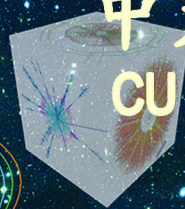




PHYSICS
THE CHINESE UNIVERSITY OF HONG KONG

中大
物理

從基本粒子到宇宙
明萬物之理



中大物理通訊
CU Physics Newsletter

2025年 5月 第39期



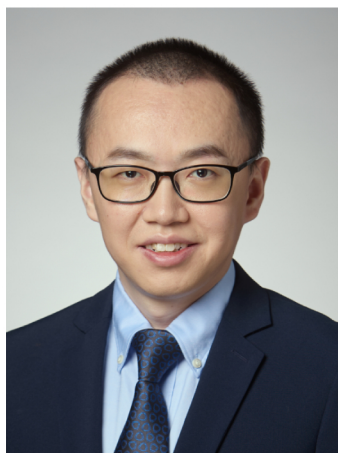
系況速遞

- 2024-25年度共有44位本科生及2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。徐磊教授和葉朗生博士則獲得2024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27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。
 - 物理夏令營(7月8日至10日)：活動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，讓申請人對系內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。
 - 中學教師天文學遊學團(7月21日至29日)：本系今年暑假將帶領經選拔的16位中學老師參訪加州理工學院、威爾遜山天文台、亞利桑那大學及基特峰國家天文台。本計劃旨在為中學科學教師提供於世界級研究機構的學習體驗。教師們將深入學習天文學、天體物理學、宇宙學等領域知識，並帶回創新理念以強化香港的STEM教育。

獎項與殊榮

➡ 吳藝林教授、嚴人斌教授

獲頒2024年國家自然科學基金「國家傑出青年科學基金項目」。吳教授和嚴教授是獲得該項目資助的七位中大學者的其中兩位。



吳藝林教授



嚴人斌教授

➡ 薛昊冉教授

獲頒2024年國家自然科學基金「青年科學基金項目」。

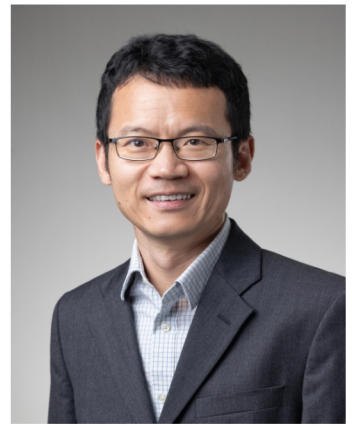
薛昊冉教授



➡ 王大軍教授

當選為2024年美國物理學會(APS)會士。APS原子、分子和光物理分會(DAMOP)藉此認可王教授「在極性分子、BEC混合物、量子液滴和BEC球殼方面的基礎性工作」的貢獻。

王大軍教授



➡ 路新慧教授、張恆愷教授及李詩昂博士



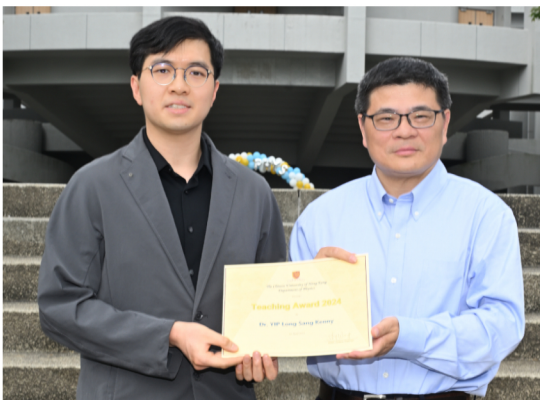
在第50屆「日內瓦國際發明展」榮獲銀獎。他們的得獎項目名稱為「GINDeX: 掠入射無損X射線檢測系統」。

