

## 發展 STEM 奈米生醫實驗平台以提升大學生研發實作能力

廖尉岑

### 摘要

奈米生醫材料是近年最熱門的研究題材之一，發展適當的 STEM 奈米生醫實驗平台，結合專題研究課程，進而提升大學生對於實驗方向的思考與實驗設計能力是本研究的主要目的。首先對奈米材料的合成及應用領域的關鍵性研究以類萃思理論進行分析，尋找其突破點及所謂實驗演化脈絡，利用聚二甲基矽氧烷翻模建構之實驗模組，由學生主導研究策略，發展模擬實驗。課程採多元方式評量，包括檔案評量和實作評量並進行同儕審核。本研究所發展之 STEM 奈米科學實驗研究課程，預期可以活化教學並提昇學生的科學興趣及研發實作能力。

**關鍵字：**STEM 教育、奈米科學、系統化教學設計

---

廖尉岑(通訊作者)，國立臺東大學應用科學系助理教授。E-mail: liaowc@nttu.edu.tw

投稿日期：2020 年 12 月 01 日；修改日期：2020 年 12 月 15 日；通過日期：2020 年 12 月 16 日。

## **A STEM nano-medical experimental platform to enhance college students' research and development capabilities**

Wei-Chen Liao

### **Abstract**

Nanobiomedical material is one of the most popular research topics in recent years. To develop an appropriate STEM nanobiomedical experimental platform and combine thematic research courses so as to enhance students' high level thinking and experiment design ability is the main purpose of this project. First of all, the key research of the synthesis and application of nanomaterials would be analyzed by using TRIZ-like theory, looking for the breakthrough point and the so-called experimental evolution trends. Second, we used the polydimethylsiloxane (PDMS) experimental module technology to construct simulation experiments. The curriculum adopts a multivariate assessment plan which combined portfolio and performance assessment. The development of nanoscience experimental research course is expected to enhance students' interest in STEM learning and improve students' R&D ability.

**Keyword** : STEM Education、Nanoscience、Instruction System Design

---

Wei-Chen Liao (corresponding author), Assistant Professor, Department of Applied Science, National Taitung University E-mail: liaowc@nttu.edu.tw

## 壹、前言

### 一、研究背景、動機與探討的問題

在少子化的浪潮下，各大學都積極改進課程，向產業靠攏。對於理工科系而言，自然要強化原有的實驗課程，提升學生的研發實作能力。由於產業的研發需求，將原有課程轉型成 STEM 課程是不錯的方法。

在指導實驗室大三學生進行專題研究時，發現幾位專題學生利用小學時玩的樂高 LEGO 機器模組，結合實驗室進行的奈米銀實驗及聚二甲基矽氧烷(PDMS)微流道，組合成一套超低成本(ultra-low-cost)的可見光光譜感測器，實驗的品質不遜於商業用的生醫檢測儀器，學生們這一組合、設計及應用的過程，由於過程中有科學、技術、工程及數學的學術元素，很適合發展成一套 STEM 教學實驗平台，因此在一門大二實驗課程(化學實驗三)，使用一半時間實施 STEM 教學(原先主要是有機實驗教學)。課程使用萃思等思考工具來分析問題，進而運用基本模組建構新的整合性模組，其課程研究設計、方法、相關工具及評鑑方法 將敘述於後。

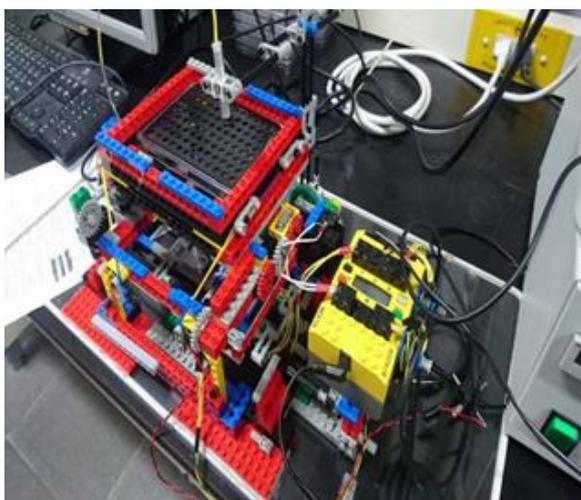


圖 1. 學生自製 LEGO--96 孔盤光譜儀

表 1

課程基礎架構及創新性。本研究中，不論是主題或方法，都嘗試新的想法。

	課程基礎架構	創新性
實驗主題	STEM 奈米生醫實驗平台	多工、多功、類 LEGO 之 PDMS 模組
思考工具	TRIZ、SCAMPER	提出 CHEMISTRY 法
研究評量	檔案及實作	以 JoVE 表現進行多元方式評量

