

基礎科學領域（含前瞻跨領域基礎科學中心）

計畫主持人：李遠鵬院士

● 整體目標及分年達成情形：基礎科學是一切應用科學的基礎，所以世界上的頂尖大學都有堅強的基礎科學研究團隊。交大在邁向頂尖大學的努力中，深切瞭解基礎科學之重要性，致力加強其發展，成立「前瞻跨領域基礎科學中心」，以理學院為主，整合物理、化學、材料、生科、奈米各方面之人才，組成團隊全力發展，以最先進之雷射等設備及奈米生醫技術，與優異之理論計算能力相輔相成，不僅在基礎科學領域上建立其領先國際之能力，更要對當前廿一世紀最迫切的一些應用課題，如：再生能源、新穎材料、生醫檢測及量子與奈米電子學之關鍵問題，有突破性的進展，做出重大貢獻。藉由本中心之設立與發展，亦可迅速提升本校理學院之國際學術地位。本領域以建立一世界知名的跨領域基礎科學卓越研究中心，如：美國華盛頓大學尖端材料研究中心或日本北海道大學電子研究所。

- 前瞻跨領域基礎科學中心總論文數自 95 年的 131 篇增至 99 年的 186 篇，增加了 42%，但考慮核心成員由 47 人精減為 35 人後，平均增加了 91%。IF20%內的頂級期刊數 95 年占了 58%，99 年占了 66%。另外 95~99 年獲得國科會計畫總共 196 件，總金額逾 5 億 4 仟萬元、非國科會計畫總共 22 件，總金額逾 5 仟萬元、技術移轉件數共 3 件，總金額 955 萬元。共舉辦 15 場重要國際會議。
- 對交大理學院產生驚人的提升作用，物理和化學相關系所無論研究的質與量都有驚人的成長，除以通訊作者發表 4 篇 IF>20 之論文（2 篇為 *Science*）外，電物、物理和應化系所論文總篇數由 94 年的 220 篇，增加到 99 年的 336 篇，增加了 53 %，而 IF 總和數由 94 年的 624 進步到 99 年的 1111，增加了 78%。
- 由圖 1 統計可知，交大應化系近年突飛猛進，全職教員該年之平均發表論文數為 4.9，在 99 年已躍居全國第一，略勝台大之 4.4，且遠勝清大之 3.3。交大電物系所與物理所亦年年進步，以國際上兩主流凝態期刊 *Phys. Rev. B* 和 *Appl. Phys. Lett.* 為例，自 95 年至 100 年 3 月，交大的凝態物理

