

國立臺灣師範大學科學教育研究所

碩士學位論文

指導教授：邱 美 虹博士

開發科學探究與實作評鑑工具評鑑四位高中自然探究與實

作教師教學之成效

Developing evaluation tools for assessing effectiveness of
scientific inquiry and practice curricular conducted by four
senior high school teachers.

研究生：李 驥 撰

中華民國 一零九 年 七月

誌謝

遙想四年前毅然決然攻讀第二個碩士班的自己，我很慶幸做了正確的選擇，這幾年學習了很多。首先我要感謝我家人長久以來的支持，讓我在這幾年無後顧之憂的繼續深造。另外，我在師大科學教育研究所裡遇到了人生重要的指導老師－邱美虹教授。還記得第一次上邱老師的科學學習心理學，雖然要閱讀很多文獻，但是在課程中與教授的互動與討論的過程絕對是收穫滿滿，也讓我見識到「這就是碩士班的課程，充滿了思辨！」。隨後在邱美虹老師研究室的這幾年，也接觸了許多不同的事物，包含第一次當工作坊的翻譯、參與國際化學元素週期表年活動、開發跨科試題等等，對我來說都是十分重要的養分。在進行碩士論文研究時，非常感謝邱美虹教授以及蔡哲銘學長的幫忙，幫助我尋找研究對象、不厭其煩地給予指導，讓這篇論文得以順利完成，最後向老師與學長獻上最誠摯的謝意。同時也十分感激四位願意讓我訪談、入班觀察的教師。從四位老師身上學到的全部都是第一手的探究與實作的實戰經驗，這對未來也想踏入教職的我是最寶貴的經驗。此外也要謝謝曾茂仁學長在我徬徨無助或是士氣低落的時候給予我支持與幫助；謝謝同屆好戰友鍾宜廷和電影好朋友葉璞之在碩班時期相互照應；感謝素妙學姐以及美雅姐幫助我完成許多複雜的行政業務。

碩士班這四年經歷的事太多，要感謝的人太多。我知道研究所的完成不是學習的終點，而是踏上全新旅程的開始，再次感謝一路上指導我、照顧我、陪伴我的人，沒有你們的幫助就沒有現在的我。十分感謝！

李驥 誌於

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

中華民國一〇九年七月

摘要

臺灣在民國 108 年正式實施十二年國民基本教育（簡稱 108 課綱），其中自然科領域新加開一門課程為〈自然科學探究與實作〉，希望學生能統整各科目內與跨科之間的學習內容，並培養學生探索與操作的能力。本研究藉由參考美國新世代科學標準（Next Generation Science Standards，簡稱 NGSS）的相關課程與教學的評鑑指標並結合臺灣 108 課綱的探究與實作精神發展出評鑑〈探究與實作〉的指標，並以兩所高中四位自然科（物理、化學、生物、地球科學）教師為研究對象，探討高中教師如何面對 108 課綱所帶來的改變與挑戰，以及教師進行探究與實作課程的教學狀況。

主要的研究成果如下：

1. 本研究開發的探究與實作評鑑工具能適切呈現教師教學狀況。
2. 經由教師晤談後發現四位自然科探究與實作教師在設計課程時的出發點不一樣，AB 與 AC 教師依據學科技能作為課程開發主軸，BP 和 BES 教師則是以可實作的活動作為課程主軸。在培養學生探究能力上，B 學校的教師在一個單元中讓學生經歷課綱所訂定之探究與實作歷程，A 學校的教師則是在單一單元中讓學生培養一個探究能力。
3. 在課室觀察四位自然科探究與實作教師的教學時，發現教師們多半著重於學生執行實作任務，而稍忽略培養學生思考歷程。另外教師較少利用驅動問題引起學生興趣以及運用多元的評量方式檢測學生的學習成果。

藉由上述的研究成果，本文嘗試了解自然科探究與實作重要的課程與教學面向，以及目前探究與實作教師的教學情形。希冀藉此能提供其他自然科探究與實作教師在設計課程或是在教學時有更明確的方向，以達到 108 課綱的精神。

關鍵字：十二年國教、NGSS、探究與實作、教學評鑑

Abstract

Taiwan implemented the new 12-year Basic Education Curricula Guidelines in 2018, the biggest change in natural science domain is the new course –scientific inquiry and practice, for high schools in order to help students to integrate learning content within and across different subjects and further cultivate students' inquiry and practice competent. In this study, evaluation tools were developed with the references of Next Generation Science Standards (NGSS) and combine them with Taiwan's new curricula's core values to develop evaluation tools for assessing scientific inquiry and practice. Four senior high school teachers from two different schools were investigated to uncover what the changes are and difficulties that the new curricula brought and teaching effectiveness of scientific inquiry and practice.

The study revealed the following main findings, namely,

1. The developed evaluation tools can be used appropriately to present the outcomes of scientific inquiry and practice curriculum conducted by four senior high science teachers.
2. Different teacher has different approaches to design and implement their own curricula. AB and AC teachers developed the curricular based on core skills of specific subject skills, while BP and BES teachers developed their curricula from executable aspects to select appropriate topics. The students could take the opportunity to integrate all the steps of inquiry and practice as a whole in a single unit. To cultivate students' inquiry and practice competent, the teachers in B school provided students with experiencing the the processes of inquiry and practice, described in the national curriculum guidelines, in each unit; the teachers in A school only allowed students to experience one of the steps of inquiry and practice within one unit. The students required the inquiry and practice competence through all the units.
3. In general, the four teachers tended to focus on cultivating the practicing part (hands-on) rather than the inquiry part (minds-on) stated in the curriculum guidelines. The other finding was that teachers did not use driving questions to stimulate students' learning interest and they were also lacking of using multiple and alternative assessments to assess students' learning outcomes.

In sum, this thesis provides relevant considerations of evaluating scientific inquiry and practice curricula and implementation. The implication of this study is to support teachers to develop and enhance their competence in scientific inquiry and practice with the explicit framework and tools and then gradually to match the expectations of the 12-year Basic Education Curricula Guidelines.

Keywords: 12-year Basic Education Curricula, NGSS, Inquiry, Practice, Evaluation

目次

第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	2
第二節 研究目的與研究問題.....	5
第三節 名詞解釋.....	6
第四節 研究範圍與限制.....	6
第貳章 文獻探討.....	8
第一節 臺灣十二年國民基本教育.....	8
第二節 美國 NGSS 介紹.....	11
第三節 探究與實作.....	13
第四節 NGSS 的評鑑.....	18
第五節 12 年國教的評鑑.....	19
第參章 研究方法.....	22
第一節 研究設計.....	22
第二節 研究對象.....	23
第三節 研究工具.....	24
第四節 資料收集.....	27
第五節 資料處理與分析.....	29
第六節 研究流程.....	30
第肆章 研究結果及討論.....	33
第一節 自然科探究與實作課程評鑑工具.....	33
第二節 教師對 108 課綱的想法.....	40
第三節 教師探究與實作教學分析與評鑑.....	75
第伍章 討論、建議及未來展望.....	174
第一節 研究討論與結論.....	174

第二節 研究發現與建議.....	178
第三節 未來展望.....	180
參考文獻	181
附錄一：專家效度問卷.....	183
附錄二：AB 教師探究與實作教材.....	189
附錄三：AC 教師探究與實作教材.....	215
附錄四：B 學校探究與實作教材.....	223



圖次

圖 2.1. 科學家與工程師的探究歷程.....	16
圖 2-2. NGSS 與 108 課綱的探究與實作表現之比較.....	17
圖 2-3. 文獻回顧啟示示意圖.....	21
圖 3-1. 自然科探究與實作教師的教學之研究設計架構.....	22
圖 3-2. 研究流程圖.....	32
圖 4-2. 四位自然科探究與實作教師教學比較.....	167



表次

表 2-1. 108 課綱自然科領域學習表現.....	9
表 2-2. 108 課綱自然科領域學習內容.....	10
表 2-3. 課綱課程評鑑參考原則雙項細目表.....	20
表 3-1. 四位高中自然科探究與實作教師背景介紹.....	24
表 3-2. 半結構式問卷大綱細目表.....	26
表 3-3. 四位教師課程開始的半結構式晤談.....	27
表 3-4. 四位教師的時計入班觀察及錄影.....	28
表 3-5. 四位教師課程結束的半結構式晤談.....	28
表 3-6. 資料來源與編碼表.....	30
表 4-1. 探究與實作單元教學評鑑量表.....	35
表 4-2 教師課堂評鑑量表.....	39
表 4-3 SWOT-S 態勢分析教師對於 108 課綱的想法.....	43
表 4-4. AB 教師課程教學前的觀點.....	48
表 4-5. AC 教師課程教學前的觀點.....	50
表 4-6. BP 教師課程教學前的觀點.....	53
表 4-7. BES 教師課程教學前的觀點.....	57
表 4-8. 四位探究與實作教師課程教學前訪談分析表.....	59
表 4-9. AB 教師課程教學後的觀點.....	62
表 4-10. AC 教師課程教學後的觀點.....	65
表 4-11. BP 教師課程教學後的觀點.....	68
表 4-12. BES 教師課程教學後的觀點.....	72
表 4-13. 四位探究與實作教師課程教學後訪談分析表.....	74
表 4-14. AB 第一堂課評鑑量表.....	76
表 4-15. AB 第二堂課評鑑量表.....	78

表 4-16. AB 教師單元一評鑑量表.....	79
表 4-17. AB 第三堂課評鑑量表.....	85
表 4-18. AB 教師單元二評鑑量表.....	86
表 4-19. AB 第四堂課評鑑量表.....	91
表 4-20. AB 第五堂課評鑑量表.....	93
表 4-21. AB 教師單元三評鑑量表.....	94
表 4-22. AB 第六堂課評鑑量表.....	98
表 4-23. AB 教師總結評鑑量表.....	99
表 4-24. AC 第一堂課評鑑量表.....	102
表 4-25. AC 第二堂課評鑑量表.....	104
表 4-26. AC 教師單元一評鑑量表.....	105
表 4-27. AC 第三堂課評鑑量表.....	109
表 4-28. AC 第四堂課評鑑量表.....	111
表 4-29. AC 教師單元三評鑑量表.....	112
表 4-30. AC 第五堂課評鑑量表.....	116
表 4-31. AC 教師單元四評鑑量表.....	117
表 4-32. AC 教師總結評鑑量表.....	121
表 4-33. BP 與 BES 教師第一堂課評鑑量表.....	123
表 4-34. BP 與 BES 教師第二堂課評鑑量表.....	125
表 4-35. BP 與 BES 教師第三堂課評鑑量表.....	127
表 4-36. BP 與 BES 教師單元一評鑑量表.....	128
表 4-37. BP 與 BES 教師第四堂課評鑑量表.....	133
表 4-38. BP 與 BES 教師第五堂課評鑑量表.....	136
表 4-39. BP 與 BES 教師第六堂課評鑑量表.....	138
表 4-40. BP 與 BES 教師第七堂課評鑑量表.....	140
表 4-41. BP 與 BES 教師第八堂課評鑑量表.....	142

表 4-42. BP 與 BES 教師第九堂課評鑑量表.....	144
表 4-43. BP 與 BES 教師第十堂課評鑑量表.....	146
表 4-44. BP 與 BES 教師單元二評鑑量表.....	147
表 4-45. BP 與 BES 教師第十一堂課評鑑量表.....	152
表 4-46. BP 與 BES 教師第十二堂課評鑑量表.....	155
表 4-47. BP 與 BES 教師第十三堂課評鑑量表.....	157
表 4-48. BP 與 BES 教師第十四堂課評鑑量表.....	159
表 4-49. BP 與 BES 教師第十五堂課評鑑量表.....	160
表 4-50. BP 與 BES 教師單元三評鑑量表.....	161
表 4-51. BP 教師總結評鑑量表.....	165
表 4-52. BES 教師總結評鑑量表.....	166
表 4-53. A、B 校課程分析表.....	170
表 4-54. A、B 校單元評鑑分析.....	172



第壹章 緒論

各個國家在近年來紛紛對自己的教育體制與教育制度進行改革，臺灣當然也不例外。在民國 100 年便由總統宣布將啟動十二年國民基本教育，隨後在民國 103 年公布了十二年國民基本教育課程綱（以下簡稱 108 課綱）。這次的改變是強調「核心素養」，希望能強化學生未來在面對問題與挑戰時，有更充分的知識、能力與態度。為了依循「核心素養」的概念，老師們在教學上強調實作、探究能力。在民國 107 年教育部所發布的自然科領域課程綱要中，新加開了一門課程－探究與實作。藉由這門課程幫助學生統整各科學習，強調跨領域、跨學科以理解七項跨科概念，並且培養學生探索與操作的能力。而在不久以前，美國的科學教育也進行改革並發布他們的新課綱－「新世代科學標準（The Next Generation Science Standards, NGSS）」，其內容也是著重於核心觀念、概念整合與應用及實踐。

關於評鑑這方面，NGSS 官方有針對教師的課程研發出評鑑方法，明確的指出教師需要達成的指標。然而臺灣卻在這部分沒有相關的評鑑方法。有鑑於 108 課綱與 NGSS 在多方面皆相當相似，便嘗試接 NGSS 的評鑑方法與 108 課綱的精神結合，試圖研製屬於臺灣自己的評鑑方法。

在此篇研究中，以兩所高中與四位老師為研究對象，探討高中教師進行探究與實作課程的教學狀況。

第一節 研究背景與動機

在變動的社會環境、日益進步的科技以及知識日新月異的 21 世紀之下，世界各國開始檢視自己的教育系統與教學內容是否能滿足學童，以便讓他們面對未來的挑戰。

臺灣的教育改革從 2003 年根據第一次全國科學教育會議所制定的「科學教育白皮書」就明確指出科學教育的目標是「使每位國民能樂於學習，並理解科學的之用、喜歡科學之奇、欣賞科學之美」（教育部, 2003, p. 1），一直經過這十幾年課綱的修改，從過往重視科學知識的獲得，轉化成重視學生的基本能力、科學本質、科學美學及科學倫理（鄭湧涇, 2005）。而最新的 108 課綱中學生的學習表現包括科學認知、探究能力及科學的態度與本質。其中 108 課綱探究能力的學習表現，主要希望培養學生的「思考智能」與「問題解決」的能力，而每個面向再各有 4 個子項，分別為：「想像創造、推理論證、批判思辨、建立模型」以及「觀察與定題、計劃與執行、分析與發現、討論與傳達」。前者強調心智運作的方式與功能，後者問題解決強調類似科學家處理問題、提出解決方案的歷程。因此探究與實作課程的實施，是給予學生機會了解科研人員們進行科學探究與解決未知問題的過程，以建立學生的科學態度、培養思考與發現問題能力、了解科學發展與運作，最終讓學生認識科學本質。

探究與實作的過程中，為了能幫助學生統整各學科知識，因此教育部分類出自然科學領域的七項跨科概念（物質與能量、構造與功能、系統與尺度、改變與穩定、交互作用、科學與生活、資源與永續性），國小教育階段可以運用議題、大概念或跨科概念開發課程；國中以探究與實作和實驗的方式進行跨科主題教學；高中則是以分科為主，不同學科教師可利用協同教學的方式，依據自然科學探究與實作學習內容行設計課程（教育部, 2018, p. 54）。探究與實作利用跨科的方式讓學生進行多元學習，一方面可以使學生能具備核心概念，另一方面藉由探究實作幫助學生整合、理解自然科學領域中跨科概念。

另一方面，美國同樣的從 1990 年代的科教改革「2061 計畫 (Project 2061)」和美國國家科學教育標準 (National Science Education Standards)，到近年的「每位學生成功 (Every Student Succeeds Act)」法案，都是希望能改變學校的科學教育，且培養學生對於科學的認知與素養 (邱美虹, 2005)。NGSS 主要是依據 2011 年公布的「K-12 科學教育架構：實作、跨科概念和核心概念 (Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas)」為架構，由美國 26 州的合作以及不同委員會的指導之下，花了 3 年的時間為自然科學領域制定出的課綱。NGSS 主要包含了 3 個面向：科學與工程實作 (Science and Engineering Practices, SEP)、領域核心概念 (Disciplinary Core Ideas, DCI) 和跨科概念 (Crosscutting Concepts, CC)。NGSS 與 108 課綱相似，科學與工程實作讓學生能夠了解科學知識是如何形成的之外，同時能幫助學生學習跨科概念以及學科知識；跨科概念則是用較高的尺度來連結不同學科知識的大概念；領域核心概念則是科學課程的重要知識。

而 NGSS 在進行科學與工程實作時，學生除了動腦思考更希望他們能夠動手去完成任務，一來可以幫助學生發展與建構知識之外，更能了解科學家們的研究及解決問題方式。因此「科學探究」是藉由以下八個方式來協助學生進行更深層的學習，這八項分別是：「提出疑問 (科學上) 並定義問題 (工程上)」、「發展與使用模型」、「計畫並執行研究」、「分析與詮釋數據」、「運用數學及計算思維」、「建立解釋 (科學上) 並設計方案 (工程上)」、「從證據中形成論述」以及「蒐集、評價、溝通資訊」(NGSS Lead States, 2013, p. 48)。

為了要確認課綱的施行是否完整，必然需要屬於該課綱的評鑑系統。NGSS 為了審視教師的教學計畫，分別發展了 Educators Evaluating the Quality of Instructional Products (EQuIP) 來審視教師的課程單元是否有符合 NGSS 的精神，另外也有 NextGen TIME (Toolkit for Instructional Material Evaluation, Transforming Implementation through Materials Evaluation) 可以讓教師來檢視、選擇教材及教學內容以符合 NGSS。而 EQuIP 被設計用以檢視單一課程與單元的評

鑑工具，而 NextGen TIME 則是用以評鑑較長的單元以及學期課程。反觀臺灣並沒有針對 108 課綱以及探究與實作課程推出完整的評鑑內容。

因此為了瞭解教師在執行 108 課綱探較與實作的狀況，開發一個教師評鑑工具是必要的。此研究將會利用 NGSS 的相關評鑑工具並將其與 108 課綱的精神融合，並且用其觀察新上路 108 課綱的探究與實作課程施行的狀況。



第二節 研究目的與研究問題

根據本文的研究背景與動機，本研究的研究目的為開發符合 108 課綱的探究與實作課程教師評鑑工具，並利用其去實際了解教師目前的探究與實作教學情況。

研究目的 1. 開發探究與實作課程評鑑工具

研究問題 1-1 哪些因素是評鑑探究與實作課程重要的面向呢？

研究問題 1-2 哪些因素是評鑑探究與實作教學重要的面向呢？

研究目的 2. 探討高中自然科探究與實作教師的教學狀況

研究問題 2-1 四位自然科探究與實作課程教師對於 108 課綱的想法為何？

研究問題 2-2 四位自然科探究與實作課程教師的教學理念與教學方法為何？

研究問題 2-3 四位自然科探究與實作課程教師理念及實踐與 108 課綱的異同為何？



第三節 名詞解釋

一、探究與實作 (Inquiry and practice)

與以往的實驗課程不同的是探究與實作課程不只是動手作而已，更強調的是學生能夠主動進行探索、研究、思考。讓學生能夠如同科學家面對未知問題時尋找解決方案，而非按照實驗步驟一步一步的操作來「驗證」課本上的事實。

二、評量 (Assessment) 與評鑑 (Evaluation)

評量是針對學生的學習成就或是學習成果進行測驗與評比，反之評鑑則是針對學校與教師進行考核。本文評鑑將針對教師的課程與教學進行探討。

Stufflebeam, Madaus, and Kellaghan (2006) 提到：評鑑的目的在於改善而非證明 (The purpose of evaluation is to improve, not prove)。因此本研究並非批判教師的課程與教學，而是希望藉由評鑑瞭解課程實施的優點和挑戰。

第四節 研究範圍與限制

本研究為個案研究，研究內容為台北市的兩間學校共四位高中自然科教師的探究與實作教學狀況，本研究有以下四點限制：

一、研究樣本限制

由於本研究為個案研究法，需要深入探討教師是如何施行探究與實作的課程，受限於本研究者的個人時間以及研究對象的搭配時間限制，因此本研究的研究對象不宜太多，對象只限定在觀察的四位高中自然科教師，不包含觀察以外的其他教師，而每一學校的校風不同、學生學業程度不同；每一教師的教學風格不同、教師信仰不同，則研究結果也不宜過度推論至其他教師。

二、研究對象與學校的限制

因應研究內容的設計，研究對象為今年高中一年級的自然科探究與實作課程授課教師，且因今年在高一施行探究與實作課程的學校較少，因此無太多教師能配合，故難以針對研究對象的經驗與其授課學校文化、風氣以及學生程度進行挑

選，為本研究之限制。

三、研究範圍的限制

本研究僅針對臺北市某兩所高級中學一年級探究與實作課程的四位老師進行了解，因此不宜過度推論到其他教師和非探究與實作的課堂教學。

四、研究工具的限制

由於本研究工具的發展旨於評鑑自然科領域探究與實作課程以及探究與實作教學，因此不適用於其他的課程中。



第貳章 文獻探討

在開始本研究之前，首先必須瞭解探究與實作的相關知識、臺灣與其他國家實施的狀況以及其他國家是如何進行評鑑的。所以在文獻探討中首先在第一節介紹臺灣新的十二年國民基本教育課程綱要，第二節介紹美國的 NGSS，第三節再了解何為探究與實作，第五節為 NGSS 的相關評鑑制度，最後第六節則是臺灣的評鑑。藉由此處文獻探討來進一步開啟後續對研究的啟發以及研究工具設計。

第一節 臺灣十二年國民基本教育

一、十二年國民基本教育課程綱要

臺灣為了配合社會變遷、全球化趨勢及未來人才需求，在這幾十年來不斷的在修正自己的教育政策，由民國 83 年中央研究院院長李遠哲帶領的「教育改革審議會」針對教育改革提出許多想法，教育部在民國 85 年著手九年一貫課程的規畫，並於 93 學年度正式全面施行九年一貫課程。而最近的教改，則是於 103 年的「十二年國民基本教育」，而在同年的 11 月教育部也頒訂了「十二年國民基本教育課程綱要」。

而總綱開宗明義就表示這次課綱的目的為學生中心的自發主動學習方式，以「自發」、「互動」及「共好」為理念，因此學校及教師需要激發學生的學習動機與熱情，同時幫助學生開展與他人互動能力，最重要的是要協助學生應用及實踐所學的知識。因此在課程設計上加強課程間連貫與統整、實踐素養導向課程為主軸，希望能適性揚才，並培養終身學習、社會關懷及國際視野的學生（教育部，2014）。而 108 課綱最令人關注的即是新提出的「核心素養」。核心素養意指學生面對現在及未來挑戰所應擁有的知識能力與態度，且在各教學階段連貫並有利各學科的統整。在核心素養中，分為三大面向「自主行動」、「溝通互動」、「社會參與」及九小項「身心素質與自我精進」、「系統思考與解決問題」、「規劃執行與創新應變」、「符號運用與溝通表達」、「科技資訊與媒體素養」、「藝術涵養與美感素

養」、「道德實踐與公民意識」、「人際關係與團隊合作」、「多元文化與國際理解」，以期許學生成為一位終生學習者（教育部，2014，p. 3）。

二、十二年國民基本教育課程綱要－自然科學領域

在 107 年正式公告的自然領域綱中提到課程有五大目標：「啟發科學探究的熱忱與潛能」、「建構科學素養」、「奠定持續學習科學與運用科技的基礎」、「培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力」及「為生涯發展做準備」。在課程的設計上，讓學生藉由跨科概念與科學議題學習自然科學，讓他們能對自然科學產生興趣並進一步達成自主學習。另外在探究與實作的過程中，透過和他人合作來探索知識之外，也運用不同方式溝通與表達，以培養科學素養，同時欣賞大自然並珍惜自然資源（教育部，2014）。

為了能夠有效的培育學生，教育部除了根據不同的學習階段進行規畫之外，更希望學生們對於科學認知、探究能力以及對科學的態度與本質有更進一步的認識（如表 2-1.）。同時提出三大課題與七個跨科概念，是為了幫助學生們能整合不同領域的學科知識、靈活運用知識至生活之中（如表 2-2.）。

表 2-1. 108 課綱自然科領域學習表現

項目	子項
科學認知	對應至學習內容，區分為記憶、了解、應用、分析、評鑑、創造共六個層次。
探究能力	思考智能 想像創造 推理論證 批判思辨 模型定題 問題解決 觀察定題 計劃與執行 分析與發現 討論與傳達
科學的態度與本質	培養科學探究的興趣 養成應用科學思考與探究的習慣 認識科學本質

（教育部，2018，p.9）

表 2-2. 108 課綱自然科領域學習內容

課題	跨科概念	主題
自然界的組成與特性	物質與能量	物質的組成與特性
		能量的形式、轉換及流動
	構造與功能	物質的結構與功能
		生物體的結構與功能
自然界的現象、規律及作用	系統與尺度	物質系統
		地球環境
	改變與穩定	演化與延續
		地球的歷史
自然界的永續發展	交互作用	變動的地球
		物質的反應、平衡與製造
	科學與生活	自然界的現象與交互作用
		科學、科技、社會及人文
	資源與永續性	資源與永續發展

(教育部, 2018, p.10)

由此可知，除了學科知識之外，108 課綱更加強調了學生科學探究的能力和科學的態度與本質。因此為了提供學生更具統整性的學習經驗，108 課綱利用跨科、跨領域的方式來幫助學生學習。而利用不同的時事與議題，像是：環境、生命、科技、能源等等議題，更可以將學科知識與學生的生活作緊密的連結，也可以促進、培養自然科的核心素養。

第二節 美國 NGSS 介紹

一、K-12 科學教育架構：實作、跨科概念和核心概念

在 2011 年美國的國家研究委員會（National Research Council, NRC）、國家科學院（National Academy of Sciences, NAS）及國家工程學院（National Academy of Engineering, NAE）公布了「K-12 科學教育架構：實作、跨科概念和核心概念（Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas）」作為幼稚園到高中階段的教育方針。

在此架構之中建立了三項構面（3D design）：實作（Practice）、跨領域概念（Crosscutting Concepts）以及領域核心概念（Disciplinary Core Ideas）。跨領域概念則是可以用於所有的學科之中，並提供一個連結的架構幫助學生運用各個領域核心概念，跨領域概念包含：模式（Patterns）、因果效應（Cause and effect）、尺度、比例和數量（Scale, proportion, and quantity）、系統與系統模型（Systems and system models）、能量與物質的流動、循環與守恒（Energy and matter: Flows, cycles, and conservation）、結構與功能（Structure and function）以及穩定與變化（Stability and change）（NRC, 2012）。而會提出領域核心概念是因為在日益發展的科學知識之中，很難去教學生所有的知識。因此藉由教導領域核心概念的方式，讓學生在日後有能力再去精進其他新知識。而領域核心概念分為四個領域：理化（physical sciences）、生命科學（life sciences）、地球與太空科學（earth and space sciences）和工程科技與科學應用（engineering, technology, and applications of science），在年級二、年級五、年級八、年級十二的時候都有明列出學生在該年級應該達到的學習程度。

二、NGSS

隨後在美國 26 州的合作、非營利教育組織「成就（Achieve）」及其他不同委員會以 K-12 科學教育架構為基礎花費 3 年的時間發展 NGSS。而 NGSS 的精

神在課綱中就提到「當人們要了解時事、應用科技甚至是抉擇重要的健康照護，科學理解皆扮演重要的角色。無論學生未來是否會在醫院、高科技公司或是成為一名專業的研究人員，紮實的 K-12 科學教育是很重要的」(NGSS, 2013, p. xiii)。NGSS 強調核心概念的整合與應用、K-12 教育的一貫性與連續性、實務上科學與工程的融合，並且要能與《各州共同核心標準》(Common Core State Standards, CCSS) 中的語文領域與數學領域做結合。由於 NGSS 並且希望學生能在情境中學習到科學知識、理解科學知識是如何獲得，因此教學中必須包含下列三大面向：

1. 科學與工程實作 (Science and Engineering Practices, SEP)

主要是利用實作的方式讓學生實際體會科學家、工程師們是如何進行研究規劃、建立模型與假說、設計與建構出系統。在此是讓學生能夠主動的進行實務上的操作，而非被動式的學習。

2. 跨科概念 (Crosscutting Concepts, CC)。

跨科概念在應用上會觸及到其他科學領域，因此在教學時不僅僅強調單一學科的概念，更要注意到其他學科中的概念與實作。

3. 領域核心概念 (Disciplinary Core Ideas, DCI)

