

突破教科書的藩籬：

物理課外讀物學習之成效探討

張慧貞
逢甲大學物理教學研究中心

摘要

作者嘗試性地在她任課的大一物理課程中，引導學生進行課外讀物的獨立學習，並撰寫出心得報告。綜合報告內容及參與學生意見調查問卷之結果，本文歸納出下列數項主題：

- (1) 學生報告常見的缺失；
- (2) 課外讀物報告的實施所帶來的學習成效；
- (3) 學生所面臨的困難及質疑；
- (4) 對教學策略的啟示。

許多學生描述了執行此項學習任務中逐漸由生疏、犯錯、摸索、到修正的艱辛歷程，也有少數學生對評分的合理性提出質疑。顯示這項作業，對多數大一工科學生而言是非常陌生的，也提醒了教授未來在指定這項作業時，須提供更多的引導及支援。

雖然多數學生體會到作報告的挑戰及辛苦，許多人也不諱言其成果不盡理想。但是，絕大多數的同學卻很肯定這項「另類」的學習模式，贊同未來繼續實施。問卷結果顯示，經由這項學習，學生的收穫不僅限於知識層面的增進，也包含學習能力及學習態度的提昇，其中包含資料蒐集、理解、統整，以及自律、控制進度等後設認知(metacognition)等能力，並體會到現有學識的不足。因此，這項學習任務較傳統侷限於教科書「知識累積」的教學模式，應更能符合高等教育的教學目標：培養學生具備**終身學習**的能力及態度。

根據上述發現，在未來實施時，本文建議：(1)教授應提供學生更詳細且階段性的指導，使得學生得以及時修正其學習方向，(2)增加此項學習在原有課程(包括教學、學習、及評量)所佔的份量，以發揮其成效，(3)引進同儕評量，可促成學生互相切磋觀摩，並可降低教師單獨評分所受到的質疑，(4)說服學生體認這項“另類學習”的價值及重要性，也將是未來執行時的重要課題之一。

導論

大一普通物理的課程是絕大多數理工科系的必修科目之一，其課程主要的任務常被視為提供學生未來專業課程的學業基礎。在這種純粹以知識面為考量的前提之下，教授課堂上的教學，大多跳脫不出教科書領域。同時，現行教科書的繁重份量，更容易迫使教授疲於“趕課”而無暇涉及其他相關的課外讀物。由於教科書通常著重於學理的敘述，難以引導學生與實際生活經驗的聯想，阻礙物理觀念的理解並降低學習興趣(張慧貞 & 林泰生, 民 89)。

除了在教學內容上的設限之外，傳統的教學模式亦多採灌輸式教學，學生的任務只侷限於上課聽講抄筆記，及下課複習等被動學習。至於主動學習，包括蒐尋、選擇、統整、應用、自律(self-regulated)等較高層次的能力發展(Marton & Saljo, 1984)，則被嚴重的忽略了。Boud(1990)批評當代許多高等教育的評量政策，扼殺了學生深層學習能力的發展，大學教育並未對學生畢業後所需面對的開放式、強調創造性的工作需求作努力。多數傑出研究者，並不是來自大學階段成績表現耀眼的學生群(Hudson, 1960)。經歷傳統教學模式的畢業生，可能僅具備了「當代」的專業知識，卻沒有培養出應有的能力及態度，以因應未來知識內容及結構的快速變遷，成為一位跟不上時代的終身學習者(De La Harpe & Radloff, 2000)。

基於上述兩項考量，作者在她所授課的普通物理課程中，引進課外讀物報告的開放式作業，這項作業的目的除了希望藉由生活及科技的題材，協助學生更深入了解物理理論，並體認物理在現代社會中所扮演的關鍵角色；也希望能引導學生親身體驗獨立學習的流程，學習如何克服過程中所面臨的困難，培養其獨立學習所需的能力及態度。Tynjälä(1998)的研究顯示引用建構主義的獨立學習，並繳交報告的教法比傳統教學在高階層學習領域，如思考力，具有較突出的學習成效。更深一層的目標，則是希望藉由此項開放式的指定作業，對這些剛進入大學階段的學生們傳達一種由被動到主動學習的訊息。在**授予學生更大發揮空間的同時，也期許他們逐漸負起學習的責任**，培養出做自己學習主人的態度。簡言之，此項學習活動的預期學習目標包含學習者的知識、能力、及態度等的全面性發展，以符合大學教育的目標(Cross & Angelo,1992)。