研究總產量大幅度領先國內所有大學與研究機構。

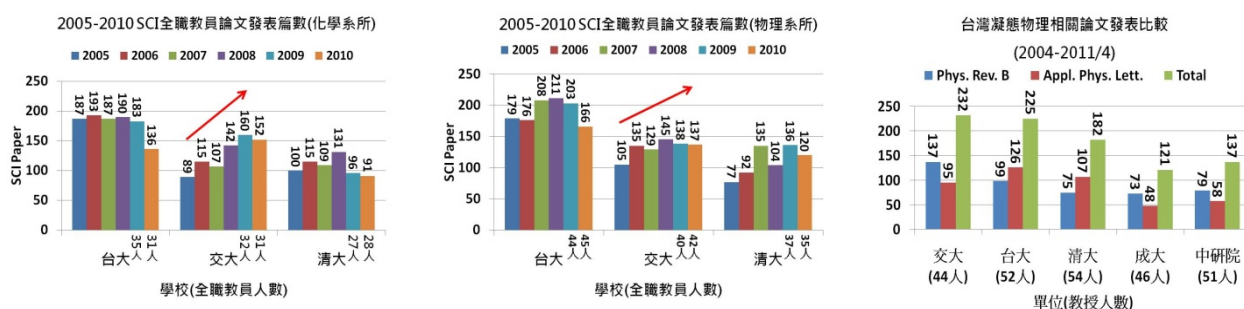


圖 1：應化系全職教員論文發表統計

- **所設目標之差異：**所設定之目標基本上皆已達成，並無太大差異，除了太陽能材料研究子計畫，因學校於 97 年成立綠色能源科技中心，將相關製程部分移過去。原來之 6 個子計畫於第三年起整合成目前之 3 個子計畫，再加上理論計算群之配合，使其整合性更高，但目標相同。
- **成果及特色：**藉跨領域之整合建立數個專長互補且合作默契良好的團隊，以紮實的尖端基礎研究，對切合國家發展需要及世界潮流之題材加以發展，從事具應用導向之基礎科學研究：
 - **前瞻材料及尖端光譜及動態學研究方面：**(a)發展出全世界最亮之藍光、黃光及綠光高分子材料，其效率大於 14 cd/A；(b)發展出全世界最亮之藍光元件，其亮度約為 65,000 nits，效率 16 cd/A；(c)利用刮刀製程技術製作發展大面積且均勻化之多層膜高分子發光二極體，本團隊目前最大可於 20 cm × 20 cm 的基板上製作元件，多種專利申請中；(d)發展高效能有機垂直式電晶體，輸出電流密度達 19 mA/cm²，足以驅動有機發光二極體，亮度達 1000 cd/m²，開關比大於 4 萬，足以應用於顯示器之驅動模組，亦可用於軟性顯示器上，多種專利申請中；(e)建立超快雷射系統研究染料與半導體界面的緩解動態學與電子注入效率。建立瞬態光電量測與電化學交流阻抗分析 (electrochemical impedance spectroscopy) 研究電子半生期以及界面電荷傳輸；(f)開發一系列鈣金屬染料，其元件效能達 10.6% 並研究其電子轉移動態學；(g)以電子轉移動態學為基礎與中興大學葉鎮宇及暨南大學林敬堯教授共同開發紫質染料敏化太陽能電池元件，其中 YD2、LD4 以及 LD14 染料之元件效能 > 10%，其中 YD2-o-C8 染料元件光電轉換效率達 13.1% 的歷史紀錄，開創染敏太陽能

電池新的里程碑。

- **生物分子尖端探測研究方面：**(a)建立多晶系和單晶矽奈米元件技術，完成全球第一件工業量產之多晶系和單晶系奈米生醫元件，並和園區公司簽署合作；(b)完成奈米生醫感測平台之設計，並已與國內醫療研究團隊和醫院醫檢部緊密合作，將大規模量產元件樣品進行臨床測試；(c)建立國內第一套「同調反斯托克拉曼散射 (CARS) 光學顯微鏡系統」，無需染色及切片便可針對生物組織進行高解析、高分辨度、低破壞性的三度空間成像，並將二倍頻、雙光子螢光等非線性影像技術及拉曼光譜技術整合，開發「多模式光譜成像系統」，首次展現從影像分析以非破壞性方式即時直接定量肝臟中之脂肪，具潛力成為新一代的醫學影像工具；(d)首次展現將分子光譜及微探針技術應用於探討細胞氧化傷害之生化及功能變化，開啟探討「缺血再灌流傷害」之新研究方法。
- **介觀物理及量子操控研究方面：**(a)在 Ginzburg-Landau 理論架構下研究第二類超導體的渦旋態熱力學、磁性和傳輸性質，為實驗所驗證並發表一篇 Rev. Mod. Phys. (IF > 50)，數十年來國內僅有二篇；(b)研究低溫下介觀物理的電子相位相干時間，提出動態結構缺陷解釋，排除磁性雜質起因；(c)參與國際合作成功製作磁性質不同之半導體雙量子點，發現自旋相關穿隧電流新現象，為量子計算奠立物理基礎，獲日本經濟新聞、化學工業日報報導；(d)發展多項能與世界頂尖團隊競爭的實驗技術，首次發現帶負電激子具有「類順磁」現象，並在半導體奈米線、量子接觸點與膠體奈米晶粒的磁性、電性與量子侷限電子結構量測有重要成果；(e)以先進的有機金屬化學氣相磊晶技術成長高發光效率的氮化銦鎵奈米結構領先國際研究團隊，並以國內最佳的二六族半磁性半導體分子束磊晶技術成長獨特的碲化錳鋅／硒化鋅量子點與氧化鋅奈米結構。
- **學術地位對國家產業、社會發展之重要性及貢獻：**
 - 本團隊擁有四位院士，國內少見。根據「基本科學指標」(ESI) 資料庫，2000-2010 年交大在物理及化學領域之論文數居世界 81 及 265。交大沒有高能物理及天文物理，但凝態物理基礎研究質與量已穩居國內最領先地位。根據 SCOPUS 資料庫統計，交大在過去五年內在高分子發光二極體 (PLED) 領域研究位居全世界第一，共發表 199 篇期刊論文，被引次數

