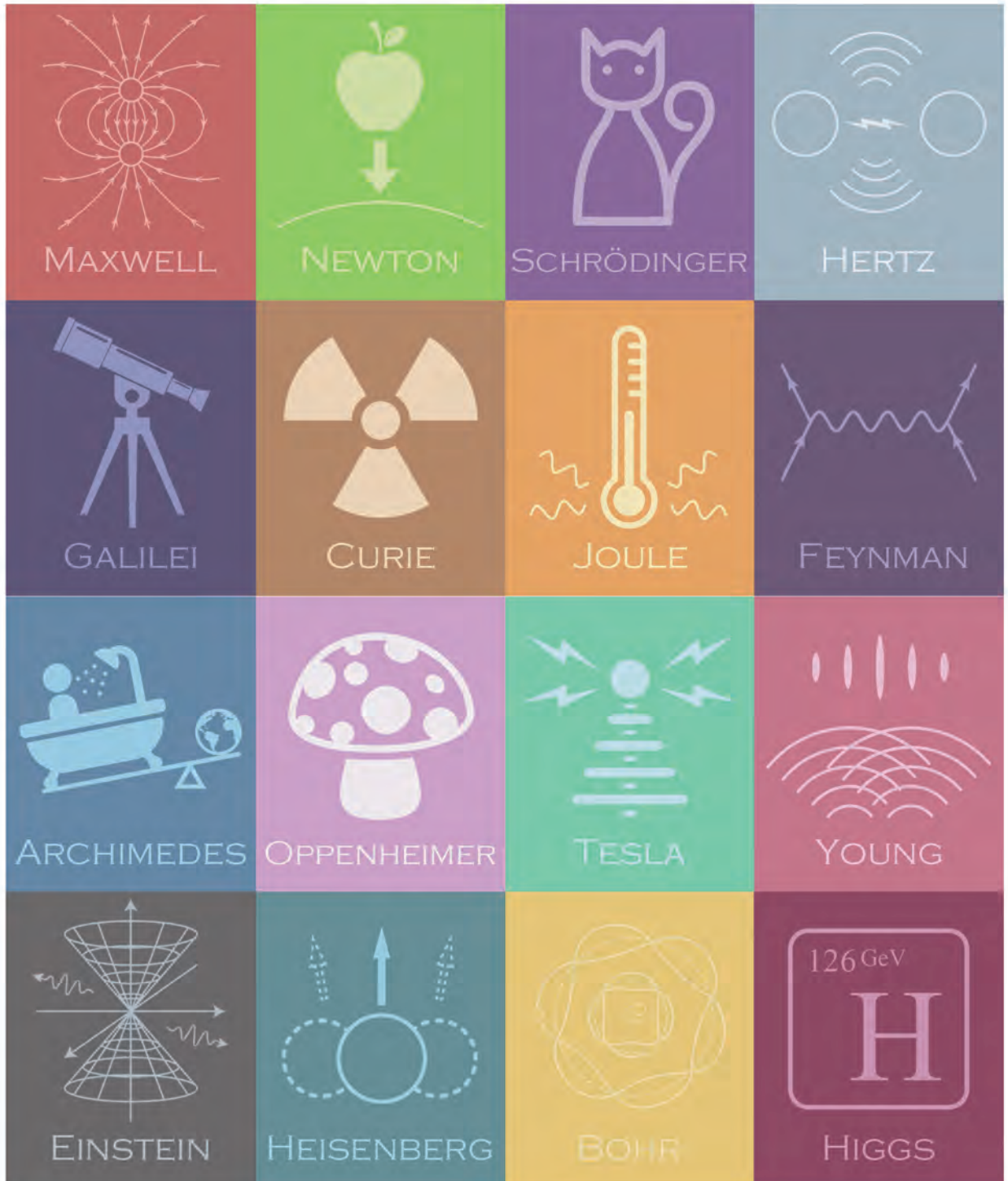


ProPHY

No. 01

NCU Physics Journal



ProPHY

NCU Physics Journal

國立中央大學物理系刊

日期 2016 年 5 月
創刊號數 第 1 號
刊名 ProPHY NCU Physics Journal
執行單位 物理系學會
發行單位 中央大學物理系辦
監督 翁佳寧、張昕
總編輯 張用威
副總編 顏君捷
攝影顧問 王俊棠、賴培築
美術構成 蕭力捷、余欣鴻
編輯人員 柯宜室、連士權、劉又齊、劉俊佑、廖致超、李明晏、謝宜廷、
劉書孝、蔡承諭、張祐禎、劉品緯、李易隣、張宇硯、王渝涵

出版 中央大學物理系辦
地址 320 桃園縣中壢市中央大學中大路 300 號科學四館
電子信箱 ncuphybook@gmail.com

贊助 中大物理 68 級系友「聚碩科技股份有限公司 吳祚綏 董事長」

中央大學物理系刊

NCU Physics Journal

■ 系主任的話 04

■ 系學會

■ 系學會介紹 05

■ 系學會本期活動回顧 16

■ 學制介紹

■ 學制介紹：甲制 22



■ 學制介紹：乙制 30



■ 研究領域

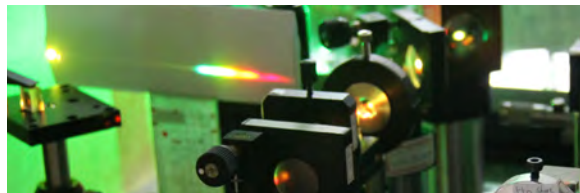
高能物理實驗室
High-energy physics laboratory

- 郭家銘 教授 35



光梳雷射光譜實驗室
Laboratory for comb laser based spectroscopy

- 鄭王曜 教授 48



強場雷射與超快技術實驗室
High-Field physics and ultrafast technology laboratory

- 朱旭新 教授 58



磁性超導奈米物質實驗室
Magnetic superconductor nano property laboratory

- 李文獻 教授 68



研究特輯

田榮根 教授 78

廖文德 教授 83

自由撰稿

NASA 之旅 86

傑出系友 & 系友專訪

張博增、林松福 92

系友專訪：林松福 94

系主任的話



一個因緣巧合得知多年的老友曾是個文青，在 1990 年的中央物理系系刊擔任總編，那時候的系刊是系學會通訊，刊名為“理念”，可惜這份通訊維持不久，一兩年後便停刊了。聽到這個讓人惋惜的故事後，我心中便盤算著讓這“理念”重新燃起。這個大復活有賴系學會的會長翁佳寧與系刊編輯張用威等多位同學近一年來的努力，感謝！不同的年代，有不同的時代氛圍，這個重起爐灶的系刊必然迥異於 26 年前的風貌，期望這份刊物能夠持續，期望它呈現當代的風華，並作為系內同學、老師、以及畢業校友分享與溝通的橋樑。數十年後回頭，希望它是大家共同的記憶。

羅夢凡 教授



$$F = m_1 g + 2T$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{da} \frac{da}{dt}$$

$$= \frac{(m_2 - m_1)g}{(m_1 + m_2)}$$

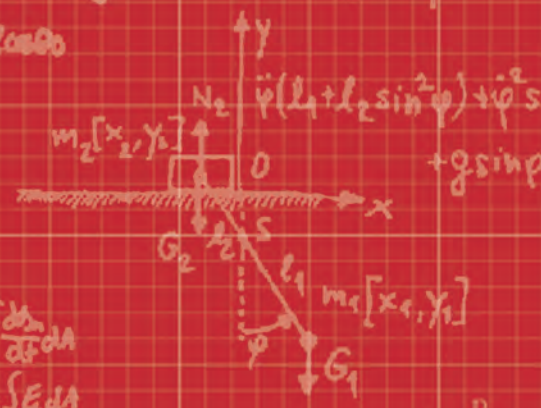
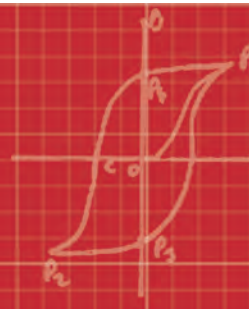
$$v = \sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gh}{(m_1 + m_2)}}$$



$$E_{\text{total}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2}mv^2 + mgy_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\theta)$$

$$\cos\theta_0 = 1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{gl}$$

$$h = l - l\cos\theta_0$$



$$\nabla B = 0 \quad \delta E_{\text{el}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\mathbf{r}')}{r^2} d\mathbf{r}' = -\int \frac{d\mathbf{m}}{dt} d\mathbf{A}$$

$$\delta G_{\text{el}} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \mathbf{F}_{\text{el}} d\mathbf{A}$$

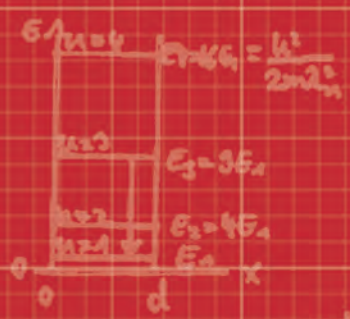
$$DQ = g \quad DRE = -\frac{d\mathbf{A}}{dt}$$

$$\delta E_{\text{el}} dt = \frac{1}{\epsilon_0} \mathbf{g}$$

$$\oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$E = c\mathbf{B}$$

x_{1L}	$\cos\varphi_2$	$-\sin\varphi_2$	0	0	x_{2L}
y_{1L}	$\sin\varphi_2$	$\cos\varphi_2$	0	0	y_{2L}
z_{1L}	0	0	1	0	z_{2L}
1	0	0	0	1	1

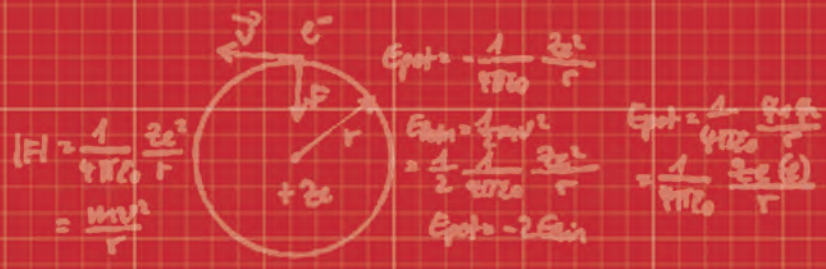


$$E = \frac{\sqrt{3}k^2}{2m}$$

$$E_{\text{net}} = \frac{k^2}{2md^2} = u^2 E_1$$



系學會



$$|E| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$E_{\text{pot}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{\text{pot}} = -2E_{\text{kin}}$$

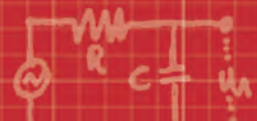
$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

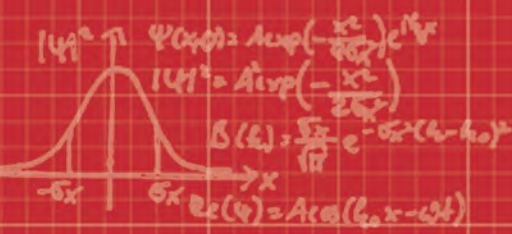
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2(\epsilon)}{r}$$

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin\delta = \omega g$$

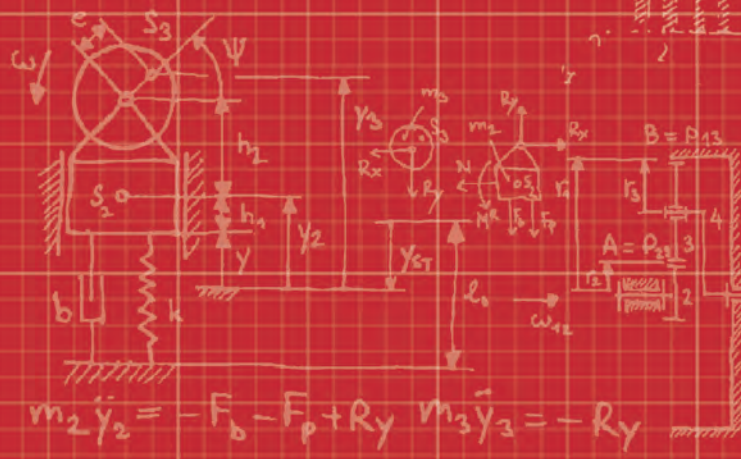
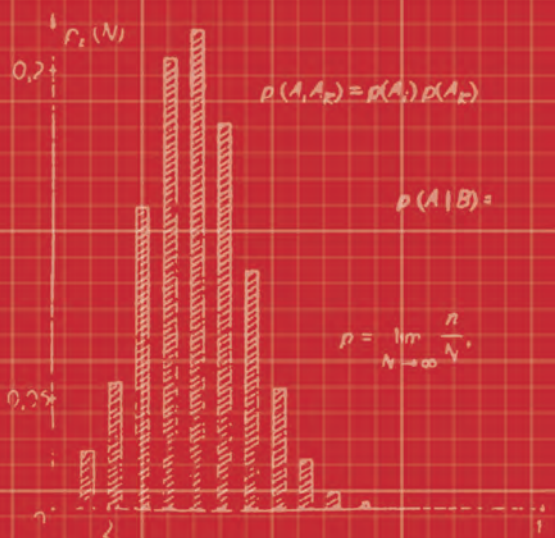
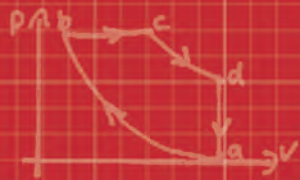
$$\vec{a} = \dot{\vec{v}} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$\omega = 2\pi f$$





$$Q = mc\Delta t$$

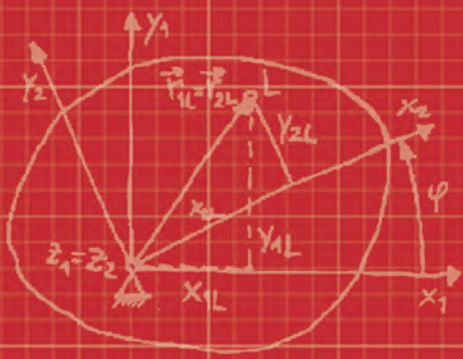
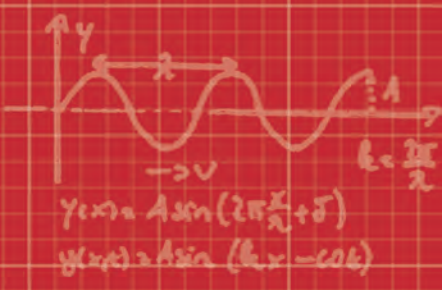
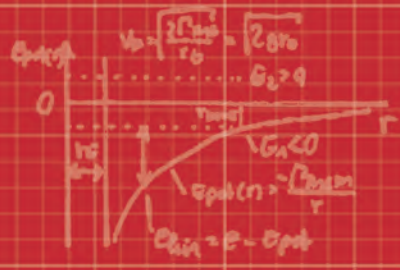


$$m_2 \ddot{y}_2 = -F_b - F_p + R_y \quad m_3 \ddot{y}_3 = -R_y$$

$$\omega_{14} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \omega_{12}$$

$$\omega_{43} = \frac{r_1 r_2}{r_3(r_1 + r_2)} \omega_{12}$$

$$p_{24} = \frac{\omega_{14}}{\omega_{12}} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$



$$U_{ind} = -\int \mathbf{J} \cdot (\frac{\mathbf{v}}{c}) d\tau$$

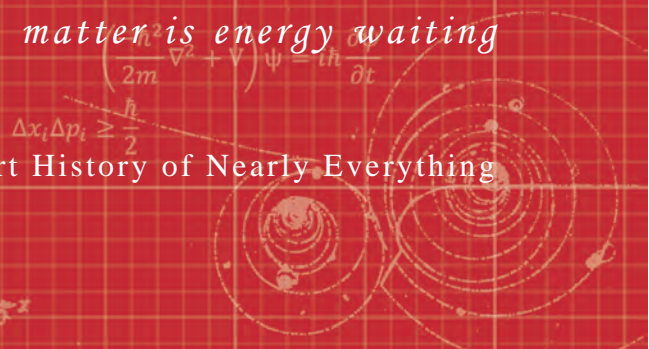
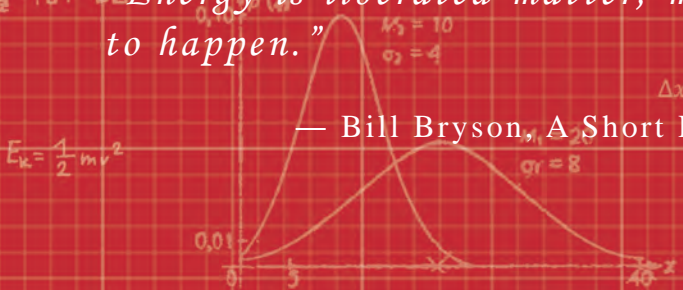
$$U_{ind} = \int \mathbf{v} \cdot \mathbf{v} d\tau$$

$$\mathbf{J} = \nabla \times \mathbf{A}$$

$$b \frac{u}{v} = \frac{1}{\lambda} \frac{1}{v} = \frac{1}{\lambda v} = \frac{1}{c} \frac{1}{\lambda} = -\mathbf{J} \cdot d\mathbf{e} d\mathbf{e}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{e} = \mu_0 \sum I_i$$

"Energy is liberated matter, matter is energy waiting to happen."



中央物理系系學會



中大物理系系學會，是屬於中央大學物理系的學生自治會，創建宗旨為凝聚系上同學的感情、籌辦系上的各類活動、擔任校方與學生之間的重要橋梁，除此之外，也負責物理系全體學生對外的一切事務，包含外校、外系的交流與溝通，是本系學生對外與對內最大的溝通平台。學期之中，系學會以辦理大大小小的活動強化本系同學之間的感情連結，同時推廣與補助系隊活動，有助物理系的成員們養成運動習慣以及尋找相同興趣的夥伴與球友，在本學年度更創建「中大物理系系刊」，期許能拓展學生活動的多元性，並且藉由本系刊，讓成員們了解系學會的運作狀況與熟悉中大物理之教授們的專業領域。

系學會，由一群熱心的學長姐們帶領新生們，共同為物理系奉獻己力，組織分為執行部、活動部、體器部、學術部、美宣部、公關部，以上除了執行部外，將由現任部長們為大家進行介紹，歡迎各位學弟妹共同加入「系學會」這個大家庭，而執行部是由大三系代及大二部分幹部共同組成，也期許學弟妹經歷一年的磨練後，能夠繼續接棒，傳承學長姐們的精神並為物理系繼續奉獻。

By 翁佳寧



系學會 一部門介紹

系學會

部門介紹



活動部



公關部



美宣部



學術部



體器部



活動部

撰文：陳懷恩 (Kobe)

活動部是個以演戲為主的部門，充斥著滿腔熱血的家人。物理之夜是個展現自己揮灑快樂氣氛的舞台，當地燈打在臉上的瞬間，那股澎湃的表現精神浮上心頭。演戲當下就是生活，最自然的自己，最誠摯的合作以及那最期待的觀眾，調和成一杯鑽石級咖啡，有如徜徉在沂風中。當幕拉下剎那，觀眾掌聲之中，留下的是滿滿的熱淚，日復一日的努力，成就在心中那份感動。除了演戲，螢光棍也是象徵性表演，部員們緊握著螢光棍，在空中歡舞出絕妙的螢光線，夾雜振奮的音樂，完成一幅暫歇性的畫，螢光的耀眼就是活動部炫麗的榮耀。物英聖誕趴讓部員接觸不同的氛圍，和文院共同演戲，同享樂趣。輕鬆愜意成了構築與英文系友誼的基石，一年一度的聖誕節，在與英文系的結合中，活動部成了感情最好的家庭。如果你敢嘗試，創意力無極限，肢體動作的展現，享受語言的魔力，活動部貢獻大學生活的美好，開創屬於未來的天空。總之，活動部很讚很棒超級霹靂無敵溫暖，哈!!

“I love acting. It is so much more real than life.”

— Oscar Wilde





公關部

撰文：翟予若 (蒟蒻)

公關部就是一個散播歡樂散播愛的地方～我們穿梭在大大小小的活動中，接待、引導、撐場，靠的就是我們招牌的笑容和活力。另外，為了宣傳物理系的活動，我們還準備了宣傳影片、傳情擺攤，在宵夜街口都可以看見我們賣力的身影。當然，我們也是能在舞台上發光發熱的，每年的物理之夜、聖誕趴我們都會準備精采的表演，不論是演戲或是舞蹈都難不倒我們。在跟外系合作的部份，我們每年都有跟財經系舉辦「理財逃走中」，把中大校園變成真人版的追捕遊戲。

公關部一直都扮演橋樑的角色，不管是物理系和外系之間，或是物理系內部，我們都希望大家的感情能夠更緊密，這就是我們舉辦這麼多活動的初衷。





美宣部

撰文：林孟芃 (夢夢)

傳統上，物理系學會的美宣部屬於默默付出型的部門，由於工作內容的需求，工作時間通常都是活動前的某個假日，活動期間經常只需觀賞其他部門的表演。今年因為人手不足，美宣部多了為場地布置的新的體驗機會。

美宣部的主要工作顧名思義就是負責活動前的宣傳以及美術美勞方面的工作：

為了讓系學會以外的人得到活動的資訊，我們會設計放在網路上的宣傳圖片，一般會使用 Photoshop 製作。不過不曾接觸過或者對繪圖軟體不熟悉並不會成為加入美宣部的阻礙，加入部門之後會有機會學習熟悉的（內有親切的學長學姊會親自指導傳授～）。另外，下學期的小年會宣傳部分也是美宣部負責，包括設計小年會 logo、邀請卡、工人證、海報等。



為了點綴其他部門盡情揮灑的舞台，美宣部負責設計與活動主題相關的背景（也就是主幕），由於尺寸相當大，製作時間長（通常是二至三天），一般偏向利用整個周末的時間完成。畫主幕與使用小張畫紙或者電腦繪圖的感受相差很多，運用的工具不僅止於畫筆，海綿、刷子或者雙手都是很新鮮的方式！當它矗立在眼前，總是能夠感受到相當大的震撼與成就感！



美宣部

若有部門需要道具完美詮釋他們的戲劇或表演，美宣部也會視情況幫忙，而這時候也是兩個部門能共互相交流熟悉的好時機！

運動會所需代表物理系的吉祥物，每年都是由美宣部設計製作，包括前兩年順應風潮頗具氣勢的進擊的巨人的頭部、手部、與其擊破的城牆和今年可愛無厘頭香蕉玩偶和猥瑣臉盾牌。吉祥物可大可小，製作類型與方式每年都可以有所變化，以往經驗都是由部員開會決定，往後系學會若期望各部之間能有更多交流，題材能夠由系學會全體一同參與討論之後再決定，相信會有更精采的成果！



系學會的每一項活動都會有美宣部的成品，記錄身為美宣部員時的點點滴滴，每一項成品都是由部門內所有人同心協力一起完成的，即使不站在舞台上，我們也能透過一樣樣親手製作的成品展現自己。只要對親手製作東西有興趣、有熱忱，歡迎加入美宣部！如果願意，你也可以打破傳統，用不同方式展現自己！



學術部

撰文：顏君健 (岩漿)

學術部的宗旨是帶動系上的學術討論風氣，聽起來像是沉重的工作，但我們卻樂在其中。能讓物理從課本跳脫，將物理展現在舞台上，讓物理不再只是繁重的學科，讓物理與人更親近，「物理之夜學術劇」多年來已成為學術部的招牌，展現出學術部獨樹一格的戲劇風格。



另外，系刊製作也是學術部的一大職責，「活動回顧」活動，作為紀念回憶；「教授專訪」藉由採訪系上教授，活絡物理系師生間的交流；「自由投稿」更帶給系上師生暢談自身經驗、想法的機會，系刊的宗旨即是提供一個物理系師生間資訊交流的平台，這條新開闢的道路，過程或許艱辛，成效卻令人感到十分值得！便是當初那份熱忱支持著我們，才有今日的成果！大熊、慎、四拳、章魚、十趴、大聲大家都辛苦了！長江後浪推前浪，明年就輪到你們了，我和小威都會是你們永遠的部長，在你們背後繼續支持著你們，加油！





體器部

撰文：謝宜廷（吃屎）

全名「國立中央大學物理系系學會體育器材部」，顧名思義，是負責管理物理系上的體育和器材項目。體器部員負責的體育項目有主要有小物盃之舉辦：為促進系上同學的感情聯繫與友誼交流，以及讓系上同學有一個抒發壓力之管道，於是乎，就有了小物盃！小物盃之內容有各項精采之體育賽事及電競比賽，以及與系決合作的遊戲王大賽！




在器材部分，體器部員主要負責的是系學會大型活動（如物理之夜、物英聖誕趴等）之場地佈置，如架設隧道、舞台燈具、舞台音響設備及地幕。為了使場地佈置更有效率，體器部員必須熟悉系窩內設備的架設及使用方法，在佈置場地時才能事半功倍。

另外，體器部長還身兼更重大的責任。首先，體器部長帶領著部員進行各項工作。其次，部長必須管理系窩內的各項器材，並定期保養；如有外系欲向物理系系學會借用器材，須經由體器部長之同意。另外，體器部長負責大物盃之統一報名，並提醒各系隊隊長系際盃及新生盃之相關事項。



科研



國立中央大學 2016全國高中生物理科學研習營

活動時間:2016/07/01~2016/07/05

招生對象:全國高中職及應屆畢業生,共72人

報名時間:即日起~2016/05/25(第一階段報名截止)

報名費用:4800/人,三人團報優惠 4500/人

報名方式:至官網填寫報名表

網站: <https://ncuphycamp2016.weebly.com>



聯絡人 執行長:吳冠儒 0910496835

副執行長:胡翔 0952150128



2016中央科研



主辦單位:國立中央大學物理系系學會, 國立中央大學課外活動組

系學會

活動回顧

上學期

撰文：張昕（鋼筋）

院系時間

記得當初剛進入中央物理系時，是否對大學的一切充滿著期望與憧憬，但同時也對新的環境、新的同學感到陌生？中央物理系學會在院系時間中，特別準備一連串的活動，除了邀請系上教授、小大一們未來的實驗班導師講解課程外，也包含了系隊、系上活動介紹等，並由學術部長準備選課教學。讓新生能更快認識中央物理系這個大家庭。



期初系大一「食」字路口

來到中壢，到底有什麼好吃好玩的呢？為了凝聚新生們的感情，大二的學長姐帶著小大一組隊出發！前往到中壢夜市，以「食」字路口美食「街」龍的模式，踏上美食探索之旅。



物理之夜

平時忙於繁重的課業，是否想進入不同的世界，盡情的開懷大笑呢？又或是想看看物理能在舞台上變出什麼引人注目的魔法？在這特別的一晚，物理系的大家和外系的好朋友們齊聚一堂，一同欣賞一場戲劇晚會，主要以戲劇與表演的方式呈現，包含搞笑劇、驚悚劇，與一齣具物理特色的物理劇，由大二的部長帶著大一的部員籌備，帶給大家一個不一樣的夜晚。



物英聖誕趴

在充滿聖誕氣息的十二月裡，你會怎麼度過？如果沒有什麼打算，那就來參加一年一度的物英聖誕趴吧！物理系與英文系一同籌備，為了聯繫兩系之間的交流與情感，在接近聖誕節的晚上，一起狂歡一整夜。若你想認識外系，那絕不要錯過物英聖誕趴！



理財密告逃走中

在中央的夜裡，一群人受到了外星生物的追殺.....

