



中大物理通訊

2006年6月

第三期

http://www.phy.cuhk.edu.hk/

physics@cuhk.edu.hk

2609 6339

CU Physics Newsletter

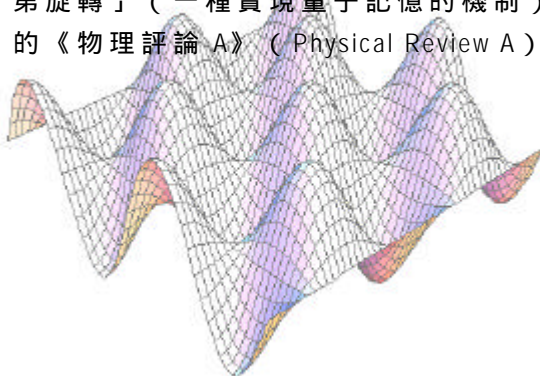
系況速遞

- ◆ 本年度暑期本科生研究交流計劃 (SURE) 共有 6 位同學獲選。他們將於 6 月至 8 月期間前往美國和加拿大不同的著名學府進行研究。此外，另有 4 位同學獲選參加物理系交換生計劃，他們將會到美國加州大學柏克萊分校修課一個學期和從事暑期研究工作。
- ◆ 本年度暑期教師學徒計劃 (STAR) 共有 5 位同學獲選。是次參與計劃的學校包括浸信會永隆中學、路德會呂祥光中學、基督教宣道會宣基中學、聖公會李炳中學和聖公會聖本德中學。
- ◆ 本年度共有 5 位同學獲選參加天文台暑期實習訓練計劃。
- ◆ 05-06 學年物理英才精進課程已完滿結束。

中大物理系理論光學研究的歷史與前瞻

自本系成立以來，理論光學一直都是本系研究工作中的重點領域之一。早在七十年代，由楊綱凱教授及賴漢明教授領導的研究小組已經發表了多篇有關理論光學的學術論文。小組後來將焦點放在「介觀系統」(Mesoscopic System)上，例如研究電磁波於微液珠 (Microdroplets) 中所產生的光學現象。這些研究對長程無線通訊技術發展十分重要。所謂「介觀系統」，其實就是指系統的大小跟可見光波長相若。由於微液珠內的全反射光線經衍射而離開液珠，因此微液珠是一個能量不守恆的「耗散系統」(Dissipative System)。經過小組各成員多年研究，發展出一套相當有用的數學方法，名為「準正則模」(Quasi-normal Mode)。當年小組的研究生，現已成為本系教員的梁培燈和程淑姿兩位教授，更將這套數學方法應用在研究黑洞、中子星和重力波等問題上，並把結果於各大權威物理期刊上發表。尤其是近年發表於《現代物理評論》(Review of Modern Physics) 的文章，更受到學術界高度重視。

除了經典光學理論外，本系有關量子光學 (Quantum Optics) 方面的研究亦發展得十分成熟。早於九十年代，羅志輝及廖國樑兩位教授就曾發表多篇有關「相干態」(Coherent State) 及「壓縮態」(Squeezed State) 之論文，論及兩種態之數學性質及其在「凝聚態物理」(Condensed Matter Physics) 中的應用。本系另一位研究量子光學的老師羅志光教授則著眼於光子及原子之相互作用，以及光學系統「量子糾纏」(Quantum Entanglement) 現象的研究。羅教授其中一項最新發現是由「光學參量下轉換」(Optical Parametric Down Conversion) 所產生的「光子舒密模」(Photonic Schmidt Modes)，此等模式揭示了「雙光子態之糾纏結構」(Entangled Structures of Bi-photon States)。此外，羅教授與其研究生最近利用與光子舒密模相關的技巧來研究「法拉第旋轉」(一種實現量子記憶的機制) 產生的光子及原子之糾纏，其結果在五月份的《物理評論 A》(Physical Review A) 中發表。



