料可實現等效的小於零的介電常數。通過人工材料，人們可實現對諸多物理量(如電磁波、聲波、水波以及熱流)的調控，並應用到各種場景。例如，通過利用電磁超材料控制空間中的電磁系數分佈，人們成功實現了科幻小說中的“隱身衣”(圖1)。

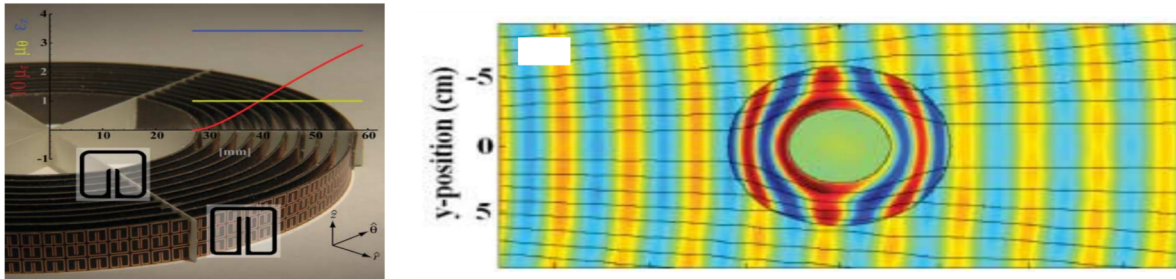


圖 1: 電磁波隱身衣超材料(左)及其效果示意(右) (圖片來源: Science 314, 977 (2006))

拓撲物態是一類廣泛存在於自然材料中的物態，它們由材料能帶中的拓撲性質引發，並受到拓撲保護。拓撲物態的魯棒性(robustness)使其有著廣闊的應用前景，但拓撲物態的實現卻面臨重重困難，尤其是各類新型的拓撲物態所要求的系統複雜度高，難以在自然材料中實現。而上述所介紹的人工材料則可實現各類複雜系統，可作為研究拓撲物態的平台。因此，在人工系統中實現拓撲物態是當下的一個熱門研究方向，具有重要科學意義。

我們課題組致力於研究人工材料中的拓撲物態，並利用其實現對電磁波和聲波的魯棒性調控。一方面，我們通過設計新型的人工材料，實現凝聚態系統中難以實現的拓撲物態(如近年來提出的高階拓撲態，可將能量局域於系統的角上，見圖2)。另一方面，我們也探索如何將人工材料中的拓撲物態應用於實際的器件，如無缺陷的光子芯片、高效率的激光器等等。我們的研究同時包含理論與實驗兩方面，歡迎感興趣的同學加入！

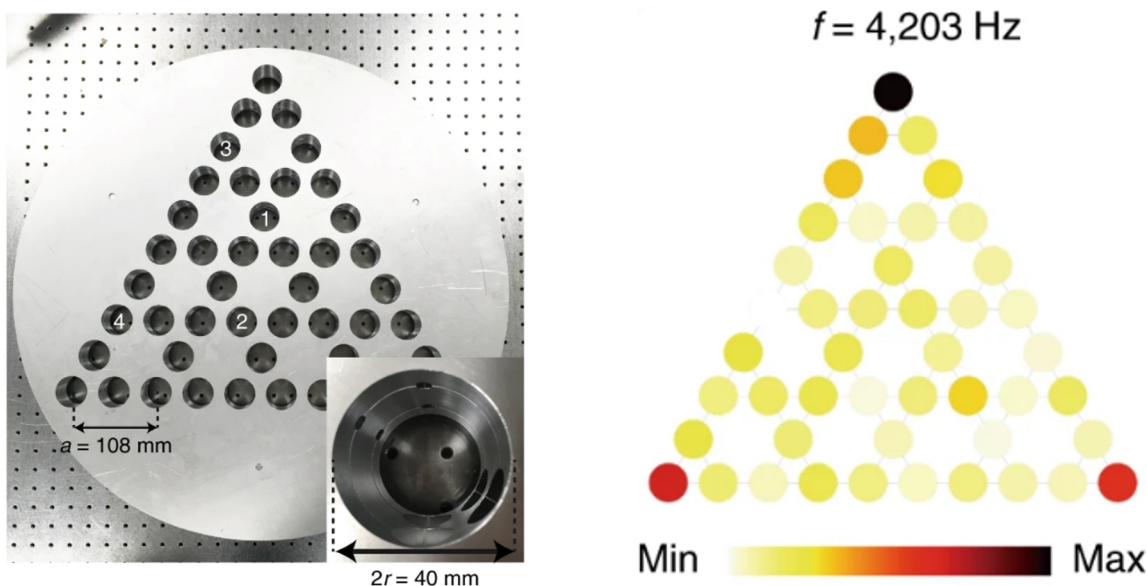


圖2: 人工高階拓撲材料(左)及其支持的拓撲角態(右)
(圖片來源: Nat. Mater. 18, 108 (2019))

具有氮空位中心的納米金剛石：納米級量子傳感

物理系研究助理教授 高堯

金剛石是一種珍貴的寶石，但在科學領域中，金剛石還扮演著納米感測器的重要角色。我們介紹的是一種特殊的金剛石，其中帶有氮空位色心 (NV center, 即 nitrogen-vacancy center)。NV色心是金剛石晶體中的一種缺陷，由氮原子和相鄰的晶格空位形成(圖 1a)。NV色心的形成需要將氮注入金剛石顆粒內部，並經過適當的退火處理以促進空位的移動，當空位停在氮原子旁邊時，就會形成一個NV色心。NV色心的主要磁光特性發生在負電荷狀態下，電子結構涉及六個電子，其中兩個來自氮原子，另外三個來自空位周圍的碳原子懸掛鍵，第六個電子從晶格中被捕獲。NV色心的最佳激發波長約為 520 - 540 nm，發射為紅色至近紅外，波長約為 600 - 750 nm。

