

掌握時機進行主題教學～以 2009 科學年為例

邱韻如

長庚大學 通識中心物理科

(投稿日期：民國 100 年 06 月 08 日，修訂日期：100 年 07 月 26 日，接受日期：100 年 07 月 28 日)

摘要：本研究以『2009 科學年』為主題，透過演講及教學，建立學生的相關背景知識以促進學生繼續探究的興趣與能力，並陸續將已發展的單元內容上網，並透過教學、科普演講、教師研習等等方式持續發展與推廣。此主題下的各個單元可以個別獨立實施，放在一起則彼此呼應，教材與教法藉由教學互動，不斷的繼續延伸發展，不僅不會一成不變，而且會不斷的推陳出新，並可視學生的程度、課程需要或主題不同而彈性調整。主題教學的教材發展過程符合作者所提出的 BIG Cycle 模式，在物理科的各個主題甚至其它學科，都可以掌握此精神來發展教材。本研究以多元發展之觀點帶動教與學雙方的成長，符合建構教學與學習理念，對課程教材教法有很多的啟示。

關鍵詞：迷思概念、背景知識、教材教法、學習環、科普閱讀

壹、緣起

筆者在參加2009 NSTA研討會¹時，看到網頁上的LOGO寫 Celebrating the Year of Science(圖1)，雖然每個字都認得，但心裡卻

¹美國科學教師協會(NSTA, National Science Teachers Association)每年三月舉辦全國性的會議，會期為四天，參與人數大約在 10,000~15,000 左右，約有 1500 場 sessions 和 1000 個以上的攤位展覽。2009 年的全國性會議是第 57 屆，在紐奧良舉辦。除全國性會議外，每年還有三場地區性的會議，參與人數大約在 2,000~4,000 左右。

浮起疑問，為什麼要慶祝科學年？2009為何是科學年？當時我只知道2009年是全球天文年(圖2)，紀念400年前伽利略(Galileo Galilei, 1564~1642)首度將望遠鏡朝向天空，揭開了天體的奧秘，我完全沒有看過任何和科學年有關的訊息，也因此而不以為意。幾週後，我無意間按到了網頁上的『the Year of Science』，這一按，不僅心中的疑問豁然開朗，也為我的教學開啓了另一扇門。

『the Year of Science』是由美國科普推廣聯盟(COPUS, the Coalition on the Public Understanding of Science)所發起的一個活動



圖 1：2009NSTA 研討會



圖 2：全球天文年與 2009 科學年

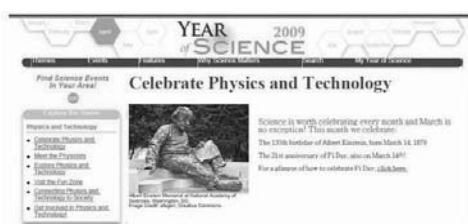


圖 3：COPUS 慶祝物理與科技



圖 4：COPUS 慶祝圓周率日

，NSTA 是贊助推廣的單位之一。COPUS 將 2009 年訂為科學年²，舉辦遍佈全美為期一年

² COPUS 慶祝 2009 科學年網址：
<http://www.yearofscience2009.org/themes/>

的科學年活動，每月都有不同的主題。三月的主題正是『物理與科技』，特別慶祝 3 月 14 日這一天，我這才知道，這天是愛因斯坦先生的 150 年誕辰以及第 21 屆圓周率日『 π Day』！

『 π Day』啟發了我構思出『電子日』(e Day)的活動。我任教的科系是電子系，我總是告訴他們要『慎終追遠』：1897年4月30日，J.J.湯木生(Joseph John Thomson, 1856~1940)在英國皇家科學院的星期五演講會發表論文，宣稱有『電子』這個小東西的存在。

