

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：PMS1080012

學門專案分類/Division：數理學門

執行期間/Funding Period：2019/08/01~2020/07/31

開發化學實驗課程單元：「吸收與放射光譜儀的設計與組裝」
(配合課程/化學實驗五)

計畫主持人(Principal Investigator)：林雅凡

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：高雄醫學大學醫化系

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

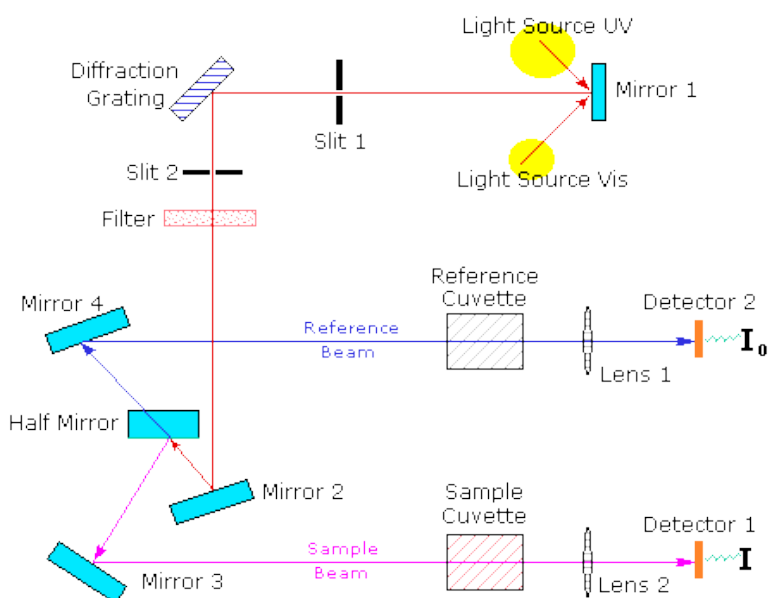
繳交報告日期(Report Submission Date)：2020/09/20

開發化學實驗課程單元：「吸收與放射光譜儀的設計與組裝」

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

在過往教儀器分析的光譜儀之時，往往先整理出光譜儀的基本元件，包含光源、狹縫、光柵等波長選擇器、偵測器等，同時教授每一基本元件的類型，然後利用示意圖告訴學生：光譜儀內部的構造就如同圖示，要求學生背起來。然而學生面對這樣的教法，可能產生兩方面的不適應：(1) 在課本所提的儀器組成基本元件當中，並沒有提到「平面鏡」，不過所提到的儀器實際組裝與光路徑示意圖中，卻有多個平面鏡，以致無法將元件與組裝連結起來；(2) 學生只能透過課本、參考圖片來了解儀器內部構造，等於是只能透過記誦的方式理解，因此也易缺乏真實體驗，而覺當中的內容過於抽象難以真正消化。



圖一 傳統儀器課本介紹光譜儀元件與組裝示意圖 [1]

也因此思考年久失修卻不到年限報廢的光譜儀如何處置的當下，便思考到：「如何廢物利用，透過實驗設計，讓學生能實際接觸光譜儀構造，經由操作來學習光譜儀原理？」希望了解透過實驗操作，是否能幫助學生更理解光譜儀原理。

2. 文獻探討(Literature Review)

