

生物領域的通識教學

莊 榮 輝

臺灣通識教育學會理事長

國立臺灣大學生化科技學系特聘教授

摘 要：通識教育追求不同領域間的學習與反思，然而生物領域的通識課程對文科學生相對較為困難。雖然如此，仍設計了以生物化學為出發的通識課程，利用科學影片及精密整理的投影片，以階段式引導非主修生物的學生，能夠瞭解自己所屬生物的那塊成分，並檢討與不同領域學科之間到底有多大的落差或偏執，進而反思如何調整、校正、互相理解，共同達致最接近實相的生命觀。本文敘述此課程之規劃、主旨、執行與最終成效。

摘 要：生物領域、通識課程、細胞與分子、通識教學經驗、國立臺灣大學

每個人都要修一門生物學相關的通識課程

通識教育的最可貴價值之一，就是誘導不同領域之間的對話與反思。以生物科學為例，開授給非主修生物學生的通識課程，是非常必要且有意義的事。因為我們每個人都是生物，要深入理解人類自身的種種內外表現，就必須先明白自己所屬生物的那塊成分。理想上，每個大學生都應該修習至少一門生物學相關的通識課程。

通識課程這種跨領域的學習模式與精神，可避免學生在學習過程中，陷入自己專業的流沙而不自知，期能開拓更寬廣的視野與格局。在實際操作上，若把所有學科略分為文科與理科兩大領域，通常都認為理科學生跨領域去學習文科課程，比起反向的文科學生去上理科課程，在教學與成效上都比較容易達成。主要原因可能是理工領域有太多基本定律、名詞、演算等，必須有相當的先備知識，才能順利進入該學科的探索。通識課程更是面臨這個問題，因此當設計一門生物學的通識課，專供主修文史哲學及法商社會的同學選修，其挑戰性與困難度就非常高。

從十幾年前開始，我所任教的國立臺灣大學 (臺大) 啟動了通識教育改革 [1]，將所有通識課程規範成八大領域，並徵求各領域的優良通識課程 [2]。其中之一則為「生命科學」領域，希望能夠讓非生物相關領域同學，也能看到生命的源起、運作機制、以及生命現象所導致的人類行為表現。當時臺大已經有許多基礎生物課程，成功轉換成優秀的生命科學領域通識課程，非常受到同學歡迎。然而，一般生物學通常只介紹什麼是生物，及其相關的生命現象，還有整體的生態環境。至於這些生命現象如何運作、如何展現效應，就需進一步以化學的分子層次來說明，也就是以「生物化學」的角度來描述種種生命現象，那麼對非主修理工學生的學習難度就會更高。

以生物化學角度設計的通識課程

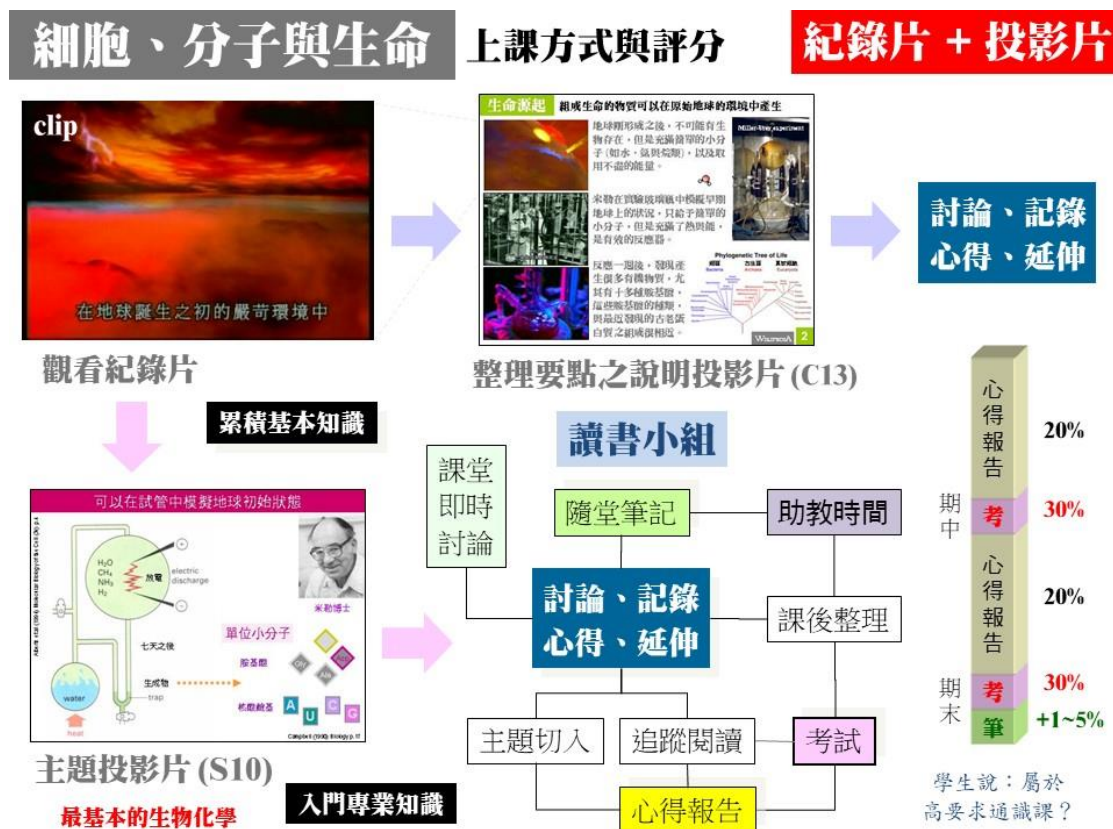
生物化學 (Biochemistry) 是臺大生化科技學系最重要的核心課程，主修的學生必修兩學期共 8 學分，再加上實驗課 2 學分，可說是一門非常厚重的課程 [3]。要把這樣

