



指導學生練習上台報告

指導中學生參與國際青年 物理辯論競賽之經驗 —從場地設施需求談起

文／李政憲、張國志、馬群樺

國際青年學生物理辯論競賽比賽題目橫跨多個領域，取材廣泛且具延伸性。因此實驗需要相應的場地及設備，本文以作者們在彰化女中（以下簡稱本校）帶領學生參加此項競賽之經驗，分享競賽所需之場地、設備條件與實作指導的經驗。



緣起

臺灣青年物理辯論競賽（簡稱 TYPT）乃國內物理教育界的年度盛事，即將邁入第九個年頭。九年內栽培了近百位優秀選手代表臺灣參與國際青年學生物理辯論競賽（簡稱 IYPT），屢獲佳績，讓臺灣學生得以站上世界的舞台。TYPT 的題目涵蓋力學、熱學、波動、電子學、光學和電磁學等領域，取材廣泛且具延伸性。參賽學生必須設計實驗、進行數據分析、歸納、討論，並彙整出結論，由淺入深、循序漸進的探討題目。透過這個活動可以培養、開發學生水平整合、垂直思考及科學探究等多元能力。此外，尚能精進語文（英文和中文）表達、論述能力，完整地體會科學家研究創造之心路歷程，參與培訓及比賽的過程，可說是培育科學研究人才之絕佳搖籃。IYPT 每年公布 17 道題目，TYPT 從 17 題中選取 12 題，題目橫跨多個領域，因此需要較大的場地及較多的設備支援。本文以本校帶領學生參加此項競賽之經驗，分享物理辯論競賽所需之場地、設備條件與指導實作的心得。

器材與設備

就筆者以往的經驗，學生參與培訓時，首先必須先仔細研讀題目，再和老師進行討論，並試著提出初期的實驗架構，然後進行實驗、觀察現象。而老師的任務除了耐心陪伴之外，盡力添購實驗所需的儀器設備以滿足實驗需求，也是相當重要的任務。但隨著實驗次數漸增，學生對於實驗內容的瞭解亦隨之增加，因此可能會改變實驗架構，也就是學生在經歷多方面

嘗試之後，將得到最佳化的模式，在這個時候，學校必須提供足夠的器材。

我們以 2016 IYPT 第 17 題 frisbee vortices 為例，學生觀察渦流所需的器材由小水槽進化成大水槽，再進化成 $6\text{m} \times 3\text{m} \times 0.5\text{m}$ 的超大水槽（圖 1），以期能對此一題目做充分的探究。順帶一提，漩渦產生的方法從動手推動圓板，改成較能定量的其他方式。但是製作完成後，因效果不佳又退回手動方法（圖 2）。又例如 2014 IYPT 的題目 magnetic brakes，學生起初設計實驗時，需要不同內外徑及長度的各式金屬

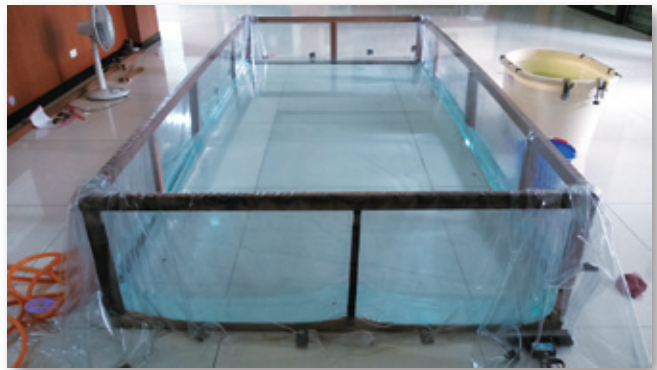


圖 1. 大型水槽
尺寸： $6\text{m} \times 3\text{m} \times 0.5\text{m}$



圖 2. 學生在壓克力水槽中製造渦流。
水槽尺寸： $100\text{cm} \times 60\text{cm} \times 50\text{cm}$



管，共約 15 ~ 20 支，後來學生將磁鐵強度列為變因，所以必須思考如何將強力磁鐵磁力減弱，因此需求數量也會有所不同。

接著討論從事物理辯論所需之實驗器材。欲從事物理辯論競賽的實驗，必須針對題意設計實驗，使用適當的儀器測量數據。高中實驗器材可分為「傳統部定實驗器材」與「新型實驗器材」兩種。傳統器材如：打點計時器、安培計和伏特計等。典型儀器可作為基本實驗訓練器材，部分器材可以用來進行物理辯論實驗，視每年之題目而定。新型實驗器材是指：數位量測儀器（見圖 3），包含感測器、數據處理主機及所需之軟體。數位量測儀器的好處是可以測量物理量隨時間變化之情形，並製作成圖表，方便後續數據之處理和儲存，有利於物理規律之掌握、假說之形成和物理理論之建構。常見的感測器有溫度、聲音、壓力、運動及磁場等感測器等。購買時應該注意廠商所提供感測器的精密度、解析度及取樣率是否合乎實驗需求。這類器材也可以向廠商免費借用（詳見 TYPT 官網）。