## 貳、文獻探討

### 一、STEM 課程 What is STEM?

在Breiner的調查中，有超過1/4的受訪者，不知道甚麼是STEM，而有趣的是認為M是代表medicine(醫學)的有10%以上(Breiner et al. 2012)，事實上在日常生活中，醫學與數學大有關係，例如新藥物的雙盲測試，茲卡病毒在里約奧運的傳播機率等等，對大部分學生而言，醫學比數學要來的和藹可親。如果用google搜尋，stem出現最多在幹細胞(stem cell)字句中。我國在科技部的年度專題研究計畫學門規劃STEM為重點研究項目，數學教育領域也有許多STEM相關的徵求案，可見其重要性。

目前各國都努力推廣STEM課程，STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)是指由科學、科技、工程、數學所整合的學科課程，從以前的分科學習到強調數學建模的基礎訓練，是體認到科技學習必須依據相關數學或科學原理，才能有效地改良或創新產品的(游光昭、林坤誼，2007)。

最近范斯淳和游光昭採深度訪談的方式，訪談11位美國科技教育學者，提出對臺灣科技教育融入STEM課程的可行性及實施建議(范斯淳、游光昭，2016)。他們歸納之結論如下：一、科技教育的STEM課程應是一種整合式的教學與學習途徑；二、科技教育的STEM課程應著重在實作學習(hands-on learning)以及心智學習(minds-on learning)的平衡；三、科技教育的STEM課程應以「科技與工程議題」為核心、「工程設計」歷程為架構，而「科學探究」、「數學分析」及「科技工具」為知識整合與應用的要項。在本研究中，生醫(奈米銀)實驗平台可依學生程度及需求組裝，我們依此建構的STEM課程---奈米生醫實驗平台符合此三點建議。

### 二、STEM 教學主題的選擇

在[STEM 教學設計之探討:以液壓手臂單元為例]這篇論文中(張玉山、楊雅茹，2014)，作者很詳細地介紹STEM 教學的設計，也說明根據PISA 2006科學架構(OECD, 2006)的建議，STEM課程應該從能源效率、氣候變遷等議題為切入點，讓學生能加以探究及學習，

下表是我們針對這些主題，檢視我們提出的銀奈米PDMS系統是否正確地切入議題，結果顯示奈米銀在各個主題上都有其發揮之所在，是一個適當的STEM課程。

表 2  
課程主題

教學主題	奈米科學 (銀奈米實驗平台)
健康	銀奈米抗菌、治癌
能源效率	染料光敏電池
自然資源	綠色合成銀奈米
環境品質	銀奈米偵測污染物
危害減緩	生態維持
新知	新材料、太空探索、宇宙的起源

修正自(張玉山、楊雅茹, 2014)

### 三、6E 程序及工程設計程序

6E是從5E修正提出(Barry, 2014)。整個教學程序有六大步驟，分別是

- 1). 投入 (Engage)：引起學生的興趣和投入。
- 2). 探索 (Explore)：提供學生建構學習經驗的機會。
- 3). 解釋 (Explain)：學生解釋所學到的東西，並加以改良。
- 4). 工程 (Engineer) (Extend/Elaborate)：學生依照設計程序來測試與改良。
- 5). 豐富 (Enrich)：學生將設計概念作新的應用到新情境；擴充工程概念。
- 6). 評鑑 (Evaluate)：讓師生瞭解學習的效果。(張玉山、楊雅茹, 2014)