本研究計畫的目的為設計一份適合的實驗教材，幫助學生能更為了解光譜儀的設計原理。這份教材所基於的內容對於學生而言並非一個全新的知識，而是重新以

實驗的方式，驗證曾經學過的課本知識。曾有一為科學教育者提出：「當學習生活中繁複的知識——例如科學知識，所需要的並非增加更多新知在我們已然知道的事情上，而是嘗試改變我們對已然知道的信息的思考方式、開發更多觀察方式來幫助理解。」[2-3] 這正是實驗課程存在的目的，本研究計畫也基於此理念而設計[4]。如果實驗課是教師為了增進學生了解某一科學知識而設計，而刻意引領至某一個必然的答案，則許多的研究都證明：這樣的實驗課程設計終將失敗，學生無法從中得到益處，反而覺得實驗課是一項額外的負擔。但如果實驗課程的設計目的是為了開發另外一種途徑，幫助學生思考、對話、與驗證科學，則透過實作與觀察的途徑，將有助於學生更深入的理解並表達科學。因此如果「實驗課程」的設計，是提供某一項科學定理不同思考與觀察問題的路徑，他將有助益於活化學生的思維、幫助學生更有層次去建構知識，進而更廣泛深入地去理解應用知識。本教學研究計畫的初衷便是希望將實驗課的這項好處，應用在幫助學生學習理解儀器分析之光譜儀的原理與構造上，透過設計新的實驗課程，在此單元設計中，著重具體化抽象的概念，並注入不同思維方式，循序漸進引導學生學習。在此教學研究訴求下，希望能探索：「透過本教材設計，是否能夠有助於學生的思考和認知？」有效探索評量學生的思考力，便成為本教學研究應著眼的重點。而有研究指出，「質性研究」是極為適合探索化學教學與學習機制之方法[5-6]—當研究者想要探索學生如何透過與經驗連結來建構知識，並評估學生思考的深度與概念形成，透過問題設計，以訪談方式理解學生的經驗和思維，質性研究方法將是一個可實行來滿足研究動機、完成研究目標的方法。因此本教學研究計畫亦將課程結合質性訪談以理解學生思維，當作課程的部分設計入教材中。

3. 研究問題(Research Question)

「如何利用廢棄光譜儀設計成為一個儀器分析實驗教材，使大三化學系學生透過實際看見儀器的內部構造，而能連結書本知識，更加清楚光譜儀設計原理及組裝，進而能利用所習得的知識，以簡單的素材，設計出簡單的光譜儀儀器？」這是本計畫想要了解的研究問題。大學實驗課通常是 2-4 小時的時間，且主要教學內容應以「動手操作」為主，所以設計的實驗課教材也必須滿足這些條件。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

I 研究對象起點行為探討：

為設計合適的教材內容，理解學生在課前的知識狀態，找到合適的切入點，

立基於過去知識，架構擴充對光譜儀原理的認知與應用是重要的。因此在撰寫教材之前，筆者先對學習者的起點行為做探討。

修習此門課的大三學生於大二分析課程中，已有相關如 NMR、UV-Vis、IR、螢光等吸收/放射光譜儀原理的知識，同時在過去的實驗課中也曾有利用 NMR、UV-Vis、IR 等吸收光譜儀在鑑定化合物上應用的知識。不過礙於系上資源，學生的概念都是紙上談兵，沒有實際動手操作過。因此學生對於所涉及的專有名詞並不會感到陌生。然而普遍學生因缺乏全面性的了解，並且大多學生以「背誦」投影片的方式學習，因此對於再深入描述解釋相關的原理、現象是有困難的。考量這個層面，本實驗課程設計決定加入喚醒學生基本知識的環節，透過執性訪談了解學生對基本知識認知程度、並透過學生的敘述深化他們對原理的理解，並藉此連結學生的過去經驗和知識。

II 研究設計與目標

本教學研究計畫以達到以下三個目標為前提，開發適用的實驗教材：

- (1) 使學生能連結過去的化學知識，強化對光譜儀器運作原理的了解與操作能力。
- (2) 透過教具與實作來教授較抽象的光譜儀器運作原理，使儀器分析原理與元件組裝不流於紙上談兵；學生也能透過各種教具材料作為光譜元件的使用，廣泛了解生活取材與應用。
- (3) 學生能學以致用，取材於生活，以簡單光學元件，應用所學原理，設計組裝簡單的光譜儀器。同時能因為實驗材料連結於生活經驗，發現科學之於生活的連結，啟迪學習科學的興趣。

