

2014年 4月 第22期

系況速遞

- 「2013年納米、表面和石墨烯 (Graphene) 科學與技術全國會議」已於去年12月20日至22日舉行。會議由本系和中科院物理所共同承辦。超過70位科學家和研究員，透過大會報告和邀請報告，展示了近三年來國際與國內在納米和表面科技研究領域所取得的最新成果，並設立石墨烯科學專題和納米能源科學專題，舉辦納米科技相關產品和儀器展覽，進一步促進國內外的學術交流，深入探討納米科技研究的發展方向。
- 本系將於5月26日舉行楊振寧獎學金、物理獎、羅蔭權教授物理獎及香港中文大學校友獎學金頒獎典禮，並安排畢業班同學與全體教職員合照。我們很榮幸邀得楊振寧教授為頒獎嘉賓。今年共有22位本科生及2位博士研究生獲得獎學金。

➔ 鄭啟明博士 榮獲2013年度「理學院模範教學獎」

➔ 陳文豪博士 榮獲2013年度「物理系教學獎」

➔ 本科生陸萃雯和關家俊晉身「科學一叮」總決賽

本系二年級的陸萃雯同學和關家俊同學在眾多參賽者中成功晉身「科學一叮」2014年香港區總決賽。陸同學更在總決賽中獲得季軍。「科學一叮」(FameLab)是一年一度的國際比賽。香港區的選拔賽由英國文化協會主辦。參賽者要在限時三分鐘內用淺白易明而且能夠吸引廣泛觀眾的方法講述一個與科學有關的題目。決賽當日，陸同學以“Speeding up in space”為題介紹太空船如何借助萬有引力來推進。而關同學就以“An eye to the atom world”為題介紹了掃描穿隧式電子顯微鏡(STM)是甚麼和它的用途。大家可在以下網址重溫兩人的精彩片段：
<http://www.youtube.com/user/famelabhk>。



理學院院長頒授理學院模範教學獎予鄭啟明博士 (左)



陸萃雯(前排左一)和關家俊(後排左三)與其他參賽者及嘉賓在FameLab總決賽當日合照



FameLab總決賽季軍陸萃雯

密度泛函理論計算對半導體材料摻雜問題的研究和預言

朱駿宜教授

密度泛函理論 (DFT) 是求解凝聚態系統多體薛定諤方程基態性質的利器。密度泛函理論為代表的計算凝聚態物理、實驗和理論，形成了三分天下的局面。DFT計算被看作計算機上進行的物理實驗。

DFT的歷史可以追溯到科恩教授 (Walter Kohn) 和來自香港的沈呂九教授 (Lu Jeu Sham) 在1965年提出的科恩-沈方程。他們提出了用輔助性的獨立粒子問題來取代量子多體問題的富創造性的策略。隨著90年代并行計算技術的興起，這種方法在材料系統的計算中獲得成功。

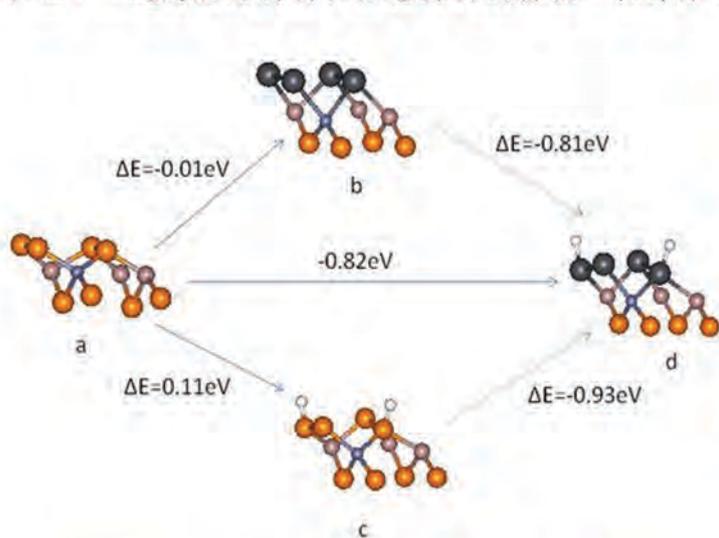
半導體缺陷、雜質和材料表面界面性質對決定器件的效率至關重要。瀰漫在城市上空的霧霾，有可能會因為研究者在缺陷、雜質和表面科學的研究，而引發的能源器件的革命性進展，而大幅度減少。人類的發展從未像今天這樣，和科學技術的發展緊密相連，命運與共。

