



國際青年學生 物理辯論競賽在臺灣

文／賈至達

本文介紹臺灣引進國際青年學生物理辯論競賽的歷程，除了介紹目前在臺灣的中學和大學在此項競賽發展的現況。並將此競賽的精神、臺灣的執行方式和美國「新世代科學標準 (NGSS)」中的 Practice (暫譯為「科學實踐」) 部份，以及臺灣將要實施的「107 年自然領域課程新課綱」所設定的理想、目標與架構作對應比較。

前言

國際青年學生物理辯論競賽的英文名稱為 International Young Physicists' Tournament，縮寫為 IYPT。此項用英語競賽活動在 2009 年開始引進臺灣，我國並於隔年正

式參加國際競賽，履獲佳績，而去年 (2016 年) 暑假我國代表隊更首度在國際上獲得金牌。且在 2013 年由國立臺灣師範大學和財團法人徐有庠先生紀念基金會，共同主辦了第 26 屆國際青年學生物理辯論競賽 (26th IYPT)。而大會的精神則可以用大



會的官方標誌來說明。如圖 1(a) 所示的是 IYPT 官方標誌，圖 1(b) 是 2013 年在臺灣主辦第 26 屆 IYPT 時，所用的大會標誌。兩個標誌的意涵皆十分清楚易解；官方標誌是兩位中古世紀的騎士舉著 mc^2 和 $h\nu$ 的長矛相爭，在中文的部分分別以「能」和「光」對應；非常意象地將 IYPT 競賽比擬為以「物理」為基礎的長矛，以進行相互詰問和討論的競賽。

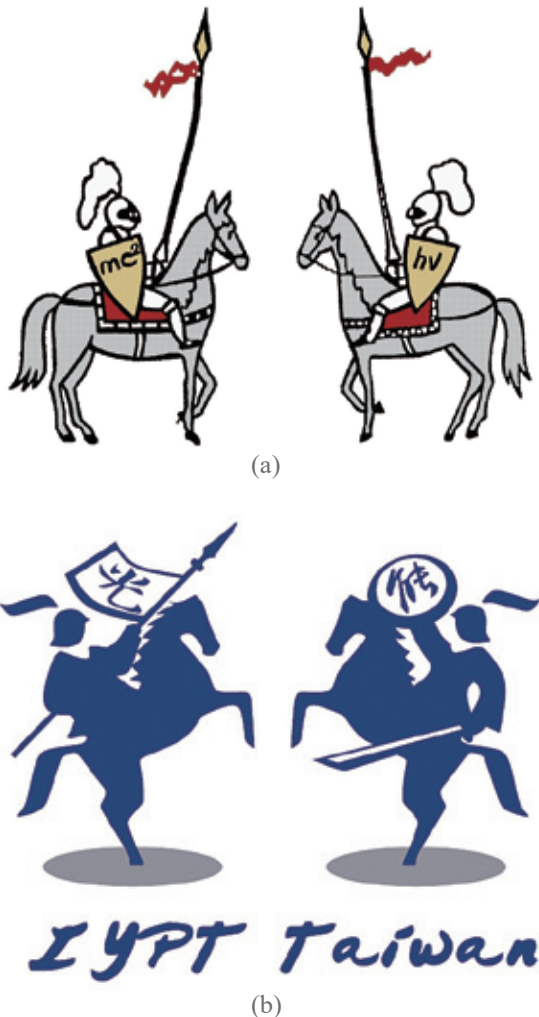


圖 1. (a) IYPT 的官方標誌 (下載自 https://en.wikipedia.org/wiki/File:IYPT_logo_current.png)，(b) 具中華文化意涵之 26 屆 IYPT 的標誌 (由臺灣設計)

在中文的物理辯論賽方面，自 2009 年開始，由國立臺灣師範大學物理系和徐有庠先生紀念基金會共同合作，在臺灣各高中間推展物理辯論競賽活動，其英文名稱為 Taiwan Young-student Physicists' Tournament，縮寫為 TYPT。歷年舉辦的競賽資料及相關資訊，可以在臉書和影片分享網站 Youtube 上查獲，目前已有相當多相關的社群。(請見參考資料 1)

