

技職大學生物理概念學習的研究

沈新富

吳鳳科技大學 機械工程系
通訊作者:hfshen@wfu.edu.tw

(投稿日期：民國 103 年 01 月 15 日，修訂日期：103 年 04 月 22 日，接受日期：103 年 04 月 28 日)

摘要：我們企圖實踐「概念先於計算」的想法，連續兩學年來以紙筆測驗為測量工具，利用期中（末）考收集了學生的作答內容作為統計資料數據，反映出學生在直流電路相關概念上的理解情形。發現一些直覺性的想法並沒有隨著課堂討論、課後作業的演練而消失，依然固執地存在。試卷上的對與錯除了能給一個分數之外，也是一個窗口讓我們有機會試著去理解學生們的認知動態。一些學習上的意識型態，其實隱含的是關於他們對自我的認知，不自覺卻深深地影響了學習成效，我們也試著了解。

關鍵詞：另有概念、簡單直流電路、期望認知

壹、前言

一般的學校期中考或是期末考，若是理工方面的科系，在試題的準備大都是以計算題為主，些許其他的形式為輔。如果要求嚴格一點，只看最後計算結果正確與否。也有注重過程推理，給予部分或是全部的分數。一些物理教育的研究者發現（McDermott & Redish, 1999），會做計算不一定保證有正確的觀念，可能只是用對了方程式，把數字帶進去做些代數運算。研究者邀請學生做一對一的深度會談，將大量的訪談資料做出整理與分析，發展出以診斷概念為目的的試題，例

如在力學方面有 Force Concept Inventory（Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992）、Mechanics Baseline Test（Hestenes & Wells, 1992）、Force and Motion Conceptual Evaluation（Thornton & Sokoloff, 1998）等，在電磁學部分有 Conceptual Survey in Electricity and Magnetism（Maloney, O’Kuma, Hieggelke & Heuvelen, 2001），在直流電路方面有 DIRECT（Engelhardt & Beichner, 2004）等等。這些測驗的型態都是選擇題，除了提供正確的選項之外，也以學生的訪談記錄為藍圖，設計了一些能引誘出學生直覺但卻是不正確的概念或是想法當成選項。雖然批評

者認為，選擇題測不出學習者的知識架構，在我們的實務經驗裡看到的是，在發展建立起架構之前，還是要有一些片段也許瑣碎零亂的材料。事實上，技職專校的統一入學測試的題型設計，除了國文作文與設計科系的實作題之外，其他清一色都是選擇題。另一方面研究者也對學生在學習方面的意識形態做深度的調查，企圖了解學生對於學習物理這件事情的態度與想法是甚麼，如 Student expectations in introductory physics (Redish, Sau & Steinberg, 1998) 和 CLASS (Adams, Perkins, Podolefsky, Dubson, Finkelstein & Wieman, 2006) 等等。

我們曾以任教科系的大一新生為調查對象(沈新富, 2011)，進行三學年的資料收集，以 Force Concept Inventory 為測量工具，看到學生關於牛頓力學，在學期初與學期末時的概念分佈變化。隨後在經常性的評量，如期中(末)考的試題裡，保留也減少了計算題的數量，留些許的空間外加放進了診斷概念性質的選擇題，一方面學生的基本能力難以負荷過多的計算，另一方面也企圖實踐「概念先於計算」的想法。接著我們以圓周運動為主軸，收集了連續兩學年來，學生關於速度與加速度概念上的理解情形，認為對於向量概念的掌握度是影響表現的關鍵因素(沈新富, 2012)。最近我們嘗試著做一點關於直流電路的概念診斷。一般而言，學生普遍認為與力學、運動學相比較來看，電學的概念如電位差、電阻與電流，抽象程度更高一些，要求他們以口語來表達對這些概念的理解與想法，困難度很高。歐姆定律形式簡單，但適用時機卻也有限制。利用克希荷夫定律求解雙電源電路中的電位差與電流，更是難上加難。無論如何，我們嘗試著從學生考卷裡理出一些頭緒，看看學生是怎麼想的，也包括一些意識型態的調查，這些其實是有關於