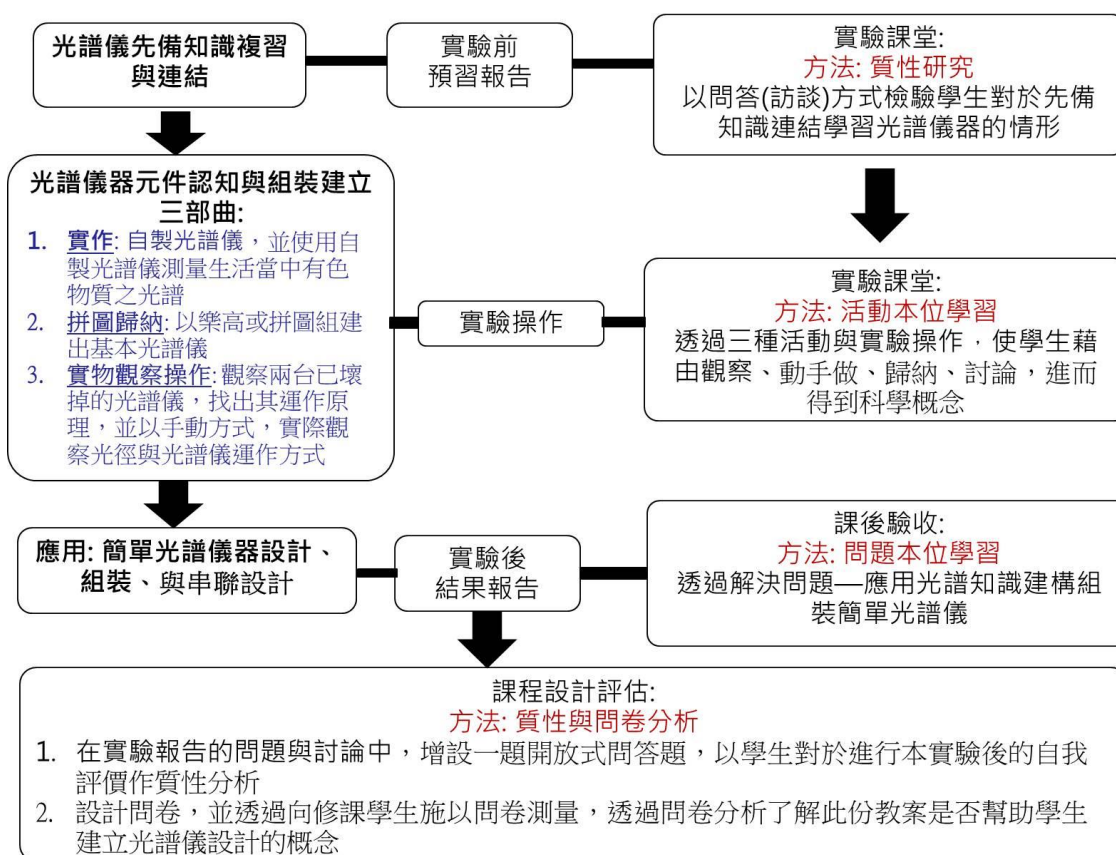
III 研究步驟說明

圖二說明本教學研究的設計與執行方法，配合既定實驗課進行的標準流程，借力使力。簡單說明如下：

1. 透過預報撰寫與驗收

預習報告是學生發展自主學習很好的活動，學生需要在做實驗前，透過閱讀來了解內容，徹底需要消化知識後，將重點簡潔扼要寫下並做成報告的格式。為評估學生回顧先備知識的效能，確切掌握學生具備一定的知識根基來建構學習新知，本研究設計是希望在 2 小時的實驗課中，以 20-30 分鐘的時間，透過質性訪談

的方式，由老師問：(1) 定義澄清 (2) 比較與關聯 (3) 歸謬與澄清 等三類型的問題，讓小組學生 (3-4 人) 以接力的方式敘述表達上述提問，藉由學生在表達上的邏輯性、流暢性、知識性來評估學生對於先輩知識與預報內容的掌握度。



圖二 研究設計步驟示意圖

2. 以活動本位學習(Activity Based Learning)的理念展開實驗課三部曲

基礎實驗課的概念即是 Activity Based Learning--透過動手作與觀察，歸納出原理、結論。本實驗設計便基於此理論，設計三層次、五個實驗活動，引導學生能夠了解探索。

3. 以問題本位學習(Problem Based Learning)的理念設計實驗結報內容

實驗課既定流程即需要撰寫實驗結報來統整實驗，一方面透過整理實驗記錄與回答問題和討論，幫助學生重新整理實驗課所學習觀察到的資訊和知識，同時為了進一步理解，須透過找尋資料來回應問題，亦希望提升學生探索的興趣與能力。學生首先透過文字與照片呈現，表達該組的學習成果，同時也在為下一個以「應用」為主軸的任務作預備。

本實驗教材亦希望引起學生邁向「應用層面」的深度學習，因此設計其中

的應用問題為：「要求學生試著設計手作螢光光譜儀的模型，或設計改良以簡單自製光譜儀測量的各種生活物質的光學特性之儀器構造或實驗設計，使學生能透過此過程，延伸學習而能應用知識。」期待學生得以透過問題本位學習的理念，探索解決問題。