IYPT 的競賽與一般傳統的數理學科能力競賽、科展和科學營隊十分不同，個人認為它與人類科學學習和發展的軌跡相仿；就如同科學家們在進行研究時，多循著問題探索、反覆試驗、思辨論證、參加研討會和論文發表，最後發展到應用端的過程，而這樣的模式與物理辯論賽的準備過程十分相似。除此之外，也因為所辯論的問題很生活化且具有實用性，使用的器材簡單，學生相對容易上手，因此適用於高中及大學低年級物理教學。

近年來，此活動已經逐漸受到普遍的重視，又適逢教育部推動 107 課綱的新政策，讓許多教師開始試著將此物理辯論競賽活動的培訓過程融入課程中，例如專題課程、彈性學習課程等；尤其是教育部所訂定的「探究與實作」必修課程，強調以實作方式，進行「發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享」等的學習過程。所以個人認為將物理辯論活動精神融入特色課程、彈性學習和探究與實作課程，是十分適宜的。

臺灣正在推行的「12 年國民基本教育的新政策」，在 107 新課綱草案中，自然科學部份的內涵，源自於美國的「新世代科學標準」(Next Generation Science Standard, 簡稱 NGSS) 的內容。(見參考資料 2)



美國的國家科學院所屬的 The National Academies Press 已公布「新世代科學標準」的內涵，以及出版許多與 NGSS 架構與發展的書籍，並闡明了 NGSS 的三個重要面向：科學實踐 (Practices)、跨理工學科概念 (Crosscutting Concepts) 和核心概念 (Disciplinary Core Ideas)。相關資料可以從參考資料 3 下載。這些資料可作為討論、理解和分析 107 課綱的對照本，尤其是「探究與實作」之 4 學分必修課程，其內涵與 NGSS 三大面向之一的「科學實踐」(Practices) 關連性相當高。NGSS 的「科學實踐」首重問題提出，次為提出研究設計與實驗規劃、數據分析與解釋建構，到最後強調討論、溝通交流與對資訊評判等，完整給出「科學實踐」學習的八個項目，這與「探究與實作」課程精神，不謀而合，也因此「科學實踐」的內涵可以作為一份課程架構很好的參考。NGSS「科學實踐」的資料可以由參考資料 4 下載或查看。基隆女中張仁壽老師對於「探究與實作」課程和 NGSS「科學實踐」議題作了簡約清晰的對照，也有教案舉例（見參考資料 5）。本文的目的是在介紹物理辯論的活動，以此活動為例，闡述相關探究與實作精神，並探討融入 107 課程的教學方式。

國際物理辯論競賽方式與學會組織架構

目前，許多科學競賽始於舊時的東歐，尤其是舊蘇聯體制下，在東歐國家間常以俄文來進行高中生物理競賽活動；IYPT 也是由俄羅斯開始。1979 年時，莫斯科大學 (Moscow State University) 物理系的 Evgeny Yunosov 教授，在莫斯科舉辦了俄文物理辯論賽（見參考資料 6），不少當

時的東歐國家，陸續加入，至今還是有許多東歐國家參加此項活動，包括匈牙利、捷克、斯洛伐克、保加利亞、烏克蘭等國家。原來是僅有舊蘇聯體制下東歐國家間的物理競賽，在 1988 年開始了第一屆國際青年學生物理辯論競賽，正式朝國際化邁進，同時也引進英語作為俄語之外另一種辯論用的表達語文。以英語和俄語的雙語方式進行辯論方式，實行了一段時間後，目前改為僅用英語作為單一語言辯論。

後來荷蘭於 1994 年首次舉辦此項活動，並將其推廣至整個歐洲。澳大利亞於 2004 年接著主辦，又將其推廣至亞洲國家，目前參加的國家數約略已超過 45 國（見參考資料 7）。臺灣於 2013 年主辦了第 26 屆國際青年學生物理辯論競賽，相關資訊可以參見參考資料 8。當年參賽學生還受邀到總統府參訪，也讓此活動成為臺灣高中學生熟識的一項活動。第 30 屆 IYPT 競賽將於 2017 年在新加坡舉辦，臺灣許多高中學生正積極準備中，爭取為國增光的機會。