他們的自我認知，似乎無關卻深深影響了學習成效。

貳、考卷分析

一、學科知識

我們的對象是這兩學年以來，「物理」做為一學年必修課的工程科系學生，每周上課兩小時，沒有搭配物理實驗課與習題演習課。數據來自學校定期的期中(末)考，總共有 168 位同學參加，但有效作答總數有時會低於總人數。底下是部分試題的結果，其中(一)與(二)分別取自教科書(蔣大鵬等, 2009; 黃榮俊, 2005)，其餘則來自研究者的報告(Engelhardt & Beichner, 2004)。

(一)原子失去電子後將變成

- (a)不帶電的原子(b)帶正電的離子(c)帶負電的離子(d)中性原子。

回收統計的結果是(a)38 人(b)65 人(c)30 人(d)34 人。在靜電學裡都會介紹原子的結構，預期這是個不需要推論的問題，應該相對簡單易答。才發現其實這是個難題，超過六成的受試者是有困難的。

(二)一個帶電的絕緣體靠近一個未帶電金屬小球：

- (a)相互之間沒有電力(b)以電力互相排斥(c)以電力互相吸引(d)吸引或排斥取決於電荷是正的還是負的。

回收統計的結果是(a)46 人(b)10 人(c)29 人(d)82 人。甚麼是導體？自由電子的概念應該是缺乏的，另外要考慮庫倫靜電力與距離的平方成反比關係。雖然都有摩擦塑膠尺去吸引小紙屑的經驗，課堂上也解釋說明了極化現象，卻只有不到二成的人答對。

(三)當開關 S 接通，AB 兩端點之間的電阻有何變化？

(a)增加 (b)減少 (c)維持不變。

回收統計的結果是(a)70 人(b)45 人(c)51 人。一般課本都是有確定數字，要求學生試著算出等效電阻，同學們則必須拆出那些是串聯那些是並聯，進而以公式解出數值。這個題目沒有數字，但有事先宣告擁有相同的電阻值。從數據的分布看來，同學對於電阻串聯後有更大電阻值、並聯導致電阻值變小的概念是缺乏的。似乎以直覺判斷當 S 接通之後，有更多電阻在電路裡，因此電阻值會變大。

(四)電路中哪一點的電流比較大？

(a)1 (b) 2 (c)1=2

回收統計的結果是(a)43 人(b)16 人(c)105 人。有六成的受試者是答對了，比例算高。事實上，在課堂裡介紹簡單電路時，一直不斷強調電荷是不會被消滅，是攜帶的能量被轉換成其他形式。由數據上來推論，仍然有接近三成的同學認為電流經過燈泡之後被吃掉了，所以燈泡才會亮，一如當初第一次在課堂上被問到時的答案，顯然這些同學並沒有被說服。

(五)將 1, 2, 3, 4, 5 各點之間的電位差排順序，由最大到最小。(兩燈泡規格相同)

- (a) $(1, 2) > (3, 4) > (4, 5)$
- (b) $(1, 2) > (4, 5) > (3, 4)$
- (c) $(3, 4) > (4, 5) > (1, 2)$
- (d) $(3, 4) = (4, 5) > (1, 2)$
- (e) $(1, 2) > (3, 4) = (4, 5)$

回收統計的結果是(a)34 人(b)21 人(c)9 人(d)32 人(e)66 人。有接近四成的同學給出了正確答案(e)。電位差在分析電路時是個重要概念，卻也最不容易讓同學吸收與應用，必須分辨出是串聯還是並聯(如下一題)的情況。串聯時，元件的電流值維持相同。輔以歐姆定律，相同電阻值的元件會有相同電位差。課本常以水流當類比做說明，同學可能

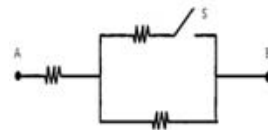


圖 1：第三題試題



圖 2：第四題試題

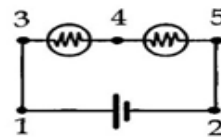


圖 3：第五題試題

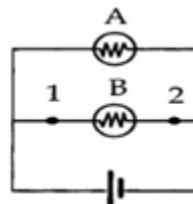


圖 4：第六題試題

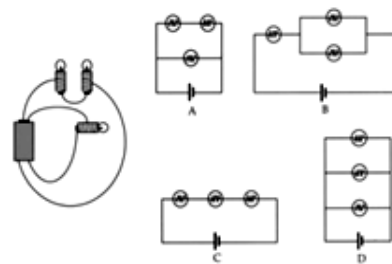


圖 5：第七題試題

認為順著水流走的話 $V_1 > V_3 > V_4 > V_5 > V_2$ ，而做出(a)或(c)的推論。另外，有時候刻意去強調慣例電流(正電荷的流動)與真實電流(電子的流動)的不同，可能是造成不少人選擇(b)或(d)的原因。

