

高分子奈米材料課程之創新教學

陳俊太*

摘要

這一門「高分子奈米材料」課程，是本人於國立交通大學開設之科學專業課程，修課學生包含博士班、碩士班與大學部學生。為了使修課同學深入了解高分子奈米材料的相關知識並應用於自己的研究與學習上，在課程中設計了豐富有趣的課程橋段，以提升學生學習效率與興趣。例如在上課中應用了「小道具輔助教學」、「上課請閉眼之問答教學法」、「虛擬實境（VR）教學」、「桌遊輔助教學」及「科學生活化」等創新教學概念。此外，還帶領學生至新竹巨城購物中心進行「Running Nanoman！（奔跑吧，奈米人！）」的大型戶外解謎課程活動，實際體驗生活中的奈米產品。也在期末報告結合奈米產品報告與競標活動，讓同學可以利用所學發揮創意，設計出獨特的奈米產品，還能體會人生道理。新穎的課程內容有效提升學生學習興趣，也獲得修課同學的正面回響。

關鍵詞：化學、奈米材料、高分子

本作品於「2017年大學教師優良創新課程及教學競賽」獲獎為優等

*陳俊太，國立交通大學應用化學系教授，E-mail: jtchen@mail.nctu.edu.tw

壹、課程簡介

本課程「高分子奈米材料」為本人於國立交通大學應用化學系開設之專業課程。目的在使學生了解高分子奈米材料的原理及相關應用，學習到相關奈米材料之鑑定儀器與材料製備方法，並能夠將上課學習到的知識應用於自己研究與生活當中。修課學生包含大學部、研究所及博士班學生，學生的科系主要有應用化學系、材料工程學系及其他相關科系等。

在這門課程中，除了以投影片與板書教學，使同學了解高分子奈米材料的專業知識以外。為了激發修課同學們對學習的熱情與興趣，本人在課程中設計了不同類型的課程單元，以達到提升學生們的學習效率（圖1）。在上課中本人多次使用了不同的小道具來輔助教學、也利用「上課請閉眼之問答教學法」來了解學生對課程內容的了解程度、也盡量以「科學生活化」的策略使同學將奈米的尺度與生活的材料聯想起來。另外本人也嘗試了「虛擬實境（VR）教學」與「桌遊輔助教學」使同學們有樂趣地學習。在學期中的時候，也帶領學生至新竹巨城購物中心進行「Running Nanoman！（奔跑吧，奈米人！）」的大型戶外解謎課程活動，讓同學們實際體驗生活中的奈米產品。並利用期末報告結合奈米產品報告與競標活動，讓同學可以發揮課堂上學到的東西，結合自己的創意，設計出獨特的奈米產品，並且因競標活動而體會商業活動與人生的道理。這些新穎的課程內容都獲得學生們的肯定，也從學生們的反饋中，了解到創新的教學活動能真正有效提升學生學習興趣。



圖1 本課程設計亮點

貳、創新教學實務設計與實施

在教學實務設計上，以下主要分為「上課方式的創新」、「戶外大型課程教學單元」、「報告方式的創新」與「創新的作業與考試方式」等幾項來作介紹。

一、上課方式的創新

目前在大學的課堂中，一般類似的科學專業課程，上課的方式仍以板書並搭配投影片教學為主，我除了會播放相關影片加深同學們印象之外，也做了一些增進同學們學習效果的方式與改良。例如小道具的使用、問答教學法（上課請閉眼）、科學生活化、結合桌遊與教學、以及應用虛擬實境（VR）之創新教學。

（一）小道具的使用

除了利用一般傳統的板書及投影片輔助之外，上課的時候我也會準備與課程內容相關的小道具。例如：在教導學生寶特瓶是如何利用塑膠材料製備時，除了一般的寶特瓶之外，我也會準備不同形狀的寶特瓶，像是哆啦A夢或是海賊王公仔造型的瓶子，再告訴同學們如何以「塑膠射出成型」等方式來製備特殊形狀之寶特瓶。此外，高分子材料中有一種兩段相連、而且成分不同的分子結構，就是有AB兩段相連。若只是用黑板或投影片描述，學生往往不容易了解，因此，我就一直在思考是否有適當的輔助道具可以幫助同學們更加了解。剛好有次我回竹北老家時，媽媽就跟我說她去竹北菜市場時，順便買了用來通水管的刷子。我看了一下，覺得實在是太巧了，因為這把刷子剛好刷毛作成紅色與黃色兩種顏色，正好可以用來代表上課時的兩段高分子材料。而且還有個藍色握柄，實在太巧也太方便了。後來心裡想：「媽媽，您真有一把刷子」，就將這個刷子拿來當上課的小道具，也發現這樣的實體道具的確可以讓同學更了解化學分子在三維空間下的立體形狀。

