



系況速遞

- 去年11月北京計算科學研究中心與香港中文大學深圳研究院簽訂一份有關「量子新技術探索、功能材料類比及計算方法的發展」的合作協議，本系系主任夏克青教授為首席科學家。雙方會就研究內容進行協作與統籌。研究共分七個範疇，包括：單光子探測、量子密碼學、超導太赫茲探測器、量子計量學、超低噪聲量子放大器、功能材料的模擬及計算流體力學。
- 今年共有23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、羅蔭權教授物理獎、陳耀華教授及夫人獎學金及香港中文大學物理校友獎學金。頒獎典禮將於5月15日舉行，屆時亦會頒發物理系教學獎，並安排畢業班同學與全體教職員合照。
- 王建方教授連同北京大學的科研人員成功獲得「國家自然科學基金委員會及香港研究資助局聯合科研資助基金」(NSFC/RGC Joint Research Scheme)撥款約港幣一百萬元及人民幣九十萬元，支持「金屬/氧化物納米結構作為合成有機分子的表面等離子體共振催化劑」的研究項目。
- 本系將於2015年7月6日至8日舉辦「海峽兩岸粒子物理會議」。會議課題包括：實驗粒子及核物理、理論粒子及核物理和宇宙學。會議目的是透過邀請報告，促進中、港、台三地的研究組就有關課題交流與合作。會議網址：<http://theta13.phy.cuhk.edu.hk/meeting2015/>。

獎項與殊榮

- 夏克青教授 獲中大頒授「卓敏物理學教授」席位，以表揚他的教研成就及貢獻。
- 朱明中教授 獲中大理學院選為2014年度「傑出學人」。
- 程淑姿教授 榮獲2014年度「理學院模範教學獎」。
- 練立明博士 榮獲2014年度「物理系教學獎」。



校長沈祖堯教授頒發證書予夏克青教授（左）



程淑姿教授（左）與頒獎嘉賓理學院院長黃乃正教授合照

物理學公開講座

本系分別於去年10月18日、12月4日、今年2月6日及3月20日舉辦了四場物理學公開講座：王一教授－「以計算機做顯微鏡：淺談分子動力模擬在生物物理研究中的應用」、練立明博士－「星際啟示錄：從黑洞到星際旅行」、許伯銘教授－「對發光原理和實踐的百年追求」及魯國鏞教授（前美國國家無線電天文台台長）－「無線電天文學」。

物理系校友會

校友會於2015年1月3日假敬文書院舉辦了2014-2015學長計劃啟動典禮，當晚大部份學長及學員均有出席，既讓校友相聚，亦讓學長與學員交流。校友會並於2月28日下午舉辦一年一度會員大會，成功通過了2014年度工作及財政報告，並選出2015年度幹事會。此外，校友會獎學金評選委員會於3月初與獎學金申請人會面，並評選出今年度的獲獎同學。



本系師生及校友在2014-2015學長計劃啟動典禮當晚合照

物理系新課程講座

本系於3月28日的「中五生升學規劃日」舉辦了課程講座。鄭啟明博士當天向來自不同學校的中五同學介紹了物理系將於本年9月新開辦的理論物理精研課程（詳情可見第7頁）。「中五生升學規劃日」是中大特別為由中學推薦到來參加的中五同學舉辦的課程介紹活動，好讓同學們對中大不同院系開辦的課程有更深入的了解，為來年選擇課程作好準備。

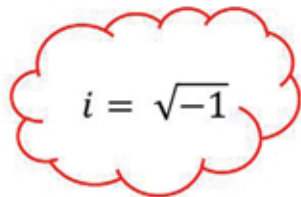


鄭啟明博士(講者)

