



圖片來源：「臺灣青年學生物理辯論競賽」臉書粉絲團 <https://www.facebook.com/2012TYPT/>

思辨的科學實作

文／吳仲卿

本期專題「思辨的科學實作」，以物理科為例。介紹自從 2009 年以來，國內推動國際青年學生物理辯論競賽（International Young Physicists' Tournament, IYPT）的經驗，尤其分享與探究具思辨的物理科學實作的過程，期望為 107 課綱的探究與實作課程，提供施行的參考。

2016 年底經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）成員國同步公布 2015 的「國際學生能力評量計畫」（Programme for International Student Assessment, PISA）的評量結果，我國在 72 個參與計畫的國家中，整體表現尚稱優異，但是兩極化現

象嚴重。在三大項素養評量中，科學總平均的國際排名從 2012 年第 13 名躍升至第 4 名，數學總平均的國際排名維持為第 4 名，表現極其優異，但是閱讀總平均的排名從 2012 年第 8 名，大幅退步到第 23 名（請見科技部與教育部聯合記者會新聞資料——PISA 2015 臺灣學生的表現）。



針對與本期專題相關的「科學素養」一項而言，雖然排名大幅上升，但是學生在「評量及設計科學探究」表現上，相對較為薄弱，另外在教師的問卷中，也顯示有將近 56% 的教師，每學期要求學生進行設計實驗與操作的次數，僅一次以下（含沒有）；而且這個百分比和學生的問卷結果也若合符節，超過一半的學生表示，從未或幾乎不曾自己設計實驗。事實上，更值得注意的是：測驗結果仍然顯示臺灣學生的學習動機低落，這或許是根植於長期以來，我國的教育現場，普遍注重知識的灌輸，學生常常死背科學知識，久而久之，對於科學缺乏興趣使然。

能轉教別人 學習效果達九成

因此，我們要問的是：如何打破這個窘境，把自然科學課程變得活潑有趣，引起學生的學習動機，進而提升學生的自然科學知識與技能。事實上，面對不同的學科，或有些許不同的學習策略，但是共同不變的做法是：除了提高學生對自然科學的重視外，首先要能引起學生們的興趣，進而透過合適的課程設計與實作，使學習活潑化，且更有效率。

本期的專題「思辨的科學實作」，要探究有關自然科學的學習目標與策略，簡單的說：有效的「自然科學」學習，不僅是學科知識的灌輸與學習，而是需要透過實作的方法，才能建立紮實的知能；而這個實作的過程，不是食譜式的學習模式，也絕對不是照本宣科式的、不經過探究的實作而已。合宜的學習方式更需要的是：具備思辨的態度與策略，才能達到有效學習自然科學的目標。

西方有一句有關學習的諺語說：「我聽到的會忘掉，我看到的能記住，我做過的才真正明白。」東方的荀子在《儒效篇》

也提到：「不聞不若聞之，聞之不若見之，見之不若知之，知之不若行之；學至于行之而止矣。」無獨有偶的，在東、西方的教育哲學觀中，均指出了一個共同的觀點，就是「做」，或是「實踐」的重要性。

在上一世紀中，美國有一位哲學家也是教育家約翰·杜威（John Dewey，1859-1952），他相當強調實作的重要性，提出了一個非常重要的「從做中學」的學習觀。另外，創建於 1940 年代的美國國家訓練實驗室（National Training Laboratories, NTL），在其長期的研究中提出了「學習金字塔」的模型（圖 1），當中也指出：「聽講」是學習效果中最差的學習方式，其學習保存率只有 5%；其次為「閱讀」，學習效果是 10%；接著是「視聽」的學習方式，效果為 20%；透過「示範與展示」的教學方式，效果達到 30%；經過「討論」，則可以提升到 50%；若是加上「實作」，大幅提昇到 75%；進一步能「轉教他人」的話，則最高達到 90%。