由左至右: 李詩昂博士、路新慧教授及張恆愷教授

➡ 湯兆昇博士

榮獲2024年度理學院「學院模範教學獎」。

湯兆昇博士(左)及頒獎嘉賓理學院院長宋春山教授



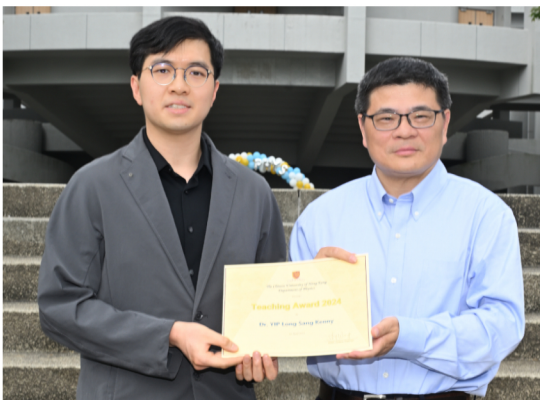
理學院頒獎典禮



➡ 徐磊教授和葉朗生博士

榮獲2024年度「物理系教學獎」。葉博士亦榮獲崇基學院2024-25年度通識教育傑出教學獎。

葉朗生博士(左)及頒獎嘉賓物理系系主任王建方教授



➡ 李明軒(本科二年級生)

榮獲2023-24年度「香港中文大學校長卓越獎學金」。該獎學金名額共8個, 頒發予入讀中大全日制本科課程之優秀新生。

李明軒同學(左)及中大前校長段崇智教授



➡ 李嘉譽(2019年本科畢業生)和彭浚豪(2018年碩士畢業生)

榮獲2024年度「裘槎博士後研究獎學金」(Croucher Fellowship for Postdoctoral Research)。李同學2024年在加州理工學院取得博士學位,現正在東京大學從事博士後研究工作。彭同學2022年在荷蘭烏特勒支大學取得博士學位,現正在荷蘭國家次原子物理研究所從事博士後研究工作。

活動回顧

中國科學院數學物理學部徐紅星院士到訪

我們很榮幸邀請到徐紅星院士在4月1日到訪本系和師生交流。徐院士當天以「新質生產力驅動下的光智造: 技術革新與產業賦能」為題作公開講座。

徐紅星院士(左)及物理系系主任王建方教授



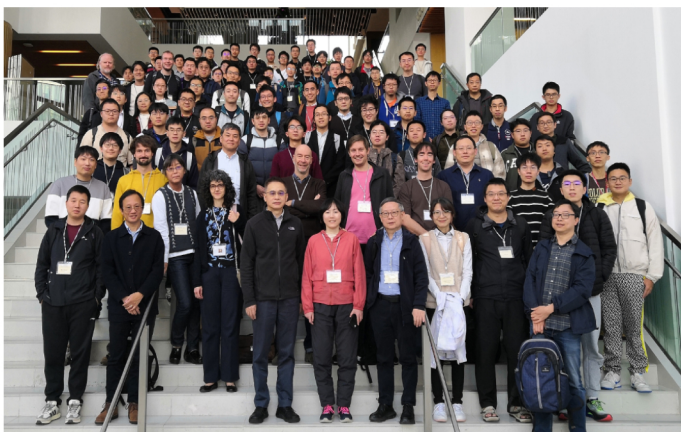
物理學科普活動

本系在12月6日、3月7日及4月25日舉辦了三場物理學公開講座給中學老師和同學: 陳增強教授 -- 《從電腦觀宇宙》、李華白教授 -- 《Modern Astronomy: Illustrated by Hong Kong's First Astronomical Camera》及王福俊教授 -- 《如何從大自然迷彩到創新產品?》。

學術會議

本系在剛過去的一個學期舉辦了四個學術會議及工作坊, 包括:

「Xplorer Symposium on Quantum Sensing - Fundamentals, Functions, and Fun」、 「Tensor Network States: Algorithms and Applications (TNSAA)」、 「The Hadronic Interaction Workshop」及「The 2nd Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO) Symposium」。這些會議把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。



