

## 【附件三】成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告  
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1101085

學門專案分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

以問題導向學習法進行科大微奈米科技教學之研究  
(微系統導論)

計畫主持人(Principal Investigator)：徐金城

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立高雄科技大學機械工程系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：

# 以問題導向學習法進行科大微奈米科技教學之研究

## 一. 本文

### 1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

微機電系統係指一個智慧型系統中，具有特徵尺寸在  $100\ \mu\text{m}$  至  $1\ \mu\text{m}$  之間的元件，通常微機電系統 (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) 常包括以下三個組成：微感測器、微驅動器及控制電路，其技術與應用涵蓋了工程、科學和醫學領域。此技術在一九六〇年代開始萌芽，至一九九〇年代初期已廣受歐、美、日等先進國家的關注。先進國家發展微機電系統技術的成果，包括拓展科學知識、創新工程技術、乃至於建立全新的產業。微機電系統技術與奈米技術為現今科技發展的主要潮流，微機電尺度在  $100\ \mu\text{m}$  至  $1\ \mu\text{m}$  之間，與平均直徑  $70\ \mu\text{m}$  左右的人類頭髮接近，而奈米技術關鍵尺度則在  $100\ \text{nm}$  至  $1\ \text{nm}$  之間，約為  $0.1\ \mu\text{m}$  至  $0.001\ \mu\text{m}$  間，已是蛋白質大小的等級，雖然微機電系統與奈米技術的結構尺寸有差異，然而觀察半導體黃光微影製程技術已將晶片設計的線寬由微米等級縮小至  $10$  奈米以下的過程，即可了解微機電系統技術(MEMS)的發展勢必在製程及產品應用上導向奈米科技。舉例而言，源於新型冠狀病毒所導致的 COVID-19 在 2020 年對於全球人類及社會產生深遠的影響，根據報章雜誌報導指出，2020 年 3 月 21 日，美國食品藥物管理局緊急授權加州 Cepheid 公司銷售一種快速篩檢導致新型冠狀肺炎(COVID-19)的病毒 SARS-CoV-2 的新方法。基於微機電系統 (MEMS) 技術所發展的微流體晶片的聚合酶連鎖反應(PCR)分析，在檢測尺寸僅有大小約  $80 - 160\ \text{nm}$  的新冠病毒上可派上用場。此外，Roswell Biotechnologies 目前正與比利時微電子中心 (Imec) 合作，預計於 2021 年製造首批商業化的分子電子生物感測器晶片。這種晶片能用於在便攜式或手持設備上檢測 COVID-19 (新冠肺炎) 和其他疾病，而製作此基於微機電系統技術的微感測器最關鍵的奈米尺寸電極係使用與半導體製程、微機電系統製程相通的黃光微影製程步驟。因此目前微機電系統與奈米科技常被合稱為微奈米技術。

既然微奈米科技已是二十一世紀主流產業，在這波全球奈米化洪流中，未來產品設計將力求微小化。而微奈米科技的製程、產品特性及應用場域涉及物理、機械、化學、材料、電機、電子、醫學與生物等各領域，勢必需要科技統合與融合，臺灣為發展微奈米科技，首要之務當是建立微奈米科技人才培育機制，有鑑於國民教育與科普教育為銜接高等教育及學術研究最重要根基，教育部於 2003 年 1 月啟動國家型奈米科技前瞻人才培育計畫，積極推動產學合作，強化奈米學程修習生接軌產業界之創造力與實作能力。

然而，由於科技大學的學生主要的來源為高職生，對於高職端的機械類群的學生，高職階段所受的大量訓練為機械加工的實作，所接觸的機械加工法通常為傳統的機械加工，與半導體製程技術以黃光、微影、蝕刻、沉積的製程方式有顯著的不同，故傳統精密機械加工所製作成品的特徵尺寸很難達到微米或奈米等級。此外，如前所述，微奈米科技需要跨學科領域的整合，如物理、機械、化學、材料、電機、電子、醫學與生物等各領域，而於高職時期，學生投注許多的心力於工廠的實作，因此對於於學科的學習深度較為缺乏，非機械 (加工) 相關的學科接觸較少。以上的兩點，造成科大學生於修習微奈米科技相關的學科時，覺得抽象、不易理解。

問題導向學習 (Problem-Based Learning, 簡稱 PBL) 是一種以學習者為中心的教學方式，由學習者主動進行問題解決。學習者在學習的過程中扮演積極參與的問題解決者，對於學習負有重要的責任，主導整個學習的進行，培養自我導向的終身學習技能、問題解決能力、團隊合作的溝通技能、以及資訊管理與應用的能力。由於 PBL 能有效促進學生的自主學習、批判思考和問題解決能力，國內外已有許多高等教育陸續將 PBL 運用於各領域教學。

而申請人在微奈米科技的教學工作，長期都是著重在傳統的講授方式，從未應用創新的

教學法於一學期的授課過程中，既然 PBL 具有前段所述的效益，可使學生不再侷限於狹小的學習管道，教師身分轉為引導者，而非傳統教室學習中教師扮演教學專家的角色。因此，本研究擬針對申請人開授於國立高雄科技大學機械工程系微奈米技術組的大一選修課「微系統導論」，融入問題導向學習(PBL)法，研究是否能提升科大學生對於微奈米科技相關科目的「學習成效」及建立正向的「學習態度」。

## 2. 文獻探討 Literature Review

「學習成效」(learning effect)是教育過程中一項重要檢視項目，目的在於確認學習者學到什麼程度與學習上是否出現缺失，也能做為教師改進教材或教法的參考依據(彭森明, 2006)。而「學習態度」(learning attitude)是指學習方法與習慣等準備狀態或行為(唐璽惠, 1988)。

「問題導向學習法」(Problem-Based Learning; PBL) 源於杜威 (Dewey) 的教育理念，其認為「教師應引出學生探究與創造自然本能」。杜威認為學生的校外經驗提供線索去根據學生的興趣調整課程使學生主動參與。因此應透過學生主動去學習，建構其知識及技能，而非透過抽象的練習(Delisle, 1997; 周天賜譯, 2003)。故 PBL 教學法是藉由教師在課程中設定問題，透過問題或情境誘發學生思考，建立學習目標，學生經由小組方式，進行自我導向式研習、增進新知或修正舊有知識內容與解決問題的教學方式。因此，運用 PBL 教學法做學習，不但可解決問題，且在處理問題同時，也同時精進學習者的知識，並培養知識分享及問題解決能力。

Barrows 與 Tamblyn 於 1980 年定義這種新的教學法，PBL 是一種由理解及解決問題的過程而得到問題解決的學習方式 (Barrows & Tamblyn, 1980)，藉由一個真實情境的問題，針對問題了解與問題解決的過程進而達到 PBL 活動的學習過程，可讓學習者掌握大部份學習，鼓勵學習者突破傳統學科之界線，透過一特殊問題以整合相關知識的方法。Rankin(1992) 認為 PBL 是一種以學習者為中心的教學方法，並非是一種自由式的發現學習，而是具嚴謹性、實踐性之教與學的過程。Delisle (1997) 指出 PBL 是一種鼓勵學生運用批判思考、問題解決以及統整知識的能力，以解決真實世界的問題和爭議的教學方法。王千倬 (1999) 提出 PBL 是經歷由問題的提出、概念的釐清、驗證假設、評估、再次界定問題、提出新的假設、評估，以螺旋性進行的研究歷程。陳毓凱、洪振方 (2007) 認為 PBL 在本質上屬於一個讓學習者藉由解題來獲得相關知能的教學模式。董冠妤 (2011) 定義問題導向學習為一種教學模式，指學習者在有意義的情境裡，以學習者為學習中心，透過小組討論與合作學習以瞭解問題及解決問題歷程，並培養主動建構知識與技能的有效學習方式。故問題導向學習是由教師安排情境或問題，交給學習者去解決，再經由過程中與他人互動時，達成建構知識或技能。董冠妤(2011)認為 PBL 具有以下特色：