另一種不可或缺的儀器是照相機。利用相機將物體的運動錄影，再配合 tracker



圖 3. 學生利用數位量測儀器 GLX 測量氣流量

軟體，則可分析物體的運動情形。但是在昏暗的實驗室中要拍得清晰的照片，又無法提供高亮度照明時，則可使用高 ISO 感光度的相機。此外有時必須透過高速攝影（240fps、480fps 甚至 960fps）後，再將物體運動以極慢動作播放，以擷取到物體細微運動的任何瞬間。此外若欲觀察物體極細小的變化，則有必要使用微距攝影和顯微攝影。因此，照相機功能的全面性與功能性是絕對必要的！目前本校的高速攝影使用 Casio zr1500、3500 系列機種數台，此系列是擁有最高 960fps 的高速攝影功能的平價機種。微距攝影有數位單眼 Canon 400D 一台，配上專屬微距鏡頭 Canon 100mm F2.8L（拍攝效果如圖 4）；顯微攝影則有電子放大顯微鏡頭。未來在學校能力許可下將添購 SONY rx100m5，該相機具有 Full HD 畫質的高速攝影 960fps 功能，相信會對實驗的進行大有助益。

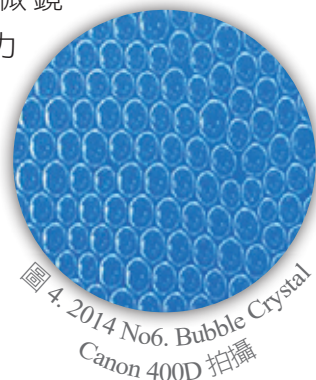


圖 4. 2014 No6. Bubble Crystal
Canon 400D 拍攝

培訓空間設置

物理辯論訓練過程中可能會常有空間不足的問題。實驗室除了部定實驗之外，還需要有足夠的空間存放或擺設已組裝好的儀器，如此才不用浪費許多時間在一直拆解及組裝儀器。通常一個題目就要一個小空間，12 個題目需要 12 個小空間，一般實驗室可能無法容納。且學生在學校可自行運用的時間有限，集中在早自修、中午、放學後 1 ~ 2 小時或週六、日，時間上的有限，讓空間顯得更為不足。這是想投入 TYPT 競賽的教師需要考量的地方，



因此，完整的規劃配套與行政系統，提供強而有力的後援，非常重要。

有鑑於此，本校在民國 100 年規畫新蓋科學館時，我們將空間規劃成四個區

塊：一間物理討論教室、一間傳統實驗室（法拉第教室）、一間專題用教室（普朗克教室）及一間器材準備室，以下說明空間配置、設備及用途：

1. 物理討論室（圖 5）
為四十五人上課用教室，可供一般上課使用。



圖 5. 物理討論室

2. 法拉第教室(圖 6)
專門進行教科書的實驗，其內部擺設為 9 張傳統實驗大桌子，每桌配備一台桌上型電腦，實驗室另設一台印表機，可立刻處理實驗資料並列印。



圖 6. 法拉第教室

3. 普朗克教室（圖 7 及圖 8）
為一間多功能實驗室，分為前、後區，前方區域（圖 7）。有 18 張的三人桌，平時分開可供一般上課，需要時可以併桌成為實驗桌。後方區（圖 8）則設計為實驗討論區，有六角形桌子 2 張和三角形桌子 2 張，均可拆解，前後區間有活動簾幕可以隔離；另利用牆壁設立邊桌（實驗桌面）、邊櫃，供各組存放實驗器。



◀圖 7. 普朗克教室(前方)