(六)電路中如果將燈泡 A 移開，對 1 與 2 之

間的電位差有何影響？

(a)增加 (b)減少 (c)維持不變。

回收統計的結果是(a)49 人(b)26 人(c)88 人。相對於前一題，我們看到有較多、超過一半的同學事答對了。在介紹完電路的串聯與並聯個別的特性之後，同學泰半能同意了解一般的家用電器為什麼是以並聯的方式連接。如果將電位差與電流視為同一件事，那就可能會做出(a)或(b)的推論了。A 斷路了，所有的電流都往 B 過去，所以電位差增加了。或是，A 斷路了，電池不必送出去那麼多的電流，所以 B 的電位差減少了。

(七)那一個電路圖最能代表真實的線路？

(a)A (b) B (c) C (d) D (e)以上皆非

回收統計的結果是(a)85 人(b)19 人(c)17 人(d)24 人(e)17 人。教科書裡的電路都畫成端正直角的線條，實際上的接線從來都不是這個樣子。有些同學認為紅色接頭代表正電，黑色接頭代表負電。初學之際為了說明解釋所做的權宜之計，到後來卻阻礙正確概念的建立。從數據結果看來，有一半的同學對於電路圖與真實線路的對應有困難，將課本知識與實際世界的連接，在這個部分是不夠的。

二、期望認知

同樣引人好奇的是，同學對於學習是持甚麼樣的信念，為什麼要修這門課，這門課

有甚麼用，這些意識形態是有影響力的。一般學校也都鼓勵同學在期末做教學評量，除了制式的問題之外，其實教師可以針對特定學科做些調查，多面向地了解學生的想法。我們選用 (Redish, Sau& Steinberg, 1998) 的部分問題，放在期末考試題的最後一部分，底下表 1 是今年選用的測試問題。

我們請同學依自身的想法、看法，依照一般常用的方式，由 5 依次減一至 1，分別代表極同意、同意、沒意見、不同意與極不同意。回收的數據如表 2，參與受試人數共 48 位同學。從第 17 題的分布看來，普遍同意物理課程的重要性，真正的了解才是有用的。第 18 題傳達出有將近四成的人認為學物理是不容易的，而有不到三成的人不是這麼想。普遍而言，同學對自己的學業成就不是那麼有信心，那麼採取積極的作為應該能有所助益，第 20 題的分布呈現出學生至少在心理上是這麼想的。第 19 題與 21 題的結果顯示，同學普遍接受課程與生活上的關聯性。

參、結論

微觀上從學生的考試結果，或是巨觀地從科學發展的歷程來看，要在短期之內吸收消化一些科學概念是不容易的，這裡會有與直覺想法的衝突要調和，要以新的觀點理解世界的運作需要時間適應。有些想法觀念不會因為修了這門課之後，就修正調整過來。

表 1：學習認知調查

題號	問題內容
17	對物理有好的理解對我日後專業核心科目的學習是必須的，只有好的分數成績是不夠的。
18	只有非常少數有天賦的人能真正了解物理。
19	學習物理讓我了解日常生活中的情況。
20	我利用作業和考試問題所犯的錯誤做為對課程內容有更好的理解之線索。
21	物理定律與我在真實世界中的經驗沒有多大關係。

表 2：學習認知調查結果

題號	極同意	同意	沒意見	不同意	極不同意
17	7	20	21	0	0
18	7	11	17	13	0
18	7	28	11	1	0
20	4	20	21	3	0
21	3	7	15	17	6