Hynes 等人(2011)認為，工程設計程序在高中的STEM 教學活動中，可以分成九個步驟：(1)定義問題、(2)找尋資料、(3)發展解決方案、(4)選擇最佳方案、(5)製作原型、(6)測試與評估、(7)溝通方案、(8)再設計、(9)完成。(張玉山、楊雅茹, 2014)

張玉山等人比較6E教學與工程設計程序，認為基於STEM的學科整合性，以及概念融合的學習與應用，6E 教學比較能將學習概念作進一步的深化，以及擴展延伸到更廣泛的應用，使STEM課程的學習效果增強。(張玉山、楊雅茹, 2014)

因此，學者建議在發展STEM教學活動的時候，套用6E模式，先引起學生的學習動機；引導學生使用數學及電腦程式探索工程問題、解釋探索的結果，並加以工程建模：利用材料與工具將構想原型製作出來，最後比較產品並加以改良應用。(張玉山、楊雅茹, 2014)

### 四、思考工具 TRIZ 萃思理論

TRIZ 為俄文Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch 之縮寫，翻譯為「發明家式的解決任務理論」，是蘇聯發明家兼工程師Genrish Squlovich Altshuller

(1926--1998) 與他的團隊，從專利文件的分析，所發展而成的一套方法 (<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/TRIZ>。Altshuller 在閱讀了大量專利後，注意到這些獨立的專利中，存在一些解決問題的通用模式，進而認為，假使這些發明原則，能加以確認與整理，並用來教導從事發明者，將更有助其發明過程。Altshuller 與他的 TRIZ 團隊針對 TRIZ 所進行的 50 年的研究中，提出很多發明創新之問題分析工具與解題工具，一般泛稱為 TRIZ 技法。例如：39 矛盾衝突 (Contradictions) 矩陣與 40 創新解題原則 (Principles) 等 (Technological Effects) (張玉山和林建志，2008)；在科學探究能力之過程能力的研究中，也注意到存在一些解決問題的通用模式---或是過程能力(吳坤璋、吳裕益和黃台珠，2005)，本研究將對奈米材料的綠色合成及應用研究以萃思理論進行分析後，找出可以發展的空間與流體的物理衝突與工程設計，以突破性思維建構流程，建立一套系統化、更有效率的實驗觀測平台。

這些工具現在有許多不同的商業軟體包裝。一般的使用方法是先了解問題，然後將問題轉換成 TRIZ 的解題形式，進行特徵分析，了解欲改善的特徵及可能產生的副作用特徵或效應，然後利用原始表格卡片或簡單的 excel 上面的 TRIZ 矛盾矩陣，矩陣伸縮疊合，顯示出一些用來回應的創新原則，這時要人工下判斷，利用所建議之創新原則，加以推譯，舉出具體的改進想法，工具之中，Altshuller 等提出的 40 條發明創造原理是 TRIZ 理論的核心，項目如下：

- |  |  |
|--|--|
| <b>1 Segmentation</b>                  | <b>21 Skipping</b>                       |
| <b>2 Taking out</b>                    | <b>22 Blessing in disguise</b>           |
| <b>3 Local quality</b>                 | <b>23 Feedback</b>                       |
| <b>4 Asymmetry</b>                     | <b>24 Intermediary</b>                   |
| <b>5 Merging</b>                       | <b>25 Self-service</b>                   |
| <b>6 Universality</b>                  | <b>26 Copying</b>                        |
| <b>7 Russian dolls</b>                 | <b>27 Cheap short-lived objects</b>      |
| <b>8 Anti-weight</b>                   | <b>28 Mechanics substitution</b>         |
| <b>9 Preliminary anti-action</b>       | <b>29 Pneumatics and hydraulics</b>      |
| <b>10 Preliminary action</b>           | <b>30 Flexible shells and thin films</b> |
| <b>11 Beforehand cushioning</b>        | <b>31 Porous materials</b>               |
| <b>12 Equipotentiality</b>             | <b>32 Colour changes</b>                 |
| <b>13 "The other way round"</b>        | <b>33 Homogeneity</b>                    |
| <b>14 Spheroidality - Curvature</b>    | <b>34 Discarding and recovering</b>      |
| <b>15 Dynamics</b>                     | <b>35 Parameter changes</b>              |
| <b>16 Partial or excessive actions</b> | <b>36 Phase transitions</b>              |
| <b>17 Another dimension</b>            | <b>37 Thermal expansion</b>              |
| <b>18 Mechanical vibration</b>         | <b>38 Strong oxidants</b>                |
| <b>19 Periodic action</b>              | <b>39 Inert atmosphere</b>               |
| <b>20 Continuity of useful action</b>  | <b>40 Composite materials</b>            |