一門專業核心課程轉換成 2 學分的通識課程，勢必得做極大幅度的轉換，因此第一個決定就是完全放棄原來生物化學課程的專業架構，重新設計授課的骨架，僅環繞著「細胞、分子」兩個主要重點目標，因此最初課名就訂為「細胞與分子」。

其課程內容以細胞為主要對象，先介紹各種細胞的形成與組成，再以分子層次說明其生理功能。首先擬定幾個基本主題：生命源起、微生物及免疫、真核生物、生物科技等，再加入科學人物、意識兩個主題，總共有六大主題，而每個主題含有數個單位課程 (unit)，每個單位大致就是通常所說的一講，約可在一或兩週上完。

整個課程沒有標準教科書，每單位課程之內容主軸取自科學影片，最大的來源為美國 Discovery Channel 或 NOVA，英國 BBC Horizon，日本 NHK Special 等公共電視平台。找到適合上課主題的影片之後，依照課程需要剪出 10-20 分鐘的濃縮片段 (clip)，作為上課的主題內容。不建議播放整部影片，而只把影片中最核心、最有趣、最震撼的部分剪出，每個單位影片總長不超過 20 分鐘，這個選材步驟是整個課程的成敗關鍵。播放時必須注意法規有關著作權的規定，以免觸法。

最初的「細胞與分子」課程因累積了太多教材，後來分成上下學期的兩門課，分別稱為「細胞、分子與生命 CML」及「細胞、分子與人類 CMH」，前者注重細胞的源起與基本性質，後者進一步走入較高等的真核細胞，乃至人類及生物科技等議題，上課方式則完全一樣。兩門課程都注重網頁功能，所有上課內容與通告，包括上課講義、投影片、成績、問題集、優良報告等，全部公開在網頁上。課程網址可以用「細胞分子生命」搜尋，或直接打入網址：juang.bst.ntu.edu.tw/Cell/ 亦可。



圖一 課程主題之組成：先觀看紀錄片 (clip) 後以投影片 (C13) 說明內容成為一個單位，完成各單位後再匯集到主題投影片 (S10) 組成一個主題，每個主題均依循右下方的學習路徑。

單位課程之組成：影片 (C)、投影片、主題 (S)

每單位課程都在述說一個完整而獨立的故事，通常先以上述主題影片 clip 揭開序幕，讓學生大致理解故事的主要內容。影片選材務必慎重，必須能夠由影片內容引起學生的注意或興趣，甚至產生一些震撼與疑惑。然後教師便以預先整理好的投影片，詳細說明影片中的科學重點，帶領學生走入幕後門道，避免「外行看熱鬧」的遺憾。當累積幾個相關的單位課程之後，學生可能對該主題開始有一些認識，就可以整合起來，探討一個比較深入的科學主題 Subject (S)，完成這個主題的教程 (參閱圖一)。