2009年4月30日當天，我們舉辦了第一屆『電子日』的活動³，電子系大一學生共約100人一起慶祝電子的誕生，透過各種活動(包括吃西瓜、海報比賽、說書、有獎徵答等等)瞭解J.J.湯木生發現電子的過程、電子的特性、原子模型的發展及其它與電子相關的知識，在活動中學生探索、整合與發揮創意。

除此之外，在這一年的教學中，我陸續蒐集整理了許多科學議題，包括伽利略400年、刻卜勒400年、登月40年、網路40年、WWW20年以及本世紀最壯觀的日全食等等，均納入『2009科學年』這個主題之下。一方面在課堂上與學生分享，增廣學生們的視野，另一方面，在這段期間我到校外舉辦的各個教學活動，也都以此為主軸來發展教材，相關的單元活動與教材不斷的累積與擴充。

貳、2009 科學年的教材發展

整個主題由許多小主題組成，每個小主題互相有關連，可以獨自運作，也可合併起來，課程的進行可視對象及教學時間而彈性調整。

³ 長庚電子系歡慶電子日網址：
<http://memo.cgu.edu.tw/yun-ju/CGUWeb/SciTheme/ElectronDay/HomeEDay.htm>

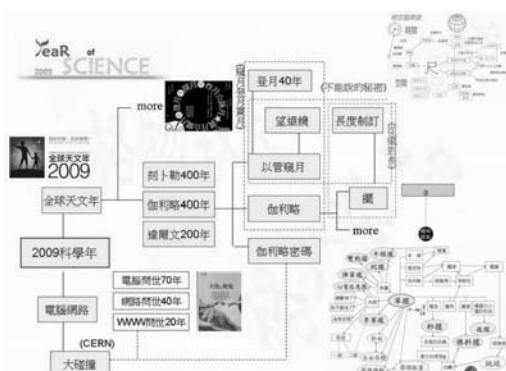


圖 5：2009 科學年的教材單元網

以下茲分爲『驚天動地 400 年』、『日全食的主角』、『伽利略 400 年與達爾文 200』、『其他』等幾個部分來介紹。

一、驚天動地 400 年

我在介紹全球天文年時，總是這樣開始的：聯合國教科文組織和天文學會將今年(2009 年)訂爲全球天文年，是因為 400 年前伽利略做了一件『驚天動地』的事，他看到了許多從來沒有人看過的景象，發現了許多人從來不知道的事。我會在此打斷，請學生說或猜，伽利略到底看到了什麼？發現了什麼？

請學生說或猜，是採用互動教學時一個很重要的動作，採取的態度要讓學生敢講，而且不怕錯。身爲物理老師的我們，總是自以爲是的灌輸知識，卻從不知道學生對伽利略到底有多少認識。學生到底已知道什麼，不知道哪些，要藉由教學互動，才能得悉。多年前，我突發奇想的做了一個試驗，在開學第一次的普物課，要大一理工科系新生寫下他們所知道的伽利略。學生洋洋灑灑寫了很多，有很多都不是伽利略的事蹟，這些答

案讓我有不少教學上的啓發，驚覺老師的想法和學生之間有這麼大的落差⁴。

『驚天動地 400 年』這個主題可以包括的內容是相當多的，以下舉幾個例子：

(一) 伽利略與刻卜勒的互動

400 年前(1609 年)，伽利略把望遠鏡向夜空，看到浩瀚無垠的宇宙以及月亮的真面目，開啓了世人的眼界與心胸。這一年，刻卜勒(Kepler, 1571~1630)寫下行星運動定律的前兩條。由此，發展出『伽利略 400 年』及『刻卜勒 400 年』兩個單元。同樣都是探索星空，伽利略和刻卜勒他們互相認識嗎？