虛的實現

劉仁保教授

數學的一次重要革命是複數概念的出現，其標誌是引入單位虛數 i 。


$$i = \sqrt{-1}$$

物理學的量子力學革命也引入了複數，即一個粒子在經歷時間 t 後出現在能量為 E 的狀態上的機率幅度為 $\exp(-iEt)$ 。量子力學機率幅度和統計物理的波爾茲曼因子形式上很相似。在某一溫度 $T=1/(k_B\beta)$ 下，一個熱力學平衡系統能量為 E 的機率是波爾茲曼因子，即 $\exp(-\beta E)$ 。量子力學機率幅分佈和統計力學波爾茲曼分佈是物理學涉及隨機性的兩個基本定律。波爾茲曼因子中只要把溫度倒數 β 換成一個虛數 it ，其形式就和量子力學機率幅完全一樣了。在理論物理裡面，把溫度看作虛時間或者把時間看作虛溫度是一個常用的技巧，叫做維克旋轉。當然這只是數學技巧，實際測量上我們還是要求所有的物理量都必須為實數。但是既然物理學裡兩個和機率有關的基本定律形式上如此類似，究竟他們有沒有深刻的聯繫呢？這當然是一個有趣的問題，不過還沒有定論。

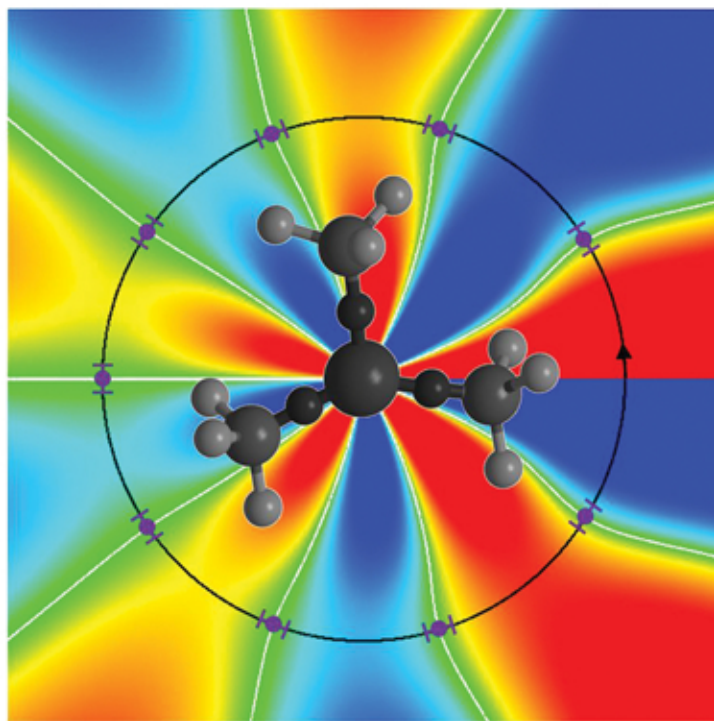
和虛溫度類似的一個數學變換是楊振寧和李政道在1952年引入的虛磁場。在研究格子氣的氣液相變以及等價的自旋伊辛模型鐵磁相變時，他們發現，這些系統的相變性質可以用配分函數的零點分佈來理解。配分函數 (Z) 就是將波爾茲曼因子遍歷所有可能狀態的和， $Z=\sum\exp(-\beta E)$ 。而物理系統的自由能就是配分函數的對數， $F=-k_B T\ln(Z)$ 。這樣配分函數的零點就是自由能的奇點，也就是相變的地方。但是因為波爾茲曼因子總是正數，配分函數就不能為零，那就沒有相變了。怎麼解決這個問題呢？楊和李發現，如果允許物理量為虛數，在複平面上配分函數就能為零了。當系統粒子數趨向無窮大而且溫度足夠低時，複平面零點就可能無限接近實軸，這樣就可以理解相變的發生了。具體到格子氣體或者伊辛模型，配分函數在化學勢或者磁場 h 的複平面上的零點叫做李楊零點。李和楊證明，對於鐵磁型的伊辛模型，所有的李楊零點都分佈在逸度 $z=\exp(-\beta h)$ 的單位圓上，也就是 $z=1$ 或者 h 為純虛數的地方。這就是著名的李楊定理。當年大家還想，李楊零點正好分佈在 h 的虛軸上，非常類似黎曼猜想裡非平凡零點的分佈，有沒有可能用於證明黎曼猜想呢？可惜這個奇思妙想至今還沒有實現。

雖然李楊零點很有趣又在熱力學統計物理上有基礎的意義，似乎實驗上無法直接觀測到。原因也很簡單，畢竟虛磁場只是一個數學技巧，真的磁場必須是實數嘛。所以60年過去了，李楊零點從來沒有在實驗上直接觀察到。