為了解救地球於滅亡的危機，地球上精通物理與財金的高智商生物（簡稱人類），必須鋌而走險，去追尋妖精、亡靈、半獸人.....那些傳說中的遠古生物，試著找出解救一切的答案。途中可能會受到外星生物的襲擊，或是同類之間的自相殘殺，究竟地球還剩多少希望？當世界面臨空前的危機，而解答就隱藏在中央時，你對中央又有多熟悉？



期末系大一呷湯圓

冬至，一個學期的尾聲裡，剛走進熟悉的科學四館，便是一碗熱熱的湯圓。



陳永富 教授



下學期

期初系大一服裝秀

站上伸展台，展現自己的服裝設計，或在台下吃吃喝喝，只要大家玩得開心，都好～



物理小年會

物理系最具特色的活動！！當你在中央物理上了兩年的實驗物理課後，必須在二下自選一個實驗題目，在小年會上進行實驗發表，活動中也會有實驗室的專題生發表物理專題，並且邀請全系的教授、畢業的校友來參與活動。



送舊

即將畢業的學長姐們，幾年的時光匆匆過去，即將與中央大學離別，是否對這裡充滿回憶？在離開前夕，讓我們最後一次相聚，歡笑、記憶與最後的話，在夜晚的空間中打轉，最後收拾成包裹，靜靜地躺在角落，等待明天，離去的人一肩扛在肩上。

送——在校的學弟妹
舊——即將畢業的學長姐
這兩個元素組成了送舊，且缺一不可

By 雜偉

撥穗

「撥穗」，象徵著稻穗成熟，代表畢業生以學有所成，可以展翅高飛。典禮中，由教授將畢業生學士帽上的帽穗從右撥至左，也表示教授給畢業生離開學校前最後的祝福，而畢業生也在典禮上為教授幾年來的教導表達感謝之意。





$$F = m_1 g + 2Fs$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{du} \frac{du}{dt} = \frac{dv}{du} \frac{du}{dt}$$

$$= \frac{(m_2 - m_1)g}{(m_1 + m_2)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gh}{(m_1 + m_2)}}$$



$$E_{total} = E_{kinetic} + E_{potential}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgy_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy_1$$

$$\cos\theta_0 = 1 - \mu$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$$

$$h_2 l = \cos\theta_0$$



$$\nabla B = 0 \quad \oint E dl = -\frac{d}{dt} \int B_{ind} dA = -\frac{d\Phi_m}{dt} dA$$

$$\oint B dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E_{ind} dA$$

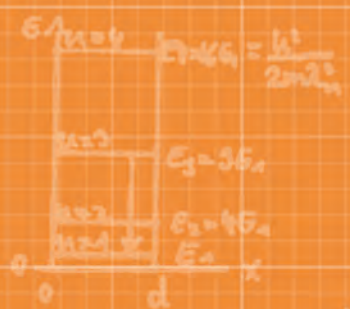
$$DD = g \quad DDE = -\frac{dE}{dt}$$

$$\oint E_{ind} dA = \frac{1}{\epsilon_0} Q$$

$$\oint A_{ind} dA = 0$$

$$E = cB$$

x_{1L}	$\cos \varphi_2$	$-\sin \varphi_2$	0	0	x_{2L}
y_{1L}	$\sin \varphi_2$	$\cos \varphi_2$	0	0	y_{2L}
z_{1L}	0	0	1	0	z_{2L}
1	0	0	0	1	1



$$E = \frac{h k^2}{2m}$$



$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 r^2$$

學制介紹



$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin \theta = \omega r$$

$$\vec{a} = \dot{\vec{v}} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$\omega = 2\pi f$$



學制介紹 - 甲制

學術武林，穩扎精煉

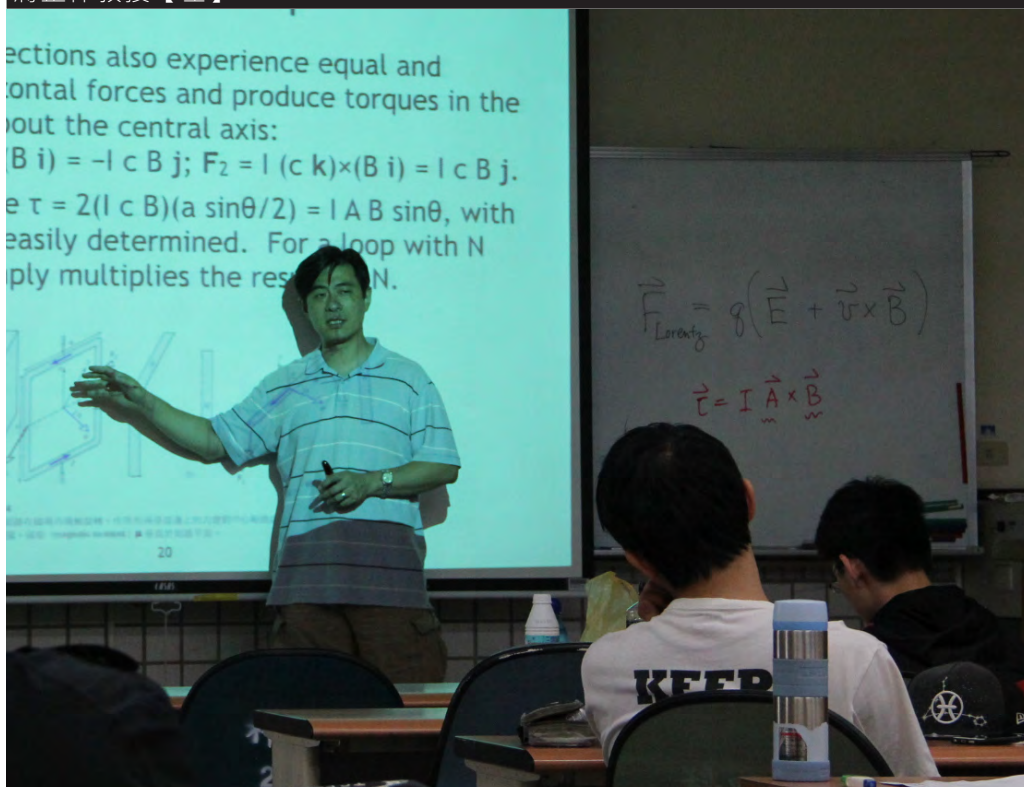
撰文：柯宜室、連士權、劉又齊

實驗與理論相輔相成，並不是選擇了理論就無法參與實驗

也不該進行實驗就忘了理論基礎，最厲害的科學家是最兩者兼顧的

蔣正偉教授自民國 93 年歸國，來到中央物理系從事研究後，至今已經有 12 年了。專精於基本粒子現象學（重夸克物理，電荷宇稱破壞，希格斯粒子，電弱理論等）的理論物理領域。

蔣正偉教授【左】





上課情況

會踏上物理這條路，就是對於世界運行的道理感到著迷。究竟人類能不能回到過去？有沒有物質能比光速快？組成世界的最小單位為何？諸如此類的問題縈繞心頭。人們便建構出各式理論來解釋實驗的所見所聞。而物理系，就是將儲存發酵的場所。

關於甲制

中央物理系大學部自民國 101 學年起，實施甲乙雙軌制課程。其中甲制延續了以往物理系的教學傳統，以老師於台上講解為主要教學方式。修習甲制的學生必須於大學前三年中學完修完普通物理、力學、電磁學、波動物理學、近代物理學

導論、量子物理、熱物理以及量子與統計物理。第四年則沒有必修課程，讓學生自由選課。實驗方面則有為期兩年共四學期的實驗物理課程。

物理教科書內總是充滿著數學公式，但寫出一行等式不代表學會了物理。數學公式是描述一個物理現象最簡潔有力的方法，每個符號、每個運算都有其代表的物理意義。以普物課而言，老師會於課堂中利用不同的物理法則對同一事件推導出不同的結果，到底哪個答案才是正確的呢？學生們在思索這些問題的過程中會對公式有更深一層的認識，了解每個計算步驟背後的涵義。而這些問題的答案，有時只有其中一項正確；有時是兩個都正確，或者其實正確，只是表達方式不同；有時甚至兩者都是錯誤的，因為問

題本身的假設就存在根本性的錯誤。學生就在一次次的提問與解答中學會了面對問題的思考方法與策略，擁有運用物理知識的能力。

每年甲制各科目的負責教授都會有所更動。我們訪問到了今年首次負責物理系大一普通物理課程講師的蔣正偉教授。不同於實驗課的目標就是訓練實驗的計算與分析能力，教授希望學生在普通物理的課程中除了能學到基本的計算，更能從中建構理論以解決問題，培養對理論有興趣的學生。

課程現況

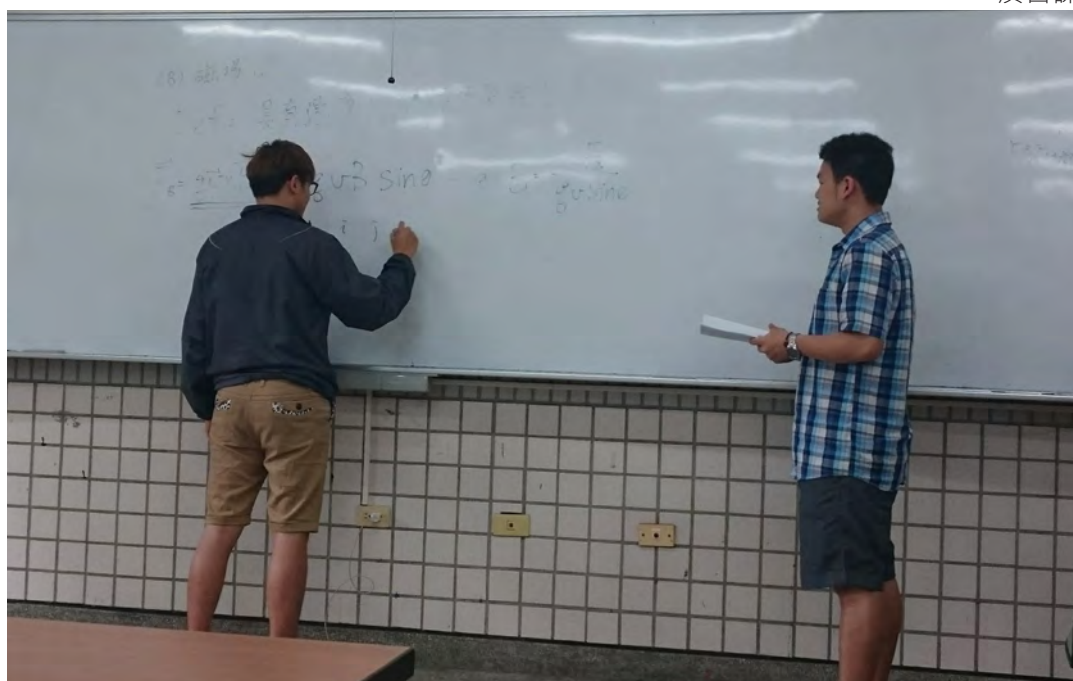
目前普通物理上課人數大約有四十人，其中不只有物理系本系的學生，還有對物理特別感興趣的外系學生，以及幾位高中生。每週有四堂普物課，分別在週一跟週三各兩堂。而週三的第一節為演習課，

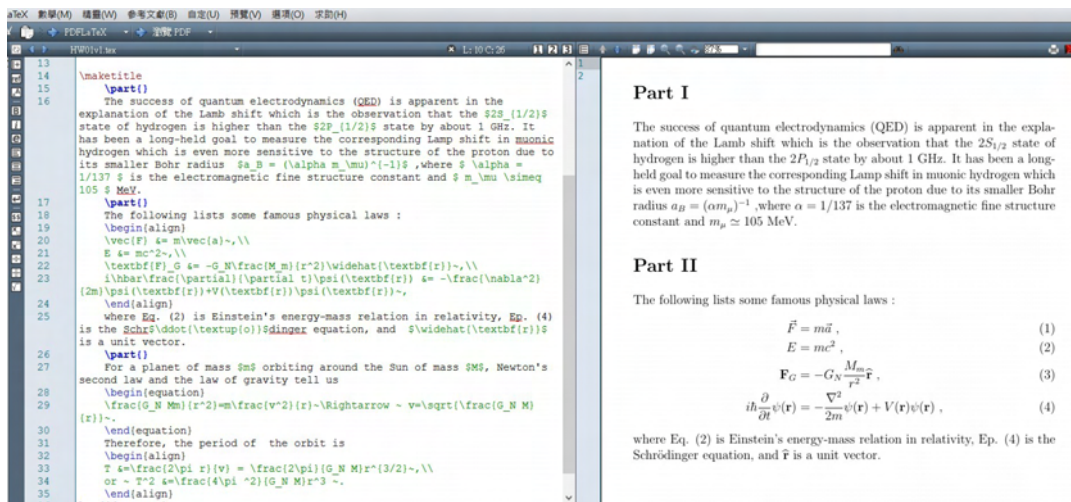
這堂課是助教上課，主要是複習教授上課內容。教授上課的主要方式是投影片，並以板書輔助。教授會在課後出作業，而作業大多是課本習題，學生必須以 LaTeX 完成作業。LaTeX 是個功能強大的排版系統，能夠使成品有書籍的品質，常用於論文發表。

教授對課程的期許

教授曾經有教過外系學生的普物課，今年是教授第一次教物理系的普物課，對物理系的學生期望稍許高一點。經過一學期以後，對於物理系的學生感到相當滿意，特別是學生能夠使用 LaTeX 完成作業印象深刻。雖然上學期的課程內容較具挑戰性，還是有許多學生能夠學好它。課程內容是比較理論的，而實驗物理較注重實作方面的訓練，

演習課





LaTeX 程式碼及成品

培養學生動手做的能力，因此，普物課在這方面較注重理論的計算及思考的層面、模型建構等，我們必須學會如何面對一個問題並想辦法解決他。更直白的說，教授希望從這門課中，讓對理論有興趣的人，學習到未來在理論物理中所需的基本能力。但這並不表示教授在課程設計上會偏頗於理論。除了課本中所提的各大章節之外，還會補充不論理論或是實驗都會使用到的分析方式，像是誤差傳遞或是量綱分析，而不是單純教會學生如何計算。因為實驗物理是耗費心力的，如果這門課不這樣做，如果我們將所有的精力都拿去培養做實驗，沒有時間在理論的研究上面，是一件非常可惜的事情。物理系的學生在大學待了四年，是要對物理的理論有足夠的認識，而不是到時候畢了業，人家問你物理你到底學到了什麼，而你只能講一大堆名詞。再深入地問你，這些名詞背後的意思是什麼，你可能就答不出來了，或者你甚至根本就不曉得其中的物理意義，那是很可惜的一件事情。教授以電磁

學為例，人家問你說，為什麼電磁學中電學跟磁學是混在一起的，這兩個看起來這麼不同的現象融合為同個理論。可能大部分的人都能夠回答得出來電磁學有四條方程式，這是最基本的。進階一點的人會說這四條方程式中，電場跟磁場都混在一起，那還是不夠，因為任何可以寫下方程式的人都可以這樣講。身為一位經過訓練的物理系學生，應該要能夠回答出理論背後的核心觀念，這告訴我們每條被寫下的公式都深具意義。這就是教授希望學生能做到事情。

時間管理的重要

除了有關普物課的上課情形，我們也請教教授對學生學習狀況的看法。大學的課程除了主科物理以外，還有許多其他課必須修習，像是一國文課、通識課等等。教授認為這些課可以增進自己本科以外的能力，一個人若是只會物理未免也太無趣了。至於這些課會不會成為累贅，這就取決於上課的老師。

有些老師對學生的要求比較高，課業壓力也會相對較重。大學生活中除了課業，活動也是一大重點。教授並不反對參加活動，但是應該要做好時間分配。教授曾有在諮商中心服務的經驗，看到許多人的時間管理不好。在上大學以前，時間幾乎都被嚴密的管理著，每天都過著相同的上課下課時間。但是到了大學之後，課與課之間有許多空堂，上課時間也沒那麼多，時間變得比較自由，但也該把握那些空堂時間，做好時間管理。

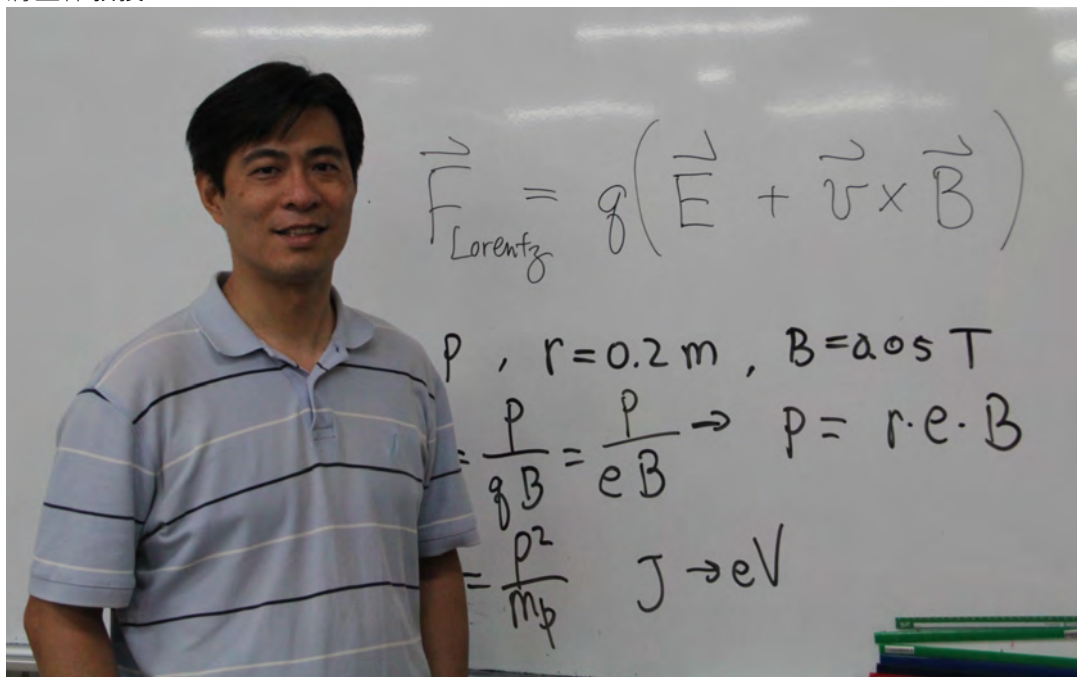
旅外求學的經歷

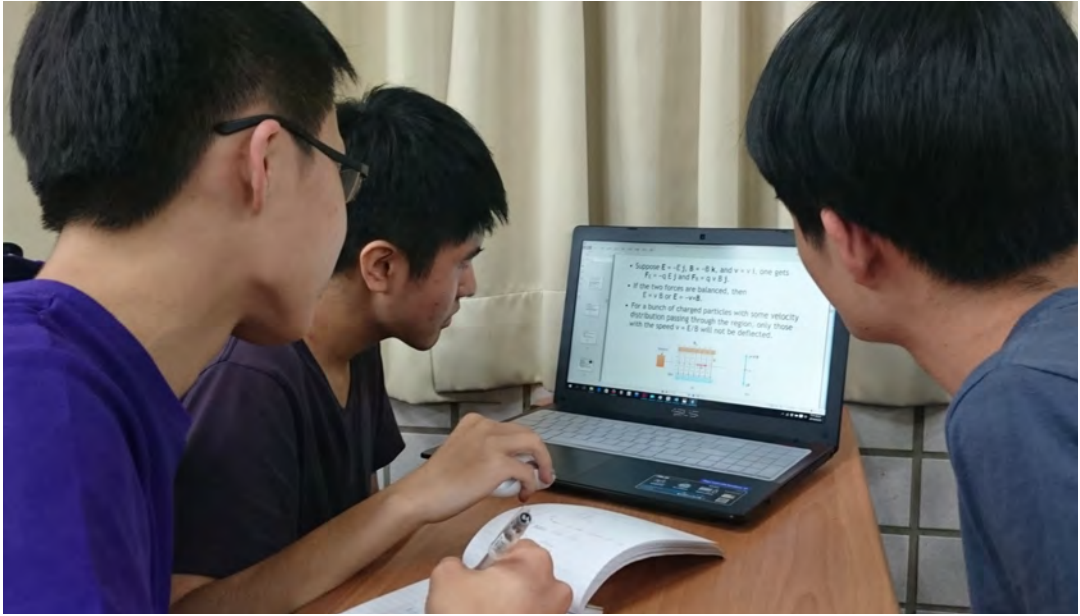
教授過去曾到美國求學，並且對那裡學生的學習印象深刻。美國大學生學習態度和台灣差很多，他們大多都比較認真。寫作業也講求合作，會許多人約一個時間一起討

論，甚至是寫作業寫到半夜。美國和台灣大學教育也不相同，和台灣比起來，美國老師和學生之間的隔閡比較小，他們可以像朋友一樣講話，相對的台灣教授和學生之間隔閡較深。

而討論是進步的捷徑之一，關於要如何在物理系中帶起討論的風氣，教授認為必須在大學教育前就先培養。因為有很多這種勇於問問題的態度，不是一天兩天就能夠培養起來的。系上也有些課是這樣做的，主要的目的是鼓勵學生討論、發問。但上課時間有限，如果如此，會沒時間培養實力。教授也認為討論不一定要跟老師討論，寫作業、看講義如果有問題，同學之間可以彼此討論。因為自己思考時容易落入原本的框架裡，互相討論，別人的想法可能會讓你有靈感。在美國大學的教育花費比台灣多很多，這

蔣正偉教授





學生課後討論

也可能是他們學習態度佳的原因，而認為自己不適合繼續讀書的人也會放棄讀大學出去找工作。而台灣高等教育的價值相對較低，使得許多人不珍惜。有許多人會認為美國中小學教育教得比較簡單。他們在高中之前的確是教得比較少，可能是老師對他們的要求較低，抑或是教育重點放在其他地方而不單單是課業方面，但是到了大學之後，他們承受的課業壓力會突然變大，用功的學生進步幅度也會很大。

投入物理的初衷

教授至今仍沒有忘記他加入物理的初衷 - 探索世界運行的最基本原理，這也是教授如此投入學術界的原因。他認為在學術圈做研究和在外面工作的一項差別是，外面別人是老闆，會限制你要做甚麼，也會有時間期限。而在學術界做研究，

自己就是老闆，相對地比較自由，可以研究自己有興趣的東西，壓力也來自於自己。

總結

甲制的課程相當多元，普通物理只是其中的一小部分，相信每個老師在教學的過程中都會有不同的堅持和想法。普物的課程可說是將未來兩年學生所學的東西快速的瀏覽一遍，讓學生對物理各領域有基本的認知和培養思考物理的基礎能力。蔣正偉教授希望學生在他的課堂中，能學到除實驗之外的物理能力。當一個公式出現在學生面前時，能看懂每個步驟背後的物理意義。另一方面，討論是學習物理重要的一環，我們應該要珍惜大學的教育資源，多與同學和老師交流自己的想法，提升自己的能力並避免閉門造車的窘境。

學制介紹 - 乙制

理論制霸，創新典範



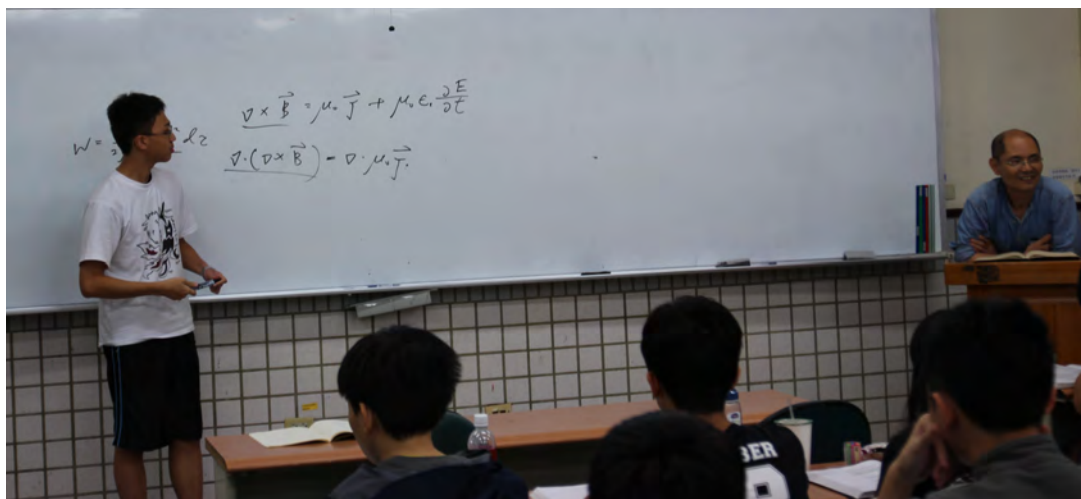
撰文：張祐禎、劉品緯、李易璘、張宇硯

學制簡介

我們從國中、高中開始學習物理，從課本中學習到物理的道理，但是做物理研究的能力是在課本上學不到的。

「乙制」是中央大學物理系近年來創立的新型制度，著重於讓學生提早進入研究。「乙制」的特色在於將一般物理系學生六個學期的理論必修課濃縮成四個學期的「基礎物理」。規定學生必須要在大三、大四的時候進入實驗室並且修習專題，畢業的時候發表小論文。

「乙制」這個新制度的出現可以讓學生選擇自己喜歡的受教方式，因為有些人喜歡自己讀書、自己鑽研，再透過與同學、老師討論獲取知識。但是台灣的教育普遍都是老師在台上傳授知識，而學生坐在台下聽講，而這套「乙制」的課程是跳脫傳統學習方法的。



乙制學生上台論述

論述 & 上台

在「乙制」的「基礎物理」課程中，有一個很特別的上課模式——每一個同學必須要上台發表自己的意見與看法，必須要上台論述，那你一定會想說如果我是害羞或不擅長言語表達的人是不是不適合修這門課？其實這種類型的人才真正需要練習上台講話的人，因為你必須去訓練這個勇氣，在你未來做研究的時候，你時常也須要上台去發表、去論述，而且論述是一切事物的總結，當你論述給別人聽的時候，你才會真正地知道自己是否了解這個道理。在每一堂課的開始，

老師通常都會花一些時間讓同學上台論述，說明我們上一堂課學習到了什麼，並且在有限的時間內精簡摘要；在課堂中，老師會讓學生上台論述這一堂課的授課內容，老師再進行教學並且做全盤性的整合，另外再針對大家都不懂的問題進行深度討論，讓學生在討論、思考中學習物理，而不是一味地聽老師授課；同學討論完之後上台發表自己的看法，與意見不同的同學進行辯論，讓學生們在理論物理課堂中，漸漸活絡起來。

學習方法

「乙制」的核心理念就是「丟掉老師，自我學習。」我們從小的學習方式幾乎都是經由老師教導，老師告訴我們該讀什麼，我們就讀什麼，可是當我們未來站在第一線進行研究的時候你是沒有老師的，不會有人站在我們面前告訴我們該怎麼做，必須要靠自己學習。從「乙制」一開始的基礎物理課程，讓學生建構好物理的基本框架，掌握了最基礎的知識、數學工具，之後必須要從實戰中學習，所以系上就給了我們一個機會去銜接，讓我們大三、大四的時候去做專題，當我們做專題研究的時候需要用到什麼更高級的理論、實驗技術，我們就會自己去學習，自己

去找資料，然後把它學會，那麼畢業之後就算我們是要繼續做物理研究，或者是從事各行各業，我們已經有能力自我學習，不再需要一直有個人我們在身旁教導。

乙制學習的精髓，在於一連貫的課程中循序漸進的深入討論，避免傳統教學方式所造成疊床架屋，學習不夠扎實的問題。因此在安排好的教程裡，學生除了可以學習到物理的知識以外，更重要的是學習「學習方法」，透過這個程序，把大學當作是一個實戰的平台，在這之後，就可以去學習什麼樣叫做自我或團隊學習，如何去做思考、驗證、論述，做議題的設定與執行，這樣的成果是我們在經過深度學習以後所希望達到的，然而最終目的依然是在往後的專題，所以在這前面的階段尤為重要。配合實驗物理，讓學生能在最短的時間內，進入到狀況內，以成為第一線的研究人員。



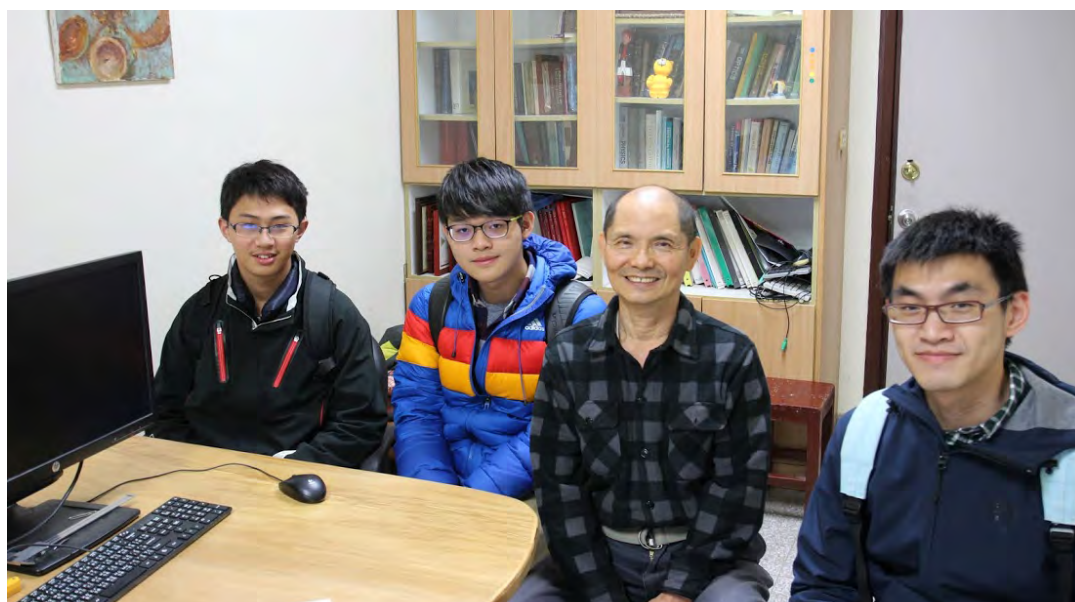
伊林教授【圖中站立者】上課情形

專題研究

「乙制」學生在大三、大四的重點課程就是專題研究。在經過兩年的基礎物理、實驗物理的鍛鍊後，已成為半專業的物理人，可以開始進行一些研究，從實戰中學習了。所有「乙制」的學生必須需在大二下結束之前找到自己理想的研究團隊，基本上系上所有的教授都會收人。在這段時期，學生每一個