在講到不同高分子防水材料時，我就會帶特殊的雨傘道具來作示範，這種特殊的雨傘是我之前去日本時買的，表面看起來是正常的雨

傘，但在下雨遇到水就會有特殊的圖案出現，或是本來是黑白的傘，下雨時就會變成具有彩色斑點的傘（圖2）。原理主要是傘面有特殊的親疏水材料設計，在有遇到水的時候圖案就會顯示出來。再搭配我的小台詞：「各位同學，有了這把傘，每次下雨時，你的人生，就從黑白的，變成彩色的」。類似這樣的道具在課堂上展示時，也可以使同學們理解到不同的高分子材料性質如何應用在生活之中。



圖2 下雨前後由黑白變彩色的雨傘小道具

（二）問答教學法——上課請閉眼

為了了解每段上課專業的科學內容學生的了解程度，我上課時會搭配大量的問答教學法的方式來教學，也就是在教學過程中先提出問題，藉由同學們的不同的答案來引導出正確的答案。比起只是單純告訴同學不同的知識，利用問答教學法更能刺激學生們的思考，也更能加深同學們對困難問題的理解。

此外，我也會在一些特殊的題目上面利用舉手的方式來詢問同學們答案，舉手的好處是可以同時看見全班同學們對同一個問題看法的不同，但是一般在舉手回答時每個同學都會偷偷觀望其他人的舉手反應，很難確實知道每位同學是否真的了解。因此，在上課時我也常利用自己開發的「上課請閉眼」問答教學方式。就是在問某些問題的時候要求學生閉上眼睛，想像某個化學分子的科學行為，並在閉眼時舉手表示自己

的想法。因為是閉眼睛，所以每個學生都會不受其他人影響，不知道的就不知道，對老師而言也可了解學生真實學習狀況。此外，在閉眼睛的時候，同時能讓學生容易想像這個題目，在腦中幻想，例如：化學分子鍵的形成與斷裂，尤其是想像自己是一根高分子鏈時，往往能夠達到很好的理解效果，也有效幫助了學習。

（三）科學生活化

許多較難理解的科學概念，是因為很多化學的尺度在生活中很難想像，以奈米材料為例，一般同學並不清楚奈米尺度與實際大小的關係。舉例來說，若問同學們50奈米的東西到底是多大，他也許知道是50乘以十的負九次方公尺，但是對實際的大小並沒有真正的概念，這時我就會跟大家說一般人的頭髮尺寸是50微米，也就是50奈米的一千倍（一微米等於一千奈米），因此，若今天有個50奈米大小的奈米纖維。我請會請同學們想像是個大小為一般頭髮一千分之一的材料，如此一來，大家就很容易對極小材料的尺度與真實生活中可看見的小東西有所連結。反之，也可以問同學們，當粉筆是代表一個50奈米的材料時，這時候頭髮是多大？（答案：跟兩間教室一樣大）再問這時候你的頭是多大？（答案：可能就是整個校園這麼大）。

（四）桌遊教學——多重角色扮演

這幾年來，學生們之間非常流行玩桌上遊戲（桌遊），學生甚至玩到三更半夜都不覺得累，而且覺得緊張刺激又好玩。因此最近我也在想如何能夠結合桌遊與教學的上課活動，利用「玩中學」的概念來達到以遊戲刺激學習的效果。

目前其實有一些教育性的桌遊在坊間販賣，但是其實還是侷限在一些固定的知識內容，尤其是在較深入之專業課程時，都有實行上的困難。另外，比起一般市面上的桌遊來講，我也希望教學式的桌遊就是在上課期間實施的時候，要盡量避免過多「單純遊戲」的時間區段，還要能將桌遊的元素巧妙地融入在上課內容當中，使學習效果增加，才是比較理想的教學式桌遊。另外一個設計教學桌遊困難的地方是在當上課人

數較多時，也許就必須設計利用分小組的方式進行不同階層式的「複合式桌遊」來進行。

我這幾年開始構思一個可以用在不同課程內容的教學式桌遊，例如我所帶的一門「書報討論」課程，這門課有研究所與博士班的學生（共16人），每個禮拜都有兩位同學上台以英文報告一篇專業的科技論文。但是在往年執行的時候，往往會有一些未盡理想的地方。

過去實行需要改進的地方：

1. 學生以英文報告，但是並沒有因為報告之後，就使自己的英文表達上有明顯的進步。
2. 學生的投影片ppt設計，並沒有因為在報告之後，就自己改進投影片設計的能力。
3. 在某位同學報告時，其他同學往往專注力不高，學習效果不佳。
4. 在某位同學報告後，問問題的同學不多，往往都需要利用分數的方式來鼓勵學生問問題，算是「被動式的提問」。

因此，我就在這個報告課程中，結合了我之前在美國德州奧斯汀大學所參與的「Toastmasters」的國際英語演講社團的經驗，並結合多重角色的概念，設計了「大學生、小報告」的桌遊活動。另外為了瞭解真正的桌遊遊戲，我也跟學生玩了像是「風聲（The Message）」、「阿瓦隆（The Avalon）」、「拉密（Rummikub）」、「矮人礦坑（Saboteur）」等不同形式的桌遊，並將我的教學桌遊加以改良。