在這裏，我向同學簡單介紹兩個我們的工作。

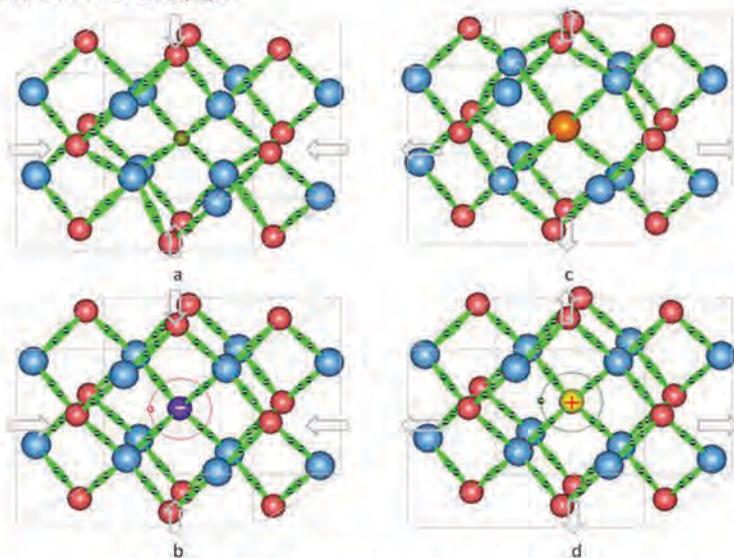
(1) 對於GaP (發光二極管材料) 的表面活性劑對p-型摻雜的理論研究。實驗者發現利用Sb作為表面活性劑 (材料生長表面的少量元素)，Zn的摻雜會大幅度提高。這令人費解，因為Sb和P是同族元素。我們進行了DFT計算，發現只有Sb參與無法提高Zn的摻雜。只有當Sb和H共同作用時，摻雜濃度才會提高。這裏Sb提供了一個容納電子的水庫 (它的外層p軌道)，H則像水那樣，填充進這個水庫，然後再流向薄膜，從而大大降低了Zn生成能量。

(2) 外加應變對雜質濃度的調節。利用DFT計算，我們發現外加晶格應變可以有效調節GaP、ZnO (多用途能源材料)、CZTS (太陽能電池材料) 等雜質和缺陷的濃度，應變方向和雜質引發的應變同向時，雜質濃度升高，反之降低。這為有效提高這些相關器件效率提供了一種解決思路。

我們還在金屬表面、界面、矽表面等等，做了一系列的計算工作。未來我們打算研究拓撲絕緣體，光解水材料、氮化物、CZTS、CIGS等材料的缺陷和表面性質，也歡迎有興趣的同學和我們交流或加入我們的研究小組，一起為能源材料和信息材料的發展，在計算上作出自己的貢獻。



圖一：Sb和H作為表面活性劑對Zn摻雜的提高



圖二：外加應變對材料雜質和缺陷的調節作用

參考文獻：

1. Junyi Zhu, Feng Liu, Michael A. Scarpulla, APL Materials 2, 012110 (2014).
2. Junyi Zhu, Su-Huai Wei, Solid State Communications 151, 1437 (2011).
3. Junyi Zhu, Feng Liu, G. B. Stringfellow, Su-Huai Wei, Phys. Rev. Lett. 105, 195503 (2010).
4. Junyi Zhu, Feng Liu, G. B. Stringfellow, Phys. Rev. Lett. 101, 196103 (2008).