教導學生日異月新的科學知識是一件不可能的事情，藉由讓學生理解充足的核心概念，使他們在未來可以自己吸收額外的知識。構成核心概念的條件須符合：結合不同學科的重要原理與原則、解決複雜問題與概念的重要工具、學生興趣及生活連結的科技知識、適合各年級學習並有不同的深度供學生探索。

至於跨科概念 NGSS 訂出七個大概念來統整跨科所需要包括的主題，即模式/形態 (Pattern)、因果關係 (Cause and effect)、尺度、比例和數量 (Scale, proportion, and quantity)、系統與系統模型 (Systems and system models)、系統中的物質與能量 (Energy and matter in systems)、結構與功能 (Structure and function)、系統的改變與穩定 (Stability and change of systems) 等 7 個概念 (NGSS, 2013, p. 79)。

NGSS 定調了在教學過程中應該要以何方式進行教學，在給予特定情境下，利用「工程」來進行問題解決，學生能夠獲得科學知識之外，亦能夠了解不論是

生活周遭或是未來都與科學息息相關—以透過實作來結合跨領域概念與領域核心概念。由此可知，NGSS 的三大面向並不是單獨獨立的，而是希望能夠相互揉合在一起，使學生能有更好的學習表現。

科學本質（Nature of Science）也是 NGSS 非常重視的環節，因為實作與跨科、跨領域都與科學本質緊緊扣在一起。學生可以藉由實作了解科學調查擁有不同的方法、科學知識可以隨著新的證據所改變等等；學生可以從跨科、跨領域明白科學是一種認識世界的方式、科學是人類共同努力的成果等等。

第三節 探究與實作

一、關於探究與實作

「探究」這個詞代表了一個藉由進行調查來尋找、探索與獲得資訊的過程。而在美國國家研究委員會所釋出的科學教育標準當中，就提及主動探究學習方式是培育科學素養的方法，「動手活動」(hands-on activities) 與「動腦經驗」(minds-on experiences) 是非常重要的，因為「科學學習是學生做，而非別人做給他們看」（NRC; 1996, p. 20）。對於探究的定義 Minstrell （2000）概括出下列：激勵好奇心、學習動機的教學方式、動手與動腦活動、操作不同的事物來研究特定的現象以及由學生形成問題。

而「探究」這樣的活動最早是由約翰杜威（John Dewey, 1910）建議要編列在課綱之內，因為課程太注重在事實之上，而沒有重視科學中的思考與態度的面向，因此杜威建議探究與實作需要做的六步驟：感知令人疑惑的問題、確認問題、形成暫時性的假說、測試假說、用實驗來審視假說，最後用行動執行解決方案（Barrow, 2006）。由美國國家研究委員會所發布的國家科學教育標準（National Science Education Standards, NSES）中，將探究做了解釋與定義「探究是學生的活動，用來建構與學習科學知識，同時也了解科學家們是如何探索大自然。探究是一個多面向的活動，涉及觀察；提出問題；檢視書籍和其他來源以確認資訊；

計畫科學調查；藉由實驗證據來驗證資訊；使用工具來整合、分析並解釋數據、提出答案、解釋和預測，並能與他人交流實驗成果（NRC, 1996, p. 23）。進一步指出執行探究活動的能力，包括：

1. 辨別問題與概念以幫助執行研究（identify questions and concepts that guide investigation）
2. 設計與執行科學研究（design and conduct scientific investigations）
3. 使用合適的技術與數學來改善研究與溝通（use appropriate technologies and mathematics to improve investigations and communications）
4. 運用邏輯與證據來形成與修正科學解釋或模型（formulate and revise scientific explanations and models using logic and evidence）
5. 辨認與解析不同的解釋與模型（recognize and analyze alternative explanations and models）
6. 溝通與辯護科學論證（communicate and defend a scientific argument）

因此學生在進行探究時，這可以幫助他們發展批判性思考與科學論證能力，同時讓他們對於科學有更深層的認識（NRC, 2000）。

二、臺灣的探究與實作

在自然領綱中提及自然課程內容必須含有探究本質的實作活動、跨科的學習素材和多元的教法與評量方式，用來培養學生自主行動、表達、溝通互動和實務參與的核心素養（教育部, 2015）。藉由探究與實作的方式，學生可以獲得科學探究歷程與問題解決的環境與機會；促進正向科學態度和提升科學學習動機；培養科學思考與發現關鍵問題的能力；探索科學知識發展與科學社群運作的特徵，藉此學生可以更進一步的了解科學本質（教育部, 2015）。

因此我們可以知道，108 課綱精神之下的探究與實作課程並不是單純的實驗課，也不是利用新奇有趣的科學遊戲來提高學生的學習興趣。而是讓學生能夠從生活周遭、生活情境之中找到科學性的問題，再藉由解決問題的方式中體驗、學

習科學探究歷程。探究與實作課程的學習重點共有「探究學習內容」和「實作學習內容」兩部分，「探究學習內容」分為四個主要項目：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享；「實作學習內容」為則是外顯的學習表現、可操作的科學活動，例如：觀察、測量、數據蒐集與分析、歸納與解釋、做出結論等（教育部, 2018, p. 40）。

因此在自然領綱中對於科學學習的方法再三要求各階段應使用「探究與實作」的方法讓學生主動探索、操作及論證能力、從既有經驗激起學生的好奇心與主動學習的意願。在認知能力中第四學習階段—國中，便開始有具體的描述「科學探究」所需具備的能力，也於高中教育階段增加自然科學探究與實作課程且為自然科學領域必修學分數三分之一（四學分）。這樣的改變在我們的科學課程中是首次訂定以科學探究與實作為高中課程的重要訴求之一。

在探究能力的學習表現部分，主要希望培養學生的「思考智能」與「問題解決」的能力，而每個面向再各有 4 個子項（教育部, 2018）。思考智能強調心智運作的方式與功能，包含想像創造、推理論證、批判思辨與建立模型四個部分；而問題解決強調類似科學家處理問題、提出解決方案的歷程，包含觀察與定題、計劃與執行、分析與發現與討論與表達四個部分。

由上可知探究能力的學習表現方面，108 課綱培養學生手腦並用、展現思考智能與問題解決的能力。破除過去強調知識面向的學習，改為著重於知識的運用，透過實作來了解科學知識與技能的價值與重要性。

三、美國的探究與實作

科學探究、工程設計和科技發展是相互依存的，因此 NGSS 藉由實作任務希望學生除了動腦思考更希望他們能夠動手去完成任務，一來可以幫助學生發展與建構知識之外，更能了解科學家們的研究及解決問題方式。

在實作方面，NGSS 延續 NSES 對於探究的定義－模仿科學家與工程師們的研究歷程，歷程分為三個階段，第一階段為「調查」，主要是希望學生能夠在探究活動中根據在真實世界所觀察到的現象來提出問題、設計實驗並且收集資料及測驗解答；第二階段為「評估」，需要利用批判性思考、想像力、論證、建模等來分析解釋或是提出可行的解決方案；第三階段為「發展解釋與解答」根據上一階段的結果更進一步的去分析、辯論及評估（如圖 2.1）。

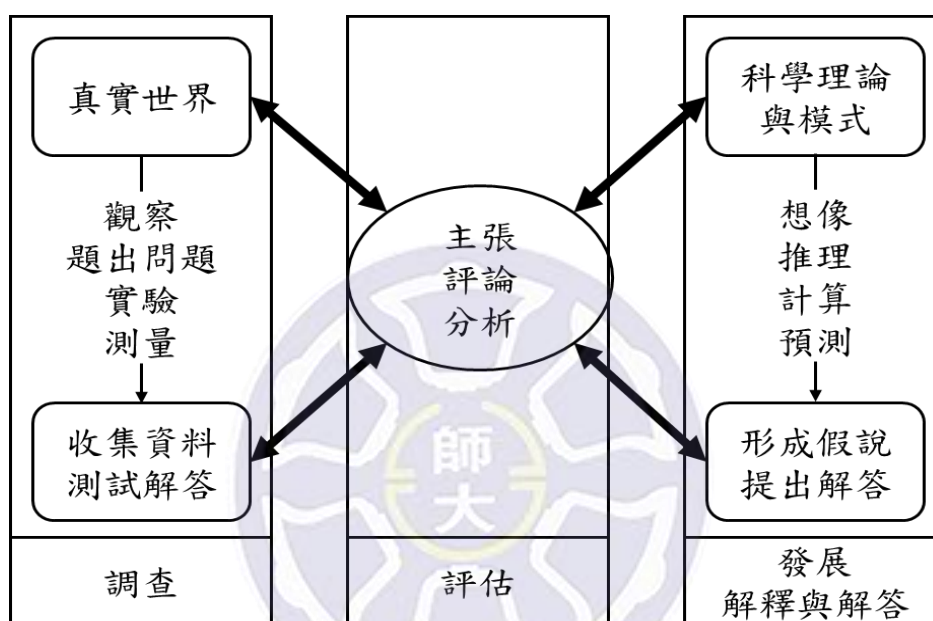


圖 2-1. 科學家與工程師的探究歷程（NRC, 2012, p.45）

透過這三大階段，NGSS 的「科學探究」進一步細分以下八個步驟來協助幼稚園至 12 年級的學生進行更深層、更實際的學習，這八項分別是提出疑問（科學上）並定義問題（工程上）、發展與使用模型、計畫並執行研究、分析與詮釋數據、運用數學及計算思維、建立解釋（科學上）並設計方案（工程上）、從證據中形成論述、蒐集、評價、溝通資訊（NGSS Lead States, 2013, p. 48）。另外，學生形成科學意識的實作當中，他們必須將既有的素樸概念轉換成有科學根據的概念。同時，在科學課堂中學生也需要大量的閱讀、寫作、實體成果的呈現，並經由交流意見、討論與辯論精進他們對探究活動所下的結論。

可以從上述得知，NGSS 提出的探究與實作架構是強調科學家與工程師進行

探究過程的實作與實務行為。藉由實作結合 NGSS 的領域核心概念以及跨科、跨領域概念讓學生在整個探究歷程中能夠去探索、檢驗、提出解釋與解決方案。而 NGSS 強調三大面向的整合，其學習目標偏重於知識的應用 (knowledge-in-use)，因此在評量上必須先解構 NGSS 的三大面向才能發展出好的評量(Harris, 2016)。

四、臺灣 108 課綱與美國 NGSS 的異同

從上述資料可以發現臺灣的 108 課綱與美國 NGSS 在許多面向都非常的相似，而根據李驥和邱美虹（2019, p. 27）針對探究與實作學生能力表現的比較過後有下圖的發現。

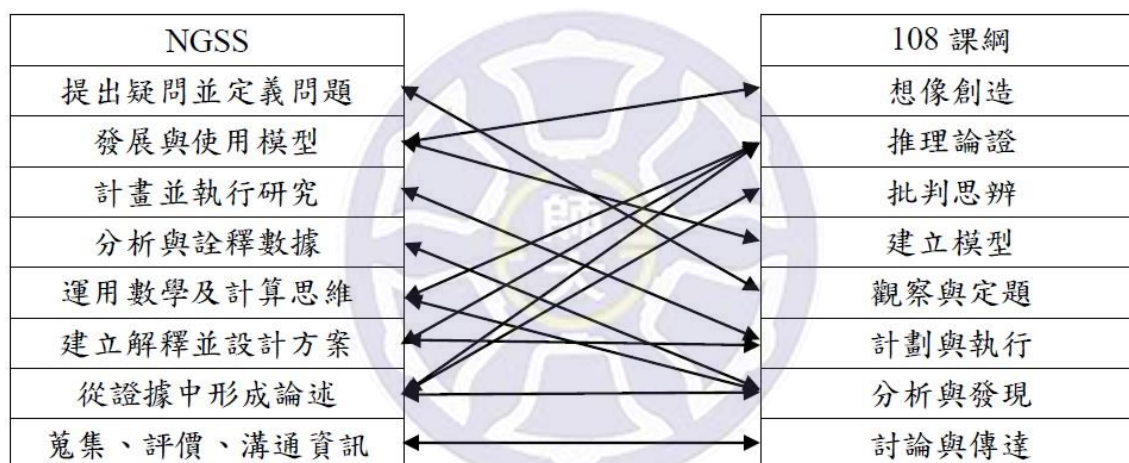


圖 2-2. NGSS 與 108 課綱的探究與實作表現之比較

從上圖可以發現臺灣 108 課綱與美國的 NGSS 是相符合的，在許多細項可能相互包含，如美國 NGSS 中的「從證據中形成論述」就包含了臺灣的「推理論證」、「批判思辨」以及「分析與發現」，而臺灣的「計劃與執行」則包含了美國的「建立解釋並設計方案」和「計畫並執行研究」。

第四節 NGSS 的評鑑

NGSS 已經上一段時間，因此關於 NGSS 的相關評鑑工具有非常的多。首先 NGSS 的官方評鑑有 2 種不一樣的工具：Educators Evaluating the Quality of Instructional Products (EQuIP)與 NextGen TIME (Toolkit for Instructional Material Evaluation, Transforming Implementation through Materials Evaluation)。

一、EQuIP

EQuIP 是由「成就」教育組織所研製而成的 NGSS 課程評鑑工具，主要是用來評鑑單元或是課程是否有達到 NGSS 的要求 (Achieve, 2016)。檢核的向度包含：

1. NGSS 的 3D 設計：解釋現象以及設計解決方案、三個構面、結合三個構面。
2. NGSS 的指導教學：相關性與真實性、學生想法、建構過程、科學正確性、差異化教學。
3. 評估學生的成長：評估學生在三個構面的表現、形成性評量、評分標準、公平的任務。

在評鑑時給分是由 0 至 3 分，因為課程必須與 NGSS 緊緊關聯，因此當第一個向度被評為 2 分以下，則該課程評鑑停止並須重新設計。最後課程會根據總得分給予最後評價。

二、NextGen TIME

此評量工具與上述的不同在於此評量工具針對的是一整學期或較長的單元做的評鑑 (BSCS Science Learning, 2018)。評鑑的向度包含：

1. NGSS 的基礎設計：現象與問題呈現、3 項構面設計、邏輯的呈現
2. 學生思考：3D 的概念框架、先備知識、後設認知、平等的學習機會
3. 學生成長：3D 的表現、不同的評量方式、學生隨時間的進步、公平的評量機會

4. 教師支持：利用現象與問題帶動 3D 學習、連貫性、有效教學、針對不同學生給予學習支持、協助觀察學生成長

5. 課程總體：學習的進程、單元間的連貫性、課程的評量

這可以幫助審視與分析教學內容是否合適，幫助教師把教材轉化成符合 NGSS 精神的內容。

第五節 12 年國教的評鑑

關於臺灣自己的課程評鑑，只有由教育部針對 108 課綱所發布的國民中學及國民小學實施課程評鑑參考原則來評估實施的成效。共有四個評鑑層面：課程設計、課程實施準備、課程實施情形與課程效果（如表 2-3.）。

在 108 課綱課程設計的評鑑之中，教育效益、學習效益和素養導向的部分，主要是難是否有掌握課綱的基本概念、學習內容與學習表現、學校的發展願景及是否符合學生的身心發展。內容結構則是針對課程設計的內容是否完備以及是否符合課程組織；邏輯關聯則是評鑑課程各項元素彼此的邏輯關聯性；發展過程則是檢視課程的發展過程是否具備知識基礎與專業參與。課程準備方面則是評鑑教師專業發展，包含研習與社群活動、熟知課綱內容；家長溝通為了解教師是否運用多元管道與家長與學生溝通；教材資源為課程的教材、學習資源及場地與設備；學習促進為是否規劃促進課程實施與教學效果的方案或是活動。而在課程的實施上，則是檢視教師是否掌握課綱所強調的核心素養、學習重點並運用有效的教學策略及評量，校內的研究會或是社群是否能跟因應評量成果修改課程與教學。最後在課程效果的部分則是檢視學生的學習成果，是否有達到各科/各領域所制定的核心素養、學習重點與學習目標；持續進展則為診斷課程是否能根據學生年級的增長而有所持續發展（教育部, 2018）。

表 2-3. 108 課綱課程評鑑參考原則雙項細目表

評鑑對象 評鑑層面	課程總體架構	彈性學習課程	領域學習課程
課程設計	教育效益 內容結構 邏輯關聯 發展過程	學習效益 內容結構 邏輯關聯 發展過程	素養導向 內容結構 邏輯關聯 發展過程
課程實施準備	教師專業 家長溝通 教學資源 學習促進	教師專業 家長溝通 教學資源 學習促進	教師專業 家長溝通 教學資源 學習促進
課程實施情形	教學實施 評量回饋	教學實施 評量回饋	教學實施 評量回饋
課程效果	教育成效	目標達成 持續進展	素養達成 持續進展

(賴榮飛, 2019, p. 46)



文獻對本研究的啟示

經由上述的文獻探討可以了解臺灣對於教育改革的決心，從顛覆了過往的著重知識面演變到現在著重素養取向，無非是希望學生在未來有更大的競爭力。而臺灣與美國所做的教育變革有許多十分相似的地方，都在課綱內明訂科目中重要的學習內容與核心概念、跨領域以及實作類型的課程。而對於評鑑的制定與實施，比較臺灣與美國的教育評鑑，臺灣缺少明確的評鑑向度，若有評鑑指標將有助於教師瞭解教學的優點以及可以改進或努力的方向。因此本研究擬開發一個評鑑工具來瞭解教學現場在實施探究與實作課程時，教師的觀感、面臨的挑戰以及教師如何處理新課程的問題，期待所開發的指標能適用於教學現場，作為教師完成108課綱的精神與要求時之參考。(如下圖)

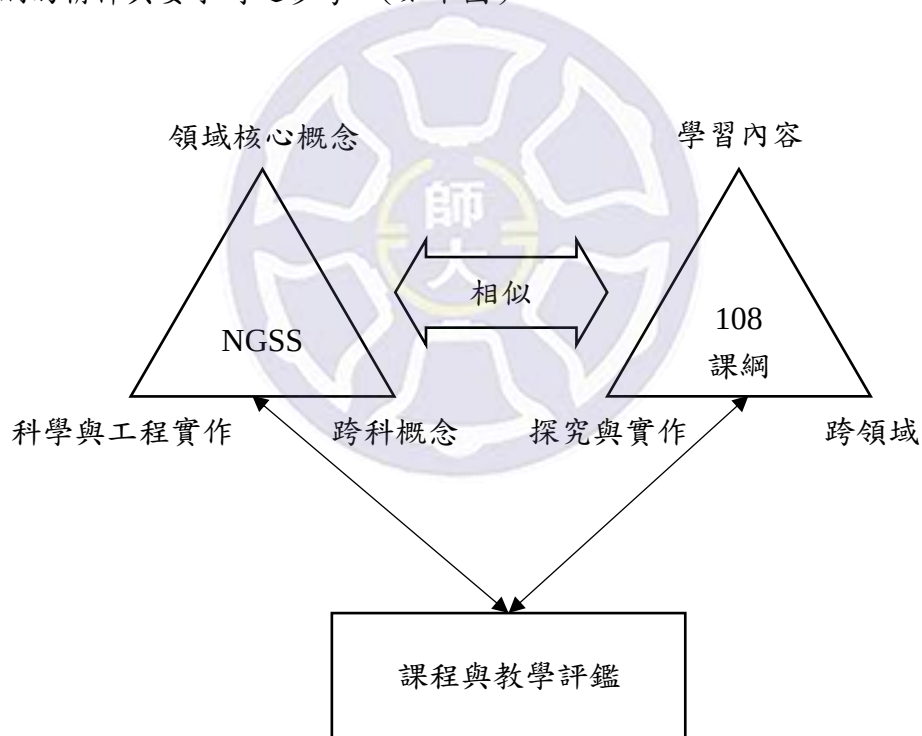


圖 2-3. 文獻回顧啟示示意圖

第參章 研究方法

本章節將根據文獻套的啟示提出本研究的研究方法，第一節為研究設計，此節將說明本研究的研究架構以及如何進行研究；第二節為研究對象，主要是描述本研究中教師的背景介紹；第三節為研究工具，將呈現本研究的工具以及其參考來源；第四節為資料收集，在此說明本研究的資料收集的細節；第五節為資料處理及分析，將說明本研究是如何處理收集好的資料以及編碼；第六節則為本研究的研究流程。

第一節 研究設計

本研究將以十二年國民基本教育課程綱要為基礎，並結合美國 NGSS 的課程評鑑面向，建立屬於臺灣自己探究與實作課程的評鑑量表。為了解臺灣探究與實作課程的教學實施情況，而提出下圖研究設計架構。

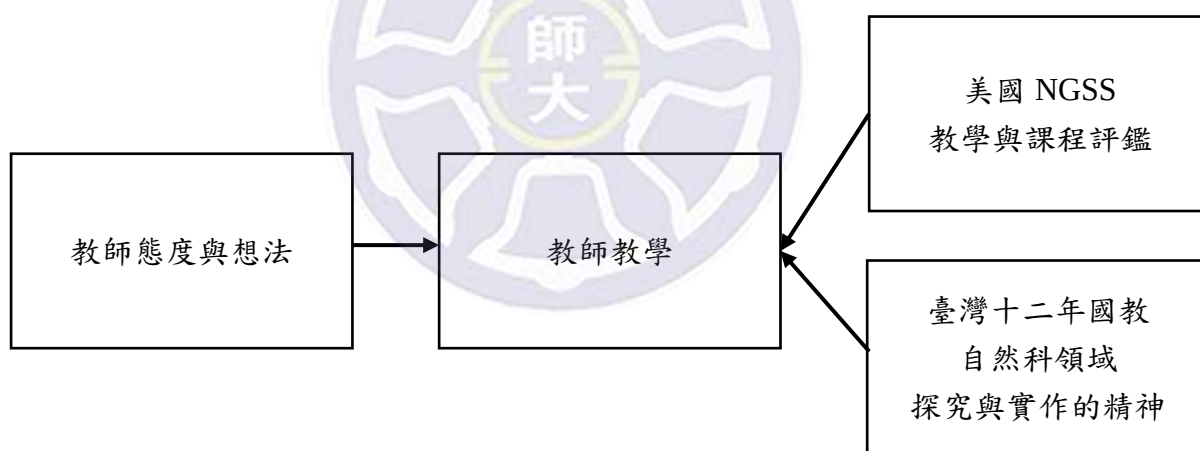


圖 3-1. 自然科探究與實作教師的教學之研究設計架構

一、教師態度與想法

本研究將了解兩所公立高中的四位自然科探究與實作教師對於十二年國教的看法、態度以及如何面對新課綱帶來的挑戰，此外也企圖了解教師們對於探究與實作課程的想法、如何設計探究與實作課程、預計如何進行教學等等。

二、教師教學

教師的教學方式將由研究者到北部兩所高中的探究與實作課入班觀察四位自然科教師上課情形，並利用攝影機與錄音筆記錄教師教學流程與過程。

三、探究與實作課程評鑑

作者將蒐集美國 NGSS 相關評鑑工具並閱讀探究與實作相關文獻，從中尋找、分析哪些因素是探究與實作教師在進行教師在進行探究與實作教學時重要的。

第二節 研究對象

本研究將在兩所學校觀察四位自然科教師進行探究與實作的課程，分別在觀察 A 學校兩位老師化學與生物的課以及 B 學校兩位老師物理與地球科學的課程。以下將介紹分別介紹兩校的學校與教師。

A 校是台北市中段的男女合班完全高中，校園坐落於山坡上，校風方面因為有國中及高中部的關係，學生是相當的活潑。探究實作課程分為兩門課，一門是以化學和生物合科教學為主，另一門是以物理和地球科學合科教學為主。以化學生物科為例，上半學期進行生物部分的課程，下半學期進行化學的探究與實作。在 A 校的觀課科目為化學生物組。生物教師為年輕的女性（以 AB 表示，A 代表 A 校，B 代表生物），已有兩年教學經驗，第一年在 A 校任教。教學風格較為強勢，教師與學生的界限明確。化學由資深的男性教師授課（以 AC 表示，A 代表 A 校，C 代表化學），教學經驗累積二十二年之久，在 A 校任教多年，教學風格較生動並與學生親近，時常可在課堂上聽見師生互動的歡笑聲。

B 校為台北市前段的男校高級中學，校園在市區之中，學生享有相當高的自由，不同於一般高中中午必須午休的限制，學生們可以自由的應用時間。B 校一樣將探究與實作課程分為兩門課，一門是以化學和生物合科教學為主，另一門是以物理和地球科學合科教學為主。課程進行的方式為協同教學，課堂中由兩位老師同時指導學生，上半學期由物理老師先行主導教學，下半學期再換地科老師帶領主要的教學活動。物理由年輕的男性教師（以 BP 表示，B 代表 B 校，P 代表

物理)授課，教學經驗為兩年，第一年在 B 校，教學過程時常與學生互動並拋問題給學生回答，於問題討論時與學生互動良好。地科老師（以 BES 表示，B 代表 B 校，ES 代表地球科學）為資深的男性教師，教學經驗為 12 年，教學風格較為活潑且時常給予學生反饋。教學進行時，一位教師為主講者，另一位教師則在課堂中巡邏學生各組的活動，並協助提問的學生解惑。當全體學生討論時，兩位教師皆在各組穿梭指導學生，兩位教師都會到各組關切至少兩次，並時常私下討論各組的狀況。四位教師背景與教學場域如表 3-1.所示：

表 3-1. 四位高中自然科探究與實作教師背景介紹

授課學校	A 學校		B 學校	
授課科目	生物	化學	物理	地球科學
教師代碼	AB	AC	BP	BES
最高學歷	碩士	碩士	大學	碩士
研究領域	分子生物	科學教育	科普	古環境
教學經驗	2 年	22 年	2 年	13 年
其他經驗	教學助理	參與高瞻計畫	街頭物理	帶領學生科展
課程運作方式	生物與化學教師分別授課		物理及地球科學教師	
	上半學期：生物科		協同教學	
	下半學期：化學科			

第三節 研究工具

本研究內容為高中自然科探究與實作教師的教學理念以及教學過程。故教師教學理念的資料收集以半結構式晤談為主；教師的上課教學過程則是運用課堂錄影以及評鑑量表。研究工具分述如下：

一、晤談者

在質性研究中，常常需要在自然的情形之中收集資料，因此研究者本身也會

被視為研究工具之一。本研究的研究者為中等教程的教程生、國際教育學程生，並且為科學教育研究所的碩士生，曾參加多次探究與實作相關工作坊以及模型與建模的相關研習，因此對於探究與實作課程具有一定程度的了解與認識。此外，研究者的指導教授及其研究團隊具備探究與實作課程開發與施行經驗，故可以讓研究者諮詢、給予建議及協助本研究運行。

二、半結構式晤談大綱

進行半結構式晤談時，會在事先擬定一份訪談的題綱，但後續的提問內容則不在此限，研究者會根據教師所回答內容有興趣或是有疑慮的部分進一步追問，直到收集到研究者所需要的資料為止。因本研究所觀課的教師對自然科探究與實作的課程設計理念、課程內容和教學方式不一樣，故本研究於課程開始前與課程結束對四位高中探究與實作教師進行半結構式晤談進行資料收集。提問的問題會依研究對象的回答而調整，但晤談過程中會確認有收集到晤談大綱上的問題為止。

訪談問題根據 SWOT-S 態勢分析法作為分類，以了解新的課綱與課程對外部與內部帶來何種優勢及劣勢。如表 3-2。

表 3-2 半結構式問卷大綱細目表

面項	訪談題目	代碼
優勢 (Strengths)	1. 108 課綱與你的教學理念是否吻合？相同在哪裡？不同在哪裡？	S1
	2. 您覺得您的教學有哪些特色（或強項）？	S2
	3. 探究與實作課程在哪些地方勝於傳統實驗課？	S3
劣勢 (Weaknesses)	1. 您覺得您的教學有哪些有那些不足（弱點）	W1
	2. 你認為 108 課綱有什麼不足/忽視的地方？	W2
	3. 探究與實作課程在哪些地方不足於傳統實驗課？	W3
機會 (Opportunities)	1. 你認為 108 課綱對學生會造成什麼樣的改變？	O1
	2. 你認為 108 課綱下學生哪些能力會增強？	O2
	3. 探究與實作課程是否給予你更多空間來施展你的專長/發揮你的教學理念？	O3
威脅 (Threats)	1. 你認為 108 課綱對於教學帶來什麼挑戰？	T1
	2. 你認為 108 課綱對學生會減弱什麼能力？	T2
	3. 探究與實作課程在教學上對你的挑戰是什麼？	T3
策略 (Strategy)	1. 你是如何去應對/解決挑戰？	ST1
	2. 你將如何在教學上補足不足或是缺點的地方？	ST2
	3. 探究與實作中教學課程你是如何去規劃與設定目標的？	ST3
	4. 探究與實作課程你將如何評量學生的學習成效？	ST4
	5. 探究與實作課程你覺得校方應該如何協助老師們？	ST5
	6. 探究與實作課程與傳統實驗課的教學方法改變？	ST6