今期內容

- 科研焦點：量子光學
- 最新動態
- 活動回顧

科研焦點

從量子光學到量子計算

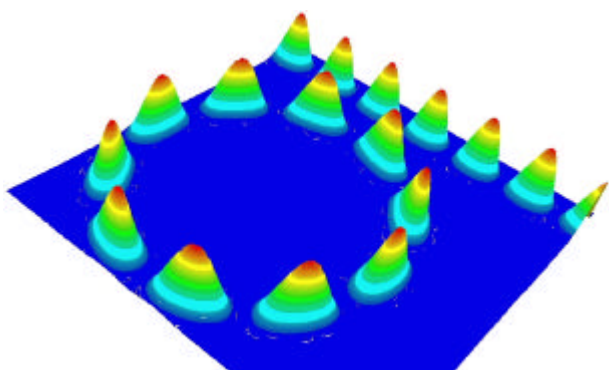
從格勞伯教授 (Roy J. Glauber) 等先驅在上世紀 60 年代開創基業至今已經 40 餘年，量子光學仍然生機勃勃，充滿挑戰和機會，值得青年學生投身研究。特別是近年來在玻色—愛因斯坦凝聚體、超冷原子光學格子、腔量子電動力學、半導體納米量子光學等熱點課題的快速進展，關係到很多基本物理問題的突破，例如強關聯多體系統、量子相變、量子信息、和量子計算。中大物理系量子光學團隊擁有深耕相關領域的林海青、梁培燈、和羅志光教授，以及新近加盟的劉仁保和顧世建教授等人，還有他們的助手，其中不乏高年級本科學生。他們正在此領域努力耕耘，爭取在香港形成一個涉獵其中各重要課題比較全面的理論研究隊伍。

量子信息和量子計算是其中一個中心課題。我們知道量子世界和經典世界的根本區別就在於前者中一個物體（例如原子、自旋或光子）可以同時處於多個不同狀態，即疊加態。一台計算機若處在疊加態上，它就可以同時進行不同的計算，這就是量子計算機。量子計算機具有經典計算機無法企及的超級計算能力。另外神奇的是，測量一個量子疊加態會得到完全隨機的結果，加上量子態不可以被複製，這使得基於量子力學的通訊保密無懈可擊。光子不但是量子通訊中理想的信息載體，在量子計算機中也可以用於量子比特間傳送量子信息和建立量子關聯。因此，研究單個原子、半導體中電子自旋等量子系統和單個光子的相互作用及其控制便至關重要。為了更好地駕馭幽靈般的光子，實驗家可以利用光學腔和波導來儲存和傳導光子。其中原理並不複雜：例如光

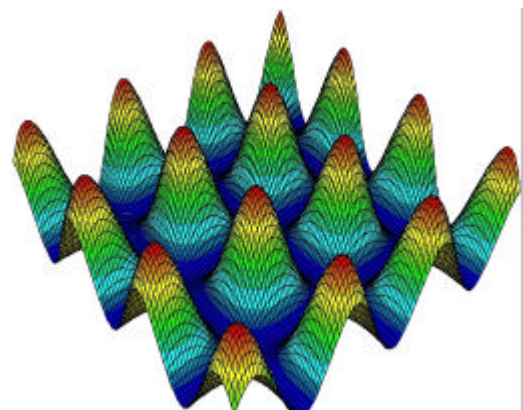
子在兩面鏡子之間來回反射就會大大增加它和其間原子的相互作用時間。半導體微加工技術更是可以製造光子晶體、半導體微腔、波導等微米甚至納米尺寸器件來任意剪裁真空和光子態，而且使之與半導體納米顆粒相互作用。腔量子電動力學也就因此對量子信息和量子計算意義非凡。羅志光、梁培燈、及劉仁保教授等研究組都會對上述題目深入研究。劉教授還計劃研究半導體中的電子自旋的單光子測量，並以此理解和控制其周圍的量子漲落。

糾纏態是一種奇妙的兩個或多個粒子的疊加態。其中兩個粒子哪怕毫無接觸相隔遙遠，對他們的測量卻永遠是相互關聯的。研究發現量子糾纏和一種基本的多體量子現象息息相關，即量子相變（絕對零度溫度下物質宏觀性質的劇變）。量子相變也和疊加態有深刻聯繫：因為零溫下驅動相變的只能是量子漲落（也就是多體系統可以處於疊加態）。林海青和顧世建教授是這個領域的先行者之一，也會繼續從事相關研究。

激光驅動的多原子系統是一種簡單又可控制的多體量子系統。激光對原子的冷卻使原子可以完全步調一致，這就是玻色—愛因斯坦凝聚。研究處於激光形成的光學格子中超冷原子的集體行為更有助於探索很多固體系統中深奧的難題，比如高溫超導和量子磁性。這也是林教授和顧教授關注的課題。梁教授和羅教授亦會探索光子和玻色—愛因斯坦凝聚體的相互作用，甚至進一步考慮其中腔量子電動力學。