事情的轉機發生在魏勃勃博士和我在三年前研究量子比特退相干時的一個發現。量子比特是量子計算的基本單元，可以是兩個態的疊加，例如 $|0\rangle + \exp(i\phi)|1\rangle$ 。其中的相位因子 $\exp(i\phi)$ 是一個複數。當量子比特和環境（也叫熱庫）有相互作用時，環境或熱庫裡的隨機分佈和漲落會使相位因子變得不確定，因此量子相干性就喪失了。描述量子相干喪失即退相干的物理量就是相位因子對熱庫各種狀態就波爾茲曼因子所作的加權平均，即 $\langle \exp(i\phi) \rangle = Z^{-1} \sum \exp(i\phi - \beta E)$ 。注意，實數的波爾茲曼機率和複數的量子力學機率幅奇妙地走到一起了！當熱庫總磁化為 M 時，其能量可以寫成 $E = -hM$ 。另外相位也是由熱庫磁化引起的，即 $\phi = Mt$ ，這樣退相干就變成 $\langle \exp(i\phi) \rangle = Z^{-1} \sum \exp[\beta M(h + it/\beta)]$ ，成了一個複數磁場 $h + it$ 上的配分函數！量子比特相干為零的地方就是李楊零點。虛的磁場通過量子力學的複數相位因子得以實現，李楊零點第一次變得可以直接測量。

得知這個結果後，中國科技大學的彭新華教授帶領她的學生和同事們，和我們合作，設計了一個很巧妙的實驗。她們利用一種叫亞磷酸三甲酯（圖一）的有機分子溶液，把該分子裡面的磷原子的核自旋當作量子比特，而另外9個氫原子核自旋就當作熱庫，利用量子模擬的方法模擬熱庫的伊辛模型以及其不同的溫度，並用液態核磁共振技術測量磷原子的量子相干。實驗發現，在對應李楊零點的時間處，磷原子的相干性果然等於零（圖一）。我們第一次在實驗上直接觀測到了李楊零點。此時李楊零點的理論發現已經過去了63年了。

這一發現還有更加深遠的意義。它使虛的物理量有了實在的物理意義，使熱力學可以解析延拓到複平面上。我們都知道，任何函數一旦延拓到複平面，其性質就會變得和諧美妙（著名的例子就是代數第一基本定理，即一元 n 次方程在複平面上正好有 n 個零點，而如果限定實數解就完全沒有如此美妙的性質了）。我們還在繼續努力，開拓一個可稱為複平面上熱力學的新領域，期待未來可以揭示熱力學統計力學這個物理學四大支柱之一學科裡面更深刻的結構。本文介紹的研究結果已於2015年2月發表在 *Physical Review Letters* 114, 010601。



圖一：實驗測到的李楊零點（帶誤差標記的圓圈所示）剛好分佈在複平面的單位圓上。圖中間為實驗所用分子的模型結構。彩色標記為量子比特相干的實部。

Searching for new physics at the energy frontier

Prof. Luis R. Flores-Castillo

The *Large Hadron Collider* (LHC), hosted by the *European Organization for Nuclear Research* (CERN) is one of the largest scientific instruments ever built; it is a particle accelerator buried a hundred meters below the French-Swiss border, with a circumference of 27 kilometers. Fig. 1 depicts its location (white circles); to give a sense of scale, notice the Geneva airport in the middle right of the picture. The goal of LHC is to produce high-energy collisions between protons. To do this, two large groups of protons are extracted from Hydrogen atoms, accelerated until they reach almost the speed of light, and steered against each other.



Fig. 1: Aerial view of the CERN site, depicting the location of the LHC. (Image source: CERN)

Why is this done? As you may know, when the speed of an object increases, its mass increases too. This effect, negligible for daily-life speeds, becomes very significant for objects moving close to the speed of light. At the LHC, the mass of the protons increases by a factor of *thousands*. As a result, there is enough energy available in each proton-proton collision to produce hundreds of particles, some of them dozens of times heavier than each original proton. *Any* particle in the Universe's "catalogue" can be produced, regardless of whether or not we knew it existed, as long as the energy of the colliding particles is enough to provide its mass. This is the reason to build and operate particle colliders.

There are four collision points at LHC, with large particle detectors built around each. Fig. 2 shows the cavern where the ATLAS detector is now installed; the researcher in the bottom of the picture helps understand the scale. Each collision produces hundreds of particles, but only a few of them may signal a new particle. Fig. 3, for example, shows one collision where four muons (red lines) may be coming from a Higgs particle.