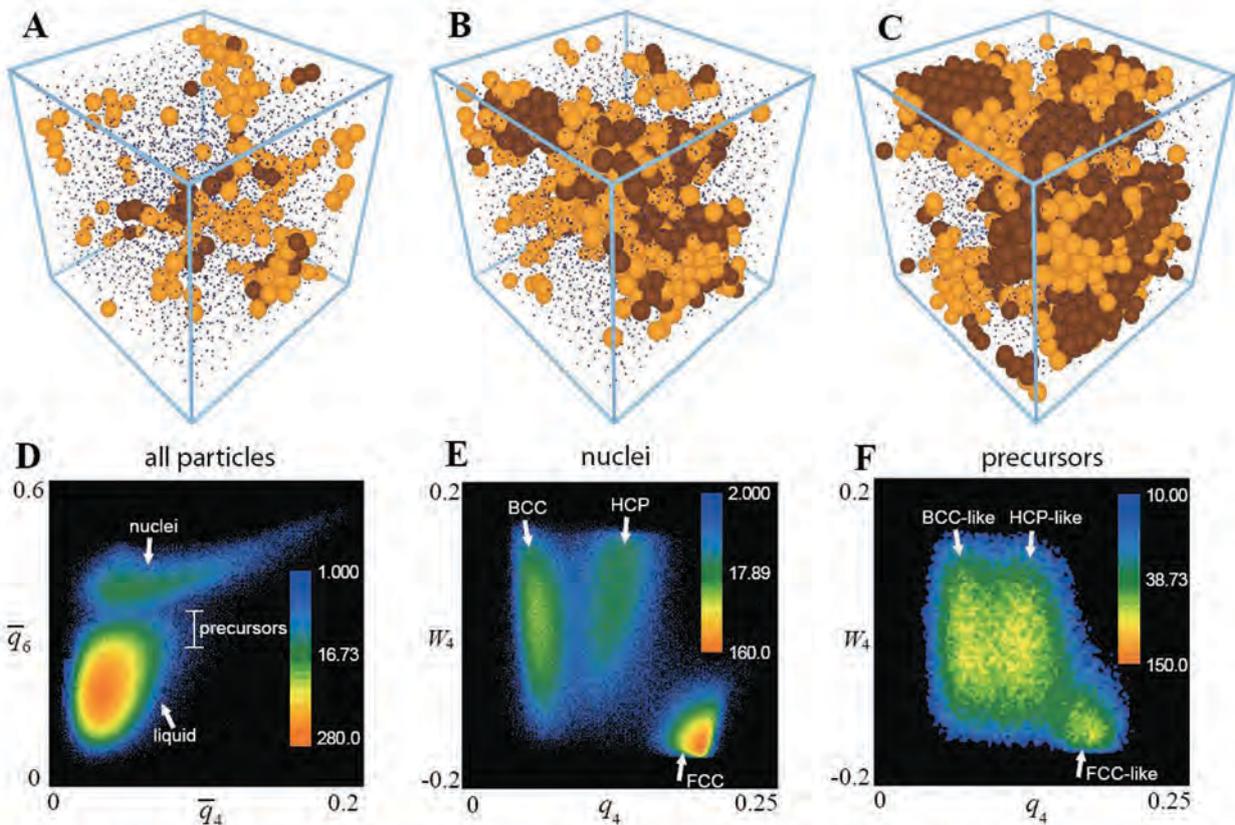
利用直接成像法在單顆粒尺度上對結晶現象的研究

徐磊教授

結晶是自然界中最為普遍的相變過程之一。通過這一過程，無序的液體結構轉化為有序的晶體結構。但是，結構怎樣從無序轉化為有序，這一變化在單顆粒尺度上是怎樣完成的到目前都是一個難解之謎。經典的結晶理論認為：晶核從液體中由熱漲落直接產生，並在超過臨界大小後迅速長大為宏觀晶體；初始的晶核與最終的固體態具有相同的結構和密度。但是，越來越多的實驗和模擬表明，這一圖像過於簡單。有一些非常基本的問題至今沒有答案。譬如說：1. 最新的模擬計算發現晶核通常會在一些相對密度較高的區域產生，這些區域被稱之為前驅體（precursors）。前驅體是否真實存在？它們到底是無序的液體結構還是局部有序的類晶結構，以及怎樣轉化為晶核？2. 實驗上發現了很多種與最終的穩態不同的亞穩態結構，這些結構的源頭到底是什麼？它們都是通過怎樣的路徑從液態產生出來的？