新教學策略的實施及研究方法

課外讀物報告之學習活動實施於作者所任課的四個班級，在指定作業之時，作者提供講義說明(請參考附錄一)及簡短的課堂解說，包含題目範圍設定、參考資料

來源、執行報告的可能流程及撰寫模式、以及評分的參考準則。同時，也安排學生參加校內圖書館所提供的資料查詢講習，共兩小時，以引導學生初步的查詢途徑。在指定此項作業的同時，作者僅對學生宣佈，這份報告可採個人或兩人一組完成之，每人均需繳交，但並未明確告知其計分方式。評閱後之報告成績則採加分形式，加計至學期總分 1-5 分。

本文討論的內容為作者第三次嘗試此項教學設計，綜合過去執行的經驗，作者特別對學生強調報告內容‘可讀性’及‘統整性’的重要性，提醒學生論述應深入主題，詳細說明相關的原理、現象、應用，甚至個人感想心得，並注重內容的相關性，非僅空泛零碎的事實敘述；同時，也需衡量自己現有的知識背景，選擇適宜的主題，並對文內的專用術語提供充足的解釋，以顯示自己對此主題的了解。

這是一項根據學生自述(self-report) 性質的研究報告，主要目的不在定量的評判此一教學策略的優劣，而是定性地探討此教學活動所帶來的學習成效與有待克服之缺失，提供未來教育研究與教學實務之參考。

在評閱過學生報告並發還之後，作者要求其中的兩班學生填寫一份不記名的開放式問卷，以了解學生對參與這項作業的想法，問卷主題包括學生付出之心力、收穫、主要困難、及對實施方式之建議(請參見附錄二)。學生可自由決定填寫與否，可能由於問卷是利用課堂時間填寫之故，回收率高達 94%，回收有效問卷共 95 份。

結果分析

綜合學生報告內容以及學生在問卷中之回應，研究結果可分成三項重點分別論述：(1) 學生報告常見的缺失；(2) 課外讀物報告的實施所帶來的學習成效；(3) 學生所面臨的困難及質疑。

學生報告常見的缺失

從批閱過去所實施的三次學生報告內容，可歸納出幾項值得注意的問題：

首先，由學生報告顯示，多數學生的課外科技相關知識相當貧乏。雖然作者在主題的選取上給予相當大的彈性，大多數的報告內容仍取材自指定作業之後的讀書心得，僅有極少數報告提及過去的讀書經驗。這現象暗示，理工科的大一學生，對科學知識的認知，似乎仍僅侷限於教科書的範疇；而對生活應用、自然現象、甚至科學與社會相關聯的科普主題，則甚少涉獵。這情形易造成學生對科學存有不實用、與社會脫節的偏頗印象，阻礙其學習動機。

其次是直接抄襲參考資料，可能包含一段到數段的原文照抄現象。這些未經學生自己理解、統整後的文章，其主要的徵兆，除了陳述用語太過簡略，或不夠“白話”之外，還含有許多未經詳細闡述的艱深科技術語(terminology)，例如，部分報告以北極光為主題涉及“太陽風”、“范艾倫帶”等解釋此主題的關鍵詞，卻未見闡明，暗示學生可能並未真正深入理解主題的核心。抄襲問題不但嚴重削減此項學習活動的學習成效，也凸顯出學生對尊重智慧財產權觀念的薄弱。