1. 以真實生活中可能遇到的問題為學習起點。
2. 學習的內容以問題為主軸，由學習解決歷程來統整多元智能學習。
3. 以學生為中心，落實自我導向主動學習；教師扮演資源提供者、引導者和後設認知學習技巧的教練。
4. 透過小組合作學習的方式，培養互動溝通技能。

洪榮昭 (2001)整理文獻，歸納出以下傳統教室教學（指依固定教材教學方式，教師教學以講述法為主）和問題導向學習的差異：在傳統教室教學中，教師扮演教學專家的角色；在問題導向學習中，教師扮演引導者的角色。在傳統教室的學習方式係以教師為中心，以教為主軸；而在問題導向學習的學習方式以學生為中心，以學為主軸。在傳統教室教學中，教科書是主要學習資源，內容已被指定；在問題導向學習中，可整合學習資源及媒體。在傳統教室教學中，主要學習內容是事實，學習只能被動接受；在問題導向學習中，主要學習內容是解決問題，學習可主動建構。在傳統教室教學中，教學目標在獲得主題領域的知識，複製已接受的知識；在問題導向學習中，兼重主題領域知識的獲得與核心能力的養成。在傳統教室

教學中，教師為資訊來源；在問題導向學習中，資訊必須學生自己發掘。在傳統教室教學中，評量以量為主，注重總結；在問題導向學習中，評量結果質與量並重，兼重學習過程與結果。在傳統教室教學中，因知識以個人學習為主而甚少分享；在問題導向學習中，因以小組合作學習，故重視知識分享。

此外，問題導向學習(Problem-Based Learning)與專案導向學習(Project-Based Learning)的英文縮寫皆為 PBL，且皆為以學習者為中心的教學法，此兩者最大的差異在於專案導向學習最終的目標偏重在「**創作一個具體的作品**」，因此可能以較長的時間（如數月、數年）完成專案（Larmer, 2014），藉由產出作品的歷程中，獲取知識及技能（Lee and Tsai, 2004）；而問題導向學習通常傾向針對一個開放的、結構模糊問題(ill-structured problem)或是虛構的情境，**提出可行的解決方案**（Larmer, 2014），因此問題導向學習傾向以較短的時間，完成書面、口頭簡報提出解決方案去提供一個問題的解決方案，學習會聚焦在探索的過程，而不是在產出學習作品（Kain, 2003），而最終的學習目標通常由學習者及教師共同設定。然而兩者的學習過程與理念十分類似，它們皆是描述複雜問題之解決過程，且這些問題皆是經過教師精心設計的有意義問題，學習者經由問題解決的過程中，得以學到特定的知識及習得問題解決的技能（顏賡修，2012）。

當實施 PBL 教學時，不論實施對象、科目、學生人數等，基本運作架構是類似的，主要是教師經由特定專業知識領域進行情境設計，使學生在情境中培養設計問題能力、團隊合作技巧並獲得領域專業知識。在學習與知識推導中，熟悉團隊合作、善用資源導向學習並且團隊成員互相督促、支援。在評估的過程中，著重發現問題、知識獲得及思考與社會化技巧（洪榮昭，2001）。

Delisle (1997) 提出 PBL 實施過程分成六大步驟（周天賜譯，2003）：

1. 與問題連結：此步驟主要目的為讓學生感受到問題的重要，教師提出或設計的問題要與學生日常生活中關心的事物要有所連結。可以透過討論或是閱讀等，以具體方式引入主題。
2. 建立結構：這個步驟是整個 PBL 的關鍵，告訴學生如何就情境來思考問題，並得到適當的解答。依據訪查表的步驟，讓學生建立結構。
3. 訪查問題：填寫完前三欄後，教師請學生每人或每組選擇一個點子來檢查。當認領完後，學生或小組要注意學習論題，從中選擇一個或多個進行研究。再者，提出可能的解決方式，擬定計畫，如實驗、訪談等。
4. 再訪問題：學生完成工作後，教師集合全班再訪問題。由每一小組報告工作內容，是如何進行？如何證明？學生根據小組所做的研究再提出新的問題，研究在第二輪中，小組可決定哪一個解答是計畫所要探討的。
5. 生產成果或表現：成果使得整個 PBL 作業有目的性。學生經由歷程研究問題，使用材料製作成果，而教師以最後學生學習成就測量成果。表現方式多元，如：報告、實作等。
6. 評鑑表現與問題：教師鼓勵學生評鑑自己的表現、小組表現、問題品質。藉此三項表現作為下一次進行 PBL 的參考。

然而，既然 PBL 是一種以學習者為中心的教學方式，根據真實世界常面臨的結構模糊問題(ill-structured problem) 學習為起點，跨學科學習問題，且問題在學習者未被教導前即呈現，促使學習者主動探索進行解決問題規劃與不斷評鑑重整過程，提出最佳解決問題方式。因此當實施對象不同、科目不同、學生人數不同等，PBL 作法或是效果可能有些不同。而本計畫係針對科大學生的微奈米科技的學習應用 PBL 學習法，因此也針對 PBL 應用於高等教育中相關研究結果回顧如下。

張淑雯(2000)調查臨床教師與醫學生對於問題導向學習的認知與態度、盧秀婷(2002)探討問題導向學習與醫學生資訊素養、鄭琮生(2005)建構與評估問題導向網路學習平台、林惠敏(2010)應用問題解決導向(PBL)於大學通識課程，這些研究成果都指出，相較於傳統教學法，同時實施 PBL 教學法的學生其延宕測驗優於傳統教學法的學生。

吳時賢(2009)設計一套實作—以「PBL 課堂環境」為基礎的互動式教學系統彌補傳統教

育缺點，讓學生方便記載資料及有充裕時間互相討論，同時設計將資料轉換成心智圖加以呈現，促進學生們的思考與想像空間。鄭琮生(2005)於模板式問題導向網路學習平台之建構與評估研究中指出，PBL 網路學習平台的學習成效明顯優於傳統教室教學，但若未針對分組方式進行良好設計而不慎將前測成績偏低的學習者分配於同一組，其網路 PBL 的學習成效較差，這符合 PBL 的合作學習理論。蔡家文(2008) 研究發現設計一套合宜的網路為本之 PBL 教學模式，可顯著提升低學業成就學生們電腦技能的應用能力及涉入學習的程度。曾瑋莉(2003)針對台北醫學大學醫學系學生的醫學倫理教育的研究過程發現 PBL 小組討論優於傳統大講堂教學方式，且學生研修完 PBL 方式的教學法後，對課程認知態度大幅提升。

此外，張淑雯(2000)、盧秀婷(2002)、曾瑋莉(2003)、楊量凱(2005)、林一志(2005)、鄭琮生(2005)、蔡家文(2008)、吳時賢(2009)、黃家遠(2009)、林惠敏(2010)、盧俊文(2011) 等人研究都指出實施 PBL 教學法可提升教學成效。且張淑雯(2000)也指出臨床教師與學生有實際參與 PBL 學習的在評鑑方面呈正向結果。鄭琮生(2005) 也提出透過 PBL 網路學習教學策略進行學習有正向的反應；另外盧秀婷(2002) 的研究對 PBL 教學法除了抱持肯定外，強調 PBL 教學法仍是未來醫學教育的主流，且對未來的行醫生涯也極有助益。