為 792 次。交大之物理化學研究亦遙遙領先國內各校。

- 以通訊作者發表 4 篇 $IF > 20$ 之論文 (2 篇為 Science)。對於第二類超導體在磁場中的熱力學性質，建立窩漩晶格態和該晶格態在熱擾動下融化成玻璃態後的完整相圖，發表於 *Rev. Mod. Phys.* ($IF=51$)。在 *Chem. Rev.* ($IF=33$) 之文章，討論 P-型共軛高分子特性及元件之表現，以及新穎結構單體之合成方法及過程。兩年來被引用數高達 297 次。利用四點探針法成功地量測 0.25-300 k 溫度範圍的單根氧化鋅奈米線的本徵導電特性，成功地解釋了導電機制，極具影響力。合成全世界效率最高之反式結構有機太陽能電池，其能量轉換效率達 6.22 % [*J. Am. Chem. Soc.* 132 (49), 17381 (2010)]。和 M. Grätzel 合作，染料元件光電轉換效率達 13.1% 的歷史紀錄，開創染料敏化太陽能電池新的里程碑。
 - 對國家產業及社會發展方面，前瞻材料組利用刮刀成膜技術製作多層白光發光二極體，應用於固態平面照明，價格低廉、效率高，此技術已技轉給長春石化公司，多項專利申請中。有機太陽能電池及染料敏化太陽能電池之研究除申請多種專利外，亦有部分技轉出去。此領域之研究除厚植台灣整體基礎研究能力，將可打造台灣綠能產業王國。生物分子檢測小組除與園區半導體公司合作完成全球第一件工業化量產的多用途矽奈米生醫元件，並建構一套靈敏快速且無需生物標記之奈米生醫檢測平台。後續又合作開發單晶矽奈米元件之工業化製程外，更完成二件新元件之製作：(a) 限定工作區奈米元件；(b) 單病毒或細菌之感測元件，使生醫檢測更多元、更靈敏。目前全球消耗在電子產品裡的電能，已超越冷氣機的耗電量；而隨著電子產品的更廣泛應用，如何降低電晶體的能耗，極為重要。本中心推動之介觀及奈米系統的電子-聲子散射研究，即在探討微小電子元件的能量管理與散熱問題，攸關台灣半導體產業未來的興衰。另外在單電子、單光子及自旋操控上的基礎研究，亦可提供以單電子、單光子及自旋操控為主的節能元件。
 - 此外，因計畫的跨領域性而孕育出同時擁有綠能材料、生物科技、雷射與半導體領域、奈米技術等多項專長的跨領域人才，成為我國在國際產業競爭中最寶貴的資產。
- **延攬及培育優秀人才、研究團隊建立之作法與成效：**
 - 本中心除積極聘任多位年輕新血並予以大力支助外，亦已延攬多位國際

傑出人才。除已延攬美國 Emory 大學化學系講座教授及中研院院士林明璋建立再生能源及理論計算團隊外，95 年與東京大學小林孝嘉及濱口宏夫（Hiro-o Hamaguchi）教授團隊合作，聘任 Yabushita 及 Shigeto 助理教授分別建立最頂尖之超快雷射及振動光譜實驗室。96 年延攬中研院林聖賢院士加入理論計算團隊。97 年度延攬大阪大學增原宏（Hiroshi Masuhara）教授（比利時海外院士、日本天皇紫綬勳章）團隊，建立雷射奈米生物實驗室。98 年度延攬小林孝嘉教授，99 年延攬日本分子所退休所長中村宏樹（Hiroki Nakamura）加入理論團隊。濱口宏夫教授於 101 年 4 月退休後亦將加入交大團隊。