最後一項問題則是內容充實度不足的問題，其特徵有三：(1)有些是僅敘述現象，而未見深入的理論解釋，文章內容雖然豐富，但卻留給讀者太多未答的疑問，予人只知其然，而未知其所以然之感，例如一篇以磁浮列車為主題的文章，描述了發展歷史、速度提升、及超導引用等主題，但對其浮起、加減速的原理、與超導材料之引用原因，卻未盡詳盡或付之闕如。(2)第二種常見的問題，則是內容統整性的不足，各章節內容間缺乏關聯性，凸顯不出主題。(3)另一種則是類似流水帳的陳述，缺乏作者本身的闡釋及引申。這種現象常見於傳記或科技發展史的題目中，例如：許多學生所感興趣的費因曼生平，某些報告僅敘述其嘻笑人生及機智過人的事蹟，但較深入的報告，則會將這些故事引申至其人生觀或學習觀的啟示。上述三項見廣不見深的問題，其實在許多科普文章中也常出現，這類型文章對學生做報告的取向，也會產生一些負面影響。

學習成效

根據問卷的分析結果，參與學生認為這項學習活動所帶來的學習成效，除了在知識面的增長之外，在學習能力及學習態度三方面都產生了啟發的正面效果。

綜合所有意見，學生的收穫，以知識面所佔的回應比例最高，95份問卷中有48人表達在知識面上的收穫，這結果與 Tynjälä(1998)的研究相似，學生對知識的重視由此可見。在這些回應中，大多數提到課外知識的增加(39人)。例如：

這份報告，可以使我了解到物理在日常生活週遭或先進科技上的應用或原理。

主要就是解決了不少疑惑，學了很多平常不容易學到的小常識。

對居禮夫人的一生有了大概認識，並學習到成功的人對工作的堅持與認真。

另外，還有12人提到對原有知識概念的深入了解、甚至統整。例如：

感想有好多，在數學和物理或化學上學過的東西，因為作報告而串聯感覺起來。

能很透徹的了解一件事件的發生或應用...而且蠻充實的。

將想法和心得轉換成實質的文字後，等於是換一個角度去知道，自己以為知道的事情，又從而有更進一步的認識。

上面引述，顯示這些學生對學習具有較深入的見解，道出了主動學習的模式，並暗示學習為一連串的概念建構、統整，而不僅是知識的傳輸，這項認知突破了膚淺的傳輸式學習觀，符合建構主義在學習上的重要論點(eg, Duit & Treagust, 1998; Posner et al, 1882)。

除了知識面的收穫以外，問卷中也顯示做報告對部分學生(28 人)在學習能力的啟發，這些能力包括資料查詢(11 人)、知識理解統整(10 人)、英文閱讀(5 人)、團隊合作(3 人)、以及作報告整體過程所需的能力(10 人)...等。例如：

最主要的不是在於報告的內容，因為做的也挺差的，而是懂得該如何查詢資料，增減資料，並且英文能力也進步不少...查國外的網站。

對所探討的有進一步了解，也加深自己的理解能力。

找資料的過程中，開始接觸圖書館，也對它較不陌生，並且在統整上能增加此方面的能力，儘管做的不是很好。

這次和同學一起作報告，感覺不太一樣.... 在討論要定出大綱時，在認知方面有些不同，經過協調才最後定出大綱，我想我從這裡也學到了些溝通的技巧吧。

可由做報告學習到許多事，而且也使自己學習到自動自發去發掘問題，解決問題。

(建議學弟妹)不要因為它是作業才去讀書，也不要做完作業後就不再研究之前所讀的，報告只是手段而不是目的。

在學習態度方面，部份學生(23 人)的意見，則反映出他們對學習過程、學習目標、物理的價值、或自我能力...等產生較深入的體認 (Baird et al, 1991)。例如：