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

(1) 教學過程與成果

本校大三實驗課的執行方式是將學生分做若干組，每組約 3-5 名學生；每組以輪流的方式於每週實驗課時間，以 2-4 小時完成一個實驗單元。在實驗前每組需要完成一分預報，內容為原理與實驗流程的整理；實驗結束後各組需繳交一分結報，結報內容需呈現實驗活動的結果、觀察、與問題討論。同時此課程亦設計期中報告，學生需要上台口頭報告實驗課內容與結果，並接受質詢、做出答辯。

因此在實際執行面，本實驗每週都會有一組 (3-5 名學生)前來執行此實驗單元。教學流程大致如下：

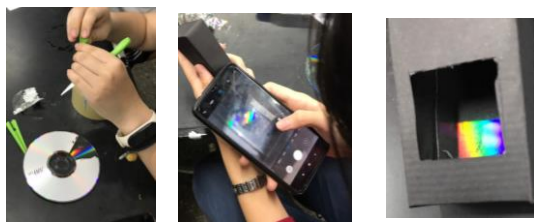
(a) 以質性訪談的方式，確認學生對原理與預報內容的了解和熟悉程度。

由於此實驗單元所運用的原理在大二下學期的分析化學就已經提過，因此以訪談方式，來檢驗學生對基本原理的理解程度；同時也為確保所有學生皆對實驗內容有一定程度的理解，並非只有寫預報者。學生針對訪談問題，以接力方式，一起完成問題回答，老師也會在旁協助導引學生回答。訪談問題大致如下：

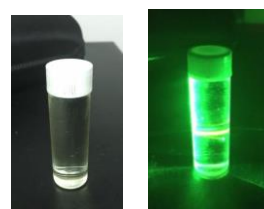
1. 什麼是光譜儀？跟其他非光譜儀器有什麼不一樣的地方？
2. 光譜儀的種類有哪些？是否能簡要說明其原理？(吸收與放射光譜不同之處！)
3. IR 與 UV-Vis 光譜儀都是吸收光譜儀，在用途上有什麼不同？
4. 組成光譜儀的基本元件有哪些？

(b) 執行五個實驗活動，此五實驗內容彼此相關，且由淺入深。

活動一：自製分光光譜儀~學生以厚紙板和光碟片做出光譜儀，並以教室日光燈為燈源、眼睛與手機做為兩種不同偵測器，記錄測得的光譜。這個簡易光譜儀的結構與課本提到光譜儀的元件排列完全可以類比。



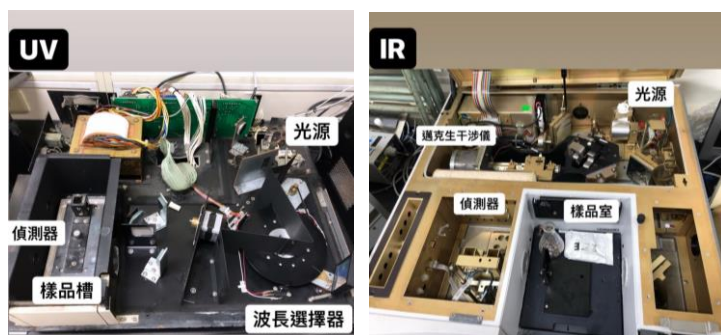
活動二：螢光的製造與觀測~利用三支不同波長的螢光筆激發家用健康油，學生觀察紀錄產生螢光的顏色與強弱情形。藉此實驗也讓學生回想螢光光譜儀的偵測器需要放在與光源呈現直角位置，可能的理由是什麼？並且也從實驗中驗證 Stoke's Shift 的原理。



活動三：利用元件拼圖拼出吸收和放射光譜的元件組合結構~此活動的設計主要使學生歸納反思活動一、活動二觀測光譜的情況，思考光譜儀原理，以及相應元件擺放位置。

在拼圖中放下許多寫著「鏡子」的拼圖，此時有些學生會感到混淆，因為在分析課本曾背誦的光譜儀器圖中，出現最多的即是「鏡子」；然而在本實驗單元至今並未提到鏡子，學生便會在此猶疑再三，老師便會再次提醒學生回想光譜儀的基本元件。待學生正確排出組件位置之後，便進一步要學生回想大二課本中出現的儀器圖並非這麼簡單，進而和學生討論到「鏡子」在光譜儀中扮演的角色，並且提示學生下一個活動必須要在兩台吸收光譜儀中，自己找到所有光譜儀的元件，裡面可能有許多的平面鏡，但平面鏡的功能只與改變光的路徑有關。