萃思理論是一套協助推理思考的工具，舉例說，當你要量一公尺長度時，手中只有一個十公分的尺，這時利用萃思四十發明的工具，(triz40網站)Feature to improve 選擇4，靜止物的長度，在Feature to preserve 選擇28，量測精準，此時出現矛盾矩陣所提供的解題法則，有三個方向，其中local quality建議 Change an object's structure from uniform to non-uniform, change an external environment (or external influence) from uniform to non-uniform. 所以我們可以滾動尺來完成測量。

### 五、思考工具 SCAMPER

SCAMPER也是一種幫助發展創造性解決問題的方法，透過七個切入點，有助於在原有的基礎上調整，產生新構想，SCAMPER的七個切入點的如下（林永禎、周小鈴，2013），用英文第一個字母連結成SCAMPER，中文叫奔馳法，我們從SCAMPER和TRIZ的比較上發現，如上，SCAMPER是萃取版的TRIZ40發明原理，TRIZ比較複雜，STEM 是由科學、科技、工程、數學所整合的學科，對科技與工程教育領域來說，TRIZ在使用上比較貼心，可簡約可深入，然而對國小學生或是一般民眾，SCAMPER比較能融入生活科技中，最常使用的切入點是取代、組合、重排、及調整（張玉山、楊馨皎，2015）；SCAMPER 較適合於現有構想的再創新，而不是新生一個構想；運用 SCAMPER 時，動作簡單，可以有效培養國小學生的創意思考能力。

表 3 SCAMPER 與 TRIZ 的比較

S	C	A	M	P	E	R
Substitute 替代	Combine 合併	Adapt 調適	Magnify /Modify 修改	Put to other uses 其他用途	Eliminate 消除	Rearrange 重排
TRIZ 40 發明創造原理與 SCAMPER 共通點						
28 替代 6 通用性	5 組合 7 套疊	11 預先 緩衝	35 改變參 數 36 相變化	17 移至新的 維度	2 抽離 34 拋棄與 復原	13 逆轉 15 動態性

## 六、思考工具 CHEMISTRY

表 4  
CHEMISTRY

C	Complementary	互補
H	Heterogeneous	異質
E	Equilibrium	平衡
M	Modify	修改
I	Isolation	隔離
S	Substitute	取代
T	Transform	轉換
R	Rearrange	重排
Y	Yield	產率

由於TRIZ發明原則多來自於工程專利，化學方面的應用則較難發揮，因此我們推出一個新的思考工具CHEMISTRY。在STEM奈米生醫實驗平台之相關課程設計，TRIZ/SCAMPER和CHEMISTRY所扮演的角色一樣，如果將STEM課程當成是教學生釣魚，不同的STEM課程主題就是在不同的釣場環境釣魚，而TRIZ/SCAMBER、CHEMISTRY等等所扮演的角色就是指不同的釣魚方法。

## 七、奈米材料

奈米材料是近年最熱門的研究題材之一，為學生發展適當的奈米相關實驗教材是本計畫的目的之一。首先對奈米材料的綠色合成及應用研究以萃思理論進行分析後，找出可以發展的空間與流體的物理衝突與工程設計，結合聚二甲基矽氧烷(PDMS)翻模之實驗矽膠模型，建構多樣性的三維矽膠模型組合空間，在觀察點裝上可用手機觀測的顯微PDMS透鏡，可以進行本土性水中生物如黑殼蝦的生態觀察，或是安全的彩色奈米銀溶液的流動現象觀察。本研究所發展之奈米科學實驗研究課程，將奈米化學、模式生物等自然科之基本觀念，導入實體模型中，可供學生動手操作，符合STEM課程要求，應該可以活化實作教學。