對學習物理多了一份說不出來的感受，像是感動又像是佩服。

物理的世界真是無所不在，無奇不有。

英文真的很重要，網路有許多資訊均為英文。

收穫是知道自己做報告的能力不足，應朝哪些方面努力。

(建議學弟妹)要慎選主題，不要太難，弄些自己都不懂的東西來騙人。

讀書報告不應只是額外加分，而應與考試分數並重，大學教育應該注重學生自己求知能力的培養，否則我們仍舊只會考試。

整體而言，大多學生對這項作業的收穫抱持著肯定的態度，也相當用心投注於報告的完成。有 20 人更明白表示這是一項辛苦但卻很有收穫的的任務。例如：

做報告固然辛苦，但是認真的做好報告時的充實真的令人興奮，看著一堆雜亂的資料，被自己整理成一份有條不紊的報告，真的會覺得很有成就感。

將資料彙整的方法其實不是主要收穫。真正學到的是該如何做一件困難的事，尤其

是尋找門口進入，這件事是最重要的。

(建議學弟妹)不要因為覺得寫物理報告很辛苦，而不想寫它，這是一個磨練，訓練統整的能力，要感到幸福。

上述學生的回應，顯示了這項學習活動其對學習能力與態度的啟發價值，突破了現今普物課程侷限於課本知識的狹窄格局。這種廣義的學習模式也較符合高等教育的教育目標，學習能力與態度的啟發是未來的終身教育所需的重要基石。

學生的正面回應與部分深入的見解，鼓勵了作者繼續實施的構想。當被問及明年是否應繼續實施於學弟妹的意見時，高達 86 % (82 人) 的學生表示贊成，而只有 8 % (8 人) 表達反對。

學生所面臨的困難及質疑

除了許多正面回應，肯定這項教學活動的成效，問卷也徵詢學生在執行過程所面臨的困難與實施方式的建議。這些修改意見及批評，尤其前述 8 位反對繼續實施者的回應中，部分深具參考價值，可以提供未來實施的修改方向。

綜合這些意見，學生主要面臨的困難與質疑主要來自學生學習經驗的缺乏以及報告評分準則的不明確兩方面。

首先，許多學生談到這類型理科的課外讀物報告對他們而言是首次的經驗，暗示教授所提供的引導說明不夠詳細，部分同學形容自己在執行過程中，對於所需流程的不熟悉，或對面臨的困難感到無力克服。造成許多“無謂的”錯誤嘗試，使得報告所顯示的成果與付出的心血不成比例。問卷中有 9 人提到教授應在事前給予更詳細的指引解說，甚至提供範本以供參考。

其次，是部分學生對報告評分的準則(criteria)感到不明確，使得選定標題時無所依循，或造成評分與期待結果的落差。學生問卷中有 18 人提到適當主題的選定，是他們主要面臨的挑戰。至於評分方面，11 人認為評分太低，10 人認為評分偏高，而有 43 人認為很合理或可接受。這項評分上的爭議，對於一向強調客觀理性的物理學科而言，或許較人文學科更易遭受學生的質疑。

下列的引述可以進一步闡釋學生的困難與質疑：

沒有一個大概的範例，來作為範本，作起來面對一堆資料，如何知道怎麼統整，怎麼“用自己的話”去表達??完全沒有頭緒...分數不高，固然(與)自己的努力程度有關，但未曾做過這種類型的報告...若以現行的制度的話，不值得(繼續實施)。

老師應該先講清楚要什麼樣的報告。老師如果要我們寫給小孩子看的話，應該一開始就講清楚，省得我們花時間在理解資料內容上，還要去整合文件...(建議學弟妹)不要選跟科技有關的題材，主題越簡單越好，你可以完全理解，還可以去教別人的。

可於事前先教導如何寫一份報告，如：排版、方式、內容…。我想應還有很多人對報告的格式並不了解。

如何在眾多資料中選擇我要的？

主要困難為定下題目後，發覺內容太艱深，不斷的換主題。

根據作者評分的經驗與上述回應，多數評分上的落差起因於作者著重內容的完整深入性，而許多選擇高科技題目的同學，因內容難度的提高，較難符合上述的要求，損及成績。因此，如何說服學生體認報告深入性的價值，並消彌部分學生對課程水準不夠的質疑，將是未來實施的重要教學任務。另一值得注意的現象是部份學生的意見中仍顯露出他們對教師所抱持的依賴態度，期待教師提供一制式的要求(如提供範本)，依式套招。教學策略應鼓勵其學習做自己“學習的主人”，而非一味提供學生所需的解答。