活動四：找出兩台廢棄光譜儀 UV-VIS 與 FT-IR 的光譜儀元件位置~在本活動中，兩台光譜儀已經事先拆解，學生能透過眼睛看見光譜儀內部構造，其中 UV-Vis 的光源與偵測器也被從儀器中拆解而出，獨立保存。學生的任務便是觀察內部構造，推測樣品置放的地方，以及推論光行進方式，進而找到各光譜元件正確位置。



活動五：以三支雷射筆為 UV-VIS 光源，手動波長選擇器，模擬光源被偵測器偵測的方式。要能執行此活動，要能再上個活動中清楚的知道光源位置，將雷射筆架設在對的位置，並且細心調整波長選擇器轉盤，學生透過此實驗便知道，不同波長的光需要調整波長選擇器到對的角度，才能被偵測器接收，進一步了解儀器設計的原理。

- (c) 結果報告撰寫：結果報告中學生需要將活動一~五的結果與觀察紀錄並說明，除此之外有問題討論需要學生查資料與思考。其中最後一題(加分題)要求學生能設計簡易放射光譜儀，或改良課本提供的自製簡易吸收光譜儀，目的是為了測驗學生是否能在融會貫通知識之後，進而推展到「應用」層面。

筆者以活動三、四學生的進行結果，來驗收學生對於光譜儀原理與設計的理解成度，統計結果如下。

1. 活動三：以拼圖拼出元件組裝~ 24 組學生，能以拼圖正確排出儀器構造有 17 組 (百分比: 71%) (完全沒有提示: 5 組 (21%); 有一點引導: 12 組 (50%))
2. 活動四：從廢棄光譜儀中找出光譜元件~能正確找出儀器光源位置~100% (完全沒有提示: 7 組 (29%); 有一點引導 17 組 (71%))

從這個統計結果看來，顯示這個實驗教材的設計有其成功之處，能引導學生透過實驗單元，更清楚掌握光譜儀元件及其設計，並且能解構了解複雜儀器運作的原理。

然而在請學生提出設計簡易光譜儀的構想上，卻沒有一組完成這份作業(要求上寫了加分題)，顯示從理解到應用這個過程，還需要使一些力來幫助學生，而非只是以一題問題，學生的學習就能進化到應用的階段。

(2) 教師教學反思

1. 對實驗教材文本的反思：由於本實驗內容學生在大二下學期的時候就已學過，對學生而言，本次實驗單元的原理等於是複習過去所學，並且實踐過去所學的

原理。因此當時在設計本實驗課內容的時候，亦包含希望學生能透過寫預報的過程學會系統性閱讀，在充分吸收統整之後，簡單扼要整理出重點。基於此理由，本實驗課的文本內容長達 9 頁，本意期待學生能在預報中簡單扼要寫約 2 頁以內的內容。然而改預報時卻發現，學生不知如何提綱挈領寫出原理重點，大部分是節錄課本某段落，或是縮縮減減，而無法做到「摘錄大綱」。也因此，有必要重新檢視實驗課文本內容，以及重新了解大三學生在「閱讀與摘要」這個基本能力上實際的能耐如何。因為化學實驗課的流程設計大部分基於「自主學習」的概念：學生自己預習寫預報、確認實驗流程、在不多的指引中，自己透過實驗課本步驟的指引，動手做實驗、得到數據，並且完成預報撰寫。本實驗也基於「學生已具備自主學習基本能力」的前提下設計，如果修習本課程的大部分同學無法完善的達到設計課程預設的自主學習目標，我想有必要重新檢驗學生的學習起點行為，在實驗文本內容與課程設計上再多做一點調整。