所有主題列如表一。第一個主題 C1「生命源起」含有四個單位 (C11-C14)，上完這四個單位後，有個總整的「生命的故事」(S10)，如此學生對整個生命的源起將有基本認識，再加上後面 C22 對達爾文「物種源始論」的介紹，則整體概念更為完整。第二個主題介紹三位重要科學家，包括 L. Pauling (C21)，達爾文 (C22)，R. Feynman (C23)，他們對生命現象的看法與解釋機制，帶給人類有如開天闢地的重大啟示。接著第三主題回到最基本的微生物，探討構造簡單的原核細胞 (C31) 與病毒 (C33)，它們對人類健康的正反面影響 (C32)，以及人體如何面對這些微小生物 (C34)，並且發展出驚人的免疫系統 (S30)。前面三個主題 C1-C3 即構成了第一個課程「細胞、分子與生命」，而 C4-C6 則是接續的「細胞、分子與人類」，兩門可以獨立選修。

表一右欄也列出相關的參考資料，除了一般科普書籍之外，儘量搜尋最有用的網路資源，其中 Wikipedia 是最重要的資訊平台。本課程期望學生能夠在上課之後，引起對該主題的興趣或疑惑，能進一步由各方面資訊來源，找到自己可以討論的切入點，經過深度反思後寫出自己的看法 (心得報告)，每學期上下兩半各交一份心得報告。

最後總成績由兩次心得報告 (20% x 2) 及期中、期末考試 (30% x 2) 合計。也鼓勵寫出更多心得報告，成績可採用最高分計算，且合格的額外報告，每篇可以加總分 0.1 分，但最多以加 1 分為限。期中及期末考以簡答題為主，儘量避免知識性的記憶題，網頁上有歷年的參考試題，讓學生熟悉問題方式，並且是課後自習的最佳來源。

授課主旨：瞭解、溝通、反思

開課初期經過一兩年後，再回頭反思本課程的教學主旨：為何要開這門課程？所要達到的目標為何？是否有達成預定目標？經過實際開課的歷練後，漸漸浮現出比較清楚的脈絡。因此，在第一堂課必須堅定地向學生明白說明本課程之主旨：

- 一、讓非主修自然學科同學能夠瞭解生命現象。
- 二、尋求生命科學與其它學科之間的關聯與流通。
- 三、由瞭解生命現象與啟示以反思人類社會行為。

特別強調並鼓勵學生以「自己的觀點」來看待生命，然後檢討自己所認知的生命，與不同領域的同學，到底有多大的落差或偏執，進而反思如何調整、校正、互相理解，共同達致最接近實相的生命觀。

細胞與分子 Cell and Molecule

● = 各階段上課主題 / ○, □ = 單位課程 / CML (C1-C3), CMH (C5-C6)

序 號	主 題	記錄片	參考資料
C01	○ 快樂的力量	D 快樂的力量	Web：生命的目的
C11	○ 宇宙誕生	D 大霹靂	Wiki：大霹靂時間表
C12	○ 太陽系與地球	NHK 地球：地球誕生	Web：話說 DNA
C13	○ 生命源起	D 生命源起	閱讀：雙螺旋
C14	○ 遺傳機制	D 遺傳機制	Wiki：孟德爾、摩根
S10	□ 生命的故事	D 自私的小杜鵑鳥	閱讀：自私的基因 ^{天下}
C21	○ 鮑林	PBS 如何發現蛋白質構造	Wiki：Linus Pauling
S20	□ 蛋白質		Wiki：蛋白質
C22	○ 達爾文	D 物種源始論 (Wiki)	閱讀：達爾文 ^{天下} (Wiki)
C23	○ 費曼	BBC 非凡天才 (奈米烏托邦)	閱讀：費曼 (Wiki)
C31	○ 微生物：原核細胞	D 細菌	閱讀：觀念生物學 ^{天下}
C32	○ 微生物與消化系統	NHK 人體：胃、消化	Wiki：幽門螺旋菌
C33	○ 病毒：生物戰爭	D 病毒	閱讀：瘟疫與人 ^{天下}
C34	○ 人體防衛系統	NHK 人體：免疫系統	Wiki：Immune system
S30	□ 基礎免疫		閱讀：免疫兵團 ^{天下}
S31	□ 細胞大戰		漫畫：細胞大戰
C41	○ 細胞、組織、代謝	NHK 人體：心臟、肌骨、肝臟	閱讀：演化之舞 ^{天下}
C42	○ 基因遺傳	D 基因的祕密	閱讀：DNA 的語言 ^{天下}
C43	○ 胚胎成長發育	NHK 人體：誕生	電影：象人 (Amazon)
C44	○ 分子生物學	D 生命構成藍圖	Web：人類生而不平等
S40	□ 核酸		Wiki：DNA
C51	○ 打開潘朵拉的盒子	D Genome Project 基因體計畫	漫畫：迪恩耶與普拉斯密
C52	○ 有用生物科技	D DNA 辦案、鯊魚軟骨與抗癌	閱讀：天才的學徒 ^{天下}
C53	○ 對社會與環境的影響	BBC 設計嬰兒 / GMO	Wiki：GMO
C54	○ 回顧 DNA 時代	NHK DNA 時代 (1~6)	
S50	□ 生物技術	BBC Nanotopia 奈米烏托邦	Wiki：奈米科技
C61	○ 不可思議內在世界	D The Brain / BBC 大腦故事	閱讀：大腦小宇宙 ^{天下}
C62	○ 心思控制的力量	BBC 以心制身 / D 恐懼、夢	閱讀：笑退病魔 ^{天下}
C63	○ 每個人的終極問題	NHK 生死之謎	Web：死亡無懼