學期需要修習物理專題、論文寫作各三學分(但事實上一天可能會花很多時間在研究工作)，且畢業時必須撰寫一篇畢業論文。研究工作主要分成理論、實驗及程式模擬三種，理論研究室主要的工作是物理、數學的邏輯推演、建立物理模型；實驗研究室則是設計實驗、進行實驗、分析實驗結果的物理意義；

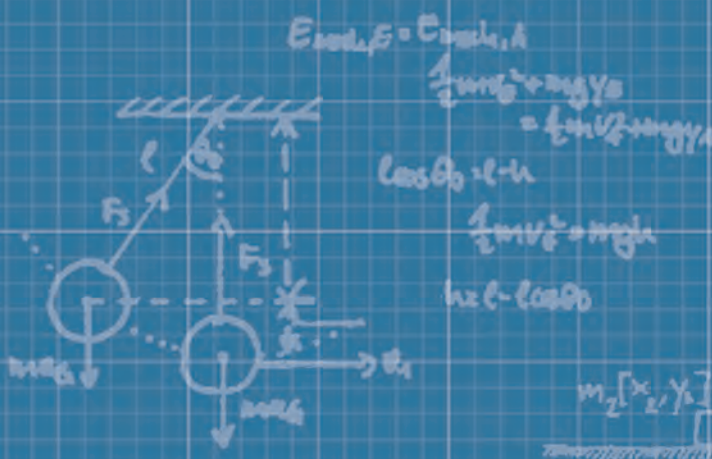
程式模擬則是使用電腦來進行理論模擬或數值運算。進了研究團隊就表示前兩年所學的知識都有可能派上用場，事實上，若說要對物理有很深刻的理解，就必須做研究。因為做了研究，我們才會回頭去檢視過去自己對物理的認知，然後再去鞏固框架、增加或修剪一些細節。由於大三就開始在第一線工作，「乙制」學生將會比未修專題的大學畢業生多了兩年的研究經驗及訓練，這對未來無論是就業或者是持續鑽研學問都是很有幫助的。在物理研究上，考試得高分再也不是重點，自身持有多少本事（包含科學倫理）才是衡量一個研究者優劣的標尺。要注意的是，進了實驗室後並不代表不用修課了，學生仍舊要依研究所需、興趣而去修習相對應的課程，比如說做固態物理的會去修固態物理導論、做光學實驗的可能跑去修光學……總而言之，專題課程就是讓學生們提早過著研究生的生活，每天充實自己，並踩著前人的肩膀，親身體會我們所認知的「物理學」是如何被發展出來及物理學發展的原動力——終究是來自人類的好奇心。



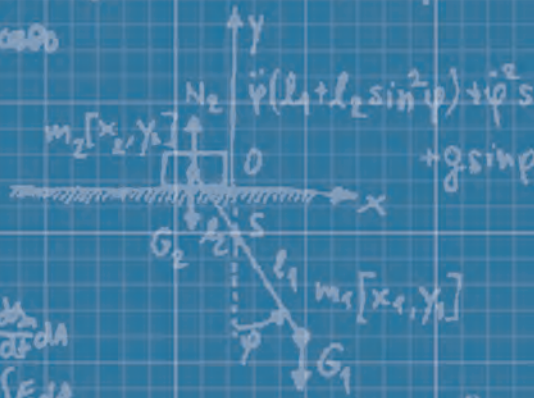
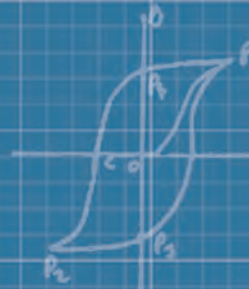
系刊「乙制」訪問團隊與伊林教授【右二】合影



$F = m_0 g + 2T_1$
 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} \frac{dt}{db}$
 $= \frac{(m_1 - m_2)g}{(m_1 + m_2)}$
 $v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{(m_1 + m_2)}}$



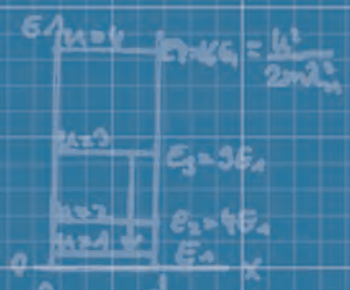
$E_{total} = E_{kinetic} + E_{potential}$
 $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgy_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy$
 $\cos\theta = 1 - \mu$
 $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh$
 $h = l - l\cos\theta$



$\nabla B = 0 \Rightarrow \oint E dl = -\frac{d}{dt} \int \epsilon_0 n dA = -\frac{dQ}{dt}$
 $\oint B dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E dA$

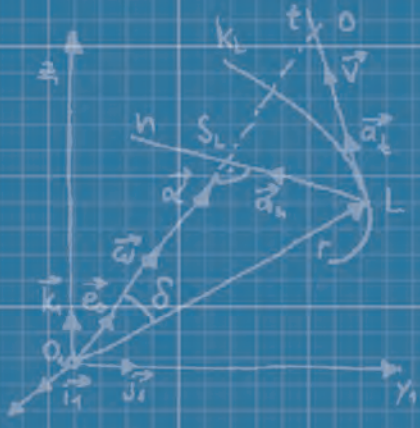
$DD = g \quad Drc = -\frac{dA}{dt}$
 $\oint E_n dA = \frac{1}{\epsilon_0} Q$
 $\oint A_n dA = 0$
 $E = cB$

x_{1L}	$\cos \varphi_2$	$-\sin \varphi_2$	0	0	x_{2L}
y_{1L}	$\sin \varphi_2$	$\cos \varphi_2$	0	0	y_{2L}
z_{1L}	0	0	1	0	z_{2L}
1	0	0	0	1	1

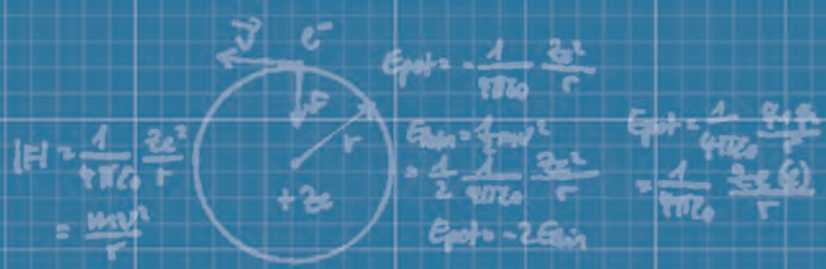


$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$

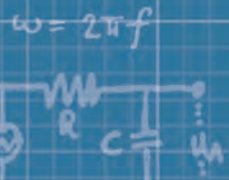
$E_{max} = \frac{\hbar^2}{2md^2} = \mu^2 E_0$

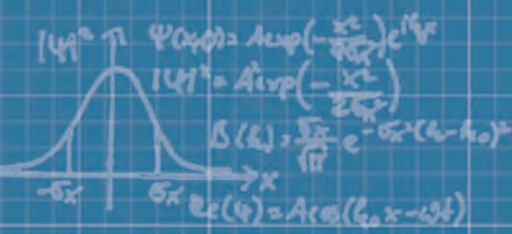


研究領域

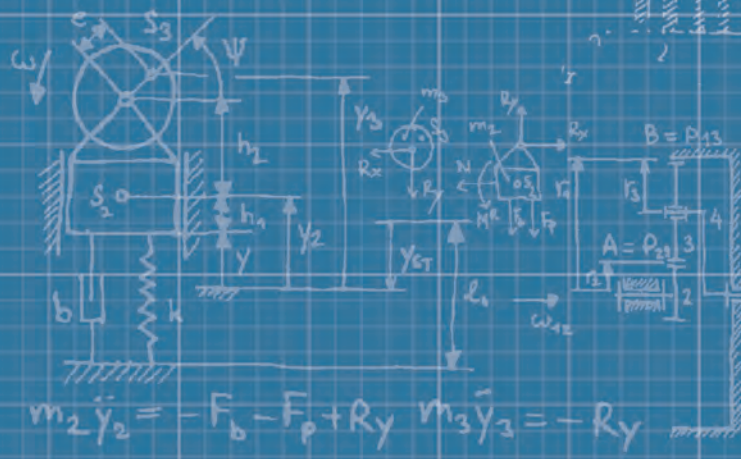
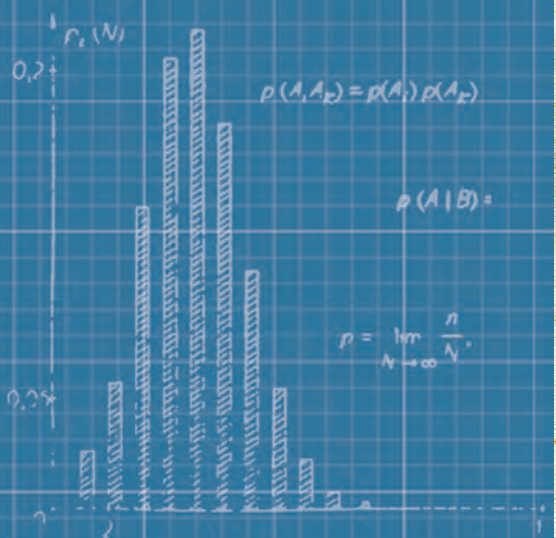
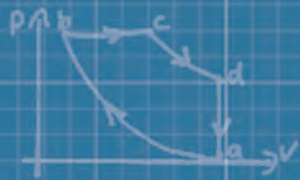


$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin\delta = \omega r$
 $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$

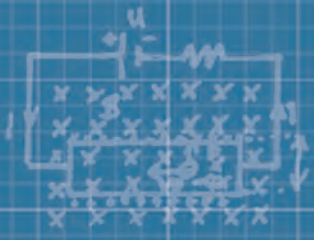
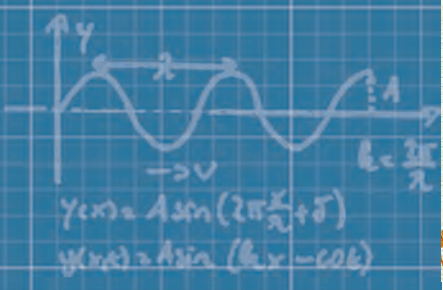
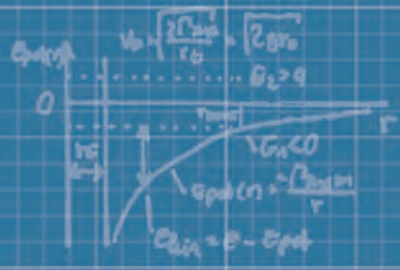
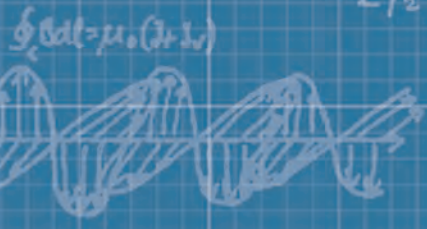




$Q = mc\Delta t$

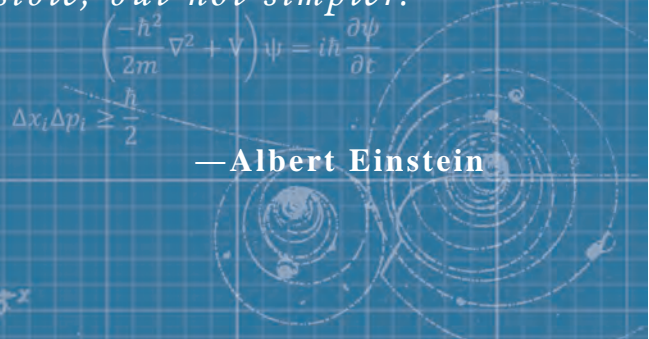
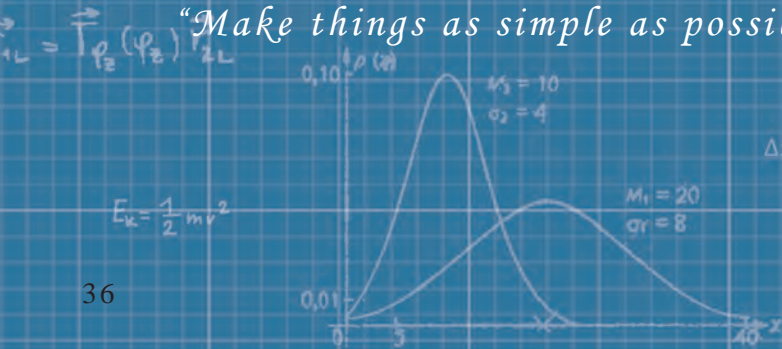


$\omega_{14} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \omega_{12}$
 $\omega_{43} = \frac{r_1 r_2}{r_3(r_1 + r_2)} \omega$
 $\rho_{24} = \frac{\omega_{14}}{\omega_{12}} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$

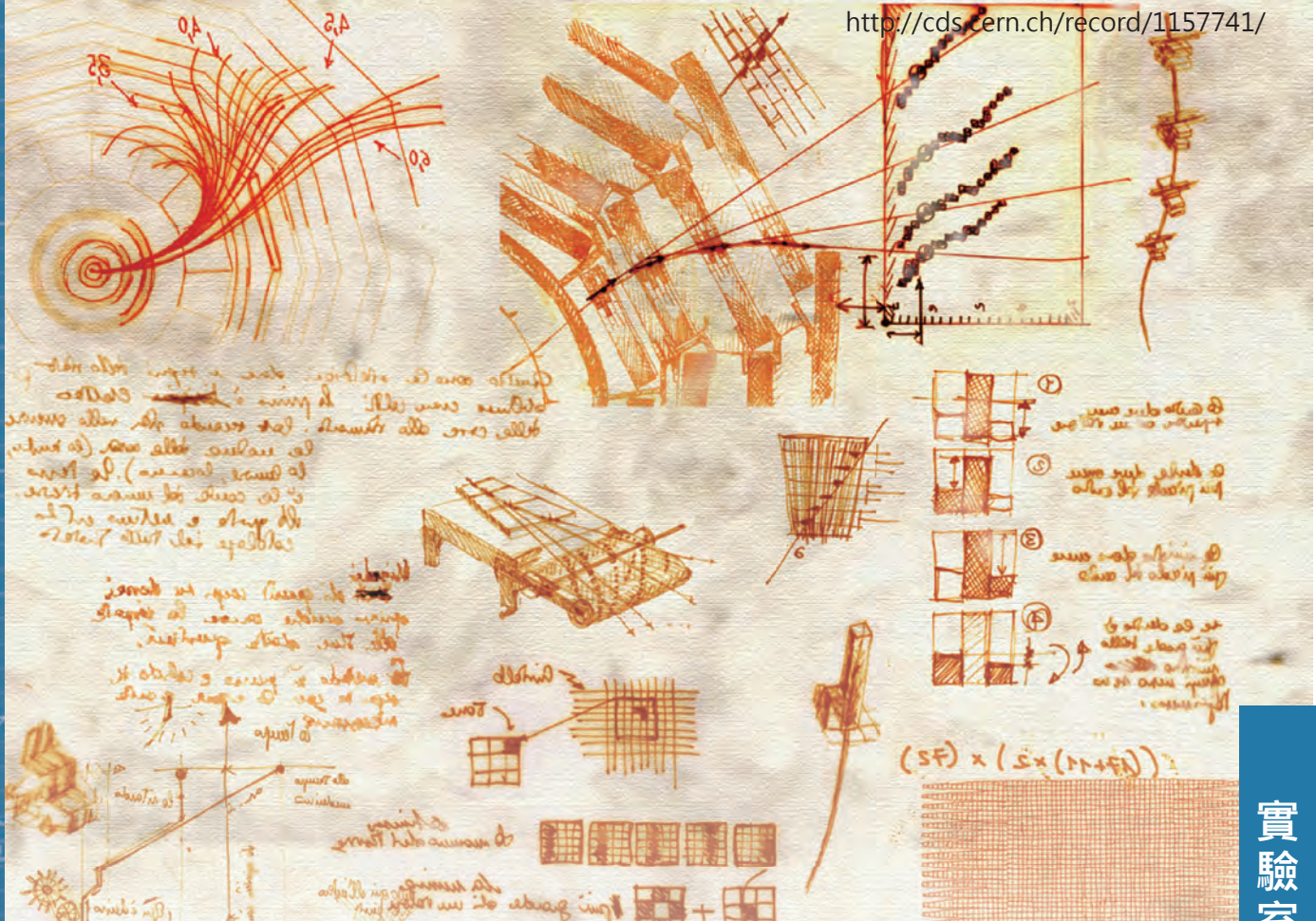


$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$
 $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
 $\nabla \times \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$

"Make things as simple as possible, but not simpler."



—Albert Einstein



高能物理

High energy physics laboratory

實驗室

實驗室專訪

高能物理實驗室

加入實驗室

撰文：郭家銘教授、張用威

如果你對高能物理、實驗數據物理分析、希格斯玻色子、尋找新物理現象與粒子偵測器感興趣的話，歡迎加入這間實驗室。

本實驗室的重大特色就是每位學生除了物理分析外，還需要參與和偵測器或物理物件(比如光子、電子)相關的研究工作。每周定期和外國研究團隊進行視訊討論物理分析結果，非常重視學生以英文報告研究成果的能力。由於主要的研究於 CERN 的 CMS 實驗進行，很適合想要在大學時期接觸前沿基礎科學研究和參與大型國際研究團隊並挑戰自我的學生們加入，如果你對上述內容感興趣的話，歡迎你選擇加入這間實驗室。

教授介紹

郭家銘教授，現任中央大學副教授，1998年畢業於國立中央大學物理系大學部。博士班期間，跟隨林宗泰教授至美國布魯克海文國家實驗室(BNL)，從事重離子對撞相關研究約三年的時間。2004年於林宗泰教授和



Mark D. Baker(BNL 研究員) 指導下，獲得中央大學物理系博士學位。2005年起，移往瑞士日內瓦歐洲粒子物理中心(CERN)，參與大強子對撞機(LHC)上的CMS實驗。主要研究工作包括希格斯物理、尋找新物理現象、粒子偵測器和光子、電子重建及辨別。2010年返回本系任教，於2015年獲得科技部吳大猷先生紀念獎。

研究項目

ECAL Preshower

尋找希格斯玻色子衰變的黃金頻道是兩個光子或兩個Z玻色子再衰變到四個輕子。1999年台灣高能物理實驗團隊準備加入歐洲粒子物理中心(CERN)的大強子對撞機(LHC)時，最後中大高能和台大高能團隊決定共同加入CMS實驗，參與電磁量能器(ECAL)的前置簇射量能子偵測器

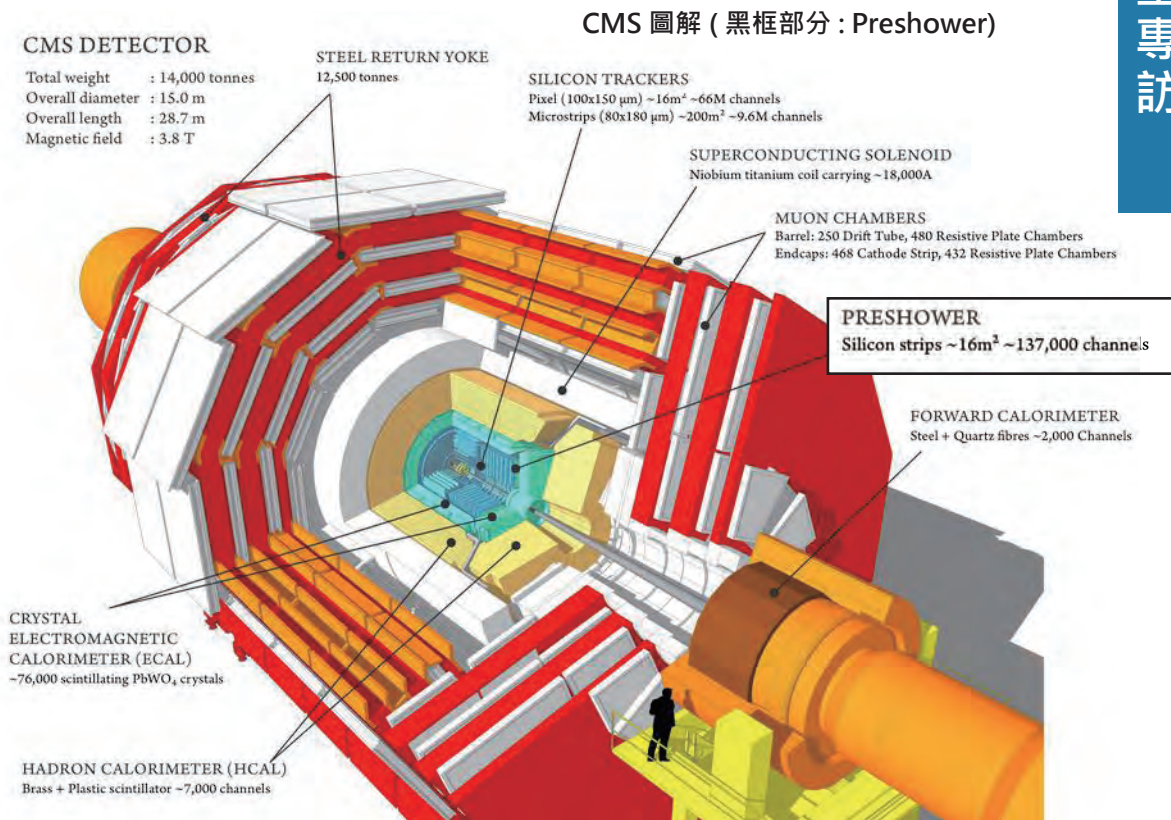
(Preshower)的建造。在高能物理實驗中，光子訊號的背景主要是中性 π 介子衰變到兩個光子，在實驗前端的地方，中性 π 介子通常具有高能量，因此兩個衰變的光子夾角小，CMS所設計的以鎢酸鉛(PbWO_4)晶體為主ECAL難以分辨入射的光子是單一光子還是兩個光子，因此CMS於

實驗的兩端加裝 Preshower(由兩層矽偵測器和兩層鉛組成)。利用矽偵測器的好處就是能夠提升空間解析度，讓我們得分辨入射的光子是單一光子還是兩個光子。中大高能組長期發展矽偵測器，因此林宗泰老師和張元翰老師決定中大負責 Preshower 所需四分之一的矽偵測器晶片。

從 2000 年開始到 2009 年 Preshower 正式安裝完成，中大高能實驗組投入許多人力參與從矽晶片製作、測試、初步校正到偵測器控制系統的開發到偵測器組裝、最後測試運轉再到相關軟體模擬工作，從頭到尾完整參與。Preshower 正式安裝完成後，中大高能組還持續參與 Preshower 的日常運作、偵測器校正工作和偵測器物理表現研究至今。

CMS 預計於 2022 年將前端的電磁量能器和強子量能器整個升級成和 Preshower 類似的偵測器(比 Preshower 大至少九倍，取名為 High Granularity Calorimeter, HGCal)。目前中大高能組已經確定參與此偵測器升級計畫。

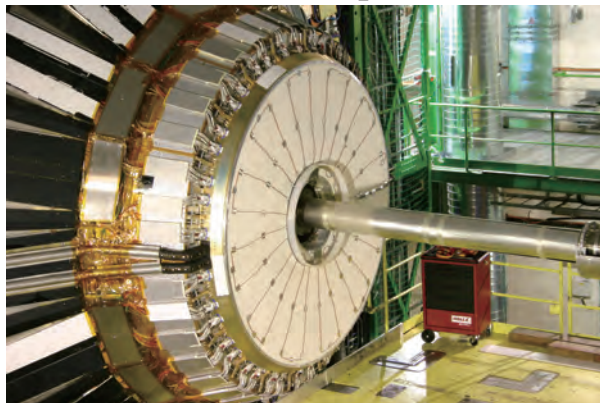
此外，我的博士後研究員和學生還參與實驗中光子重建、光子訊號辨別等介於偵測器和物理分析之間的物理物件(physics objects)研究工作。比如說我的學弟李學威博士於 2012 年所發展的光子辨別方法，博士生陳冠昕和碩士生麥書豪所測量的光子辨別效率被運用於 CMS 幾乎所有和光子相關的物理分析中，可見此類的研究工作於實驗中是相當的重要。



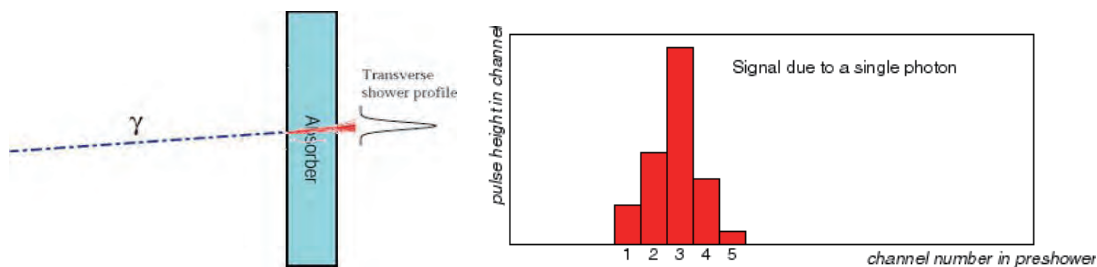
物理分析

我的物理研究題目也大多和光子有關。2009年 Preshower 建造完成後，我開始將研究重心移往物理分析，我們從量測雙玻色子 ($W\gamma$ 和 $Z\gamma$) 的產生截面積出發。之後於 2011 年，我們和法國 Scalay、美國 Rutgers, KSU, FNAL 及台大高能組成一個團隊和其他兩個團隊一同進行希格斯粒子衰變到兩個光子的物理分析。我們的團隊提出利用向量玻色子融合 (VBF) 或一個 W 或 Z 伴隨希格斯粒子 (VH) 產生的模式提升尋找希格斯粒子約 15% 的敏感度。於 2012 年夏天，LHC Atlas 和 CMS 共同宣布發現於質量 125GeV 左右發現類似希格斯粒子的訊號。此重大發現使得 2013 年諾貝爾物理獎頒發給 Peter Higgs 和 Francois Englert 兩位理論物理學家。在希格斯粒子發現的初期，實驗上觀測到雙玻色子的終態 ($\gamma\gamma$, WW , ZZ) 稍微多出預期而雙費米子 (bb , $\tau\tau$) 的終態不是沒看到訊號就是太小。因此，有人提我們所發現的希格斯玻色

https://cmsinfo.web.cern.ch/cmsinfo/Media/Publications/CMStimes/2009/04_20/index.html



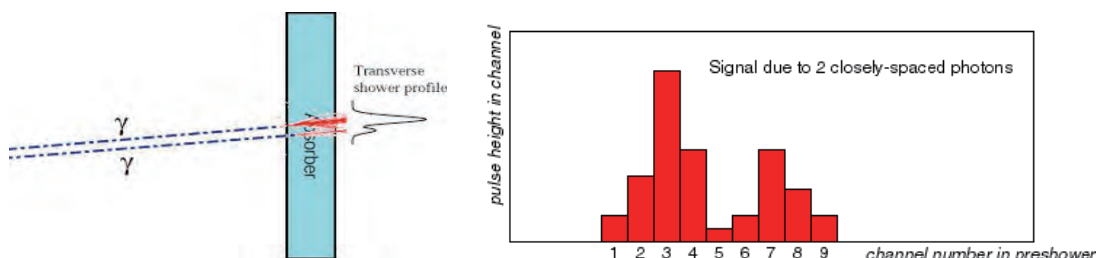
CMS Preshower 子偵測器 (照片中前端厚約 20cm 的白色圓盤)



圖【上】單一光子打到 Preshower 的偵測器上所留的記號

圖【下】當兩個靠得很近的光子打到 Preshower 的偵測器上留的記號

http://cms-ecal.web.cern.ch/cms-ecal/preshower/FAQ_english.html



子可能是 Fermiophobic，剛好我們所提的 VBF 和 VH 就是用來檢驗此論點的最佳模式，最後我們的分析結果排除此一可能性。

在希格斯玻色子發現之後，我開始將研究方向轉向尋找希格斯玻色子的稀有衰變、雙希格斯玻色子的稀有產生以及尋找新的物理現象（比如激發態的輕子或某一新粒子衰變到 $Z\gamma$ 的終態）。理論預測如果有新物理存在的話，希格斯玻色子的稀有衰變的產生截面積或是終態粒子的動力分佈都可能和標準模型的預測所有不同，同時我們也可以透過這些稀有衰變測量希格斯玻色子的物理性質以及在 LHC 相當具有挑戰性的希格斯和魅 (Charm) 夸克的耦合。另外，希格斯玻色子彼此之間的耦合也是非常重要的物理題目，在 LHC 只能透過雙希格斯玻色子的產生來測量；同時許多非標準模型物理（如 Graviton）理論也預測會衰變到雙希格斯玻色子，所以我們可以透過量測雙希格斯玻色子的產生來尋找新物理現象。

未來展望

LHC 將會持續運轉二十到三十年，到目前為止我們只擷取約 1% 的實驗數據量。從 LHC Run2 (2015-2018) 的運轉，我們預計擷取的數據量是 LHC Run1 (2010-2012) 數據量的至少五倍以上。在 2015 年的實驗數據中顯示在質量 750GeV 附近有一個新的粒子會衰變到雙光子終態。目前實驗學家的態度是謹慎保守的，我們正在等待更多實驗數據的到來，更加仔細地驗證這個訊號的真實