第四節 資料收集

本研究的資料收集方式主要採用教師晤談以及課室影片。教師晤談分別於教學前與教學後運用半結構式問卷進行訪談；課室影片則是在每堂時入般觀察教師的教學行為。

一、課程開始

教學前的資料收集主要是教師晤談，首先訪談者會了解教師的教育相關背景，接著便依照半結構式晤談大綱進行晤談。在晤談過程中，研究者會根據教師的回答盡量追問更多細節以了解教師的想法。詳情如表 3-3.所示。

表 3-3. 四位教師課程開始的半結構式晤談

對象	日期	總時長	內容
AB 教師	108/09/20	36 分鐘	教師的教學理念；如何面對 108 課綱的
AC 教師	108/09/16	50 分鐘	挑戰；108 課綱下的教法轉變與應對；
BP 教師	108/09/19	24 分鐘	探究與實作課程學習目標制定；探究與
BES 教師	108/09/19	45 分鐘	實作的學習評量；探究與實作的教學方
			法；探究與實作帶來的挑戰

二、課程進行中

從教師開始教授自然科探究與實作課程，研究者便進入課堂中錄影觀課。在教學過程中，研究者並不會對教師的教學進行干擾與介入，以取得教師原始、自然的教學過程。課室觀察期間有遇上國定假日、校慶補假、學校段考、教師調課等因素，因此每位教師所觀察到的課堂數不一致。此部分為了解教師如何進行探究與實作教學部分重要資料，如表 3-4.所示。

表 3-4. 四位教師的實際入班觀察及錄影

對象	日期區間	總課堂數	入班觀察日期
AB 教師	108/09/09 (開始)	6	09/09 ; 09/16 ; 09/23 ; 10/14 ;
	108/10/28 (結束)		10/21 ; 10/28
AC 教師	108/11/25 (開始)	5	11/25 ; 12/02 ; 12/09 ; 12/16 ;
	108/12/23 (結束)		12/23
BP 教師	108/09/12 (開始)	15	09/12 ; 09/19 ; 09/26 ; 10/03 ;
			10/17 ; 10/24 ; 10/31 ; 11/14 ;
BES 教師	109/01/09 (結束)		11/21 ; 12/05 ; 12/12 ; 12/19 ;
			12/26 ; 01/02 ; 01/09

三、課程結束

四位教師在探究與實作課程結束之後會再次進行晤談，課後晤談一樣會按照半結構式晤談大綱進行晤談，以了解教師在教學過後對於課程實施的想法，也能比較教師在教學前後的態度與想法。詳情如表 3-5。

表 3-5. 四位教師課程結束的半結構式晤談

對象	日期	總時長	內容
AB 教師	109/01/15	47 分鐘	108 課綱挑戰的處理；108 課綱下的實際的教法轉變與應對；探究與實作課程學習目標達成；探究與實作評量的適宜度；探究與實作的實際教學方法；探究與實作的挑戰；教師需要的協助
AC 教師	109/01/16	57 分鐘	
BP 教師	109/01/16	23 分鐘	
BES 教師	109/01/16	51 分鐘	

第五節 資料處理與分析

本研究的資料來源包含了教師晤談以及教師課堂紀錄影片。本研究的資料處理及方式如下：

一、教師晤談

1. 將教師晤談的錄音檔案轉譯成文字資料
2. 整理文字資料並編碼：為了方便呈現研究的內容，研究者將文字資料以不更動教師原意的原則進行刪減和內容擷取。
3. 依照研究架構之教師探究與實作的教學問題進行對應與分類
4. 依據分類將比較教師的想法、教學內容與教學過程，同時比較教師教學前、後的差異。

二、課室影片

1. 課室影片將作為後續評鑑教師的依據
2. 影片將與教師課程開始的想法做比對，了解教師是否有達成當初設定的目標

三、資料編碼處理

為了真實地呈現晤談以及影片資料，以及方便資料的整理與檢視，故將收集到的資料進行編碼處理。編碼方式如下表 3-6.所示。

表 3-6. 資料來源與編碼表

第一層	第二層	第三層
以代號代表研究對象	以大寫英文符號代表 資料收集的方式	以小寫英文符號與數字代 表來源或是細部資料
	FI (課程開始晤談 First Interview)	1 代表晤談第 1 題 2 代表晤談第 2 題 (以此類推)
AB (A 學校生物老師) AC (A 學校化學老師) BP (B 學校物理老師)	SI (課程結束晤談 Second Interview)	1 代表晤談第 1 題 2 代表晤談第 2 題 (以此類推)
BES (B 學校地科老師)	CO (課室觀察 Class Observation)	1 代表教師第 1 堂課 2 代表教師第 2 堂課 (以此類推)
	IP (探究與實作 Inquiry and Practice)	1 代表探究實作第 1 項能力 2 代表探究實作第 2 項能力 (以此類推)

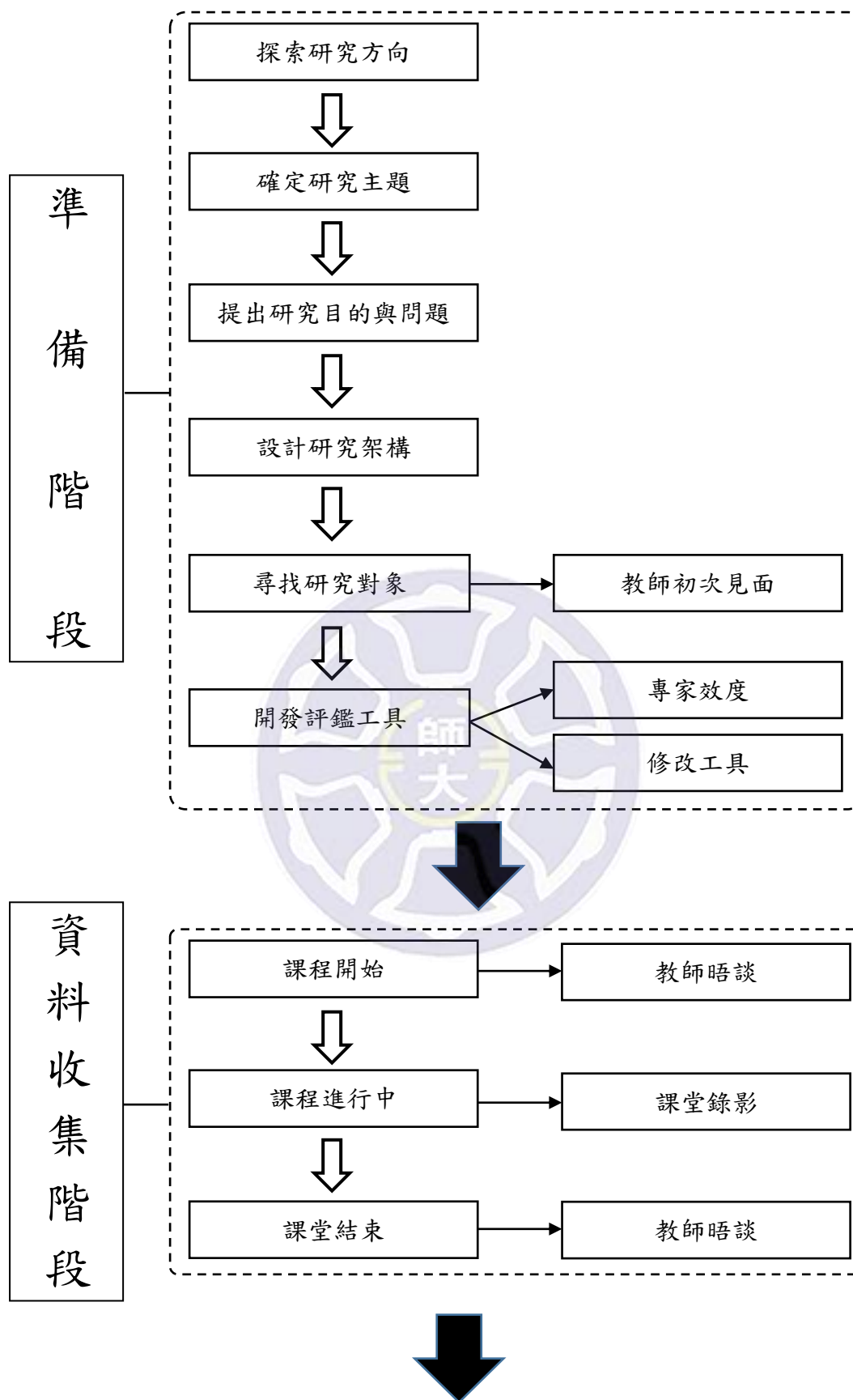
例 1：AB-FI-1 代表 A 學校生物老師在課程開始晤談中第 1 題中提到相關的內容

例 2：BP-CO-3 代表 B 學校物理老師在課程中第 3 堂課教學的內容

例 3：BES- IP-2 代表 B 學校地科老師讓學生做第 2 項探究實作能力

第六節 研究流程

本研究旨在開發高中自然課探究與實作課程的評鑑工具，因此藉由兩所公立高中的四位自然科教師為例進行研究。研究流程分為三個階段：文獻探討準備階段、資料收集階段和分析研究階段。如圖 3-1 所示。



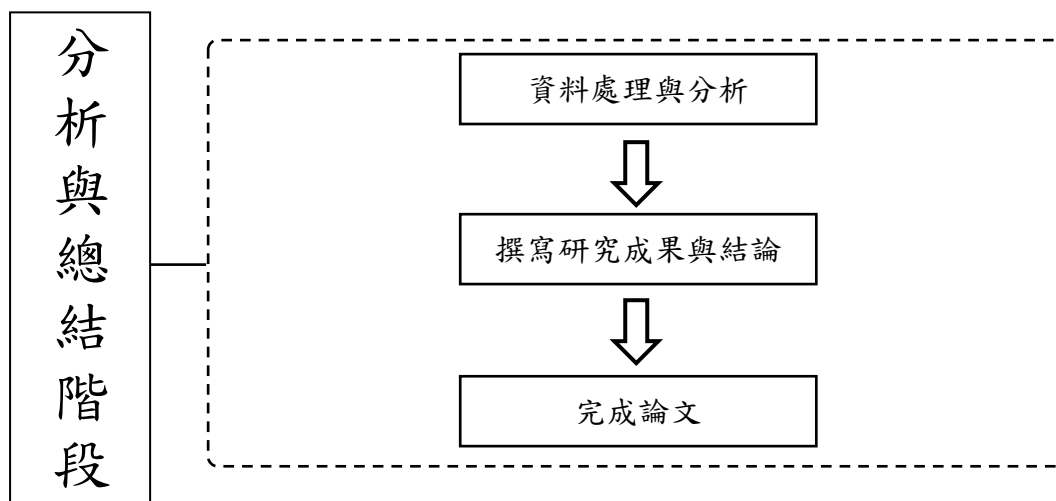


圖 3-2 研究流程圖

在文獻探討準備階段時，主要是在確定研究方向、可行性並閱讀不同文獻找尋適合的研究主題。確定研究主題之後制定研究目的與問題研究並著手研究設計，再從文獻回擬定研究架構。經由與指導教授討論確定本研究的可行性後，便開始尋找合宜的研究對象及開發評鑑工具。探究與實作課程評鑑工具依照專家意見修改後用以分析教師教學。

資料收集階段分為課程開始、課程進行中及課程結束。課程開始時為四位教師的半結構式晤談，用以探討教師的想法與教學設計。課程進行中則是利用錄影觀課的方式記錄教師的教學行為。課程結束後會再次利用半結構式訪談來了解教師對於探究與實作課程的想法。

最後為分析研究階段，運用自行設計的評鑑工具分析教師的教學，結合晤談的資料進行處理與分析，進而撰寫研究成果、論述結論並完成論文。

第肆章 研究結果及討論

研究結果及討論將對應研究目的和研究問題來呈現。第一節將回顧國內外文獻，找尋出在教學與課程中重要的因素來回答研究目的；第二節教師對於探究與實作課程的態度與想法來回答研究問題 2-1；第三節為探究與實作教學評鑑來回答研究問題 2-2；第四節為教師對 108 課綱的總體回顧來回答研究問題 2-3。研究結果會先將研究者所收集到的資料與文獻列出，並在內容的下一段做摘要整理。

第一節 自然科探究與實作課程評鑑工具

根據學者 (Pedaste et al., 2015) 整理指出，探究與實作總共有 34 種探究與實作活動分為五大項：研究方向 (Orientation)、概念化 (Conceptualization)、研究 (Investigation)、結論 (Conclusion) 以及討論 (Discussion)。融合學者的研究並綜合臺灣與美國對於學生探究與實作的能力表現，得出「觀察現象、提出疑問並制定問題」、「設計研究方案與執行計畫」、「分析數據並根據證據形成論述」、「建立與發展模型」和「蒐集、衡量資訊並討論分享」五種探究能力。

一、開發自然科探究與實作教學評鑑工具

了解哪些能力是需要教師教導、訓練學生之後，接下來便能開發教師教學的評鑑工具。在這裡研究者參考了 EQuIP、NextGen TIME 中教師指導的向度，至於教師在課堂中應具備的行為，在 Good and Lavigne (2017) 著作的《Looking into Classrooms》與美國國家研究委員會 (NRC, 2000) 都有明確指出針在課堂中應該包含：引起動機 (Pre-engagement)、確認學習的狀況與需求 (Diagnosing learners' understandings and needs)、支持學生學習 (Maintaining pursuit of the goal)、給予學生回饋 (Giving feedback) 等等。評鑑量表的向度包含探究程度、教師驅動問題、教師指導學生思考、教師指導學生實作、教師對學生的支持以及教師評量學生。

教學評鑑量表部分經由研究領域為課程發展、教學原理與評量與教師專業發展的教育學博士，其著有《促進教師表現與專業能力發展之評鑑機制》、《教師專業標準應用於教師評鑑之實務議題初探》、《迎向未來的師資教育：從培養 21 世紀素養談起》等文章，由以上文章可以了解該學者對於教師評鑑以及新課綱所注重之素養教學皆有深刻的認識與研究，故邀請該學者進行專家審核與意見修改，專家審核問卷如附錄一。專家審核後，建議將教師對學生的教學聚焦在單一事件；評鑑向度的順序重新排序；「教師給予學生自主性」修改為「教師鼓勵學生自行設計研究流程」；將「教師對學生的支持」的向度重新分配至「教師指導學生思考」和「教師指導學生實作」，修改過後的教學評鑑量表，將教學分為 4 大項：教師的上課驅動問題、教師如何指引學生思考、教師如何指導學生實作以及教師如何評量學生，細項則為根據文獻回顧所提及的教學重點。如表 4-1。



表 4-1. 探究與實作單元教學評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
一、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	
二、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	
三、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	
四、教師如何利用驅動問題 0: 無（當作開場白，無互動） 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	
小計	分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	
二、教師給予學生幫助與回饋，讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無 1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識	

2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	
小計	分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式	

3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	
小計	分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品 2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗	

2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向	
3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	
三、教師的分數指導	
0: 無公布評分標準	
1: 給予評分項目	
2: 給予評分量表	
3: 給予評量表並且給予學生回饋	
四、教師的評量方式	
0: 無評量	
1: 僅有單一的評量方式	
2: 多種固定的評分方式	
3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	
小計	分
總計	分

評鑑量表中第一大項有四小項；第二大項有七小項；第三大項有七小項；第四大項有四小項，而每一細項最高三分，總分共 66 分。此評鑑量表主要是依據教師的教學，在教學完整個單元之後給與教師總體的單元評價。



此外，教師在教學中對於學生作了何種探究與實作的指引與指導，也根據臺灣 108 課綱（教育部, 2018）以及 Pedaste (2015)整理出 15 個關鍵探究與實作活動，作為課堂的評鑑量表。如表 4-2。

表 4-2 教師課堂評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	
3. 教師讓學生自行操作不同變因	
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	
10. 教師讓學生能批判不同資訊	
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	
12. 教師讓學生根據模型預測結果	
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	

課堂評鑑量表的信度經由包含研究者三人依此量表觀賞一部十分鐘的教師教學影片，依照教師給予學生教學的次數進行填寫。研究者與甲的同意度為 10/11；甲與乙的同意度為 10/13；研究者與乙的同意度為 8/10，本評鑑量表的信度為 0.826。

第二節 教師對 108 課綱的想法

教師對於 108 課綱想法的資料來源為教師晤談，研究者由半結構式問卷在教學進行前與學期結束時對教師進行晤談。本節將分為利用 SWOT-S 態勢分析法、課程教學前與課程結束後分別呈現。

首先根據 SWOT-S 態勢分析法將四位自然科探究與實作教師的訪談進行分類，以了解教師們對於 108 課綱的想法。

根據 SWOT 內部向度的分析結果可以看到教師們認為 108 課綱和探究與實作課程可以幫助學生提升思考能力及知識應用，並且教師們也嘗試在課程之中提高與生活的連結以幫助學生運用知識，另外教師也希望藉由多元有趣活動拉近與學生之間的距離並提高學生參與課程的機會。

AB：增加學生知識的應用方面，...比較高遠的目標是希望可以，訓練他們的思考邏輯的能力。

BES：我覺得新課綱裡面有一些課程設計的出發點確實就是培養同學們的思考，...同學自己要能夠參與，然後這才會是他學到的東西。

而內部所帶來的劣勢則是教師需要花費更多時間去開發、熟悉探究與實作課程，也因為這樣導致許多教師不願意投入其中，導致負擔壓在少數教師身上。

BES：因為其實像現在投入這門課的老師，我覺得都是有想法的，就是願意在這個領域上嘗試。但你當然也可以看到有些老師沒有投入這門課。

AB：不過有些老師其實不想要碰探究，年紀比較資深的老師。他可能會覺得說他要退休了，或者是他就是不想做。所以真正要做的人其實就也不是那麼多。

而正課的教學時數下降及部分科目的教學內容提升，也讓教師們在教學時陷入困境。同時也提及 108 課綱在學生學習的「科目」上是不斷增加的，可能導致學生學習的不連貫甚至取捨課程的投入程度。

BES：高中生他們在一直以來的課綱的設計下，他們面對的科目數就是非常的多。...整個課綱的發展來說，課綱一直都在加，而沒有減，那從學生的角度來說，這件事情其實負擔很大。...如果我今天是同學，我當然會自己去取捨哪個東西的好壞，那學生自己在取捨的時候，我選擇性地放棄了某一些科目，

那那個科目本來可以培養的東西，也同時就被放棄了。...學生必須切換各種課程的模式，那這個東西對於培養他們的思考或是連貫性來講，我覺得那個是不好的。

AC：那最主要是因為我們東西真的給學生多太多了！看像日本，他們只到第六節就下課了，他們有更長的時間去社團，探討自己以後需要的東西。我們不是啊！塞吧！塞吧！每科都要選，每科都要學那麼多。

在外部所帶來的機會，則是學生們能夠擺脫過往的填鴨式教學，有更多的時間去動手實作並培養學生們的素養和解決問題的能力。同時也因為探究與實作課程的關係，讓教師更能夠將自身的興趣、教師的第二專長分享給學生。

AB：擺脫以前學習不斷的填鴨...老師們可以更佳展現他們自己真正想要跟學生分享的東西、自身所學的東西。可能是老師們本身第二專長，或者是跟學科融合的相關知識這樣子。我覺得這無論是對於老師或對於學生來說，覺得是更加生活化的東西。我覺得就生物課程來說...會讓他們更有時間，更有機會去動手做。

AC：探究實作這東西，這是能力的培養。

BES：教師真的會想到這個主題，一定是跟自己的專長有關。不然不太能夠在有一點短的發展時間內，然後能夠擴充出這樣子的內容，對，所以它確實有受到第二專長的影響。

另外教師提及到 108 課綱可能會造成學生學習的 M 型化，對於自主性、先備知識充足的學生更能去拓展新的視野，而相對落後的學生則是會在新課綱中因為迷失而落後。

BP：我覺得其實就是 M 型社會 啦，就是你很聰明的就會一直很聰明。然後用這個會讓他更理解他想要什麼，然後怎麼解決問題、發現問題，這是很好的一段路程。可是對於中、後段的學生，你用這些東西他們只是發呆，不知道要幹嘛，也沒有老師的指示，就會更慘。

而在外部所帶來的威脅，多數教師則是認為經費的不足、以及教師們除了耗費許多時間開發新的課程之外，準備上課內容的時間也拉長，在上課過程中的不確定性也提高。另外教師們也需要面對學生以及家長對於新課綱的不安和對於未來考試內容的擔憂。

AB：很多實驗的器材都要買，可是這些東西要買其實都要錢。

AC：錢是最重要的，光是一個實驗室的幹事，他們都遇缺不補啊！

BES：經費是一個很現實的問題，因為協同教學會出現全新的課程，然後不是總綱裡面的東西，其實發展課程之後，實際上進行的班級數非常多，所以我們的材料需求量其實也還滿大的。

BP 教師：因為你研發一個課程，背後是要花很大很大的時間跟金錢。然後備課時間又拉太長了。...你要出一個新課程要很長一段，但是如果對於老師有興趣的話還是可以繼續進行。

BES：你真的沒有辦法先預期，或是掌握同學們的發展會變成什麼。所以我覺得它累是累在第一個是上課前的不確定性。

AB：家長學生的想法都要改變...我覺得探究遇到最大問題就是，這東西會不會考？很多家長會想問這個東西有標準答案嗎？學這個做什麼？對我未來有什麼幫助？

在應對 108 課綱的策略上每位老師都有自己嘗試的方法，無論是給予情境讓學生們重複練習，或是利用學生喜歡的事物引起學生學習的興趣。而 B 學校在開發課程時，利用可實作的項目作為出發點去連結學科知識來形成探究主題，另外 B 學校在規劃課程時，將高一學生普通物理及普通化學課程移至高二再進行教學以減低學生的學習負擔。

AB：必須要很紮實地一次兩次三次，去讓他們重複使用、重複練習來學會使用顯微鏡。...在設計課程的時候，我以前有問過我之前的學生，你們最喜歡的東西，最喜歡的題目是什麼？...就希望可以引起他們的興趣這樣。

BES：所以其實我們是先框住了那個可實作的那個東西，再從那個東西裡面去拉連結、拉物理的連結出來。

BES：我們學校究與實作可以放在高一，就表示高一有些課被拿走了，那我們就是把物化拿走。所以 B 學校今年的高一同學是不上物化的，他們一整年都不上物化。...他們一整年不上物化，那這個就減少科目數了。那他們的物理化學會全部併在高二去上，學生會從高二開始，才真的有基礎物理跟選修物理化學的事。

向度 教師	優勢	劣勢	機會	威脅	策略
AB	引導學生思考 課程與生活做連結 給予學生機會討論	教學時數下降 專業知識	擺脫填鴨 有時間動手實作 教師第二專長	教師開發課程 課程需融會貫通 學生與家長想法	嘗試給予情境 重複練習 學生喜歡的事物 學習檔案、互評
AC	按照課綱 從食譜式去探究	教學內容提升 給予學生太多課程	能力的培養	考試成績 經費不足 學生基礎能力	先進行嘗試 無紙筆評量
BP	有趣活動 拉近與學生的距離 思考為主軸	熟悉不同課程 需要教師熱忱的心	學生學習 M 型化 發現、解決問題	需經費支持 備課時間拉長	開放式課程 討論與報告
BES	讓學生參與課程 培養思考與邏輯	科目數增加 少數教師願意投入	學生能力提升	教師與學生需求改變 上課前的不確定性 備課時間增加	實作的項目 校方減少學生科目 進度不是最重要 寫下來的學習歷程

表 4-3 SWOT-S 態勢分析教師對於 108 課綱的想法

1. 課程教學前

為了進一步了解教師是如何進行設計探究與實作課程、進行探究與實作教學，研究者另外依照 Urhahne（2010）將教師在探究與實作中的五大原則作為分類依據：

1. 活動設計（Envision the lesson）：教師必須考量到課程中會發生的事情並提前計劃課程結構、學習環境與學習活動。在此會分析教師是如何進行課程規劃。
2. 使學生合作（Enable collaboration）：學生之間的互動與交流可以促進知識的增長。因此教師需要考慮小組的規模和組成，並提供環境給予學生討論。在此會分析教師是如何幫助學生進行合作學習。
3. 激勵學生（Encourage students）：教師必須做出立即且靈活的反應幫助與促進學生學習。另一個重要的面相是當學生遇到困難時，教師要能夠激發學生的學習動機。在此會分析教師在教學上是激勵、促進學生學習。
4. 確保學生學習（Ensure learning）：教師需要訓練和發展學生特定領域的能力和技能。因此教師尋找監控學習進度並確保學習的方法。在此會分析教師在教學上是如何監控學生學習、確保學生的進度。
5. 評量學習成就（Evaluate achievement）：教師選擇合適的方式來評估學生學習的過程和結果。在此會分析教師是如何評量學生的學習成果。

透過這五項可以了解教師預計如何進行課堂教學活動。同時也在訪談之中試圖了解教師的教學理念、教師對於 108 課綱和探究與實作課程的想法。以下將分別敘述四位自然科探究與實作教師在課程開始時的想法。

1. AB 教師訪談

首先在教學理念的部分，AB 教師希望學生對生物有基本認識，因此教師會在課堂教學時，會把學科知識與學生的日常生活經驗結合，並希望能有機會讓學生動手實作。學生將來在報章雜誌上看到或是需要解決相關的問題時能運

用知識時才不會一無所知。

AB：因為我之前待的學校跟這間學校的學生，基本素質其實都不是很好的。所以我覺得，就我對生物科來說，我希望他們可以有基本的認識、態度要正向正確。然後不要學完一學期之後，不知道我們到底講過什麼東西。或是以後遇到相關的知識的時候，覺得好像以前有聽過但完全不知道學到了什麼。至少以後看到新聞、報章媒體，會有一點概念有點印象這樣子。

AB：我會把他們的一些觀念，課程的觀念跟生活的觀念做連結，讓他們慢慢理解說，為什麼這個東西會造成這樣子的結果。像是肝臟的平滑內質網會比較發達這件事情，那就相接到，為什麼人會中毒，然後再連到平滑內質網是處理脂溶性的跟糖類的代謝這樣子，然後再說那毒性的東西要怎麼排掉。讓課程跟生活做連結提高相關性，希望學生們可以記再久一點這樣子。

AB：所學到這些東西如果可以化為實作，印在他們的身體裡、頭腦裡、技能裡的話，無論他們是文組或是理組，這個東西才是未來可能會有用到的。

在設計學生活動時，AB 教師試圖讓教學內容可以跟學生的生活做連結，並且也有先調查學生感興趣的議題與事情並從中研發課程。同時，AB 教師也十分重視生物科的基礎技能，因為過往的經驗上，學生在技能上的能力相對不足，因此在設計課程時，也強調生物科技能的訓練。AB 教師也為了因應 108 課綱跨科的精神，在每個探究與實作的活動之中都嘗試結合不同的學科及領域。

AB：我之前有問過我的學生，你們最喜歡的東西，最喜歡的題目是什麼？大概就是健身、運動、體態等等，這是我第一個考量的。那第二個就是學生都很愛吃，因此就想說可能第二個實作這方面我覺得可能就是跟家政有關的課程這樣子。

AB：這個課程其實我有先跟學校的老師先稍微討論一下，他們覺得最基本的東西不能省，就是顯微鏡的操作，那當然老師們其實都知道，就算國中課本學過顯微鏡，真正用的時候都是一團混亂，所以顯微鏡要從頭教，很紮實地講。

AB：第一個部分我就是讓學生用顯微鏡，如果只看一種玻片他們一定會沒興趣，所以加入不同的素材，在每個章節其實我都會有試著融入跨科的項目。跟學生說，今天不是純粹教生物喔，如果你喜歡美術，我們這一週是跟美術有關係的跨科。

為了夠促進學生在課程中能夠相互合作，因此 AB 教師在課程中、學習單給予學生許多機會去做討論、讓他們能夠一起腦力激盪。

AB：基本的核心希望他們做的事情就是學好顯微鏡，但是為了配合跨科，然後為了配合討論，所以可能會有，比方說跨物理啊，然後物理的東西因為我自己也不是說非常熟，所以就會有一些基本的簡單討論設計給學生。