刻卜勒出版《宇宙的奧秘》的隔年(1597 年)，伽利略寫了一封信給刻卜勒，說他已讀完這本書的序言，他寫道：『我非常高興讀你的信，因爲多年以來，我已信奉哥白尼的學說。藉著這個學說，我發現了大量自然效應的原因，是一般的假設所無法解釋的。我在這方面寫了許多評述、論證和辯駁文章，至今未敢發表，乃因我們的大師哥白尼的命運，的確嚇壞了我。他，即使確信在某些人那兒能獲得不朽的榮譽，另一方面，在其他許多人那兒卻要遭到嘲笑和蔑視（蠢人多何其多啊）。當然，倘若有許多和你一樣的人，我會鼓起勇氣將我想法公諸於世的。但是這樣的人太少，我寧願擱一擱，推遲到以後再說。』⁵。1609 年，刻卜勒出版《新天文學》，提出行星繞日的軌道是橢圓的，同時也大力增強了哥白尼的理論。1610 年 3 月，伽利略將望遠鏡的觀測記錄寫成《星際信使》出版，他委託外交使節轉贈一本給刻卜勒，刻卜勒針對這本書寫了一封很長的信，並出版成《與伽利略星際信使的對話》一書。

⁴ 學生們的答案請見拙作：自由落體主題教學探討及其教材教法發展模式(邱韻如, 2008)

⁵ 此段資料來自《伽利略—揭開月亮的面紗》一書的 142~143 頁。

景知識。

二、伽利略 400 年與達爾文 200 年

2009 年，不僅是伽利略 400 年，也是演化論巨擘達爾文(Darwin,1809~1882)誕生的兩百週年。這一年在台灣，物理天文界，有許多慶祝天文年的活動以及回顧伽利略貢獻的活動，生物界則有許多關於達爾文的活動。2008 秋季展望系列演講推出『達爾文與伽利略的對話』⁸是這一系列活動的開場。接著，『仰觀蒼穹 400 年特展』(2009/8/8~9/13 在台北，2010/1/23~4/11 高雄科工館)、台大科教中心探索基礎講座的『達爾文的奇幻旅程』及『2009 星空協奏曲』兩期活動等等陸續展開。

在聽過王道還老師『一文錢難倒英雄漢—伽利略最羨慕達爾文的地方』⁹的演講之後，我開始對達爾文有興趣，閱讀相關資料，瞭解他對世人的影響；在此之前，達爾文和他的《物種起源論》，對我而言只是一筆生硬的生物知識。

2009 年 2 月 12 日出版的商業週刊，以『大膽堅持』四個字作為標題，封面人物是

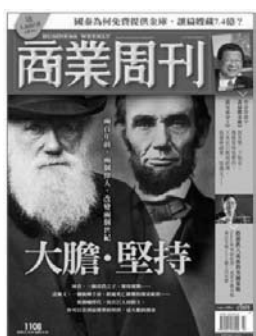


圖 7：商業週刊 1108 期封面(2009/2/12 出刊)

⁸ 孫維新老師認為伽利略比伽利略適當，因此展望演講都使用『伽利略』。

⁹ 2008 秋季『展望』系列演講的第一場，2008/11/28。

達爾文和林肯。這二位名人為什麼會被擺在一起呢？原來他倆是同年同月同日生，200 年前(1809 年)，達爾文和林肯分別在大西洋兩岸誕生。林肯對美國的貢獻，在我去過華盛頓特區的林肯紀念堂之後，有了一些認識，但是，他和科學的關係則是透過這本週刊才知道，原來美國的國家科學研究院是他創立的。

伽利略和達爾文，還是難兄難弟呢。150 年前(1859 年)，達爾文發表震驚科學界與宗教界的《物種起源論》，落得和伽利略一樣的命運—被列為禁書。伽利略生前被宗教審判，三百多年後(1992 年)，羅馬教廷才恢復伽利略的名譽。無獨有偶的，英國教會於 2008 年 9 月 15 日為誤解達爾文的物種起源理論，正式向已作古 126 年的達爾文道歉。從他們所面臨的挑戰中，帶領學生思考，當他們的見解不見容於當時的社會時，他們為何能何繼續持有信念，為他們心中的真理而據理力爭。