## 八、系統化教學設計 (Instruction System Design, 簡稱 ISD)

在教學上為了運用資源進行有效教學，達到學習目標，需要一個系統性的教學設計，ADDIE 模式是最常見的系統化教學設計，有分析(Analysis)、設計(Design)、

發展 (Development)、實施(或應用) (Implementation) 和評鑑 (Evaluation) 等五階段 (林佳蓉, 2008)。「分析」是對學習者的各個層面, 包括教材內容、特質背景、認知結構等, 找到真正的學習需求; 「設計」是依據分析的結果決定教學的目標、流程及評量方式; 「發展」是準備各種工具, 教材、檢核表等等; 「實施或應用」是指將發展出來的教材運用到教學中; 「評鑑」是整個模式的最後一個步驟, 包括對學習者、教材及教學過程的評量。評量在分析階段即已開始, 是一持續的過程, 視學習的內容及目標而定。(林佳蓉, 2008; 徐照麗, 2000)

## 參、研究方法與步驟

### 一、研究對象及研究實施時間

本研究之個案學校是位於知本的臺東大學, 參與課程實施的對象設定為兩個課程的學生, 一個是大三或大四的專題研究(我們系上從大三到大四有四個學期的專題課程), 另一門是大二實驗課程(化學實驗三), 這樣便形成一種跨課程、跨年級及學習-教學-學習的狀態, 在暑假中召集大三、大四共 6 位專題生, 擔任本研究之學習助理, 進行前期 STEM 課程, 對奈米材料的關鍵性研究以類萃思理論進行分析, 尋找其突破點及所謂實驗演化脈絡, 然後利用聚二甲基矽氧烷翻模建構之實驗模組, 由學生主導研究策略, 發展模擬實驗。接著在大二實驗課程, 實施後期的 STEM 課程。二年級學生約 40 位學生, 本計畫將自[化學實驗三]課程中, 規劃 8 周課, 進行 STEM 課程計畫。STEM 是由科學、科技、工程、數學所整合的學科, 在應用科學系的課程安排上, 大一有微積分、物理、化學及計算機程式, 大二有生物、奈米、材料及綠色科學, 充分提供所需背景知識。在本系開設 STEM 課程是十分適合的。

### 二、課程應用

四個基礎架構模組與一個整合性模組

第一階段 四個基礎架構模組, STEM 課程中實施示範教學

第二階段 學生自選主題, 進行主題研究整合式實驗模組, 製作影片上傳

目前發展的主題式實驗模組有, 1.流體力學模組 2.自製儀器及分析檢測模組 3.奈米材料實驗模組 4.模式生物實驗模組 5.整合式實驗模組:

#### 1. 流體力學模組

聚二甲基矽氧烷(PDMS)是實驗室中製作微流道晶片實驗室的基礎材料, 翻模成

功之實驗矽膠模型，安全、穩定性高符合國家相關之安全標準與規定。運用 PDMS 製作的矽膠模型，在我實驗室裡，也初步合成幾種模型，矽膠模型可以疊加、套裝，利用各種角度與組合，構成多種變化。矽膠模型是主要的零組件，可以搭配 PDMS 微鏡頭。

## 2. 自製儀器及分析檢測模組

PDMS 可以製成簡易的顯微鏡頭，(Sung, Y.L., Jeang, J., Lee, C.H., & Shih, W.C., 2015) 製備時，在不同溫度及不同液體體積時，會得到不同放大倍率的顯微透鏡。將顯微透鏡放在手機鏡頭前，便可以輕鬆觀察流體的各種性質，或是水中生物。也就是說，彷彿在水迷宮矽膠模型中裝上數個顯微監視鏡頭，配合我們另外設計的進階版，可以運用水迷宮矽膠模型，進行有色化學反應的微觀觀察。

## 3. 奈米材料實驗模組

奈米材料的綠色合成，尤其是奈米銀的合成，十分容易。我們實驗室中學生所合成的多種顏色的奈米銀，甚至有雙色性，搭配矽膠模型與 PDMS 顯微鏡頭等主要的零組件，奈米銀可以扮演彩色溶液的角色。我們將另外設計幾組進階版的奈米銀套件，可以運用水迷宮矽膠模型，進行化學反應的觀察或是奈米銀的合成過程記錄。