此外，楊量凱(2005)、林一志(2005)、蔡家文(2008)、吳時賢(2009)、黃家遠(2009)、林惠敏(2010)、盧俊文(2011) 等發現 PBL 教學法具有啟發學習者學習動機與主動探索、培養邏輯思考、建構知識以及解決問題的能力。蔡家文(2008)為了研究如何促進低學業成就學生的學習，因此設計一套合宜的網路為本之 PBL 教學模式，其研究發現：可顯著提升學生們電腦技能的應用能力及涉入學習的程度。

由上述研究結果回顧中可看出實施 PBL 學習法於高等教育課堂中，對於教學者及學習者都具有正向的效益，然而以上問題導向學習法應用於高等教育課堂的研究主要針對醫學教育，因此，本研究擬針對使用異質分組方式、應用 PBL 於科大學生學習微奈米科技，探討應用 PBL 學習法後，對於科大學生學習微奈米科技的「學習成效」及「學習態度」的效應。

### 3. 研究問題 Research Question

#### 研究問題：以問題導向學習法進行科大微奈米科技教學之研究

本研究擬以問題導向學習法進行微奈米科技教學，採行動研究法，探討在使用問題導向學習法後，修習「微系統導論」課程的學生對於微奈米科技的「學習成效」及「學習態度」。

「微系統導論」課程開課目標為讓學生認識以下微奈米科技相關議題，包括：

- 了解何謂微奈米系統技術、
- 了解使用微奈米系統技術的感測器及致動器原理、
- 認識自然界中有關微奈米尺度結構所導致的特殊現象、
- 了解微奈米系統技術發展現況、了解目前
- 認識微奈米系統技術所衍生的產品及構想在未來生活或先端科技中的應用等。

### 4. 研究設計與方法 Research Methodology

本研究之研究對象為 110 學年度國立高雄科技大學機械工程系一年級選修三學分「微系統導論」的學生，共計 35 位同班同學，皆畢業於全台高職機械相關科系。

本研究擬以 Delisle (1997) 的概念，以建立問題導向學習歷程的步驟，並根據 Delisle 提出在上述步驟二的建立結構中提出 PBL 訪查表，此 PBL 訪查表列出四個欄位，依序為點子 (ideas)、我們已經知道的 (facts)、我們想要知道的 (action)、如何去搜尋、解決辦法 (plan)，此四個欄位可以幫助學習者探究問題。

因問題導向學習重視學習歷程，包括方法、步驟、成果展現，如果只是透過書面方式評鑑學習者的表現確實是不容易執行的。Swanson, Case & van der Vleuten (1991) 指出：在問題導向學習過程中，不宜單就紙筆測驗對於學習者進行施測，此評量對於學習者是不足的，且

所蒐集的資料也是偏頗不完全的，所以本研究的評量方式採用多元評量，除了紙筆測驗外，也增加問題解決能力與過程評量等面向，加入學習歷程檔案評量、口頭報告、書面報告等方式，以及自評、互評內容。

研究設計及流程如下：

- i. 學期前：針對此研究主題，蒐集相關已經過信度及效度評鑑之測驗及問卷，此研究之問卷及量表採用董冠好於 2011 年發表之碩士論文「以問題導向學習教學法進行國小奈米科技教學之研究」之量表及問卷，並參考黃建成於 2012 年發表之碩士論文「以 PBL 教學方式進行大學生奈米科技教學之行動研究」之量表及問卷。
- ii. 學期第一週：在進行微奈米導論授課前，先針對全體修課同學共 35 位進行「**微奈米科技認知測驗量表**」(附件一)作為**前測**以及**異質分組**根據。將全班同學根據前測成績由高至低依序排列，教師將學生每連續六名分成一群，總共分成六群，每群各取一位組成一組，因此每組約六位，共計六組，每組六位同學中，前測成績由每一群各取一位組成，第一組由前測成績第 1、7、13、19、25、31 名的同學所組成，依此類推，因此可認定為每組成員於微奈米相關知識及數理能力等條件相近。之後，各組推派一位較外向且善於溝通者擔任組長，分配及協調組員的分工，並活絡 PBL 小組討論氣氛。
- iii. 第 2~6 週：先建立修課同學一些基礎知識，使用傳統教學方式講授尺度、常見感測器及致動器的原理、黃光微影、薄膜製程等，目的為建立學習者未來自我學習的基礎。
- iv. 第 8~17 週：進行五個主題的 PBL，每個主題進行兩週，五個主題分別為「認識微奈米與微奈米科技」、「生活中應用的微感測器及其原理」、「自然界中的微奈米現象」、「微奈米科技的發展」、「微奈米科技的應用」，每個主題分別介紹一個當今真實生活的情境問題，以引起學習動機，再藉由約 50 分鐘的教師所準備與該單元主題相關的影片、動畫或書面資料，以指引問題、避免離題（**發掘問題**），接著由各組填寫課程活動學習單並說明，以建立 PBL 訪查表（如附件二~六）。  
完成訪查表後，由教師與各組討論擬定的學習議題是否可行或需修改，確認後各組開始課餘討論、分工合作蒐集資料及整理（**解題規劃、自我學習、小組討論**），由思考中的發問以及在分工蒐集資料中學習知識及同儕學習，以作為下一階段自我引導學習的依據。  
於各單元的 PBL 學習法的次週（第 9、11、13、15、17 週），將各組在課餘針對課程活動學習單中「**我們要知道的**」所列出的相關問題，根據擬定的行動計劃解答「我們要知道的」，並完成書面及口頭報告，各組以口頭簡報上台發表分享（**呈現結果**）。六組完成分享後，藉由建立在 Zuvio-大學課堂互動工具的問卷表單，由學生填寫自我評量表（附件七）和各小組討論互評表（附件七），讓學生能夠借鏡表現良好的組別以及自我反省。（**自評、互評、進行評鑑**）
- v. 第 18 週：進行後測及問卷，後測時再度施測「微奈米科技認知測驗量表」(附件一)，並請同學填寫「微奈米科技學習態度量表」(附件八)，分析作為量化資料。
- vi. 學期後：「PBL 教學意見調查表」(附件九)及半結構式訪談(附件十)，以進行質性研究。

## 5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

### (1) 教學過程與成果

經過學期初前幾周的傳統講授方式建立學習者基本觀念，以及進行五個主題的 PBL 學習法包括「認識微奈米與微奈米科技」、「生活中應用的微感測器及其原理」、「自然界中的微奈

米現象」、「微奈米科技的發展」、「微奈米科技的應用」後，將附錄一的前測「奈米科技認知測驗量表」於學期最後一週再施測一次最為後測，在第一週施測此份量表後，並未與上課同學討論附錄一的內容及答案，前、後測成績統計如表一，可發現經過這學期的問題導向學習法後，修課同學對於奈米科技的知識程度提高（平均得分數值提高），且全班 35 位同學於奈米科技知識程度的差距縮小（標準差減小）。

此外，再將附錄一的量表題目內容分類，可將題號 1、2、17 歸類為奈米與奈米科技**定義**，題號 5、6、7、8、9、10、11 歸類為奈米尺度所呈現**現象**，題號 12、13、14、16、17 歸類為奈米科技的**應用**，題號 3、4、15、17 歸類為奈米科技的**發展**，第 17 題為綜合類。再針對此四個面向量化分析呈現於表二，可發現由前測至後測期間，修課同學於量表中題目所對應的四個面向的知識程度都顯著提高（平均得分提高），且同學間的知識程度差距也縮小（標準差縮小）。由表一、表二的分析可知，於本學期應用 PBL 學習法於為微奈米科技相關內容的學習後，學習者對於微奈米科技的不同面向的學習呈現良好的學習成效。