註：最左縱軸數字代表題號，其餘數字代表各選項的人數。

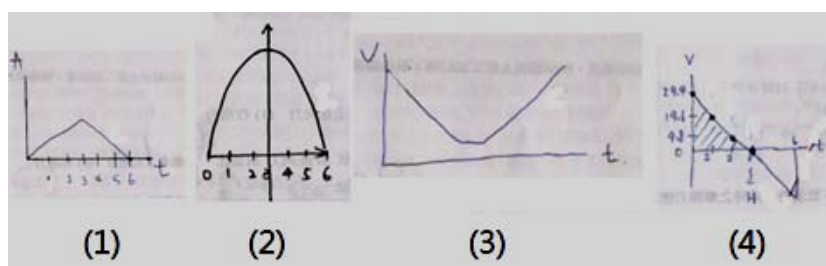


圖 6：學生的答案類型

這裡有一份屬於進階科目「應用力學」的期末考卷，學生被要求回答的其中一個問題是：設取一垂直向上拋擲之物體，經 6 秒返回原地，(A)畫出速度時間圖 (B)求上拋速度 (C)求上升最大高度。

關於(A)，有一些典型的錯誤(另類)的答案，如圖 6 由左至右前三張圖。前兩張似乎把物體先向上而後下降的軌跡與速度混淆了，但這是一維而不是二維運動；第三張對於速度的方向性而引進正負號，還是沒有內化，但是離正確的第四張圖更近了一些。要再次強調的是，儘管受試者已經修過物理基礎課程了，這些錯誤依舊殘留著，並沒有消失。我們該追求的是學生在短期內就有好的成績表現，或是維持一點興趣，能夠逐步修正不恰當的觀念和想法，漸漸與科學主流靠攏，用普遍性高的原則原理來理解世界的運作，而不是範圍受限、直覺式的想當然爾。

致謝

本文承蒙兩位匿名審查者給予極有幫助的寶貴意見，特此致謝。

參考文獻

1. 沈新富 (2011): 工程科技教學現場--力學概念診斷。2011 安全管理與工程技術國際研討會，台灣嘉義。
2. 沈新富 (2012): 『運動學』教學現況與困境。2012 安全管理與工程技術國際研討會，台灣嘉義。
3. 黃榮俊 (2005) 審閱，胡裕民、呂正中、周維揚、林克默、林奎輝、姜庭隆、黃敏郎與馮世維譯：物理(下)，第 41 頁。新北市：高立圖書有限公司。
4. 蔣大鵬、梅瑞國、姚永德、丁逸、王定、謝雲生與李匡邦 (2009)：普通物理(精簡

- 本), 第 348 頁。台北市: 東華書局。
5. Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D., & Wieman, C. E. (2006) : New instrument for measuring students beliefs about physics and learning physics : The Colorado Learning Attitudes about Science Survey, *Physical Review - Special Topic : Physics Education Research*, 2, 010101。
 6. Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004) : Students' understanding of direct current resistive electrical circuits, *American Journal of Physics*, 72(1) , 98-115.
 7. Hestenes, D. & Wells, M. (1992) : A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher*, 30 , 159-166.
 8. Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992) : Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
 9. Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J. & Heuvelen, A. V. (2001) : Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism, *American Journal of Physics*, 69(7, Supplement), S12-S23.
 10. McDermott, L. C. & Redish, E. F. (1999) : Resource Letter PER-1 : Physics Education Research, *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.
 11. Redish, E. F., Saul, J. M. & Steinberg, R. N. (1998) : Student expectations in introductory physics, *American Journal of Physics*, 66(3), 212-224.
 12. Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1998) : Assessing student learning of Newton's laws : The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning laboratory and Lecture Curricula, *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.

A study on technology college students' learning about physics concepts

Hsin-Fu Shen

WuFeng University

E-mail:hfshen@wfu.edu.tw

Abstract

We try to realize the idea that concepts first and calculation later. During the last successive two academic years, we adopted the format of pencil-paper test in both the midterm and final examinations. Students' performance as the data base was collected and analyzed to figure out their understanding about direct-circuit current. We see that the intuitive ideas still persisted after the classroom discussion and end-of-chapter homework exercises. The scores of the exams are not just numbers, but also serve as a window and offer an opportunity to better understand our students' cognitive dynamics. We also expect to probe some epistemological beliefs that are related to their self-awareness, implicitly but deeply affect their learning outcomes.

Key words: Alternative concepts 、 Simple direct-circuit current 、 Expectation