由於分子和原子尺寸極小，運動速度極快，這些問題無法在單顆粒的尺度上得到解答。膠體系統正是研究這些問題的理想平台：膠體顆粒通常是微米量級，運動速度也較慢，可以使用光學顯微鏡對每一個顆粒進行追蹤。同時膠體系統也具有液態到固態的結晶相變行為，與分子原子體系極為類似，因此它們可以作為一個非常理想的模型系統來研究結晶相變。

通過對上百萬個膠體顆粒在結晶過程中的追蹤和統計，我們對以上兩個基本問題在單顆粒尺度上進行深入的探討：1. 我們在實驗中直接觀測並證實了前驅體的存在，這在三維體系中尚屬首次。圖一 A-C 清楚的顯示：黃色的前驅體顆粒會從液體顆粒（藍色小點）中首先產生，接著從前驅體區域生長出褐色的晶態顆粒。伴隨著晶核的長大，前驅體也在不斷產生並包裹住晶核，形成固體到液體的一個過渡層。由於前驅體既有部分晶體性質又有部分液體性質，它們形成的過渡層可以大大降低固液界面的表面張力，較小的表面張力正解釋了為什麼早期的晶核呈現出不規則的枝杈結構而不是球形。



圖一：A-C是結晶過程在單顆粒尺度上的實際觀測數據。藍色小點是液態顆粒，黃色小球為前驅體顆粒，褐色小球為晶體顆粒。所有顆粒都是同樣的膠體顆粒，把他們畫成不同樣子是為了區分不同結構。D，早期結晶過程中顆粒在中程尺度上的結構分佈圖。E，早期結晶過程中晶體結構包含三種晶型（BCC，HCP，FCC）。F，前驅體結構中也包含三種類似的晶型。

通過對每個顆粒及其周邊顆粒組成的局部結構的分析，我們可以從對稱性的方面來探究結晶中產生的結構。圖一D是所有顆粒在中程尺度上的結構統計圖（中程尺度指的是中心顆粒與 $g(r)$ 曲線中的第一層和第二層鄰居顆粒組成的局部結構）：不同位置代表了不同的局部序參量值，不同的顏色代表了統計到的顆粒的不同數目。上面的集團具有較高對稱性對應著晶核顆粒，下面的集團對稱性較低對應著液體顆粒。在液體集團中對稱性較高的一部分顆粒就是前面提到的前驅體。因此，前驅體就是局部結構較一般液體更有序，但是仍然沒有達到晶體的有序度的液體區域。由於它們比一般液體更接近晶體，所以晶核傾向於從這裡產生。

我們再進一步分析最為近程的對稱性，也就是中心顆粒與 $g(r)$ 曲線中的第一層鄰居組成的最為局部的結構。圖一E展示了早期的晶核中的近程結構：三種不同的晶型結構，體心立方（BCC），面心立方（FCC）和六角密堆（HCP）都同時出現。這表明了早期晶核包含著各種不同結構而不僅僅是最終的晶體態。在圖一F中我們對前驅體進行了同樣的結構分析，發現所有前驅體顆粒都可以劃分為三種對應的類晶體結構：類體心立方（BCC-like），類面心立方（FCC-like）和類六角密堆（HCP-like）。這表明在液體階段已經出現了不同晶型結構的分化，而不是在晶核形成之後。