表一 前、後測成績比較

類型 \ 項目	項目	平均得分	標準差
前測		13	1.82
後測		14.77	0.988

表二 前、後測量表中四個面向結果分析（平均±標準差）

類型 \ 項目	項目	定義(3)	現象(7)	應用(5)	發展(4)
前測		1.857 ± 0.761	5.2 ± 1.036	3.828 ± 1.081	3.4 ± 0.595
後測		2.457 ± 0.647	5.857 ± 0.797	4.114 ± 0.747	3.485 ± 0.603

表三 「微奈米科技學習態度量表」關於**興趣**面向的填答結果

題目	負向 態度	正向 態度	平均 數	標準 差
1.我覺得奈米科技是一個有趣的課程。	0%	100%	3.4	0.545
2.我覺得日常生活中，還有許多現象與奈米有關，我了解他們。	0%	100%	3.51	0.499
6.我覺得：『上奈米科技課程真是浪費時間』。	95%	5%	3.42	0.599
12.上奈米科技課程時，我喜歡提出問題。	37%	63%	2.71	0.612
13.我會自己去找一些奈米科技的資料來閱讀。	8%	92%	3.05	0.481

在附錄八的「微奈米科技學習態度量表」中，表三中的五題是關於奈米科技學習的「興

趣」，所謂正向態度是指選擇「同意」或「非常同意」；而負向是選擇「不同意」或「非常不同意」，以百分比呈現，發現持正向態度的學生較負面態度者為多，分數是以非常不同意依序至非常同意的四個等級選項，分別對應一到四分。但在題目 6 以負面方式提問時，以非常不同意為 4 分，而非常同意為 1 分，其 3.42 分代表幾乎所有同學都否定該題目，非常不認同上奈米科技課程是浪費時間，顯示學生的奈米科技學習興趣皆趨於正向。其中全班學生皆認為奈米科技是一個有趣的課程並且覺得日常生活中，還有許多現在與奈米科技有關，想了解他們。

表四 「微奈米科技學習態度量表」關於學習信心面向的填答結果

題目	負向 態度	正向 態度	平均 數	標準 差
3.如果遇到不懂奈米科技的問題，我能自己想辦法去找資料來獲得解答。	0%	100%	3.57	0.494
7.大家一起討論奈米問題時，我願意發表意見。	0%	100%	3.34	0.474
8.上奈米科技課程時，老師或同學提出的問題太難，我都無法回答。	86%	14%	2.91	0.544
14.如果上完奈米科技課程要考試，我有把握考好。	5%	95%	3.17	0.506
15.上奈米科技課程時，能讓我說出我的意見，是一件快樂的事。	8%	92%	3.11	0.522
16.我認為我還可以做一些比今天更難的奈米科技實驗。	0%	100%	3.48	0.499

以上六點是在奈米科技態度量表中，奈米科技學習的「學習信心」表現，全班學生的平均得分皆高於 2.5，顯示學生的奈米科技學習信心皆趨於正向。其中全班學生認為遇到不懂的問題，可以想辦法去找資料來解答，表明學習態度積極；全班同學認為大家一起討論奈米問題時，願意發表；且有把握課程結束後對於考試更有自信心，而且上奈米課程時，能表達自己的意見，是一件快樂的事。經由以上表三級表四結果可知，經由一學期五個主題的 PBL 學習後，學習於自我解答問題的過程中，針對微奈米科技相關議題的疑惑，會經由自我發掘答案的過程產生興趣及自信。

表五中的九題是在「微奈米科技學習態度量表」關於「價值信念」表現，班上同學平均得分皆高於 2.5，顯示學生的奈米科技價值信念皆趨於正向。其中有 98%的學生認為奈米科技課程對我們生活有幫助；而對於自己未來可能成為一位奈米科技研究員高達 90%，顯示學生在這一個項目的價值信念是較為一致的。

表五 「微奈米科技學習態度量表」關於價值信念面向的填答結果

題目	負向 態度	正向 態度	平均 數	標準 差
4. 我長大後也可能會成為一位奈米科技的研究員。	8%	92%	3.11	0.494
5. 奈米科技的概念很複雜，小朋友不必浪費力氣去瞭解，交給科學家就好了。	100%	0%	3.22	0.419
9. 我認為學習奈米科技課程對我們的生活有幫助。	2%	98%	3.57	0.549
10. 學習奈米科技，讓我覺得即使是小小的自然現象，都值得研究。	0%	100%	3.54	0.498
11. 科學家所發現的奈米現象和原理，對人類的生活貢獻很大。	0%	100%	3.71	0.451
17. 如果用心學習奈米科技，會讓我有心的生活體驗。	2%	98%	3.4	0.545
18. 我認為還有很多的奈米科技知識等著我們去探討，每個人都要把握機會去學習。	0%	100%	3.54	0.498
19. 長大後，我會用到奈米科技課程上所學到的知識。	2%	98%	3.17	0.446
20. 懂得奈米科技的概念，能幫助我們找到問題的原因。	2%	98%	3.42	0.549

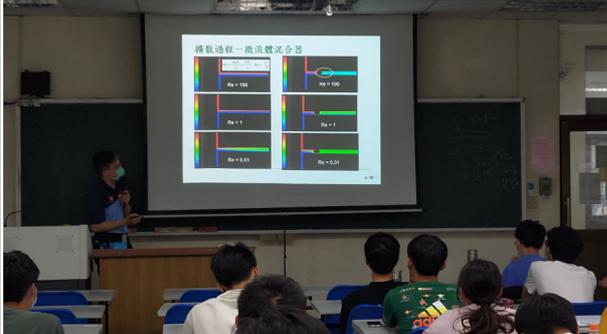
此外，經由每次主題活動（活動一至活動五）後的自評結果如表六所示，在六個項目中，「非常同意」的比例皆提高，且六個項目中，選填正向同意(非常同意和同意)的人數比例皆遠大於負向同意(不同意和非常不同意)。在負向同意中，六個選項人數比例皆小於6%。顯示多數學生對於自己的表現給予正向同意。每次活動後，於自評中對自我的負面評價一次一次降低，顯示同學逐漸於小組討論過程中，於前一兩次的互動磨合後，逐漸融入，因此表現更為積極，也因為在互評內容中，同學會提出上課或討論過程中觀察到的不好的現象，於每次活動後的公開檢查同學自評及互評填表內容，形成同學趨向於課程中或小組討論中更積極的動力。而透過表單結果及活動現場觀察也可發現，學生對於問題導向學習教學法的學習方式表示喜歡，學生可以高度參與在整個活動當中，在討論的過程中十分熱烈及踴躍，相較於以往多年使用傳統授課方式，由任課老師於講台上揮汗講課而同學在台下睡覺及默默玩手機的課堂景象，顯示本學期所實施的PBL教學方式確實可以使同學更高度參與在整個學習活動當中，而同儕間的互評也驅動同學必須於活動過程中提高參與度及專注度。