AB 教師並沒有別提及要如何激勵學生進行探究與實作的課程，然而在確保學生學習方面，課堂中教師給予學生多次、重複的練習機會，讓學生能夠熟悉使用顯微鏡的技能。同時，教師在每一堂課程中都會給予學生填寫學習單並在學期末時回收檢查學生的學習情況。

AB：只用過一次兩次學生可能都會有僥倖的心態，並不是真的學到，所以必須很頻繁的讓他們使用顯微鏡。

AB：我這學期為了鼓勵他們多多參與，然後把東西給留好，所以我的方式是檢查學習檔案，學習檔案其實就是把我的學習單給統整好，整理好。

AB 教師評量學生學習成就的部分，主要是觀察學生課堂的平時表現，以及在課堂活動結束過後給予學生填寫自評表以及互評表，讓學生能夠自我審視學習狀態，也能讓學生與同學相互學習優缺點。在學期結束的時候，也會檢視學生的學習單（學習檔案）當作評量學生的依據。課程結束之後，AB 教師沒有預計給學生做總結性評量。

AB：課堂來說的話，因為會慢慢地認識學生，然後所以其實從學生的學習狀況來說，就是一個平時的評量方式。之後的課程中會慢慢會有自評表，讓學生自己去評量自己的狀況，然後再來會有小組的互評。然後再來我還在考慮要不要做組間的互評。有時候同組的同學們不好意思彼此抱怨，那你就去評別組的看看，去評評看別組的同學表現得怎樣，那跟自己相比怎麼樣怎麼樣。...目前我們的討論是第一輪先沒有形成性評量，就沒有段考沒有大小考。可是之後的話，應該慢慢把這些評量的東西加進來，才不會讓學生覺得說學這個東西也沒有可以展現運用到的時候。...所以我這學期的總結的評量是檢查學習檔案。

從訪談中可以得知 AB 教師對於 108 課綱有相當大的期待，而教師本身也積極地參與探究與實作相關研習活動。在課程設計上教師遇到了阻礙，雖然參與研習營能幫助教師更了解探究與實作的精神，然而要設計出屬於自身專長以

及符合學生程度的探究與實作課程仍有難度。AB 教師在目前的課程設計上偏重生物課技能的習得，給予學生許多時間與機會精進顯微鏡的使用。

AB：我覺得我是抱持著非常多的期待的。有的老師會覺得說 108 課綱可能是個炒作，但我覺得 108 課綱出發點是好的，希望學生可以減少他們的學習，然後增加他們，知識的應用方面。

AB：在探究方面我覺得就是硬做，我因為之前有參加過幾場研習，對我是非常有多幫助的。比方說有一場連續兩天的研習，我們同時要扮演學生跟老師的角色，讓我們從頭到尾去走了教學流程一次。我就會覺得比較能理解探究與實作的課程設計方向到底是什麼。...因為學生的程度一開始其實不是很了解，所以會想要因應學生的程度去調整問題的難易度。然後領綱裡面希望老師們去教授到的東西與觀念，也會慢慢把這些東西放到課程裡面去，讓學生慢慢去建構這些觀念，我覺得這個東西對我來說其實蠻難的。

另外教師也提出目前遇到的瓶頸，包含；學校設備資源問題、教學時數減少、教師負擔龐大、課程開發費力耗時、教師間沒有合作與共識以及政府的工作坊無法有效增能。

AB：可是說實話，他們會做得這麼差的原因，有一部分是顯微鏡很爛，我們沒有四倍鏡，我本來想裝可是學校說當初沒有買四倍。我想說是否可以額外買但學校表示很貴，一個鏡頭可能要幾千塊，然後買個四個就可以買一台新的顯微鏡了。我想做分子生物的實驗，但是做不起來。所以想說像分子料理的實驗其實也有牽扯到一點化學一些分生的東西，至少可以帶給學生一點點東西這樣子。所以就只能以簡便的方式，沒錢的方式做沒錢的實驗。

AB：我自己認為生物的課真的刪掉太多了。就連三類組的高二學生的生物課都只有兩堂，不加輔導課。...時數就會去影響到內容啊。我覺得人家學生都選三類組了，結果你給他跟歷史科，社會科一樣的時數。所以第一個就是時數有點少，再來就是課程的內容因為時數的關係老師必須要上的很趕，或者是跳過或省略掉一些東西。

AB：之後去參加研習就是政府規定的這些制式的研習，說實話參加了，我自己覺得沒有得到很多的學習成效。那些研習會教你說如何去寫計畫，我自己參加過一兩場，覺得沒有讓我學到很多東西，就算有也沒有很紮實。

AB：我覺得自然科的老師，負擔都太重了。每個老師都超非常非常多，我好像就 26 還是 27 了吧，綁探究我 26 還是 27。就連當導師的時數都很高。我覺得你還要老師去開發新的課程，開發新課程的時間都是用下班之後或者是週末。另外有些老師其實不想要碰探究，年紀比較資深的老師可能會覺得說他要

退休了，或者他是不想做。導致真正要做的人其實就也不是那麼多。當然每間學校不一樣啦，不過就是會遇到這樣的問題，或是有一些老師到現在連探究與實作要幹嘛其實都不知道。...有些老師也會覺得說開多元選修或是探究對他們來說是種負擔。他們就是把以前學到的東西再教授給學生而已，所以他們根本就也不想去開發什麼新課程，什麼多元選修。有的老師想要開發一套課程，這套課程是大家都能上的。可是說實話，每個的專長不太一樣，哪有一套課程是大家都能上的？對，所以，我覺得老師之間其實也有很多的磨合跟衝突啦，那你想講的教學內容，我又不一定能教。可是，如果你開發你的，我開發我的，其實就單打獨鬥，這樣我們兩個都累。

下表 4-4.列出 AB 教師課程教學前的觀點，可以更明確的顯示出 AB 教師在探究與實作課程中預計的教學方式。

表 4-4. AB 教師課程教學前的觀點

教學理念	讓學生對生物有基本認識，在未來遇到的問題時能運用知識
活動設計	從生活做連結 學生喜歡的事物 生物科的技能
使學生合作	設計簡單問題讓學生討論
激勵學生	—
確保學生學習	給予多次機會讓學生練習
評量學習成就	課堂的平時表現 學生自評表與互評表 學習檔案（學習單）

2. AC 教師訪談

在 AC 教師的教學理念較為被動，認為教學就是按照課綱的指示照做，對於 108 課綱教學所帶來的變動與挑戰並沒有太多的擔心。

AC：應該教學理念基本上一般老師都是按照課綱去教的，不要說就是我們自己教的，就是符合課綱去走...就做就對了，就不要想太多，自然而然的不會覺得什麼窒礙難行的，做就對了。你越想這什麼的...就困難太多了，先做，做了成效如何再看，且戰且走、不斷做不斷修正。

在學生活動設計方面，AC 教師的課程是由食譜式的實驗作為基礎，從中做些許的改變，讓學生自己找出不同的探究方向、讓學生自己去做變化。

AC：我們學校的探究實作還是類似有點偏食譜式的，就給學生實驗，讓他們從這實驗裡面探究出有哪些不同的點，這比較簡單一點。

AC 教師對於如何讓學生能夠合作學習、激勵學生學習以及確保學生學習並沒有做出詳細的敘述。但在評量學生學習成就方面，AC 教師表示並不會給予學生們考試，而是在課堂結束時根據學生實驗成品評分。

AC：不用評量，就以他做出來的東西為評量，我們不會有測驗的，也不需要測驗。

在進行訪談的過程中可以感受到 AC 教師對於 108 課綱抱持較為負面與消極的態度，有種「兵來將擋、水來土掩」的感覺。新課綱讓 AC 教師覺得只是一個換湯不換藥的口號，會不會有實際的改變與影響依然要看高中的升學考試如何進行。然而 AC 教師點出許多現實上的問題，包含政府預算不足、課程時數減少但廣度增加以及學生沒有良好探究的基礎能力等等。對於探究與實作的課程 AC 教師認為突如其來的改變，讓沒有受過這樣教育的學生不知所措，因此在課程設計上，AC 教師以過去教學的食譜式實驗為主，稍做修飾後便讓學生進行探究與實作。

AC：但是我們不管，反正課綱做，盡量符合課綱去做，做了再說。你去想太多，覺得好難做，你會先入為主，這麼難做你會無意識去抗拒他。我的話不會這樣想，做了再說。

AC：能力是核心素養的前提。沒有能力，怎麼素養都沒用，也就是說核心素養應該是在於他們的考試的題目設計。現在很多素養考題，尤其是 108 到 111 的學測會有什麼的混合題，選擇、填充、非選擇。我們台灣已經被選擇題扼殺了很久了，現在沒辦法看到他這個東西到底會不會，唯有寫非選擇才知道。所以，而且核心素養這個東西也是一個，我個人認為只是一個口號，至於怎麼做出來要等到大家都有成效才可以評論。

AC：真的太趕，光看教材就知道了啦！以基礎化學一本書來延宕多唸一年。而他整個內容綱要是 99 課綱兩本變一本內容，雖然他課綱有說不涉及複雜

計算，但內容太多了！變成說只是唸過去就算了、變成只能讓學生自己回去看。那接下來變成說這一兩年之內，要把選修化學部分，五本書全部完成。...也就是說，四個學期上五本書，而且只有十學分。美其名說很簡單，我們教簡單的，至於學生要填化學系之類的話，請去上多元選修再加深加廣，有點類似強迫他們高二高三就不要分組，不要傳統分組，就是說如果有興趣再學，沒有興趣就不要修。但是重點台灣考試還是主導教學，問題說考試出來這個東西，我們只上十學分夠嗎？

AC：就是錢。錢是最重要的，光是一個實驗室的幹事，而且之後的話吼，遇缺不補，這些通通要老師自己來，這個對於台北市學校他們造成很大的困擾。協同教學是全校只有這麼多錢，假如說社會科探究拿走了，自然科就沒有了；自然科拿走了，社會科探究也沒了。所以變成說協同教學是先搶先贏。這就是完全沒有配套啊！很多事都是因為錢而停止的，像是線上銜接課程，從原本可以到後來都沒有了。

AC：探究實作在其他國家是從國小就開始了，慢慢養成，我們是全部急就章，管你國小以前有沒有學過，高中就開始了。我們不是從這一批從小開始做探究訓練，慢慢到國中到高中去學。從國小開始才是最適合的。一旦學生這方法養成習慣之後，國中再來看這東西，學生已經有研究法基礎，基礎有了就很快上手。但現在不是啊，他們現在完全沒有任何東西就開始了。

下表 4-5.列出 AC 教師課程教學前的觀點，可以更明確的顯示出 AC 教師在探究與實作課程中預計的教學方式。

表 4-5. AC 教師課程教學前的觀點

教學理念	依據課綱指示 來什麼做什麼
活動設計	以食譜式實驗為基礎，並從中找出不同的點 讓學生自己去變化、去探究
使學生合作	—
激勵學生	—
確保學生學習	—
評量學習成就	根據學生實驗成品

3. BP 教師訪談

BP 教師的教學理念住要是想讓學生能主動的參與在課堂之中，而非教師依不斷的講課，所以 BP 教師會想要帶領不同的活動讓學生有機會動手做以增加

學生學習的印象。

BP：其他學校專心程度可能沒有那麼大，所以需要帶很多他們有興趣的東西，讓學生覺得「欸，好像還滿好玩。」這樣。動手做會留下比較多的記憶啦，因為我不希望我這樣一直講，他們都沒有聽我上課，然後變我一個人在唱獨角戲這樣。

活動設計時，BP 教師會運用新奇的現象引起學生的興趣、讓學生思考原因後再讓他們去探究其原因。另外 BP 教師在設計課堂問題時，利用較為開放的問題，給予學生比較多的空間去發揮。

BP：就是可能是一個現象，那我比較喜歡用的是神奇的現象，讓他們去思考為什麼有這個神奇的現象出現。那我知道有些是一般的現象，然後從一般現象去發現問題。現在大家受到很多 3C 的刺激，可能根本就已經喪失了找尋問題的一個樂趣。所以我一開始還是會用神奇的東西讓他去發現問題，想引起他們去找問題的動機這樣，找什麼東西這樣。

BP：我一開始設定是比較開放性的，然後讓學生們去從頭到尾都自己完成，讓各個小組他們去想、讓他們去動手做、去實驗。我自己會先想過這種開放式的課程，過程中會想要什麼東西，但是我不會侷限於一定要想要哪些東西，因為學生的過程可能會我沒有想到的事情。那也可以接著這個點繼續討論下去這樣。那通常我會先設定好幾個點，但是不會直接說，而是讓他們去想到底是甚麼。然後他們一起想過，一起腦力激盪，會比我直接告訴「你要討論這個點」還好一點點這樣。

課堂中為了能讓學生們相互合作，BP 教師嘗試在學生進行探究與實作時給予更多開放性的問題，使學生們在過程之中能夠有自己的想法與體悟。

BP：我一開始設定是比較開放性的，然後讓學生們去從頭到尾都自己完成，讓各個小組他們去想、讓他們去動手做、去實驗。我自己會先想過這種開放式的課程，過程中會想要什麼東西，但是我不會侷限於一定要想要哪些東西，因為學生的過程可能會我沒有想到的事情。那也可以接著這個點繼續討論下去這樣。那通常我會先設定好幾個點，但是不會直接說，而是讓他們去想到底是甚麼。然後他們一起想過，一起腦力激盪，會比我直接告訴「你要討論這個點」還好一點點這樣。

BP 教師在激勵學生方面並沒有多加敘述，而在確保學生學習方面，教師則是希望利用與學生互動、對學生提問的方式來幫助學生們思考。

BP：我通常跟學生距離比較近一點，所以他們有什麼狀況可以直接告訴我，我也可以馬上修正。那像我自己就會設計一些課程，在不定時的就會帶他們去玩這樣。...而且我也會一直針對他們的東西去問問題，不然有些人就腦袋空空等抄答案而已，這種事情以前也常常發生。

BP 教師在評量學生學習方面則是尚未有頭緒，因此目前預計是根據學生在課堂中的參與度、發表與討論，以及學生填寫學習單的狀況。

BP：評量目前也不知道怎麼評量，因為大家還在摸索，怎麼評量才有展現出來他的能力。目前主要還是發表跟討論吧，然後學習單寫的狀況，跟過程中他的參與度都會是我們一個評量的指標這樣子。然後平常發表的過程不是講得很順的就會很高分啦，有嘗試著去跟人家講，然後去理解每個想法是怎樣。這是我們去看的一個指標，我的評分是這樣。

BP 教師從大學時期就有接觸到相關的探究與實作活動，因此對於 108 課綱的教學方式是熟悉的。但因為沒有參與 B 學校的課程開發，BP 教師表示需要花費更多的心力在來熟悉教材、了解課程內容與目標。課程中 BP 教師會試著給予學生們開放性的問題或是用新奇的現象引起學生的興趣，並讓學生們思考與討論。由於 B 學校是採取協同教學且每位探究與實作教師都用同一教材，因此 BP 教師覺得科內的教師們的氣氛是相當重要的，教師們能夠一起努力投入課程之中，才能開發出更多好的教材。雖然探究與實作課程自己也能夠一個人上，BP 教師認為有另一位教師能相互幫忙照應會更好。

BP：其實在 108 年課綱還沒有出來的時候，我們就已經在做了。我們那時候大學就跟一些同學在做類似 108 年課綱的東西。就想要設計一些課程是可以去販售的，後來沒有繼續往那邊走。可是東西是有留著，包含是我們那時候高師大的周建和教授他已經在做這個。所以我對 108 年課綱反而是熟悉的。

BP：假設如果我進到不同的學校，那每個學校有不同的課程，就要去習慣別的老師設計的課程，這是一個挑戰。就是你可能不習慣這個課程，但是你得上該學校的探究與實作課程這樣。可能需要一段時間的適應。像今天的課程就是以前老師設計，我今天要上就要把前面的想辦法去熟悉，備課時間比一般的課程還要長很多。整個課程、器材的熟悉度跟想要讓同學發現什麼東西，都要先想過一遍。要重新花時間去處理整個教材的部分。

BP：其實我覺得這個也是要看該科的氣氛，如果該科。比方說以自然科的老師來講，都很有想要一起做，那才有機會越搞越多。因為你光是一個小小的

科目、一個小小的課程，這個就要很久。可是你一個老師弄一個，那其實就變很龐大。如果老師們都不太想用，那其實你在這個學校也做不太起來，就大家可能就是全部都開家政課這樣子。

BP：協同上課當然是會好一點點，因為你有另外一個老師可以互相的照應。不管是你狀況不好，或是說學生狀況比較多，都可以有多一個人力可以分擔這樣子。那缺點當然是你要跟老師做溝通，因為可能上課的一些風格或幹嘛的，就有不一樣的意見這樣子。那如果是一個人上課，你就可以 handle 自己，那當然沒問題，可是就變成比較累。我覺得協同可能還是比較好一點，因為你每組發表啊或是處理東西，有老師跟著一起幫忙那就會比較好。

下表 4-6.列出 BP 教師課程教學前的觀點，可以了解 BP 教師在探究與實作課程中預計的教學方式。

表 4-6. BP 教師課程教學前的觀點

教學理念	利用活動增加學生學習興趣 給予學生思考空間
活動設計	運用新奇的現象讓學生去探索
使學生合作	用開放性的問題讓學生們合作與討論
激勵學生	—
確保學生學習	用互動的方式幫助學生思考
評量學習成就	上課態度與回答問題 講義填寫

4. BES 教師訪談

在 BES 教師的訪談之中，教師提到他的教學理念會是希望學生能夠動手、思考、討論與互動，學生要能投入到活動之中才能有效地學習。

BES：我覺得我自己的教學會非常認真的想辦法讓同學去做一些事，可能就是動手，或者就去思考。所以我還滿希望同學在上課的時候是可以發表，或是問問題時有人回答。對，我覺得我的理念是同學自己要能夠參與，然後這才會是他學到的東西。

BES 教師也提及當初在活動設計時，是以培養學生的思考能力為出發點，而挑選主題上是先選擇學生可以實作的項目，再從中找尋跟學科相關的知識作

結合。

BES：課程設計的出發點確實就是培養同學們的思考，我覺得這個是有還滿多吻合的；那當然執行上面會有些問題啦，就是理想跟現實上面的那種協調啊、或是折衝，還是有現場的問題要解決，但是理念上應該是朝向這個方向，我覺得比較吻合。

BES：我們想出這幾個主題的方法，因為它是「探究實作」，所以我們那時候想的就是可以實作的項目，那可以實作的項目，實際上如果我們用比較傳統的那種實驗設計概念的話，我們物化的主題其實都可以算是從地科發展出來的。因為地科其實是應用科學，所以我們的四個主題裡面，測量這件事情是物理它們一個基本功當作是第一個主題，在學期一開始先講。這件事情大家有共識，所以當作是暖身。那後面的三個主題其實都是從地科出發，所以想出了風力，那風力牽涉到壓力，所以其實我們是先框住了那個可實作的那個東西，再從那個東西裡面去拉連結、拉物理的連結出來，所以風力後來就拉出了，比如說氣壓，然後有水壓實驗，就是有氣球的，然後也有水壓。後來還有加風力發電，就是能源轉換。...這些東西就會被放在這個主題的包裹之下，所以我們其實是從「可實作的」一個概念去發展出連結或是整合的結果。

在促使學生合作的方面，BP 教師希望藉由給予學生們任務，讓學生們可以一起合作完成。

BES：在課程設計上很多東西都是需要學生們一起去作討論的，我們會希望說他們能夠互相交換想法、討論出一個可能可以解決的方案，我們去問他們的時候，他們可以有一個完整的解釋或方法。而且，我們給的一些東西都是蠻複雜的，所以學生他們也會需要去分工合作才會進行得比較順利。當然各組一定會有冗員，學生們可能也會需要克服或是我們需要多幫一下這樣。

BES 教師沒有特別提及到激勵學生學習的方法，但 BES 教師有提及面對學生的問題時，教師會與學生不斷的討論，或是給予提示的方式給予學生線索向下探究而非直接給予答案。

BE：我覺得「對話」吧。要讓學生們能夠再進步或是突破的話，還是要給他們一些提示，就不是給答案，但是就是告訴他說「你接下來應該要朝哪個方向再去思考一下」這個問題，他們才可以一直往前，去把那個問題再深化，或者是想出可能的解法。

BES 教師十分重視學生是真的有學習、獲得探究與實作的相關能力。BES 教師認為在這樣的課程之中，進度不是追求的重要因素，而是重視學生的學習歷程、確實的帶領學生作討論，才能讓學生學習如何進行探究。

BES：就我們設定的課程目標，當然有知識的層面在啦，可是那個知識層面我覺得在這種課裡面反而沒那麼重要。當然整本書裡面有一個進度，然後我們現在也編出了一個教材，可是實際上，像我跟另一個合作老師在討論的時候，我就會覺得進度不是最重要的東西。就我會覺得花時間觀察學生比如操作的過程，或是他遇到的問題，然後他要能夠說出他的問題點在哪，然後他們會解決問題。我覺得整個課程我自己還是會比較扣在學生能不能發現問題跟提出解決方案，至於能不能夠把整個主題通通教完，我覺得這件事情到目前為止，我仍然覺得不是很重要。因為我們是要培養那個能力，所以那個能力有沒有達成是關鍵。那我其實就是、這幾個主題我一開始在設計的時候，至少我的想法就是：我就算只完成一個主題，所謂的探究實作這個能力也能夠被達成。

BES：那這件事情我們就可以緩下步來觀察每個同學他的發展的狀態。那我覺得當同學有被觀察這個東西，然後他能夠被好好的引導，他的能力就起得來。

至於 BES 教師評量學生的方法，則藉由學生在課堂上的發表與互動，以及學生在進行探究活動過程中的紀錄、活動後的反思為評量依據，而且 BES 教師更要求學生寫下他們的思考過程，並不只有最後的成果。

BES：我們其實還是得看他寫出來的東西。就討論是一回事，就是討論之後才會發表，那像他們有發言的我們會註記，就會知道這個同學其實在主動發表的這件事情上面，他是 OK 的。那當然也有那種指定式的分組發表，那這個其實就是過程中會做一些記錄。那他發表的東西，其實我們都會要求他還是要寫在他的那個講義上，因為最後他要留下歷程的。所以最後的評量，還是會有講義上面所寫的那些文字。重要還是要學生回去整理一下自己的想法、要把它寫上去，也不是說大家討論完之後，他知道哪一個比較好，就寫個幾個字，因為我們是看不出他到底是怎麼想的，要寫出他思考的過程比較重要。

BES 教師認為學生習得探究與實作的能力是非常重要的，進度反而不是重點，因此教師會設計許多問題讓學生們思考並給予學生們足夠的時間討論。面對學生們不同的需求與想法，BES 教師覺得最大的困難就是要迅速理解不同組別學生的問題並給予指導。BES 教師同時也提出 108 課綱、教育體制的缺點：太多學科。學生們需要學習的學科越來越多，導致學生們會「放棄」相對不重

要的學科，依此 B 學校為了因應這樣的狀況，高一生不上普通物理及普通化學，而將部分的學科概念融合到探究與實作課程之中。課程是由包含 BES 教師的 B 學校教師團隊一起設計的，以可實作的主題為架構，再從中找尋與學科知識的連結。

BES：我覺得它累是累在第一個是上課前的不確定性，我們可能要先設想過，所以我覺得那個不確定性還有一個就是：我們今天的這東西教給學生，學生解讀出來的，跟我們當時要寫的、傳遞的東西，不見得會完全的吻合，那一旦出現這種不吻合的時候，我得要馬上去補充說明當時我們的概念是什麼。那就算是這樣好了，同學們假設都瞭解了，然後各組開始討論，討論之後一定會分歧，那分歧之後，我們現場要做的事情就是我要很快速的就是進入他們在講什麼東西，因為每一組講的其實是不一樣的，那我要很快的去看一下他們寫的東西，然後還要很快的整理出思緒，而且還不能給他們東西。實作這堂課我一直強迫自己不要給他答案，就是學生可以說出他的想法，那也無所謂，反正最後可能會有一個攻防或是辯論。...就是像這種事情，它發生在課堂上的時候，因為每一組的狀況不同，那學生的基礎或是背景狀況也不同，老師就是要在快速掌握學生的所有的變動，理解每一組學生他們講出來的描述，但學生的描述要聽進去，然後才有辦法再繼續跟他往下討論，那學生就會覺得「喔我講的老師有懂」。如果講完之後老師無法迅速做反應做回應，學生覺得「啊我講的都不見了」，如果有這種感覺的話，那個討論就斷掉、思考就斷掉了。我覺得累是累在這個地方，就是上課前的那個教材實際上會怎麼被解讀，然後再來就是課中的那個變化性實在是太高了。那組數少，就會有冗員：組數多，那個變數就更多，就是每一組都要去處理這個問題的時候，就很累。

BES：從 103 年公布總綱之後，我們在看那個課綱的內容其實就有發現一個問題。比如說自然科有探究實作，然後自然科的學科把時數下降，拿來進行探究實作這門課，可是其實對一個同學來說，他的科目數沒有減少，這件事情其實他一定會讓這整個課綱的價值打折。所以在總綱裡面，同學們一個禮拜中他還是得要上十幾門課，...以他的總科目數還是這麼多，甚至於還增加了。...就比如說國、英、數、社，社會就三科、自然，自然就四科，然後還有各式各樣的綜合活動、藝能活動，那因為有一些新的社會議題出現，所以大家就會去在意那個議題有沒有在這個裡面，比如生命教育或者是資訊、程式設計，這種東西會一直被加進來。...課綱內容一直都在加，而沒有減。那從學生的角度來說，這件事情其實負擔很大。如果我今天是學生，我當然會去取捨哪個東西的好壞，那學生在取捨的時候，自然的選擇放棄了某一些科目，那個科目本來可以培養的東西，也同時就被放棄了。...新課綱很想要強調的那個學生能力的東西，就會在這種學生精神的磨耗之下，他其實很難聚焦...