每年的 IYPT 是如何進行的呢？這個問題還相當的複雜，參考資料 9 中有詳盡的描述。簡單的說是有「題目的產生」、「學生和老師組織參賽隊伍」、「評審」等三個關鍵性的組成要素。首先說明國際辯論賽「題目的產生」，這部份主要是透過 IYPT 學會組織，負責收集會員們、或是老師學者所提供的題目，並做出初步的分析與討論。每一個會員國都可透過網頁提供題目，並在當年暑假競賽期間，由國際組織委員會選出下一年度競賽所需要的 17 道題目，並於每年 9 月之前公布。題目的選擇十分嚴謹，繳交題目時需要有標題、題目的陳述，和原始題目的觀察、或實作或構想，以及相關的論文或參考資料。題目



涵蓋各式的科學問題，主要以應用物理、資訊及數學為主，而化學和生物的一些法則，也常被引用和應用。物理辯論用的題目是開放性的問題，也因此每一個人對於解決問題的看法、作法，會有不同的切入點，這也就是物理問題可以用於辯論、討論、進行意見溝通的一個重要因素。每一年競賽的題目是在前一年由國際組織委員會確認，並經文字修飾後於賽後公布。有興趣出題者，可以上 IYPT 官方網站，試著提出物理辯論的題目，就有機會錄取喲！

在題目公布後直到國際賽約莫 11 個月的期間，關注的焦點是「學生和老師組織參賽隊伍」方面。學生在老師指導下，3 ~ 5 人組織成一隊，進行競賽問題的探究、實驗探索、數據分析、論證建模，以及最後結果討論、報告分享。此外，國內和國際競賽時間恰與臺灣學期制度相吻合，因此老師可以利用這些競賽題目規劃相關特色、彈性學習，或探究與實作課程，同時依照「科學實踐」中的八個項目融入教學課程。詳細情形在本專題中有協同中學何世明老師、高雄中學盧政良老師，以及彰化女中李政憲、馬群樺、張國志等三位教師撰文，討論學生如何培訓等工作，他們的經驗是很好的參考。

而第三個要素「評審」的內容，則必需先了解整個競賽過程。每一支參賽隊伍，要經過五場次的競賽，若成績是前三名、或五場次（stage）的成績都是該場次得最高分者，則可以進入決賽，但是決賽最多也是以四隊為限。每一場次會有三或四隊競賽，即會有三到四回合（round）的競賽，每一隊輪流擔任報告方（reporter）、反辯方（opponent）和評論方（reviewer），當四隊競賽時，會輪流擔任觀察方（observer）；一場次競賽時間約三到四小

時；競賽流程可以參考 IYPT 網站的官方文件中查詢。在 2014 年開始，訂定第五場次競賽，各隊可以自行選定要報告的題目，而前四個場次是由反辯方提出報告方要討論的題目；第五場次報告題目的選定，是依照該場次成績高低依序選擇要報告的題目。此精神的引進，主要是讓學生們將準備最好、或次好的題目，可以有報告的機會，也讓比賽達到一個高潮。每一個場次時間規定相當嚴格，在 IYPT 網站中，有詳盡的說明，在此就不贅述。

本人認為每回合的精彩之處有二：一是報告方 12 分鐘的報告，二是報告方和反辯方的 14 分鐘的相互詰問。很多評審也多半是依據這兩項，或其延伸問題去評判成績，作為評審打分數的依據。每回合競賽的過程中，都十分強調團隊合作和問問題的部分，臺灣中學教育的過程中，對於這部分的訓練十分欠缺。因為是英語辯論型式，報告方的 12 分鐘報告中，反辯方的團隊必須團結一致努力理解報告者的內容和其報告方式的優缺點，規劃出要釐清的疑點和要提問的問題；以及在 14 分鐘相互詰問時間中，要進行的詰問策略。在 14 分鐘的詰問時間，雙方隊友可以隨時幫忙台上隊友，如以遞紙條方式給建議，協助台上隊友時間的掌握，都是成功的關鍵。平常同學如果沒有合作的精神，只顧自己要報告的問題，而無法協助台上隊友進行問題的「答」與「辯」，因而亂槍打鳥的提問，或答非所問、不知所云，成績一定是不會太好的！反之，團隊一起團結努力、相互幫助，當隊友在台上卡住時，可以很快協助台上隊友繼續問題、答題，亦或請求評審主席准許接替臺上隊友代為回答或釐清問題，如此一來，這一隊表現定然不俗。如果加上科學內容表達清楚、問題探究與