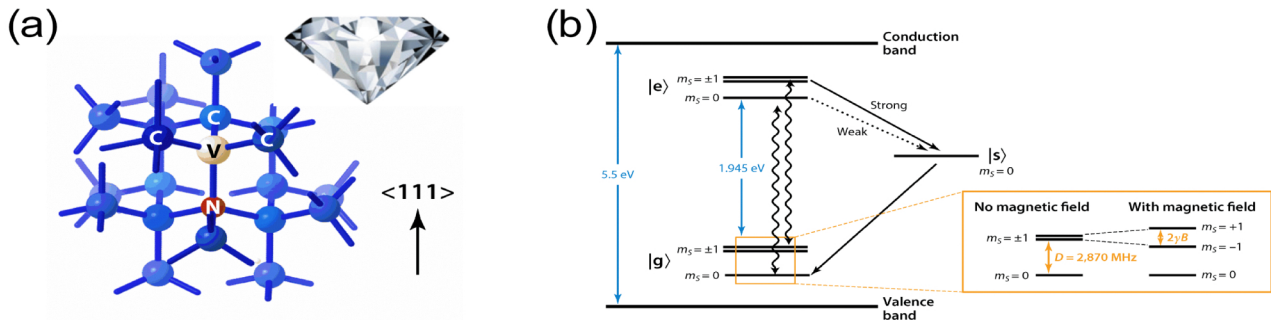


圖 1: (a) NV的晶格結構。 (b) NV色心的能級圖

NV色心的電子基態和激發態分為三個自旋三重態 $m_s=0$ 和 ± 1 。在沒有磁場的情況下， $m_s=\pm 1$ 態是簡併的，並在能級 $m_s=0$ 上方2870 MHz的位置(圖 1b)。這種自旋-自旋分裂是NV色心的特徵。在衰變過程中， $m_s=0$ 和 ± 1 態的衰變路徑有所不同。處於 $m_s=\pm 1$ 態及波長600 - 750 nm範圍內的電子有很大機會通過長壽命單線態衰變，而處於 $m_s=0$ 態的電子主要通過快速輻射躍遷衰變。因此，從 $m_s=0$ 態發射的螢光光子數量大於從 $m_s=\pm 1$ 態發射的螢光光子數量。最終通過單線態的衰變，電子重新回到 $m_s=0$ 態。

當施加的微波頻率與電子順磁共振躍遷頻率相匹配時，從 $m_s=0$ 到 $m_s=\pm 1$ 的激發會導致最終NV發射的螢光強度降低，這就是光學檢測磁共振(ODMR)效應。在ODMR實驗中，通過綠色激光進行電子躍遷，並通過微波照射驅動電子順磁共振躍遷，記錄螢光強度(或計數率)隨微波頻率變化的情況，來獲得ODMR譜。由於 $m_s=0$ 和 ± 1 之間的簡併性對外部環境(如磁場、溫度、應力等)敏感，因此通過分析ODMR譜的特徵，可以獲得納米金剛石所處位置的這些信息，實現納米級尺度的量子傳感。

我們目前的研究比較關注對於溫度和空間轉角兩個物理量的測量。其中，零場分裂D與溫度呈線性關係，斜率為 $dD/dT = -74.2$ kHz/K (圖 2a和b)。較高的溫度導致金剛石晶格膨脹，這使得NV中心上兩個不成對電子之間的偶極-偶極耦合變小。我們希望利用納米金剛石的納米級尺寸、化學穩定性和高導熱性等特性，實現對運行中電化學器件內部溫度分佈的實時監測。此外，在施加外部磁場的情況下，NV色心的共振頻率會受NV軸與外部磁場之間的角度影響。因此，ODMR譜也可以反映納米金剛石在三維空間中的轉角變化。我們希望利用納米金剛石在薄膜樣品受力過程中的轉角變化來評估薄膜樣品的力學性質，包括楊氏模量、表面能、殘餘應力以及均勻性和缺陷等方面的特徵(圖 2c)。

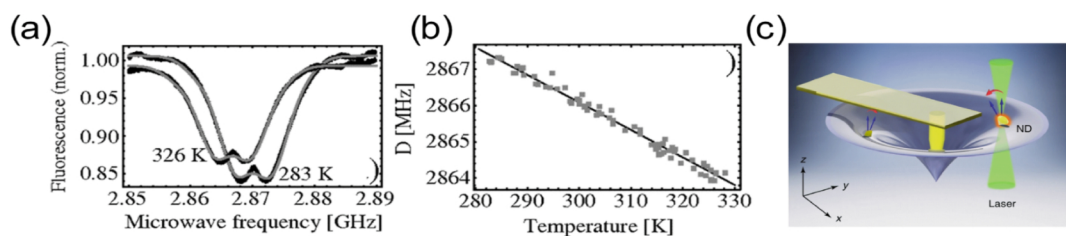


圖 2: (a) 不同溫度下含有NV色心的納米金剛石的ODMR譜，(b) D的溫度依賴性，(c) 力學測試過程中，附著在樣品表面上的納米金剛石因樣品表面變形而旋轉，與外磁場的夾角發生改變。