表一 課程內容共有六大主題 (C1-C6)，每個主題含有若干單位，分成 CML 及 CMH 兩門課。

為此目標，特別注重課程進行的編排設計，除了教材合乎生物學主題之外，還要引起學生的自我批判、溝通交流、社會反思。其作法是儘量與時事新聞掛勾、課堂上設法誘導討論與爭辯、課後並繳交批判性寫作。例如，講到「粒線體」時提到每個人細胞中粒線體的基因都只來自母親，父親的粒線體基因並沒有傳給你，因此以細胞粒線體的角度來看，有性生殖的動物是否都應該是以母系社會運行？那麼目前的父權社會還有意義嗎？要求同學對此一事實發表看法。

主要以撰寫短文來達到上述目標，每學期至少繳交兩篇心得報告，主題必須與課程內容有關，不限定何種主題，但要求採用批判式文體，避免「述而不作」或抒情文式的感性文字。報告先由教學助理初步看過並評分後，再由教師最後總評。優秀報告在取得作者同意後公布於網頁，做為所有同學的參考學習範本，也展示本課程的教學

成效。從 2007 至 2011 上課期間，總共有 166 篇文字，學生均能從生物學的角度出發，重新審視自身與整個社會的互動，以及因此所獲得的反思心得。一位機械系同學寫道，看到許多不同領域，居然彼此存在著不可言喻的共同點，總是令他驚喜與讚嘆。

解決授課困難：版權、跨領域、名詞、轉譯、深化

這樣的上課方式，借用很多已經出版的科學影片，因此版權問題就成為相當困難的障礙。花了不少精神探討，上課播放影片是否侵犯版權？如何才是「合理使用」？若完全禁止上課使用，那麼這門課幾乎必須停開，這麼一來又好像不是這些科學影片的原意，尤其許多公共電視都負有教育使命。我大致整理出以下的使用心得：

- (1) 播放影片時，建議要使用可以公開播放的「公播版」，當然其價格會比較高。
- (2) 上課播放時，不要播放整部影片，而只剪輯出與課程有關的部分，越短越好。
- (3) 不要把影片的全部或任何片段，貼到網頁上，只能告知何處可以看到或買到。
- (4) 把影片的截圖影像拷貝到上課投影片時，要註明來源，遵循合理使用的原則。
- (5) 教學活動不以營利為目的，影片應該可以用做為教材，但須注意「利害關係」與「比例原則」，前者不得侵犯版權擁有者的利益，後者提醒僅能部分使用。

另一個困難則源自通識課程本身的跨領域特性，雖然教師對授課主題很熟悉，但是通識課程非常容易跨出教師本身最熟悉的安全領域，必須面對一些看似很懂，但實際講出來又不是那麼有把握，這也是很多教師不願上通識課的原因。然而必須指出，沒有任何人懂得所有事物，因此對於不熟悉的課題，能夠努力去深入理解，也是加強自己學識深廣度的機會，更是教師跨領域學習的起始點。要勇敢切入不熟悉的主題，坦誠向學生說明實際情形，與學生一起共學成長，也是很有意思的教學方式。若講課內容有錯誤或誤導，也儘快說明或更正，學生通常都會理解並接受，甚至佩服教師的坦誠態度。我曾經在課堂上誤講「膽汁是膽囊分泌的」，結果有個學生馬上舉手，說應該是肝臟分泌的，我很快回神確定講錯了，然後很平靜的說「我在測試同學們上課有沒有專心聽講」，結果全班轟然大笑，是否講錯已經不是那麼重要了。同時，我非常感謝這位同學，因為他敢在兩百多名學生前當面糾正老師，是對我的極大信任。