TNSAA 與會者合照



LHAASO 與會者合照

二維莫爾超晶格：構造量子世界的「樂高積木」

物理系助理教授 胡晨

在日常生活中，有一種隨處可見的視覺現象：當兩層周期性圖案(如網格、條紋)疊加並旋轉微小角度時，會形成明暗相間的波紋——這種現象被稱為「莫爾條紋」(Moiré pattern)。這種常見的干涉現象，不僅為視覺藝術家提供了創作靈感，更為凝聚態物理學家近年來研究獨特的低維量子現象開闢了新思路。通過將石墨烯等二維材料逐層剝離並精確堆疊，利用微小的晶格失配或扭轉角度，可以使兩層材料的原子排列因週期差異產生長程干涉，形成空間尺度更大的莫爾超晶格(圖1)。這種人工設計的超晶格結構，使電子的運動同時受到原子晶格勢場和更大尺度的莫爾超晶格勢場的雙重調制。這一新的調控維度，大幅提升了電子運動的控制精度，使其對外加場(如電場、光場、磁場等)的響應極為敏感，從而成為研究拓撲物相、鐵磁性、超導態及強關聯電子態等新奇量子效應的獨特平台。

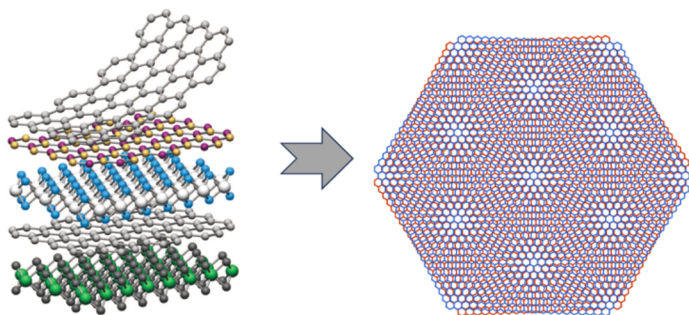


圖 1: 二維材料的莫爾超晶格

莫爾超晶格的研究如同構造量子世界的「樂高積木」：通過調節堆疊角度、層數或材料組合，我們能夠「編程」材料的電子特性。我們的研究團隊致力於研究各類莫爾超晶格的奇特量子現象，在理論探索其新奇物理性質的同時，積極與實驗團隊合作，推動這類材料界「新寵」的實際應用發展(如量子模擬/運算、高溫超導、拓撲輸運、莫爾光電/鐵電/鐵磁/熱電等)。例如，在我們的一項研究中，發現石墨烯/氮化硼莫爾超晶格體系可形成拓撲保護的一維導電通道(圖2)，這些拓撲導電態如同「永不堵塞的電子高速公路」，其電子傳輸損耗大幅降低，為納米芯片突破「發熱魔咒」提供了可行的解決方案。在另一項近期研究中，我們發現由一類過渡金屬二硫化合物組成的半導體莫爾超晶格中，存在一種奇特的光激發渦旋電流現象(圖3)，其產生的顯著感應磁場可透過入射光場精準調控，這為研究量子材料中光、電、磁的複雜物理相互作用提供了絕佳平台，也為設計新型光控磁儲存器和光伏器件開闢了新路徑。

總的來說，莫爾物理是一個非常年輕且極具活力的新興研究領域，吸引著物理學各個分支的研究者加入其中，也使得莫爾物理研究具有高度的學科交叉性，有望成為推動凝聚態物理、材料科學、納米技術和量子信息技術革新的關鍵研究方向之一。歡迎對這一領域感興趣的同學加入我們的研究！