實作過程都完整且達成合理結論，那成績自然就會高出其他隊伍！

本人擔任過 IYPT 執行委員會的委員三年，每年的執行委員都會到主辦國去開會，確認主辦國對於執行該年度的 IYPT 競賽的住宿、場地、經費等相關問題。圖 2 是 2012 年 12 月，在臺灣舉辦執行委員會時所拍攝的。執行委員會議也會提出許多規劃相關的問題，會議除了討論當年主辦國的籌備工作外，其中最重要的就是「評審」的選定，因為如果評審的能力有問題，容易讓競賽會有負面的印象，評審的審評能力是國際競賽活動是否成功很重要的關鍵；因此「評審」的延聘在競賽的規則中有詳盡的描述。在 IYPT 官方網站的文件上，對於評審資格、競賽流程、和評審評分的指導原則都有說明。

通常參加國際競賽隊伍會有五名學生、一名獨立評審和兩名領隊，其中一名

領隊也必須擔任評審，也就是每一個參賽國家隊伍要提供兩名評審；但是此兩位評審不能擔任該隊競賽時的評審。每一個競賽場次需評審人數至少五人，若以參賽三十支隊伍計算，共有十個場次同時進行競賽，就必須有五十人，評審是不能評自己國家的隊伍，又有不能擔任全部五場次的評審的限制（決賽評審不計），因此每一年評審人數都會有七、八十人，且主辦國也必須邀請該國學者和國際上有經驗的學者擔任評審。每一場競賽的五名評審中，有一位是評審主席；評審主席除了在開始競賽前要介紹隊伍和評審外還要嚴格掌控時間。雖然競賽時有計時人員和投影的進度表，但主審還是有權可以讓學生、評審講完最後一句話或是他的觀點。場上偶然有的突發狀況也是需要主席立即處理，尤其是常有單槍訊號異常、競賽氣氛異常或發言不當等等，都需要立即處理，所以通常是參加多年很有經驗者擔任評審主席。

評審評給分數，也有一定的規範。IYPT 官方網站之評分原則的文件中有簡略的說明；第一場競賽開始之前 IYPT 會長也會召開評審會議，將一些評審要件或範例提出說明討論，通常不參加者，也不會列入評審名單，過程相當嚴肅。評分以 5 分為標準中數，共分三個主題評分；其中物理（Physics） ± 3 分，表達與態度（Presentation）是否適當佔 ± 1 分，再分別對報告方、反辯方和評論方的表現各有 ± 1 分，所以每一隊的評分會在 0 ~ 10 分之間。例如報告者物理掌握得很好得 3 分，表達與態度也十分適當得 1 分，加上報告的邏輯性、口語清楚和適當回答問題等等得 1 分，則該報告方得 10 分。如果物理犯有嚴重錯誤得 -3 分、表達態度不佳得 -1 分，加上邏輯性差、無法回答問題等等得 -1



圖 2. 2012 年 12 月在臺灣舉辦 IYPT 執行委員會（左起為該委員會前會長 Alan Allinson、執行秘書 Martin Plesch 教授、財務長 Ilya Martchenko 博士和 2012 年與 2014 年的主辦人 Georg Hofferek 和 John Balcombe，以及 2013 年 IYPT 臺灣主辦人賈至達教授）



分，則有可能各項成績都是負分，而低過 5 分，甚至 0 分。不同角色的得分有不同加權：報告方的得分乘以 3，反辯方得分乘以 2，評論方得分乘以 1，即為該回合各隊的得分；因此每一個場次每一隊的最高總分是 60 分；不過競賽時，一場次要得到 45 分以上，實屬不易，唯有問題準備充份、團隊默契佳的隊伍，才有可能獲得高分。

在每回合競賽的尾聲，規則上有 5 分鐘評審提問的時間，這也是相當關鍵的時候，因為評審也不一定認同雙方的意見，或有問題要釐清，為了要評出成績，會在此時間一些場上兩隊爭辯的關鍵問題。每回合結束評分後，最高分數和最低分數會平均而給出一個分數，而該兩位評審，通常要給一些說明，解釋為何評給高分或低分，讓學生可以了解評審評分的依據。待每場次結束之後，如時間允許，評審們通常會提出總評。整體而言，競賽過程十分緊湊，同學們也都聚精會神，希望將平常的努力完全發揮出來以獲得高分。如果分數不如預期的好，尤其是某些學生在問題上付出了很多心力，此時老師的角色就十分重要，要如何安撫學生的情緒，讓學生繼續進行比賽，如何互相從錯誤中學習等等，全仰賴團隊同學間的默契和老師的開導，以達到學習的效果。