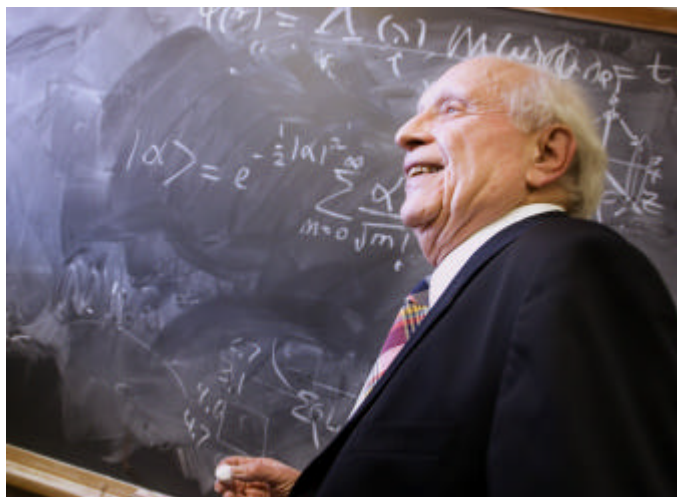
圖一：在環形微腔和先行波導中的光子波包



圖二：激光駐波形成的光學格子

兩種光照亮的諾貝爾獎章 ——漫談格勞伯與量子光學

2005年，被稱為量子光學之父的美國哈佛大學物理系教授格勞伯（Roy J. Glauber）與另外兩名從事精密光譜學的科學家約翰·霍爾和特奧多爾·亨施一起榮獲去年的諾貝爾物理學獎。這深刻反映了量子光學在現代科學技術的發展中發揮著相當重要的作用。



諾貝爾物理學獎得主格勞伯教授

一、波與粒子的較量

光是自然界中最普遍也是最神奇的物理現象之一。從小孔成像，楊氏雙縫實驗，到光電效應，人們對光的理解走過了一條彎曲而艱難的道路；從攝影技術，激光原理，到《星球大戰》中的「光劍」，人們對光的神奇也一直充滿期待。

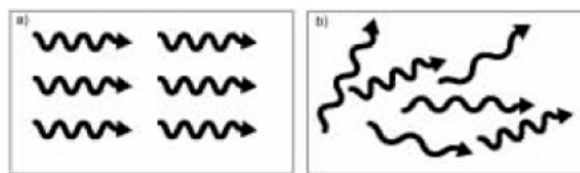
在20世紀以前，基於無可爭辯的楊氏干涉實驗以及幾近完美的麥克斯維電磁學理論，光被普遍認為是一種特定頻率下的電磁波。但在上個世紀初，受普朗克的黑體輻射能量量子化的啟發，愛因斯坦進一步提出了「光量子說」：光是由一個個能量單體量子組成，從而圓滿地解釋了光電效應，並因此榮獲1921年諾貝爾獎。在光學實驗，如密立根光電效應實驗，康普頓X射線實驗的進一步支持下，光的粒子特性已不容質疑。另一方面，量子理論的發展迫使人們不得不認可一種在宏觀世界看起來自相矛盾的事實：微觀世界中的波粒二象性。所以，從牛頓時代開始的光的粒子性與波動性之間長達三百年的較量似乎迎來的握手言和的時代。

然而，故事並沒有因此結局。在愛因斯坦提出「光量子說」近50年之後，他在一封信中說：「50年的深思熟慮並沒有使我接近“光量子是什麼”」。

二、燭光與激光一起照亮的諾貝爾獎章

不簡單的真理往往存在於簡單的生活之中。有一個傳奇故事，說地中海渡船上一位兒童好奇的疑問“海水為什麼是藍的”，把一位印度科學家拉曼最終因發現了一種普遍存在的光散射效應（拉曼效應）領上了諾貝爾物理獎的獎台。在上個世紀60年代初，一位哈佛大學的學者，在探討光的本質的時候，則問了這麼一個今天看起來很簡單的問題：「燭光與激光到底有什麼本質區別？」。他就是格勞伯。

格勞伯認為，在量子物理中觀察到的激光具有普通光，如蠟燭發射出來的漫散射光（如下圖右），所沒有的方向性，單色性，和相干性好及亮度強等特點（如下圖左）；並創造性的提出了相干性量子理論，成功描述了光粒子的運行原理。



由於格勞伯這些工作，科學家利用激光的優點把它廣泛地應用於自然科學的各個領域，如量子信息，玻色—愛因斯坦凝聚，量子光學控制等等。正在這個意義上，格勞伯的工作奠定了量子光學學科的理论基礎，其本人也被譽為量子光學之父。