BES：那我要怎麼去多挪一點時間來上探究實作？那這個時候就我們學校

把它放在高一，就表示高一有些課被拿走了，那我們就是把物化拿走。所以B學校今年的高一同學是不上物化的，他們一整年都不上物化，這樣就減少科目數了。我們把這個東西拿掉，然後把探究實作放進去，我們沒有再加，但其實是「一換一」的概念。因為本來在原有的做法上，自然科—物化生地四科就是對開，所以比如說上學期學生是上物理、地科，下學期是生物、化學。那因為探究實作是一個二二的，就是上、下學期都要上的課，所以其實我們等於把物理化學都拿走，把它的原本的時間放進來探究實作。變成是一個全學年的課程，所以今年的高一是整年都上探究實作，然後，一上、一下就只會上生物跟地科。那他們的物理化學會全部併在高二去上，所以學生會從高二開始，才真的有基礎物理跟選修物理化學的事。

下表 4-7. 列出 BES 教師課程教學前的觀點，可以了解 BES 教師在探究與實作課程中預計的教學方式。

表 4-7. BES 教師課程教學前的觀點

教學理念	學生能夠動手、思考、討論與互動才能有效學習
活動設計	培養學生思考為出發點 從可實作的主題發展課程
使學生合作	給予學生任務，讓學生一起完成
激勵學生	與學生對話，必要時給予提示
確保學生學習	進度不是重點，學生是否習得技能才是重要的
評量學習成就	學生上課發表與互動 講義填寫

5. 教師課程教學前訪談比較

從課程開始前的訪談可以看到不論是每一位教師對於未來課程的規劃都有不同的看法與想法，惟激勵學生學習的部分在 BP 教師有提到該如何幫助學生探究，其他教師則沒有具體的提出教學想法與規劃。

在教師信念部分，大多數的教師都是希望以學生為中心的方式進行教學，給予學生機會可以動手實作、思考問題等等，並希望學生可以在未來可以活用所學習的知識。然而，也有教師是採取相對保守的態度，已依照課綱的要求進行教學。

活動設計方面則大多數是以學生的生活經驗或是新奇有趣的主题與現象來引起學生的學習興趣。有教師認為學科技能是非常重要的，因此從學科做為出發點發展主题與課程，另外有教師採取相反的做法，由可實作的主题與課程作為出發點，再從中找出該主题與學科的連結。

在確保學生學習的面相則延續活動設計的脈絡，在操作技能導向的課程中採取多次、持續練習的方式讓學生習得實驗技能，而當課程設計的出發點主要是培養學生思考，則是利用不斷給予學生問題的互動方式訓練學生的思考。

在評量學生的部分，大多數教師都是依據學生的學習單、講義和上課的參與及回應當作評分的方式。然而，多數教師對於如何有效、準確的評量學生的探究與實作能力都尚未有想法，皆還在思考未來應該如何在這部分進行改善。

下表 4-8.列出 A、B 兩所學校的四位教師課程教學前的觀點，可以了解不同教師在探究與實作課程中預計的教學方式。



向度 教師	教學理念	活動設計	使學生合作	激勵學生	確保學生學習	評量學習成就
AB	讓學生對生物有基本認識，在未來遇到的問題時能運用知識	從生活做連結 學生喜歡的事物 生物科的技能	簡單討論設計給學生	—	給予多次機會讓學生練習	課堂的平時表現 學生自評表與互評表 學習檔案
AC	依據綱指指示來什麼做什麼	以食譜式實驗為基礎，讓學生找出不同的點去變化、去探究	—	—	—	根據學生實驗成品
BP	利用活動增加學生學習興趣 給予學生思考空間	運用新奇的現象讓學生去探索	用開放性的問題讓學生們合作與討論	—	用互動的方式幫助學生思考	上課態度與回答問題 講義填寫
BES	學生能夠動手、思考、討論與互動才能有效學習	培養學生思考為出發點 從可實作的主題發展課程	給予學生任務，讓學生一起完成	與學生對話，必要時給予提示	進度不是重點，學生是否習得技能才重要	學生上課發表與互動 講義填寫

表 4-8. 四位探較與實作教師課程教學前訪談分析表

2. 課程教學後

在課程結束之後，再與教師們進行訪談以了解教師們在整個學期過後對於自身課程、學生改變上有什麼想法及遇到的新問題。在分析方面會將教學理念改為探討教師在 108 課綱下的正課教學，以及保留五大探究與實作因素。

1. AB 教師訪談

AB 教師為了因應 108 課綱，在教學做出了許多改變，試著加入活動來模擬科學家建構理論的過程，以及增加與學生互動與討論的活動。

AB：之前講演化就真的就是講很多的故事，雖然我們覺得故事可能比較生動，可是學生就會覺得這東西是歷史就覺得很無聊，可是像我在後半段的時候我就有放一些，演位數的分法，比方說參考科學園的，這是台大教授利用寶可夢的東西去做演化樹的教學。那我就用他們這個，當作是以以前的科學家去真的模擬，根據型態外型來做來做分類這樣子。所以我覺得就是，真的有在模擬那個狀態。不會像他們以前就是什麼長頸鹿的故事講完，好像都是一樣的，都沒有學到一些新的東西。基本上是增加一些討論活動這樣子。...我只是講了分類的概念這樣子，然後讓他們去嘗試畫出演化樹，然後也是不會超出課本太多，只是讓他們去模擬科學家當初什麼都不知道、什麼分類依據都沒有，然後開始做分類這些事情。

在活動設計的部分，AB 教師原本想要將顯微鏡的課程替換掉，但是看到學生的回饋相當好，因此未來還是會保留這一主題。而光合作用實驗在課程進行中常常沒有很順利且學生回饋也比較少，但由於該單元是教導學生進行數據整理，為了能讓學生學習每種探究與實作的能力，因此也會保留該課程。

AB：這個東西，你要讓他慢慢熟悉顯微鏡的使用、熟悉這個器材，本來就需要花兩三周的時間，但是時間真的花很久，效果普普。所以我本來有在考慮說，是不是應該要把顯微鏡拿掉，然後看到後面幾個班的學生的回饋之後，後面幾個班的學生，有很多人寫說，喜歡、或者印象深刻的實驗是做顯微鏡，是畫圖。我就發現說其實這蠻需要的，所以還是先把它留下來下學期再看看。

AB：每個實驗其實都有學生說他們覺得印象深刻，然後光合作用的是比較少一點，可是光合作用其實最主要就是數據整理的部分。像第二次，四班跟五班的光合作用實驗其實是沒有做起來的，但還是有學生想要再進行一次這個實驗，想要做出來。

在使學生合作學習的部分，教師有設計課程讓學生們需要一起觀察不同的顯微鏡玻片、分工執行實驗以及討論問題等等，雖然一開始學生們之間是充滿衝突的，但是經過一段時間之後，學生們能夠相互合作以及討論出不錯的結論，這讓教師覺得十分有意義而且很有成就感。

AB：而學生們在前三周前四周的時間花了很多時間小組之間在吵架在磨合，到後面之後，我覺得他們進步了，看到學生從本來作業一行字報告到後來，真的是超多，他們都報告寫很滿，我有把幾個蠻好的存起來，我以後是想給其他學生展示。...我有明顯看到他們有明顯的進步，除了是一開始他們實在是一盤散沙太混亂之外，最後隨著因為帶他們最後的反思的時候，發覺他們不是在混一個報告，...這才有意義。因為這樣我覺得上探究的成就感很大，不論是態度上、表達、團隊合作等等都有進步。

在激勵學生、促進學生學習的部分，教師自己認為在角色上需要慢慢的放手、慢慢的轉變，讓學生成為學習的中心。教師也發覺當越放開手讓學生去做，學生們的表現是出乎老師的意料之外。

AB：我覺得會是像這樣子從緊到鬆，就一開始真的還是要講比較多，叮嚀比較多。但我後來就是發現說，我越不叮嚀他們，他們想做出來，他們就越會主動積極去做一些事情，而且還真的做得有模有樣。所以我覺得這真的是，老師真的在探究的部分，真的要是要把縮小縮小，變成一個觀察者跟輔助者的角色，然後還有引導者，那最主要的主角真的是學生。

而在確保學生學習的面向中，教師遇到的難處是一個人沒辦法顧及到每一位學生的問題與需求，尤其是需要引導學生討論的時候。

AB：我覺得就實驗課來說，一個老師背九組學生真的太多了，如果再加上我們去引導他們討論的話，那真的會有點分身乏術。...就是很怕他們，很怕他們弄錯了，然後他們就要再做一次，學生就會沒耐心什麼的，然後你就會擔心東擔心西，你就會很想要一直去跟著他們，然後幫他們去確認、去討論他們每個步驟。這樣子很累，一個老師要顧九組其實還是太多。

在評量學生方面，AB 教師雖然知道其他學校未給予學生新的狀況與情境來評量學生，但目前未能想到其他的評量方式，因此還是以自評表及學習檔案為主要的評量方式。

AB：探究的東西學到的是能力，能力很難評量。所以在後面幾次的評量，我都是以自評表為主，當然也會看他們的學習檔案的情形。我知道其他學校他們的評量，對於不同的情境來說，他們會給予不同的狀況。可能是我還想不到新的狀況可以去評量學生。

AB 教師在課程結束之後，認為在自然科正課的時間太少了，導致教師希望在課堂中以學生為中心帶領他們做討論時會壓縮到課程時間，以及因應未來的素養導向的考題，教師需要花更多時間教導學生閱讀圖表等等，導致課程時間不夠而影響教學內容與品質。AB 教師在教學過後更認為教師們需要不斷的自我增能，除了自身的專業知識以外，更要去了解學生的需求。

AB：說生物的內容增加的素養方面真的沒有到很多。可是，這些題型其實都會出現在考試裡，所以我覺得可能要多花一點時間去帶他們去閱讀圖表。當下學生們可以聽懂，可是之後再問的話好像又有點茫然。...我覺得自然科的時間好少喔。如果你想要真的不要以老師導向，你要以學生為主體去慢慢帶這些教學活動的話，真的會沒時間。...到後來我還是超趕。只因為我加了一個活動，所以到後來的這些討論活動或是課程我都必須講的非常快。

AB：我覺得老師自己要多多去增能，你才知道說你們學校學生需要什麼。今天我們去看出版社其實出版很多教案，我覺得我們學校學生這樣的教法，適合其他學校學生可能不是這樣的教法，有些學校他們其實會有地緣關係，或者是說，有很多的時候其實我們是需要用一些學生的語言去跟他們互動的，...所以我覺得用這樣的方式去做課程，就是用他們的語言去跟他們對話多多少少去了解他們。

下表 4-9. 列出 AB 教師課程教學後的觀點，可以了解 AB 教師在探究與實作課程結束後的教學心得與反思。

表 4-9. AB 教師課程教學後的觀點

108 課綱	讓學生體驗科學家的研究歷程
的正課教學	給予學生更多討論與思考的活動
活動設計	根據學生回饋、課程完整性選擇保留目前課程
使學生合作	學生在合作中成長
激勵學生	轉變教師角色，使學生為中心
確保學生學習	教師難以顧及每位學生
評量學習成就	自評表與學習檔案為主

2. AC 教師訪談

教師認為 108 課綱的內容無法教完、難以拿捏學習內容的深淺，並且也沒有時間可以讓學生動手做課本中的實驗。由於未來大學入學考試的難易程度還不確定，因此 AC 教師也很擔心目前的教學內容會讓學生難以在考試中擁有好的表現。

AC：目前來講以高一而言課程真的教不完或很趕。實驗在我們學校的話根本沒有辦法去做，沒有任何時間可以去做。...以基礎化學而言是類似科普廣泛去教，那我們不要去做太深入探討，深入的東西你要留到選修化學去教，而且基本上你不負責複雜計算，那重點是這個複雜的程度是由誰去認定？像我們認為簡單的化學劑量的題目嗎？學生就覺得很難...所以雖然課本東西是比較簡單，但是還是上不完。...如果沒有對一些東西基礎了解，你只能大概是看題目背答案這樣子而已，內容真的太多了。

AC：課綱就故意讓你上簡單，但重點萬一大考他考出來不是簡單的話，相對我們教的東西導致學生程度是不是太低了？那不是變相鼓勵他們去補習？

對於探究與實作課程的設計，教師會慢慢的根據教學而修正。AC 教師發現學生在執行實驗時就花費大多數的時間，學生只有實作而沒有讓學生探究的機會。因此在未來課程上會刪減實驗主題，才留有時間讓學生自己嘗試不同的實驗變因。

AC：實驗流程已經佔據太多時間。那真的太多時間，學校電子天秤就是兩台，就不夠學生用。而且藥品的東西又有很多限制，一些好玩的東西現在通通不能買。因為第一目前課程都比較亂，因為還不知道學生的程度，所以這個我會滾動式修正，以後不會那麼多，可能半學期就是兩個，讓學生自己去做自己去試變因。目前上學期就是再試行這個課程，下學期的話是其他兩個老師做，不過他應該也不會再減低，而是希望能再衍伸下去。我也跟其他老師講說我做這麼多，我發現只有實作沒有探究。目前預計是會有酸鹼跟化學劑量這兩個。...反正就是做再說，發現不行再修正。課程內容量我們就是覺得趕，趕也是有辦法應付的。

在使學生合作和激勵學生這兩個面向，AC 教師並沒有在訪談中提到。而確保學生學習的方面，AC 教師覺得在這一年中都是在測試學生的程度在哪裡，未來才能根據學生的程度調整課程。AC 教師也面臨到學生在實作方面都面臨問題，擔心他們無法進行探究的部分。

AC：所以現在第一年等於說他們就是白老鼠，就是試試看，你也不知道他們程度如何。...現在我們要在想辦法配合學生，我們調整難易度到他們可以理解的程度。

AC：學生操作實驗步驟過程都看不懂，我要花更多時間慢慢講要怎麼做。像是我實驗步驟在黑板上都有了，我第一次碰到這樣子，每一個步驟都寫給你了，學生還會做錯、看不懂，所以所有的教學我們要依學生的程度去教的。連基本操作、看實驗步驟都做不出來，請問我們還可以再更探究下去嗎？

在評量學生學習成就方面，AC 教師因為時間不足，無法讓學生上台口頭報告，但教師會在之後的課程修正。AC 教師也害怕若是學生評量的成績不好，會降低他們的學習意願。

AC：我們基本上沒有評量。當初我們預想到最後做完之後，他們一定要把實驗紀錄拿來做簡報，同時讓他們學習如何表達。讓學生每個人的簡報互相評比，而且上台口頭報告這學期做的心得如何，但沒時間上台。之後我可能會慢慢修正到都可以這樣做，因為第一年都是亂的。...如果再加上評量之後，如果評量的效果不好，學生的成就感低，更不願意繼續讀下去了。

在訪談之中，AC 教師表示學生的閱讀能力不好，不論是課堂中或是探究與實作課程中，都會遇到學生無法理解題幹或是文字敘述的意思。AC 教師希望教育主管機關可以給探究與實作教師們統一的標準、標準化的課程與內容，讓教師們可以遵循並進行教學。最後 AC 教師認為探究與實作課不應該獨立出來而是回歸科內，並給予多一點的上課時數讓教師將教材完整教授給學生。

AC：素養題基本上是把他們做文字敘述。學生可以回答簡單的敘述文字，但多了文字的包裝之後就不太行，這跟國文閱讀能力有關。...就像前幾天我們班學生來問我一個題目，他說題目看不懂，原來他以為錶玻璃的錶是一個什麼元素，因為錶一個金再一個表，手錶的錶，他以為錶是週期表元素之一！我覺得他們現在真的是對中文理解能力有很大的問題。因為 3C 的東西都是用短文字

敘述，當遇到一些長文字的時候斷句不會斷，就完全不知道題目在講什麼。

AC：研習我都有去參加，但講師講的內容跟要求都不一樣。所以現在就變成大家都很亂，希望能變成一個標準化，教師們不會去一直撞牆。現在感覺上大家都在撞牆，撞到後來看哪個比較好，等教材流出來的時候大家跟著做會有什麼情況，可是課程內容難易度又要考量學生。中央開研習是可以的，只是研習的講師常常跟其他的有很大的落差，研習講師都當作我們是有底子，但我們根本沒有的，也沒有提供很好的東西給我們參考。

AC：我是覺得不要硬是為了探究而有探究實作課，而是這個課可以回歸到正常教學，只不過重點是堂數要夠多，而不是內容多到我們實驗都不能做。而且這種課程變成說每個學校都自己玩自己探究，教材不一樣。那為什麼不能用課本的實驗去做？最早研習的時候，那些講師都說，課本也能來探究啊，到最後全部打回票。

下表 4-10. 列出 AC 教師課程教學後的觀點，可以了解 AC 教師在探究與實作課程結束後的看法。

表 4-10. AC 教師課程教學後的觀點

108 課綱	課程內容教不完、深淺難以拿捏
的正課教學	入學考試難易度不確定，擔心學生程度不足
活動設計	內容會再慢慢修正 刪除實驗主題至兩項
使學生合作	—
激勵學生	—
確保學生學習	目前還在測試學生的程度，未來會根據學生程度做配合
評量學習成就	預計讓學生上台報告，因時間因素無法進行

3. BP 教師訪談

BP 教師在 108 課綱的正課中，原本會在正課中帶學生做的活動拿到探究與實作中進行。對 BP 教師來說他的負擔減輕了，而且在經費上也有學校可以核銷。而在正課方面，教師並不覺得有太多教學上的改變，主要還是探究與實作課程對教師的影響比較大。

BP：我本來在其他學校的時候，就平均大概一次段考就會帶一次類似這種活動課的概念。那是自己設計的一個課程，但是那個很累啊，因為全部都要自己弄，然後教材其實學校也不會補助，都是自己的費用。只是現在就有一門課叫探究與實作，也不需要再特別上。

BP：108 年課綱對於一般課程是沒有什麼改變，只是多一個探究與實作課程而已。就是如果你進到不同的學校，就有他們有自己的教材。你要從他的教材再研發，再變成自己的跟學生教的教材，可能就有點要去看，就是不是自己習慣的教材啦。

在探究與實作的課程活動設計上，BP 教師認為大家目前都是把自己較為拿手的題目改為探究與實作課程，因次課程缺少統整性、無法發揮完整的探究實作精神。

BP：我覺得因為 B 學校都還是在邊做邊摸，所以整個學校我猜都很亂，就老師把自己習慣的課程或比較拿手的課程拿出來上的概念。然後也沒有統整性，或是真的也沒有發揮所謂理論的精神。怎麼發現問題，然後建構，然後怎麼之類的，發表就這樣。真的要做到那樣，其實可能是有點難度的。

BP 教師在訪談之中沒有特別提到學生合作學習的部分，但是在激勵、促進學生學習這塊，BP 教師認為之後應該會再給予學生多一點鷹架，因為當給予學生太開放的探究空間時，學生的想法太過發散、無法聚焦。

BP：我覺得要加入更多的鷹架。就是在開放性下以後把一些鷹架給蓋好，那他也不會無頭蒼蠅的亂鑽亂鑽。然後在這鷹架當中又可以發揮自己的一些概念或思考這樣子。...比方說變因舉例好了，可能先透過一、兩個變因，我給他一個表格或給他一些概念，讓他設計出來去，後面其他的變因是他自己去發揮他要怎麼設計。可是我們這次是開放的，就是全部要自己調，那效果沒有很好。

在確保學生學習的部分，BP 教師時認為探究與實作課程就像是帶學生做科展，需要不斷的跟學生對話、討論也要確認每個學生的進度。因此 BP 教師認為以現在一個班級兩位教師還是無法給予學生良好的探究與實作教學。

BP：就類似你帶科展或小論文，一次帶這麼多組別，那其實很難去完整的發揮跟確認學生的歷程，因為每組發展的枝末都不太一樣，他沒辦法一個老師或兩個老師控制整個往下發展的那個路。我覺得一個班兩個老師還是太少了，不然就要降低師生比。...上課過程常常會想說有些東西到底要不要直接講，還

是不要講讓學生自己發現...要一個個這樣帶學生思考，缺點就是比較慢，而每個組別都要下去帶，時間要花很長。另外一個老師一起配合這樣，因為如果六個組或九個組，一個老師根本就起不來。人數可以再降低吧，班級人數再降低才有辦法進行那種研究。

在評量學習成就方面，除了學生的發表與上課過程之外，BP 教師在期中的時候實施一次紙筆測驗，教師認為還是無法測出學生的探究與實作能力，只能看出學生是否有認真參與課程。因為 BP 教師的目的是學生的問題解決能力，因此考慮在未來利用抽考時做題目的方式，讓學生當場解決未知的問題。

BP：其實這很難評量，因為我們這學習評量的方式就是一次考試，然後跟他上課發表跟上課一個過程的概念。那評量要用紙本的評量，感覺還是沒有這麼把他能力考出來的感覺。那看過程的態度，又好像只是在分析他有沒有認真上課跟參與這樣而已。那真的要把他能解決問題這個東西給考出來，或是看他真的有沒有得到這種概念，目前我們沒有這個方式。我在想說，可能之後考試是實作的，然後可能是十種或二十種的題目，他可能抽到一個題目之後當場解決它的概念，但是我不知道會不會太難。因為紙本還是會偏理論一點點，我們最終目的還是希望學生遇到一個問題解決它，那如果真的遇到了這個問題，他解得出來嗎？這個可能就還要測一下。

BP：學生有實際參與的話，你還是可以多少寫出一些東西。因為我們帶的過程其實都有慢慢引導學生講出一些東西，那個考試變成學生有跟著參與你就可以寫出東西。但是我還沒辦法看出你有沒有辦法解決一個問題，因為那是我們做過的東西。你沒有碰過的東西，但是你有辦法自己解決出來，從頭到尾自己建構，這才是我們最後要達到的目標。這個要如何評量出來，可能還要再想要用什麼方式。

BP 教師在訪談中表示因為有過往的相關經驗，因此在整個 108 課綱之下沒有什麼問題。另外雖然 BP 教師並沒有參與探究與實作課程開發，同校的探究與實作教師可以互相討論與分享經驗，讓 BP 教師遇到問題時都能解決。BP 教師也希望未來的工作坊可以請探究與實作專長的教師進行教學示範與分享課程設計，幫助教師們了解如何進行教學，而非在工作坊中單純講述理論。

BP：108 課綱我覺得，因為我之前就是跟那個教授嘛，所以是可以把這一塊拿出來用。我覺得還不錯可以發揮一些專長這樣，也沒遇到什麼大問題。

BP：這邊老師很優秀，可以互相分享經驗跟一些理論。比方說我們水壓計

的理論，有些老師就很厲害，就可以去問一些東西這樣，所以上手算還滿快的。如果是教師已經設計完，卻找不到人問，那你要直接上那個課程，我覺得是有困難的。...我們學校因為有四組人馬在上這個課，彼此都會互相分享一些經驗，所以還蠻棒的。

BP：目前研習方面大部分都是對老師在講一些理論，然後或是拿一些東西給老師跟著一起玩玩看的概念而已，但也沒有實際的教學。我覺得還是需要已經有做一陣子的老師，不管在帶的方面、引導方面跟課程設計方面都已經一段時間的老師，然後示範個好幾次的教學，讓我們參考跟學習。不是一直講理論，可能是實際教學的公開觀課那種。

下表 4-11.列出 BP 教師課程教學後的觀點，可以了解 BP 教師在探究與實作課程結束後的看法以及對之後課程的規劃。

表 4-11. BP 教師課程教學後的觀點

108 課綱	教學沒受影響，將活動移至探究與實作課程中的正課教學
活動設計	以教師專長做為探究題目，尚缺統整性
使學生合作	—
激勵學生	加入更多鷹架，讓學生學習聚焦
確保學生學習	師生比太高，無法有效教學
評量學習成就	上課參與及發表 紙筆測驗無法測出能力，考慮實作測驗

4. BES 教師訪談

BES 教師覺得在 108 課綱下的正課之中，教師覺得教法上沒有太大的變化，但嘗試在課程中帶入議題討論，讓學生有不一樣的實作活動。而且學生的學習歷程被課綱所重視，教師需要常常提醒學生要準備自己的歷程檔案。

BES：我覺得自己教法上倒是沒什麼改變。不是因為說沒有跟著課綱走，而是過去在上課的時候習慣就是問答，本來就比較不喜歡那種灌輸或是單向的講授的方法。除了課堂上的問答之外，也有多一些實作的東西。當然不一定是做實驗，可能是議題探討或是議題解決這樣子的東西。在課堂上會開始思考說要多放一些這種東西讓學生比較多樣的去運用或是收集資料解決問題。

BES：另外一個比較不一樣的就是，因為學生的學習歷程被注重了，所以教學過程中要多想一想，要怎麼提醒他們預先準備歷程的部分，或是要他們把這件事情放在心上。

BES 教師覺得他們在學生活動上達不大原先設計的課程量，但是對於學生能力的培養與引導是相對樂觀的。

BES：教學內容來說，其實我們大概只達成了四分之二點五。這表示我們在一開始預設課程內容的時候，真的有一點理想。應該說以想要落實探究實作的精神來說，那樣課程的量實在是還是太大。教學內容部分不如預期，但是在過程中想要達成探究實作的那些引導，我覺得應該至少有七成到八成。

BES 教師認為在學生合作學習的部分，最大的問題在於學生間的個別落差。有學生很願意積極的投入在課程中，有學生則是因為確認自己未來的方向，因此在課堂中較不投入，導致學生實作分工上或是相互討論上出現問題甚至開始放棄學習。

BES：我覺得同學的個別落差還是非常的明顯。我們大概四個人一組，四個人一組已經算很小的一個編制了。即便是這樣子，一組也有一、兩個沒有辦法參與在那個小組裡面，其他人一定會受到影響，那壓力會變大甚至可能會覺得，那我自己何必那麼認真。有些人是態度上，比如說有個同學他一開始就是不覺得這門課對他的未來是重要的。因為他明確的知道自己未來不走數理。如果那不走數理的話，老實說他的學習檔案還真的不用放這個。這門課對他來講也不過就是成績單上面的一門課這樣而已。那因為他一開始的...對自己的期待就是不在數理內，所以他也不覺得這門課有什麼必要。所以他在課堂上參與上真的也就是比較少。

而在激勵學生、促進學生學習的部分，認為需要先幫助學生搭建知識的鷹架，學生在後續探究的時候才不會沒辦法聚焦。

BES：未來可能要考慮一件事情就是，有些屬於知識的鷹架還是要先搭，關於知識的部分還是要先講一講，而且可能要搭得比我們現在預期的還要再多一點。...各班探究與實作老師們有稍微交換過想法，風力發電主題真的太開放。雖然那個主題看起來很簡單，就是只是做扇葉然後連結到後面的風速跟轉換效率。可是光這件事情的那個扇葉部分就非常的不理想，就是學生做出來的扇葉非常的不理想。...最後還是混成一團，即便是去做效率計算學生也沒辦法

探討出什麼。就是這個部分我覺得我們一開始給的設定真的是太快。

在確保學生學習的部分，BP 教師認為教學的人力是一個問題，兩位教師還是沒辦法顧及學生的學習歷程。另外教師也在遇到學生放棄或是學生遭遇困難的時候，額外給予學生或是該組額外的關懷與鼓勵，但是面對以些已經放棄的學生，教師還不知道該如何幫助它們。

BES：實際上的問題還是人力，今年雖然是兩個老師同時在一個課堂上進行這堂課，但是要兼顧九個組的每一組的發展狀況其實沒有那麼簡單。

BES：同學在他有困難的時候，我們就得要過、多關照他一下。了解卡關的地方在哪？就是當同學沒有辦法給他一些討論的知識，變成我們要多給他一點關心或是推他一把，要再多花一點心力在這個組別，或是這個同學的身上。...就是這種課程可以更清楚的知道每個學生的特質是什麼，可以被引導的當然就會盡全力去引導他。但是放棄了自己或是已經疲乏了的這群學生，我還沒想到一個方法去拉拔他們。

在評量學生學習方面，除了學生的實作成果與過程之外，BES 教師在期中加入了一次非選擇題的紙筆測驗，教師認為透過形成性評量可以稍微了解學生探究與實作的參與程度及該主題的能力，但對於普遍性的探究實作能力就還沒想到測驗的方法。

BES：我們紙筆測驗是有過程的形成性評量。實作的部分都有收集他們的成果跟回饋。因為這門課就是實作，形成性評量是必要的。我們這學期中的紙筆測驗題目其實就是設計過的。那裡面有一部分是來自於學生必需要在課堂上參與而且動手做過才能夠答得出來的東西，全部都是非選擇題。其實馬上就會看到他到底是不是組裡的米蟲。...那一份卷子蠻明顯就是探究實作的部分有參與的或是有從這裡面學到一些過程或是知識的人，他那份卷子就確實會表現比較好。所以我覺得紙筆測驗還是可以測得出探究實作這樣子的精神。...其實我們也在想說，如果要測一個普遍性的探究實作的能力要怎麼進行？譬如說接受到不同問題的時候，他用什麼方式去解決那個問題。但是以現況來說我覺得學生的這塊能力，在一個學期的課程中應該是沒有辦法達成。也就是，不管今天我們給他什麼樣子的主題的探究的東西。他當下可以解決那個主題的問題。可是時間還不夠讓他們可以轉化到不限定範圍問題的那個能力上。...那份紙筆測驗真的可以看出同學的在先前投入了多少。

BES 教師也提到 108 課綱強調學生的自主學習，BES 教師認為學生還沒有這樣的能力，因此教師需要花額外的時間去提醒、關注學生的學習歷程。BES 教師會希望教育機關能更積極地跟教師、家長與學生說明 108 課綱及探究與實作在未來的重要性，以及舉辦探究與實作課程的交流會，讓教師們能夠彼此分享自己的課程，也能與不同教師討論出精進課程的方法。BES 教師同時也提出在課程設計時的反思，該知識是否需要用「探究」的方式獲得？若是簡單、直覺的知識為什麼需要讓學生花這麼多的時間去了解？因此 B 學校在設計課程時還是十分注重學生所要學習的知識點。

BES：我覺得像是 108 課綱落實到學生的自主學習，或者學生要能夠察覺到他們每個時刻其實都是學習的累積。這件事情需要多一點老師、外部資源或者是學系統來幫忙，大家都在同一個狀況下。這以往是很不一樣的模式，學生是必需要被提醒。...在課堂過程中，只能偶爾提醒他們說這東西要整理了。然後用更多的檢核時間點去看他們的講義。至少要確保學生在學習過程中有留下一些東西。不然其實以往在我自己的課堂上，平常不會是那麼多次回收課本或講義這樣子的作法。這學期確實有比較多，除了用講義之外，我自己也用 Google classroom 在收作業，其實就可以不停的檢視他們交的狀況是什麼。