## 4. 模式生物實驗模組

黑殼蝦十分便宜，是本土性的模式生物，可以隨著環境的顏色變化體色，藉由水迷宮矽膠模型，進行黑殼蝦的生態觀察或是其體色轉變過程記錄。

## 5. 整合式實驗模組 (由學生自選主題)。

### 三、STEM 課程評量

JoVE 是一個發表科學影片的期刊網站。研究者將檔案(實驗藥品、材料及步驟)及實作(實驗過程錄成影像檔，邊做邊講解)上傳，接受同儕審查及公評。STEM 課程強調實作(hands-on)學習，需要合適的評量方式以了解學生的學習狀況(張玉山、游光昭、蕭佩如，2010)。目前約有五種評量方式(李博宏、王薰巧，2004)，如下表，

表 5  
五種評量方式

評量方式	內容項目	網路學園進行時序(共 8 周)
實作評量	操作、作品製作，製作影片上傳	第 6 周上傳 接受同儕考核評量

檔案評量	實驗紀錄、報告資料、發明日誌上傳	第 1-6 周
紙筆評量	知識、觀念呈現，筆試(網路學園進行)	前測(1W)及後測(8W)
動態性評量	學生互動、組員分工，網路記錄呈現	組內互動 第 1-8 周
另類評量	學生互評，網路記錄呈現	第 7-8 周

修正自李博宏, 王薰巧, & 岡山國中, \*\*大東國小. (2004)。

其中檔案評量 (Portfolio Assessment) 和實作評量 (Performance Assessment) 是主流方式，評量結果的重點不在測驗分數或繳交作業，而是專業領域知識的表現。也因此實作評量具有有效性和可靠性，可以通過觀察和明確的任務性得到改善。(許宜婷, 2014). 在我們學校台東大學教務系統裡的網路學園，這五種評量皆可進行，學生學習的評量，重點在作品的表現，運用評估表格(Rubrics)進行評量及同儕考核(史美瑤, 2012)，網路學園擷取畫面則是實際互評格式及過程。

**表 6**  
**作品評量 Criteria**

Criteria	4	3	2	1
Originality 原創性	全新	仿作大修	仿作小修	仿作
Value 價值用途	多工 多功	多功	多工	單一功能
Cost 成本	成本低 可重複使用	成本低 不可重複使用	成本高 可重複使用	成本高 不可重複使用
Style 風格	具辨識度及娛樂性	具辨識度及少許娛樂性	具辨識度	不具辨識度
Synergy 協同性	現在或未來 可與其他 >3 個物件結合	現在或未來 可與其他 2 個 物件結合	現在或未來 可與其他 1 個 物件結合	現在或未來 無法與其他物件 結合

### 作業設定

互評開始 2016-12-07 00:00 (作業繳交截止日)

互評結束   \*

互評指標  1-5  1-10

評分標準	評分項目	比重 (%)	不符合	1 (20)	2 (40)	3 (60)	4 (80)	5 (100)	符合
:: 1.	創新性	50	×	<input type="radio"/>					
:: 2.	風格	20	×	<input type="radio"/>					
:: 3.	協同	20	×	<input type="radio"/>					
:: 4.	成本	10	×	<input type="radio"/>					

累積比重 100%

發表評語  啟用

完成條件 最少評分  \* 份  
 最多評分  \* 份 (互評的作業將由系統自動指派)

## 肆、結果與討論

### 一、設計並實施二門 STEM 課程

課程是專題研究及化學實驗三，現重新建構，包括 四個奈米生醫實驗及一個整合性由學生自行設計的主題研究實驗，計有 8-16 組成果)一見附錄

### 二、學生自選主題(提供參考資料或同學自選)

進行主題研究整合式實驗模組，然後製作影片上傳，由教師檢視評量及接受同儕考核，配合學校的網路學園設置，發展一套 JoVE 式的教學評量模式。在實驗研究課程的進行中，階段性的評量與相關能力的培養如下表：網路學園擷取畫面則是實際作業過程。