性。然而這已經引起高能理論學界的一陣風潮，已經有超過兩百篇理論論文試著去解釋此一訊號。隨著新實驗數據的來臨，就讓我們靜待今年夏天來自於實驗的分析結果來告訴我們這是否是一個新物理的發現或者是又一次假訊號的產生。又或者我們會在 LHC 的大數據中別的質量發現新物理，或者證明標準模型使其更牢不可破。

<http://cds.cern.ch/record/1157741/>

郭家銘教授 訪談

撰文：王渝涵、張昕

郭家銘教授是我們實驗班的指導老師，課堂上，常常分享在歐洲 CERN（歐洲粒子物理中心）CMS（緊湊綫子綫圈）實驗的研究經驗，並流露出對實驗極為認真的態度。

嚴肅的背後，老師其實是一位非常熱情的人，總是會到每一組與我們熱烈討論，在對話中常穿插著玩笑與關懷，讓我們感覺親近溫暖，就像朋友一樣。

活動中跳動的

大學時代

音符

Activities



老師其實是我們的老學長，曾經是中央大學物理系的一員。進一步採訪後發現，老師不只深愛著物理研究，還有著極為豐富的活動經驗！

嘉友會巧克力傳情

大一升大二時，老師接下嘉友會會長一職後，規畫出校內的巧克力傳情活動。籌備過程中，從卡片設計、宣傳海報製作，到和公司洽談進貨都是學生自己運行，甚至在傳情的第二年，老師串聯全國各校的嘉友會將活動從校內擴展到全國：「從嘉友會，我學到了如何把小小的東西，放大到讓全台各大學的人都看得見。」這句話讓我們學到，「如果決定做了，就要做得與眾不同。」

全國高中生物理科學研習營

科研是我們跟老師相同的回憶，當時老師在大二接下科研組長的原因很簡單：「有天，當屆科研執行長開門的時候問了我：『家銘，要不要跑科研？』我一直都認為，有人來找你，代表你還有朋友，就說好啊，為什麼不？」老師因而見證了系上的營隊會如何凝聚各屆的感情，共創了很累卻又美好的回憶。

譜曲之始 Particle physics

高能研究的開展

奠基實驗與研究的基礎

大二下時，老師在實驗課，第一次自己設計全套實驗，從實驗架設到數據分析都必須一手包辦。「雖然最後失敗了，但是很享受自己動手做東西以及動腦規劃實驗的成就感，這一直是實驗帶給實驗者的感受。」

大二升大三，卸下活動，成為實驗室的專題生，因物理系館搬遷而和學長們共同規劃實驗室空間，再加上專題生每天長時間待在實驗室，開始感受到「實驗室就是自己的家，自己和物理系開始有了很深刻的連結。」

郭家銘教授【左一】、溫偉源教授【左二】、中原大學 楊仲準教授【中】、羅健榮教授【右一】、83 級科研執行長 皮龍庭【右二】



求學危機與突破

求學一路到博士班二年級，回頭看了以前的研究，卻再找不到自己當初的熱忱，對未來感到迷惘，老師說：「其實我從來沒有想過會走高能這條路。我大一入學時，帶我們新生訓練的學長告訴我們，頂夸克（那一年剛好發現頂夸克存在的證據）已經發現，高能物理已是夕陽物理，當時我才剛上大學，科普書籍不普及，也沒有 yahoo 或 google，因此我一開始就把這個選項從我的未來刪掉了。」

直到有一天意外聽了林宗泰教授關於高能物理的演講，才開始接觸它，並確立了未來方向。老師說：「幸好我轉作高能物理，才有機會參與見證希格斯粒子發現的過程。」

從無到有的奇幻旅程 **18 年 CMS**

Fantasy journey

原本在 BNL 參與 PHOBOS 實驗的老師，在 911 之後回台換簽證，但一直苦等不到。因而在 2003 年被派往參與 CERN 的 LHC（大強子對撞機）的 CMS 實驗，至今 14 年，見證了偵測器元件如何一步步組成完整的偵測器，並且參與偵測器的運轉。「從無到有的過程，就好像看著嬰兒日漸成長直到成熟，有如一趟奇幻旅程。」當 LHC 第一次對撞發生時，心中那股激動真的很難以形容。

「高能物理研究過程很漫長，一旦你栽進了這個世界，一待就是好幾年。過程中，等著，等著，直到電腦上突然出現 125GeV 峰值的那天。」這就是高能物理跟其他研究不同的地方。

博士班期間於 BNL 參與 PHOBOS 實驗



樂譜上揮灑熱情 **Passion**

吳大猷獎與未來展望

⊕ 成為 104 年「吳大猷先生紀念獎」的得獎人，有什麼想法呢？

老師是 104 年度「吳大猷先生紀念獎」獲獎人，該獎的設立目的為培育青年研究人員，獎助國家未來學術菁英投入學術研究。「我覺得，得了獎，有人肯定自己當然很開心，但是壓力還蠻沉重的！」老師因此更加要求自己必須在研究上付出更多。在過去老師所參與的實驗，早期的規劃都是由林宗泰和張元翰老師那一輩的台灣高能實驗家所作的。老師未來也希望能和他們一樣，提出新的實驗規畫並執行。另外，老師也希望能夠在中大物理系培養下一代好的高能物理實驗學生。

D.S. 未來高能物理的發展

未來，老師的研究發展有三個面向。目前，CMS 擷取的實驗數據，其實只有未來 LHC 二、三十年所要擷取的數據量的 1%，因此第一個就是隨著數據量的增加進行物理分析，不斷克服新的實驗上的問題，並從中探尋新的物理。

第二個則是 2022 年的 CMS 偵測器第二階段硬體升級計畫，現階段硬體設計已經起步，未來還需要願意參與硬體偵測器計畫和軟體設計及模擬的人才。

第三個則是一個還未決議的新一代加速器打造計畫。上述的兩個計畫，將開啟另一個歷時數十年從無到有的旅程。



與郭家銘教授的 Q&A

系刊：請問老師，您的教學理念是...？

教授：我的教學理念因課程而有所不同，如果是外系的普通物理，會希望學生能將物理跟生活做連結，了解物理如何應用到生活，從而了解基礎研究的重要性。

實驗物理的話，兩年的課程並沒有辦法教給學生所有需要的東西，因此我們教給學生的是學習新東西以及思考的方法，讓學生面對難題的時候，知道如何從根本解決。



系刊訪問

系刊：對於想要出國的學生有什麼建議？

教授：出國必定會帶給人生很不一樣的經歷，不過出國前要想清楚自己為什麼想要出國？想要獲得的是什麼？出國後，把握每個機會去收穫、去追尋自己的目標。



和學生於巴黎鐵塔的合影



中大高能組成員 2012 年於 CERN 的合影

系刊：給中大學生的建議？

教授：中大學生有個普遍的缺點—不積極與不自信，會有著「這樣就好，我到這裡就好了」的想法，限制了自己作夢的權利，不敢去做一個偉大的夢，不敢去挑戰、去追求更多他們想要的東西。

其實就各方面來說，個人實力與態度才是最重要的，如果願意花時間思考研究細節與付諸實行，絕對有機會可以跟國外的學生競爭。

所以，中大生們，勇敢去做夢吧！

系刊：想對母系所說的話？

教授：當年因為不想重考，以及想離家遠一點，誤打誤撞選擇了中央物理系就讀。大二之後許多的物理課程，在老師們

認真及精彩的講課之下，讓我一步一步的開始體悟到物理之美，所以我要特別感謝那些教過我的老師（陳鎰鋒、王敏生、梁鎭廣、李文獻、倪簡白、伊林、高仲明、黎璧賢、賴山強）。在研究上，我要特別感謝林宗泰和張元翰老師，從當學生到博士後研究員，他們給我極大的自由空間去揮灑，讓我獨立自主去作我想作的研究，而在我遇到困難時總是我最好的諮詢對象。另外，許多學長姐給我的指導與協助也讓我銘感在心。

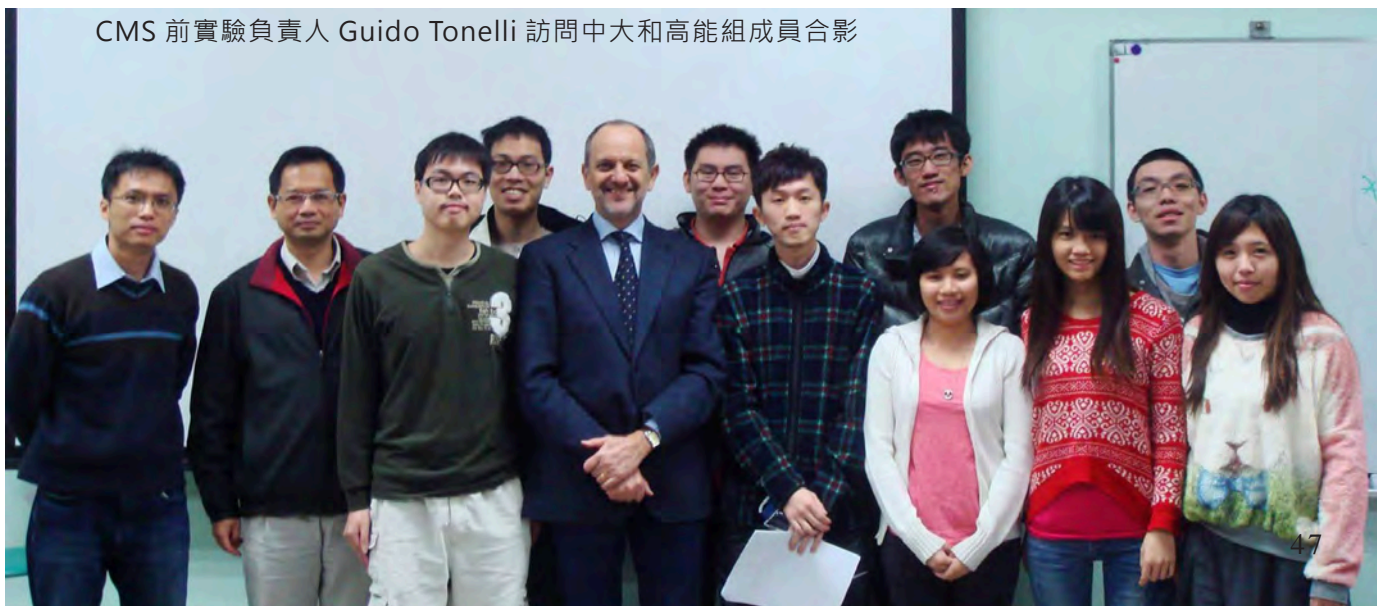


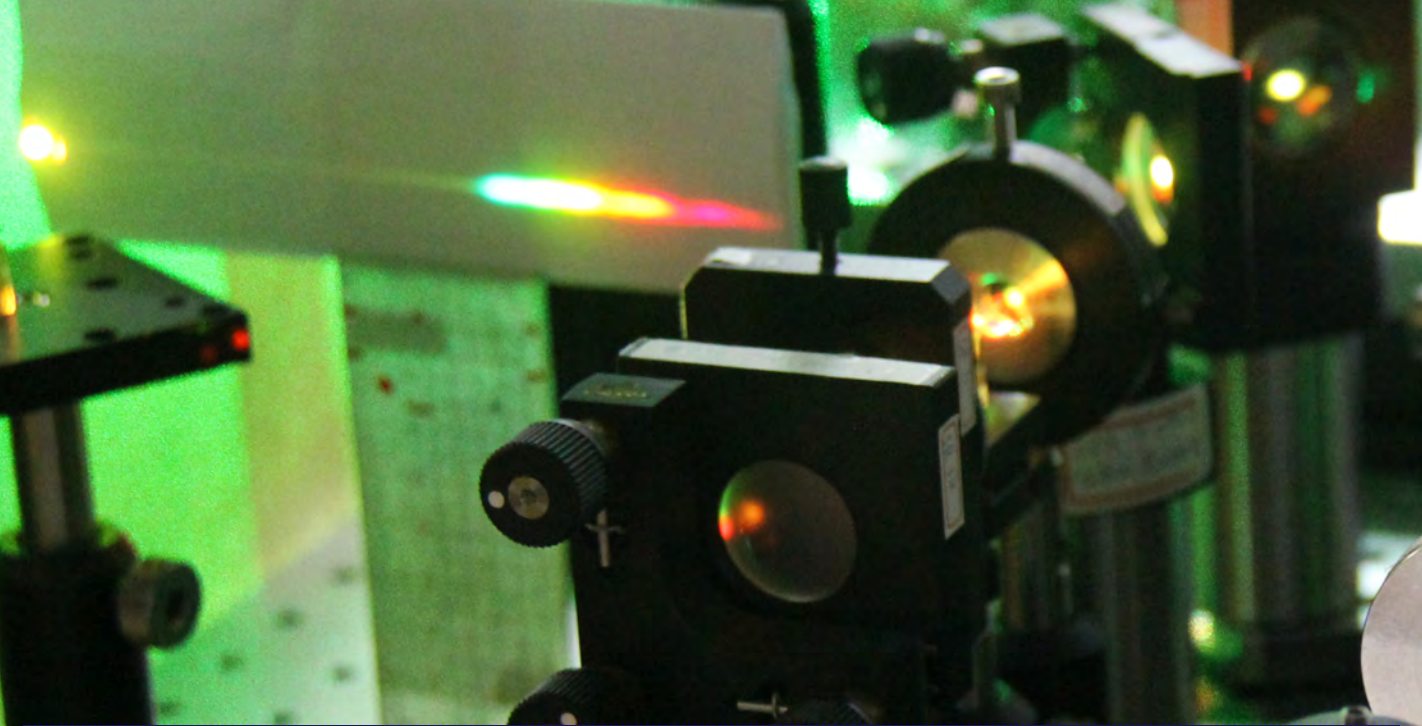
和學弟、博士生及其他合作者於克羅埃西亞閉關一星期，終於完成第一篇 CMS 論文



希格斯教授【左】 郭家銘教授【右】

CMS 前實驗負責人 Guido Tonelli 訪問中大和高能組成員合影





光纖展頻雷射光路

撰文：劉俊佑、胡皓為、余欣鴻

光梳雷射光譜實驗室

Laboratory for comb laser based spectroscopy

實驗室的儀器主要為自製的光梳雷射，它可以調整雷射的頻率並且擁有很大的頻寬，這讓它有去進行與量子力學相關的實驗，像是量子干涉。實驗團隊除了在充滿雷射的實驗室工作外，也會在一間討論室裡討論，在裡面每個人沒有特定的座位，因為教授希望學生來實驗室就是要做實驗，在實驗室裡團隊比較不會分心在其他事情上。

加入實驗室

如果你對光學、電子學、量子力學感興趣的話，這實驗室可能很適合你。這個實驗室的雷射有一個特色，就是雷射都是他們自己架設的，因此會需要有關光學、電子學的技術，像是要怎麼做出共振腔來產生雷射，或者是怎麼用電路去控制回授訊號來穩定雷射的頻率。而量子力學中有一個量子干涉現象，干涉現象就是各個電子在能階之中的躍遷機率是可以互相干涉的，它跟打進去的雷射的頻率與相位有關，實驗室的光梳雷射可以控制雷射的頻率跟相位，所以很適合去觸發這個現象。如果你對上面所述的各種事情感興趣的話，那麼你可以選擇加入這實驗室。



教授介紹

鄭王曜教授為現任中央大學副教授，於 1999 年畢業於國立清華大學，並取得物理系博士學位，曾經在美國科羅拉多大學 (JILA) 擔任博士後研究員，以及在東華大學擔任助理教授，專門研究領域為原子分子光學、雷射穩頻應用、量子控制等。鄭王曜教授建立了原子躍遷絕對頻率的特

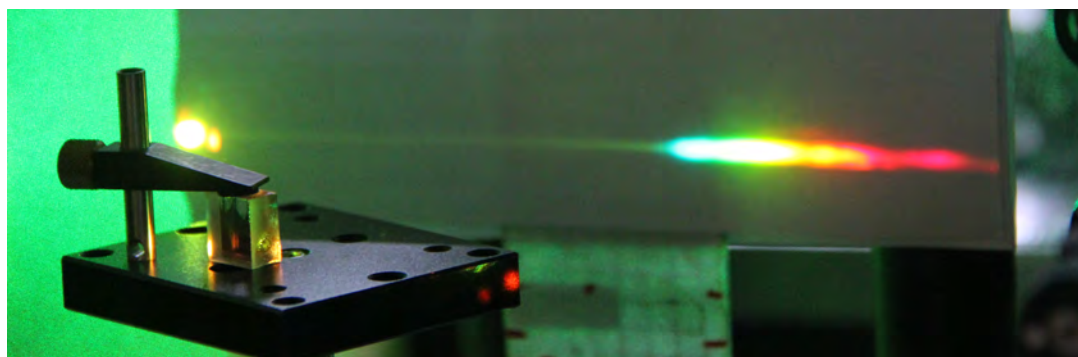


殊測量技術，此實驗在 2013 年八月被美國光學學會選為“亮點”論文。教鄭王曜授注重客觀以及嚴謹的實驗，實驗室雷射所使用的時間擁有非常高的精準度，因此可以很客觀地進行量測，而已經有所成果的研究，也要再三檢測、嚴謹的確認後才會進行發表。

雷射的產生

一般要產生雷射光，需要有三個基本要件：處於激發態的介一般要產生雷射光，需要有三個基本要件：處於激發態的介質、雷射共振腔及激發幫浦的機制。介質是用來發出光；幫浦是用電或光去激發介質；雷射共振腔簡單來說就是兩個反射鏡夾著介質，光在裡面一直反射，介質會被光影響而產生更多的光，最後形成雷射。在雷射的共振腔中充滿各種頻率的光波，不過只有在共振腔中滿足駐波形成條件（共振腔長度是半波長的整數倍）的光波會被保留下來，因此雷射光包含多種頻率的光。

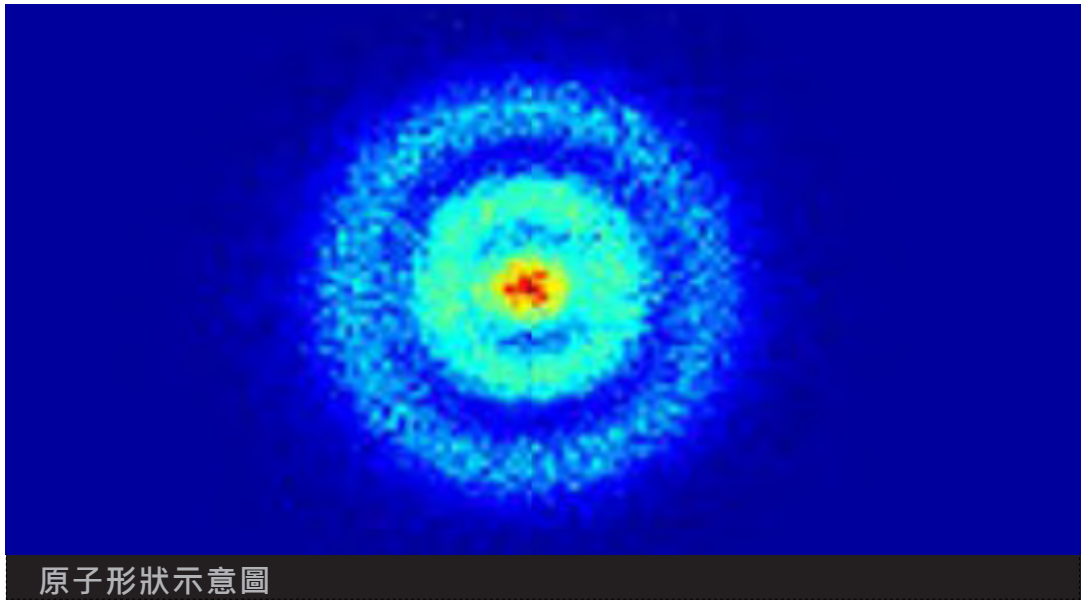
這些具有多種頻率的雷射光，並且把他們的相位固定住（這為鎖模），會再某個時間點所有的光波的波峰會疊加在一起形成一個極高的光波峰，並且每隔一段週期又會再重複一次極高的光波峰，這是因為週期是所有波的週期的最小公倍數。因此雷射並非隨時有光，而是像是“子彈”每隔一段時間產生一個脈衝，也被稱作脈衝雷射。



光梳雷射的展頻光

光梳雷射

光梳雷射可以產生各種不同頻率的脈衝雷射，它的原理是先設置已知頻率的單頻雷射，接著使用鎖模雷射的固定整數倍頻率去推導出不同的頻率，頻率的間格可以小於 1HZ，也因為有相同的頻率差，看起來就像一把梳子一樣。這個雷射可以發出不同頻率的雷射，也可以控制相位，有很多種應用。



原子形狀示意圖

圖片來源：<https://www.quora.com/If-we-still-havent-observed-an-atom-yet-then-how-can-we-know-the-number-of-subatomic-particles-in-atoms>

銫原子核形狀

這是另外一個有關銫原子的實驗，是 6s 到 6d 的雙光子躍遷的實驗，藉由量這個躍遷的超精細光譜，就能去推論銫原子核的結構。這是由於超精細結構與原子核的電磁多極有關，而質子中子的分布會直接影響電磁多極。所以直覺上，核子電磁多極的量測，像是在量原子核的形狀。理論物理學家會有興趣銫原子核，是因為銫原子很大，但是原子核的結構又很穩定。注意，鹼金族元素，比銫原子大的便已具有放射性了。而鹼金族是類氫原子，是理論物理學家可以算得最精確的原子族類。

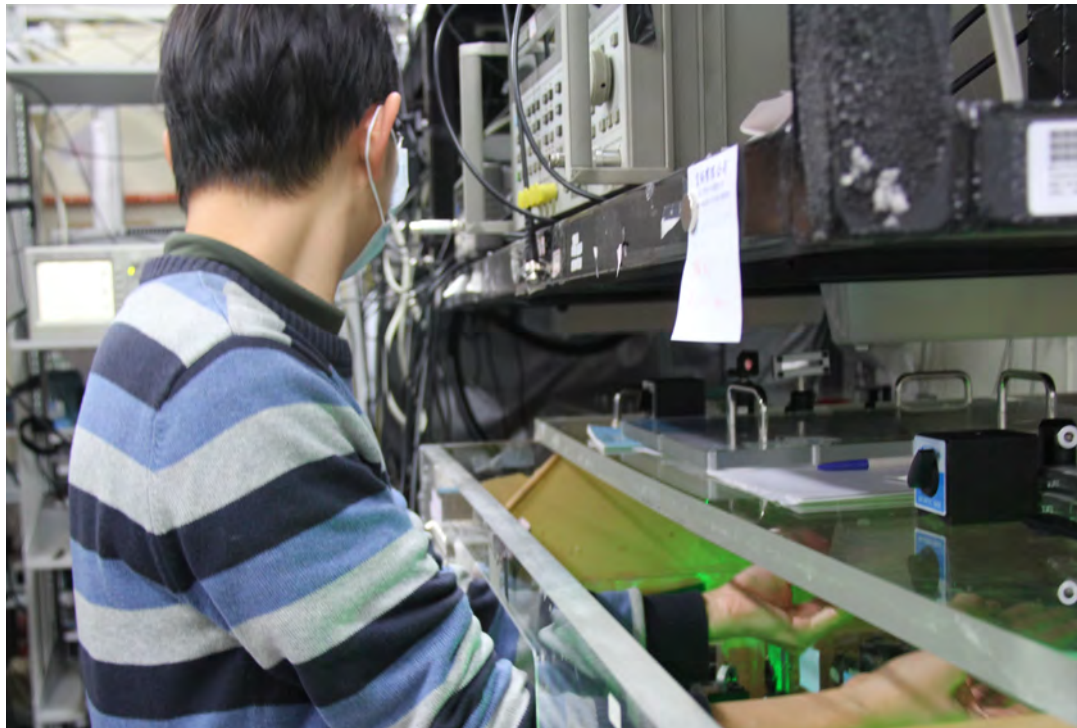
宇稱不守恆

探討以上的躍遷以及同時比較銫原子 6S-8S 與 6S-6D 雙光子的躍遷，還有一個好處，就是可以把頻率量得很準以後，對於理論物理學家而言，可以更精確的寫出正確的波函數。有了精確的波函數後，就可以做實驗可以去驗證宇稱不守恆。原子宇稱不守恆是指原子在方向相反的電場中的電子躍遷機率，會是不一樣的，也就是說，反映著宇宙是有方向性的。宇稱不守恆是由希格斯場理論發展出來的某波色粒子造成的結果，這個波色子與光子對電子的影響類似。如此，我們可以在小小的光學實驗室，驗證高能理論，因為實驗室的雷射可以做非常精確的測量，躍遷機率非常細微的變化可以被觀測到的。總而言之，光學精密量測，非常有別於加速器把物質打出“原形”的花錢做法；有時候，我們不一定要用蠻力去追求物理的現象，只要我們夠仔細的量測，就可以看見不一樣的世界。

注重時間的客觀性

物理學中，時間是一個非常重要的物理量，物理中的現象幾乎都跟時間有關，所以如何去定義一個客觀的準確時間是很重要的。而實驗團隊使用了雷射與銫原子去定義時間，為了瞭解他們是怎麼做的，我們必須要先了解兩件事，第一，光子是有角動量跟頻率的，第二，當電子在原子的能階間躍遷時，不同能階的電子只會接收不同頻率跟不同角動量的光子。這個雷射將兩個角動量相反的光子打到銫原子的 6s 能階上的電子，因為 s 能階的角動量為 0，接著調整光子的頻率，直到電子躍遷到 8s 能階上，這時雷射會偵測這個訊號，把雷射的頻率給穩住。

藉由這個原理，雷射可以使用銫原子來鎖定頻率，這個頻率可以轉換成時間來使用，藉著銫原子校準的頻率是很精確的。為了降低外界噪音對儀器的影響，這台雷射被實驗團隊架設在一個隔音的小房間內。實驗團隊會使用光纖把固定頻率的雷射引出去房間，接到其他的雷射上來校準頻率，所以實驗室中的雷射，都可以有精確的時間可以使用。



研究生正在調整雷射光路



實驗團隊、鄭王曜教授【左一】

驚人的發現

在有了銫原子的校整之後，實驗團隊並能用很準的時間去量測，因此發現了別人所看不見的微小變化。

這是發生在實驗團隊去量不同顆銫原子的躍遷頻率時，竟然量出了不一樣的數值出來，這件事情很奇怪，因為根據量子力學的原理，這種事情不應該發生，難道說上帝會造出不一樣的銫原子嗎？實驗團隊一開始認為這事情應該是因為出自於測量的誤差，可是當他們用同樣的方法測量 10 顆不同來源的銫原子時，每一顆所量出的數值都是有差別的，他們跟德國 Max Planck Institute for Quantum Optics(諾貝爾獎得主 T. Hansch 實驗室)的實驗室團隊分享這件事情後，德國的團隊寄來了他們的銫原子，結果仍然會量出不一樣的數值。

這項研究被美國光學學會選為亮點研究，銫原子是作為定義時間標準的材料，如果它有誤差的話，對很多事情影響很大。但是教授認為這個現象是有事情出了差錯，實驗團隊也一直在探討這個問題，後來美國空軍有幾個研究員發表了一篇文章，他們懷疑銫原子被大氣中微量的氦氣影響，有一些微量的氦氣鑽進去了放置銫原子的玻璃胚之中，碰撞銫原子所以影響了測量，如今實驗團隊正在驗證這件事情。

實驗團隊就像是偵探團隊，他們並不是在意銫原子對世界造成的影響，而是沉浸在其中去尋找背後的物理，會抱持懷疑的態度，去對於一個現象做出非常多的檢驗。

教授訪談 Q&A

系刊：教授覺得物理有趣嗎？有的話是怎麼產生興趣的？

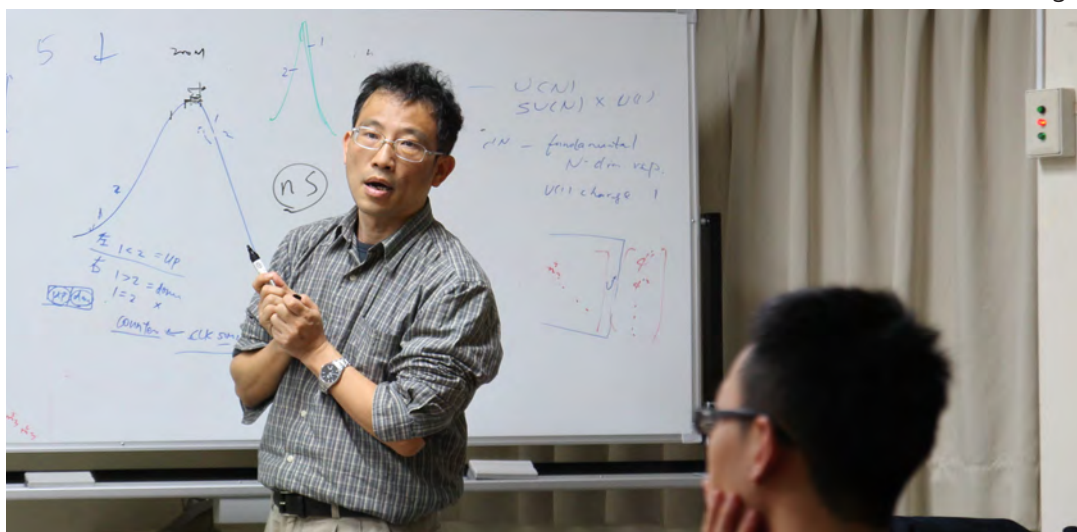
教授：我覺得物理很有趣。我自己認為如果物理系的老師都不覺得物理有趣的話，怎麼能感染學生，讓學生喜歡物理。即使我不覺得物理有趣也要想辦法覺得有趣，不然我憑什麼去教學生？去年有一個大四的學生修完光學，在學校教師評鑑上留言說很感謝聽了我光學的課，直到畢業前才重新燃起對物理的興趣，所以我相信我在動機上是可以感染學生的。