▶圖 8. 普朗克教室（後方）

4. 物理準備室（圖 9）
準備室內除了存放所有的物理實驗儀器外，另規劃有圓鋸機工作平台、線鋸機、鑽孔機……等機械設備，可以進行材料加工，自製部分實驗器具。



圖 9. 物理準備室



5. 普朗克實驗室目前有4台桌上型電腦，1台e化講桌，前後區域各有1台投影機，另購置3台筆電專供TYPT比賽使用。科學館具有線網路和無線Wi-Fi可以上網查詢資料。此外，另購置移動式投影幕，以進行物理辯論競賽的培訓（提供Reporter、Opponent及Reviewer所需）。

6. TYPT 實驗使用空間

實驗儀器、器材的存放空間以普朗克實驗室為主，有邊櫃和後方區域櫃子可用。但有時會有一些特殊題目，例如2011年的smoke stream，因為要燃燒生煙，所以獨立尋找另一實驗室做實驗。2015年的題目frisbee vortices，水箱體積達 $6\text{m} \times 3\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，而無法置於實驗室內，必須另外申請放置於科學館一樓展覽場空間。

培訓經驗分享

本校指導團隊由李政憲、張國志和馬群樺等三位教師組成，張老師負責張羅所有所需的實驗儀器與論文，馬老師負責指導攝影器材與攝影技巧，李老師則協助學生器具加工部分，三人分工合作，協助訓練學生參加TYPT比賽，以期能厚植基礎科學及應用研究根柢，完善的研究環境，也期待有助於女性科學家之培育。雖然如此，如果僅有我們三名教師，是不可能完成此項指導競賽的任務，其中的主要關鍵在英文訓練，學生曾問我：「如何訓練英文？」我說：「將你要講的內容寫成英文逐字稿，然後說給任課的英文老師聽，請英文老師糾正。」為此，我們規定每週二、五為English Day，一整天都必須用全英文溝通。在進行模擬賽時，再請英文老師到現場指導。另外的問題是，跨領域的工具使用，如3D印表機及切割機，因此學生提出的零件需求，不一定全部購買取得，例如，三年前（2014）的題目packing，為了製作不同形狀的橢圓球，我們和生活科技

老師溝通討論，請他們指導學生操作3D印表機，並讓學生可以利用課餘時間列印所需規格。

將物理辯論賽與課程結合

在帶隊初期，參與TYPT競賽是我們的唯一目標，但現在我們將它做了一些應用，以提高本校學生的科學學習動機。首先，我們開設物理選修課程，將TYPT的精神應用於課程上，該課程由李老師和張老師開課，上學期由李老師上課，而下學期則由張老師擔綱，但上課內容則由三位老師共同討論。課程內容：第一年上學期以太陽能爐為主題，讓學生發揮想像力，先構圖再動手施工，將構圖變成作品；下學期則由基本電路出發，探討太陽能晶片的應用。第二年主要是延續第一年的經驗，將經驗熟練、改良，逐漸的發展出一套評鑑方法。第三年（2016年）直接將TYPT的題目導入，修課學生必須做到小組討論、實驗日記、實驗操作、數據取得與分析、定期與老師討論，最終目標是，修



社區小孩到校參與科學園遊會(化學：非牛頓流體)

生物：黑米的黏性比較

化學：牛奶調色盤

物理：角動量守恆

IYPT 暑期研習營

彰化女中同學(左1)在科學園遊會上發表專題

2015 年 IYPT the circle of light

2015 年 IYPT Magnus glider

2014 年 IYPT oil star

圖 10. 彰化女中把培訓學生參加物理辯論賽的經驗，應用在學校的科學課程及科普活動

課學生以英文發表其成果。第二是暑假辦理 TYPT 研習營隊，讓學生可以動手操作而探索知識。第三是舉辦科學園遊會，一部分是將前一年的部分成果呈現出來，另一部分是讓當年的參賽學生藉此機會練習發表。第四是將不錯的作品變成小論文或科展作品(圖 10)。

結論

我們很慶幸學生有機會能參與此一高水準的比賽，非常感謝大力贊助競賽的徐有庠基金會和承辦這項活動的臺灣師大物理系，以及眾多指導過本校參賽學生的教

授。此外，很感謝本校行政系統的協助，讓我們能快速地為學生添購實驗耗材及所需儀器，並且提供實驗室外的空間供學生使用。這些都是學生能夠完成實驗、比賽的重要因素。當然我們更希望這個比賽能夠提供一個契機，讓政府更加重視基礎科學的教育模式。

李政憲

國立彰化女子高級中學物理科教師

張國志

國立彰化女子高級中學物理科教師

馬群樺

國立彰化女子高級中學物理科教師