學生的跨領域學習更是困難。一般而言，在臺灣主修文科的學生，對生物學通常沒有很好的基礎，因此必須假設學生是從頭開始學習，而生物名詞是最困難的關卡。例如，生命科學常見的「粒線體」對文科學生來說只是三個很熟悉的漢字，合起來卻幾乎沒有意義。在上課前，教師要把這些專有名詞全部找出來，想辦法在課堂上適當時機切入說明，不要突然丟出粒線體三個字，通常學生會卡在那裡，無法再跟下去。

不要把專業課程的內容，直接拿來教通識，這樣多以失敗收場。專業課程內容必須經過消化，轉換成學生可以瞭解的教材；這種轉換過程，我特別借用一個名詞稱為「轉譯 translation」。就像翻譯一樣，教師要把艱深的課程，轉譯成學生可聽懂的語言，像說故事一樣，告訴學生一個有趣的生物學故事，而內容與他們自身卻息息相關。這種轉譯過程非常耗費力氣、時間、精神，然而教師將更深入課程主題，而且在準備過程中可能產生新的想法，新的解釋方式，新的比喻或實例，讓課程更加有趣。

通識課程的最大的挑戰，就是學生通常把它當成「休閒課程」或「營養學分」來看，不會特別努力或重視，教師也不太願意嚴格要求學生學習。為了解決此一困境，臺大在十年前開始推動通識教學的「X+1 深碗課程」，也就是把原來 2 學分課程增加 1 學分，所增的 1 小時由教學助理(見下一節)帶領討論課[4]。先以傳統演講進行 200 人大班授課後，再分成 20 人的小組，每組由教學助理帶領討論，如此在歐美國家已經實行多年，確實能夠讓學生更深入課程，並且有實質的討論學習，成效非常良好。

提升上課成效的利器：TA 及 IRS

為了提升通識課程的教學成效，除了努力改善課程內容之外，本課程還投入兩個外部協助系統，甚為關鍵。其一是設置 教學助理 (teaching assistant, TA)，另一則為課堂的 即時表決系統 (interactive response system, IRS)。

臺大在 2006 年開始建立 TA 制度[5]，十年來逐漸成形且蔚為風氣，TA 在課堂上協助教師上課，讓臺大的教室生態起了極大的變化：課堂不再只是老師對學生的單向授課，也增加 TA 與同學之間的全新介面，這種三角關係活潑了整個教學現場，學生多了一個可以討論的管道。另一方面，TA 不但在教導別人中複習了重要學科，實現了「教學是最佳的學習方式」，更在潛移默化之中，學習如何成為一個優秀教師，甚至準備在未來當一個稱職的領導者。

本課程 TA 大多由授課教師的研究生擔任，每 80 名學生可獲配一名 TA，兩百多人的大班通識，約有 2-3 名 TA 協助。本課程的 TA 發揮了相當大的作用，平時除了收集並批改學生的報告之外，也在課堂內外隨時幫助學生解惑，由於 TA 人數較多且年紀相近，學生大多喜歡找 TA 討論問題。在期中、期末也要協助改考卷，並且收集筆記本進行評分，最後再統計分數。請注意本課程 TA 與前述 X+1 深碗課程 TA 不同，並不帶領小組討論，但仍在考試前開設數班「解題班」回答全班同學的問題，討論氣氛十分熱烈，算是另一種簡約型的深碗課程。

近十年來臺灣高教推展 IRS 課堂即時表決系統，最近更因數位科技發達，市面上有各種方便的設計與功能。IRS 活潑了課堂上的氣氛，把學生從睡覺、不專心、看手機、沒興趣的困境中解救出來。本課程每到課程的重要關卡，就會用 IRS 來檢查學生的理解程度，通常是出一個選擇題，每個學生由手上的「答題器」回答，電腦馬上進行統計，即時得知全班的答題分布，學生可以馬上知道對錯，並且略估自己的程度。由於沒有公布個人的答題狀況，免去被人知道「答錯了」的風險，學生都勇於作答。甚至教師可以在第一次公開作答的分布後，暫時不發表正確答案，鼓勵同學先分組進行討論後，再次進行 IRS 作答，更可炒熱討論氣氛，學習變成了全班的事。