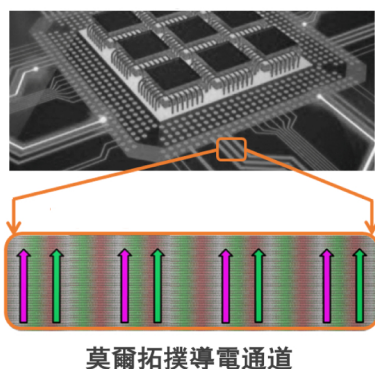


圖 2: 莫爾拓撲導電通道

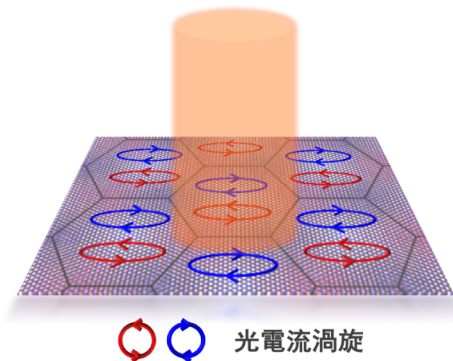


圖 3: 莫爾光電流渦旋

神奇的鈣鈦礦光伏材料

物理系研究助理教授 張恒愷

在眾多可再生能源中，太陽能因其取之不盡、用之不竭的特性，被認為是最具潛力的能源形式。如果能夠完全收集地球一小時內所接受的太陽光能，就足以滿足全球一整年的能源需求；而如果僅在全球荒漠區的1%土地上安裝光伏電站，便可滿足當前人類所有的用電需求。正是由於太陽能的巨大潛力，各國紛紛加大對光伏技術的研發投入，以期實現高效、低成本的光能利用。我們的研究正是圍繞基於鈣鈦礦材料的太陽能電池展開，希望透過新材料、新技術的突破，助力光伏產業的升級，為可持續能源發展提供新的可能。

要理解鈣鈦礦材料在太陽能電池中的作用，首先需要了解太陽能電池的基本工作原理。太陽能電池的核心結構由五個關鍵部分組成：吸光層、兩個電荷傳輸層，以及兩個電極（鈣鈦礦太陽能電池的結構圖見圖1A）。其中，吸光層是實現光能向電能轉換的核心，它決定了太陽能電池的光電轉換效率。當陽光照射到太陽能電池時，吸光層中的電子會吸收光子能量並被激發進入高能態。這些被激發的電子好比充滿活力的孩子，迫不及待地掙脫束縛，透過傳輸層流向外部電路，而在電子離開後，吸光層內則留下帶正電的空穴。這些空穴沿著與電子相反的方向運動，形成電流，從而完成光電轉換過程（鈣鈦礦光電轉換過程見圖1B）。由此可見，吸光層材料的選擇和性能直接決定了太陽能電池的效率，材料的不斷優化也是推動光伏技術發展的關鍵。

目前，商業化太陽能電池主要依賴矽材料。矽太陽能電池的發明，為人類利用太陽能提供了現實可行的解決方案，並在過去幾十年間佔據了市場主導地位。然而，矽材料也存在明顯的缺陷。它是一種間接帶隙半導體，對光子的吸收能力有限，無法充分利用太陽光譜中的低能光子，從而限制了其光電轉換效率。相比之下，鈣鈦礦材料因其優異的光吸收能力，近年來成為光伏研究的明星材料。

自2009年首次被應用於太陽能電池以來，鈣鈦礦材料的光電轉換效率已從最初的3.8%迅速提升至超過27%，僅用十餘年時間便與發展了近70年的矽電池相匹敵。這一發展速度堪稱「搭乘火箭」。那麼，這種神奇的鈣鈦礦究竟是什麼？

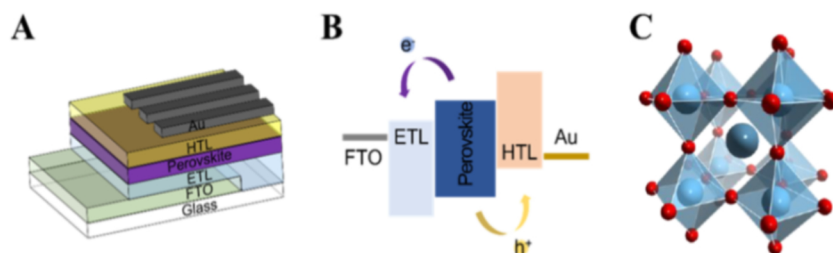


圖 1: A. 鈣鈦礦太陽能電池的一種標準結構; B. 鈣鈦礦太陽能電池的光電轉化過程; C. 鈣鈦礦的結構圖。

從礦石到新能源材料：鈣鈦礦的前世今生

鈣鈦礦材料的發現可以追溯到1839年。當時，德國科學家在烏拉爾山脈考察時發現了一種棕色礦石，化學組成為 CaTiO_3 ，並以俄國礦物學家佩羅夫斯基(Perovskite)的名字命名。起初，鈣鈦礦僅被認為是一種常見的無機礦物，但後來科學家發現，凡是具有類似 CaTiO_3 立方八面體晶格結構的化合物，都可以被歸類為「鈣鈦礦材料」（圖1C）。