BES：我覺得現在比較需要的是教育主管機關更具體的告訴現場的老師、學生跟家長，這個東西未來到底會怎麼看待。就是當我們在現場這麼講究這些能力、要去訓練學生這些能力的時候，如果在未來、在現實上不被太看重的話，家長跟學生一定會跟現實妥協，那教師就會變成裡外不是人。所以我覺得教育主管機關他們要更明確的告訴大家，這東西未來到底要怎麼被看待。另外我覺得大家可以交流一些課程的經驗。因為我們已經在實際上課，所以我們會有一些課程需要修正或是需要別人提供建議的東西。

BES：我們學校自己在設計探究實作課程時，我們就是扣著學科知識在發展。...我們同時達到了問題解決、觀察現象，然後到測量、解決問題，再扣到理論，我們最後還是回歸到一個理論上。但其他學校的探究實作課程不是這樣子出發的，像我聽說過做彈性虎克定律的，...因為虎克定律是相對基本的東西，也就是就算我們不用探究過程我也可以獲得的一個結論。...就是做出一個好像他們理所當然大概只要花個二十分鐘左右的課堂時間，我就可以講的清楚的也許學生根本就不會有問題的定理。我覺得那個實作有一種感覺就是，老師花了兩倍到三倍以上的時間去教一個其實原本只要十、二十分鐘講而且學生不會有任何困難的知識。這是不是有效益的？...也許價值是那個過程沒錯，當然同學可能從過程中可能也獲得了一些其他的啟發啦，但他最後做出來這個東西，可能對於現在的世界沒有幫助。我覺得同學們會有這種反應。我覺得這個

是探究實作這門課大家在設定議題的時候的另外一種糾結，就是我們學校無法放棄知識點的部分，設定的不會太簡單。

下表 4-12. 列出 BES 教師課程教學後的觀點，可以了解 BES 教師在探究與實作課程結束後的整體想法。

表 4-12. BES 課程教學後的觀點

108 課綱	課程中帶入議題討論
的正課教學	提醒學生準備學習歷程
活動設計	無達到課程設計的「量」但「質」有達成
使學生合作	個別落差使學生學習效果不一
激勵學生	搭建學生知識的鷹架
確保學生學習	人力不足無法顧及學生需求 額外時間照顧需要幫助的學生
評量學習成就	學生實作成果 紙筆測驗些許測出探究實作精神與學生是否投入 未來如何測出普遍性的探究實作能力

3. 教師課程教學後訪談比較

從課程結束後的訪談可以看到半數的教師在正課之中加入了更多的活動與議題讓學生們可以進行討論，同時也有教師對於正課的內容表達擔憂。

設計活動方面可以看到大多數的教師都打算刪減實驗、主題的數量，教師們認為要符合探究與實作的精神、要培養學生的能力，過多的實驗主題反而沒有時間讓學生好好進行探究。

在學生合作學習的部分，有教師認為活動可以讓學生相互學習、相互成長，但是有教師發現因為學生自身能力以及對未來期待的差異，反而會使學生放棄學習。

在激勵學生的面向，有教師在教學過程中漸漸放手，讓學生更有自主性去進行探究；有教師發覺在探究過程中需要給予學生更多的鷹架使學生能有效學習。這些都可以看到教師們以學生為中心，注重於學生的思考以及學習歷程。

而教師們紛紛反映在教學上人力不足，難以確保學生的學習。可以看到 B 學校就算已經進行協同教學，仍然反應無法顧及每一位學生。

在評量學生的部分，大多數教師仍然以學生的講義、上課的參與、回應與實作作品當作評分的方式。而教師也考慮在未來利用實作評量的方式評估學生的學習成效。

下表 4-13. 列出 A、B 兩所學校的四位教師的訪談分析，可以了解不同教師在進行探究與實作課程後的看法想法。

向度 教師	108 課綱 的正課教學	活動設計	使學生合作	激勵學生	確保學生學習	評量學習成就
AB	讓學生體驗科學家的研究歷程給予學生更多討論與思考的活動	根據學生回饋、課程完整性選擇保留目前課程	學生在合作中成長	轉變教師角色，使學生為中心	教師難以顧及每位學生	自評表與學習檔案為主
AC	課程內容教不完、深淺難拿捏擔心學生程度不足面對考試	內容會再慢慢修正刪除實驗主題至兩項	—	—	目前還在測試學生的程度，未來會根據學生程度做配合	預計讓學生上台報告，因時間因素無法進行
BP	教學沒受影響，將活動移至探究與實作課程中	以教師專長做為探究題目，尚缺統整性	—	加入更多鷹架，讓學生學習聚焦	師生比太高，無法有效教學	上課參與及發表紙筆測驗無法測出能力，考慮實作測驗
BES	課程中帶入議題討論提醒學生準備學習歷程	無達到課程設計的「量」但「質」有達成	個別落差使學生學習效果不一	搭建學生知識的鷹架	人力不足無法顧及學生需求 額外時間照顧需要幫助的學生	學生實作成果探究實作精神與學生投入 普遍性探究能力

表 4-13. 四位探較與實作教師課程教學後訪談分析表

第三節 教師探究與實作教學分析與評鑑

在這一節會羅列出 A、B 學校每一堂課的評鑑結果，並概述教師在課堂中的教學流程、教學行為以及與學生的對話。每一堂課研究者觀察教師在課堂中的教學行為並登記至課程評鑑量表，以顯示教師在該課堂之中進行探究與實作課程相關教學行為的次數。在探究與實作課程單元結束後，研究者會依照教師在該單元的整體教學行為，以本研究開發的單元評鑑量表進行評分與分析。

一、 A 學校 AB 教師教學情形

1. AB 教師第一堂課

日期：2019/09/09

教學內容：實驗室安全、簡圖與點圖、顯微鏡使用、觀察標本

教學情形：

教師指引學生進入實驗室，5 道 6 個學生為一組。學生的座位上每人有一台顯微鏡可以讓學生操作。教師首先運用簡報針對實驗安全守則進行說明，再來是顯微鏡的原理、構造與操作、常見錯誤對學生進行教學，學生主要是坐在台下聆聽老師的指導，並在教師說明顯微鏡的構造時觸摸顯微鏡以明白該部位應如何操作。接下來是向學生說明應該如何繪製點圖，強調點圖在生物學的重要性，並且比較簡圖與點圖的不同及示範點圖的繪製方式。

接下來教師開始說明今天上課的主要任務—觀察玻片。教師要求學生要觀察玻片並比較小腸細胞、精子、心肌、平滑肌與骨骼肌細胞和風媒花與蟲媒花的花粉之間的差異。教師強調需要看的玻片很多，因此需要學生們合作，當有觀察到物體時，必須趕快找同學一起觀看玻片和運用手機拍照記錄。

當學生開始觀察之後，教師便開始幫助學生解決觀察的問題。教室不斷在各組遊走提醒學生操作顯微鏡的注意事項，像是要學生開顯微鏡的燈、調節光圈大小等等。當學生向老師發問有關操作方面的問題時，教師主要是利用詢問

的方式幫助學生解決。

教師：你看不到對不對？

學生：對，我找不到東西

教師：你有沒有大概先看玻片的物體在哪裡，然後用鏡頭大概對準？

學生：已經有對到啦。

教師：(看了一下鏡頭倍率) 那你是怎麼調的？

學生：唉...我就一直轉這個 (比細調節輪) 但都沒東西。

教師：你都沒還找到東西，應該先要用粗調節輪大概找到後，才用細調節輪去把視野變清晰。

評鑑成果：(如表 4-14.)

表 4-14. AB 第一堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	6
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	6
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	6

2. AB 教師第二堂課

日期：2019/09/16

教學內容：玻片製作、植物細胞觀察

教學情形：

教師將上周的學習單發回去，接著對上禮拜觀察實驗做講解與檢討，主要講述不同細胞的型態特色，也讓學生去討論上次操作時遇到的困難應該要如何解決。教師給學生大約 2 到 3 分鐘，讓學生能針對沒有敘述完整的部分補上。

接著教師開始講解今日觀察植物細胞的流程，首先是如何製作水埋玻片，包括如何運用解剖刀縱切與橫切、折撕法、抹片法。除了觀察不同的植物細胞之外，也希望學生能觀察到澱粉粒、雜色體與鐘乳體。由於學生已經在上禮拜操作過顯微鏡，因此在顯微鏡的操作上沒有許多問題需要教師協助，在課堂剛開始的部分，教師一組一組的向學生示範應該如何切出、製作出好的水埋玻片。教師在課堂剩 15 分鐘左右就開始請學生收拾實驗器材，並詢問學生問題。

教師：紫背萬年青的下表皮都有花青素嗎？有些是透明的？

學生 1：因為有些是正面有些是背面。

教師：可是我們看的是下表皮耶。我們多數是看下表皮，因為下表皮有...？保卫細胞。還有沒有人要來回答看看？還是誰有看到差異？

學生 2：我有看到差異。

教師：很好，你覺得為什麼？

學生 2：嗯....

教師：大家來想看看，你們是怎麼取得下表皮的？你們是用什麼方式？我們是用撕的，這樣我們取得的細胞是完整的細胞嗎？有沒有可能不小心破壞了。液胞破壞了，花青素就沒了。

之後教師也讓學生們動腦想如何分辨觀察到的到底是澱粉粒還是水滴，而學生在回答時，不斷「為什麼」來幫助學生整理思緒、引誘學生說出更多想法。

教師：你如何分辨澱粉粒還是水滴？

學生 3：水滴會很密

教師：可是泡泡我也可以把它打散阿。這好像不是很好的方法

學生 4：形狀有差

教師：形狀怎樣有差？

學生4：就是...

教師：形狀不是看大小也不是看疏密，那還有什麼？

學生5：水滴的形狀比較圓，澱粉粒的比較像橢圓。

教師：那我們還有哪些方法可以分辨澱粉粒還是水滴？我們可以加什麼試劑？

學生5：碘液！

評鑑成果：(如表 4-15.)

表 4-15. AB 第二堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	1
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	3
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	2
總次數	12

3. AB 教師單元一總結

教學單元：顯微鏡操作與玻片製作

日期：2019/09/09-23

表 4-16. AB 教師單元一評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
五、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	3
六、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	2
七、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	2
八、教師如何利用驅動問題 0: 無（當作開場白，無互動） 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	1
小計	8 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2，老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	0
二、教師給予學生幫助與回饋，讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無 1: 僅回答問題，無刺激學生思考	1

2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	2
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	2
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	2
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	2
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	0
小計	9 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激發更多想法	2

二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	0
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	2
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	2
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	10 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品 2: 教師指示學生利用證據來完成作品	2

3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	2
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	1
小計	6 分
總計	33 分

在這個單元之中，AB 教師在課堂一開始詢問：如果學生自己舉辦一個夏令營要教小朋友們使用顯微鏡，學生們應該要怎麼教小朋友使用？小朋友會遇到什麼問題？教室利用這個提問帶領學生們去複習顯微鏡的功能、顯微鏡的操作。因此這個問題可以有效地與學生過去的學習經驗做連結，但是這樣的事情很難發生在學生的一般日常生活當中，而且驅動問題只與課程前半部分做呼應，後續製作與觀察玻片皆與驅動問題無關。

由於教師在設計課程時的出發點是在訓練學生的實驗操作技能，因此學生在課堂中僅按照教師給予的器材與步驟進行實驗，沒有機會去發揮、呈現學生自己的思考，也無法自己設計實驗方法與流程。教師在詢問學生問題時，只有針對學生操作顯微鏡的過程、如何製作玻片及玻片中的物體做詢問，並沒有請學生運用不同領域的知識來回答、解決問題，而且在詢問學生問題時，皆是確認性或是知識性的提問，無法幫助學生做延伸思考或是更高位階的思考訓練。

然而，教師在課程之中不斷的幫助學生解決問題，當學生向教師求助時，教師會先確認學生的問題為何，再帶領學生確認每一個步驟與環節是否正確，若學生依然無法解決，教時則會親自操作讓學生明白應該如何使用器材或是直接幫助學生解決問題。

評量方面教師則是在教學過程中不斷確認學生的技能的熟練程度以及利用問答的方式確認學生的知識，並要求學生在離開教室前必須要先完成學習單。



4. AB 教師第三堂課

日期：2019/09/23

教學內容：檢討學習單、植物觀察紀錄

教學情形：

學生們回到教室內依照組別坐好，並發給每組一個小白板供學生將回答寫下。教師在這堂課中要學生於小白板上下寫下在學習單中的水埋玻片製作方法（徒手法、折撕法、壓片法、抹片法）、細胞型態與功能的關聯和為什麼製作玻片需要加水（教師提供折射率當作線索）的回答。而教師依據學生的回答向全班解說學生的答案，同時向學生說明實驗中問題的可能解決方法。教師在解說為什麼製作玻片需要滴水時，舉生活中的例子—硬幣在水杯來協助學生理解，利用水與玻璃的折射率相近，來降低折射的影響。檢討完畢後收學習單。

之後進入下一單元—認識校園植物，教師先介紹會運用的手機軟體以及紀錄觀察的格式、描述植物的技巧。講述完之後便帶隊到校園中特定的區域讓學生觀察記錄植物，並利用手機幫助辨識植物。讓學生觀察 20 分鐘之後，教師就帶學生回教室並讓學生上台分享所觀察的植物。而每當學生介紹完一個植物之後，教師會對學生所遺漏的資訊進行補充，額外的敘述包括植物在生活中的應用、植物花朵的特色等等。

評鑑成果：(如表 4-17.)

表 4-17. AB 第三堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	5
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	8
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	18

5. AB 教師單元二總結

日期：2019/09/09-23

教學單元：校園植物觀察

單元評鑑成果：(如表 4-18.)

表 4-18. AB 教師單元二評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
一、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	3
二、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	3
三、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	2
四、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	0
小計	8 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	0
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	1

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	1
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	2
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	1
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	0
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	0
小計	5 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	2

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	0
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	2
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	0
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	8 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	1

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	2
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	2
小計	6 分
總計	27 分

教師的驅動問題企圖激起學生對於生活周遭的植物產生好奇及疑問，並起可以與學生在國中時期學習單子葉、雙子葉的相關知識做連結。然而教師僅利用該問題當作開場白，告訴學生當天為什麼要做這個活動而已，在課程當中以及課程結束時並沒有做一個統整回顧。而課程內容設定過於簡單，僅讓學生們觀察植物、敘述植物以及查詢該植物的特性及用途，並無融入高中或是其他學習階段的知識於其中。

在課堂進行時，教師讓學生們到特定區域觀察植物、用手機軟體辨識植物、上網查詢該植物的特性與特徵等等。因此過程之中，教師主要是監督學生是否有確實執行實作任務，以及確保學生在校園活動時的安全。

在評量方面，教師在學生收集完植物觀察紀錄後，讓學生們上台報告他們的結果。教師也依據學生勾選的自評表和撰寫心得來當作評分依據。

6. AB 教師第四堂課

日期：2019/10/14

教學內容：分子料理－實驗設計

教學情形：

這次上課在教室內上課，學生們依照組別坐在一起，老師發小白板給各組。教師首先展示雞蛋的圖片詢問學生其組成成份是什麼，學生使用小白板給老師看他們的答案之後，教師開始介紹廚師們如何運用乳化作用、晶球化作用、液態氮和低溫烹調來製作料理以及上述作用的原理。而學生們在這單元需要運用晶球化作用製作美食，並需要自己設計實驗步驟來達成目標。而教師透過撥放影片的方式展示其他人運用晶球化作用製作美食的流程為何，之後再次提醒學生製作過程有哪些注意事項，像是酸性溶液難以晶球化以及含有鈣離子的飲料需要特別注意處理順序。教師之後跟學生講述設計實驗流程時需要額外測試晶球化作用反應時間長短與其堅硬程度之間的關係。教師在介紹完後，也跟學生說明評分方式－自評與小組互評，而評分的項目包含外觀、口感、美味程度等等。教師給予學生 40 分鐘討論他們要做什麼樣的美食，以及設計實驗方法，之後各組上台介紹自己的菜色，並決定試吃順序。在學生討論的過程中，教師在各組遊走，確認學生的食材、實驗流程是可行的，教師並無干涉學生實驗方法與步驟，僅確認學生是否由制定出流程。

評鑑成果：(如表 4-19.)

表 4-19. AB 第四堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	1
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	1
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	6
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	8

7. AB 教師第五堂課

日期：2019/10/21

教學內容：分子料理－製作料理

教學情形：

教師在說明完注意事項之後，便把時間機給學生製作自己的分子料理，教師在前方分配各組的海藻酸鈉與氯化鈣。教師在各組確認學生帶的食材是否會微酸性或是含鈣離子，並在學生尋求幫助時給予幫忙。

學生：老師我的怎麼看起來怪怪的

老師：你們用的成份是什麼啊？

學生：可爾必思跟奶茶

老師：所以你在可爾必思裡面加的是什麼？

學生：我們在可爾必思裡面加海藻酸鈉

老師：等等，可爾必思裡面的成份有什麼？

學生：唉...我看一下

老師：裡面是不是含有鈣？

學生：好像有耶

老師：海藻酸鈉會跟什麼反應？

學生：跟鈣反應

老師：你們這樣的設計有問題喔，等等來前面重新給你海藻酸鈉，不要加錯了

課程剩下半小時，則讓各組將成品拿上台做介紹，並讓同學試吃及評分。

評鑑成果：(如表 4-20.)

表 4-20. AB 第五堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	1
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	5
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	9
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	4
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	27

8. AB 教師單元三總結

日期：2019/10/14-21

教學單元：分子料理

單元評鑑成果：(如表 4-21.)

表 4-21. AB 教師單元三評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
一、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	1
二、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	3
三、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	2
四、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	1
小計	7 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	3
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	1

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結 0	1
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	1
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	0
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	3
小計	10 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	2

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	3
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	3
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	2
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	14 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	1

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	3
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	2
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	3
小計	9 分
總計	40 分

教師在這單元中，利用高級料理中的分子料理當作驅動問題，並讓學生思考是如何造成這樣的現象。在課程設計上教師並沒有著重於知識內容的部分，而是強調學生自己設計實驗流程，因此教師在課程開始時，稍微將實驗原理講述過後，便開放時間給予學生自行設計研究流程。

而在學生設計實驗的部分，教師到各組觀察學生們是如何設計自己的「食譜」，且完全沒有進行干預、建議或是幫助。當學生們開始製作自己的分子料理時，學生們遇到許多的問題都是由教師不斷的詢問細節，幫助學生理解問題的所在。

當學生完成作品之後，教師讓學生們上台報告、教授自己的作品，並讓各組互相品嚐分子料理。教師在此運用學生的上台發表、學生的成品、學生學習單以及學生自評與互評表，為十多元的評分方式。在學習單中，也讓學生有機會反思、省視自己的實驗步驟及實驗流程，以在日後的實驗之中能夠改進。

9. AB 教師第六堂課

日期：2019/10/28

教學內容：學生分享學習心得

教學情形：

教師首先對上次分子料理活動進行檢討，由於有許多學生的實驗步驟寫得不夠明確，因此教師便示範應該如何詳盡的撰寫實驗步驟。之後給予學生約 30 分鐘回答學習單關於上半學期的學習心得。學生填寫完畢之後教師讓每一位學生有 1 分鐘的發言時間讓學生闡述上半學期的心得，包含哪個學習活動印象最深刻、如果重做實驗的話你會怎麼重新做。在每一位學生發表後，教師會追問學生細節，並給予回饋。

評鑑成果：(如表 4-22.)

表 4-22. AB 第六堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	35
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	3
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	38

10. AB 教師總結

總評鑑成果：(如表 4-23.)

表 4-23. AB 教師總結評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	1
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	2
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	16
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	16
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	61
10. 教師讓學生能批判不同資訊	1
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	4
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	3
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	5
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	2
總次數	120

AB 教師在設計整個探究與實作課程時，將使用顯微鏡、觀察玻片及觀察校園植物的單元讓學生學習如何進行觀察；光合作用設定讓學生如何收集數據（因為課程時數關係無進行教學）；分子料理實驗為讓學生學習如何自行設計實驗步驟；最後一堂課則是讓學生進行發表。也因為教師在課程設計時希望能訓練到學生的基礎生物科技能，因此多數時間都是讓學生進行實作，而非探究。

AB 教師在課程進行中花了許多心力在回答、解決學生學習上與操作上的問題，因此並沒有機會提問學生、讓學生進行更高位階的思考方式。因此教師讓學生有很多機會去收集數據、紀錄事件，而學生比較少機會去思考、探究整個實作過程的知識與意義。然而，從評鑑總結量表可以看到「教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論」擁有很高的次數，而在課堂中，教師的確非常

鼓勵學生發表自身的實作成果，但教師在最後一堂課讓每一位學生都需要上台發表，因此導致在這個向度非常的高。

AB 教師運用了許多不同的評量方法來衡量學生的學習狀況，無論是學生上課表現、學生發表、學生成品、學習單以及學生自評與互評表。讓學生擁有不只一種展現其學習成果的方式。



二、 A 學校 AC 教師教學情形

1. AC 教師第一堂課

日期：2019/11/25

教學內容：沉澱反應－介紹與進行實驗

教學情形：

學生們進入化學實驗室後，教師請學生到台前拿取學習單，桌上已經準備好實驗器材。教師先說明進行的實驗氯化鈣與碳酸鈉的沉澱。教師一步一步說明如何操作實驗，包含如何取氯化鈣及碳酸鈉溶液、如何使用安全吸球。講解完畢後學生便到講台前索取所需的溶液，回到實驗桌後便開始實驗。學生們有許多安全吸球操作上的問題，因此教師便一組一組示範要如何使用。

教師：這是什麼？氯化鈣還是碳酸鈉？

學生：(指著燒杯) 這是氯化鈣

教師：好一樣，我在旁邊說，你來操作。按二號，眼睛要看著，你先坐下來。不要取太多，捏二號。好，我們現在按三號讓他慢慢滴。然後換到另一個燒杯我們滴到 16...OK, stop。然後兩杯倒在一起，錄影紀錄變化。

學生：(拿量筒) 那這個碳酸鈉要倒多少？

教師：要倒 10，搖一搖觀察，然後過濾。

教師不斷的到各組指導實驗的技巧、提醒實驗的步驟、示範抽氣過濾該如何進行。有許多同學在抽氣過濾時，抽濾瓶內也有沉澱物，教師便詢問學生是如何操作的，並提醒學生需要注意細節以免影響實驗數據。學生在進行抽乾後把濾紙風乾並計算氯化鈣的莫爾濃度。

評鑑成果：(如表 4-24.)

表 4-24. AC 第一堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	2
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	5
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	4
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	7
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	18

2. AC 教師第二堂

日期：2019/12/02

教學內容：沉澱反應—秤重與檢討，酸鹼滴定介紹

教學情形：

教師在課堂一開始便說明碳酸鈉與氯化鈣的反應方程式方程式。教師接下來要帶學生秤上禮拜得到的碳酸鈣沉澱，教師先趁乾濾紙的重量，讓學生秤重時可以將濾紙重量扣除。由於電子秤只有 2 台，因此秤重花了許多的時間。教師不斷的提醒學生拿取濾紙的時候不要碰到上方的碳酸鈣粉末，並要求學生照實紀錄，若有疑慮的話可以在之後進行討論。

學生秤重完後，教師帶學生計算莫爾數並帶學生繪製氯化鈣和碳酸鈣的摺線圖。教師到各組指導學生如何繪圖，以及回答學生的疑問。

學生：老師，我們有一些數值是 0 耶

教師：0 沒關係啊就標上去。

學生：可是濾紙上好像可以看到一點點粉末。

教師：你沒有換一台秤量看看嗎？你的濾紙還在嗎？

學生：都已經疊起來了。

教師：那沒關係，先照做。

學生許多問題都是想要確認自己的數據是否正確、繪圖是否正確。當學生繪圖完後，教師提及這次的反應是之前學過的限量試劑，接著帶學生計算莫爾數，找出限量試劑的是哪一組實驗。找出限量試劑後，教師帶領學生計算理想生成物的重量，再讓學生計算實際的回收率。之後教師帶學生檢討實驗的誤差來源是什麼，教師舉例燒杯中有許多白色結晶、抽濾瓶下有沉澱物等等，接著讓學生寫學習單、檢討如何改進，當同學有疑問的時候教師會上前了解。

學生 1：老師，空氣中會有碳酸鈣的粉末嗎？

教師：有

學生 2：為什麼？

教師：我們空氣中的灰塵、風沙裡面會有碳酸鈣阿，或是大理石。

學生 1：這樣會造成誤差？

教師：正常空氣不會，外面的空氣才有可能。

教師剩下的時間來說明下次的滴定實驗會用到的實驗液體與滴定管，教師

示範氫氧化鈉滴定鹽酸的過程讓學生觀看。

評鑑成果：(如表 4-25.)

表 4-25.AC 第二堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	1
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	1
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	2
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	4

3. AC 教師單元一總結

日期：2019/11/25-12/02

教學單元：沉澱反應

單元評鑑成果：(如表 4-26.)

表 4-26.AC 教師單元一評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
五、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	0
六、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	0
七、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	0
八、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	0
小計	0 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	0
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無 1: 僅回答問題, 無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題	1

3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	2
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	2
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	1
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	2
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	1
小計	9 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激發更多想法	2

二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	0
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	2
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	2
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	10 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品 2: 教師指示學生利用證據來完成作品	1

3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	0
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	0
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	1
小計	2 分
總計	21 分

AC 教師在這單元中主要是要學生能夠親自實作沉澱反應以及了解化學的限量試劑，因此教師並無使用驅動問題帶領學生思考現象，而是直接切入主題讓學生實作。

在課程設計上，教師能讓學生去複習國中所學，並結合未來高中將學的化學知識，包含沉澱反應、限量試劑以及莫耳數計算。課程進行中 AC 教師留給學生許多時間去實際操作實驗器材，並一組一組的看學生的操作情形，尤其當學生不會操作時，教師會帶領學生閱讀實驗步驟或是示範器材的使用方式。惟在課程當中並沒有激發學生思考，詢問學生問題時皆是針對實驗相關的學科知識，如：計算莫耳數。

而評量的部分 AC 教師則依照學生的參與程度及學習單的填寫來了解學生的學習狀況。

4. AC 教師第三堂課

日期：2019/12/09

教學內容：酸鹼滴定實驗

教學情形：

教師先發下 pH 測定計給各組學生，並讓學生用蒸餾水清洗。讓學生滴定 0.1M 氫氧化鈉和 0.1M 鹽酸並用 pH 測定計測量 pH 值的變化。教師帶學生閱讀每一個實驗步驟並提示操作重點，接著便請學生到講台前取所需的實驗溶液開始實驗。然而實驗開始沒多久便有學生反應 pH 測定計有許多問題，狀況有故障、沒電、測不準...等等。隨著狀況愈來愈多，教師決定改天再進行實驗，先把 pH 測定計的問題排除之後再說。因此課堂結束，學生們回到教室上正課。

評鑑成果：(如表 4-27.)

表 4-27.AC 第三堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	2
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	3
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	5

5. AC 教師第四堂課

日期：2019/12/16

教學內容：藍晒圖製作

教學情形：

教師一開始用簡報介紹實驗步驟，並展示藍晒的成品給同學欣賞。教師這次要同學自行配置檸檬酸鐵銨及鐵氰化鉀溶液，學習秤重的技巧。學生開始秤藥時，教師不斷的提醒學生秤藥的注意事項。當學生秤藥的差不多後，教師到各組觀察學生繪圖，建議學生們的圖不要太細不然效果會不好。

教師：重新講一次喔，不要湯匙直接倒過來，把藥瓶拿在手上湯匙挖好量之後倒在秤量紙上，才不會弄得到處都是。2.01 好可以了。

學生：老師為什麼 2.01 可以，不是要 2 嗎？

教師：最後一位的 1 是估計值

學生：不是要 5 嗎？

教師：那是另一個藥劑，看好這是鐵氰化鉀只需要 2。

學生多數的問題都是操作上的問題要請老師幫忙解決。當學生把濾紙塗完感光液，將濾紙放入有繪製圖案的塑膠袋後，教師就讓學生把塑膠袋放在陽光下靜置 30 分鐘。靜置完後，學生把殘餘的藥水用清水洗掉、烘乾後便結束課程

評鑑成果：(如表 4-28.)

表 4-28.AC 第四堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	1
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	1

6. AC 教師單元三總結

日期：2019/12/09

教學單元：藍晒圖

單元評鑑成果：(如表 4-29.)