表六 五次 PBL 活動後的自評填答結果

項目	階段	非常同意 (%)	同意 (%)	普通 (%)	不同意 (%)	非常不同意 (%)
我能提供事實/點子	活動一	25.71	45.71	25.71	2.86	0
	活動二	17.14	60.00	17.14	5.71	0
	活動三	9.68	74.19	16.13	0	0
	活動四	22.86	57.14	20.00	0	0
	活動五	20.00	77.14	2.86	0	0
我能提供要學習的問題	活動一	31.11	48.89	20.00	0	0
	活動二	11.43	60.00	25.71	2.86	0
	活動三	9.68	67.74	22.58	0	0
	活動四	25.71	57.14	17.14	0	0
	活動五	20.00	77.14	2.86	0	0
我使用了資源來幫助我解決問題	活動一	28.57	60.00	11.43	0	0
	活動二	17.14	74.29	8.57	0	0
	活動三	35.48	58.06	6.45	0	0
	活動四	37.14	57.14	5.71	0	0
	活動五	28.57	68.57	2.86	0	0
我透過問題來思考	活動一	17.29	60.00	25.71	0	0
	活動二	8.57	65.71	22.86	2.86	0
	活動三	25.81	64.52	9.68	0	0
	活動四	20.00	65.71	14.29	0	0
	活動五	17.14	74.29	8.57	0	0
我可以提供新資訊	活動一	20.00	48.57	31.43	0	0
	活動二	5.71	68.57	25.71	0	0
	活動三	16.13	67.74	16.13	0	0
	活動四	28.57	62.86	8.57	0	0
	活動五	17.14	71.43	11.43	0	0
我可以對小組提出貢獻	活動一	20.0	65.71	14.29	0	0
	活動二	17.14	62.86	17.14	2.86	0
	活動三	16.13	61.29	22.58	0	0
	活動四	34.29	57.14	8.57	0	0
	活動五	22.86	77.14	0	0	0

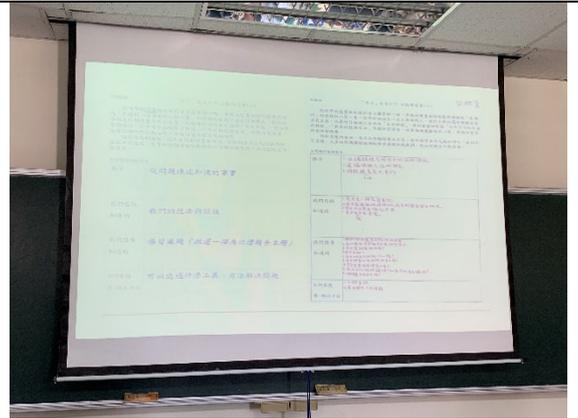
表七為實施 PBL 活動各階段的相片，僅提供於課堂中進行 PBL 活動的相片，因為學期後期遇到新冠肺炎疫情擴散而全校採用線上教學，PBL 活動按照原課程規劃持續，幸好原先即使實體課程，自評、互評、問卷填答都是藉由 Zuvio 線上表單由各位同學以帳號登入，填答完成後並即時由 Zuvio 於線上分享結果，線上課程影響僅在於 PBL 訪查表討論過程各組必須經由群組即時進行，無法見面。以及成果分享時由 GOOGLE MEET 分享簡報畫面由同學發表。

表七 PBL 主題活動的課堂相片

		
	<p>照片說明：教授微系統之奈米相關知識</p>	<p>照片說明：教授微系統之奈米相關知識</p>
<p>紀錄照片</p>		
	<p>照片說明：教授微系統之奈米相關知識</p>	<p>照片說明：教授微系統之奈米相關知識</p>
		
	<p>照片說明：小組討論</p>	<p>照片說明：小組討論</p>



照片說明：小組討論



照片說明：說明課程活動學習單



照片說明：小組簡報



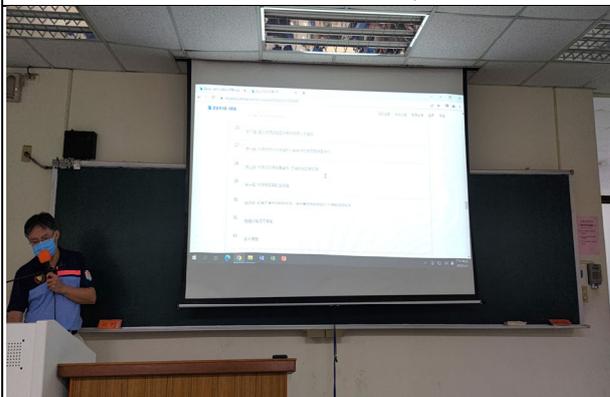
照片說明：小組簡報



照片說明：小組簡報



照片說明：小組簡報



照片說明：透過 Zuvio 填寫自評表及互評表



照片說明：透過 Zuvio 填寫自評表及互評表

## (2) 教師教學反思

- i. 從前測與後測結果來看，應用 PBL 後，修課同學相關知識皆明顯增長，且同學間對微奈米科技相關知識的理解差異縮小。
- ii. 各組於每個單元的表現愈來愈好，不論資料搜尋的完整程度，或是在各組上台發表時所表現的簡報內容及品質皆是如此。
- iii. 從每個活動後的自評結果分析可知，隨著活動次數增加後，同學自認在小組互動過程的參與度及專注度提升，且在實體課程的課堂中可觀察到小組討論的互動熱烈，與傳統教學方式課堂上所呈現睡覺或滑手機的景象不一樣。
- iv. 通過自評及互評，反省自己的表現，了解缺點以便改進、學習欣賞他人優點、讚美他人，因此團隊合作中擔負的責任及工作逐漸平衡，且提高自信及責任感。
- v. 體會自主學習，且經由同儕間的合作互動，使學習效果加強，展現成果的深度超出預期

## (3) 學生學習回饋

於學期結束後，邀請修課同學針對本學期的上課過程填寫附錄九的「PBL 教學意見調查問卷」，共回收了 22 份回覆，以比例呈現結果如下，可發現所有回覆對於 PBL 學習法的過程及效果皆持正面的看法，包括提升學習動機、團隊合作、人際互動、解決問題能力等，並且全都建議未來課程可以再採用 PBL 教學模式，僅有一位同學於三個問題回答「不同意」。這位同學於訪談過程中提及其對於 PBL 學習過程及效果的看法，此部分於下段敘述。

題目	非常同意	同意	不同意	非常不同意
1. 我覺得 PBL 教學可提升自我的學習動機	50%	50%	0%	0%
2. 我覺得 PBL 教學可培養自我的思考能力	54.55%	45.45%	0%	0%
3. 我覺得 PBL 教學可培養主動的學習能力	50%	50%	0%	0%
4. 我覺得 PBL 教學能促進小組討論的能力	54.55%	45.45%	0%	0%
5. 我覺得 PBL 教學能促進大家的人際關係	40.91%	54.55%	4.55%	0%
6. 我覺得 PBL 教學能促進大家的互助合作	50%	50%	0%	0%
7. 我覺得 PBL 教學可以提升尋找資料的能力	59.09%	36.36%	4.55%	0%
8. 我覺得 PBL 教學可提升分析資料的能力	54.55%	45.45%	0%	0%
9. 我覺得 PBL 教學可提升自我溝通的能力	54.55%	45.45%	0%	0%
10. 我覺得 PBL 教學可提升自我活用知識的能力	50%	50%	0%	0%
11. 我覺得 PBL 教學可培養自我解決問題的能力	50%	50%	0%	0%
12. 我覺得 PBL 教學對我日後學習的方式有幫助	45.45%	54.55%	0%	0%
13. 我建議未來課程教學仍可使用 PBL 教學模式	45.45%	50%	4.55%	0%

關於質性分析，根據參考附錄十的半結構是訪談大綱與學生訪談，結果節錄如下。

例 1：

T：PBL 的上課方式和過去的有什麼不同？（之前老師的上課方式以哪種為主？PBL 特別之處？）

S01：老師會先告訴我們一些知識，讓我們在找資料的時候不會那麼不懂，這個傳統的教學方式最主要的不同在於：「學生可以對自己有興趣的地方深度了解，不被課本所限制」

T：喜歡 PBL 教學法嗎？

S01：喜歡；像心得所說的，自己要報告的內容會印象特別深刻，比平常老師用講的還更容易有記憶點

T：所以你覺得評量方式和之前有沒有一樣？

S01：不一樣，第一次遇到，很新鮮的嘗試。

例 2：

T：你認為 PBL 教學方法對於你的學習態度有沒有改變？如何改變呢？為什麼？

S02：這種教學方式改變了我主動學習的態度，因為在上這堂課的時候會需要尋找一些資料報告給同學聽，當看到不懂的地方的時候必須將這個地方弄懂，這樣才能讓大家都瞭解自己報告的內容。