In July 2012, after analyzing collision data stored during two years, the ATLAS and CMS collaborations announced the discovery of the Higgs particle. The discovery received large media coverage, and prompted the awarding of the 2013 Nobel Prize in Physics to Professors Peter Higgs and François Englert.

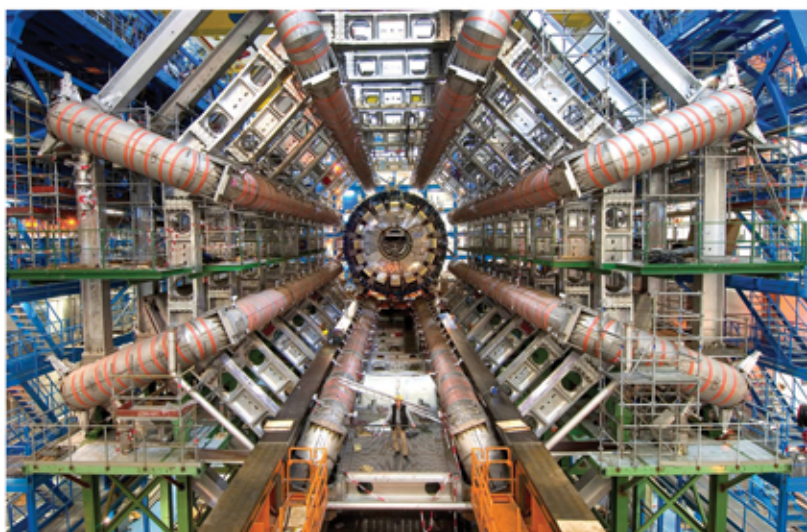


Fig. 2: The ATLAS cavern before most particle detectors were installed. (Image source: ATLAS Collaboration)

The LHC has been off for almost two years now. During this period, it has been prepared to run at a much higher energy; how much higher? The Higgs particle was discovered in collisions

where the mass of each proton was, due to its speed, close to *four thousand* times its rest mass. This year, the LHC will increase that factor to *seven thousand*. At such a large energy, we will be able to create an unprecedented number of Higgs bosons, measure its properties in detail, and search for new particles that were impossible to produce in any former collider experiment.

Since June 2014, the *Joint Consortium for Fundamental Physics in Hong Kong*, formed by the University of Hong Kong, the Hong Kong University of Science and Technology, and the

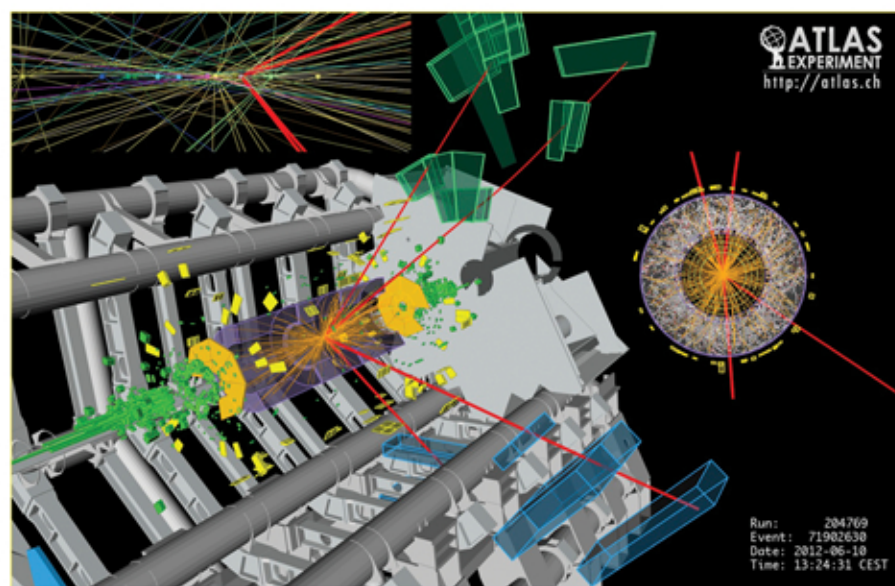


Fig. 3: A four-lepton event recorded with the ATLAS detector. (Image source: ATLAS Collaboration)

Chinese University of Hong Kong, is a member of the ATLAS Collaboration. Research teams in these institutions are getting ready to have a strong participation in the new LHC run on several fronts, including the software used to identify final-state particles, the electronic systems used to detect them, the preparation of new computing facilities, and the statistical analysis of the data to be recorded starting in mid 2015.