表 4-29.AC 教師單元三評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
一、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	0
二、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	0
三、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	0
四、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	0
小計	0 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	0
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	0

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	0
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	0
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	0
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	0
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	0
小計	0 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	2

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	0
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	2
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	3
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	0
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	0
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	8 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	1

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	0
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	1
小計	3 分
總計	11 分

AC 教師在此單元的設計為讓學生製作藍晒圖。教師將所有的實驗方法、實驗步驟、實驗原理全部告訴學生。學生只要按照教師所供的實驗步驟做完就可以得到成果。課程進行中學生們的問題皆為操作實驗方面，因此教師可以很快速地為學生解決問題。AC 教師會藉由學生藍晒圖的成品來評估學生的學習成效。

7. AC 教師第五堂課

日期：2019/12/23

教學內容：天氣瓶製作

教學情形：

教師發下學習單後，利用簡報跟學生說明天氣瓶的由來、製作的材料及步驟。教師讓學生取完一種藥、配置完溶液後，再讓學生取第二種藥配置溶液。教師提醒學生在配置溶液時順便觀察溶液是吸熱還是放熱反應。教師到各組了解學生的進度，並提醒學生應該如何分配溶液至小瓶子中。當徐生混合好液體後，教師讓學生去飲水機取熱水，將瓶子中的結晶全部溶解。之後再放到室溫讓結晶慢慢析出。

評鑑成果：(如表 4-30.)

表 4-30.AC 第五堂課評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	3
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	3

8. AC 教師單元四總結

日期：2019/12/23

教學單元：天氣瓶

單元評鑑成果：(如表 4-31.)

表 4-31.AC 教師單元四評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
一、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	0
二、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	0
三、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	0
四、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	0
小計	0 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	0
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	0

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	0
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	0
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	0
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	0
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	0
小計	0 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	2

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	0
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	2
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	3
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	0
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	0
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	1
小計	8 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	1

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	0
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	1
小計	3 分
總計	11 分

此單元為讓學生製作天氣瓶，教師讓學生按照實驗步驟就能完成此次實驗，因此在課程的設計上並沒有讓學生進行探究，而是讓學生能夠動手做出成品。學生在課堂進行中的提問大多是實驗步驟相關，教師可以再次講解步驟以解決學生的疑惑。本單元 AC 教師會藉由學生天氣瓶的結晶狀況來評估學生的學習成效。

9. AC 教師總結

表 4-32. AC 教師總結評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	2
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	8
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	1
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	6
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	14
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0
總次數	31

AC 教師在整體課程上還是以學生實作為主軸，讓學生自主探究的地方較少。也因為以實作為教學主軸，學生花許多時間在操作實驗器材，因此教師面對的學生問題多數為實驗技能相關。

三、 B 學校 BP 教師與 BES 教師教學情形

1. BP 教師與 BES 教師第一堂課

日期：2019/09/12

教學內容：實驗室守則、數據處理—平均數、偏差、良率、變異數

教學情形：

此次課堂以泓瀨老師為主講者，昭松老師則負責在台下巡視學生並即時提供學生幫助。學生 5 到 6 人為一組。課堂首先是針對實驗室安全進行介紹，與以往制式的介紹不同，泓瀨老師以液態氮造成凍傷的例子讓學生了解實驗室的危險，同時也讓學生思考若是將液態氮倒入泳池可能會造成的危害。首先教師運用 QRcode 讓各組掃瞄並回答 google 表單上關於數據與數學的問題。教師接著並讓學生討論與發表游標尺是否有估計值？接下來教師就給予學生情境，要學生以 PP 板代替電路板，要學生去討論與思考，若今天抽樣 6 片電路板，要如何呈現與處理你的數據？是要測量每一片 PP 板的厚度取平均？還是 6 片疊在一起之後平均？哪個方法比較好以及其優缺點為何。此時 2 位教師則到各組了解討論的進度與過程並詢問學生的思考過程。

BES 教師：你們覺得哪個方法比較好

學生：方法二的，因為比較沒誤差

BES 教師：為什麼會比較沒誤差啊？

學生：因為你只量一次而已，而且比較不麻煩不用一直量

BES 教師：那方法二有什麼缺點嗎？

學生：沒有吧，很棒啊！

BES 教師：那我們平常為什麼都是一個個量然後取平均的？

學生：阿叻...好問題喔！

BES 教師：好你們想看看再跟我說。

學生討論完畢後教師請各組分享為什麼選擇該方法，並在學生分享完後幫學生做小總結。之後教師便給予每組 6 片 PP 板子及游標尺要學生實際測量並記錄數據，活動結束後就請學生思考及分享「平均」的意義和對於這項數據的疑慮為何，進一步再讓學生討論「良率」所代表的意義，有同學發表時提到「偏差」、「平均」與「良率」之間的關係，接著就有學生質疑同學的發表，想

知道要如何定義是優良的？最後教師與學生討論到「變異數」與「標準差」當課堂結尾。

評鑑成果：(如表 4-33.)

表 4-33. BP 與 BES 教師第一堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	6	4
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	1
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	3	3
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	3	4
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	6	6
10. 教師讓學生能批判不同資訊	7	11
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	5	3
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	6	4
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	7	8
總次數	48	49

2. BP 教師與 BES 教師第二堂課

日期：2019/09/19

教學內容：數據處理—標準差、數據繪圖

教學情形：

教師在點完名之後就開始介紹標準差，並讓學生分析與分享上次測量數據的標準差為何？是否在三個標準差內？若是到四個標準差是發生什麼事情了？

BES 教師：你們要不要分享一下你們的結果？

學生 1：我們超過四個標準差

BES 教師：四個！你們發生什麼事了？你們要不要想一下你們測量的時候做了什麼事？

學生 1：我覺得我們測量的時候太輕忽了，有點隨便測，像是 PP 板有些地方比較軟，我們測量的時候有時候游標尺轉很緊有時候比較鬆。

BES 教師：那你們這樣以後要怎麼解決這樣的問題？

學生 2：可能因為每個人力道有所不同，所以之後可能測量的時候都一個人測，然後測量的位置也要統一。

同學分享完後，教師請學生分享之前測量的數據，並請同學們利用 Excel 計算全班的平均值與標準差。學生們在輸入數據時，教師同時跟學生們講解該如何使用 Excel 以及公式為何。接下來學生也要用數據繪製線性回歸線與誤差線且須顯示回歸線的公式。教師會進一步詢問，這公式是否能解釋並預測之後的厚度？在同學完成繪圖與學習單後結束課程。

評鑑成果：(如表 4-34.)

表 4-34. BP 與 BES 教師第二堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	2	1
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	4	3
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	3	2
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	3	5
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	3	1
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	4	1
10. 教師讓學生能批判不同資訊	5	5
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	3	2
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	3	3
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	4	4
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	7	3
總次數	41	30

3. BP 教師與 BE 教師第三堂課

日期：2019/09/26

教學內容：數據處理—趨勢線、數據詮釋

教學情形：

這次教室換到地球科學實驗室，課程接續討論上次回歸線的部分。教師一組一組的去幫助學生思考回歸線方程式與實驗的關聯性。

BES 教師：我怎麼看出每一片 PP 板的厚度？

學生：Y 軸處以 X 軸

BES 教師：所以你寫的是 Y 除以 X，為什麼？

學生：因為它的 Y 軸是他那幾片的厚度，X 軸則是有幾片。所以他厚度除以有幾片就是每片的厚度

BES 教師：那在數學上 Y 除以 X 叫做？

學生：斜率

當學生用 Excel 算出回歸線 $y=ax+b$ ，教師詢問學生後他們會發現，會導致 0 片時厚度不為 0 的問題。教師請學生設定回歸線會通過原點，並讓學生討論新的方程式 $y=a'x$ ，a 為什麼不等於 a'。

討論完之後教師道各組帶學生討論方法一與方法二何者比較好。

BP 教師：你們覺得哪個方法比較好？

學生 1：方法二比較好！

BP 教師：為什麼？總要給我一個理由一個論點來說服我吧。

學生 2：今天我們數量便很龐大，我們可以用很多片來算，那點越來越多，直線會越來越準。

BP 教師：所以你的支持是每一個都有誤差，所以我全部疊起來全部一起測，總是有大有小的可以平均他的誤差？

學生 2：等等，這樣好像也不大對。因為方法一好像大量算也可以達到一樣的效果。

BP 教師：這樣工程量似乎方法一比較多，方法二比較少？那我們把方法一跟方法二的數據一起比較看看。

各組組內討論完畢之後，教師開放時間讓全班互相辯論方法一還是方法二比較好。

評鑑成果：(如表 4-35.)

表 4-35. BP 與 BES 教師第三堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	6	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	3	2
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	6	4
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	1	13
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	6	4
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	7	4
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	2	3
12. 教師讓學生根據模型預測結果	3	1
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	11	13
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1	2
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	4	7
總次數	50	60

4. BP 教師與 BES 教師單元一總結

日期：2019/09/12-26

教學單元：數據處理

評鑑成果：(如表 4-36.)

表 4-36. BP 與 BES 教師單元一評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
五、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	3
六、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	3
七、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	3
八、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	3
小計	12 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	3
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	3

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	3
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	3
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	3
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	3
小計	21 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	3

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	1
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	3
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	2
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
小計	17 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	3

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	2
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	2
小計	8 分
總計	58 分

在本單元開始時，教師運用驅動問題使學生思考，在日常生活購物時所閱讀到「良率」的意義，之後再帶領學生進行測量的探究，且探究學習內容與國高中皆有關連。

在課程設計上，教師雖然有既定的測量方法讓學生進行實作，但同時也鼓勵學生提出不同的測量方式，並在課堂之中讓各組同學分享討論。引導學生思考上，教師從學生過往學過平均數的概念再幫學生做延伸，讓學生學習平均差、標準差、標準誤等知識。在與學生討論互動之中，教師針對各組問題、各組進度給予該組合適的指導，並且不斷地鼓勵學生思考與判斷收集到的數據。

教師最後會讓學生統整自己組別的數據製成圖表，並且於課堂中發表不同測量方法的優缺點為何、適用在何種情境之下。教師則會依據學生的上課參與與發表、圖表統整以及學習單內容填寫做為評量方式。

5. BP 與 BES 教師第四堂課

日期：2019/10/03

教學內容：水壓計、風力發電

教學情形：

教師首先用飛機的上升以及旋轉球的行徑軌跡解釋白努力定律和康達效應，進一步帶到風力發電機是如何旋轉及如何發電。之後教師給予每一組學生不同大小的竹蜻蜓以及旋轉飛輪，讓學生觀察其特性並討論風力發電可能的變因。討論過後教師幫忙歸納有哪些關於扇葉的可能變因，讓每組學生選擇 2 種變因於之後進行實驗。

由於學生需要準備器材製作扇葉，因此教師安排了另一個活動幫助學生了解壓力的關係。將兩支不同大小的針筒以橡膠管相連，讓兩位同學互相推擠針筒，而全班同學去預測哪個針筒比較容易推到底。

BP 教師：剛剛我們針筒一個大一個小好像勢均力敵，現在換一個大另一個更小，為什麼是更小的獲勝？

學生 1：因為剛剛有人放水

BP 教師：這兩個針筒差在哪裡？

學生 2：面積

BP 教師：我們知道壓力是力量除以面積，所以當面積變一半的時候，力量會變...

學生 2：兩倍

教師接著讓學生運用止逆閥、針頭、彈簧等等...要學生製作沐浴乳的壓頭。過程中教師比較沒有幫助學生，而是讓學生自己組裝完後測試效果。

評鑑成果：(如表 4-37.)

表 4-37. BP 與 BES 教師第四堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	4	6
3. 教師讓學生自行操作不同變因	2	3
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	2	2
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	3	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	2	4
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	2	3
12. 教師讓學生根據模型預測結果	8	4
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	2	1
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	2	3
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	0
總次數	27	31

6. BP 與 BES 教師第五堂課

日期：2019/10/17

教學內容：水壓與氣壓

教學情形：

課程接續上禮拜的沐浴乳壓頭，讓學生測試不同止逆閥的配置會有什麼樣的效果。

BP 教師：有同學做了一個特別的，他想要壓一次之後，讓上下兩個出口都能噴水，但是你們看...按了之後只有上方出水而已，原因出現在哪裡？要怎麼改才可以？

學生 1：上面多一個止逆閥。

BP 教師：你這樣上去會被堵住出不來喔，想想有哪一個地方是卡住的？大家可以想想看要怎麼修改才可以做出雙槍噴頭喔！

(5 分鐘過後)

學生 2：老師我們弄出來了。

BP 教師：喔！有喔！那你們第二個怎麼是用滴的

學生 2：可能因為它漏氣了

BP 教師：嗯有可能喔，因為上面這個壓力還是比下面的稍微大一點。

教師讓學生們用針筒製作水槍，首先是要讓學生做出單彈匣的水槍，之後有同學自己做出雙彈匣的水槍。而其他組同學製作 4 彈匣的水槍，因為彈匣有運用到大小不同的針筒，教師便請學生思考為什麼會造成這樣的結果。學生實驗結束之後教師展示不同壓力的運用，包含氣壓槍、酒精槍、水管槍。

再來教師運用止逆閥將兩個打好氣的大小氣球連接在一起，要學生預測兩個氣球氣體的流向。氣球分別打氣 3 下、10 下、15 下，學生會發現氣體流向並不是固定的，有時候是大氣球流向小氣球，有時候反之。教師則要讓學生自己實驗為什麼會導致這樣的情形？在實驗過程之中，學生可以自己隨意選擇要幫氣球打多少的氣。

BP 教師：你們要說說看什麼嗎？

學生 1：是不是因為大氣球的壓力向外跟外面大氣壓力抵銷，小氣球壓力不夠就被壓到大氣球那邊了？

學生 2：對，小氣球受壓力比較大就過去了

BP 教師：可是我們也看到有一個狀況 15 跟 10，大氣球的氣體被壓到小氣球

了。你也試試看。

學生1：唉...怎麼會這樣。

BP 教師：是吧，你們再討論看看，然後回答學習單上的問題。

(10 分鐘後)

學生3：氣球都有一個彈力，而彈力都會有一個彈力限度，因此到2個氣球道彈力限度之後就是看氣球壓力的大小。今天如果是一個小氣球一個中氣球，校氣球的彈力較大，小氣球會擠到氣把氣體擠過去中氣球。如果畫一個壓力圖會呈現一個曲線的，大氣球小氣球她的壓力都是最大的，中氣球則是最小的。

BP 教師：很好，把你們的想法寫下來，後面還有一個實驗來證明你說的對不對。

課堂結束前，教師撥放影片給學生看，影片中重複教師剛剛做的實驗，並利用彈性限度解釋為什麼會導致實驗的結果。教師詢問學生覺得影片中說的有沒有道理，並將在下禮拜讓學生們自己找到答案。



評鑑成果：(如表 4-38.)

表 4-38. BP 與 BES 教師第五堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	7	9
3. 教師讓學生自行操作不同變因	15	12
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	6	3
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	3	2
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	5	9
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	1	2
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	9	4
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	11	3
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	13	7
12. 教師讓學生根據模型預測結果	17	13
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	9	6
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	4	4
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	3	4
總次數	103	87

7. .BP 與 BES 教師第六堂課

日期：2019/10/24

教學內容：水壓計

教學情形：

教師首先說明上禮拜的課程，接下來便詢問學生應該如何測得氣球的壓力。教師給予學生器材製作水壓計，並請學生找出氣球大小與壓力之間的關係並製作成圖。教師在各組之間巡視，觀察學生是否正確操作水壓計，以及學生們是如何進行實驗，

BES 教師：為什麼你們的水壓計都不會上升？

學生：我看講義說上面的開口要夾住

BES 教師：我們氣球這邊的壓力，給瓶子內的水在把水往上推到管子內，這樣我們才測量它的高度。

學生：可是講義說要夾住開口耶？

BES 教師：很好，那為什麼需要夾住開口呢？如果夾住那測量到的是什麼？

學生：... 不知道

BES 教師：你要讓他這邊是一大氣壓力，加上水柱的高度你才能測量氣球壓力

學生：那為什麼要講義說開口要夾住？

BES 教師：你們可以試試看開口不夾，直接打氣會發生麼事。

教師提醒學生除了打氣次數之外，氣球的半徑也要需要測量。並給予學生方格紙方便學生整理數據並繪製成圖。

BES 教師：你們把數據整理一下畫成圖

學生：我們上次不是跟老師討論過了嗎？就是曲線阿。

BES 教師：曲線有很多種，是哪一種妳要拿證據給我看。

學生：應該是偏左一點的曲線。

BES 教師：那都是你自己想、自己推測的，說不定他是根本不是曲線。把數據整理出來畫成圖，這樣你才能有力的闡述你的論點。

教師在課堂結束前到各組請學生根據數據與繪製的圖案解釋觀察到的現象。

評鑑成果：(如表 4-39.)

表 4-39. BP 與 BES 教師第六堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	5	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	1	3
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	2	2
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	2	5
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	2	4
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	11	16
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5	4
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	11	6
10. 教師讓學生能批判不同資訊	3	1
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	8	9
12. 教師讓學生根據模型預測結果	6	4
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	17	12
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	6	3
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	2	4
總次數	81	80

8. BP 與 BES 教師第七堂課

日期：2019/10/31

教學內容：風力發電機

教學情形：

今天課程開始製作風力發電機的風扇，教師直接讓學生開始用自己帶的材料製作扇葉。教師在各組遊走確認學生的變因、製作進度以及幫助學生思考可能的問題。

學生：老師什麼是攻角？

BP 教師：扇葉與迎風面的角度稱之為攻角，你們是要用什麼材料？

學生：寶特瓶

BP 教師：你們的變因是攻角，你這樣好固定每一片的角度嗎？

學生：阿不管啦通通先切好，應該可以吧？

BP 教師：你們要解決這個問題喔，不然每一片的角度不一樣，你們測出來根本不知道哪個角度比較好。

有一組學生與其他組設計的扇葉不同，是採用直立式風機的風扇，教師並沒有要求學生重新設計，而是鼓勵學生嘗試，且讓學生參考校園內的垂直風機是如何運作的。

評鑑成果：(如表 4-40.)

表 4-40. BP 與 BES 教師第七堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	-
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0	-
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	-
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	5	-
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	-
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	-
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0	-
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0	-
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	6	-
10. 教師讓學生能批判不同資訊	1	-
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0	-
12. 教師讓學生根據模型預測結果	7	-
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	-
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0	-
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	-
總次數	19	-

9. BP 與 BES 教師第八堂課

日期：2019/11/14

教學內容：風力發電機－測試

教學情形：

教師於上次上課進行考試，所以這堂課一開始稍微提一下考試的結果，並強調大學入學會看探究與實作課程，希望學生能夠好好做。教師講述完後就讓學生繼續做扇葉。課堂進行到後半時，教師給予每組學生一個馬達，並設有測試區，讓學生測試風扇輸出的電壓為多少。

BES 教師：你們覺得形狀有差嗎？

學生 1：應該有吧，我們做出來的是長方形的比較快

BES 教師：那你們的葉片長度有一樣嗎？

學生 1：沒有

BES 教師：那你們要怎麼確定產出電量有差是因為形狀還是面積的關係？

學生 2：唉唉... 為什麼外面的風力發電機都是像三角形的？

學生 1：有道理喔！我在把扇葉修一下好了

BES 教師：你們可以想想看為什麼，然後順便實驗看看

評鑑成果：(如表 4-41.)

表 4-41. BP 與 BES 教師第八堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	7	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	5	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	2	1
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	3	7
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	2
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	0
總次數	22	22

10. BP 與 BES 教師第九堂課

日期：2019/11/21

教學內容：風力發電機－評量

教學情形：

這次課堂主要是讓學生測量他們經過多次修正後的扇葉能產生多少伏特的電壓。教師給學生們大約 10 分鐘做最後的修正，就每一組到講台上進行最終測試。教師在講台上設置風扇，學生的扇葉需要擺在不同的距離來測試產生的電壓為多少。學生取得電壓值之後需要根據教師提供的公式算出功率。由於有組學生是用垂直風機來發電，因此其攻是與其他組別不一樣，教師讓該組學生自行上網查詢功率的公式為何並與教師討論。同時教師也進入各組與學生們討論學生們要如何詮釋他們的數據。

BES 教師：你們的數據結果怎麼樣？

學生：我們扇葉在最靠近電風扇的效率稍微低一點，當距離拉遠一點之後又變高，在更遠又降低了

BES 教師：可以借我看一下你們的風扇嗎？（觀察塑膠瓶扇葉）你們有想出什麼可能的結論嗎？

學生：可能是電風扇吹出來的風向不穩定，所以造成有些地方帶不動扇葉

BP 教師：有沒有可能是因為你們扇葉是塑膠的，他比較軟，所以當離風扇太近的時候，你的扇葉被往後吹，攻角發生改變所以才造成你們的電壓高高低低？

學生：唉...我再去試試看

當每一組學生都完成測試風力發電的風扇幾集完成計算功率之後，教師發上次考試改好的考卷。教師也請同學回家把數據整理好、製作成簡報並於下次上課時上台與同學分享自己的發現。

評鑑成果：(如表 4-42.)

表 4-42. BP 與 BES 教師第九堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	5	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	5	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	9
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	7	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	3	7
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	9	4
10. 教師讓學生能批判不同資訊	2	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	4	5
12. 教師讓學生根據模型預測結果	7	2
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	6	4
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	3	8
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	1
總次數	51	47

11. BP 與 BES 教師第十堂課

日期：2019/12/05

教學內容：風力發電數據整理與報告

教學情形：

教師先檢討之前考試的題目，針對數據解讀與判斷的部分與學生說明。接著教師說明等下學生報告風力發電簡報時應該著重在哪先部分，包含：預測、實驗結果、理論值與實際值的差距以及風速與效率圖是否為線性關係。

BES 教師：你們要用什麼跟什麼畫？

學生：用風速跟轉換百分比

BES 教師：嗯...然後

學生：可是畫出來感覺怪怪的

BES 教師：為什麼？你說的怪怪的意思是長得像什麼？

學生：風速會有一條線、轉換率也會有一條線

BES 教師：你這樣不是 XY 散布圖，你要用我們在活動一中學到的去畫，風速畫在一個軸、效率畫在一個軸。你們趕快研究一下，找一下圖表裡面的類型。

教師在讓學生報告前，再次用白努力與康達效應來解釋風扇的旋轉，並介紹風箏理論。

BP 教師：如果你把風扇做一個弧度，風從前面吹，你會發現什麼？

學生：蛤？

BP 教師：你會發現他根本不會動

學生：會動一點點

BP 教師：會動，但好像轉不大起來。換句話說康達在這邊好像有點失效了。那我們在預測一下，當我們的角度更斜了之後，他的力量向哪裡？

學生：向上

BP 教師：你們有沒有做出來，你這樣傾斜，他轉的時候反而是向下轉不是向上轉，為什麼？

學生：風去壓上面的葉片。

BP 教師：回過頭來如果講到力量呢，有最簡單的理論就是風箏理論。當風打到斜面，他就會產生一個力量。其實兩個理論都是有的，可是在這邊打下去的力量會比康達還有效，也就是說，康達效應需要在速度很快之下才會出現。

在課程結束前，教師讓各組學生上台報告他們的實驗結果。每組報完之後，教師會幫該組稍微總結他們的結果，並開放其他組學生對報告發表疑問。課堂最後教師把之前學長做科展的資料以及學長們是如何控制不同的變因給學

生們參考。

評鑑成果：(如表 4-43.)

表 4-43. BP 與 BES 教師第十堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	3	1
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	3	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5	3
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	7	2
10. 教師讓學生能批判不同資訊	1	2
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	4	3
12. 教師讓學生根據模型預測結果	5	1
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	6	5
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1	5
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	2	3
總次數	37	25

12. BP 與 BES 教師單元二總結

日期：2019/09/12-26

教學單元：風力發電、水壓計

評鑑成果：(如表 4-44.)

表 4-44. BP 與 BES 教師單元二評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
九、教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	3
十、教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	3
十一、教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	3
十二、教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	3
小計	12 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	3
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	2

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	3
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	3
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	3
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	3
小計	20 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	3

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	3
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	3
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	3
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	3
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
小計	21 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	3

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	3
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	2
小計	9 分
總計	62 分

在本單元中教師讓學生討論為什麼飛機會飛起來，讓學生了解到壓力會使物體產生位移，再藉由水壓計和氣球壓力的活動讓學生時計測量壓力，最後用風力發電做為最後的統整。

在課程設計上，教師給予學生很大的自由去自己設計風扇、自己找尋變因，並且在嘗試過後根據實驗結果進行修正。而教師在進行教學時，將學生國中以前學到壓力的概念，運用到氣球與水壓計的活動裡，並且讓學生探討更多不同面向的知識。在這過程中，教師幫助學生將先過往學習到的知識結合到探究與實作活動之中。

學生們在收集、整理完數據之後，每一組學生都上台報告他們的實驗結果與發現。教師則會依據學生在課堂中的參與、製作出的風扇能量轉換率、學習單的填寫以及上台發表來評量學生。

13. BP 與 BES 教師第十一堂課

日期：2019/12/12

教學內容：光學望遠鏡—成像公式推倒

教學情形：

教師先讓學生們用手機加入 google classroom，便開始教學。首先教師先請學生運用國中所學的光學成像做圖，畫出凸透鏡的焦距外與焦距內的成像做圖。教師提醒學生做圖的方法，因為許多學生繪圖時，忘記有一條光路會通過鏡心。同學完成繪圖之後，教師稍微複習一下國中的光學成像原理。教師進一步請學生找出物距、像距與焦點的關係為何，並用數學證明。

學生 1：所以我們寫出來的東西是我們自己假設的情境？

學生 2：是自己假設，如果沒有矛盾，然後他就是成立的？

BES 教師：就是當你已知這個東西（公式）的時候，你帶入表一定會成立，因為這就是我們已經知道的事情。

學生 2：所以你要我們求出這個公式？

BES 教師：對，我要你們求出這個公式，而不是拿表來證明這個公式是對的，那只是驗證而已。

教師可以讓學生討論，甚至上網查資料都可以，但學生要明白原理與推導過程是什麼。教師要學生將推導過程上傳至 google classroom，之後教師把學生的推導公式放出來讓學生就是自己是推導的公式，並讓其他同學思考公式是否正確。公式推導出來後，教師要學生們去檢驗那些狀況不成立。當同學發現使用凹透鏡時公式會不成立，很快地就有學生提出加上正負號似乎可解決這樣的疑問。再來教師進一步讓學生用成像公式或是做圖的方法找出物體到成像屏的距離與焦距之間的關係。

學生 3：我覺得我這樣假設很合理阿

BES 教師：合理是你用看的，這樣說好了，我剛剛在黑板上不是模擬嗎？可是你根本不知道它距離是多長，你也不知道他是 $4f$ 。

學生 3：就是因為 2 倍焦距的關係

BES 教師：所以...？

學生 3：所以這樣不就知道了嗎？還是有其他條件？

BES 教師：用那個成像模擬只是你觀察到的，我看起來理所當然，但你要用數

學來證明那樣的事情。

學生完成後教師讓學生上台報告學生如何用公式證明，教師特別挑選用算幾不等式的證明方式同學像其他同學分享。

下課後有同學試著用相似形來證明剛剛的公式，並與教師熱情討論。

評鑑成果：(如表 4-45.)

表 4-45. BP 與 BES 教師第十一堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	3	5
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	2
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	4
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	5	3
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	11	16
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	7	3
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	2	5
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	1
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	4	3
12. 教師讓學生根據模型預測結果	3	2
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1	2
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	2
總次數	36	48

14. BP 與 BES 教師第十二堂課

日期：2019/12/19

教學內容：光學望遠鏡—透鏡、目鏡焦距測量

教學情形：

教師先回顧上一次帶學生做的活動—證明成像公式 ($1/f=1/p+1/q$) 和 $L \geq 4f$ 。教師給予學生的任務是運用成像原理測出未知焦距透鏡的焦距是多少，教師首先請學生互相討論，並設計實驗步驟。

學生 1：這樣一步解決一步到位。

BES 教師：你 2 倍焦距怎麼知道？我知道 2 倍焦距是多少我就不用測了阿。

學生 1：那可以用光源找

BES 教師：很好，那你要什麼樣的光源？你要怎麼找？

學生 1：就...找一樣的成像

BES 教師：你們的光用什麼？

學生 1：手電筒的光可以用嗎？應該可以吧？

學生 2：不行吧

BES 教師：為什麼不行？他會有怎麼樣的成像？

教師將學生的回答放到投影幕上與學生分享同學的方法是什麼，讓同學相互參考彼此的方法，討論不同方法的優缺點。教師發給學生透鏡與皮尺讓學生們用自己設計的實驗方法測量出透鏡的焦距。許多學生試著用手機燈當作光源，找一物體當作物，將透鏡放在物與屏幕之間，試圖找出物跟像一樣大小的距離。也有組別用眼睛觀看透鏡，利用物體顛倒瞬間的距離找出焦距。

教師：很厲害的方法，你們有幾個人用這樣的方法測過？

學生 1：我們 3 個人試過這個方法，但我們測出來的範圍很廣在 14 到 18。

BES 教師：所以表示每一個人的...