「大學生、小報告」教學桌遊進行方式如下：

1. 在報告人報告之前，每個人都會先抽取他所需要扮演的角色。分別有「主持人」、「計時者（Timer）」、「英文老師」、「演講大師」、「雜誌美編」、「指導教授」、「口試委員」、「原文作者」、與「總結【Summarize Man（S Man）】」。部分角色會有兩個人。
2. 每個人會在報告人報告的前中後，需要按照各自的角色執行任務
主持人：負責以英文介紹報告者，並指派S Man所要偽裝的角色（之後會說明）

計時者（Timer）：負責計時並提醒報告人報告時間。

英文老師：負責糾正報告人的英文發音、文法錯誤與用字。

演講大師：負責修正報告人報告時的肢體語言與演講技巧。

雜誌美編：負責建議報告人投影片的排版與製作。

指導教授：負責以中文問報告內容之專業問題，報告人以中文回答。

口試委員：負責以英文問報告內容之專業問題，報告人以英文回答。

3. 為了增加桌遊的趣味性與刺激性，一開始會有一個人抽到為總結的角色，我們也稱他為「Summarize Man」，簡稱「S Man」。這個S Man是這個桌遊的關鍵性人物，他的任務，就是在最後要上台以兩分鐘英文總結報告人所報告的東西，但是因為學生一般都不喜歡被臨時叫上台，特別是用英文總結，所以大家都不想（或很害怕）抽到當S Man。
4. 所以在這個桌遊設計當中，S Man是有希望可以逃脫總結（summarize）的命運，就是在同學報告過程中他可以臨時偽裝成其他的角色，只要最後沒有被抓出來或是成功的偽裝，就可以逃過一劫把總結的任務交給別人（原文作者）。
5. 例如，在英文老師評論報告人的英文之前，主持人可以選擇說這次的S Man是偽裝在英文老師當中，因此原來的英文老師與偽裝的英文老師（S Man）就要盡力的扮演好自己的角色，最後如果原文作者沒有猜對誰是偽裝的英文老師，S Man就可以逃過總結（summarize）的任務，改由原文作者來作總結（summarize）。

這樣的桌遊的方式，在執行後同學們都表示在別人報告時變得非常專心，而且可以針對不同的報告層面自我改進，例如英文老師會對英文文法方面專心聆聽，在猜測S Man的部分，猜測的時候也覺得非常刺激有趣，在報告人的部分也可以得到同學們不同層面的回饋。也設計了相關的報告回饋單讓同學對報告的意見與建議可以在之後交給報告人，讓學生們可以彼此進步。

（五）Virtual Reality（VR）——虛擬實境之創新教學

這幾年很流行將影片放上網路供學生學習的教學方式，讓學生可以用翻轉教學等方式來學習，但是學生在事後看的時候雖然可以自己掌握進度，但往往缺乏真實上課時的臨場感，因此我也首次嘗試以虛擬教學

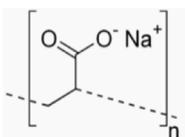
的方式來錄製課程小單元。在錄製之前為了瞭解VR的實際感受，我也曾經前往逢甲夜市體驗VR的效果，該遊戲是用VR體會坐雲霄飛車，發現帶了VR專用眼鏡之後，真的非常有身歷其境的感覺。

後來以VR專用攝影機所錄的主題，是講授關於高吸水性的高分子材料，為了增加學生的興趣，在講授基本原理之後，我就拿出了一杯飲料杯，在空的飲料杯中倒入水後，告訴同學們要唸出神奇的化學咒語後，並放在頭上轉一圈，杯子一倒水竟然不見了！在結合魔術方式導引學生增加對高吸水性高分子的了解。等到提升學生的學習興趣後，再跟同學說因為有空杯子裡面偷塞了一個幫寶適特級嬰兒紙尿布，所以可以將水吸住，再導引到紙尿布的成分是聚丙烯酸鈉，是一種高吸水性的高分子材料（圖3）。



■ 尿布主要成分: 聚丙烯酸鈉

- A sodium salt (鈉鹽) of polyacrylic acid (聚丙烯酸).



- Superabsorbent polymers (SAPs)
- 高吸水性高分子

圖3 以VR實行高吸水性高分子之教學內容

在以VR拍攝課程內容之後，未來學生可以戴上專用的VR眼鏡，除了可以觀賞老師上的情形內容之外，感受到魔術結合教學的樂趣，同時也可觀賞其他同學上課時的即時反應。同學們藉由虛擬實境的體驗，即便在寢室當中都能夠真實感受到上課的情形，也對課程所教授的原理有更深的印象。VR教學應該是未來非常可行的教學方式，未來上課的時候有一天也許同學們都不用來到教室上課，而是戴上VR的虛擬眼鏡看著同學們彼此用虛擬的角色出現在虛擬教室之中。目前我也有一些創新的VR上課方式在構思，例如可以利用VR攝影機360度拍攝的優點，把期中考的提示藏在天花板或是地板上。