討論及建議：對未來教學策略的啟示

綜合這次研究的結果，大多數學生對這項“另類”的學習活動，普遍抱持肯定的態度，也能體會作者引入此作業的目的。至於來自學生的批評及質疑，雖然僅佔少數，但對於未來的實施方式及設計的改進，卻提供了珍貴參考的依據。根據上述的討論，未來在實施此項學習活動時，有下列幾項需要修正的方向及策略：

首先，上述討論道出了學生對這種非傳統學習活動的陌生與困難，包括相關知識背景與執行流程兩方面。作者原先所提供的引導，包括資料查詢及執行過程與評分準則的解說(參閱附錄一)..等，顯然仍嫌不足。未來應該提供更詳細的說明與指導，以協助學生減少其困難。不過，在提供必要的支持與鼓勵學習獨立性之間，取得一適當的平衡點，也是一重要且具挑戰性的任務。

為了提供學生更詳細的指導，作者建議可將執行過程分成擬定主題、大綱架構、初稿、到修正後完稿等幾個階段，容許教師與學生在過程中的多次溝通，階段性的提供個別學生所需的協助或改進建議，也可藉由學生作品的討論，闡明評分準則的基本涵義，減少師生間的認知差異，進而提高其報告品質。

其次，也可考慮同儕評量的引進，雖然同儕評量的過程需利用部分課堂時間，但卻可藉此機會，提供同學彼此觀摩學習，發表溝通的機會，並在擔任評量者過程中，深入體會報告評量的準則，也可藉此降低教師評量的主觀性爭議。

另外，執行過程一旦階段化與引進同儕評量後，勢必增加教學與學習雙方面所需付出於此項作業的時間與心力，因此也須提高其在教學與評量所佔的份量，以適當鼓勵同學的用心參與。雖然，問卷中顯示成績的考量，並非學生最關心的議題，

教育理論也不鼓勵教師過度利用成績誘因(Marton & Saljo, 1984; Pintrich et al, 1993), 但評量比重與所需學習付出的配合, 仍值得教學者注意。

最後, 來自傳統課程, 著重於知識累積的學習模式, 可能帶給學生的衝擊也是不容忽視的。為了破除學生對此項教學產生“不務正業”的感覺, 作者建議這類開放式教學活動不應被定位為“正規”教學的附屬品, 而應該是引導整體教學革新的指導方向。在平日的教學中, 教師需以強勢的作風挑戰傳統教學的狹隘思維, 展示出廣義學習的內涵, 提高學生獨立學習的機制並突破教科書知識領域以外的學習。以促使學生突破傳統學習模式的藩籬, 體認獨立學習與廣度學習的價值, 則如前述的學習目標才可期待(Trigwell & Prosser, 1991)。

突破教科書的藩籬, 其目的不僅限於知識面的擴展, 而是培養學生主動學習的習慣及能力, 以符合大學教育的教育目標。身為大學教師, 當我們一味地批評學生“被動”、“死讀書”的同時, 是否也曾自問, 我們的教學設計是否已為“獨立的”、“廣度的”學習, 做出良好的示範與引導? 課外讀物學習活動, 在目前中學教育中受到升學壓力之影響, 推行或許不易, 但對於從事高等教育的教學者, 卻有充足的空間以供發揮, 值得推廣。



張慧貞、林泰生 (民 89 年 8 月)。"現行原文教科書對普通物理教學影響之探討", 2000 *物理教學及示範研討會論文集*(17-24 頁), 逢甲大學, 台中。

Baird, J. R., Fensham, P. J., Gunstone, R. F., & White R. T. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (2), 163-182.