三、日全食的主角

日全食是 2009 年的年度科學大事之一，因為這次能觀測日全食的地區在長江流域，全食時間長達 5 分 30 秒，在台灣也可看到非常接近全食的日偏食—太陽有 85% 被月球遮擋。筆者有幸恭逢其時，跟著國內的天文團體，於 7 月 22 日在安徽銅陵縣等待觀看日全食。從初虧到復圓，因為當天當地雲層厚，沒能看到被月亮擋住時的太陽，但是，全食那幾分鐘的黑暗，深深震撼了我的心。在 2010 年 1 月 15 日傍晚，我在台灣補看到了日偏食，更企盼 2012 年 5 月 21 日能晴朗無雲，因為那天台灣北部將可見到日環食，其餘地區可見日偏食。

透過針孔成像是觀測日食現象最簡單的

方法，可以看到如彎月般的太陽像。日全食的主角是誰？我認為應該歸於日月爭輝裡的月球，而不是太陽。爲了這次追日之行，我做了很多行前功課，發現好幾位科學家都觀測過日全食現象：1600年7月10日，刻卜勒用針孔暗箱觀察日偏食，發現月亮的視直徑遠小於太陽的視直徑，從此對光學產生了興趣¹⁰。1610年8月，刻卜勒得到一架伽利略製作的望遠鏡，他不僅用來觀察，也提出一種更好的望遠鏡，隔年1月，他出版《折射光學》(Dioptric)一書，闡述望遠鏡的光學原理¹¹。1878年7月，愛迪生(Edison, 1847~1931)在落磯山脈的懷俄明觀察日全食，並用他所發明的氣溫計來量太陽周圍氣體的溫度。當時聚集在懷俄明觀察日全食的天文學家，都非常佩服他的這項發明。

1919年5月29日，日全食發生在巴西海岸到非洲赤道之間橫跨大西洋的區域。英國劍橋天文台台長愛丁頓(Eddington, 1882~1944)率領探險隊觀測日食，證實了愛因斯坦在1911年提出的廣義相對論，英國皇家學會和皇家天文學會於1919年11月6日，聯合公佈結果，大廳中擠滿了人，牆上牛頓的巨幅畫像凝視著他們。皇家學會主席J.J.湯木生宣布廣義相對論得到實驗證實，並盛讚愛因斯坦的科學思想是這個時代的最高成就，愛因斯坦從此一炮而紅¹²，也讓這次日全食，在物理發展史上扮演了一個劃時代的角色！

四、其他

¹⁰ 相關資料可進一步參考《物理發展史上的里程碑》一書的213頁。

¹¹ 相關資料可進一步參考《物理發展史上的里程碑》一書的215~216頁。

¹² 相關資料可進一步參考《愛因斯坦：他的人生，他的宇宙》一書的254~270頁。

由於筆者學的是物理，挑選的單元主題均與物理相關。以上的教材只是拋磚引玉，每位老師均可依此方式找到自己關心的議題，並帶領學生增廣視野以及尋找其關心的議題。舉例來說，從2009年往回看，可以看到電腦發展的幾個里程碑：70年前，首部電腦問世；40年前，網際網路(Internet)發明；20年前，全球資訊網(WWW)發明，且其發明者，是學物理的呢！除了科學之外，2009年也是音樂年(韓德爾逝世250年、海頓逝世200年、孟德爾頌出生200年)及是政治年(兩岸分隔60年，柏林圍牆倒塌20年)。

參、對於教學及教師專業發展的建議及啟示

蒐集與建構『2009科學年』教材的過程，讓我增廣了很多見聞。有些老師可能會抱怨，課本都教不完了，哪有時間補充課外題材？我對此的體驗是：如果把課本的知識比喻成魚，那麼，這些課外題材就像水，能活化課內所學的知識，讓學習素材從生硬轉生動，如魚得水。以下分六點來論述：