二、上課地點的創新：「Running Nanoman（奔跑吧，奈米人）」戶外大型課程教學單元

（一）動機與靈感來源

在這幾年的教學過程中，發現到上課地點侷限在教室裡面是一件很可惜的事。本人在美國唸書的時候，有一次天氣非常好，上課的美國教授就把我們班的人都帶到戶外的草地上去上課，那一次的經驗至今仍然非常深刻，也一直在想有沒有可能回臺灣後專業課程以戶外上課的可能性。戶外上課可以有效提高學生的學習動機與興趣，但是還是要經過創新的設計，有效利用戶外地點的環境與資源，與上課內容緊密的結合，才能達到最佳的戶外上課目的。

因此在「高分子奈米材料」課程學期中的時候，我就設計了一個與課程緊密相關的戶外大型活動課程單元。主要的目的，是希望學生不是只有從課程講義中瞭解奈米材料的原理，也希望同學也能從真正的實際體驗中，瞭解奈米材料於各項民生產品的應用。

而在活動名稱的靈感來源，是我有一次在電視上看到韓國著名的明星闖關的電視節目「Running Man（奔跑吧，兄弟！）」，而由這個節目名稱所得來的靈感，我就把此課程活動名稱訂為「Running Nanoman（奔跑吧，奈米人）」，讓同學從奔跑的活動中，實際體會奈米材料的原理與應用。

（二）地點與時間

在地點的選擇方面，有考慮過相當多地方，包含在學校的校園當中，但是後來考慮到想讓學生可以更廣泛接觸到日常生活用品中與奈米產品有相關的應用，因此選擇了新竹巨城購物中心，裡面有百貨公司、大賣場、書局、電影院、美食街、商店街等等，而且學生可以使用新竹的公車方便的到達，是個很適合的地方。

在上課時間方面，是從某個星期上課時間的13：20至16：30，共三小時，在事先就先通知好學生集合的時間，也先調查好相關的交通方式，並告知同學們可能公車的搭乘時間。課程一開始是在新竹巨城物中

心的中庭大廣場集合，

（三）事前準備與場勘

此戶外課程主要的目的是讓同學了解奈米材料在實際生活中產品的應用，因此，在事先需要先去巨城購物中心，尋找在產品中含有「nano」與「奈米」等字樣的產品。其中的一個遊戲方式，就是發給每個小隊各七張含有奈米產品的照片，這是在場勘時實際拍攝的照片，4x5吋實體照片拍出給同學後更有真實感。

為了達到最好的課程效果，我與助教及有興趣的熱心同學，也多次到新竹巨城進行場勘之任務，主要做好幾件事：

1. 拍攝相關奈米產品之照片，並將照片洗出。
2. 勘查相關動線與選擇集合報告地點。
3. 考慮當下雨時，部分集合地點與時間的更動。
4. 請熱心同學試玩，確認可以在一小時限制內含有奈米科技相關產品。
5. 與廠商與店家進行協調。

（四）組隊與進行方式

組隊是這門課的關鍵部分，為了達到最好的分組效果，我們在學期初時有先以Google問卷調查每個同學的科系背景及相關興趣，因此在分組時就將不同科系背景年級的同学分在同一組，以達到每一組別的多樣性，最後每一組的人數約4到5人，也請每一隊選出一位小隊長。各小隊必須要在時間內找到原來照片裡面的奈米產品，或是在購物中心內，找到任何其他的奈米產品（含有nano或是奈米字樣），完成後拍照上傳（圖4）



■ 任務說明

【任務A】

- 找出照片中奈米產品的地點，並模仿照片拍出一模一樣的(同視角,同背景)照片，吉祥拼圖須一起入鏡，完成後上傳至FB對話窗

【任務B】

- 找到任何其他奈米產品(ex.含有nano或奈米字樣)，並將吉祥拼圖與奈米產品一起合照，完成後上傳至FB對話窗

【任務C】

- 遊戲結束時，請交回此手冊，每組須口頭報告(一分鐘)過程中印象最深刻的奈米產品

圖4 給同學行動手冊上的的任務說明頁內容。

除了要找到於巨城購物廣場盡量找到奈米產品之外，每一隊也需要從現場找出一個奈米產品來作為報告主題，必須是我們之前沒有提供照片的，各小隊需要在時間限制內請教販賣之店家店員，或是上網查詢相關資訊，後來回來廣場口頭報告此奈米產品。

(五) 活動進行與監督

在活動進行之時，最困難的部分就是要達到追蹤各組進度，與即時指導的效果，在這一方面，我們就利用臉書訊息功能（Facebook messenger），將各小隊編成不同的對話群組，在各個小隊找到奈米照片與產品時可隨時上傳至對話群組，或詢問老師相關問題。我與助教也可實際統計各組進度，達到更好的競賽遊戲效果。