T：在進行 PBL 時有沒有遇到困難？PBL 教學法的多元評量帶給你的感想為何？

S02：一開始有感到困難，更加注重自我學習能力。

T：經過 PBL 的學習方式，對於未來的學習是否能夠運用 PBL 學習方式提出自己的學習計畫呢？思考方式會改變嗎？會不會影響問題的解決的方式？

S02：可以能夠提出學習計劃，思考的方法會變，大致上會影響解決方法。

例 3：

T：運用 PBL 的學習方式進行奈米科技教學中，你運用到哪些學習資源？對於以後的學習，會持續利用這些資源嗎？

S03：在網路找尋，甚至用英文找尋更多資料。

以後也會用這種方式來幫助我學習。

T：在整個學習的過程中，有沒有遇到什麼問題或小組意見不合？怎麼去解決？

S03：在意見不合時，都會把個人意見提出來，再來討論誰的想法比較好。

T：從這次課程中，你了解到哪些奈米相關概念？

S03：剛開始我以為奈米只是用在科技領域的一個全新領域而已，上完課之後我才知道原來自自然界及我們日常生活中也有很多有關奈米例如醫療、武器、生活和生物等

根據以上內容顯示，學生在課程前少有表達的機會，可以藉由課程達到提升表達能力及反省自己的表現的機會，了解自己的缺點以便改進；也可透過同儕互相學習，欣賞他人優點，學習讚美他人，甚至學習包容他人；每一次課程階段評量是有助於下一階段的學習。

其中一位同學有非常特別的觀點，其值得一提的訪談結果如下：

T：經歷一學期的 PBL 學習心得

S04：比較喜歡傳統教學，……………對於專業知識而言，由老師授課果然還是比較正統。

T：PBL 的上課方式和過去(傳統)方式有何不同?喜歡 PBL 教學法嗎?

S04：傳統 OK，PBL 感覺不傳統

T：從這次課程中，你了解到哪些奈米相關概念?

S04：靜電紡絲很酷!

S04 同學的回答顯示對於 PBL 學習法持負面看法，原因是覺得傳道、授業、解惑是老師的工作，不應該將專業課程的學習過程讓同學自由發展。但他也提到經過一個學期的 PBL 活動自我探查答案的過程中，記得一個新的奈米製程技術為靜電紡絲及其製程原理。但這個新穎的奈米製程技術在本人的課程中是不會觸及的，因為奈米科技的進展快速，傳統講授方式的內容由淺至深，在一學期的安排中，總是會有些比較新穎、高深的技術不會或來不及被納入。但經由 PBL 活動同學搜尋解答過程中，同學接觸並深刻的理解新的奈米製程技術，看來對 S04 同學學習效果應是正面。此位同學應該就是在「PBL 教學意見調查問卷」唯一持負面態度的同學。

## 6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

經由本學期的 PBL 活動中，同學於課餘蒐集資料的過程所呈現的深度可知，需要先協助同學建立基本觀念，之後同學於解答過程中所蒐集的內容會呈現非常超乎預期的深度，在課堂中以傳統講授方式教授的觀念，同學不見得有興趣或有能力可以理解，然而在 PBL 活動中自我解答的過程中，反而想盡辦法要弄懂，才能夠其他同學分享，因此小組同學會分工合作以求完美。此外，每單元主題的內容要定義明確，以確保同學在分組討論以及搜尋資料過程中不會失焦或離題，這時候在同學填寫 PBL 訪查表之前，要先導引一些方向。最後，分組方式很重要，各組表現可更平均，且由半結構式訪談中可得知，異質分組方式可觸發小組同儕間的刺激及學習。

## 二. 參考文獻 References

### 中文部分

- 唐璽惠 (1988)。高中生英語學習動機態度、師生互動、親子關係與英語科成就之相關研究。國立高雄師範大學教育學系碩士論文，高雄。
- 王千倬 (1999)。「合作學習」和「問題導向學習」—培養教師及學生的科學創造力。教育資料與研究，28，31-39。
- 張淑雯 (2000)。臨床教師與醫學生對問題導向學習的認知與態度調查。長庚大學管理學研究所碩士論文，桃園。
- 洪榮昭 (2001)。PBL 教學策略。技術及職業教育雙月刊，61，10-12。
- 盧秀婷(2002)。問題導向學習與醫學生資訊素養之探討。輔仁大學圖書資訊學系碩士論文，台北。
- 曾瑋莉 (2003)。活化醫學倫理教育課程策略之探討—以臺北醫學大學醫學系為例。臺北醫學大學醫學研究所碩士論文，台北。
- 林一志 (2005)。PBL 策略應用於網站架設之線上教學研究—以異質性團體為例。國立臺灣師範大學工業教育學系碩士論文，台北。
- 楊量凱(2005)。問題導向學習於電腦故庫維修教學之應用研究。國立臺灣師範大學工業教育學系碩士論文，台北。
- 鄭琮生(2005)。模板式問題導向網路學習平台之建構與評估。國立臺灣師範大學工業科技教育學系碩士論文，台北。
- 彭森明 (2006)。學習成就評量的多元功能及其相應研究設計。教育研究與發展期刊，2(4)，21-38。
- 陳毓凱、洪振方 (2007)。兩種探究取向教學模式之分析與比較。科學教育月刊，305，4-19。
- 廖湘瑄 (2008)。偏遠地區國小、中高年級學生奈米科技學習成效之研究。台中教育大學科學應用與推廣學系碩士論文，台中。
- 蔡家文(2008)。如何促進低學業成就學生的學習：以網路為本的問題導向式學習及自主學習的設計實驗。銘傳大學管理科學研究所博士班論文，台北。
- 黃家遠(2009)。建構以 MOODLE 為平台之網路問題本位學習環境。逢甲大學資訊工程所碩士論文，台中。
- 吳時賢 (2009)。PBL 互動式教學系統在醫學教育上的應用。國立成功大學電腦與通信工程研究所碩士論文，台南。
- 林惠敏(2010)。問題解決導向(PBL) 在大學通識課程操作之檢視—以《家庭與人際關係：經典劇本導讀》為例。國立中山大學劇場藝術學系碩士班碩士論文，高雄。
- 董冠妤 (2011)。以問題導向學習教學法進行國小奈米科技教學之研究。國立台中教育大學科學應用與推廣學系碩士論文，台中。
- 顏贖修 (2012)。雲端上的科學專題導向學習-運用雲端運算服務於國小科學之專題導向學習研究。(博士論文)，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
- 黃建成 (2012)。以 PBL 教學方式進行大學生奈米科技教學之行動研究，國立台中教育大學科學應用與推廣學系碩士論文，台中。

## 英文部分

- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. H. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York: Springer Publishing Company.
- Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom?* Alexandria, VA : Association Supervision and Curriculum Development. 周天賜 (譯)。問題引導學習 PBL(How to use problem-based learning in the classroom)。台北：心理。
- Kain, D. L. (2003). *Problem-based learning for teachers, grades 6-12*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.
- Larmer, J. (2014). *Project-based learning vs. problem-based learning vs. X-BL*. Retrieved December 7, 2018, from <http://www.edutopia.org/blog/pbl-vs-pbl-vs-xbl-john-larmer>.
- Lee, C.-I., and Tsai, F.-Y (2004). Internet project-based learning environment: the effects of thinking styles on learning transfer. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 31-39.
- Swanson, D. B., Case, S. M., & van der Vleuten, C. P. M. (1991). *Strategies for student assessment the challenge of problem based learning*. New York: St. Martin's press.