一、機不可失－抓住時機啟動關心

配合年度時事或特定日子，蒐集各種資料，設計主題，穿插在教學中。這些內容，並不是要學生記憶的知識，而是藉由當前時事(科學新聞)，啟動學生的關心與探究之心，藉由蒐集網路資料、閱讀科普書籍、參加校內外演講展覽活動等等過程，增廣學生的見聞、累積他們的背景知識，有了更多的背景知識，就能有更強的能力去探究與延伸學習。

二、隔空對話－栩栩如生的科學家們

這裡的隔空，有幾種不同的形式：伽利略和刻卜勒，互通信件討論，是一種實質的對話；伽利略與達爾文，雖處不同時空，但他們的科學論點都同樣為教會所不容，而他們依然為堅持真理而奮鬥；達爾文和林肯，同年同月同日生，看似不相干的兩人，生長在不同洲，但都同樣『大膽與堅持』。

刻卜勒、愛迪生及愛因斯坦都有觀測日食的經驗，愛因斯坦當年更是因為 1919 年的日全食而一炮而紅。我們在觀測日食時也同時遙想當年，看著同樣的日與同樣的月，隔著時空想像這些科學大師當年觀測日月互動與爭輝時的心情。

不只是科學家之間隔空對話，透過這樣的學習，似乎感覺這些科學家栩栩如生的在眼前，甚至感覺到他們也和我們在對話呢！冰冷的公式或考試用的知識，因此而活化！

三、建構網路－從互不相干到連結成網到網網相連

單元的內容都具有擴充性，可以視教師或學生各自的專長與興趣而往外延伸。單元的延伸與單元和單元間的連結，和大腦神經元細胞的生長有異曲同工之妙：每個神經元細胞，會分化出許多樹狀突起(dendrites)，其中最長的一支稱為軸突(axons)，前端會分支，以突觸(synapse)與另一支神經細胞的突觸相連接。如此，數億個腦神經細胞相互連接，交錯成網絡，而這樹突網路的密集程度，決定了人類智力的高低。

知識的連結網，類似 Facebook 的朋友網，多加一個朋友，就多了這位朋友的朋友群。這也像是網頁上的超連結，點入一個超連結，就開啓另一扇知識的窗口。

四、學問－從問題出發，激起好奇與探究

本文所謂的主題教學，是指在一個大主題下，把相關的內容組織起來，並可以不斷的往外延伸與連結。在教學的過程中，不能以單向灌輸的方式將組織好的教材灌輸給學生。要用活潑生動的方式引起學生的好奇、激起學生的興趣、帶動學生的思考與提問，因為讓學生對相關議題有好奇、有疑問，答案才會有意義。

在目前教育現場，絕大多數教師並未採用開放性的問題探討方式進行教學，教師對於發展教材的意願，常受到升學考試的桎梏。其實，建構教材時的學習過程，可以增進教師的專業能力，包括教學方法、教學知識、課程發展等等能力的提升。以『2009 科學年』為例，可以分為許多的小小單元穿插在平日的教學中，長時間累積下來，可以帶動學生自行建構出屬於自己的知識網。教材只是媒介，透過這些主題習得的學習精神及方法，才是老師要教給學生的。

五、科普閱讀－從閱讀到悅讀，進而越讀

閱讀如同一扇門，一扇通往古今中外的時空之門，透過閱讀科學人物傳記或科學史，瞭解科學大師們的工作、生活與軼聞，感同身受他們的人生觀、生活經歷以及探究科學的過程，作為讀者的我們似乎可以和他們成了好朋友，感覺這些科學家栩栩如生的在眼前，甚至和我們在對話呢！