(六) 學生反饋與感想

現在同學們都越來越仰賴使用網路，例如用Google來查詢資訊，但對查詢到的東西往往印象不深刻，像這樣實際體驗的活動讓學生能夠印象非常深刻。經過本次活動，學生都覺得很有收穫，而且幾乎都反應

了他（她）們從來不知道原來生活中有這麼多的奈米產品，而且在實際尋找奈米產品得過程中，也了解到奈米產品在不同領域竟然有這麼多的應用。尤其像是奈米銀可以用來殺菌的特性，可以用在洗衣機、空氣清淨機等領域也是非常有趣的！

這個活動得到了學生們熱情的回響，最後結束的時候，同學都有意猶未盡的感覺。因此我未來也將嘗試類似的戶外大型上課模式，但是還想要將整體的課程包裝得更好一些，也將結合更科學性的內容，真正達到寓教於樂的目的。另外之前有一部韓國的賣座電影「屍速列車」，看了之後讓我有些不錯的新靈感，也許未來也可嘗試在公車、火車甚至高鐵上，結合可能的教學活動。

三、報告方式的創新：結合競標之期末報告

（一）設計動機

在這一門高分子奈米材料課中，雖然講述了相當多奈米儀器的原理與奈米材料的特性，但是同學們對於奈米材料在實際生活中的應用仍然較少。因此，我結合了奈米產品報告與競標之活動，讓同學以分組方式，利用課堂上學到的知識，結合自己的創意，設計出獨特的奈米產品。除了報告自創的奈米產品與原理，也與市面上現有的奈米產品比較，並用競標的方式，達到最佳的聽眾參與效果，也因此能體會競標式的商業活動與人生的道理（圖5）。



圖5 結合自創奈米產品與競標活動之期末報告

(二) 分組與進行方式

在之前報告時都是採取單人報告的方式，但是發現單人報告時無法激發團隊合作的效果，因此就採取兩人分組合作的進行方式。另外在前幾年的時候其實有請同學報告過市面上現有的奈米產品並講述其原理，但是發現同學都沒有辦法發揮出自己的創造力，覺得非常可惜，因此在最新的課程中，每一組要報告一個自創的奈米產品，並且需要設計自己新創公司名字與Logo，為了說明可行性所以也必須報告市面上已有的競爭對手之產品來作比較。報告時也將講述產品所利用的奈米產品的作用原理，因此也發揮了同學們的創造力。

基本上在一般的創業投資會等場合，大部分都是以口頭加上投影片的報告模式，較缺乏變化性，因此為了增加所有同學們的報告豐富性，在各組討論報告前，我設計了讓不同的組別都有不同的報告方式融入在報告當中，例如：默劇、阿卡貝拉、跳舞、RAP、購物台……等，這樣的方式不僅非常有效果，也非常有笑果。

(三) 競標活動

本活動每一組除了擔任報告的角色，在其他組別報告時，其他組也要同時擔任天使投資小組（Angel Investor）的角色，每一組會有一百萬元的虛擬奈米幣，在每一組報告結束後會進行競標活動，因為有此活動，在各組報告期間其他組別就會非常專注地聽講，而且也需要以投資人的眼光來判斷是否值得投資，對學生在未來從事可能的創業也很有幫助。在競標活動方面，其實也需要有非常高的商業概念與分析判斷技巧。甚至有的厲害的組別可以用一樣的金額卻能夠競標到比較多團隊，算是有很獨到與精準的投資眼光。

(四) 競標與人生夢想

除了可以競標報告組別的奈米產品之外，我還設計了不同的人生夢想競標項目與實體的小獎品，穿插在各組報告之間，例如：開自己的公司、多益880分、當志工幫助弱勢等（圖6）。其中一個較為特別的是，曾經將大家競標時所使用的虛擬奈米幣拿出來作為競標項目，例如：十

萬塊的奈米幣在競標時竟然被已超過十萬塊的價值競標走，讓同學們體會到人生的無常與樂趣。有時候在競標人生項目的過程中也讓同學們能夠領悟到人生的現實與抉擇的道理。

人生夢想競標項目

項目1	中樂透·賺大錢	項目8	找到一份喜歡的工作	項目15	去六福村玩耍
項目2	擁有一隻可愛的狗	項目9	當志工幫助弱勢	項目16	交大人限定文青筆袋
項目3	擁有溫馨舒適的房子	項目10	貧民百萬富翁	項目17	發票兌中兩百元
項目4	阿太老師限量簽名名片	項目11	成為帥哥美女	項目18	健健康康頭好壯壯
項目5	環遊世界·大開眼界	項目12	通過日文N1檢定	項目19	實驗一直成功屢試不爽
項目6	交到男/女朋友	項目13	開一間屬於自己的公司	項目20	芭樂的好朋友
項目7	多益880	項目14	智慧的源泉	項目21	路上撿到錢