我從國中開始就對物理感興趣，但那時候的興趣是很不實際的，我以為物理就是你可以理解大自然神秘的地方，後來我發現物理沒有辦法讓我完全了解大自然。起初我會有這種想法是因為我看了愛因斯坦寫的一篇文章，叫做「我心目中的世界」。我看了那個文章後很有共鳴。我國中的時候總是很煩惱，擔心著一輩子是否會虛度，如果可以去體會愛因斯坦的心情，透過物理理解大自然的神秘，那我覺得這輩子就能很滿足。所以我想要了解愛因斯坦的想法，那是喜歡物理的第一個動機。

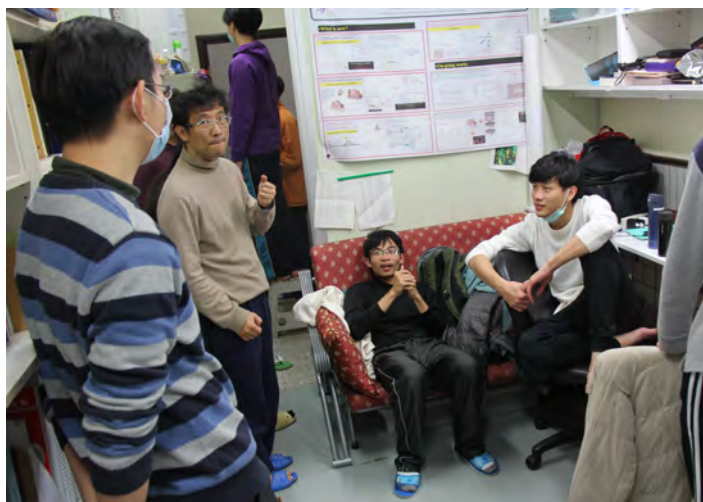
另外一個動機是錯誤的動機，就是我以為理解物理就可以了解電視機的原理，小時候我還跑到電視機的背後去看，看為什麼人可以縮小放在裡面？後來我在想一定是人的影像不知道怎麼跑到這裡面來。總之我很討厭在我周圍的東西，有著我所不知道的原理，我以為學物理就可以解決這個問題，我不想離開人世後還不知道人為什麼會出現在電視裡，那會帶著“無知的恐懼”死去。

直到大學念物理系後，我才是真的喜歡物理，我認為我做了對的選擇。我在大二的時候，開始修古典力學，尤其是修到拉格朗日力學時，我覺得它很神秘，為什麼粒子總是朝動能減位能的最小值走（最小作用量原理）。它跟牛頓力學是等價的，那時候我第一次了解，比起拉格朗日力學，牛頓力學有多枯燥，它是一個經驗的描述，在物理上沒有什麼美感。現在的體會可能不太一樣，但我大二時，這讓我覺得從高中到大二是蒼白的，學的物理毫無意義。

實驗室 Meeting



你們大二結束後，你會發現牛頓力學很少有機會在你們的生命當中出現，你可能會覺得美的物理是拉格朗日、量子、統計力學等。在大學的時候，我覺得 principle 比 law 還要美很多，像“最小作用量原理”、“相對論原理”和“測不準原理”等等，可以從一些簡單的原則推展出很複雜的物理世界。我對同學的建議是，看到物理的 principle 時眼睛要發亮，因為那是物理最美的地方；而定律，如牛頓定律，法拉弟定律等就是王，它是不可被質疑的經驗法則，只是可以被修正（或許是當初觀察的人量得不夠精準、看得不夠仔細），因為實驗做出來是怎樣就怎樣，就像是一種宿命，讓我覺得有點無趣。Principle 就不會這樣，提供很多想像力。愛因斯坦說：「他寧願成為水電工，對社會有點貢獻」我說了這麼多 Principle 的神祕，而沒去做理論是因為我不想像愛因斯坦說得那樣，就



討論過程

連做水電工的貢獻都沒有。因為年輕時認為頭腦要夠好才能去做理論，否則會落得什麼貢獻都沒有。雖然做實驗常常在物理上的貢獻比不上理論，說不定我日積月累的技术可以好運在物理的海邊撿到一個沒人看過的小貝殼，而技術本身，還可對業界有用。

系刊：教授希望學生們在大學可以得到什麼？

教授：我是屬於對物理有興趣而學不好的人，但學不好還是覺得它有趣。我最希望學生在大學生涯，學到那個趣味。我有個小體驗分享大家，要對物理有興趣不妨多留意物理中的 Principle。Physical Mind 跟 Engineer Mind 不一樣，Engineer Mind 的人會說，你快點告訴我要怎麼正確的使用這個公式；Physical Mind 則會問說這個公式有沒有更深層，簡潔的物理原理或“想法”在支配著。像我大學時，聽到測不準原理時，我花了一、兩個禮拜去想有沒有什麼可能實驗可以推翻這麼霸氣的原理（可惜所有想法都被一個我很崇拜的同學反駁，他是任中元教授，現在在高師大）。一個人若要對物理有興趣，他就要捨得花時間去想這些事，好比你可以花一分鐘學會怎麼使用測不準原理，但你看 Principle 眼睛就要發亮，因為 Principle 的背後隱藏很大的神祕物理在裡面，你若願意花一個禮拜去想它，你就會對物理產生興趣，如果你只想花一分鐘去了解考試要怎麼考，那你就很難對物理產生興趣。

當你感覺 Principle 是神祕的，很少人看到神祕的東西不會覺得沒有興趣。



舉個例子，魔術是神祕的，大家都覺得魔術很有趣，明明知道花錢是來被騙的，你還是會去買票。那大自然的神秘就又更不用講了，可以一輩子被騙。

當你開始對 Principle 感興趣的時候，你接下來或許會好奇這個人是怎麼歸納出這麼簡潔的 principle，這時你的物理功力就會開始進入專家的檔次。所以有些時候我們是在欣賞別人的才華。像那些 Principle 是有脈絡可尋的。舉個例子，海森堡提出測不準原理，其實是因為之前很多實驗，去翻開歷史你會發現他為這些實驗跟波爾討論過，波爾又跟愛因斯坦辯論過。如果你電磁學學得好，你就會知道愛因斯坦在想什麼，在愛因斯坦那個年代，很多人是不接受馬克斯威爾提出的方程式，但是愛因斯坦卻相信他。如果你敢推測在任何慣性座標系下所有觀察到的電磁定律都應該是馬克斯威爾方程式，你就會相信馬克斯威爾的電磁波速度在任何慣性座標系下都會是光速。愛因斯坦基於這兩個原則很自然的就推導出整個狹義相對論。總之我去追那個 principle 出現之脈絡就會覺得很有趣，這也是我覺得物理有趣的一個部分。還有一個部分是我們做實驗會發現它真的可以完全解釋我們的實驗，即使我覺得量子力學顛覆了因果律再怎麼抽象，結果它的預測跟我做的實驗一模一樣，我還不得不佩服它。

系刊：教授對想出國讀書的學生有什麼想法或建議？

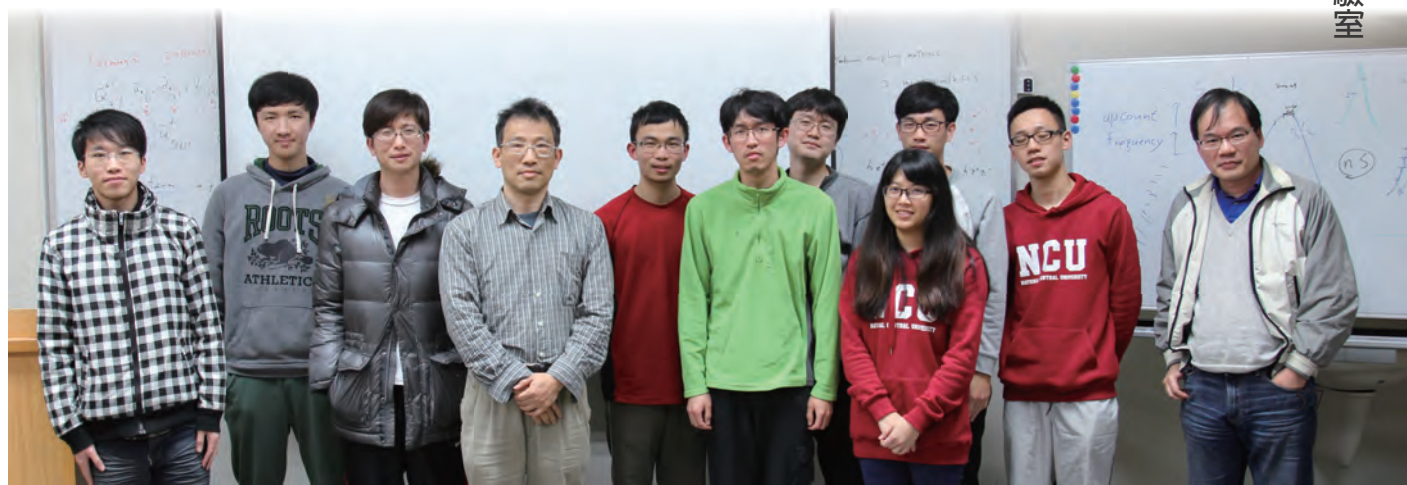
教授：我覺得去國外很好，我出國並不是經由一般同學通過什麼檢定考試再申請學校，而是我博士畢業後，美國的一個國家實驗室直接從台灣聘我

過去的，因此很多出國的細節我是不懂的。但是話說回來，太多中大的學生原本說要出國的，結果又沒去。我不是說中大所有的學生意志都很薄弱，但你如果真的想出國，你的動機是出去玩還是到國外學一些在國內學不到的東西？如果你的動機是後者，那你就不能嘴巴說說。第一個，中大有很多老師很多領域其實都很不錯，在中大的這段期間你就應該多學習，讓自己具備一個基礎，這樣到國外才有意義。現在蠻多年輕人出國是為了人生體會，不是為了學習，那樣他就不會太積極。我在中大五年，還沒碰到原本說要出國念研究所最後真的出國的學生。我之前實驗室都是台大的學生，其中有三分之二出國去了，他們其實是很辛苦的，他們在大二就一直準備托福，甚至去補習，他們也很在乎學校成績，也想在我的實驗室多學一點東西，所以你想要出國的話需要有忍受辛苦的決心。

系刊：教授對大學學生畢業後要選擇往業界還是學術界有什麼想法？

教授：我不認為到工業界或學術界是一個簡單的二分法，我蠻難想像一個有專長的人在工業界會活不下去。因為現在的工業國界越來越模糊，你的舞台是全世界的，你不管有的是什麼專長（就算是研究臭豆腐），只要是世界上的專家，全世界一定某個很棒的地方需要你，即使你的領域“冷門”。雖然我認為所有大學畢業都談不上專長，但是你要培養能夠解決問題的能力。如果你要去工業界的話最好找個實驗室或老師給你一個題目，在這大學四年想辦法把這個題目做好，因為這是解決問題能力的訓練。你不用在乎你去哪個實驗室，去哪個實驗室都不重要，重要的是你要去的那個實驗室，老師能不能讓你具備解決問題的能力。

蠻多人是在念完研究所再去工業界，念研究所的態度就是要學會一個專長。你只要有一個專長，就不用擔心找工作的事，如果才二十幾歲就在煩惱找不到高薪工作，那實在是太沒出息了。因為，如果你是想成就一番事業，你何必在乎你的第一、第二個工作有多卑微，那是很正常的，因為你的目標很大時，那你正在走別人沒走過的路，你才會覺得挫折。最重要的是你有沒有專長，你有專長這個路就走的長。所以研究所不要混過去，研究所就是培養專長的時候，我不太會覺得念完理工的博士會找不到工作。那些念完博士找不到工作的，有一種可能是他博士念得很混，以致於沒專長，也可能是他對工作性質與薪資的要求高，沒“合意”的工作。這跟念什麼博士無關，而是跟自己的個性有關。



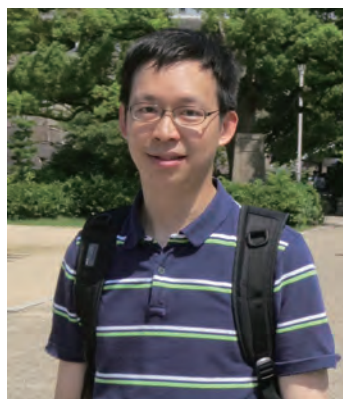
強場物理 與超快技術實驗室

High-Field Physics and Ultrafast Technology Laboratory

教授介紹

撰文：劉書孝、謝宜廷

朱旭新老師【如右圖】於本系擔任助理教授，為「強場物理與超快技術實驗室」（以下簡稱本實驗室）的一員。朱老師曾就讀台灣大學並拿到物理博士，擔任半年的博士後研究員後，就進入中央大學物理系。比起其他教授都是出國學成才回來台灣任職，朱老師身為台灣出生的本土博士可說相當特別。





實驗室 & 領域介紹

本實驗室名稱中的「強場」是指高強度的電磁場，也就是高強度的雷射光，所以本實驗室的核心設施就是一套超高功率超短脈衝雷射系統，可以提供尖峰功率達100兆瓦之雷射光，約為台灣核能發電功率的20000倍。如此強的雷射在聚焦之後，能夠游離所有物質形成高溫高密度電漿，而朱老師在做的研究，就是高能雷射技術的發展與雷射電漿的交互作用。

如果讀者想要了解實驗室的研究領域，朱老師建議可以先從雷射、光學與電漿的相關知識開始，特

別是修習系上所開的電磁學、波動物理學與光學課程，會有很大的幫助。對於大學部同學，進入本實驗室實習或是做專題，可以學習到光學實驗技術、真空技術、電腦儀器控制與資料擷取、高能光子或粒子診斷、數據分析與機械加工等實驗能力，而後能夠進行高能雷射技術的發展，或是進入雷射電漿交互作用的相關研究。目前本實驗室的主要研究方向，包含雷射驅動電漿波式電子加速器、質子加速器、雷射驅動高相干性 EUV(極紫外光)/X光光源與實驗室天文物理，歡迎所有勇於接受挑戰的同學加入。



實驗室環境

本實驗室分為中大區和原分所區，中大區即是在本系館三樓，也是本次採訪的重點。本次採訪很榮幸可以參觀實驗室。內部分辦公室和實驗區，辦公室為學生討論或準備實驗的地方，內有桌椅、電腦、印表機.....等硬體設備。實驗區則為學生做實驗的區域，實驗採預約制，事前預約時間，時間到即進入實驗區做實驗。原分所區位於台灣大學中央研究院原子與分子科學研究所，兩邊實驗室的環境差不多，但使用的雷射和研究方向有所不同。

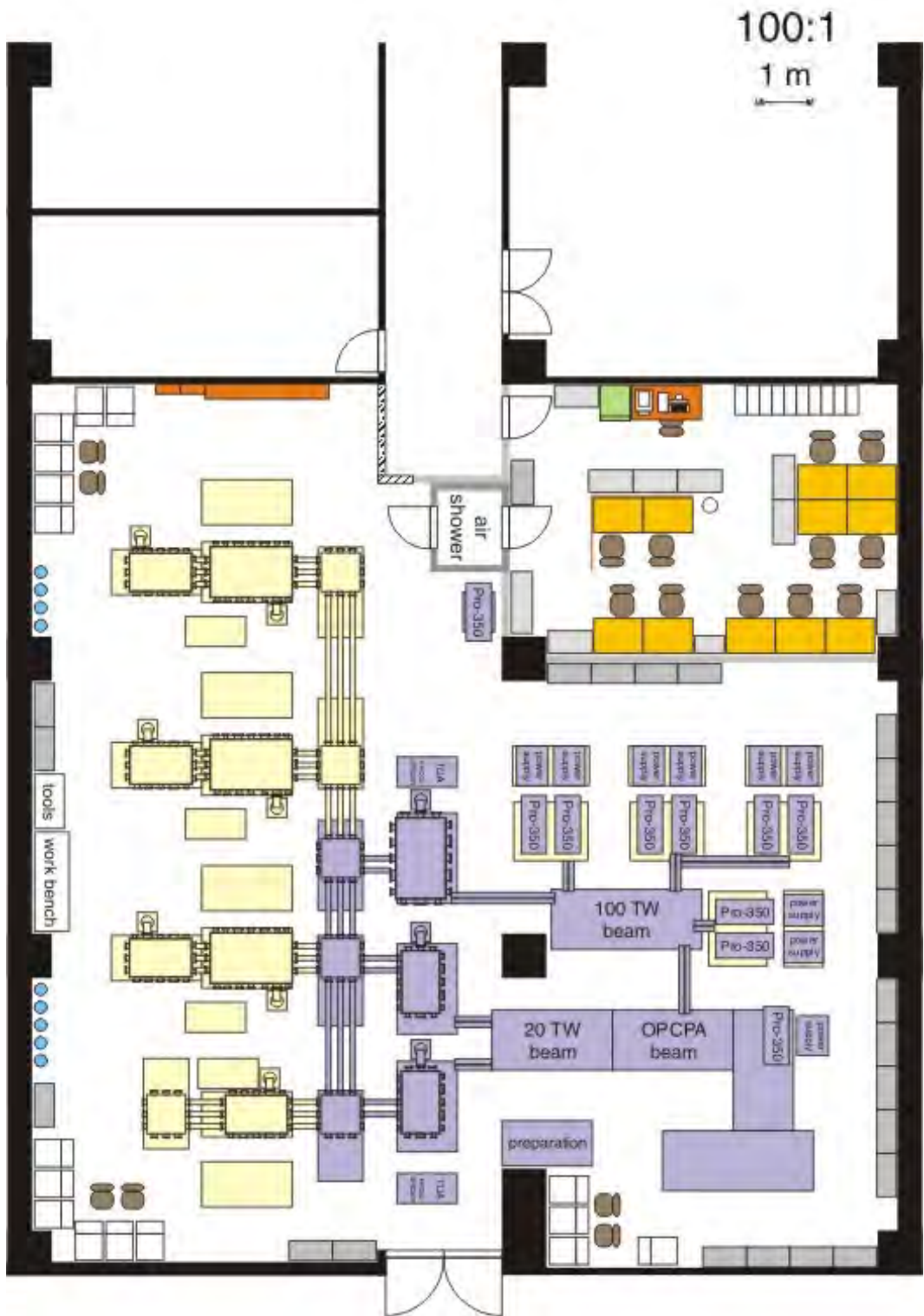
實驗區內又分為雷射區和各個實

驗站，雷射區擺放 100 兆瓦雷射的光路和設備，由研究助理負責維護；實驗站則為學生實驗的區域，學生利用引導至實驗站的雷射光束進行實驗。本實驗室可提供 3 組高功率雷射輸出給學生使用，依照學生研究需求提供適合的雷射光束。實驗區可再細分為四個實驗站，每一個實驗站有不同的實驗架設，依照不同的需求切換使用，目前第一到第三實驗站已完成並持續進行實驗，第四實驗站還在架設中。此外，實驗區內還有小型加工站，配備有基本的五金零件、電子零件與相關工具，以支援實驗之執行。



實驗助理調整雷射

實驗室平面圖



實驗室專訪

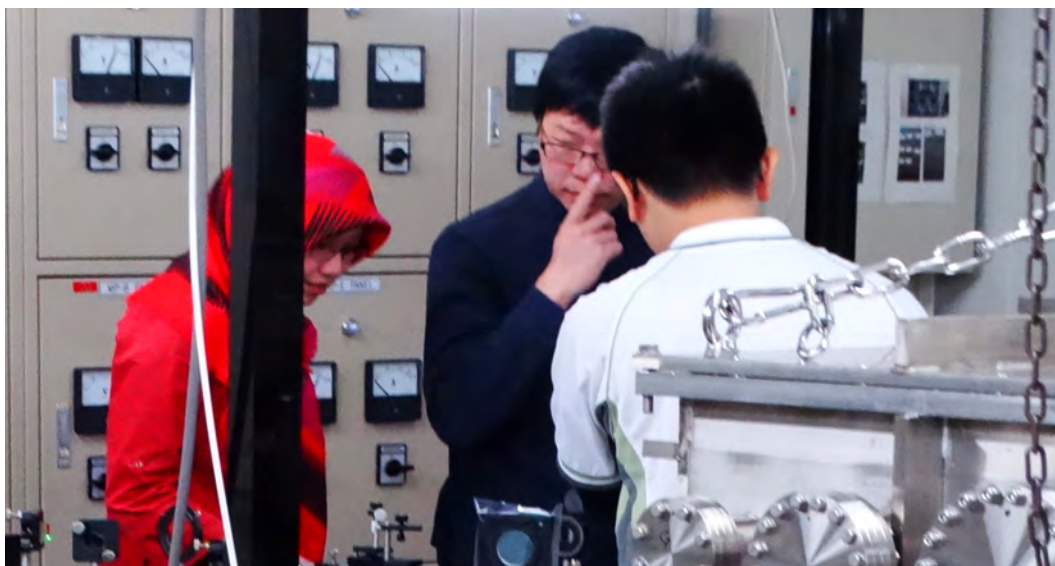
強場雷射與超快速技術實驗室

實驗室訓練及學位

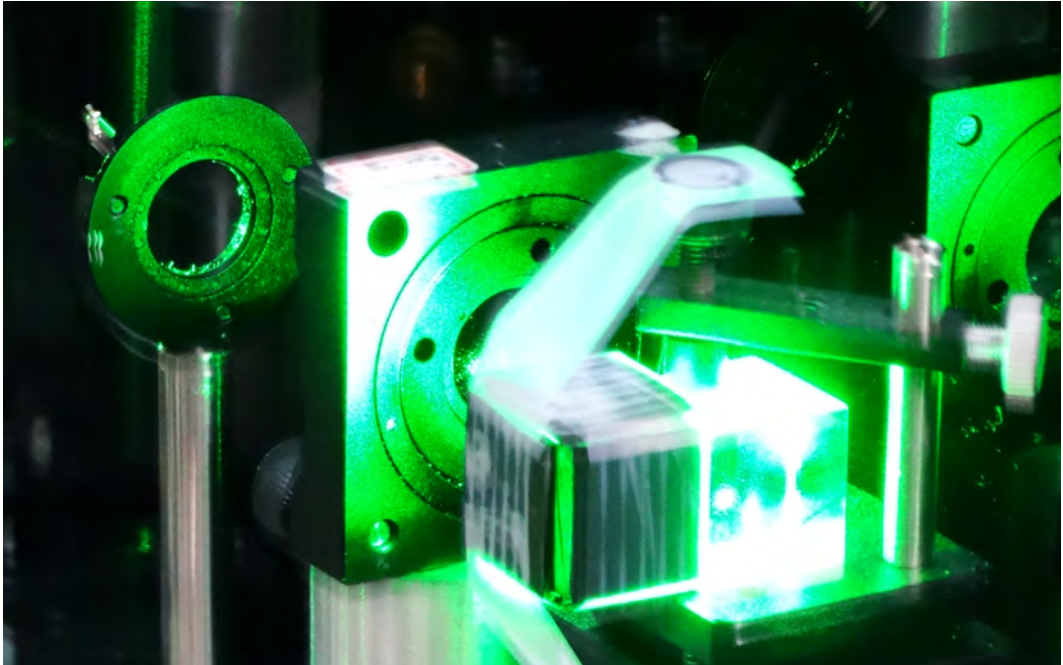
剛進入實驗室的學生會先接受基礎的光學實驗、電子儀器操作與撰寫程式去控制儀器的能力訓練。本實驗室有三大項必須學習的基礎實作課程，須全部通過才具備在本實驗室做實驗的基礎能力。這些課程分別是「光學架設實作」、「電子製作實作」以及「Labview 程式與儀器電控實作」，同學可藉此熟悉實驗設備的操作以及研究的方法。

實驗室團隊

整個實驗團隊由汪治平教授、藏滿康浩教授、朱旭新教授領導其研究生，分為數個實驗小組，每個小組由 2-5 人構成，各自有其主要的研究方向。研究人員分為學生及研究助理，研究助理主要的工作為維護雷射與實驗室環境，並提供實驗支援，學生主要負責進行實驗，但也要分擔部分的雷射維護工作。要做實驗的小組會預約時段，並在預約的時段進行實驗。通常學生做實驗的時段排得很滿，雷射會從早上一直運轉到晚上。當學生在進行實驗時，研究助理會待在實驗室旁的辦公室，以免意外發生或著學生需要技術上的協助。



實驗架設過程



雷射通過放大晶體

雷射產生原理

或許有些人對超高功率雷射的產生原理感興趣，會想知道如何產生如此高功率的雷射。實際上，是在雷射脈衝的時寬上動手腳。功率的定義為單位時間的能量輸出，高功率並不代表高能量，把輸出時間壓得很短也可以達到高功率。強場物理與超快技術實驗室即是透過把雷射光的輸出時間壓縮到只有 30 飛秒 (femtosecond, 10^{-15} s)，雖然脈衝能量僅有 3 焦耳，但還是可以

達到 100 兆瓦的尖峰功率。整套系統每秒發射 10 次，所以平均功率只有 30 瓦，僅與一顆燈泡相當。此外，雷射系統包含有四級的雷射放大器，包含第一級的 4 通放大器、第二級的 8 通放大器、第三級的 5 通放大器與最後一級的 5 通放大器。雷射系統將一開始奈焦耳等級的脈衝能量放大到數焦耳等級，整體放大倍率高達 10^9 ，最終得到一百兆瓦的雷射脈衝。

教授訪談 Q&A

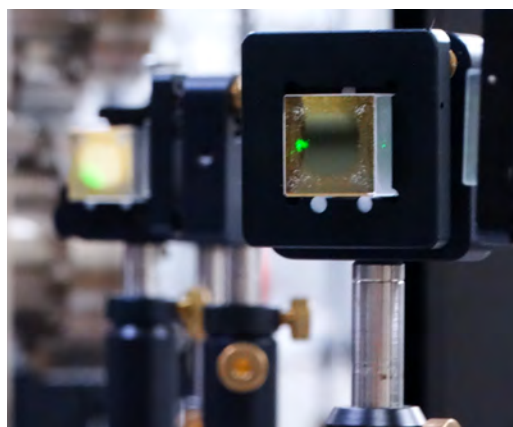
系刊：朱教授請問您當初為何會投入電漿這方面的研究？有得到什麼感想？

教授：當初我其實根本不懂這個領域。當兵完後回來念台大的研究所，誤打誤撞就進了汪治平老師的實驗室。我進去沒多久就參與一個建造十兆瓦雷射的計畫，這是當時台灣最大的雷射系統。

然後我就開始做這方面的研究到博士班畢業。畢業不久，正好當時我們中大劉全生校長與汪老師合作申請教育部卓越計畫通過，由中大提供場地，要建造 100 兆瓦雷射。所以我就順勢進中大當助理教授，一起建造這個實驗室，並繼續做這方面的研究。

強場物理其實與我們一般談的電漿物理與雷射物理有非常密切的關係，強場的場是指電磁場，很強的電磁場就是很強的雷射，所以這是同一回事。超高強度電磁場可以與物質交互作用，將所有東西都游離

為電漿。所以強場雷射做的研究就是雷射與電漿的交互作用。我們把物質游離為電漿後，還可以用雷射光來控制電漿的狀態，包含其溫度密度分布、游離態比例等等，這就是電漿物理。當然電漿物理的範圍非常廣泛，有非常豐富的內容，我也沒有了解全部的領域，主要專心在雷射電漿交互作用這一塊。



系刊：教授您在強場物理與超快技術實驗室有做過什麼比較特別的實驗？

教授：像我以前在原分所，主要是做 EUV(極紫外光)雷射。那個難度蠻難的，前人大部分是做很長脈衝的雷射，一發雷射能量很高，再用雷射去打電漿，電漿會變的很濃，溫度會很高。游離到某個游離態之後，電子會碰撞離子，把內層電子打到高能階，所以就有內層電子的居量反轉，就可以產生雷射。他的原理跟傳統雷射一樣，只是傳統雷射一般都激發最外層的能階，其能量差距不夠大，所以輸出的光子能量不夠大。要將雷射輸出波長縮短到極紫外光，必需要用到原子的內層能階，這是我那時候在原分所做的事，前面蓋好雷射，後面做這個實驗，做出來就能畢業，做不出來就不能畢業。