科學知識是理性思考的基礎，科普閱讀可以幫助建構科學背景知識，增進科學知識的學習與理解，不僅可以增加思辨的能力，更能開啓視野與心胸。

累積許多閱讀經驗後，『閱讀』將成為『悅讀』，在對閱讀更加愛不釋手之後，會再進一步擴大閱讀視野成為『越讀』，亦即可以跨越到各種不同領域，對更多更廣泛領域產生好奇與探究之心。

六、Teach Bigger – 讓教材教法不斷創新與成長

BIG Cycle 是筆者以 Learning Cycle 為理論背景所提出的(圖 8)。之於教，B 是 Base(打好基礎)，I 是 Interaction(互動教學)，G 是 Getting development(教材發展)；之於學，B 是 Background knowledge(建立背景知識)，I 是 Inquiry(探究)，G 是 Getting beyond(超越與成長)。BIG 三個階段，是螺旋式循環(Cycle)上升且不斷擴大的。

肆、結論

以『2009 科學年』為主題所發展的教材，符合 BIG Cycle 模式，內容豐富多元，各個單元可以個別獨立實施，放在一起則彼此呼應，更可以是建構數位教材的素材。在教學相長的精神下，不斷的繼續延伸發展，不僅不會一成不變，而且不斷的推陳出新並

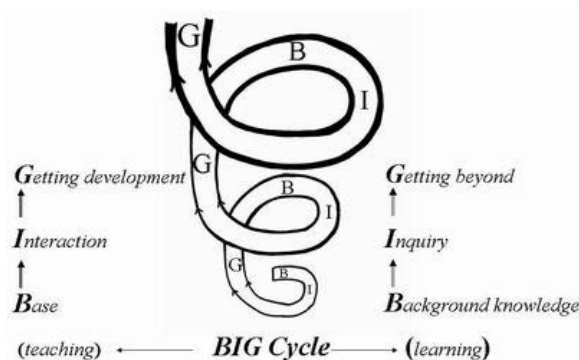


圖 8：BIG Cycle 模式

可視學生的程度或課程需要而彈性調整，在物理科的各個主題甚至其它學科，都可以據此來發展教材。各個單元的內容，在不同的主題與時空下，只要稍做調整，均可運用自如。

2009 年雖然已經過去，但是掌握時機，善用天時地利人和的機緣來設計教案發展教材的精神卻不會過時。

致謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會資助(計畫編號 NSC 98-2511-S-182 -001 -)，謹此敬致謝忱。

參考資料

1. Jean-Pierre Maury 著，金志平譯：《伽利略—揭開月亮的面紗》，時報文化出版社。
2. Walter Isaacson 著，郭兆林、周念縈譯：《愛因斯坦：他的人生，他的宇宙》，時報文化出版。
3. 中央社新聞，400 年前珍本～克卜勒《新天文學》來台展出，2009/09/11 報導。
4. 伽利略著，范穌惇英譯，徐光台中譯：《星際信使》，天下文化出版社。
5. 邱韻如(2008)：自由落體主題教學探討及其教材教法發展模式，《物理教育學刊》，第 9 卷第 2 期，69-84。
6. 邱韻如(2011)：對立·對稱·對話——《天使與魔鬼》書中的伽利略密碼，刊登於《科學月刊》，499 期，540-544，2011 年 7 月號。
7. 馬文蔚、唐玄之、周永平編著：《物理學發展史上的里程碑》，凡異出版社。

Seize the Anniversary and Integrate Instructional Units into a Theme: the Year of Science 2009

Yun-Ju, Chiu
Chang Gung University

Abstract

Based on the BIG model, I proceed to design and develop Physics curriculum materials through integrating instructional units into thematic topic in the Year of Science 2009. This study focuses on the science events such as Galileo and Kepler quadricentennial, Landing Moon 40th anniversary, the total solar eclipse of 2009 July 22, etc.

Based on these works, several pedagogical implications are drawn from this study. I hope they can inspire teachers to explore new possibilities and to come up with new ideas in Physics instruction and research.

Key words: misconception, background knowledge, curriculum, learning cycle, reading