Prof. Luis R. Flores-Castillo joined CUHK in 2013 as an Assistant Professor. He received his PhD from the University of Pittsburgh and worked in the ATLAS Collaboration at CERN prior to joining us.

2015-16年度新課程與本科生研究經驗資助金

鄭啟明博士

在2015年的聯招課程選單上，大家會發現一個由中大物理系開辦的新選擇—理論物理精研 (JS 4690)。新課程的設計旨在訓練已擁有優良中學物理及數學準備的學生進一步掌握物理的基礎概念，並獲得分析、數值、電算、實驗及研究等技巧，培養他們欣賞和了解物理在現代世界的重要應用。理論物理精研課程特別強調專題研習及研究等元素，是為有志往後進修碩士及博士課程的同學設計的課程。

另外，為支持及鼓勵成績優異的物理本科生積極參與系內或系外的科研活動，中大物理系將設立「本科生研究經驗資助金」(Undergraduate Research Experience Grant - UREG)^[1]，名額不限。合資格的中大物理本科生須考獲中學文憑試物理科5**成績(經聯招報讀者)或其它系方認可的同等成績(經非聯招報讀者)。每位合資格的同學在首年將獲港幣20,000元資助金，用以支付其參與的科研活動的全部或部分開支。其適用範圍包括海外研究交流活動、系內老師帶領的科研計劃及其它系方認可的科研相關活動。如資助金未能於該年度內用完，餘額將予以注銷。若同學能保持學期主修科平均積點(Term Major GPA)達3.2或以上，可繼續獲取第二年及第三年的資助金。

透過多參與各式各樣的科研活動，我們期望同學可親身體會科學研究的過程和技巧，從中強化物理基礎知識的應用及培養尋找解決難題的觸覺，為未來從事研究工作做好充分的準備！

註[1]:「本科生研究經驗資助金」同時適用於2015年循大類收生(Broad-based Admission)入讀中大理學院「理學」(Science)課程，並於最早階段選擇主修物理及合資格的同學。

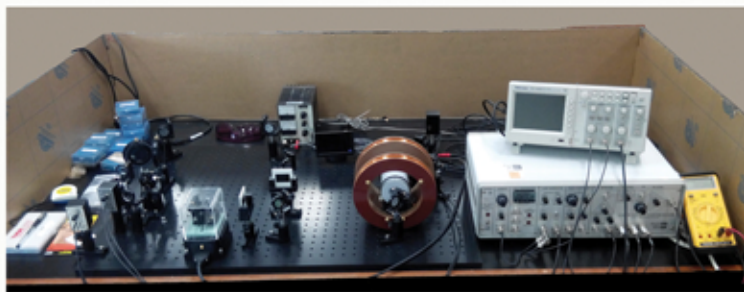
專題實驗

技術員黎鎮禧先生

PHYS3710 Short Experimental Project I 為物理系4年制課程的必修科，讓學生在3年級時修讀。今學期首次開辦，老師為王大軍教授及徐磊教授。物理是一門實驗科學，除了學習理論課基礎，也需要透過實驗來獲取新知識。有鑑於學生於此範疇的經驗有限，特設此科目。有別於物理學科常用的理論或實驗授課形式，本科目以課題研習為主。

修讀本科的學生，可從多個實驗物理課題(內容包含量子物理學、原子核物理學、固體物理學、熱學、光學及力學等範疇)中，選取一個課題作研究。利用從一、二年級基礎物理實驗課學會的實驗技巧，以學術研究的方法及過程，去完成該課題的既定目標，過程中學生要主動學習有關課題的知識，計劃實驗如何進行，在有限的時間內完成實驗，如實記錄實驗數據，分析實驗數據後給予結論，並以期刊論文格式提交報告。學生也可以設計及進行與課題有關的實驗，以達到自行訂立的目標。