系刊：您在這個領域做這麼久了，可不可以分享一下您的心得嗎？

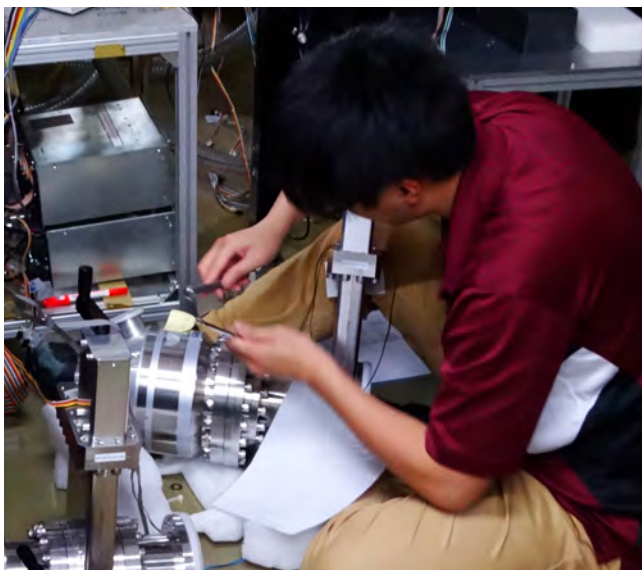
教授：我當初進這個領域，這個領域算是很新的，前端到處都有新的發現、新的進展，所以做起來蠻開心的，感覺好像在人類累積知識的頂層又多加了一點點，直到現在還是覺得很有趣。轉眼 15 年過去，這中間整個領域的進步當然非常多，我們以前整個雷射系統都是自己設計、自己蓋的，到現在如果你的經費夠多，100 兆瓦等級的雷射已經可以直接在市面上買一套。在這十多年所有東西都在進步，雷射科技也在進步。到現在還是有很多興奮的事會發生，因為在做以前沒做過的事。當然我沒有說這件事有多偉大，它可能只是個小東西，但畢竟是自己第一次弄出來的東西，就會覺得很開心。

系刊：如果想要進入強場物理與超快技術實驗室，或想要投入電漿、雷射、強場領域做研究的學生要具備那些能力？

教授：其實我覺得還好，有心想要投入，那進來再訓練。很多碩士班從其他學校進來的學生，完全沒有實驗訓練。我們自己系畢業的學生平均程度比較好，因為上過實驗物理課，系上也鼓勵大家做專題，這些訓練都算不錯，學生都對實驗有些概念。我們做實驗的就是要真正把系統架出來，要讓系統很穩定，可以量到訊號，不會有雜訊或者系統很容易壞掉，所有東西都要做得很堅固。所以一些基本功夫要練好，等到具備基本能力後，才能夠去進攻一個物理問題。

在實驗物理這一塊，水電工的功夫是最基本的。會了基本功夫，下一

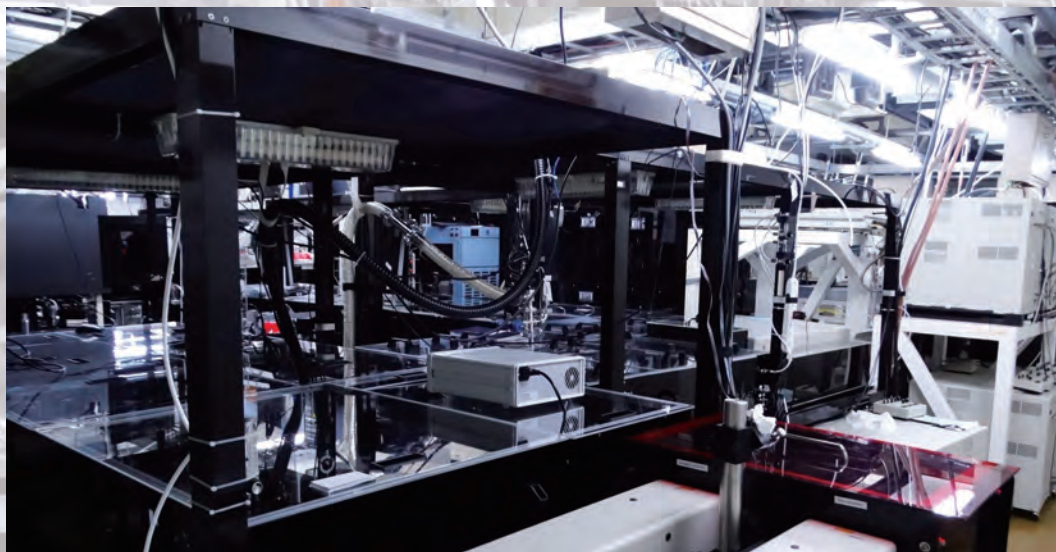
階段要學的是雷射科技與光學實驗技術，這要會測量光的所有性質，例如強度、光譜、偏振等等。這些都是一些基本的控制，有了這些技術才能繼續做實驗。這些事課堂上沒辦法學得，所以也不用學會再進來，只要願意學，進來就會接觸到。但是要學的東西蠻多的，我們強場物裡比較累，除了要有光學的知識，還要有雷射電漿的知識，這樣才能解決相關的物理問題。



研究生正在維護系統

系刊：請問投入這個領域有哪些出路？

教授：第一個當然是學術界的出路，強場物理在國際上是個很重要的題目。就國外而言，很多國家都在做，尤其是歐洲現在做的雷射計畫，是歐盟出錢一起蓋，他們那邊幾乎把人都挖走了，我們這邊跟本找不到人。如果要留在國內，就是要找教職，大概只有我們中大或中研院會聘，因為國內也只有我們團隊在做強場物理。不過，雷射科技的需求則非常多，各大學的物理系、光電系都需要懂雷射的老師，而業界的需求更大，我們實驗室很多畢業生都被挖到本地或中國大陸的雷射公司去了。



兆瓦雷射系統

系刊：有些學生想要進強場物理與超快技術實驗室，您有什麼話想要對他們說。

教授：你如果願意認真學，我們其實都願意收。我們實驗室現在點子多，但執行的人少，如果有興趣的人就歡迎來。我們實驗室的升遷管道沒有障礙，如果做得快、做得好，那不一定要跟著碩士班的學長做，可以反過來由你領導學長做。

實驗室的學習有點像學徒制，我們會把你分配到某一個實驗組裡面。因為我們的實驗比較複雜，通常不是一個人做，執行時現場至少需要兩個人，以控制雷射、擷取資料。我們成立一個實驗組，通常3、4個人以上，由資深的博士班或是碩士班學長帶領。大學部實習生一進來，就是先幫別人做實驗，這等於是趁機學習。先跟別人做，學會控制雷射、擷取資料，等到學完全部，正好變成碩士班，就可以開始主導一個實驗。這是一個健康的循環，有資深的指導、也有資淺的學徒，進來如果跟得

很積極，那就會學到很多東西。如果你學得快、學長動作慢，那你就超過了他，變成你主導一個實驗，這就是我們實驗室運作的生態。對於一位新加入的實習生，要能夠做得開心、並有成長，關鍵在於投入的心力是否夠多，如果很積極，可以很快學會學長教的東西，然後你就可以幫學長做實驗，磨練自己的技術變的更純熟，學長也會更願意教你，這就會進入一個正向的循環，你會進步很快。反之，如果投入不足，三天打魚兩天曬網，就會很快掉入負向的循環。因為我們不像教學實驗室，東西做不出來只是分數低，我們是有研究計畫要執行，所有東西都有截止日期，研究生也有畢業期限。因此，如果你的進度太慢，學長等不及就會自己做，下一次你就會發現自己無事可做，最後很快就無疾而終。

系刊：教授您對於出國進修有什麼樣的看法？是一定要出國還是台灣的資源已經足夠了？

教授：我覺得這是眼界和文化衝擊的問題。這幾年國家比較沒錢，研究資源投注減少。但就我們研究室來講，累積下來的研究設備、儀器是不會輸給其他地方的，所以就研究資源來講是不會輸國外。但我覺得出國進修的那種文化刺激、眼界的開闊對個人是有幫助的。像我的出國經驗就比較少，只能靠出國開會或交流參訪增加經驗。要出國趁現在年輕單身比較容易，像我現在結婚還有小孩，長期要出國事情會複雜很多。出國不是必須，但有這種經驗是很好的。



The door of air shower

系刊：請教一下學界跟產業界之間的資訊會有交流嗎？

教授：我覺得交流的管道要自己去找，正式管道像是商展、企業徵才、講座等。如果學生主動去參加就會有很多資訊。廠商在展覽時就可以去逛，不懂就發問，主動一點，就會知道現在業界的脈動。參加研討會不要只是去聽演講，通常旁邊也有商展，可以去了解一下，另外像是畢業徵才這種的活動也要多去。甚至如果已經確定畢業後想要就業，那就可以趁寒暑假先去找大公司當實習生，不是為了賺打工錢，而是為了瞭解產業、瞭解市場。

磁性超導 奈米物性

Magnetic Superconductor

Nano property Laboratory

實驗室

教授介紹

撰文：顏君健、蔡承諭

李文献教授為現任中央大學教授，是東吳大學物理學系學士，也取得美國波士頓東北大學物理系博士學位。研究領域為凝態物理，包含磁性超導、中子散射、低溫技術，以及拉曼散射，主要是材料物理，研究各種材料的物理特性。至於中子散射的研究計畫，於 2005 年於台灣與澳洲簽定中子



束應用研究雙邊協議，由國科會委任中央大學李文献教授與其他參與教授們，與澳洲核子與科學技術組織 (Australian Nuclear Science and Technology Organization, ANSTO) 簽定服務契約後，開始了台灣第一座冷中子三軸散射儀 -SIKA 的興建計畫。



使用 X-ray 繞射儀器

實驗室介紹

中子束實驗：材料方面主要以多鐵的薄膜與塊材，研究磁對於做一則專題實驗，選擇適當的儀器，以及如何觀察、如何記錄好實驗數據是很重要的，因為凝態物理最注重分析數據，學習如何從量測的數據中了解其物理意義，所以適合的儀器架設往往是成功的關鍵。在研究奈米物性實驗中，如何使物質奈米化是實驗的第一步，可以利用熱蒸鍍法達到物質奈米化，接著可以利用 X-ray 與拉曼光譜儀分別觀察材料的結構與表面。以鈉電池實驗來說，了解電池充放電前後結構的變化，是影響改良電池的重要因素，所以可以利用上述方法分析電池的結構變化。

奈米材料：研究物質奈米化後，奈米顆粒的磁性與超導性，以及物質奈米化前後，物理性質的比較。舉一個實際應用，奈米氧化銅為半導體，據研究指出，試圖將葡萄糖加入奈米氧化銅，藉由控制氧化銅的氧化程度，來調控其導電性，可以用來製成血糖試紙，作為醫療用途，藉由測量電阻、電阻梯度變化率，測量血糖。也調控氧化銅的大小、氧的含量、聚合密度 (packing fraction)... 等變因以追求精確、少量、重複性。



鈉電池充放電測量實驗

鈉電池：因為鋰金屬昂貴，鋰與鈉同為鹼金屬族，猜測其性質類似，因此欲發展以鈉離子代替鋰離子製成電池，但鈉離子半徑較大，電荷載子較大，容納電荷載子的孔洞就要比較大，需要找到擁有較大孔洞，足以讓鈉離子出入的材料。實驗室與佛羅里達大學化學系合作，以普魯士藍與其同構物作為電基板，其功能的好壞必定跟結構有關，所以藉觀察普魯士藍充放電前後結構的變化、並不斷嘗試不同的組成及結構缺陷，試著改變環境溫度、濃度、化學溶液濃度、攪拌速率、磁場...等外加變因，以追求電池最佳充電效益及回充性。

實驗室的設備

對於做一則專題實驗，選擇適當的儀器，以及如何觀察、如何記錄好實驗數據是很重要的，因為凝態物理最注重分析數據，學習如何從量測的數據中了解其物理意義，所以適合的儀器架設往往是成功的關鍵。在研究奈米物性實驗中，如何使物質奈米化是實驗的第一步，可以利用熱蒸鍍法達到物質奈米化，接著可以利用 X-ray 與拉曼光譜儀分別觀察材料的結構與表面。以鈉電池實驗來說，了解電池充放電前後結構的變化，是影響改良電池的重要因素，所以可以利用上述方法分析電池的結構變化。



圖【上】熱蒸鍍法：使用物理的熱蒸鍍法，利用加熱的方法，將欲蒸鍍的材料加熱直至汽化昇華、並使此氣體附著於樣本上，藉此重新凝結，使樣本鍍上奈米薄膜。

圖【下】PPMS(物理特性量測系統)：提供 $-9\sim 9\text{ T}$ 的磁場、 $1.8\sim 350\text{ K}$ 的溫度，可以測量奈米粒子的電阻、磁化率、磁矩、比熱、霍爾效應... 等物理性質。





圖【上】X-ray: 利用 X 光繞射現象觀察材料的結構，透過 X 光的繞射可以進一步間接地從原子的尺度 (約為 10^{-8} cm 左右) 來探知物質內部的微結構。這是一個非常重要的技術，讓實驗觀測可以達到更小的尺度。

圖【下】拉曼光譜儀：綠光雷射，可以用來觀測材料之表面。當激發光照射到物質上時會產生散射現象，而有散射光的產生，因為分子的振動與轉動，從拉曼光譜中，可以得到分子振動能階與分子角動量能階的資訊。所以分析拉曼光譜的頻率、強度、偏振性等，可以知道物質的表面結構。



教授訪談 Q&A

系刊：教授，如果我們要往老師的研究領域走的話，應該要準備些甚麼？

教授：我比較注重的部分主要有三點：興趣、獨立思考、團隊合作。我希望學生對我們所研究的領域是有興趣的，願意花多一些時間在自己的研究上，我希望學生能夠自主學習、發現、思考，對自己所研究的東西抱有熱忱，勇於嘗試去探索未知的領域，從挫敗中學習。關於實驗方面，我覺得技術學習能夠依靠前人的經驗，多向學長姐請教、自己練習即可，重要的是要懂得獨立思考，懂得從實驗數據中讀出隱含的訊息，賦予數據物理意義，去瞭解物理、想物理，讓數據說話。最後，要懂得多和人討論，和學長姐、老師、同學都可以，實驗室是個強調團隊合作的地方，不要當獨行俠，對於大學部、碩班的同學，我希望至少要熟悉自己領域的相關知識及實驗技術，對於博班的同學，我希望能夠了解整個實驗室的各項計畫，以開拓學生對物理的視野。

系刊：教授你曾經在國外生活過，請問你對在外留學有甚麼看法？

教授：我覺得國外生活其實是比較辛苦的，尤其是第一年，可能因為環境、文化上的差異加上語言溝通等問題，對於亞洲學生而言，需要比較多時間去適應國外生活。另外，我覺得國內外最大的差異在於風氣與「敬業」的精神，國外的社會比較注重「身分」，例如：當一位研究生，就應該努力的做好研究專題的實驗；當一位教師，就認真的準備授課教材及培養學生。我勉勵各位同學們能夠學習國外踏實、務實的精神，別一味地追求卓越，而亂了自己的步調，認真做好自己的本分，我也支持同學們去國外開拓眼界，體驗不同文化的生活。

李文献教授與實驗團隊

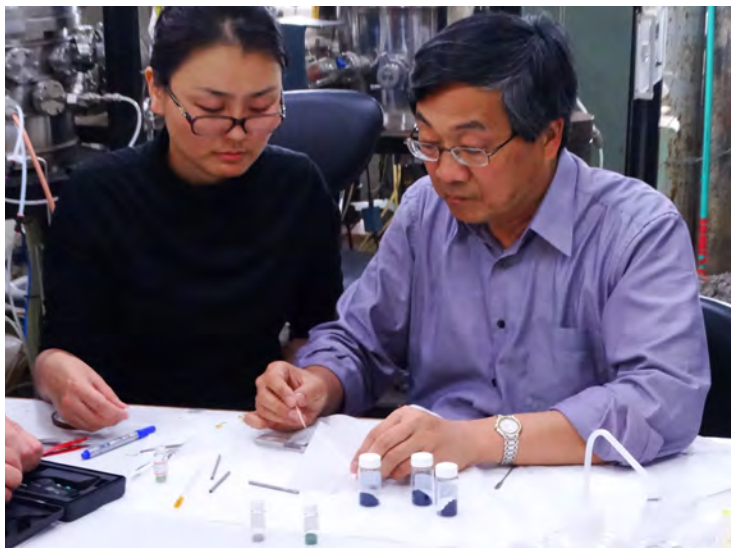


系刊：實驗研究應該具備？

教授：由於凝態物理多半都是在分析實驗數據，所以我希望學生能夠從實驗中學習如何從數據裡讀出有用的資訊，賦予數據意義，並了解其中的物理。再來，應該要常常與人溝通，學習如何與他人合作，多與人討論，因為研究並非個人的單打獨鬥，而是團隊合作，唯有團結，才能讓實驗團隊更有效率的運作，學生們也能學習到更多，開拓對物理的視野。

系刊：教授，想請問您的求學經驗？

教授：我是從東吳大學物理學系畢業的，當年成績中等，並不是非常卓越，一開始對天文物理有興趣，而想要進一步認識關於天文物理的研究及知識。之後大學畢業後，便申請到美國波士頓的大學念書，第一年主要在練英文、念書，由於經濟能力有限，所以生活有些辛苦，時常以醬油麵作為正餐，但其實當時也不覺得辛苦，只顧著專心地念書。一年後，因緣際會下，進入一位做半導體光學老師的實驗室。剛進入實驗室時，老師給了我台 AppleII，並給了我第一個實驗—親手做出一台光譜儀，我當時覺得蠻有趣的，於是便開始著手我的實驗，在過程中，我發現最重要的部分在於如何控制變因、如何分析數據。從中學學習到了親自動手實驗的樂趣，找



與學生討論情形

資料研讀後的喜悅，學習到自學的能力。之後持續著手於超導體的研究，並有幸參與了中子束實驗，到美國優秀的大型實驗室，大開眼界。回國後，也協助政府簽訂台澳中子散射實驗計畫，於澳洲雪梨架設三軸中子散射儀器，之後也開始研究凝態物理、奈米物理等領域，直到現在。

系刊：教授對於物理的看法？

教授：當初選擇物理系是因為對於物理有所憧憬，由於當年量子物理的蓬勃發展，使得大家對物理懷抱著夢想。物理所涵蓋的範圍十分多元，觸及許多工程背後的原理，不論是哪個領域都有它有趣的地方，我認為重點在於是否敢踏出第一步與有心做實驗。對教授來說，實作是最重要的，唯有親自去投入、探索物理，才能體會出其中的有趣及奧妙。

“Do not miss any chance, just do it.”

系刊：教授對於中央物理系的看法？

教授：我覺得許多自己及系內同仁有時太注重學術研究，常常忽略大學部的學生，包括我自己，都應該花多一點時間在大學部的同學身上，提供大學生更優渥的實驗資源。我也希望學生們可以舉辦活動，邀請教授們參加，以拉近師生間的距離、增進系內的感情。另外，我希望學生可以及早進入實驗室，不一定要等到碩士、博士，只要有興趣，有熱誠都可以開始進實驗室研究，好好跟著學長姐學習，我都相當歡迎，同時也鼓勵學生應要好好把握系上豐富的學術研究資源，主動積極爭取，期待系上能夠建立起積極向學的正面風氣。

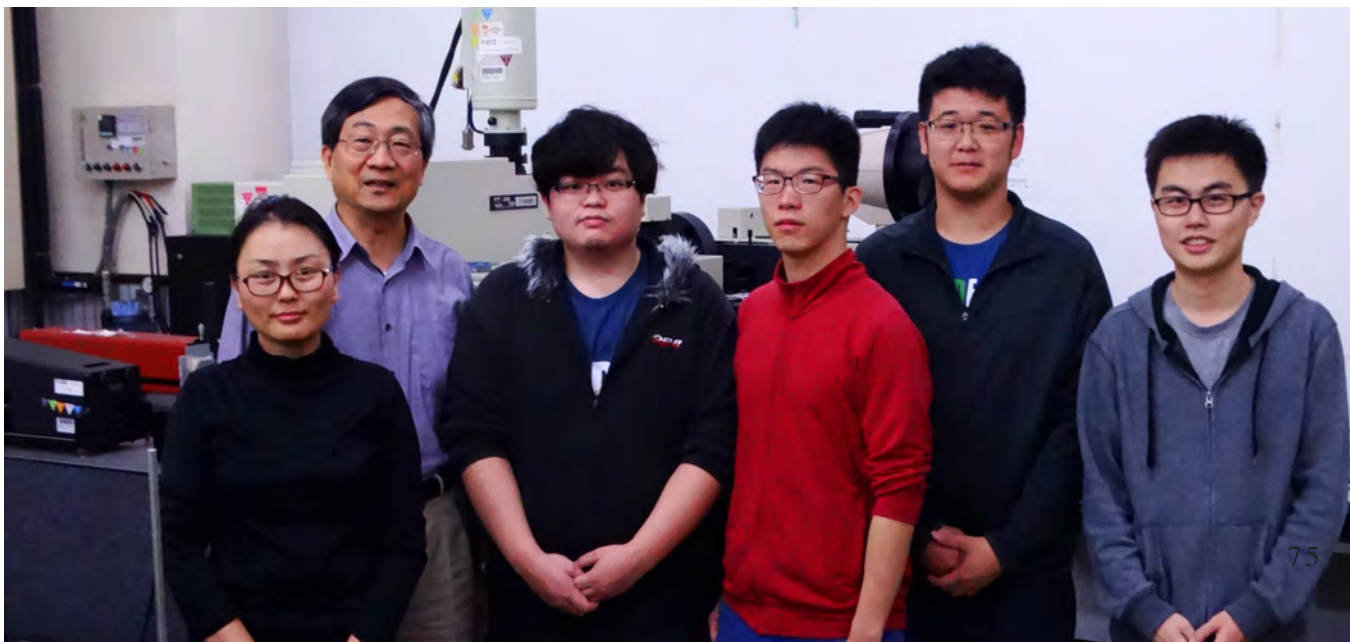
系刊：教授對於中央大學環境的看法？

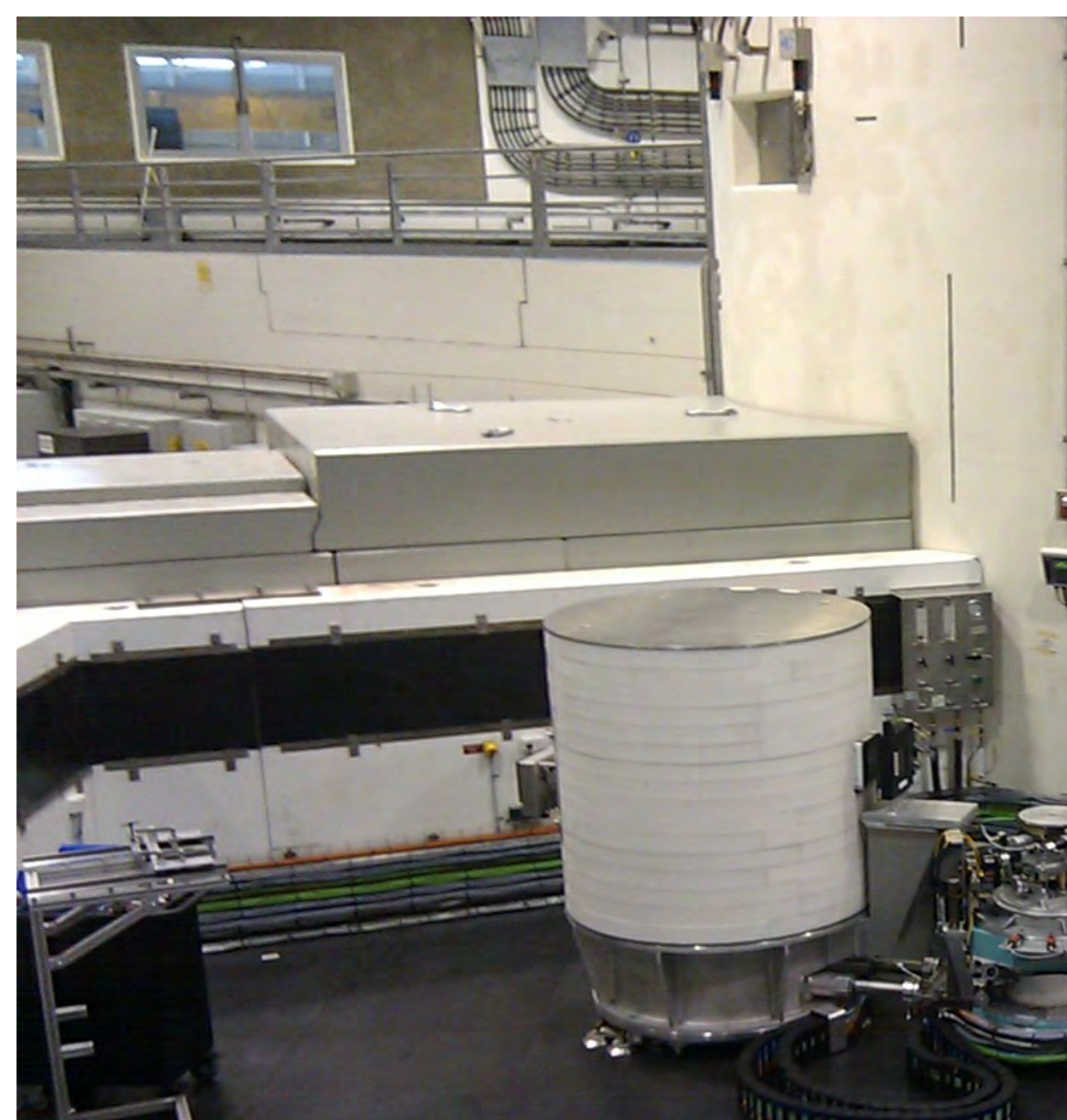
教授：我覺得中央大學的校園清幽，是中壢的世外桃源，校園內擁有許多優美的景致，環校道路內擁有兩大草坪供師生接觸大自然，也是學生舉辦活動、朋友野餐、遊客玩樂的好地方，位於科四旁的中大湖提供師生課業研究繁忙之餘散心的良處，我甚至認為台大、成大的校園都沒有我們漂亮，大家應該好好珍惜我們的校園。另外，我認為讀大學並非只是為了學術知識拓展、追求卓越，而是透過不斷認識自己，找到自己的生涯方向、結交一生的摯友。中央大學提供我們宜人的校園，我們應該懂得「享受」大學校園的氣氛。

系刊：教授的期許及勉勵？

教授：我覺得學物理，應該是去探究物理，探索物理，親自去體會物理，享受其中的奧妙。人生並不需要擔心太多，因為你總是得不到未來的答案，只要不違背自己的原則，選擇自己所喜愛的道路去探索，不要因為過度的擔憂而放棄任何機會，只要做你自己，擇你所好，擇你所愛，克盡職守，盡心盡力。遇到困難時，不要給自己太大的壓力，不要勉強自己，順著環境走，不要因害怕而駐足不前，人生本來就無常，生命自會找到出口，倘若仍有所迷惘，就交給際遇吧！我們碰到了什麼，就說什麼，隨心所欲，隨遇而安，就順著自己的心意而活吧！