以上僅是簡述 IYPT 的活動，而在臺灣的相關資訊也有許多關於物理辯論賽培訓、競賽規則的報導，例如 2011 年 6 月《科學發展》，462 期，在 34 ~ 41 頁介紹「國際青年學生物理辯論競賽」，以及《物理雙月刊》2010 年物理辯論活動特輯，其中有高賢忠教授、徐鏞元教授、林文欽教授和陸亭樺教授所寫的培訓心得。

IYPT 競賽培訓模式融入 107 新課綱的課程

107 自然領域的課程綱要提出「探究與實作」的新課程，此新課程設計是讓自然領域的教學更貼近自然科學研究發展的精神。以此新課程作為教學變革的切入點，並將「探究與實作」的精神推廣至選修、特色課程和彈性學習的課程，逐步改進教學模式，提升教學效率。自然學科可以期待新課程，讓自然領域的教學可以擺脫考試的束縛，全面提升國民的科學素養。陳育霖教授在〈教育現場為什麼需要探究與實作課程？〉（見參考資料 10）中也提到：「……在中學課程當中執行（探究與實作課程），可以激發學習熱情，幫助學生形成建構知識的方法、態度，學習的歷程……。」在課程中融入探究與實作，是要教會學生學習科學、應用科學的能力，進而培養出科學素養！討論新課綱課程也有許多相關資料，請見參考資料 11。

那為何國際物理辯論競賽的訓練模式可以融入 107 新課綱的特色、彈性學習，或探究與實作的課程中呢？肇因於學生參加臺灣 TYPT 競賽活動時，已經有一學期的時間進行問題探究、閱讀理解、實驗設計，並應用物理理論或邏輯推理來解釋實驗所得的結果；正可以用課程來涵蓋此類的教學。就如同參考資料 11 中所提到的高中新課綱之探究與實作課程架構，有利於融入現行的課程中。有許多學校，已將此精神，融入高中課程中，如高雄中學、私立協同中學和彰化女中，已逐步吸引多位教師加入，以提升學生學習的興趣。

有許多同仁會質疑，僅有最後的五名選手去國際比賽，課程下學期要如何進行？事實上，辯論競賽課程之進行與學者



進行問題研究的過程相仿，學生參加競賽，好似另一類的同儕學習，是競爭也是學習；就如學者參加國際研討會議，將成果分享給同好；研討會後或是會前，許多研究學者，會將其研究成果投稿至期刊。同樣的，我們可以在下學期的課程中，除了競賽（如同參加研討會）之外，教導學生撰寫論文並投稿。目前國內有很多地方可以投稿，例如《科學研習月刊》、《物理教育學刊》、《科學教育月刊》、《科學月刊》等等。如果使用英文撰寫，也可以投稿到相關期刊，如 *Physics Teacher*, *Physics Education*, *European Journal of Physics*, *American Journal of Physics* 等。我們也常常發現 IYPT 的題目解答被投到這些國外期刊中。另外，國立臺灣師範大學物理系也跟 IYPT 學會申請 IYPT-Magazine 的發刊，見參考資料 12 和圖 3，此刊物每年都會送給參加 IYPT 競賽的學生、領隊和評審，因此常有國外的同學投稿。本國的學生也應該可以常常利用 IYPT-Magazine 發表他們的作品。在撰寫論文的學習過程，融合了探究、實作和發表，讓學生的學習可以更完整，正如我們研究生的研究生涯，不也是如此嗎！

或許有人會質疑，高中生能力不足，如何進行問題研究？筆者曾利用諾貝爾獎網站（<http://www.nobelprize.org/>）進行調查，發現從民國元年（1912）到民國 100 年（2011）間的物理諾貝爾獎得主，他們獲得諾貝爾獎級研究成果發表的年齡，如圖 4 所示。小於 20 歲的有 4 人，這表示他們在更小的年紀就有科學探究的精神，且經過適當指點，也會有很好的成果！圖 4 中可以清楚看到過了 35 歲以後逐漸減少，41 ~ 45 歲之間，因為研究者社經地位的改善，也讓許多學者在此時有諾貝爾獎級突破性的研究成果。又如美國職業運動選手