這類材料的化學通式通常為 ABX_3 ，其中A代表有機或無機陽離子，如甲脒(FA^+)或甲基銨(MA^+)；B通常是金屬陽離子，如鉛(Pb^{2+})或錫(Sn^{2+})；X則是鹵素陰離子，如碘(I^-)、溴(Br^-)或氯(Cl^-)。因此，鈣鈦礦並非單指某一種特定物質，而是一整類具有相似晶體結構的功能材料。

鈣鈦礦太陽能電池的優勢

我們的研究正是基於鈣鈦礦材料，探索如何製備低成本、高效率、高穩定性的太陽能電池。與矽太陽能電池相比，鈣鈦礦電池的生產成本僅為其十分之一，但卻能實現相似甚至更高的光電轉換效率。那麼，它是如何做到的呢？

首先，與傳統的矽太陽能電池依賴複雜的純化、刻蝕等高溫工藝不同，鈣鈦礦材料可以透過溶液法製備，並採用塗布印刷工藝進行大面積製造。這一方法不僅工藝簡便，還能在室溫或低溫條件下完成，大幅降低能耗與生產成本。此外，鈣鈦礦材料的吸光能力極強，僅需0.5微米厚的薄膜就足以完成光電轉換，而矽材料通常需要200微米厚才能實現相同效果。這使得鈣鈦礦電池的材料成本大幅下降，同時製備工藝更加靈活。

此外，鈣鈦礦太陽能電池重量輕、可彎曲，使其在應用場景上更加多樣化。例如，它可以集成在柔性可穿戴設備中，為智慧電子產品提供持久電力；也可以安裝在汽車天窗或車頂，為電動車提供額外的太陽能供電；還可以貼附於建築物的外牆或玻璃上，實現光伏建築一體化(BIPV)，讓建築物本身成為一個大型太陽能發電站。更進一步，鈣鈦礦電池還能應用於航空航天領域，例如為無人機機翼、衛星帆板乃至太空站提供能源支持，使其在深空環境下持續運作。我們未來的夢想，就是使用搭載鈣鈦礦電池的航天飛機飛向宇宙世界的星辰大海！

人事動態

本學期有兩位新老師加入本系，在這裡讓他們向大家作自我介紹。

胡晨教授/中大物理系助理教授

我於2013和2016年在北京科技大學取得學士和碩士學位後，即赴加拿大麥基爾大學攻讀物理學博士，於2020年獲得了理論物理學博士學位。隨後在美國的加州大學柏克萊分校和勞倫斯伯克萊國家實驗室進行博士後研究工作，並於2024年12月加入中大物理系。我的研究領域是理論凝聚態物理和計算材料學，專注於利用先進的理論方法和計算工具探索量子材料的新奇物理現象。我們的研究如同在計算機中搭建虛擬實驗室：從量子力學的基本原理出發，解析各類量子材料的本徵特性，並模擬其在電場、磁場或光場等外部條件調控下的獨特物理行為。這種融合理論推導與計算機模擬的研究方式特別適合交叉學科探索，也歡迎對量子材料計算感興趣的同學加入我們。工作之餘，我喜歡打乒乓球和戶外徒步。



胡晨教授

董安儒博士/中大物理系講師



Photo credit: Ward Mevis

董安儒博士

2016年畢業於香港中文大學物理系，其後赴荷蘭攻讀流體物理博士，專研氣泡與湍流。接著完成博士後研究和跨科/界合作，於2024年底返回母校任教。最初受量子力學吸引而學習物理。大學二年級時對模式形成現象產生興趣，進而鑽研流體和連續介質力學，並副修地球系統科學。博士研究雖以實驗為主，但也喜愛理論建模。除物理外，我也對社會人文領域感興趣(高中選修文學與歷史)。發現複雜系統方法可應用於這些領域後，便與不同學科專家合作，學習不同方法學和觀點。在探索和合作過程中，對「棘手問題」(wicked problems)如能源轉型和「系統視野」產生興趣，並得知城市、文化、生物等都可看成「複雜適應系統」。研究興趣包括：連繫物理到其他學科、複雜(適應)系統、跨學科、界別和文化的合作或交流、橋接方法論、非線性動力學、湍流、流體、統計物理。歡迎同學與我討論上述領域、在物理或物理以外的職涯發展或閒談。業餘喜愛跳舞。引用我博士導師的話：「觀察，聆聽，保持開放」。