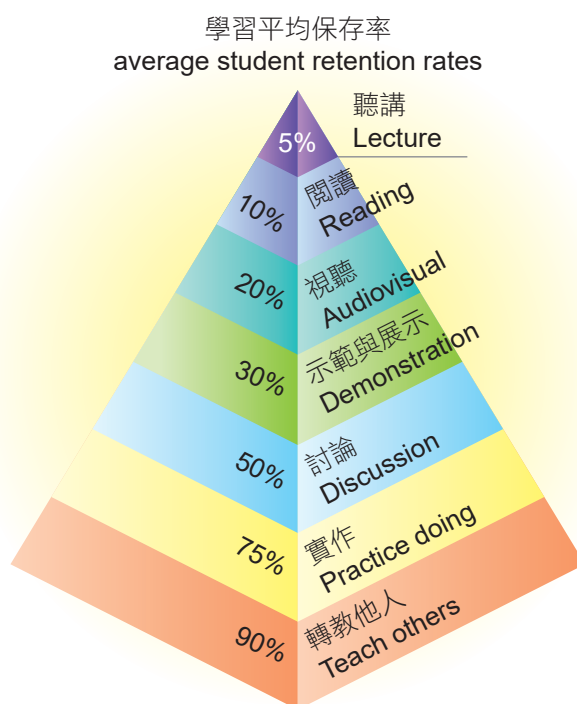


圖 1. 學習金字塔



上述不同的學習方式，達成的學習效果不同，主要的原因是：從第一項至第四項的學習方式，都是屬於比較被動的學習方式，學生的參與度相對低落，所以學習的保存率低，都無法超過 30%；一旦增加學生的參與度，則學習效果就會大幅提升。

我們知道：全民的科學素養，決定一個國家的競爭力，爰此，如何培育學生與提升全民的科學素養，長期以來都是全世界的一個熱門議題。有鑒於此，教育部在十二年國教 107 課綱中，於高中階段規劃了「探究與實作」課程，共四個必修學分，期望透過動手做，經由探究能力的培養，培育與提升高中生的科學素養，為全面儲備國民科學素養作準備。

提供物理教學與學習模式參考

本刊本期的專題是「思辨的科學實作」，以物理科為例。介紹自從 2009 年以來，國內推動國際青年學生物理辯論競賽（International Young Physicists' Tournament, IYPT）的經驗，尤其分享與探究具思辨的物理科學實作的過程，期望為 107 課綱的探究與實作課程，提供施行的參考。本期總共收集了六篇文章：三篇來自大學教授的規劃與指導經驗，及三篇來自第一線高中物理教師的實作心得。目的在使讀者瞭解，值此推動 107 課綱，建立探究與實作課程之際，此項競賽的模式，可以做為全面推動與實施的參考，藉以建立物理科學的教學與學習模式，提升物理科學之學習成效，進而作為提升全民科學素養的重要教學參考。

第一篇是臺灣師範大學物理系賈至達教授的〈國際青年學生物理辯論競賽在臺灣〉，本文主要介紹我國引進 IYPT 的過程，及該競賽的沿革與競賽內容相關資訊，尤其從早期舊蘇聯時代發起，當時為東歐各國家間的物理競賽；於 1988 年正

式舉辦了第一屆國際青年學生物理辯論競賽，後來逐漸演變成以英文為官方單一語言的競賽，正式朝國際化邁進；1994 年由荷蘭舉辦，將其推動到整個歐洲；澳大利亞於 2004 年舉辦，將其推動到亞洲各國。本文尤其說明該競賽內容和方式，與國內推動 107 課綱中的「探究與實作」課程的精神相符，透過該競賽的模式，可以做為國內中學教師的參考依據，融入高中教學，對於提升高中生實作能力層面，將有極佳的助益。

第二篇是臺灣師範大學物理系徐鏞元教授的〈透過研究實作養成科學邏輯能力—指導 IYPT 我國代表選手經驗分享〉，徐教授多年來負責 IYPT 國家選手選訓工作，經由國內賽的激烈競爭，脫穎而出的選手，再經由培訓團隊的指導，直到參與國際賽，這是一個冗長的過程，需要邀集多位教授同仁協助選訓，當中的事務性工作，也是相當繁雜。徐教授特別針對國手選訓中，著重培育邏輯推理能力、臨場應變能力、團隊合作能力，以便取得競賽佳績。事實上，這也是一般教學裡通用的過程。