綜上所述，我們的實驗已經闡明了第一個關於前驅體的基本問題：前驅體是真實存在的從液體到固體的過渡態；它們在近程尺度上（第一層鄰居）是有序的類晶體結構，而在中程尺度上（第二層鄰居）並不具有平移對稱性因此仍然是液體態。我們也首次觀測到不同晶型的分化最早出現在液態的前驅體中，而不是以前普遍認為的在晶核生成之後。

接下來我們繼續探討第二個基本問題：不同亞穩態的晶體到底是怎樣出現的？前面看到，前驅體中就已經出現了多種晶型的對稱性，它們可以被看作各種亞穩以及穩態結構的最初始源頭。但是從前驅體到亞穩態的晶體仍然存在著液態到固態的轉化過程，我們現在就來闡明不同的前驅體是怎樣變為各種不同的亞穩晶體的。從三種不同的前驅體到三種不同的亞穩態晶體共有九種不同的轉換路徑組合。圖2就展示了這九種組合：下面的集團代表某一特定前驅體，上面的集團代表某一特定晶體，中間有無連接代表是否存在這一特定的前驅體到晶體的轉化路徑。我們看到非常明顯的BCC到BCC，FCC到FCC，以及HCP到HCP的轉化路徑，證明在同種晶型內存在著很強的轉化。在不同晶型之間，存在著很強的HCP前驅體到FCC以及BCC晶體之間的轉化，而逆過程FCC和BCC前驅體到HCP晶體的轉化則大大減弱。因此可以認為HCP前驅體可以有效轉化為FCC和BCC但反之不成立。BCC和FCC結構之間並不存在任何轉化。

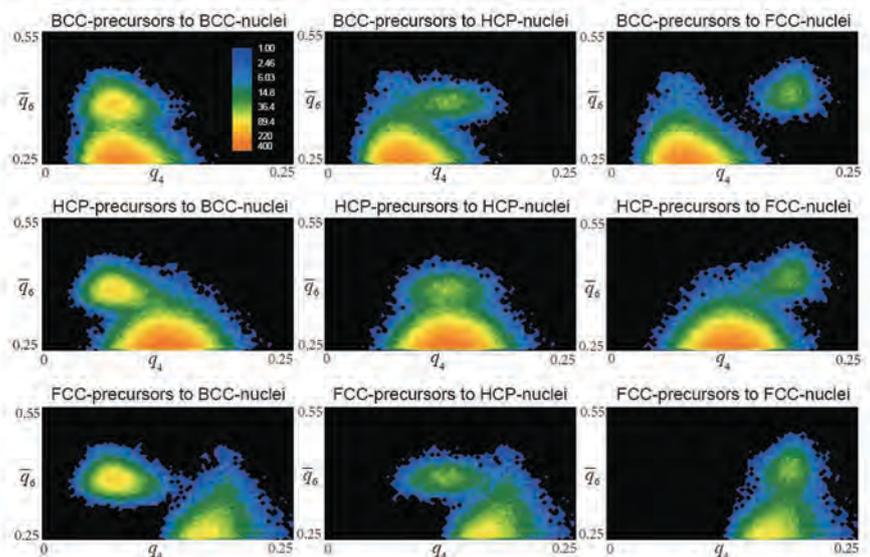
綜合以上發現，我們對第二個基本問題也有了深入的了解：各種不同的亞穩態結構最早在液態的前驅體階段就已經出現，並隨後轉化為相應的晶體態。除了在同種晶型結構之內進行轉化，還存在著不同結構之間的前驅體到晶體的轉化：主要表現為HCP前驅體到FCC和BCC晶體之間的轉化。不同的亞穩態晶體再經過長時間演化轉變為最終的穩態結構，這一演化過程仍需進一步的研究。

通過膠體系統，我們對結晶現象在單顆粒尺度上進行了詳細研究，並證明了前驅體的存在和它的結構。同時我們對結晶的動力學路徑做出了深入的分析，這些研究對於我們進一步了解結晶這一基本物理現象有著重要意義。

圖二：結晶過程中從前驅體到晶體的轉化路徑。不同晶型間存在著HCP到BCC和FCC的強烈轉化。但BCC和FCC之間則沒有相互轉化。

參考文獻：

1. P. Tan, N. Xu and L. Xu, Nature Physics 10, 73-79, 2014.
2. László Gránásy & Gyula I. Tóth, Nature Physics 10, 12-13, 2014.