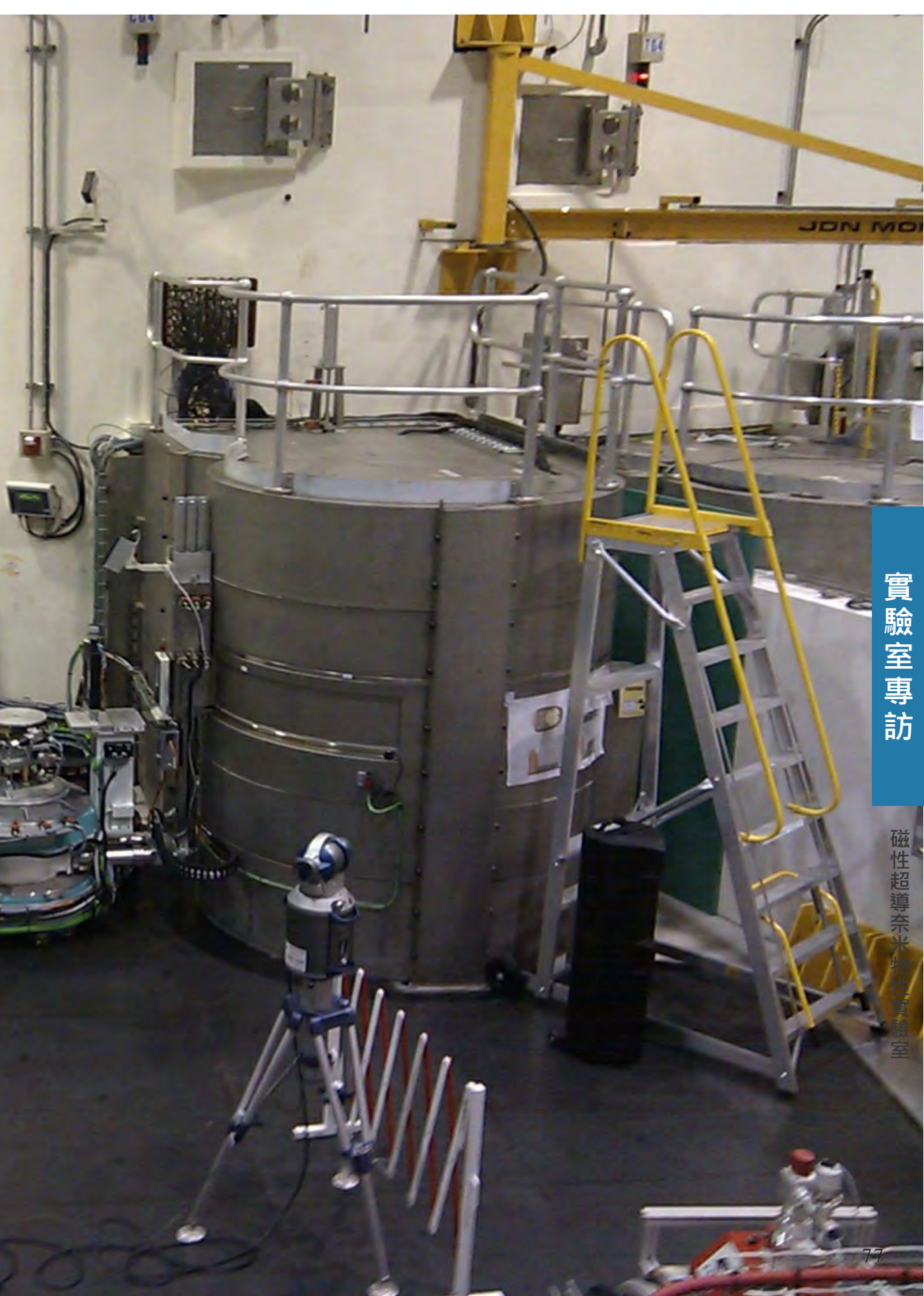
實驗團隊與李文献教授【左二】合影





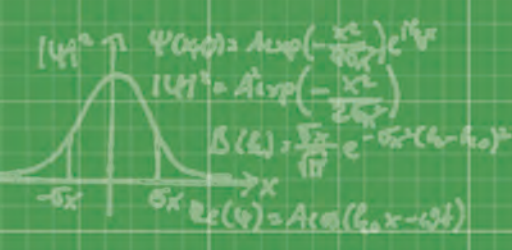
澳洲核子與科學技術組織 (ANSTO) 三軸中子散射儀器

於 2005 年於台灣與澳洲簽定中子束應用研究雙邊協議，此儀器的設計與興建工程是由李文献教授負責，在 2012 年 10 月完工。教授也承接後續的運作與維護工作，更協助國內外中子束相關研究團隊執行中子實驗。

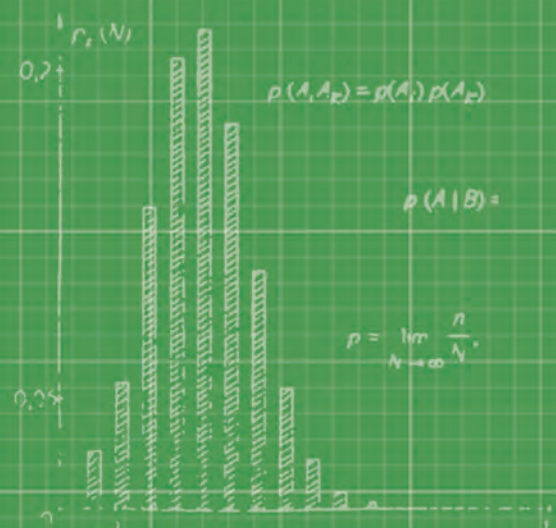


實驗室專訪

磁性超導奈米物性實驗室



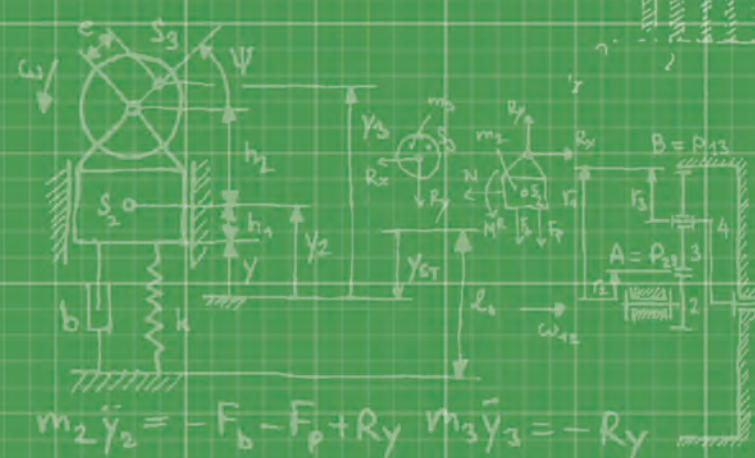
$$\Phi = m c \Delta t$$



$$p(A, A_2) = p(A_1) p(A_2)$$

$$p(A|B) = \dots$$

$$p = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}$$



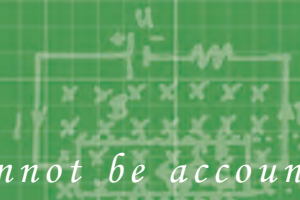
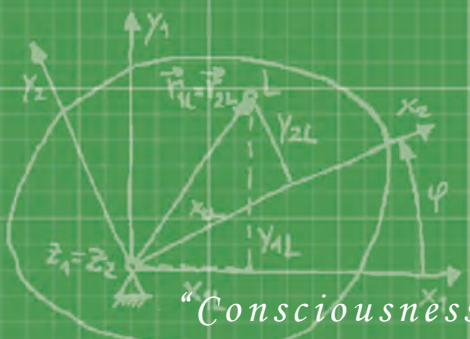
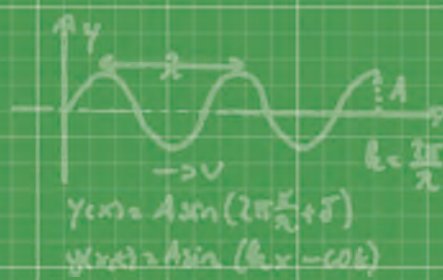
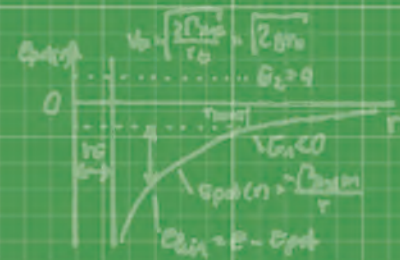
$$m_2 \ddot{y}_2 = -F_b - F_p + R_y$$

$$m_3 \ddot{y}_3 = -R_y$$

$$\omega_{14} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \omega_{12}$$

$$\omega_{43} = \frac{r_1 r_2}{r_3(r_1 + r_2)} \omega$$

$$p_{24} = \frac{\omega_{14}}{\omega_{12}} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$



$$U_m = -\int \mathbf{J} \cdot (\frac{\mathbf{A}}{r}) d\tau$$

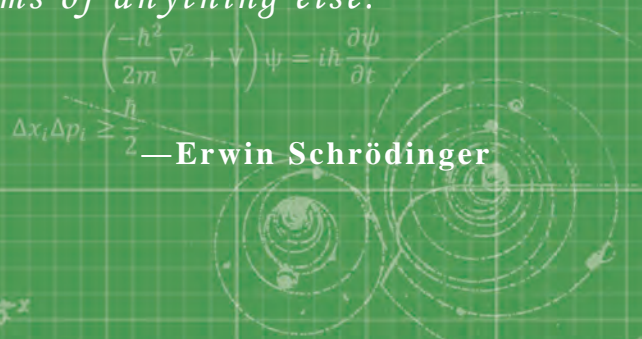
$$U_m = \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{v} dV dt$$

$$I = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times \mathbf{A}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum \mathbf{I}$$

"Consciousness cannot be accounted for in physical terms. For consciousness is absolutely fundamental. It cannot be accounted for in terms of anything else."

$$\vec{u} = \int \vec{v}_2(\vec{r}_2) \vec{r}_2 dV$$





$$F = m_1 g + 2T$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} \frac{db}{db}$$

$$= \frac{(m_1 - m_2)g}{(m_1 + m_2)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{(m_1 + m_2)}}$$



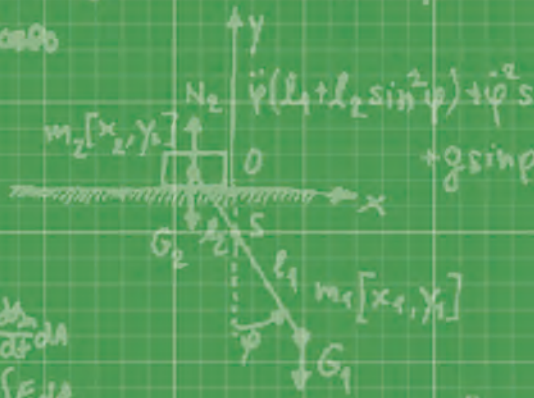
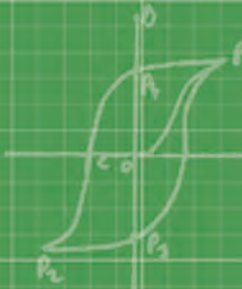
$$E_{pot} = C \cos \alpha \cdot h$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g y_0 = \frac{1}{2} m v^2 + m g y$$

$$\cos \alpha_0 = 1 - u$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g h = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

$$h = l - l \cos \alpha_0$$



$$\nabla B = 0 \quad \oint E dl = -\frac{d}{dt} \int B_{ind} dA = -\frac{d\Phi}{dt} dA$$

$$\oint B dl = \mu_0 I = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E_{ind} dA$$

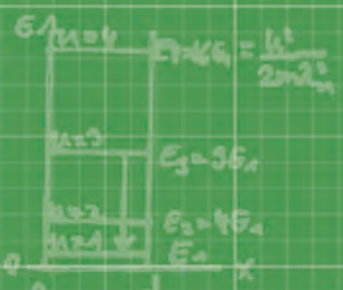
$$DD = g \quad DDC = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint E_{ind} dt = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

$$\oint B_{ind} dA = 0$$

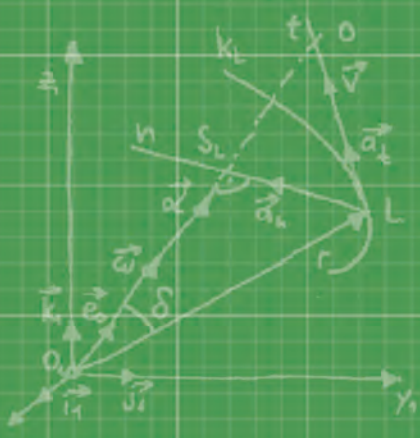
$$E = cB$$

x_{1L}	$\cos \varphi_2$	$-\sin \varphi_2$	0	0	x_{2L}
y_{1L}	$\sin \varphi_2$	$\cos \varphi_2$	0	0	y_{2L}
z_{1L}	0	0	1	0	z_{2L}
1	0	0	0	1	1

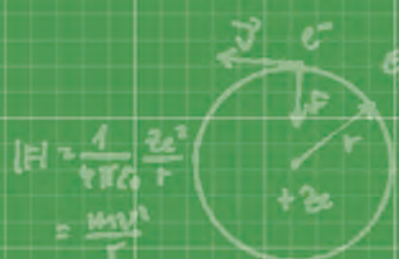


$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

$$E_{max} = \frac{\hbar^2}{2m d^2} = \hbar^2 E_1$$



研究特輯



$$E_{pot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{pot} = -2E_{kin}$$

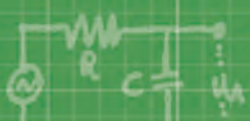
$$E_{pot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin \delta = \omega r$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$= \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$\omega = 2\pi f$$



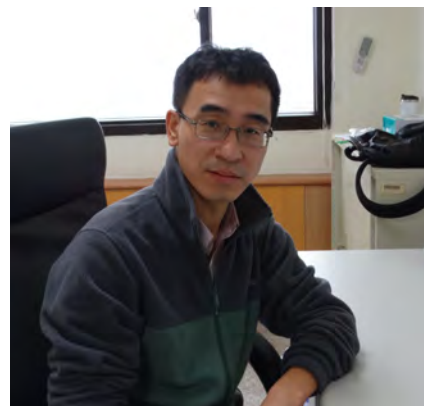
細胞生物物理與 非平衡物理實驗室

Cellular Biophysics and Nonequilibrium Physics Lab

教授簡介

撰文：李明晏

田溶根 (Yonggun Jun) 教授來自韓國，碩士之前的學習都在韓國完成，他在美國匹茲堡大學完成博士學位及博後研究，研究二維紊流相關的物理。接下來則到以色列的科學研究組織進行軟物質的研究。以色列的工作結束後，教授到加拿大非平衡熱物理的研究以及到美國加州大學洛杉磯分校 (UCLA) 從事生物物理相關的研究，這也是現在教授主要研究的兩個領域。



研究項目

教授的研究分別有兩個領域，一個是非平衡熱物理 (non-equilibrium thermal physics)，另一是生物物理 (biophysics)。非平衡熱物理是近幾年出現的研究，故研究相關人員相當稀少；而生物物理的部分，由於應用較廣泛，不單只有生物物理學家，生物學家及醫療人員對該領域的研究也不在少數。

非平衡熱物理主要研究的部分是關於小尺度的熱物理，觀察在粒子 $1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 的情況下，容易受到熱擾動而產生的行為；此外，利用電腦的模擬，了解熵 (entropy) 跟能量 (熱) 的對應關係。在實驗部分，則可以透過加入回饋的機制，使得熵降低。

生物物理部分則是專注於細胞中由動力蛋白 (dynein) 及制動蛋白 (kinesin) 組成之分子馬達的運動行為 (見上圖)。這種線性分子馬達有兩功能，一種是運輸細胞內的蛋白質，另一是在細胞分裂中，推動細胞分裂的動力。運輸的部分，是討論蛋白質在細胞中被產生後，如何將產物送至目標；分子馬達藉微管 (microtubule) 在細胞中建立的網絡，輸送蛋白質 (左圖藍色物體) 至指定地點，速度較快也較為精準，是主動輸送的模式。在細胞中，分子馬達的行為較為複雜，透過訊號的傳遞模擬細胞內部狀況，了解分子馬達性質，進而控制。

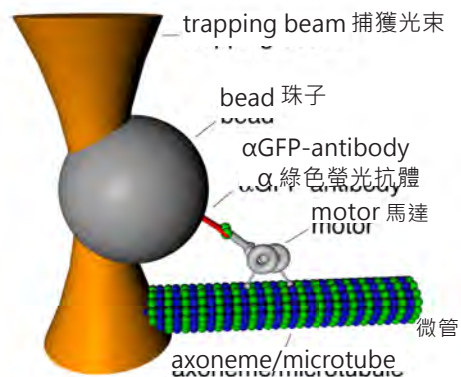
實驗設備

大部分的實驗器材以光學為主，其他則為一些生化及生物的培養設備，培養脂肪細胞 (lipid) 作為蛋白質的產生源。生物物理實驗主要為活體外 (in vitro) 的實驗，藉由控制活體外物質實驗設備主要為下列這兩類：

(一) 光阱 (optical trap)：

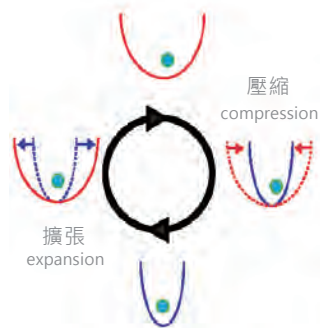
利用高度聚焦雷射在光束中心有極大的電磁場梯度，因此介電質顆粒會被束縛在光束最窄的地方，透過電磁場產生的梯度力將粒子固定。

在生物物理的實驗中【右圖】，將分子馬達連接在粒子上，將粒子與微管連接後，施一相反方向作用力，我們會改變馬達運動的方向，因此光阱就可量出分子馬達的作用力，也藉傳送不同訊號 (蛋白質) 給分子馬達，量測訊號對力的影響。



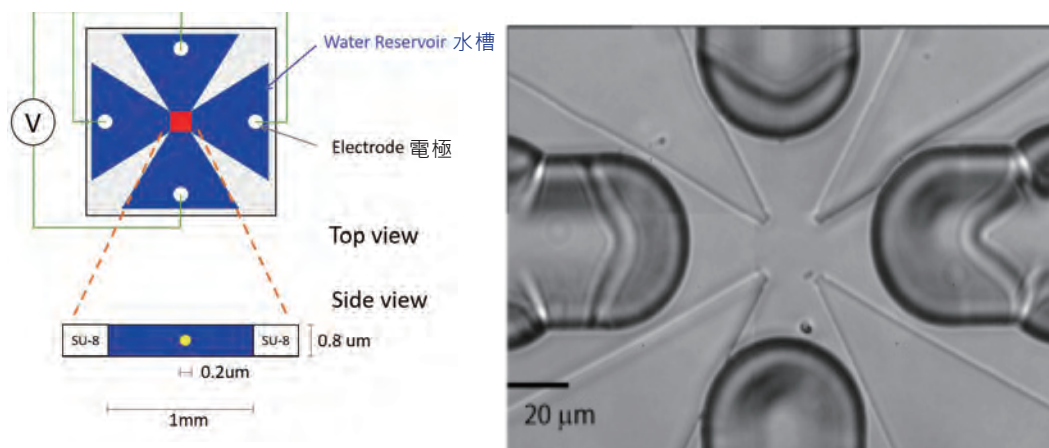
圖片來源：<https://valelab.ucsf.edu/research/coretechnol/rescore-opttrp.html>

光阱也會使用在非平衡熱物理的研究中，以左圖做為例子，將粒子束縛在光阱後，我們可以控制光阱的剛度 (stiffness, 紅線或藍線) 去模仿小尺度下的絕熱壓縮或膨脹。目的是為研究熱擾動理論中，一些時間累積的參數 (time-accumulating), 如：熱 或 功 (work) 對於機率分布的影響。



(二) 反布朗運動電捕獲 (ABEL-Anti-Brownian ELectrophoretic Trap)

藉由即時的回饋系統 (real-time feedback system) 如圖【左下】，圖【右下】為實驗圖，周圍四個有陰影的是電極，中間區域為捕獲的範圍，ABEL 捕獲是讓帶有螢光的粒子，以影像紀錄的方式監測粒子的運動，再用電場給予一個與布朗運動相反的作用力回饋於粒子上，使得該粒子可以控制在一定範圍內活動。此技術會發展的原因是因為光阱的捕獲能力跟大小成正比，當粒子的大小小到奈米尺度時，光阱無法束縛，這項技術多用於生物物理方面。



圖片來源：<https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-16-10-6941>

實驗計畫

非平衡熱物理部分，將研究資訊及熱力學的連結性，以及討論小尺度的熱力學系統。在生物物理部分，將會專注於制動蛋白 (kinesin) 如何移動，以及它如何可以持續行走如此長的一段距離。

```
Module[{P, η, Δ, Δg, Δc, Δp, Δc, spacounit, midp, mide, widp, wide, ω13, tδ, l, ap, ac, aaa, bbb},
  spacounit = 1;
  l = N[ $\frac{10 \times 10^{-3}}{\text{spacounit}}$ ];
  ls = Chop[N[c *  $\frac{\text{timounit}}{\text{spacounit}}$ ]];
  midp =  $\frac{\text{midpr}}{\text{timounit}}$ ;
  mide =  $\frac{\text{midpr}}{\text{timounit}}$ ;
  widp =  $\frac{\text{widpr}}{\text{timounit}}$ ;
  wide =  $\frac{\text{widpr}}{\text{timounit}}$ ;
  tδ =  $\frac{\text{tDownIn}}{\text{timounit}}$ ;
  ω13 = N[ $2 * \pi * \frac{\text{Abs}[EJ] * \text{koV}}{h}$ ];
  Γ =  $\frac{\text{Log}[2]}{\text{HalfLifeTime}} * \text{timounit}$ ;
  η =  $\frac{\text{OD} * \Gamma}{2 * l}$ ;
  Δp = ProbeDetuning * Γ;
  Δc = CoupleDetuning * Γ;
```

$$h_p = \text{Abs} \left[\frac{2 \pi * \text{timounit}}{h} * \sqrt{\frac{2 * 2p * 10^4}{c * c}} * \sqrt{2} * \sqrt{2 \pi} * \sqrt{\frac{(Lp + 1)}{Lp}} * \frac{\left(\frac{\omega_{13}}{c}\right)^{Lp-1}}{(2 * Lp + 1)!!} * \sqrt{2P * 1.79 * \mu^2 * (10^{-15})^{2 * Lp - 2}} \right];$$

$$h_c = \text{Abs} \left[\frac{2 \pi * \text{timounit}}{h} * \sqrt{\frac{2 * 2c * 10^3}{c * c}} * \sqrt{2} * \sqrt{2 \pi} * \sqrt{\frac{(Lp + 1)}{Lp}} * \frac{\left(\frac{\omega_{13}}{c}\right)^{Lp-1}}{(2 * Lp + 1)!!} * \sqrt{2P * 1.79 * \mu^2 * (10^{-15})^{2 * Lp - 2}} \right];$$

```
{Print[l/hc];
Print[OD * t / hc^2]};
Do[{ , #1 ] =
   $\frac{hc}{2} * \left( \left[ \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOnI}}{\text{Speed} * 0.25} \right] - \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOffI}}{\text{Speed} * 0.25} \right] \right] * \cos[\eta] + \left[ \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOnJ}}{\text{Speed} * 0.25} \right] - \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOffJ}}{\text{Speed} * 0.25} \right] \right] * \sin[\eta] + \left[ \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOnJ}}{\text{Speed} * 0.25} \right] - \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOffJ}}{\text{Speed} * 0.25} \right] \right] * \cos[\eta] + \left[ \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOnI}}{\text{Speed} * 0.25} \right] - \text{Tanh} \left[ \frac{t - \text{tOffI}}{\text{Speed} * 0.25} \right] \right] * \sin[\eta] \right) * \text{If}[\text{tOn} == 1, 0 + \text{gradient} * \frac{1}{\text{Speed}}, \frac{1}{\text{Speed}}]$ 
```

理論量子光學

研究室

教授簡介

撰文：廖致超

廖文德教授去年八月來到中央大學物理系擔任助理教授；研究領域為理論量子光學。大學就讀於彰師大物理系，碩士於清華大學，之後前往德國海德堡攻讀博士學位。

教授風格：

教授的個性使得他常常有一些新奇的想法，並喜歡接觸多方面的知識；因此，他的研究題目取材相當豐富，博士班時期就曾將結合研究題目與日常生活看到的系統，也會在別人的演講中擷取一些元素，組合成新的題目或產生新的想法。而量子光學的難度適中，有時候需要一些稍瘋狂的想法來解決問題，符合教授的個性特質，也因為喜好相當多元，所以跨領域的研究也不占少數。



招募對象

歡迎有想法、想像力的學生，希望可以組成一個想法多元的團隊。教授設計了不同的題目給不同年紀的專題生及研究生：專題生主要是做 BEC、量子記憶體、共振腔...等等的基本了解；碩士班的題目則進行應用的研究；如在 BEC 中產生一顆雷德堡原子 (Rydberg atom)，觀察其對 BEC 動力學的影響，或是利用磁來控制 X 光記憶體等等。

研究項目

量子光學主要研究在量子尺度下光輻射的產生，研究其相關的行為、傳輸和統計性質，以及光與物質交互作用的物理。量子光學是從量子電動力學 (Quantum Electrodynamics) 發展而來，也與雷射全量子理論，冷原子物理 (其中的 Bose-Einstein Condensate，玻色 - 愛因斯坦凝聚態) 等等其他領域的物理有關，使得量子光學中可接觸的題材非常多元，未來可能也將探討結合生物系統相關的研究。

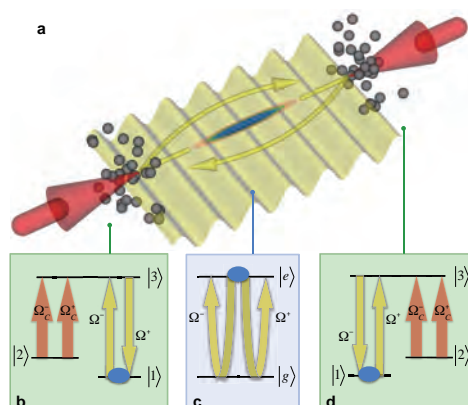
光學傳輸：

以 X 光做為主要研究對象，舉例來說，當 X 光照射在鐵靶上，鐵靶移動時所造成吸收光譜的都卜勒效應 (Doppler effect)，令吸收頻率產生改變，因此，若利用大量且速度不同的鐵靶，不同吸收頻率的組合，就可以完整儲存整段的光訊號。

光學行為：

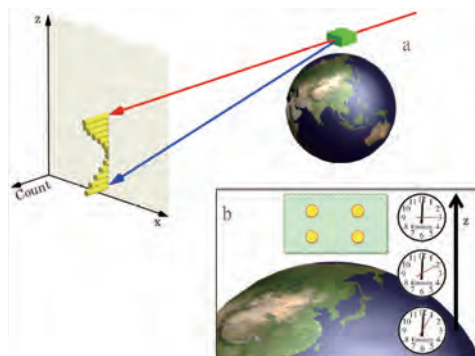
在重力透鏡效應的影響下，重力場的大小影響光線的彎曲程度。對此，教授以固定住的原子核晶體來探討地球重力場造成 X 光彎曲的研究，並得出造成可觀測偏折角的參數範圍。

圖【右】(a) 灰色的原子為可全光學操控之原子鏡，中央長型雪茄狀氣體為玻色愛因斯坦凝聚。圖中黃色箭頭代表玻色愛因斯坦凝聚所放出之光子在兩原子鏡間來回反射，並被玻色愛因斯坦凝聚多次吸收與放射。



光與物質作用：

以 BEC 及原子氣體團模仿光繞射實驗：BEC 取代光源，原子氣體團取代光柵；當處於激發態 BEC 經過兩團氣體之間，因能階躍遷而放出光子，且光子在兩團氣體間來回反射並被 BEC 重複吸收放射，可以研究 BEC 的相位跟干涉性。



圖【右上】：(a) 原本光線的行進方向應該為紅線標記的路徑，但在地球的重力影響下，光線的行進方向會轉至藍線的路徑。(b) 根據廣義相對論的描述，重力越大的地方時間越慢。由此可推論在地球上靜置的晶體中，越靠近地表晶格點上的原子核感受時間越慢。

研究計畫

1. 新型態的 x-ray 及光學光子耦合介面。
2. BEC 在隨機位勢 (random potential) 變化時，擴散情形的改變
3. 利用量子光學方法控制綠色螢光蛋白的量子態及光吸收行為。

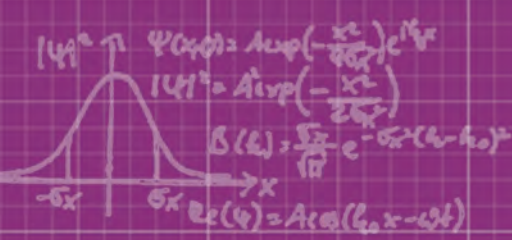
聯絡方式

電話：(03)4227151 ext 65383

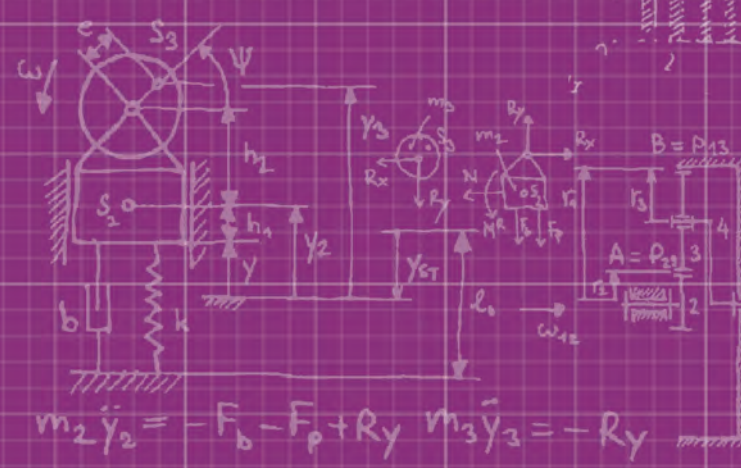
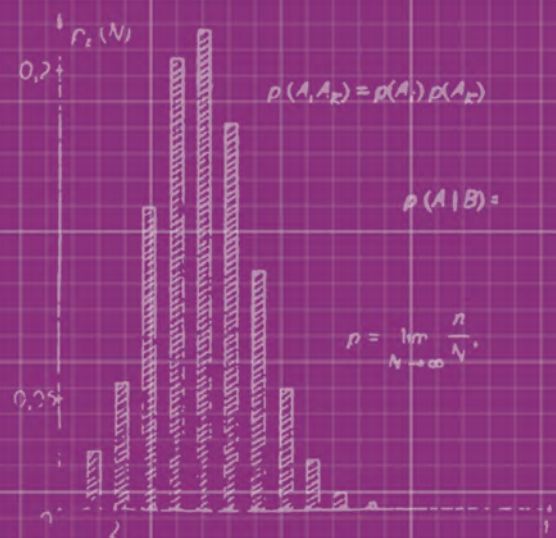
信箱：wente.liao@gmail.com