也是有相同的統計結果，例如美國職業籃球選手 Michael Jordan，也是在 35 歲以後開始走下坡，人的腦力也和體力似有類似的狀況！由圖 4 所顯示的結果，也跟心理學家提出的理論相仿，在皮亞傑所提出的認知發展論中，明確指出孩童在 11 歲左右開啟理論推理的腦部活動，因此中學生的能力足以進行相關邏輯推理、科學研究的工作。

如今我們周遭的國家都在互相學習，仿效臺灣模式也不在少數，因此與臺灣的差距逐漸縮小，甚至超越。如果我們還繼續用 100 年前的教學模式，不能與時俱進，對下一代是不公平的。就像平板、手機等都是一種不錯的學習工具，但在臺灣的學校卻不准使用、或相關教材又都不足。而物理辯論賽的教學模式，恰好可以



圖 3. IYPT-Magazine 創刊號的封面，有著 2012 年的題目示意圖，獲得許多學生喜愛（圖片來源：<http://iyptmag.phy.ntnu.edu.tw/contents/contents/contents.asp?id=109>）

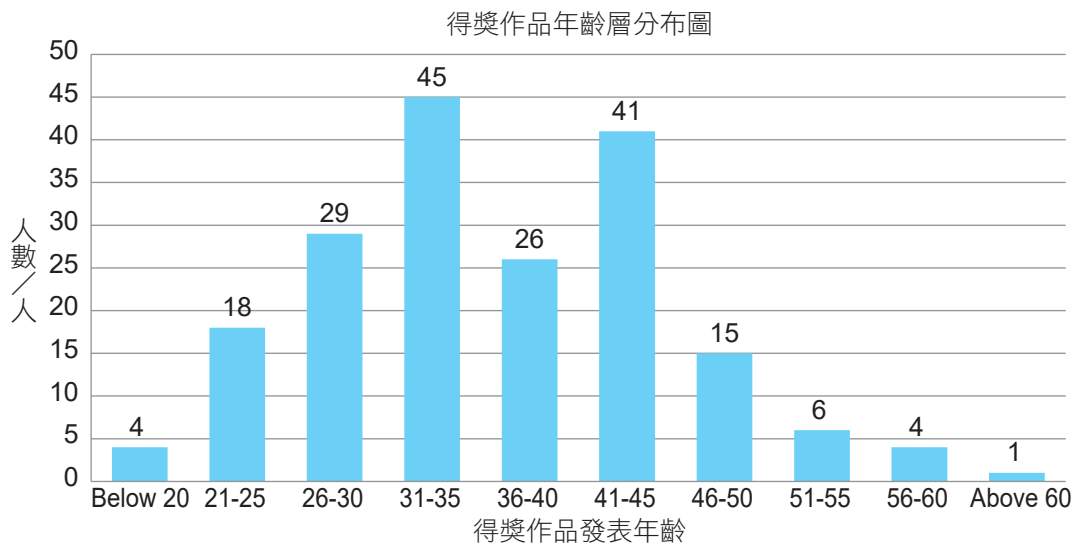


圖 4. 諾貝爾獎得獎作品發表之年齡統計圖 (1912~2011)

跳脫傳統的教學模式，應用生活周遭的工具進行學習。的確，我們要問：大學的老師準備好了嗎？師培大學有相對應的師資培育方法嗎？我們也要問：中小學老師們心態準備好了嗎？107 新課綱某方面的創新作法，確實也點出目前科學教學的窘境，因為科學進步神速，知識日新月異，雖然科學的本質不變，但學生們的學習模式不應沿襲早年的方式，在新的世代應該要有所轉變。IYPT 的教學模式，雖然起頭難，但是透過臺灣 IYPT 的社群，預期可以將辯論教學模式融入中學課程、甚至大學的基礎課程之中，這都是值得教師們共同努力的目標。

結語

科學的研究就是在探究支配自然界現象的真理。在探究的過程中，科學家必須將其研究成果公開發表，接受同行的檢視，結果也可能會遭受質疑。通常科學家不僅僅要清楚說明自己的看法，也必須經由不同觀點的辯證，才能顯現出真理的真