劉雅章教授

劉雅章教授是本系校友，畢業於1974年，其後赴美國華盛頓大學深造，於1978年獲大氣科學博士學位。他現時是中大剛成立的环境、能源及可持續發展研究所 (Institute of Environment, Energy and Sustainability; IEES) 所長。未回來中大前，他是美國普林斯頓大學地球物理流體動力研究所教授。

(是次專訪由研究生黃梓鵬主持)

問 請問劉教授大氣科學是什麼？它跟物理學又有什麼關係？

答 大氣科學是自然科學中的一門學問。它主要是研究大氣層中的物理、化學和生物過程。它跟物理特別有關的是大氣層內風的流動。風是跟氣壓有關係的。而地球的轉動使我們在移動的座標中觀察氣流的動態。所以，在動力學來說，我們在物理學中很多古典力學的概念都能應用到大氣運動方面。大氣亦跟海洋、陸地、山脈等構成很多關係。例如，陸地和海洋的溫度改變，山脈內森林覆蓋面積的改變都會對大氣有非常強的作用。同時，大氣層的能源主要來自太陽。而太陽射到大氣層的能量會以很多不同方法釋放回外太空。這裏就涉及很多輻射的過程和傳導。這些現象都跟物理有著很強的關係，很多物理知識都可以用得著。此外，我們研究大氣的一個主要工具就是運用電腦作數值模擬。在流體力學的計算都應用很多基本原理。我們知道大氣的運動是根據牛頓第二定律來決定，但當中就涉及非常複雜和非線性的微分方程。所以，我們就需要運用數值方法來對這些方程求解。我們對氣候和天氣的預報都是靠這些方法來達到。這可看到我們的研究基礎就是物理學。

問 劉教授你在美國定居多年，是什麼原因驅使你現在回來中大當研究所所長呢？

答 我是在香港出生和在中大畢業。所以，我對香港是有著非常濃厚的感情。香港對我來說是很有親切感的。雖然我在美國生活了四十年，但我一直都掛念香港和經常回來的。而我現在回中大當IEES的所長是因為我覺得中大校方是很有誠意在環境課程和研究向前發展的。所以，我很樂意在我事業完結前回港接受這個任命。



問 物理系的同學有很多都有志於畢業後繼續升學和從事研究工作。你有什麼忠告和意見給同學們呢？

答 我覺得物理學是非常好的訓練。若果同學們希望將來從事大氣科學的研究，你們已有頗好的先決條件。因為你們已經接受了很多基本訓練。另外，我覺得大家要對大自然有好奇心和興趣。這方面是非常重要的。回想我自己當初為何決定從物理轉到大氣科學，主要都是因為我對大自然的熱情驅使的。此外，讀研究院是跟大學本科課程很不同的。讀研究院是要跟一個團隊和你的論文指導教授有很密切的交往。所以，找到一個好的教授來指導你的研究是非常重要的。我個人的經驗是我在讀研究院時先後換了三位教授和三個研究題目！我是從摸索中學習到如何跟老師相處和如何找到自己真正感興趣的研究題目。