所以說，如果一個蘋果從牛頓頭上砸出了萬有引力定律；那麼激光的出現，與燭光一起為格勞伯從睡夢中照亮了諾貝爾獎章（據說他是在睡夢中接到諾貝爾獎委員會的電話的）。

三、中大正在演繹的傳奇

近年來，量子信息技術得到了飛速的發展，這與格勞伯對量子光學的貢獻顯然是無法分開的。在此背景下，中大物理系正積極開展著一些相關的普及教學和學術研究，量子光學與量子信息也成了物理系近些年重點發展的一個方向。在教學方面，物理系新開了一些課程，如《量子計算與量子信息》；並舉辦各種各樣的講座，邀請國內外相關領域的知名學者前來主講。在學術上，物理系現有多名教授從事與量子光學和量子信息相關的研究，如劉仁保、廖國樑、羅志輝、羅志光及林海青等等。

四、結語

在我們讚嘆格勞伯獲獎是眾望所歸，終有收獲時；中大物理系則正在播下希望的種子。

最新動態

物理系將於6月23日舉辦物理公開講座，詳情如下。

講者：格勞伯教授 (Roy J. Glauber) (美國哈佛大學物理系教授及2005年諾貝爾物理學獎得主)

題目：光量子100年 (100 Years of Light Quanta)

時間：下午3時30分至4時30分

地點：沙田香港中文大學科學館L1講室

報名方法：電郵至 physics@phy.cuhk.edu.hk 留座

歡迎所有中學老師及同學參加。查詢電話：26096339。

活動回顧

香港物理學會第十一次年會

物理系剛於6月10日聯同各友系(香港大學, 香港理工大學, 香港科技大學, 香港浸會大學及香港城市大學)假中文大學科學館合辦香港物理學會年會。大會十分榮幸邀請到香港城市大學物理系系主任及講座教授 Prof. M. A. Van Hove 及中國科學院院士兼中國科學技術協會副主席趙忠賢教授出席及主持主題講座, 其演講題目分別是“Quasicrystals: from 6 dimensions to frying pans”及“Nanoscale size effects on superconductivity of Pb films”。除主題講座外, 大會亦安排邀請報告及常規報告讓物理科老師及同學們分享他們的研究成果及交流意見。

本科生海外交流計劃分享

李詠傑(物理三年級生)於2005年前往美國加州大學聖地牙哥分校 (University of California, San Diego) 完成了為期一年的交換生課程, 在此共大家分享他的心聲和感受。



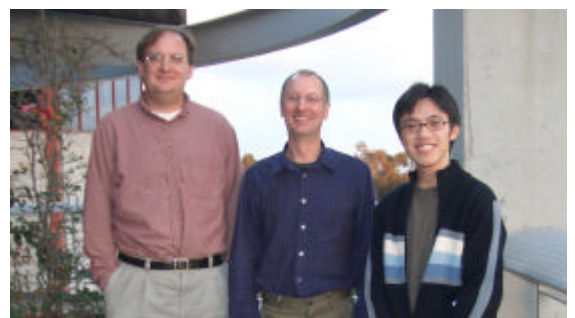
李詠傑(右二)與室友們合照

『參加往美國的交換生計劃可以說是大學生活中數一數二的大決定。那時我剛剛入大學不久, 聽過一場精彩的交換計劃介紹會。回歸的同學講述交換一年的點點滴滴, 滿是刺激吸引的經歷。由那時開始, 我就下定決心報名了。那時我心想, 物理系自己的暑期研究交流計劃, 本意也是讓同學在外見識一番, 而大學的交換計劃更是一年之久, 相信可以從中獲得更多。事實上, 這三百六十五日的美國生活的而且確是畢生難忘。

申請程序十分費時而且繁複, 雖然遠遠不及報讀研究院, 但也用了不少時間研究各間大學的課程及特色。最後在二年級的下學期出發到加州大學聖地牙哥分校。

加州實在是一個好地方, 就連校園也充滿陽光氣息, 到處都是碧綠的大草坪。怡人的天氣是初到步時唯一不用去適應的。基本上衣食住行每一方面都要一點時間去適應, 幸好我這些還沒有大問題。

其後我在學校讀了不少物理科目, 但大部份是中大物理系都沒有開辦的。那兒有關於黑洞、星系、宇宙論的科目。不說中大, 這些在香港也是十分難找的。後來我幸運地加入天體物理及太空科學中心 (Center for Astrophysics and Space Sciences) 的觀測宇宙學 (Observational Cosmology) 研究組, 是做類星體 (Quasar) 研究的。見識到真正天文學家的研究, 實在是在這次交換計劃中珍貴的經驗。對於我夢想將來遠負外國做研究, 這一年的美國生活絕對讓我有更大的決心。』



李詠傑和他的兩位專題研究導師