Boud, D.(1990). Assessment and the promotion of academic values, *Studies in Higher Education*, 15, 101-110

Cross, K. P. & Angelo T.A.. (1992). *Teaching Goals Inventory Self-Scorable Version*. Berkeley: School of Education.

De La Harpe, B. & Radloff, A. (2000). Informed teachers and learners : the importance of assessing the characteristics needed for lifelong learning. *Studies in Continuing Education*, 22,(2) 169-182.

Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in science- from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds)

International Handbook of Science Education (pp. 3-25). UK: Kluwer Academic Publishers.

Hudson, L. (1960). Degree class and attainment in scientific research. *British Journal of Psychology*, 51, 67-73.

Marton, F. & Saljo, R. (1984). Approaches to learning. In F. Marton, D. J. Hounsell & N. J. Entwistle (eds.), *The Experience of Learning* (pp.36-55). Edinburgh: Scottish Academic Press.

Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*. 63(2) 167-199.

Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. & Gertzog W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66(2) 211-227.

Tynjälä, P. (1998) Traditional studying for examination versus constructivist learning tasks: do learning outcomes differ? *Studies in Higher Education*. 23 (2) 173-189.

Trigwell, K. & Prosser, M. (1991). Improving the quality of student learning: the influence of learning context and student approaches to learning on learning outcomes. *Higher Education*. 22, 251-266.

附錄

附錄一：課外讀書心得報告(上學期)

同學們，上大學至今，除了教科書及上課的講義和筆記之外，你還涉獵過那些科技方面的課外讀物呢？你又是藉由那些途徑找到你所感興趣的文章？藉由這份作業，希望能提昇你搜集及閱讀課外資訊的動機及能力。此份讀書報告之細節如下：....

課外讀書心得報告(下學期)

從評閱同學們的報告，我警覺到這項“另類的”學習，對同學的挑戰及困難，但也很欣慰的看到許多同學能從中體認到課外讀物的價值。參與的同學想必已從其中摸索的過程，得到許多啟示。有了第一次的經驗，讓我們再接再厲，利用寒假做一份與下學期普物相關的課外讀物報告。

做報告的步驟通常為：

選定一較大之主題如：雷射 蒐集資料課外 閱讀資料
縮小主題如：雷射在醫學之應用 資料再蒐集
篩選綜合與此主體相關之資料 用自己的話統整出讀書報告。

I. 主題：請選擇下列任一相關的主題：

1. 電磁學、光學在科技上之應用，如：雷射、光纖、核融合、磁浮列車、(哈伯)望遠鏡...等。
2. 電磁學、光學與生活或自然現象，如：極光、閃電..等。
3. 科學家故事、物理的發展，如：愛因斯坦、費(因)曼..等。

II. 參考書籍或資料來源：

書籍：物理迷宮-從驚訝到醒悟(凡異出版社)；別鬧了、費曼先生；法拉弟的故事；站在巨人肩膀上；物理學飛行馬戲 (Flying Circus of Physics) (凡異或天下出版社)...等

期刊：逢甲大學：中文現期期刊目錄；中華民國期刊論文；牛頓雜誌；科學月刊；The Physics Teacher

相關網站：

III.報告內容：

- 1.報告標題，每段落之副標題
- 2.整合後之報告內容。(可附上重要圖片)
- 3.參考資料
- 4.資料搜集之過程及心得(可略)。

IV. 字數：2000-5000 字。

V. 計分：根據 1.資料搜集之努力及技巧、2.心得內容之充實性、3.內容表達之統整性，之任何一項或數項表現，佔學期總分之 6 分。

VI. 繳交日期：下學期開學第 3 週。

附錄二：普物課外讀物報告之回響

1. 完成這份報告共花費多少時間？ _____ 小時
2. 過程中主要的時間花在什麼工作上？主要面臨的困難，如何解決？
3. 對過程有何心得感想，主要的收穫為何？
4. 給老師的建議：
 - 對評分結果的感想：
 - 對實施的方式、細節有何修改的建議？
 - 是否值得繼續實施？
5. 給學弟妹的建議：