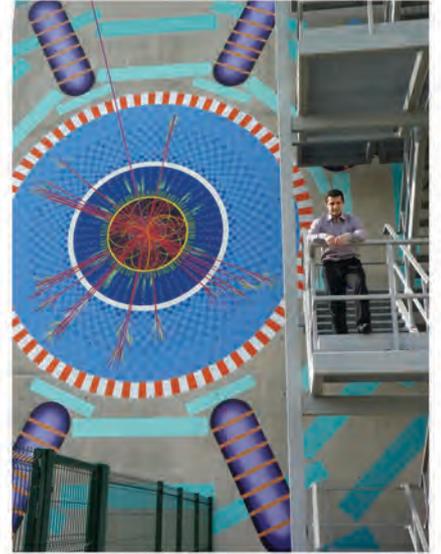
問 最後，劉教授你可否談談大氣科學的前景？

答 大氣科學是一門較新興的科學。它是在過去的二三十年發展得最蓬勃。這方面跟物理學有點不同。物理學有很久遠的歷史。所以，從事物理研究就需要學習很多已知的知識才能達到前沿的階段，作出新一歩的貢獻。但是，你可以在兩三年內已學到大氣科學中最基本的知識，從而很快就達到前沿的境界。所以，大氣科學是有很多發展空間和機會。而且，大家仍都注意到氣候環境現在進行著很明顯的改變，很多天氣和氣候事件都與人類息息相關。因此，全世界各國政府都願意付出資源用在氣象和氣候方面的研究。總括來說，我覺得在大氣科學中出色的年輕工作者的發展空間是頗大的。無論在大學、研究所和一些實驗室都有很多就業的機會。

這個學期我們有兩位新老師加入本系，在這裡讓他們向大家作自我介紹。

Luis Roberto Flores Castillo 教授/中大物理系助理教授

I received my BSc in Computer Engineering from the National Autonomous University of Mexico (UNAM), a Master degree in Electrical Engineering also from UNAM and a PhD from the University of Pittsburgh, working at Fermilab on b-physics at the Tevatron. After my PhD, I joined the University of Wisconsin to work on the ATLAS experiment at CERN's Large Hadron Collider, where I have participated in several areas, including the calibration of the reconstructed energy of electrons, the identification of muons using only calorimeter information, the study of the statistical treatment of physics searches, the evaluation of the ATLAS sensitivity or exotic physics, and the search and discovery of the Higgs boson.



During 2014, the LHC will undergo a large upgrade program to increase its center-of-mass energy by up to 75%; this large increase will, at the same time, produce a higher number of Higgs particles and open a new mass region, previously unexplored. I very much look forward to work with CUHK students and professors in the preparations for the new data-taking period and to have, as a group, a very active role in physics analyses once the new data-taking period starts.

曾華凌教授/中大物理系研究助理教授

我在2006年本科畢業於中國科學技術大學物理系，隨後到香港大學繼續深造，在2011年獲得理學博士學位。經歷了兩年的博士後研究工作之後，在2013年11月加入香港中文大學物理系這個大家庭，任職研究助理教授。我的研究領域是實驗凝聚態物理，主要研究方向是低維物理體系中的光學現象，比如新型二維半導體材料的圓偏光二色性和自旋能穀耦合以及一維單壁碳納米管的激子效應和燭光現象。目前開展的課題是基于金剛石中氮空位缺陷態的超靈敏光學探測。歡迎對實驗物理感興趣的同學來實驗室參觀，同時也歡迎和期待中大物理系的同學加入我們小組。



實習及交流天地

2012-13年度本系共有13位同學獲選參加物理系OPUS和理學院的交換生計劃、及4位同學參與了暑期本科生研究交流計劃(SURE)，今期請來8位參加了OPUS和SURE的同學分享他們的經歷及體會。



這七個月的經驗可謂十分難忘。在加州大學伯克萊分校的物理課上我認識了來自世界各地的學生，他們既聰明又勤奮好學。當中不少亦非常積極，自大學一年級起已開始尋找研究機會，使他們更明瞭自己的興趣以及更為優秀，這是一個十分值得我們學習的地方。我在暑假中亦加入了IceCube，在Dr Ryan Bay的指導下參與其研究“South Pole glacial climate reconstruction from multi-borehole laser particulate stratigraphy”。我體驗到何謂研究生生活，亦因對物理發展作出了貢獻而感到無比滿足。(黃劭然)