實面貌。不僅是自然科學如此，其他如社會科學的研究也是一樣，在辯證中學習，並尋求真理。綜觀國內所有的升學考試的活動中，大都屬於個人賽，一切都是以個人訓練的方式進行學習，十分缺乏上述物理辯論的學習方式！依照國際青年物理辯論賽 IYPT 總會所立的辯論規則中，辯論的態度也是非常重要的評分項目之一！這也是 IYPT 活動的另一個重要功能之所在，如果可以將辯論賽的模式融入在中學的課程教學中，除了科學知識的傳授和科學方法的訓練外，也可以培養學生具有發表和講述自己論點的能力，更重要是能夠去理解別人所提出的觀點，拓展出更寬廣的視野！

參考資料

1. 如 International Young Physicists' Tournament 官方網頁 iypt.org，或「臺灣青年學生物理辯論競賽」網頁 <http://typt.phy.ntnu.edu.tw/> 及其粉絲頁：<https://www.facebook.com/2012TYPT/>，和 Youtube 頻道“Taiwan Young-Student Physicists' Tournament”：



- https://www.youtube.com/user/2013IYPT/videos?sort=dd&shelf_id=0&view=0；另可以查詢到許多參加競賽的各校學生組成的臉書社群，或物理辯論活動相關的社團。
2. 新世代科學標準 (Next Generation Science Standard, 簡稱 NGSS) 的官方網頁：<http://www.nextgenscience.org/>。
 3. 美國國家學術出版社 (National Academies Press) 的 NGSS 出版品如：A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (2012)，Next Generation Science Standards: For States, By States (2013)，Developing Assessments for the Next Generation Science Standards (2014)，Literacy for Science: Exploring the Intersection of the Next Generation Science Standards and Common Core for ELA Standards: A Workshop Summary (2014)，Guide to Implementing the Next Generation Science Standards (2015)。
 4. 107 課綱中探究與實作相關的 NGSS 資料：<https://www.nap.edu/read/13165/chapter/7>
 5. 張仁壽，〈教師如何因應「探究與實作」課程—以美國推動 NGSS 實作為例〉，物理教育學刊，17 卷 1 期，56～58 頁。〈物理教師如何因應「自然科學探究與實作」課程—以「能資源與永續問題的探究」教學模組為例〉，物理教育學刊，16 卷 2 期，133～136 頁。
 6. 國際青年學生物理辯論競賽的歷史請參閱：http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Young_Physicists'_Tournament_in_Russia
 7. International Young Physicists' Tournament (Wikipedia) http://en.wikipedia.org/wiki/International_Young_Physicists'_Tournament
 8. 第廿六屆國際青年學生物理辯論競賽官方網頁 <http://iypt.tw/>、臉書 <https://www.facebook.com/2013iyptTaiwan/> 和 Youtube，以及 Youtube 的頻道 <https://goo.gl/ChOA9P>。
 9. 相關資料如：(1) 賈至達，〈國際青年學生物理辯論競賽〉，科學發展，2011 年 6 月，462 期，34～41 頁，http://203.145.193.110/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/10006/10006-05.pdf，(2) <https://scitechvista.nat.gov.tw/zh-tw/articles/c/0/9/10/1/1564.htm>，(3) <http://gensci.phys.ntnu.edu.tw/popsciville/index.php/2014-06-18-09-03-50/psman-interview-menu/94-2014-03-11-07-24-48>。
 10. 物理雙月刊：物理辯論活動特輯，2010 年 10 月，32 卷 5 期，404～423 頁
 11. 陳育霖，〈教育現場為什麼需要探究與實作課程？〉，科學研習月刊，105 年 2 月，55 卷 2 期，19～27 頁
 12. 例如：(1) 2016 年物理教育聯合會議大會演講：賈至達，「論高中新課綱之探究與實作」<https://www.youtube.com/watch?v=3cmYPWzQ5ME>，(2) 中等教育階段自然領域教學研究中心臉書：<https://goo.gl/MA8qLq>
 13. IYPT-Magazine 官方網站：<http://iyptmag.phy.ntnu.edu.tw/contents/contents/contents.asp?id=109>
 14. 諾貝爾獎官方網站 <http://www.nobelprize.org/>
 15. 皮亞傑認知發展論，https://en.wikipedia.org/wiki/Piaget%27s_theory_of_cognitive_development

賈至達

國立臺灣師範大學物理系教授