表 7  
階段性的評量表

教師端	內容項目	進行時序	預期培養能力
上課示範	實驗平台 1-4 基礎架構模 組介紹操作	第 1 至 3 周	推論思考能力
上課示範	5 實驗主題選擇	第 4 周	創造思考能力
評量方式	內容項目	網路學園進行時序(共 8 周)	

實作評量	操作、作品製作，製作影片上傳	第 6 周上傳 接受同儕考核評量	創造思考能力 LEGO EV3 程式 寫作能力
檔案評量	實驗紀錄、報告資料、發明日誌上傳	第 1-6 周	思考工具應用能力
紙筆評量	知識、觀念呈現，筆試(網路學園進行)	前測(1W)及後測(8W)	記憶力及創造力
動態性評量	學生互動、組員分工，網路記錄呈現	組內互動 第 1-8 周 組外互動 第 6-8 周	分析觀察能力
另類評量	學生互評，網路記錄呈現	第 7-8 周	同儕互評能力 批判思考能力

作業 新增作業 | 複製作業 ○ 進行中 ○ 同儕互評中 ○ 已結束 ● 全部

項次	標題	期限	評分/繳交	動作
1	 實驗影片(補交)	2017-01-03	0 / 1	 
2	 實驗步驟(補交)	2016-12-27	1 / 2	 
3	 想法與設計(補交)	2016-12-27	1 / 2	 
4	 實驗題目(補交)	2016-12-27	1 / 1	 
5	 實驗影片	2017-01-01	14 / 14	 
6	 實驗步驟	2016-12-06	14 / 14	 
7	 想法與設計	2016-12-06	14 / 14	 
8	 實驗題目	2016-12-06	15 / 15	 
9	 MSDS & ACD繪圖	2016-09-19	44 / 44	 

### 三、原創性發展 CHEMISTRY 思考工具，可運用於 STEM 課程及各種研究

CHEMISTRY 的做法首先是問題解析，資料探勘的目的是形成問題圖，將創意解題構思進行分析。就是利用類神經網路系統整合想法轉置過程的視覺化連鎖分析。在解決問題時，一般會有已知物，例如 SCAMPER 就需要一個待修正設計，那麼有沒有辦法無中生有呢？我們利用資料探勘來建立問題圖，把一些關鍵詞用文獻探勘軟體得到關係圖，另一個步驟是利用矛盾矩陣或是效應資料庫，建立視覺化的理想解，最後就是逆轉，對已存在天然或人工設計產品追溯其設計歷程。例如比較水車與 ATP 合成酶的工作原理。

## 伍、結論

發展適當的 STEM 奈米生醫實驗平台，結合專題研究課程，進而提升大學生對於實驗方向的思考與實驗設計能力是本研究的主要目的。具體成果及效益為學術論文發表及提供其他教師進行科技本位之 STEM 教學的參考。

本研究所發展之 STEM 奈米科學實驗研究課程，不但活化教學並且大大提升參與的大三、大四專題生對科學研究的興趣及研發實作能力，專題生都積極考進國立大學研究所，繼續攻讀碩士學位，表現傑出。在大二學生方面，接觸 STEM 課程，學生可自由發揮創意，進行跨領域整合性學習。在學生教學意見評分表中，得到不錯的分數，可見得課程的改革，是受到歡迎的。