圖6 競標活動中的人生夢想競標項目

最特別的是，在競標活動中我也準備了一個特別禮物，是五百元的便利超商禮券，在同學競標到手後，還有跟全班同學說明這是一張「好事券」，標到這份五百元禮券的人，必須同時做一件善事，希望能夠在獲取知識之餘，能夠了解助人為樂的道理（圖7）。



圖7 競標活動中的虛擬奈米幣與好事券

四、創新的作業與考試方式

除了上課之外，在課程的作業與考試方面，我也採取一些增進學習的方式。

（一）找公司作業：「臺灣好公司」

上課的同學們，大部分都是化學系與材料系的學生，但是在同學上了課堂上的化學專業知識後，其實往往會不太清楚未來就業時可以有那些適合的產業與公司可以加入，很多碩士班畢業的學生，都只是對臺積電等半導體公司比較有鮮明的印象。為了使同學們多多了解上課內容與未來就業之間的關係，我也曾經設計了一份作業「臺灣好公司」，請上高分子課程的學生去尋找臺灣與高分子領域相關的公司，條件是要找自己以前從來沒有聽過的，而且後來調查之後覺得是可以推薦給大家的好公司。除了書面作業之外，也在實際的上課時找幾位代表性的同學們出來分享，經過這次作業之後，很多同學都表示認識了不少以前都沒注意過的公司，尤其是在之後的校園徵才時，更會特別注意自己曾經有調查過的公司，因此利用這樣簡單的作業，就可以有效地讓同學們對畢業後相關的就業市場有較深入的了解。

（二）猜題目作業：「百萬大學堂」

在考試的部分，一般而言都是在考上課所教過的專業知識，後來我也採取了一種可以幫助學生準備考試的趣味方式，就是在期中考或期末考前，每個人的作業就是要猜測兩題可能考的題目，並寫出答案，我也確實會從同學的猜題考題中出少量的題目。

發現這樣的作業有非常多的好處：

1. 學生會為了要思考可能的考題，而多花了很多時間去複習內容，讓學生在不自覺當中達到學習的效果。
2. 每個學生對自己出的考題，因為還要寫下答案，所以在過程中就會特別的認真準備。
3. 在學生自己設計的題目當中，可以看到很多同學把我上課補充的

一些專業知識，也發揮創意與巧思，或結合生活的資訊而出的題目，因此過程中也可以激發出學生的創造力。

（三）考試加分題：線上與校園闖關解謎

一般化學專業科目的考試方式，通常都是使用紙本考試，但是同學們考試結束後其實往往很快就會遺忘上課及考試內容，相當的可惜。因此，過去幾年來我在期中與期末考中，一直有設計特殊的加分題來增進學生學習的效果。加分題使用的方式，就是會在考卷的右下角加上一個QR code，讓同學考完試離開教室後能夠掃描，進入線上的解謎與解題，通常考完紙筆考試後剩下約2個小時的時間，而加分題雖然佔的分數都很少（1~2分），但是學生都非常熱情的參與。也常發生畢業幾年的學生回來學校的時候，在路上遇到時他們都會跟我提起當年印象深刻的特別加分題。

最近的一次高分子考試，算是自己加分題的一大突破。為了想出比較特殊的加分題，我常常走在校園當中注意周遭的事物，看看是否有新的靈感。有一天我走在校園的時候，看到了一個很特別的東西，不自覺的笑了，覺得是一個很能激發學生學習熱情的內容，至於是什麼內容先賣個關子，等一下再介紹。

最新的這次加分題，依照我以往的風格，是在考卷的右下角，會有連往加分題網頁的QR code（圖8），每個同學寫完紙本考卷大概是下午三、四點，要在晚上六點之前，掃描QR code進行線上闖關，並結合實地前往勘查，之後在晚上六點以前要把最後的答案寄給老師給助教，如果答案正確就可以得到珍貴的一分。

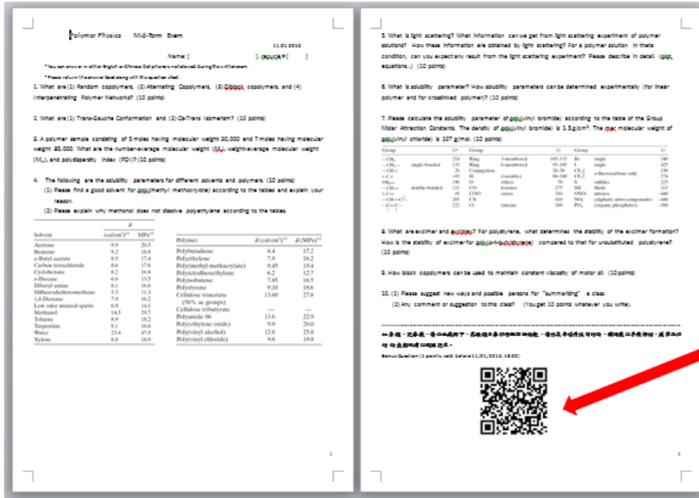


圖8 含有特殊加分題網頁的QR Code考卷

同學掃描QR Code後，會進入第一層的科學解謎網頁，需要根據上課所學的高分子專業知識，了解不同高分子所代表的數字順序，以「交聯高分子之鬼爪圖」之方式，再解出不同的字謎。再根據字謎的解答點選進入線上地圖的地點（圖9）。