三. 附件 Appendix (請勿超過 10 頁)

附件一

奈米科技認知測驗量表

本問卷內容是為了了解課程後您對於奈米與奈米科技的理解程度，作答不會公開，請放心填寫。請就您的了解選填出答案，謝謝您的合作與配合。

姓名：

班級：

座號：

您聽過下列選項陳述的內容嗎？請依照您熟悉的程度在適當的位置打“✓”

	聽過且清楚其內容	聽過但不太清楚內容	不知道但好像聽過	完全沒聽過
1、奈米科技尺度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2、電子顯微鏡	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3、奈米之父	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4、蓮花效應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5、彩碟效應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6、奈米磁導航	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7、壁虎凡得瓦力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8、人體內奈米結構	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9、物質奈米化	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10、小尺寸效應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11、奈米冰箱	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12、奈米塗料	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13、奈米光觸媒	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14、奈米晶片	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15、奈米標章	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16、奈米化妝品	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

感謝您的作答~請再仔細檢查是否每一題都已經寫上答案了~

請按您對於奈米科技學習內容，選擇出最適合的答案，填入空格中。

- ( ) 1. 奈米是一種什麼單位？(①長度②時間③重量④體積)。
- ( ) 2. 所謂奈米科技指的是將材料奈米化，能操弄(①1~10 奈米 ②1~100 奈米 ③1~1000 奈米 ④1000 奈米以上)之間的科技。
- ( ) 3. 可以用什麼儀器來觀察奈米尺寸的物質結構？(①肉眼就可以 ②放大鏡③電子顯微鏡④一般的顯微鏡。)
- ( ) 4. 最早提出小尺度大空間，有人稱為奈米科技之父指的是誰？( ①愛迪生 ②伽利略 ③費曼 ④牛頓)
- ( ) 5. 水珠可以在葉面上自由滾動是哪一種現象？( ①蓮花效應 ②彩蝶效應 ③小尺寸效應④奈米磁性粒子效應)
- ( ) 6. 蝴蝶的鱗片上有奈米級結構，所以才有光鮮多變的顏色，稱為( ①蓮花效應 ②彩蝶效應 ③小尺寸效應④奈米磁性粒子效應)
- ( ) 7. 海龜、蜜蜂為什麼蜜蜂或海龜等自然界的生物，在做遙遠路途的遷移時，都不會迷路？(①記憶力強，能記得所有走過的路。②視力好，能看到它的目的地。 ③體內的奈米磁體能導引方向。④有良好的嗅覺，能聞到目的地的特殊味道。)
- ( ) 8. 壁虎能夠攀岩走壁，產生凡得瓦力，主要是因為腳上有什麼原因？(①腳爪上有吸盤②有奈米級的結構③腳爪上有倒鈎④腳爪上有毛髮)
- ( ) 9. 人體哪個單位具有奈米級結構(①小腸壁上面的絨毛②牙齒③DNA④以上皆是)。
- ( ) 10. 把大木頭鋸成許多小木塊，再拿去燃燒，可以增加燃燒速度，如同奈米材料的哪一種特性？(①小尺寸效應②表面效應③蓮花效應④奈米磁導航)。
- ( ) 11. 奈米碳球-俗稱巴克球，與下列哪一種球類外型的紋路相似？( ①足球②籃球③保齡球④羽球)。
- ( ) 12. 廣告中出現的奈米冰箱具有下列何種功能？( ①除臭 ②保鮮 ③殺菌④以上皆可)。
- ( ) 13. 如果有一種具有像蓮葉表面自潔功能的奈米塗料，如奈米油漆，那麼廠商標榜的主要效能為何？(①會有彩虹般的光線②會消毒殺菌 ③會反射光線④下雨時能隨水帶走髒污)。
- ( ) 14. 利用奈米級技術所製造的奈米晶片，可使電腦產生下列哪一項主要功能？(①使電腦運作速度變慢②內部不易沾到灰塵③可以儲存資料變多④散熱功能變好)。



- ( ) 15. 下列何者為奈米標章(① ② ③ ④)

- ( ) 16. 市售的奈米化妝品產品，可以對皮膚產生影響，下列哪一個選項「完全正確」？(①可以使化妝品保存期限變長 ②可以使皮膚變漂亮 ③可以迅速滲入皮膚 ④對於皮膚不會有傷害)。

- ( ) 17. 奈米科技帶來生活中便利性，下列敘述何者「錯誤」？(①奈米科技被譽為第四次工業革命②奈米科技對環境可能會有一定的影響③未來很有可能做出更輕、更省燃料的飛機材料④市面上只要有標示奈米科技產品，就是代表品牌有品質保證)。

## 附件二

### 「微奈米」是啥米?! 活動學習單(一)

剛放學的小彤與哥哥到圖書館一趟，準備向圖書館借閱最新的雜誌「貳週刊」回家好好八卦一番。好學的哥哥是一名大學新鮮人，對於大學的選修課總是拿不定主意，而最吸引哥哥注目的是「奈米科技」，便向圖書館借閱「你不可不知的奈米科技」、「奈米科技與生活」準備回家預習。兄妹倆滿懷愉悅的心情，準備回家享用美味的晚餐。

回到家後的哥哥，迫不及待翻閱書本內容，對於物質奈米化後的特性，感到不可思議，太多的問題讓哥哥期盼奈米課程快點展開，快回到教室中找答案。

- 問題討論框架表

點子	
我們已經知道的	
我們想要知道的	
如何去搜尋、解決方法	

### 附件三

#### 「微奈米」是啥米?! 活動學習單(二)

小彤哥哥因為即將就讀大學，為了聯絡方便，爸爸媽媽準備幫哥哥買一支手機，小彤跟著爸爸、媽媽及哥哥逛到手機通訊行，展示架上琳瑯滿目各式手機，標榜各式功能，比方以指紋或臉孔辨識手機使用者；拿著手機在操場散步，就能記錄你走了幾步幾公里、爬了幾層樓；自動調節手機亮度及鈴聲大小；導航定位等。小彤覺得好神奇，手機不就是只要通話就可以，手機這些有智慧的感測功能到底是經由哪些元件、藉由什麼原理完成的？手機中還應用哪些智慧科技達到偵測的效果？類似感測元件是否還應用在其他生活場景中呢？這些疑問盤繞於小彤腦中，回到家，要請教即將念大學的哥哥是否知道。

- 問題討論框架表

點子	
我們已經知道的	
我們想要知道的	
如何去搜尋、解決方法	

## 附件四

### 「微奈米」是啥米?! 活動學習單(三)

暑假即將到來，科工館舉辦多元的學習活動營，小彤和好朋友秉嘉在科工館舉辦的學習營說明會上，學習活動營宣傳招生廣告五花八門，類別令人眼花撩亂。其中奈米學習活動營工作人員，以特別的短劇宣傳，傳來陣陣的聲響：「蓮葉上為何有防水、抗污的效果?候鳥、海龜、鮭魚為何能遠遊千里回到出生之地?蝴蝶的翅膀為何能有七彩顏色的變化?壁虎的腳力無窮強大，腳底下藏著什麼秘密?人體內有什麼結構是與奈米脫不了關係的呢?親愛的小朋友，你是不是對以上的現象感到好奇呢?小朋友想體會神奇的奈米現象了嗎?心動不如馬上行動喔!」兩人也因為台上的宣傳聲既活潑又有創意，便選定了參加奈米營，準備好好探究奈米與生活的關聯，一起到科工館迎接即將到來的暑假生活。

- 問題討論框架表

點子	
我們已經知道的	
我們想要知道的	
如何去搜尋、解決方法	

## 附件五

### 「微奈米」是啥米?! 活動學習單(四)

在藥廠工作的爸爸最近因為新冠肺炎疫情的蔓延，為了開發更有效的藥劑常常加班到深夜。晚上 10 點，拖著疲憊身軀的爸爸手裡拿著一顆與足球相似的模型，踏進了家門。小彤高興的拿起爸爸手中的模型丟來丟去，「這可是藥廠最近的新救星-巴克球! 因為奈米科技之父的引領，在許多產業都受惠，連我們藥廠出產的新藥物也脫離不了奈米科技喔! 這個巴克球模型可別丟壞了呀!」爸爸緊張得連忙制止並搶走模型。

此時，媽媽正摘除臉上一層濕濕的面膜，告訴爸爸說：「明天我和小妹約要去百貨公司採買幾款奈米化妝品，你記得提早回家陪你兩個小孩吃晚飯喔!」小彤心裡滴咕奈米化妝品真的這麼好用嗎?