**表 8**  
**化學實驗三 學生教學意見評分**

年度	103	104	105	106
課程評分	4.42	4.57	4.48	4.58
全校平均	4.26	4.25	4.29	4.29

## 引用文獻

### 一、中文部分

- 游光昭，林坤誼(2007)。數學、科學、科技統整課程對不同學習風格學習者在學習成效上之影響。**教育研究學報**，41(1)，1-16。
- 范斯淳、游光昭(2016)。科技教育融入 STEM 課程的核心價值與實踐。**教育科學研究期刊**，61(2)，153-183。
- 張玉山、楊雅茹 (2014)。STEM 教學設計之探討: 以液壓手臂單元為例。**科技與人力教育季刊**，1(1),2-17.
- 張玉山、林建志 (2008)。整合 TRIZ 設計教學和網路同步學習環境的創新教學規劃之探討。**生活科技教育月刊**，41(5)，19-35。
- 張玉山、楊馨鯨 (2015)。SCAMPER 在國小生活科技創作教學的應用。**科學研習**，54(2), 32-39。
- 林永禎、周小鈴 (2013)。高價值之奔馳法—結合奔馳法 7 個切入點與 TRIZ 工具之檢核表格工具。*International Journal of Systematic Innovation*, 2(3),38-50. 3.
- 吳坤璋、吳裕益、黃台珠(2005)。科學探究能力測驗的編製與信、效度考驗。**測驗學刊**，52，119-148。
- 李博宏，王薰巧, & 岡山國中,\*\*大東國小 (2004)。科技教育教學評量問題之探討。**生活科技教育**，37(3), 72-84.
- 許宜婷 (2014)。科技教育的教學評量---以 NAE 及 NRC 評量標準之多元評量為例。**科技與人力教育季刊**，1(1), 55-69
- 張玉山、游光昭 & 蕭佩如 (2010)。科技教學評量策略之規劃研究-以水陸兩用車活動為例。**工業科技教育學刊**，(3), 53-60.
- 史美瑤 (2012)。提升學生學習成效：評估表格 (Rubrics) 的設計與運用。**評鑑雙月刊**，第 40 期
- 林佳蓉(2008)。**ISD 系統化教學設計與數位教材實務工作坊**。台北:心理出版社。
- 徐照麗(2000)。**教學媒體：系統化的教學設計、製作與運用**。台北：五南。

## 二、外文部分

- Barry, N. (2014). The ITEEA 6E learning by DeSIGN™ Model. *The Technology and Engineering Teacher*, March 2014, 14-19
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Hynes, M., Portsmouth, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *National Center for Engineering and Technology Education*
- Sung, Y.L., Jeang, J., Lee, C.H., & Shih, W.C. (2015) Fabricating optical lenses by inkjet printing and heat-assisted in situ curing of polydimethylsiloxane for smartphone microscopy *J. Biomed. Opt.* 20(4), 047005

## 附錄一

### 學生報告成果範例(精簡版)

---

#### 合成奈米銀 PVP 濃度的比較 想法及設計

##### 矛盾舉證

- 不希望的結果：

奈米顆粒太大 Shape(12)

- 要改變的特性：

PVP 差別的可行性 Ease of manufacture (32) 由 TRIZ 矛盾矩陣得到發明原則

1· 分割原則 28· 代替力學原理原則 13· "相反"原則

27· 用廉價的不持久性代替昂貴的持久性原則

##### 想法:

在實驗課前，都會有一堂講解實驗或老師教導與設計實驗相關的事情，也會讓我們借一步思考關於如何設計實驗的各種方向，在一次老師的講課內容中，提到關於某次的銀奈米合成原本是預計合成黃色銀奈米，可是結果卻是跑出灰色的呈色，後來學長才提到是因為硝酸銀濃度的不同才導致實驗結果的銀奈米顏色的差異；聽到老師在課堂上提到會有這種顏色差異，是因為銀奈米奈米尺寸大小的不同，以至於顏色會有所不同，老師還提到關於加入穩定劑可以使奈米尺度變得更小...等等，相關的建議。所以就在網路上查詢相關的資料，發現穩定劑的濃度多寡或分子量大小可以使奈米粒子形成時得到不同大小的奈米顆粒；為方便藥品準備，因此我們這組才決定製作：合成銀奈米 PVP 濃度變化的比較。

##### 設計:

#### 一、實驗目的：

學習奈米銀在不同 PVP 濃度下顆粒大小的比較。

#### 二、實驗原理：

##### 1. 奈米銀的合成

$2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaBH}_4$  (還原劑)  $\rightarrow \text{H}_2 + \text{B}_2\text{H}_6 + 2\text{NaNO}_3 + 2\text{Ag}$ (銀奈米粒子) 合成奈米銀最重要關鍵是避免金屬微粒繼續長大,此時利用穩定劑抑制銀奈米粒子凝聚。

## 2.UV/VIS

據光電效應當物質受光照時,不同的能量造成不同的電子躍遷,若吸收的光線在紫外光/可見光範圍內,及形成 UV/VIS 光譜。