- 為吸收優秀學生，與理學院配合設立大學部跨領域科學學士雙學位班，提供優質之教育。學士班學生多數進入本校碩士班，增加了優質的研究人力。同時，藉國際一流人才之引進及與國外合作，派送學生前往外國作短期研究，開拓學生視野，提升研究能力。
- 本中心藉跨領域之整合已建立數個專長互補且默契良好的實際上緊密合作之團隊。2009 年前瞻材料小組與生物分子尖端探測小組分別搬入新建的田家炳光電大樓之六、七樓，師生互動及交流密切且分享儀器設備。此外基礎科學大樓於 100 年底完工時，前瞻介觀物理與量子操控研究小組亦可有一整合的空間。
- **提升教學績效、學術研究之創意機制與成效：**本中心之多數教授均積極參與本校理學院科學學士班之教學及輔導工作，且提供大三、四學生從事專題研究之機會，一方面提升學士班的教學績效，一方面也因此增加了優質的研究人力。在學術研究之創意機制上，本中心除各小組之定期討論會外，亦定期舉辦跨小組之討論會及與國外研究機構之雙邊討論會，藉會中之各種討論，找到新的研究題材或解決研究上之困難。執行以來，跨小組及跨國之研究顯著增加，且顯現於論文之發表，於 2010 年期間，本中心發表之論文，跨實驗室之合作佔了 20%。
- **與國外相關學校、研究機構合作之具體作法及成效：**
 - 與日本理化學研究所（RIKEN）簽訂聯合培養研究生計畫，派送學生赴理化學研究所合作研究，目前已有兩位參與此計畫之學生獲得博士學位。RIKEN 亦將於基礎科學教研大樓落成後在交大成立一個 RIKEN 海外實驗室（Taiwan Branch），先以低溫極端條件物理實驗室為開端，由

Kimitoshi Kono 博士及林志忠教授共同主持。

- 與日本北海道大學之電子研究所密切合作，交換學生，每年舉辦雙邊研討會，並於 100 年簽訂合作及交換學生條約。
- 積極與美國華盛頓大學尖端材料研究中心合作，並擬議成立國際研究中心。
- 與日本東京大學化學系濱口宏夫教授簽訂合作協定，聘任重藤真介及另一待聘教授全時於交大工作，濱口實驗室已轉移相關雷射拉曼成像及時間解析紅外光譜儀等尖端設施到交大，配合交大現有之各項儀器，建立世界頂尖之振動光譜及成像實驗室。
- 交大理學院與日本東京大學理學院及工學院、日本大阪大學理學院、日本奈良科技學院、日本豐橋技術科學大學、日本橫濱國立大學、香港大學、香港科技大學、越南河內科技大學等校簽訂合作及交換學生條約。
- 與法國南特大學 Serge Lefrant 教授研究團隊申請獲得國科會與法國國家研究署（ANR）共同補助之合作研究計畫，進行國際學術之合作。選派博士生赴法國南特大學 T. P. Nguyen 教授實驗室攻讀雙博士學位、赴美國賓洲大學 Virgil Percec 教授實驗室、美國加州柏克萊大學沈元壤教授及日本東京大學 Hiroshi Ueda 教授實驗室進行合作研究。
- 與日本大阪大學雷射工程研究所及東京電氣通信大學之研究團隊就超快寬頻雷射研發進行合作。與日本 Nara Institute of Science and Technology 及比利時魯汶大學共同開發雷射生物奈米以及雷射成像研究。與日本北海道大學 Nobuhiro Ohta 教授進行中日交流協會合作研究計畫。與日本東京大學 Hiroshi Ueda 教授合作開發 open sandwich immunoassay system，為建立生物小分子感測之最佳方法。
- 接受越南、印度、泰國教授推薦並審核通過之學生進入博士班就讀。
- **未來執行重點：**下期五年計畫中將進一步與清華大學（化學、化工、物理系為主）合作，藉地利之便形成一互補且整合之「**前瞻物質基礎與應用科學中心**」，由清華大學提出。兩校在物理及化學領域 ESI 論文總和上，已超過台灣其他各校，並在世界四十大之內。未來之積極合作，可進一步提升國際知名度及重要性。未來本中心在「**前瞻物質基礎與應用科學中心**」之研究主題包括：

- **新世代綠能材料之基礎研究及應用**：新穎 PLED、有機太陽能電池、有機薄膜電晶體材料及元件之研究及應用。
- **生物分子之尖端探測研究**：建立多用途奈米元件生醫感測平台，提升生醫檢測關鍵技術、先進光電及奈米感測技術應用於「氧化傷害」之研究、尖端雷射技術應用於結晶及操控之研究。
- **前瞻介觀物理及量子操控研究**：極低溫下量子自旋傳輸與電子耦合之研究、Quantum percolation 臨界物性之研究、光子、電子與自旋之量子操控。
- **尖端光譜與動態學**：研究新穎材料之電子轉移及能量轉移等，並對材料及元件之機理有更深一層之瞭解，以提升其效率。