通過經歷專題實驗的課題研習，學生由對課題一無所知到完成報告，從而體會透過實驗來獲取新知識的方法，亦為畢業班時做專題研究作好準備。過程中所學到的項目管理技巧，對學生將來從事科學研究或項目管理工作提供了一次全面的訓練。



實驗課題「銣原子飽和吸收光譜」儀器



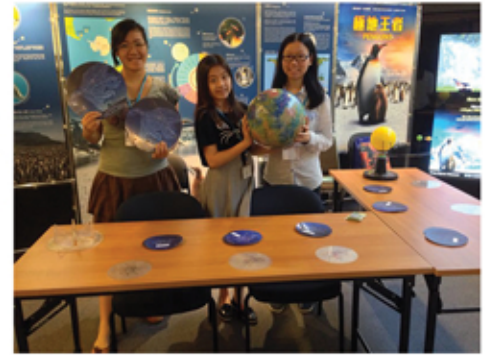
實驗課題「光子的平均壽命」儀器

實習及交流天地

我們今期邀請了3位在2013-14年度獲選到香港天文台和太空館實習的同學及4位參加了物理系OPUS交換生計劃、到加州大學伯克萊分校學習的同學，分享他們的學習體驗。

陳苡珊 (香港太空館)

在太空館實習的兩個月中，我有幸參與籌辦「少年太空人體驗營」、構思並舉辦數個館內活動，並為「太空館通訊」撰稿。為令小朋友瞭解太陽系，我先對太陽系作出深入的資料搜集，探究行星的新知和特性。然後，我和另外兩位實習生架設了一個巨型的太陽系模型，以互動講座的模式鋪陳一眾系內行星，讓小朋友放置「行星沙灘球」。



陳苡珊 (中)



Lun Wong (Hong Kong Observatory)

My project goal is to enhance the existing lightning nowcasting techniques with an aim to incorporate growth and decay of lightning activities in thunderstorm cells. It grants me a chance to understand thunderstorm and lightning formation and also allows me to be involved in true climate research works.

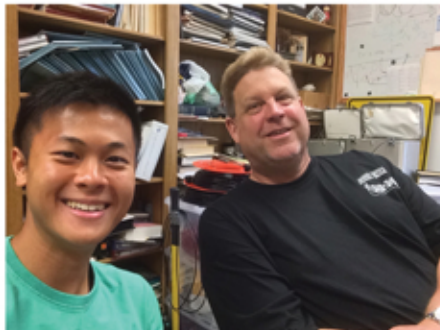
Lun Wong

Wai-Po Tse (Hong Kong Observatory)

After entering the HKO, I learned more about computational physics and learned many different kinds of programming languages. The most important thing for me is to get a training in improving my problem-solving skills.



Wai-Po Tse (left)



Yiu-Man Ip (OPUS)

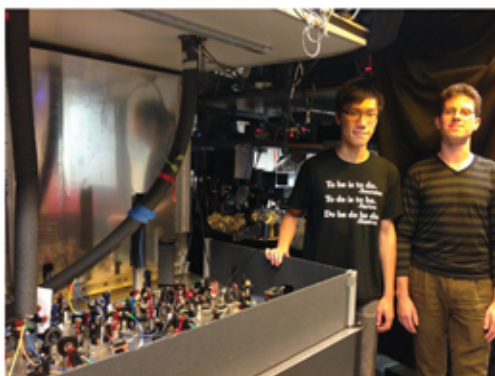
It was an eye opening experience to participate in seismic research. I learned a lot about the work of frontier seismologist which gave me a better preparation for graduate studies in related field.

Yiu-Man Ip

Chun-Cheong Lam (OPUS)

We had spent a lot of time exchanging ideas and it was indeed an unforgettable and rewarding experience. After this eight-month intensive training, I felt much more prepared to devote my life to scientific researches!

Chun-Cheong Lam



Pak-Hong Leung (OPUS)

I accomplished two separate laser-related tasks on my own. OPUS opened my mind to the endless possibilities in the increasingly globalized academia, and solidified my determination to become a dedicated researcher.

Pak-Hong Leung

Ka-Kam Lam (OPUS)

I had a chance to work with and learn from enthusiastic and talented researchers in Lawrence Berkeley National Laboratory. Apart from academics, I took a flight lesson, visited aviation museums and watched air shows, through which I got a taste of the American aviation culture.

Ka-Kam Lam