第三篇是由成功大學物理系羅光耀教授的〈指導中文物理辯論賽之經驗—談科學探索與實作〉，羅教授主要分享將 IYPT 的競賽推動至南部的過程，尤其同時向上推廣至大一學生的競賽，但是為了減輕學生與教師的負擔，以中文為競賽語言，已引起南部高中學生與大一學生的共鳴，但是也免不了受限於時下的升學制度，推動不易。可貴的是，經過參與競賽的大一生，均能輕易的銜接到後續的專題研究，在在顯示出此競賽確實可以培養出學生的執行力與學習力。

第四篇由彰化女中李政憲、張國志和馬群樺三位老師合撰的〈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〉。三位老師特別就正規課程內的實驗與 IYPT 所需的場地與設施，點



出他們需求的異同處；有關 IYPT 的實驗，經驗顯示出需要較大的空間與設施，尤其可能經由實驗研究進度，需要變更相關設計，這也反應出實際專業研究可能面臨的過程，所幸彰化女中新建科學館之初，三位老師即參與相關規劃，預先建立符合 IYPT 所需的現場，這一點是其他各校仿效時，必須因地制宜，特別要努力的地方，也就是校方的支持與各項支援就變得很重要。特別值得一提的是，三位老師經由多年的經驗，已自主式地以 IYPT 為教材內容，建立高中特色課程，提供學生選修，建立一個常規的「探究與實作」課程，也算是先見之明。

第五篇是協同中學物理科何世明老師的〈指導中學生參與國際青年物理辯論競賽之經驗—談實作指導過程〉，何老師分享全心投入指導 IYPT 選手的過程，尤其在指導過程中，解決相關問題的很多經驗，值得大家學習。而且每年培育出國內賽的常勝軍，也有多名學生入選為國家代表隊，成效卓著。更可貴的是參賽學生於後續升學中，相當多元與優異，更顯示出本競賽的合適性。

第六篇是高雄中學盧政良老師的〈指導中學生參與國際青年物理辯論競賽之經驗—談實作教學成效〉。盧老師主要分享指導過程，特別值得一提的是，雄中建立了一個優良傳統，就是畢業的學長回母校指導學弟妹，這無疑就是能「轉教他人」，更能提昇自己知能的實踐，同時盧老師極力推廣校際交流，推動南部校際訓練賽，具有無私和奉獻的精神，相信對於營造區域高中間的優良教學交流，具有很大的助益。同時，盧老師也分享學生如何跨出步伐，不受限於現實的升學氛圍，最後的升學成績也如預期，甚至表現得更好，並不因為實驗需要多花時間，而受到些許的影響。文末也有學生的回饋，由學生心得的字裡行間，可以感受到學生的肯定與感謝，這樣的教學成效，絕對是讓人深感欣慰。



圖 2. 本文作者吳仲卿教授（站立者）為參加「大專物理辯論高峰會」的大專及高中學生授課（圖片來源：「臺灣青年學生物理辯論競賽」臉書粉絲團 <https://www.facebook.com/2012TYPT/>）

由三所高中教師的分享中，可以看出他們都有一個共同的精神：無私與奉獻。多年推動 IYPT 的成果也讓人敬佩，那就是他們已將 IYPT 訓練過程與作法，融入學校彈性課程中，自主建立特色課程，這項作法呼應 107 課綱中的「探究與實作」課程，他們長期以來的付出，不知道是偶然、還是必然，好像預先認知到教育方式的即將改變，他們已然走在教育改革的最前沿，相信他們已經準備好了！

最後，相信 107 課綱的實施，透過「探究與實作」課程，將有助於培養中學生的動手與邏輯推理能力，進而提升全民的科學素養。透過本專題的報導與分享，也希望能提供中學教師的實作參考與採用。另外，本專題內所報導的相關活動之所以可以順利推動，要特別感謝科技部與教育部因應相關議題的事前推動，尤其科國司與國教署分別推動之實作計畫與國際移動力計畫，在此一併表示謝意。

吳仲卿

國立彰化師範大學物理系特聘教授