在加州大學伯克萊分校學習一個學期後，我獲得了前所未有的學術視野。與伯克萊ATLAS組對希格斯粒子分析的研究工作中，我學到了很多關於實驗粒子物理學的知識，以及經常用作數據分析的工具，例如經常使用的編寫程式語言。這個與世界一流的研究組工作的機會實在是非常寶貴。現在，我對物理工作的真實世界認識了更多，讓我更加堅定了我對學術生涯進一步的追求。(羅育庭)



羅育庭(右)



Looking back, I can feel nothing but gratefulness for this marvelous opportunity, to study and conduct original research in Berkeley. It is a place alive with physics, the students and professors wildly passionate, the courses aimed at equipping students for first-hand, cutting-edge research, and one is often exposed to the frontiers of physics, apprehensible via deep insights or clever generalizations layered on top of the standard material. Three months of committed research guarantees one with a clear vision of physics in the making, and it is an extremely rewarding experience. (Yik-Lok Leung)

The OPUS programme provided me a truly unique opportunity to broaden my horizon and prepare my career. It was a joyful experience to study with the best students under the Californian sun at Berkeley. Moreover, I was offered an opportunity to work at the Lawrence Berkeley National Laboratory where more than 10% of chemical elements were discovered. Working with a truly international team, I was honored to participate in a frontier research on quantum vortices of superfluids. The excitement of being the first few to learn about something is really distinct. (Han-Son Ma)



Han-Son Ma is in the middle of the picture

我一直都對量子物理學和粒子物理學十分有興趣。當我得知中大物理系有SURE這個計畫時，我便立即決定報名。我選擇了CERN作為我的第一選擇，因為CERN是一個世界頂尖的粒子物理研究機構。我在位於日內瓦的CERN逗留了十個星期，期間參與了一個研究項目和一些課程。CERN擁有非常特別的氣氛，因為來自世界各地的科學家都會聚首於CERN一同工作。在我逗留的期間，我認識了來自不同國家的暑期留學生和同事。我們很喜歡一同聊天，並且互相觀察不同國家的人的想法有何不同之處。CERN亦有很濃厚的學術氣氛。即使這裡的人來自不同的國家，但我們都有共同的語言：物理和數學。只要你提出任何學術話題，都可以找到能理解你的想法和啟發你的人。（陳永尚）



在這次實習期間，我在美國布朗大學的物理研究小組中工作。小組主要進行關於宇宙射線及射電望遠鏡的研究。我完成的工作分為兩部份：從論文中整理出世界各地射電望遠鏡性能的總結，以及替正在南極洲工作的望遠鏡計算誤差的影響。在這次實習中，我除了學會不同的物理知識，與不同文化的人的交流，也學會了更自立地生活，可謂獲益良多。（劉偉靖）

今個暑假在加州理工做的研究，給了我應用從物理課上學到的物理、計量和電算技巧，應用在其他領域上。而且，我也從身邊的頂尖研究生、研究人員和教授身上學到有關大氣科學的知識和做研究的技巧。學院自由、開放而不失嚴謹的學術討論氣氛亦令我印象深刻。（黃奕康）

黃奕康(後排左四)



鄧偉豪(右)

中大物理系與CERN協辦的本科生暑期研究計畫包括暑期課程及短期研究。暑期課程是一連串講課，講授多個前沿物理課題，例如「粒子加速器的運作原理」及「標準模型理論」等等。課程有助我了解當代物理的熱門課題及技術應用，開拓視野，彌補本科課程過於理論的不足及限制。至於在短期研究中，指導老師要求我研究一個小型課題，提供機會給我去實踐過去三年學得的物理知識，以及拓展技術性的解難能力，而且與不同文化背景的導師們交流，亦令我學會以多角度考慮問題。計畫中亦包括參觀粒子探測器以及多個工作坊，令所學過的知識及畫面變得更具體。最後，計畫中亦有來自不同地方國家的同學，並居住於同一宿舍，提供機會去了解不同地方文化，而我亦有四處遊覽日內瓦，觀察及體驗當地人的生活方式。（鄧偉豪）