2. 對實驗內容的反思：透過這三部曲的學習，70%以上的學生能順利找到光譜儀內部的基本組件，並且能判斷出光的路徑，顯示這三部曲的設計，的確深入淺出的成功引導學生將知識與實際事物連結。同時，對於過去以為光譜儀是精密複雜儀器的認知，如今卻能以簡單的勞作模擬光譜儀，並且第一次拆解光碟片，了解光碟片實際的構成，學生顯然透過實做產生了學習興趣，並且實際在雷射筆的操作之下，看到日常生活之物質與光作用而產生變化，覺得更加與生活連結，而提高學習動機。如此的結果顯示，此教材內容編排與設計，的確能助益學生對光譜儀的理解和學習興趣。
3. 對應用性作業的反思：對於以「加分性質」出現於結報問題上—希望學生能從本實驗單元中按照原理與排列設計出自製吸收光譜儀的精神，提出如何使用簡單材料，設計出自製螢光光譜；或針對實驗課結果，提出更好的自製吸收光譜儀模型—這個問題卻呈現所有人都放棄加分的狀態，直接跳過不寫。面對這種現象有點令人挫折，旁敲側擊了解學生直接放棄不寫的原因，卻找不到具體的理由。大部分學生說：「不是可以不用寫嗎?」「因為想不到!」從與學生的對談中，不難發現學生並不想花太多時間精力在撰寫實驗報告上，因此要花時間找資料、思考、解決問題的事情，對學生而言就是不願意投資的時間。這樣的結果也讓我思及：「在大學部的實驗課中最需要被探討和一起共同努力的，或許是提昇學生的研究精神、願意嘗試探索解決問題的教學策略。同時如何和學生

充分溝通大學實驗課對於大學課程的重要性，以及加強學生解決問題、創意思考的訓練。」幫助學生不被考試綁架，而願意多花時間在這些不是用考試評定成績的科目上，並且在實驗課中更強調探究的價值，給於學生更大的自由去探索答案，我想是在設計任何一個實驗單元之前，更需要先去優先考慮的。

(3) 學生學習回饋

大部分學生表示，在這個實驗課單元中，使他們更清楚光譜儀的原理；同時當他們看見利用這麼簡單的材料，就能展現七彩光譜，覺得十分有趣，同時也對光譜儀的基本元件更有印象。面對能實際觸摸探索儀器內部，藉由手動成功調整光源至偵測器的過程，雖然失敗過很多次，卻在手動的過程更了解光譜儀的運作。

4. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

從結果看來，本實驗課程對於提升學生對光譜儀的認知是有幫助的，然而礙於課程的結構、助教師資與硬體設備的有限，執行只能以組為單位，也在課程結構之下，從預報到結報的繳交只有 2 個禮拜，學生在密集的實驗課與正課之下，願意投資在思考應用層面的時間十分少。如果真要將此實驗課教材徹底貫徹，或許以「專案研究」的形式，給大學學生做為專題研究題目，是一個能執行的方向。一方面專題研究的實質內涵就是「探究」，拉長其探究的時間，學生有更多空間能去做 try and error 的體驗，或許有更大的自主空間，才能真正從體驗中激發起自己探索的慾望。如果以「專案研究」的方式來執行此內容，執行的對象也將會是對於「儀器分析」有興趣的學生，會更加專一，而非針對全體的大三化學系學生，知識層次上的考量也需要更為專業，教材內容需要稍加編排簡化，並探索留有彈性。

二. 參考文獻(References)

- [1] 圖片取自: <https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/Spectrpy/UV-Vis/uvspec.htm>
- [2] Hofstein, A.; Manlok-Naaman, R. "The Laboratory in Science Education: The State of the Art.", *Chem. Educ. Res. Pract.* **2007**, 8, 105-107.
- [3] Clough, M. P. "Using the Laboratory to Enhance Student Learning." in *Learning Science and the Science of Learning*, National Science of Teacher Association, Ch 8, **2002**, 85-94.
- [4] Hart, C.; Mulhall, P.; Berry, A.; Loughran, J.; Gunstone, R. "What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments?" *J. Res. Sci. Teach.* **2000**, 37, 655-675.

[5] Devetak, I.; Glazar, S. A.; Vogrinc, J. "The Role of Qualitative Research in Science Education", *Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Ed.* **2010**, 6, 77-84.

[6] Bretz, S. L. "Qualitative Research Design in Chemistry Education Research" in *Chemistry Education Research*, American Chemical Research, **2008**, 79-99.