網站：<http://wenteliao.wix.com/wente-liao-ncu>

研究室：S4-611



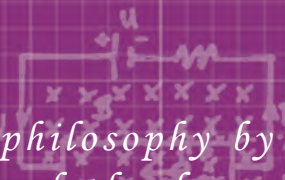
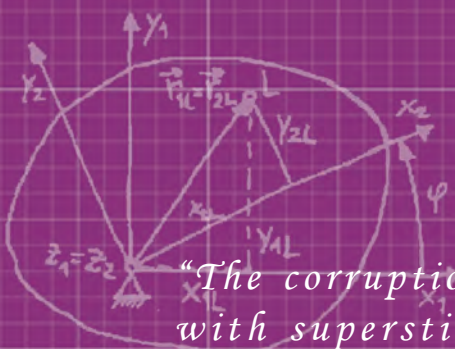
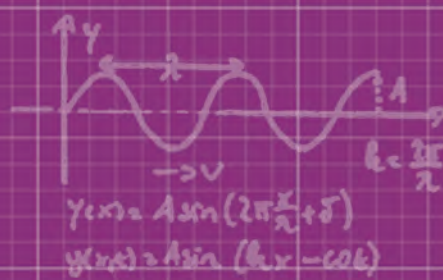
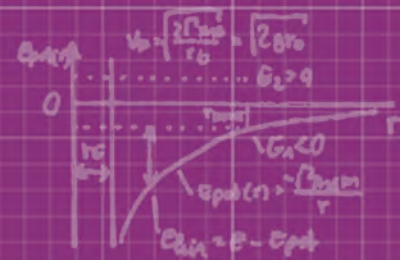
$$Q = mc\Delta t$$



$$\omega_{14} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \omega_{12}$$

$$\omega_{43} = \frac{r_1 r_2}{r_3(r_1 + r_2)} \omega_{12}$$

$$p_{24} = \frac{\omega_{14}}{\omega_{12}} = \frac{r_2}{r_1 + r_2}$$

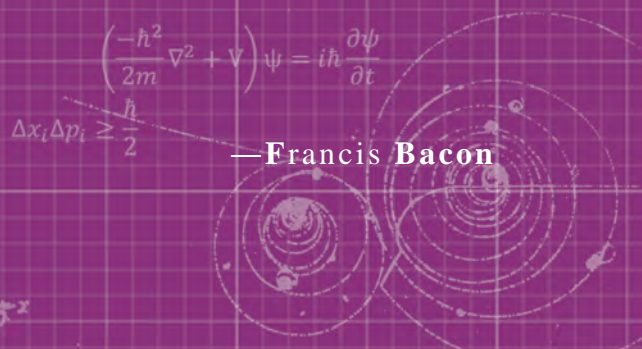
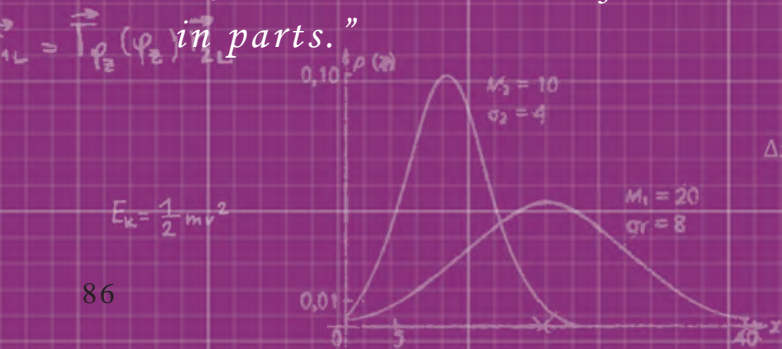


$$d\vec{u} = -\vec{j} \cdot \left(\frac{\vec{u}}{c}\right) d\vec{e}$$

$$d\vec{u} = \vec{E} \cdot d\vec{v} + d\vec{v} \cdot \vec{B}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$$

"The corruption of philosophy by the mixing of it up with superstition and theology, is of a much wider extent, and is most injurious to it both as a whole and in parts."



—Francis Bacon

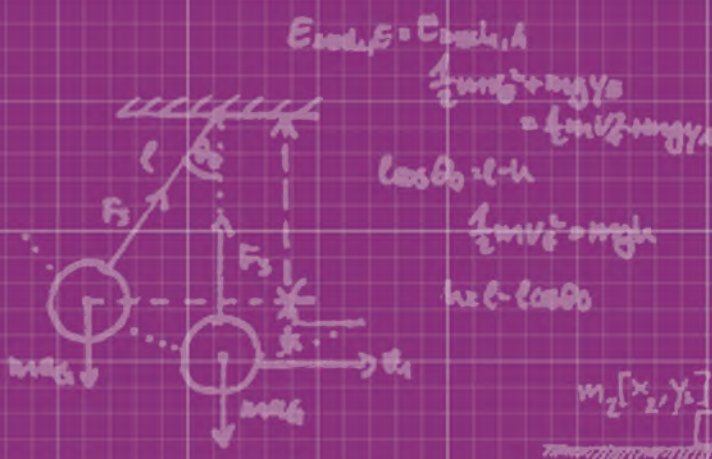


$$F = m_0 g + 2kx$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt}$$

$$= \frac{(m_1 - m_2)g}{(m_1 + m_2)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{(m_1 + m_2)}}$$



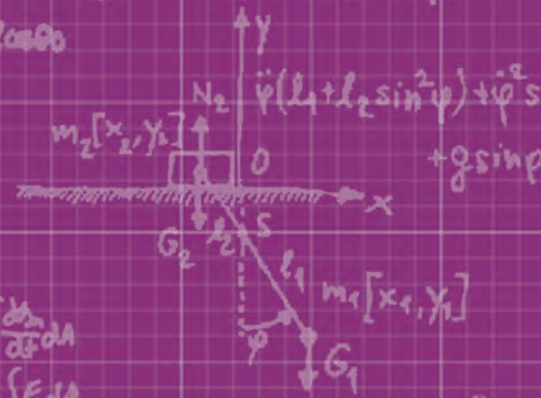
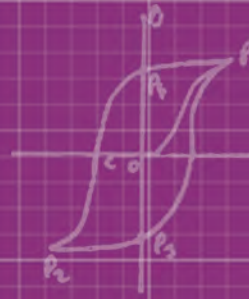
$$E_{\text{total}} = E_{\text{total}} + h$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgy_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy_1$$

$$\cos \theta_0 = \cos \theta$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$$h = l - l \cos \theta_0$$



$$\nabla B = 0 \quad \oint E dl = -\frac{d}{dt} \int B_{nd} dA = -\frac{d\Phi_m}{dt} dA$$

$$\oint B_{nd} dl = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E_{nd} dA$$

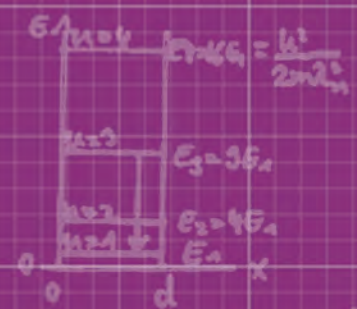
$$D \cdot D = \rho \quad D \cdot \nabla \times = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint E_{nd} dt = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

$$\oint A_{nd} dt = 0$$

$$E = cB$$

$$\begin{bmatrix} x_{1L} \\ y_{1L} \\ z_{1L} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi_2 & -\sin \phi_2 & 0 & 0 \\ \sin \phi_2 & \cos \phi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{2L} \\ y_{2L} \\ z_{2L} \\ 1 \end{bmatrix}$$

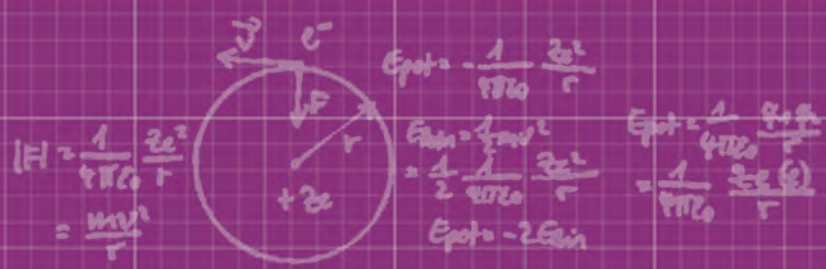
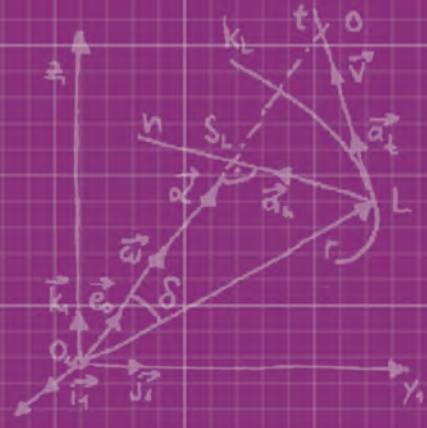


$$E = \frac{\hbar k^2}{2m}$$

$$E_{n=1} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m d^2} = \frac{\hbar^2}{2m d^2}$$

$$E_2 = 4E_1$$

$$E_3 = 9E_1$$



$$|F| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r^2}$$

$$= \frac{mv^2}{r}$$

$$E_{\text{pot}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

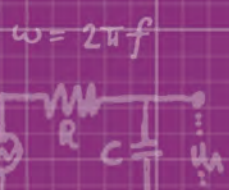
$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{\text{tot}} = -2E_{\text{kin}}$$

自由撰稿

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin \delta = \omega \rho$$

$$\vec{a} = \dot{\vec{v}} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$





國際太空站 (ISS) 任務指揮中心

NASA 遊記

撰文：劉俊佑

我相信對物理系來說，太空一直是很多人所嚮往的目標，當然我也不例外。在 2015 年寒假，我參加了一個由 Ivicon 舉辦，為期 14 天的太空學校，其研習地點在美國德州休士頓 NASA 詹森太空中心。在這個研習營當中，我們直接在 NASA 實驗室裡學習各種太空領域知識，由大學教授、NASA 工程師、太空人等為我們做互動式的演講，除此之外，我們也透過各種實務活動學習管理和團隊合作的能力，最令我意外的是，在那邊也需要熬夜做報告！

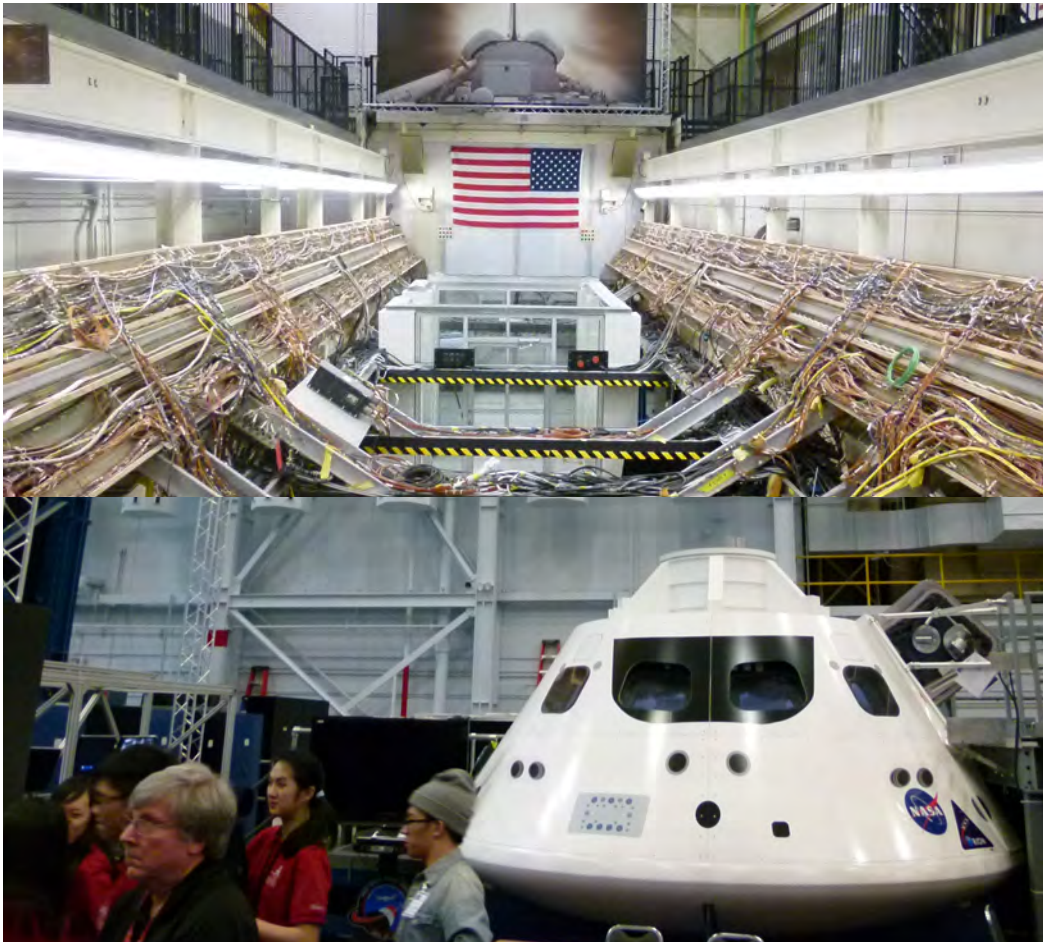
筆者

大家好，我是物理系大二的學生，從高中開始就對太空抱著強烈的憧憬與幻想，當時我認為與太空最相關的莫過於物理系，於是就抱著奇怪的幻想到中央物理就讀。在大一下的時候，我因緣際會看到 NASA 太空學校的課程，於是就興致勃勃的去參加了。但我想都沒想過，當自己親身前往夢寐以求的地方，會帶給我這麼龐大的轉變。

這是參加研習營才有的VIP證件。有了這個我們就可以在實驗室或展示室裡看一般人被關在玻璃窗裡參觀，甚至是參觀一般人不能進去的實驗室。我們除了會在一些定點上課外，還會坐車在NASA裡的各個建築物中穿梭參觀。以下就是我所看到較特別的事物。



旅遊經過



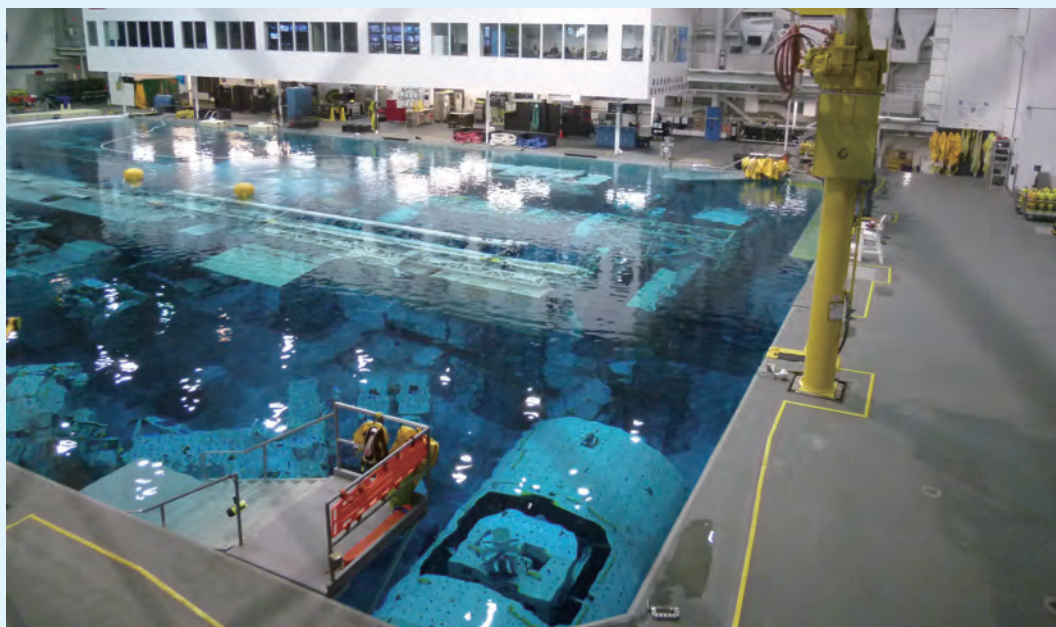
圖【上】這是現已退役的太空梭內部線路，當然沒人看的懂，不過聽他們說太空人必須了解每一條線路是做什麼用的，這樣在外太空出事才能隨機應變，真是佩服他們。

圖【下】實驗室裡放著各種研發中的外星探測器具和未來即將登陸火星的獵戶座太空船



圖【上】這個獨立的巨大倉庫放著歷史上最大的火箭，農神 5 號，它是用於運載成功登月的阿波羅太空船。放個人當比例尺應該更能體會它的龐大之處 XD。

圖【下】NASA 的中性浮力實驗室，可以讓太空人模擬在國際太空站外太空漫步。當他們執行艙外活動時，一出去就至少要持續工作六小時，是個相當耗費體力的工作。



最後，我們還去參觀了曾經主導阿波羅登月的地面任務控制中心和現在正在運作的國際太空站任務指揮中心。



結語

我從這次的旅程中所學到的東西，絕不只是照片裡的東西，還有更多數不清的經驗和回憶。其實這次的 NASA 之旅讓我更加的了解到想從事太空相關工作是多麼遙遠的一條路，說來慚愧，在我去完 NASA 之後我變得較沒堅定於太空那條路。但我並不後悔，就如同我從那邊一位太空人所聽到的，在人生的旅途上，並沒有什麼事情會一直順著自己的意，我們永遠無法得知自己將來會走上哪條路，最少要過好現在的生活；相反的，我們可以做好萬全的準備，知道自己想要的是什麼，並在現有的環境忍耐，堅持的等待下去。機會稍縱即逝，等到機會降臨時就該好好把握住，我相信，總有一天還是會成功的！



$$m_1 g + 2F_s$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{du} \frac{du}{dt}$$

$$m_1 = m_1 a$$

$$m_1 \frac{\sqrt{v_1^2 - u_1^2}}{(m_1 + m_2)} g$$

$$E_{\text{total}} = E_{\text{total}} + A$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g y_0$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + m g y$$

$$\cos \theta_0 = \frac{v}{v_0}$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g h$$

$$h = l - l \cos \theta_0$$



$$\ddot{\varphi}(l_1 + l_2 \sin^2 \varphi) + \dot{\varphi}^2 \sin \varphi + g \sin \varphi = 0$$

$$\nabla B = 0 \quad \oint E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int A \cdot dl = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint A \cdot dl = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E \cdot dl$$

$$\nabla \cdot D = \rho \quad \nabla \cdot E = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\oint E \cdot dl = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

$$\oint A \cdot dl = 0$$

$$E = cB$$

L	$\cos \varphi_2$	$-\sin \varphi_2$	0	0	x_{2L}
\dot{L}	$\sin \varphi_2$	$\cos \varphi_2$	0	0	y_{2L}
\ddot{L}	0	0	1	0	z_{2L}
$\ddot{\varphi}$	0	0	0	1	1



$n=0$	$E_0 = 6E_1 = \frac{k^2}{2m\omega^2}$
$n=1$	$E_1 = 3E_1$
$n=2$	$E_2 = 4E_1$
$n=2.1$	$E_{2.1}$

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

$$E_n = n^2 \frac{\hbar^2}{8md^2} = n^2 E_1$$



傑出系友



$$|F| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

$$E_{\text{pot}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$E_{\text{pot}} = -2E_{\text{kin}}$$

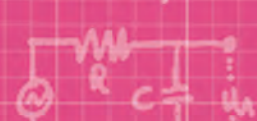
$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad v = \omega r \sin \theta = \omega r$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\alpha} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$

$$\omega = 2\pi f$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

林松福 系友 中央物理 73 級畢業生

林松福系友在工研院光電所從事光纖元組件技術開發 20 餘年，累積數筆國內外專利、國內外論文，並獲邀“光纖通信技術”對外演講數次。為台灣光纖被動元件商業化及工業化先驅。

於 1995 年獲頒工研院產業成果貢獻獎銅牌獎，於 1996 年獲頒中華民國光學工程學會技術貢獻獎。1995 年於擔任工研院課長期間，白手起家，帶領所內同仁共同創立「上詮光纖通信(股)公司」，上詮著力於自主研發、深耕台灣，自創立以來受國內外肯定，獲獎不斷，歷經 2000 年網路泡沫，2001 年與美國康寧公司共同發表 CWDM 系統新技術，於 2005 年上詮在 FTTH 技術領域站穩了腳步後又於 2008 年及時切入雲端產業，奠定了國際地位。2011 年 2 月公司股票上市，兩岸共有千餘名員工，一年創造十餘億元營收，股票市值最高達 50 餘億元。

張博增 系友 中央物理 62 級畢業生

張博增院長在行政、教學、研究及產業技術創新領域均表現傑出，其研究領域涵蓋材料科學及奈米科技 (nanomaterials, composite materials, smart materials, energy storage, and conversion devices, and advanced manufacturing technologies)，不僅是重要的奈米材料 graphene 的發現者之一，也是 graphene 在產業應用的先驅。

傑出發展如下：

1. 開創單原子層石墨烯的全球產業化技術，成立 Angstrom Materials, Inc，為全球最大的單原子層石墨烯的生產及供應商，並在石墨烯產業化及其應用技術方面占主導的位置。
2. 全球第一個將單原子石墨烯用于超級電容器 (supercapacitor) 電極材料，第一個石墨烯用于鋰離子電池電極負極材料，研發超高 power 密度的石墨烯基的儲能技術，成立 Angstrom Battery Co。
3. 創建高科技公司 Nanotek Instruments, Inc。Nanotek 公司成功地開發出涵蓋多個領域的開創性的高科技技術，擁有豐富的智慧財產資源，目前共擁有 >200 個美國及國際專利技術。目前已發表超過 150 篇學術論文及 260 件發明專利，並成立三家高科技公司，在國內外得獎無數，名聲享譽國際。



$$\frac{dU}{dt} = \frac{dU}{du} \frac{du}{dt}$$

$$U = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) g^2$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{(m_1 + m_2) g^2}{(m_1 + m_2)}$$

$$E_{total} = E_{total, A}$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g y_0 = \frac{1}{2} m v^2 + m g y$$

$$\cos \theta_0 = 1 - \mu$$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g h = \frac{1}{2} m v^2 + m g h \cos \theta_0$$

$$h \cos \theta_0 = 1 - \mu$$



$$\nabla B = 0 \quad \oint E dl = - \frac{d}{dt} \int A dl = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint E dl = \mu_0 \int J dl + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int E dl$$

$$\nabla \cdot D = \rho \quad \nabla \cdot E = - \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\oint E dl = \frac{1}{\epsilon_0} \oint \rho dl$$

$$\oint A dl = 0$$

$$E = cB$$

$$\begin{bmatrix} \cos \varphi_2 & -\sin \varphi_2 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_2 & \cos \varphi_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{2L} \\ y_{2L} \\ z_{2L} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$\mu = 0$	$E_1 = 35_e$
$\mu = 1$	$E_2 = 45_e$
$\mu = 2$	$E_3 = 55_e$
$\mu = 3$	$E_4 = 65_e$

$$E = \frac{h^2 k^2}{2m}$$

$$E = \frac{h^2}{2m d^2} = \frac{h^2}{2m} E_4$$



系友專訪



$$|F| = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r^2}$$

$$= \frac{mv^2}{r}$$

$$E_{pot} = - \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r}$$

$$E_{tot} = - \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r} + \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r} = - \frac{1}{8\pi \epsilon_0} \frac{2e^2}{r}$$

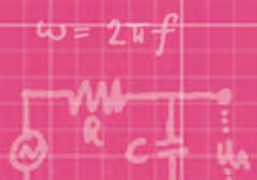
$$E_{tot} = - 2.6 eV$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\vec{\omega} \times \vec{r} = v = \omega r \sin \theta = \omega \rho$$

$$\vec{r} = \vec{v} - \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$= \vec{\alpha} \times \vec{r} + \omega \times \vec{v} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$$



系友：林松福

中央物理 73 級畢業生
上詮光纖通信(股)公司 董事長

學生：請教一下您現在的工作內容？

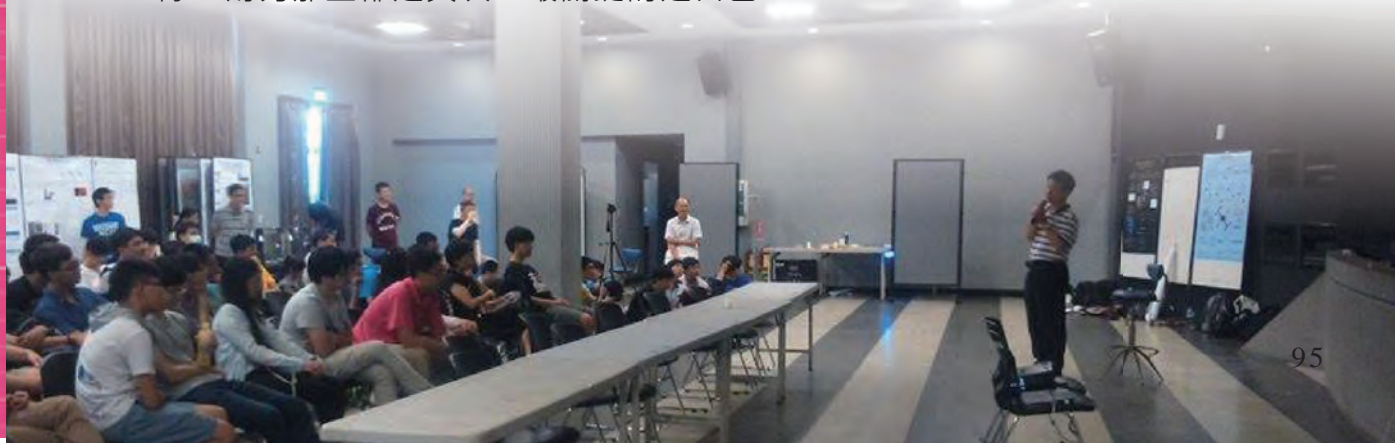
系友：我大學時就知道要走低溫物理，所以就考交大光電和輔大應用物理研究所，那時候能上大概就這兩個。交大光電備取，就進去成大光電，後來進工研院，那時候工研院在做光纖耦合器，就是分光器。我大三大四就準備要做，那時候一顆跟美國買 15 萬 ~20 萬台幣，他們一年可以製造 60 顆而已。那時候是民國 78 年，中電電信開始在採購光纖，所以那時候外面很多業者很需要這個技術，很多廠商開始技術轉移，之後那些廠商希望我整合這些公司，成立一家新公司，這樣一晃 20 年就過去了。

學生：成立一間公司時，有遇到什麼困難嗎？

系友：我覺得困難是要把它做到極致，現在已經是國際化的時代，東西跟團隊一定要夠強。我們是一個很強的團隊，技術很紮實，東西做到極致後才有辦法出貨，因為競爭是國際化的，電信的品質可靠度要很高，東西出來都要用 20 年，-40 度 ~120 度的考驗都要通過，有些環境是冰天雪地，或是高溫潮濕，所以各方面的技術都要到位。

學生：有什麼話想要對學弟妹說？

系友：我覺得讀物理系是扎根的過程，我沒有後悔念物理系，到現在還是在享受它的好處。物理是一個很重要的訓練，好好把物理相關的科系念好，在未來人生的發展上都會用的到。當下把眼前的工作做好，未來的機會是相當好的。我覺得毅力、耐力跟魄力是最重要的，很多人都講 3Q，IQ(智力商數)、EQ(情緒商數)、AQ(逆境商數)，AQ 對我來講是比較重要的。決勝的關鍵都在毅力、耐力跟魄力，就看你有多想要、多努力，看你的企圖心、能吃多少苦，因為每個人都想贏，不可能僥倖。學問、團隊、財力那些都是其次，最關鍵的是自己。



系刊編輯團隊



夢想能夠削鐵如泥
其優美堅韌卻又容易備受摧折
系刊是課堂與活動的延伸
當技術條件不足的時候就要以人的意志與巧思來克服
我們不要去等待奇蹟
我們要懂得去創造奇蹟

By 總編輯

特別感謝 中大物理 68 級系友「聚碩科技股份有
限公司 吳祚綏 董事長」贊助中大物理系刊



physicist note

Physics isn't the most important thing.
Love is.

Richard Feynman

ProPHY
物理系學會