#### ● 問題討論框架表

點子	
我們已經知道的	
我們想要知道的	
如何去搜尋、解決方法	

## 附件六

### 「微奈米」是啥米?! 活動學習單(五)

小彤假日時和全家人一起觀看精彩的週日黃金檔，精彩的劇情被五花八門的廣告打斷，此時電視機傳來「奈米冰箱，殺菌保鮮樣樣通，現在買奈米冰箱還有機會抽中好禮喔!婆婆媽媽們，要買要快!」，疑惑的小彤對電視廣告中奈米冰箱感到好奇又有趣，跑進廚房卻聽到正在煎魚的老媽碎碎念:「煎一條魚卻沾鍋得厲害，早知道在菜市場應該要買個奈米鍋回家試試。」不禁問起老媽:「奈米冰箱、奈米鍋與姨婆家最近買的奈米馬桶有何關聯?產品名稱標榜奈米是否就代表高級呀?」腦中有很多問號出現，等就讀大學的哥哥回家，再問問哥哥。

- 問題討論框架表

點子	
我們已經知道的	
我們想要知道的	
如何去搜尋、解決方法	

## 附件七

### 學生自評表

填寫者：

填寫日期： 月 日

活 動	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
我能提供事實/點子					
我能提供要學習的問題					
我使用了資源來幫助我解決問題					
我透過問題來思考					
我可以提供新資訊					
我可以對小組提出貢獻					

你對本小組的學習活動表現打幾分呢(0~10)? 為什麼?

你認為在本小組中哪一位在討論及做報告的過程中貢獻度最低?  
為什麼?

你在小組分工討論過程中對自己的表現打幾分(0~10)? 為什麼?

你是否能常常反省自己在小組中的表現? 為自己的反省打幾分(0~10)? 為什麼?

---

### 小組討論互評表

填寫者：

填寫日期： 月 日

1. 在教學活動後，你覺得哪一組的作品、報告是最優良的？請你為此組打上分數(0~10)。並說說你的理由
2. 在這次活動中，哪一個小組的討論是最有效率、最積極的呢？並說說你的理由
3. 在此次的活動中，你有沒有觀察到其他同學有沒有什麼樣的學習行為是你無法認同的？並說說你的理由

附件八

微奈米科技學習態度量表

題 號	題目	非常 同意	同 意	不 同 意	非常 不 同 意
	1.我覺得奈米科技是一個有趣的課程				
	2.我覺得日常生活中，還有許多現象與奈米有關，我想了解他們				
	3.如果遇到不懂奈米科技的問題，我能自己想辦法找資料來獲得解答				
	4.未來專題或研究所我想專攻奈米科技的領域				
	5.奈米科技的概念很複雜，我們不必浪費力氣去瞭解，交給科學家就好了				
	6.我覺得上奈米科技課程真是浪費時間				
	7.大家一起討論奈米問題時，我願意發表意見				
	8.奈米科技課程報告時，老師或同學提出的問題太難，我都無法回答				
	9.我認為學習奈米科技課程對我們的生活有幫助				
	10.學習奈米科技，讓我覺得即使是小小的自然現象都值得研究				
	11.科學家所發現的奈米現象和原理，對人類生活貢獻很大				
	12.上奈米科技課程時，我喜歡提出問題				
	13.我會自己去找一些奈米科技的資料來閱讀				
	14.如果上完奈米科技課程要考試，我有把握考好				
	15.上奈米科技課程時，能讓我說出自己的意見，是一件快樂的事				
	16.我認為還有很多奈米科技知識等著我們去探討，每個人都要把握機會去學習				
	17.用心學習奈米科技讓我對生活有新的體驗				
	18.與其參與討論，不如讓能力強大的同學獨自完成整份報告				
	19.出社會後，我會用到奈米科技課程上所學到的知識				
	20.問題導向的教學方法，讓我覺得更有趣、學到更多				

## 附件九

### PBL 教學意見調查表

題目	非常同意	同意	不同意	非常不同意
1. 我覺得 PBL 教學可提升自我的學習動機				
2. 我覺得 PBL 教學可培養自我的思考能力				
3. 我覺得 PBL 教學可培養主動的學習能力				
4. 我覺得 PBL 教學能促進小組討論的能力				
5. 我覺得 PBL 教學能促進大家的人際關係				
6. 我覺得 PBL 教學能促進大家的互助合作				
7. 我覺得 PBL 教學可以提升尋找資料的能力				
8. 我覺得 PBL 教學可提升分析資料的能力				
9. 我覺得 PBL 教學可提升自我溝通的能力				
10. 我覺得 PBL 教學可提升自我活用知識的能力				
11. 我覺得 PBL 教學可培養自我解決問題的能力				
12. 我覺得 PBL 教學對我日後學習的方式有幫助				
13. 我建議未來課程教學仍可使用 PBL 教學模式				

## 附件十

### 半結構式訪談大綱

- 1、喜歡 PBL 教學方法嗎?(之前有沒有接觸過?最喜歡的原因是什麼?)
- 2、PBL 的上課方式和過去的有什麼不同?(之前老師的上課方式以哪種為主?PBL 特別之處?如何進行 PBL?有沒有遇到困難?評量方式有沒有相同?多元評量帶給你的感想?.....)
- 3、你認為 PBL 教學方法對於你的學習態度有沒有改變?(如何改變?是變得比較積極?主動?為什麼?)
- 4、進行奈米與奈米科技學習中,你運用到哪些學習資源?對於以後的學習,會持續利用這些資源嗎?(網路或是書籍?有沒有印象深刻的網站?為何會考慮利用網路來找資料?有沒有問家中長輩?)
- 5、經過 PBL 的學習方式,未來對於學習是否能夠提出自己的學習計畫?你會如何計畫呢?(思考方式如何改變?PBL 會不會影響問題解決的方式?)
- 6、經過 PBL 的學習方式,你是否了解奈米與奈米科技了呢?(還沒上課前,認為什麼是奈米?奈米科技帶來的便利性?隱憂?)
- 7、說說看,從這次課程中,你了解到哪些奈米相關概念?(奈米的定義?生活中的應用.....)
- 8、你願不願意繼續學習奈米科技相關內容?對於奈米課程感興趣嗎?(為什麼感興趣?願意將奈米的觀念與家人分享嗎?.....)
- 9、說說看,你們這一個小組的表現情況?(小組討論的好處?組長的功能?.....)
- 10、在整個學習的過程中,有沒有遇到什麼問題?怎麼去解決呢?(小組意見不合?人多嘴雜?是否都有熱烈討論?提出問題太難,找不到解決方法?.....)
- 11、對於整體課程有沒有建議事項?(時間分配?人數多寡?.....)