期中考加分題 第一層提示

The diagram illustrates a 'ghost claw' puzzle for cross-linked polymers. It features chemical structures for HDPE and LDPE. Below them is a grid of vertical lines representing polymer chains, with red horizontal bars indicating cross-links. To the right, a yellow box says '交聯高分子' (Cross-linked polymer) and a red box says '線上解謎' (Online puzzle). A green arrow points from the '交聯高分子' box to the puzzle grid. At the bottom, a map of a university campus is shown with a red box highlighting a specific location. The puzzle grid has vertical labels: '池中無水滿是土', '我們通通不是人', '一隻小豬戴帽子', '卡片看完勿占卜', '病中書賈能解煩', '一口兩口加七口', and '張藥不見有此角'. A red '田' character is at the bottom center.

圖9 掃進QR Code第一層網頁的提示

例如：圖中最上面的寶特瓶，就代表了高分子「聚對苯二甲酸乙二酯poly (ethylene terephthalate) (PET)」，上過課的同學就會知道在塑膠回收表中就是代表「1號」，而所連結到的字謎「一口兩口加七口」，總共是「十口」，所以就是一個「田」字。而搭配所有高分子結構所代表的順序之後，依序解完所有的謎語，最後可以解出「田家炳門口地上」等七個字，同學們就會知道之後點選線上解謎地圖時，就是要前往校園內的「田家炳光電大樓」門口的地上。

經由線上地圖到了「田家炳光電大樓」門口之後，就會得到第二層的提示（圖10）。

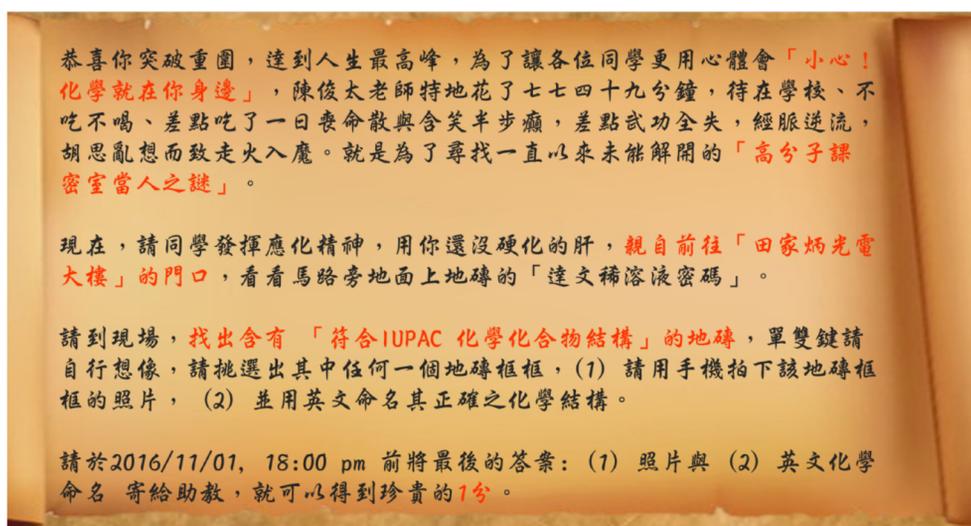


圖10 解出第二層網頁後看到的提示

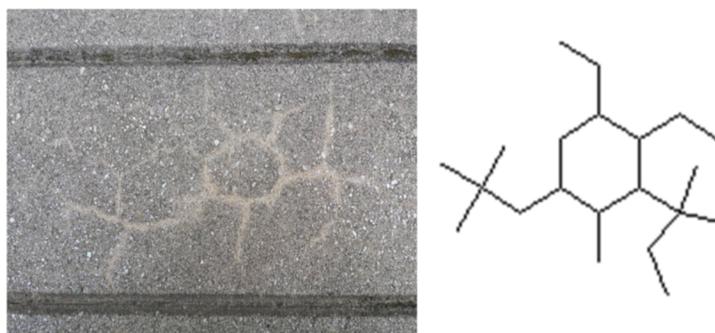
重點就是在「田家炳光電大樓」門口的地上。因為我曾經走路經過這裡時，發現地板上龜裂地磚的裂痕，竟然與很多化學分子結構非常地接近，這真是太神了（圖11）！所以，這個題目就是請同學們實地走到田家光電大樓門口的地上，並用手機拍攝地磚的龜裂裂痕圖案，發揮創意寫下正式的化學分子結構與命名，並且同時遵守國際IUPAC（國際純粹與應用化學學會）的化學標準命名，在當天晚上18:00之前寄出答案，就可以獲得額外加分，一分。俗話說：「禮輕情意重」，陳老師說：「分低印象深」。加分題的重點就是就是他的分數反而佔的很少，