整體成效心得

本課程以階段式引導來深入一門生物學通識課程，其整體設計方式有幾個特點：從影片整理到投影片，從單位組合成主題，從演講引導至討論，由教師加上教學助理的現場指導，從瞭解事實、溝通討論到反思。雖然這些都不是創新的想法與作法，但是所有元素均努力置入課堂經營，最後由學生的迴饋意見中，可知其成效相當卓著，

也使得本課程獲得全臺灣最高獎項的「教育部傑出通識教師獎」。另外，學生的筆記本也是一個重要照映，期末我們收集學生的筆記本並評分，由其內容可以感受到學生的努力與投入。臺大課堂的傳統一向不點名，雖然學生沒有每次都全班到齊，但本課程的每週出席率均相當高，因為學生覺得沒有來上課是自己的損失，課堂上任何一段啟示都可能影響他們一輩子的思考。

臺灣學生通常被認定不擅長發問，然而幾年下來的心得，我認為是教師沒有準備好機會或設計發問熱點，讓學生勇於、樂於、急於提出問題。也就是說，要讓學生在課堂上發問，並不是在下課前一兩分鐘丟出「有沒有問題？」就可以的，教師必須積極在課堂上設計好發問的動機、時機、誘導，甚至故意亮出問題的衝突點，那麼臺大學生是很會發問的，有時我甚至必須主動宣布停止討論，以便回到課堂主題。另外令我覺得十分驚艷的，就是學生的心得報告，大部分的文字都不是 copy-paste，而是經過仔細思考後的深度智慧呈現，有些同學的想法更是超出我的預期。他們以不同的專業角度來重新看待細胞與生物行為，拓展了自己對這個世界乃至於全宇宙的看法，實在非常精彩。這些佳作目前都還張貼在課程網頁上，值得一訪。

上這門通識課最愉快之處，就是當學生們看到影片中的各種細胞或生物現象，所受到的「驚嚇」反應，心中就會相當得意，看完後就故做鎮定的問他們感想如何。例如 Discovery「雀佔鳩巢」影片中，杜鵑鳥會把蛋偷偷下在蘆鶯巢裡，蘆鶯傻傻分不清而一起孵蛋，但杜鵑雛鳥會先孵化出來，在還沒有張開眼睛之前，就會把巢內其他尚未孵出的蘆鶯蛋，一顆一顆用背部頂出去，以便讓蘆鶯養父母只餵食這隻小杜鵑。同學們非常驚訝，這隻完全沒有被人教過的小壞蛋，為何有如此惡質本能？就非常熱切討論杜鵑雛鳥怎麼知道要把其他的蛋推出去？疑惑到底生物本性是善是惡？以及此種行為的生物學或生態學意義。這樣的學習，的確有很強的開眼 (eye-opening) 效果。

通識課程沒辦法像專業必修課那樣具有強制力，因此教師在教學上就得花更多心思與時間，然而同學的努力與投入仍然不如專業課程。學校可以用制度來加強其自主學習，例如深碗課程的討論課，就有其實質作用；但課程本身的內涵 (content) 是否深厚有趣，加上適當的轉譯過程，應該是最核心的價值所在。除此之外，通識教師比起專業課程的教師，還需要更多、更濃的熱忱 (passion)，否則真的很難撐下去。然而，經常在教學熱情快要熄滅之時，偶而收到學生送來的卡片寫著「老師，上過您這門通識課後，改變了我的一生！」馬上就恢復元氣與熱忱，又快樂而努力的教下去，因為知道自己正在做很有意義的事。雖然後來得知，好像每個老師都收到同樣的卡片。

參考文獻

- [1] 黃俊傑：臺大通識教育的理念 (2011) 通識在線 35: 36-37
- [2] 蔣丙煌：臺大通識教育改革的實踐歷程 (2011) 通識在線 35: 38-39
- [3] 莊榮輝：生物化學基礎 (2008) 臺大生化科技學系 <http://juang.bst.ntu.edu.tw/BC2008/index.htm>
- [4] 莊榮輝：臺大通識教育的創新教學 (2015) 通識在線 57: 46-48
- [5] 莊榮輝：三贏的「教學助理制度」(2011) 通識在線 35: 40-41