例如只有1~2分，讓學生並不是為了獲取分數而回答加分題而是為了榮譽與成就。而且往往在畢業多年之後，還是會在回學校找老師或學弟妹時提到當年所挑戰的加分題。



圖11 地上龜裂的地磚裂痕圖案

後來同學們都發揮了自己的化學專業知識，寫出符合地磚龜裂圖案的化學結構與命名，以下是一位應用化學所劉同學的答案（圖12）。



1,2-diethyl-4-methyl-3-tert-pentyl-5-neopentylcyclohexane

圖12 學生所給出符合龜裂地磚裂痕圖案的化學結構命名

這個活動相當有趣，因為要找到正確的提示地點，必須結合很多在上課老師額外補充的知識與提示。後來實際效果非常的不錯，看見學生們在校園內走來走去找尋提示，有些學生沒有找到正確提示的就會到錯誤的地點尋找提示，例如：後來也在加分題尋找的期間，也看到同學們

在我辦公室外門口逗留（圖13）。



圖13 學生實際於校園內尋找加分題提示與在我辦公室門外尋找加分題提示

這個加分題之後同學們都很驚訝的發現，沒想到每天踩在腳底下的地磚因天氣變化而造成的龜裂圖形，竟然所形成的結構與化學結構如此的相似，甚至是一模一樣，讓同學體會到「原來生活中充滿化學！」。從此之後，學生在下課或是平日走動時，也會開始用心觀察四周，看看是否有與科學或是化學有關的小東西，激發大家對研究科學的熱情與興趣。

參、教學回饋與結論

在教學的過程中，一直在思考如何能夠想出創新的教學方式，讓學生有更好的學習效果，可以找到研究上的熱情，也會知道學習是一件很快樂的事。以下是過去兩年來，修這門課的同學對課程的反饋意見（表1），發現同學們也都很認同我的教學理念，更鼓勵我在未來更用心投入在教學上，一起陪著同學們成長。

表1

學生在學期末給的心得回饋

(103年度)
1. 課程有趣又能激發創意，生平第一次修這樣的課，完全不想睡覺也不想翹課如沐春風阿～
2. 新穎且活潑的教學，很棒！並且訓練學習去思考。
3. 老師上課很有趣，而且講解的也比較容易理解，希望老師可以多想些有趣的idea。
4. 這個學期多了小組討論的部分，和以往老師的課很不一樣，我覺得非常棒也很有幫助!通常一個人看paper都會看得很沒效率 有時會也會不太懂，但是透過討論過程 不但可以釐清自己的盲點 還可以在討論過程中學習別人是怎麼讀paper的！在有限的時間中得到新資訊，並且激發自己去想靈感。
5. 本學期的課程很有趣，尤其是最後面的報告，看到大家都超有潛力用各種方式呈現報告，雖然在競標活動中還剩下100萬，其實不是不知道要買什麼，而是想買的東西總是最珍貴，也是最昂貴！很感謝老師，這學期的用心準備，讓我們不只是上一堂奈米課，也上了一堂人生課!
(104年度)
1. 老師辛苦了
2. 這是我見過最最好的老師！！！！！！！！！！ 上課風趣，同學絕對不會打瞌睡！！！！！！！！ 風趣歸風趣，我們還是可以完全明白老師所教的東西！！！！！！ 謝謝老師！！！！
3. 老師的教學方式充滿樂趣 有機會一定會再修老師的課
4. 無
5. 期末報告好玩～ 但是想的過程好難喔～～教授認真準備教學，嘗試用不同的教學方式，而成效很不錯！為大學中最難忘的一堂課，有幸能在畢業之前修到老師的課。

Innovative Teaching of Polymer Nanomaterials

Jiun-Tai Chen*

Abstract

This course, Polymer Nanomaterials, is a professional scientific course taught at National Chiao Tung University. The students who took this course include PhD students, master students, and undergraduate students. To let the students better understand the knowledge of polymer nanomaterials and apply to their own researches and studies, innovative and interesting ideas were designed in this course, aiming to improve their learning efficiency and arouse the interest of the students. For example, many new teaching concepts were introduced, such as "Aid-assisted teaching", "Close your eyes and answer the questions", "Virtual reality (VR) teaching", "Table game-assisted teaching", and "Bringing science to the life". In addition, I brought the students to the Big City Shopping Mall in Hsinchu to carry out the "Running Nanoman" puzzle-solving activity for the students to experience the nanoproducts in real life. I also designed oral reports combining nanoproduct promotion and bidding activity for the students to show their creativities, design unique nanoproducts, and know the meaning of life. Such course contents effectively stimulated the interest of the students, and positive feedback has been received.

Keywords: chemistry, nanomaterials, polymer

This work was awarded as "excellent" in the Competition for Excellent Innovative Curriculum and Teaching of University Teachers in 2017

* Jiun-Tai Chen, Professor, Department of Applied Chemistry, National Chiao Tung University, E-mail: jtchen@mail.nctu.edu.tw