學生 1：眼睛判斷的不大一樣。

BES 教師：那你們覺得這個方法好嗎？

學生 1：不大妥當

BES 教師：你們有其他的方法嗎？

學生 2：我們有試著用手電筒...

教師讓學生們實驗後，教師讓學生分享他們是如何測量的，以及測量焦距為何。同學們分享完後，教師給學生時間再做一次實驗找出透鏡焦距，每一位

同學測出的焦距上傳至雲端，算出平均數及標準差。統計之後發現每組的誤差非常大，因此教師請學生討論出誤差的成因可能是什麼？用哪個方法的誤差可能最小？

接下來教師給學生一個望遠鏡的目鏡，一樣請學生去測量它的焦距為何。過了不久，有學生發現望遠鏡的目鏡鏡片不只兩片，教師稱讚學生的觀察入微，依然請學生先試著測量出目鏡的焦距。

BP 教師：你說你的點光源會在 7.5，點光源下去之後，會在哪邊變平行光？

學生：往回推 4

BP 教師：所以鏡心會在 3.5 的地方。

學生：對

BP 教師：你剛剛的測法一直在告訴我說鏡心是在這邊沒問題。可是我的問題是，如果把鏡筒反過來，你為什麼做不出來 4？這裡到這裡不到 4 公分，也就表示你 4 公分是對的話，換邊也可以成像，對吧？

學生：對耶...

學生測量完後，把學生數據給全班同學觀看，並讓學生重現實驗過程給其他同學參考。



評鑑成果：(如表 4-46.)

表 4-46. BP 與 BES 教師第十二堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	5	7
3. 教師讓學生自行操作不同變因	4	3
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	6
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	5	5
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	7	8
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	9	5
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	2	8
10. 教師讓學生能批判不同資訊	1	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	4	3
12. 教師讓學生根據模型預測結果	5	6
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	2
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	4	6
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	2	5
總次數	48	64

15. BP 與 BES 教師第十三堂課

日期：2019/12/26

教學內容：光學望遠鏡－共軛成像

教學情形：

當天有日蝕的現象，教師在投影幕上播放天文台的觀測直播。教師接續上次的活動，帶領學生了解「共軛成像」。教師藉由目鏡非單一透鏡，讓學生了解物距與像距無法測量導致無法推導出焦距，因此才需要運用共軛成像。教師到各組說明講義上共軛成像的光路圖。

BES 教師：這是第一種成像狀態，那是第二種成像狀態，它們應該各自需要符合成像公式。會有一個移動之後 p 會變成多少、 q 會變成...，你們需要把證明公式整理出來。

有一組學生想不利用共軛成像原理來測量目鏡焦距，教師幫忙確認學生的想法，並鼓勵學生嘗試進行他們的實驗。其他組則是依照講義上的方法，找出 2 個成像位置，並用移動的距離算出焦距。各組同學算出焦距之後，分享自己的數據並算出全班目鏡的平均值與標準差。

評鑑成果：(如表 4-47.)

表 4-47. BP 與 BES 教師第十三堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	4	6
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	5
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	2
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	7	4
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	16	12
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	5	1
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	3	4
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	6
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	3	5
12. 教師讓學生根據模型預測結果	1	3
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	1	2
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	3
總次數	40	53

16. BP 與 BES 教師第十四堂課

日期：2019/01/02

教學內容：光學望遠鏡—望遠鏡的光路圖

教學情形：

教師把這幾個禮拜測出來的透鏡焦距呈現出來給學生看，讓學生回顧學習的歷程，同時也說明為什麼目鏡會使用組合鏡而不是單個鏡片—為了解決色散的問題。教師原本要讓學生測量物鏡的焦距，由於課堂時數的關係所以省略，教師讓學生思考當焦距為 70mm 時，它的成像距離為多少。之後教師讓同學思考凸透鏡是如何在視網膜上成像的，以及為什麼明明可以直接透過凸透鏡成像，往遠鏡還需要目鏡？以上的問題學生需要繪製光路圖來解釋原因。

教師在學生繪圖的過程中，不斷的與學生討論他們的想法，幫助學生整理思緒。

學生：所以它成像在視網膜上是一個點吧

BES 教師：一點點算是一個像嗎？

學生：一個很小很小的點，應該是聚焦在視網膜上的一點。

BES 教師：所以你會把一棵樹看成一個點？

學生：一個很小很小的點傳到大腦就變成一棵樹

BES 教師：所以大腦可以判斷那個光點是一棵樹？所以在我們視網膜上的會是一個樹還是一個點？

學生：應該是很小的樹才對

教師在將學生的答案投在投影幕上，帶全班依照學生所繪製的光路圖了解該學生的想法，並與全班討論是否需要修正。同時也點出大腦會將視網膜上的像正的當反的、反的當正的，所以也有些學生在繪製光路圖時卡住了。由於很多學生在討論望遠鏡的目鏡卡關，所以教師跟學生說明觀測望遠鏡時，眼睛幾乎是貼在目鏡上，因此眼睛所看到的像是虛像。教師呈現學生繪製的光路圖，與學生討論應該如何修正才是正確的。繪製完畢後，教師跟學生討論目鏡的功能—放大，並利用圖說明放大率是如何計算出。

評鑑成果：(如表 4-48.)

表 4-48. BP 與 BES 教師第十四堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	3	8
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	7	7
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	6	5
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	4	2
12. 教師讓學生根據模型預測結果	3	4
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	11	13
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	0	0
總次數	34	39

17. BP 與 BES 教師第十五堂課

日期：2019/01/09

教學內容：學習歷程檔案製作

教學情形：

教師回顧上禮拜的上課內容，再次藉由光路圖說明眼睛觀察到虛像的原因。接著將講義因為時間不足沒有上到的光學望遠鏡單元教學內容向學生介紹。解說完畢後，教師跟學生說明這堂課的評分方式，另外，學期末學生需要繳交學習歷程檔案，教師建議學生應該要如何呈現自己的作品、自己的探索歷程，剩下來的時間主要是讓學生整理自己的講義內容，或是由老師提供的筆電製作學習歷程檔案上傳，若有課堂的疑問教師也隨時幫助學生解決。

評鑑成果：(如表 4-49.)

表 4-49. BP 與 BES 教師第十五堂課評鑑量表

評鑑向度	BP 次數	BES 次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	0	0
3. 教師讓學生自行操作不同變因	0	0
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	0	0
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	0	0
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	0	0
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	0	0
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	0	0
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	0	0
10. 教師讓學生能批判不同資訊	0	0
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	0	0
12. 教師讓學生根據模型預測結果	0	0
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	0	0
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	0	0
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	1	3
總次數	1	3

18. BP 與 BES 教師單元三總結

日期：2019/12/12-2020/01/09

教學單元：光學望遠鏡

評鑑成果：(如表 4-50.)

表 4-50. BP 與 BES 教師單元三評鑑量表

Part1: 教師驅動問題	得分
十三、 教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結	0
十四、 教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分	0
十五、 教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活	0
十六、 教師如何利用驅動問題 0: 無 (當作開場白, 無互動) 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	0
小計	0 分
Part2: 教師指導學生思考	得分
一、教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了 2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	3
二、教師給予學生幫助與回饋, 讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無	3

1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3: 教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	
三、教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	3
四、教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
五、教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合	3
六、教師利用鷹架幫助學生學習 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	3
七、教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	3
小計	21 分
Part3: 教師指導學生實作	得分
一、教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激	3

發更多想法	
二、教師鼓勵學生自行設計研究流程 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生些許的自行設計實驗的空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	3
三、教師鼓勵學生堅持探索與學習 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	3
四、教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生 2: 教師能顧慮到多數學生，但無法即時回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並即時回應學生的需求	2
五、教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	3
六、教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
七、教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無指導學生進行探究 1: 教師指導學生使用技能 2: 同上，並引導學生發表意見，能夠幫助學生理解與討論現象 3: 同上，並完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	3
小計	20 分
Part4: 教師評量學生	得分
一、教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品	3

2: 教師指示學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生結合不同知識、利用收集的數據與證據完成作品	
二、教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	3
三、教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目 2: 給予評分量表 3: 給予評量表並且給予學生回饋	1
四、教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生表現其學習成果	2
小計	19 分
總計	50 分

在本單元中，教師並沒有利用驅動問題來刺激學生的學習動機，而是藉由讓學生直接練習繪製光學成像路徑圖。在課程設計上，教師藉由望遠鏡的探究來連結學生國中所學的透鏡成像，從繪製凸透鏡的光學路徑一直到利用不同方法找尋鏡片的焦距、繪製望遠鏡的光學路徑圖，幫助學生了解望遠鏡的原理。在過程中，教師一步一步的幫助學生建構出光學成像的理論架構，在讓學生利用成像公式與原理尋找單一鏡片的焦距，再讓學生尋找目鏡的焦距。

在教學進行中，教師不斷的給予任務讓學生們討論與思考，也讓學生利用生物學科的知識離解望遠鏡成像的方式。也因為教師給學生許多繪圖與實作任務，教師在各組花費許多時間與學生討論實驗方法、討論如何排除誤差以及釐清學生的思緒。

評量方面主要以講義的填寫和 google classroom 的回應為主，同時參考學生的上課參與與回饋情形。

19. BP 教師總結

表 4-51. BP 教師總結評鑑量表

評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	50
3. 教師讓學生自行操作不同變因	22
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	30
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	29
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	19
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	63
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	72
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	79
10. 教師讓學生能批判不同資訊	24
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	48
12. 教師讓學生根據模型預測結果	71
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	70
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	33
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	28
總次數	638

BP 教師在主導教學時，會利用不同的活動與現象來激起學生們的學習系去，很常請學生發表他們的意見與想法，並讓學生們能夠相互討論與比較彼此論述與做法的優缺點。當學生在小組討論遇到困難時，教師常常鼓勵學生先把觀察到、收集到的數據先記錄下來，後續全班討論時可以提出來一起思考為何會有這樣的現象與結果。當學生完成當下給予的任務後，BP 教師會給予不在講義上的問題讓學生做更生一層的思考。

除了常常讓學生發表想法之外，BP 教師也經常讓學生根據實驗數據、模型去預測結果，尤其是在第二單元壓力的部分，教師會讓學生先建立好壓力的模型之後，利用不同的情境讓學生預測會發生什麼樣的事情。

20. BES 教師總結

表 4-52. BES 教師總結評鑑量表

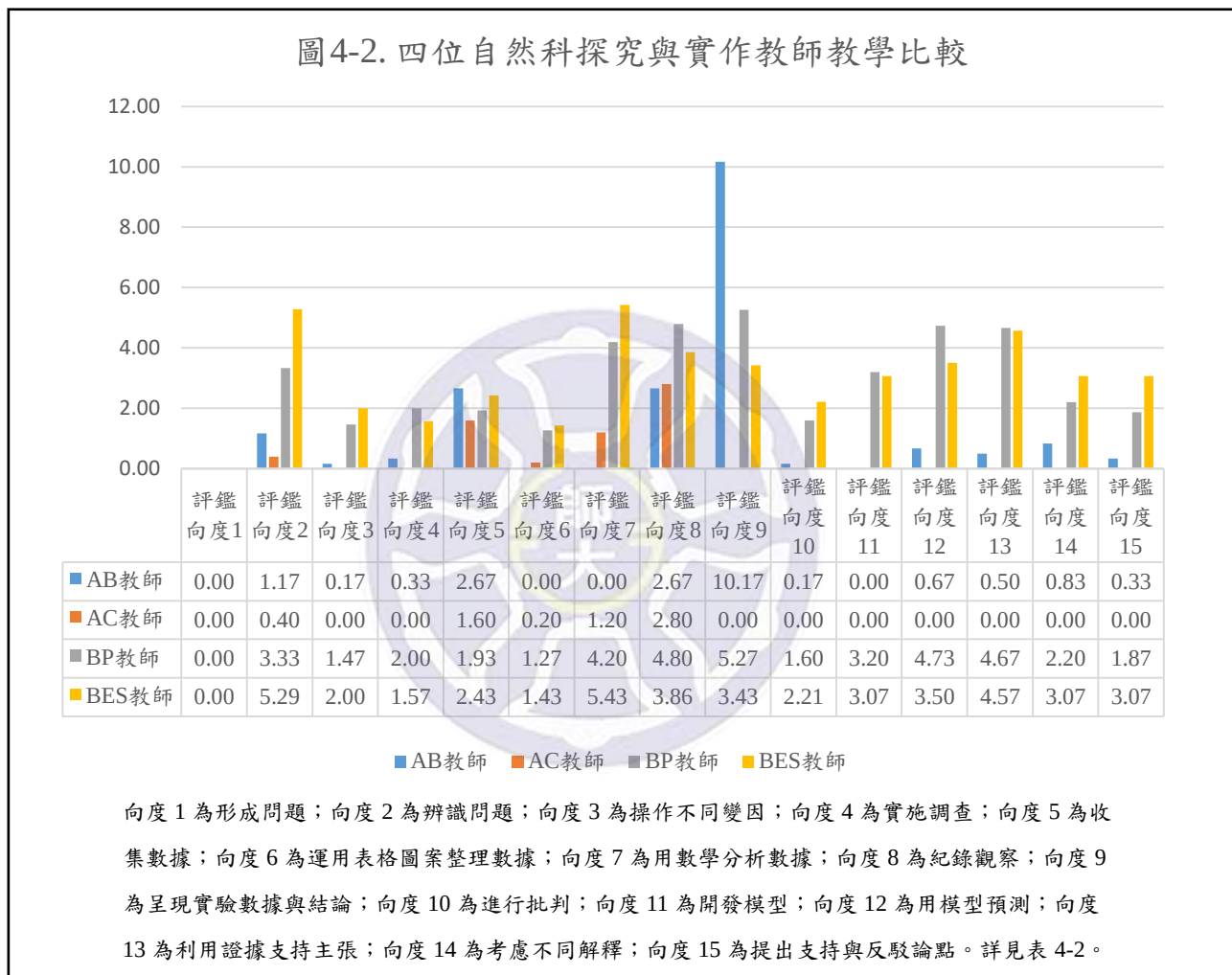
評鑑向度	次數
1. 教師讓學生自己形成問題/預測來探索	0
2. 教師讓學生自己從觀察/現象中辨識出問題	74
3. 教師讓學生自行操作不同變因	28
4. 教師讓學生設計或實施自己的調查	22
5. 教師讓學生收集質性或量性數據	34
6. 教師讓學生運用表格或是圖案來整理、分析數據	20
7. 教師讓學生運用數學邏輯來分析數據	76
8. 教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來	54
9. 教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論	48
10. 教師讓學生能批判不同資訊	31
11. 教師讓學生根據數據或觀察結果開發概念模型	43
12. 教師讓學生根據模型預測結果	49
13. 教師讓學生提供證據支持主張或解釋	64
14. 教師讓學生考慮不同的解釋/解決方案	43
15. 教師讓學生提出支持或反駁的論點	43
總次數	629

BES 教師在探究與實作課程進行時，常常是扮演在台下幫助學生解決問題的角色。因此教師在與學生互動當中，常常鼓勵學生們自行發掘問題的所在。尤其是當學生們遇到問題或是無法解釋的現象時，BES 教師會利用問答的方式幫助學生聚焦但不會直接說出問題的所在，以給予學生機會去思考、去發掘問題的機會。像是在風力發電的單元中，BES 教師陪同學生們測試風扇的發電效率時，會要求學生們觀察風扇旋轉時所發生的問題，讓學生們可以改進風扇的設計。

而在與小組內的學生互動當中，BES 教師鼓勵組內學生可以提出不同的方案與想法，經由學生們討論過後找出相對可行的實驗方法。因此教師在「讓學生提出支持或反駁的論點」有較高的次數。

四、 四位自然科探究與實作教師的教學比較與討論

在此研究者將 A、B 兩所學校各個老師的探究與實作教學情況做比較並歸納出四位教師在每堂課中給予學生進行探究與實作教學的平均次數得到下圖 4-2。以下將分為課程設計、教師教學與教師理念三大部分進行討論。



1. 課程設計：

B 學校在課程設計上的出發點是截然不同的。從教師訪談可以了解到，A 學校在設計課程時是以學科技能為出發，因此在教材的撰寫方式類似於傳統食譜式實驗的形式（詳見附錄二、附錄三）。學習單需要學生回答的地方大多是學生的觀察、學生收集的數據與繪圖，較少引導學生針對探究與實作的內容進行

檢視與反思。而在 B 學校的教師們在發展教材時（詳見附錄四），是先有「可實作的主題」再去找尋與學科知識的連結。訪談中教師提到他們選用的知識點較為困難，因此教材的內容大部分是先讓學生建立基礎概念之後再進行延伸，而問題與問題間具有高度關聯性以幫助學生建構知識。

另外將 A、B 兩所學校所設計的探究與實作課程與 108 課綱的探究能力對比可以得到下表 4-53。

AB 教師的第一單元為顯微鏡使用及玻片製作（AB1），教師在設計此單元時著重於學生顯微鏡的操作技能，因此沒有著重於思考知能的培養，而是讓學生的問題解決能力—計畫與執行進行訓練。而在第二單元（AB2）中，教師的課程設計為觀察校園中的植物，因此在培養學生問題解決能力—觀察與定題，讓學生能夠察覺生周遭的事物並蒐集相關資料。第三單元光合作用的課程

（AB3），因為時間因素無法進行，但可以從教材中發現教師希望學生們可以藉由使用不同水溶液的濃度來測定光合作用的速率，同時整理數據並將繪製水溶液濃度與光合作用速率的關係圖表，因此此單元培養學生問題解決能力中分析與發現及計畫與執行。第四單元為分子料理（AB4），教師讓學生自行設計食譜（實驗流程）並讓學生製作出屬於學生自己的創意分子料理並且在課堂之中與同學們分享、相互試吃及給予評價，因此在此單元中教師主要訓練學生的想像創造、計畫與執行和討論與傳達的能力。最後一堂課中教師讓學生們回顧上半學期的課程，並讓學生上台發表，因此在此課程中訓練討論與傳達的能力。

AC 教師則在第一單元沉澱反應的課程（AC1）中，讓學生學習如何正確的稱藥、操作安全吸球與吸量管、使用抽濾瓶等等，同時在課程之中也規劃學生計算莫耳數並找尋限量試劑，因此教師在此單元訓練學生問題解決中的計畫與執行及分析與發現能力。雖然在單元二酸鹼滴定（AC2）因為實驗儀器出現問題造成實驗中止，但可以在教材中發現教師預計讓學生在滴定的過程之中紀錄 pH 值的變化並繪製滴定曲線。因此在本單元中教師企圖讓學生習得分析與發現的能力，同時藉由讓學生使用滴定管，訓練學生使用實驗器材的技巧，因此也

培養學生計畫與執行的能力。而 AC 教師在單元三 (AC3)、單元四 (AC4) 則是讓學生按照實驗步驟製作出藍晒圖與天氣瓶，因此只有幫助學生增長問題解決中計畫與執行的能力。

在 B 學校的第一單元 (B1) 數據處理中，教師設計課程時讓學生去思考、去判斷不同測量方法所得數據的意義，並且讓學生們實際運用不同的方法測量出數據之後運用 Excel 整理數據並繪製圖表，學生在取得圖表後需要進一步的去詮釋數據所代表的意義，分享探究成果給全班並說明學生認為哪種測量方法最為精準，以及 2 種測量方法的優缺點。因此在本單元中，在思考智能方面培養學生的批判思辨和推理論證能力；在問題解決方面培養學生的計畫與執行、分析與發現和討論與傳達等能力。在第二單元風力發電機簡介 (B2) 的課程中包含了許多活動：製作水槍、利用水壓計測量氣球壓力以及製作簡易風力發電機。在課程一開始學生需要自行組合打氣筒、三通接頭、單向閥等等來製作水槍及沐浴乳壓頭，之後學生需要再進一步運用水壓計去探究大小氣球的壓力，並了解氣球彈性疲乏的現象，本單元學生們還需要製作出簡易的簡易風力發電機，學生們需要自行推估可能的影響風力發電效率的變因並製作出不同的扇葉來探究出變因與發電效率之間的關聯。因此在本單元之中，學生們運用想像創造的能力製作出不同的水槍與風扇；應用推理論證能力來解釋、推導及預測氣球壓力變化；建立壓力在不同狀況下的模型；藉由觀看影片、教師示範活動讓學生觀察並制定實驗方向；學生們規劃實驗流程並製作出風力發電機；分析風力發電機在不同的變因下、離電風扇不同的距離下所轉換發電量的數據；上台報告各組別的實驗結果與發現。因此本單元除了批判思辨之外，在課程設計上提供學生機會提升不同的探究能力。而第三單元光學望遠鏡 (B3)，則是讓學生繪製、分享凸透鏡或是多個透鏡的光路圖，並讓學生運用數學邏輯去推導光學公式。再讓學生設計實驗測量單一鏡片的焦距和望遠鏡目鏡的焦距，讓學生在了解在未知鏡心位置的情況下，需要用不同的方式來測量鏡片焦距。因此本單元除了想像創造和觀察與定題之外，該單元提供學生多種的探究能力。

能力 單元	想像創造	推理論證	批判思辨	建立模型	觀察與定題	計畫與執行	分析與發現	討論與傳達
AB1	—	—	—	—	—	使用顯微鏡	—	—
AB2	—	—	—	—	觀察植物	—	—	分享植物特色
AB3	—	—	—	—	—	不同液體濃度	光合作用速率	—
AB4	創意料理	—	—	—	—	自行規劃食譜	—	分享料理成果
課程總結	—	—	—	—	—	—	—	發表課堂心得
AC1	—	—	—	—	—	操作化學器材	找尋限量試劑	—
AC2	—	—	—	—	—	操作化學器材	滴定曲線圖	—
AC3	—	—	—	—	—	操作化學器材	—	—
AC4	—	—	—	—	—	操作化學器材	—	—
B1	—	根據數據解釋	判斷測量方法	—	—	不同射量方式	繪製數據圖表	分享測量方法
B2	扇葉、水槍	氣球壓力	—	壓力	找出不同變因	風力發電	不同變因效率	報告設計成果
B3	—	推倒光學公式	未知鏡片焦距	光學模型	—	設計測量焦距	分析光路圖	分享光路圖

表 4-53. A、B 校課程分析表

從上表可以發現 A、B 兩校在進行課程規劃時是完全不同的方向，A 校是將探究與作能力分散到不同的單元中強調，並且單元中多數著重於學生問題解決能力以及計畫與執行中的實驗操作技巧，而 B 校的課程則是在每一單元都希望能提供學生完整的探究與實作歷程。

2. 教師教學

由圖 4-2.可以發現在「向度 1：教師讓學生自己形成問題/預測來探索」向度是最低的。A、B 兩所學校的課程設計都是教師先訂定好探究主題與探究方向，因此學生沒有機會可以自行形成問題來探索。這部分可以從教師訪談中推斷是因為是第一年進行探究與實作課程，教師們對於學生的程度與能力還不熟悉，因此先給予特定的主題讓學生們探究。同時因為 A 學校主要是希望能培養學生的實作能力；B 學校發展課程時緊扣學科知識，因此在課程主題教師都預先幫學生設定。

而在教師的教學與課程設計上也能看出 A、B 學校教師們完全不同的出發點，如同剛剛所述，A 學校課程著重學生的技能與實作的培養，因此在偏向思考智能的第 10 到 15 向度較低。然而在問題解決方面，A 學校給予學生的機會也是相對低的，教師們的時間都在培養操作技能之上，而培養學生問題解決能力的機會則較少。

在「向度 5：教師讓學生收集質性或量性數據」、「向度 7：教師讓學生運用數學邏輯來分析數據」、「向度 8：教師讓學生將觀察/發生的事情記錄下來」及「向度 9：教師讓學生能呈現介紹實驗程序，數據和結論」這四個向度 A、B 兩所學校皆有相當高的次數，因為不論教師是設計觀察活動或實驗活動，學生們在活動過程之中都必須要觀察記錄及收集及分析數據，最後再讓學生上台報告、分享成果。

而在下方 AB 校單元評鑑分析表（表）中可以看到，教師們在進行探究與實作課程十，較少運用驅動問題來激發學生的學習動機，以及在課程中教師們

指導學生進行實作活動仍多於指導學生思考。另外教師們對於評量學生的方式較為固定，皆由學生在課堂上的參與、學生成品以及學習單的填寫為主，缺少給予學生多元呈現其學習成果的方式，且皆沒有給予學生評量量表，以讓學生了解教師評量的規準。

單元 評鑑向度	AB1	AB2	AB3	AB4	AC1	AC2	AC3	AC4	B1	B2	B3
教師驅動問題	8	8	—	7	0	—	0	0	12	12	0
教師指導學生思考	9	5	—	10	9	—	0	0	21	20	21
教師指導學生實作	10	8	—	14	10	—	8	8	17	21	20
教師評量學生	6	6	—	9	2	—	3	3	8	9	9

表 4-54. AB 校單元單元評鑑分析表

3. 教師理念：

教師的理念會影響到教師如何設計課程以及如何進行教學，而由研究結果可以呼應教師的理念。

在 AB 教師希望學生能擁有生物科的技能、能對生物有基本的認識並與生活作連結。因此在課程安排上給予學生許多時間練習使用顯微鏡；觀察植物及分子料理來貼近學生的日常生活。AC 教師對於 108 課綱的保守態度也呈現在課程設計與教學上。教師給予學生很多時間在實作上面，讓學生操作實驗器材並遵循實驗步驟，因此跟過往的食譜式實驗並無太大差異。BP 教師與 BES 的教學理念較為相近，主要是希望利用不同的活動引起學生興趣，因此在課堂上會操作酒精槍、水壓槍等等。同時也希望學生能夠主動參與課堂，以互動討論的方式進行探究與實作課程，因此可以在課程設計與教學中看到教師們利用不同的問題與任務刺激學生思考。

綜合上列所述，研究者認為教師的教學理念為影響探究與實作課程的重要因素。若教師抱持「促進學生思考與討論」的理念授課，則較能達成 108 課綱所要求的探究與實作課程目標。

第伍章 討論、建議及未來展望

本研究主要以任教兩間雙北市高中的四位自然科探究與實作教師教學的個案研究。本章節分為三節，第一節為研究討論與結論，將本研究之研究結果與文獻提出更多的討論。第二節為建議，將針對本研究的結論提出對於往後探究與實作的教學建議。第三節為未來展望，將針對未來研究的方向提出看法與想法。

第一節 研究討論與結論

依據本研究的研究目的與研究問題，本節將分為四個部分的研究結果分別進行討論，分別為：探究與實作課程評量工具的開發；四位自然科探究與實作課程教師的教學與實踐；四位自然科探究與實作課程教師對於 108 課綱的想法。

一、探究與實作課程評量工具的開發

在開發探究與實作課程評量工具的過程之中回顧了許多國內外的文獻，不論是美國的國家研究委員會或是臺灣的教育部，都相當重視這一塊的發展。在評鑑這一塊，美國官方有針對探究與實作課程方面給出較明確的評鑑向度，且民間不同組織與學者也紛紛提出不同的評鑑細項，希望能增進教師的課程設計。臺灣卻在這一塊沒有釋出官方的評鑑給教師們參考，或許也因為 108 課綱剛實施的關係，因此民間及學者尚未提出相關課程評鑑的規準。

在探究與實作的教學就有許多學者重視，不論是認知發展理論、諾蘭（Howard Norland）的「以學生學習為中心的教學策略」，甚至是翻轉教室（flipped classroom）與學習共同體（learning community）都是希望能夠幫助學生探究與建構知識，除了希望學生能夠在技能上動手實作之外，認知上的思考與思辯也是相當重要的一環。

因此本研究的探究與實作評鑑向度將臺灣 108 課綱的精神與美國 NGSS 評鑑融合，以瞭解教師們如何實施教學。

二、四位自然科探究與實作課程教師的教學與實踐

從教師晤談可以知道四位教師對於 108 課綱與探究與實作的態度與教學理念是截然不同的。

(1) AB 教師

從第一次訪談可以知道 AB 教師對於 108 課綱的態度是非常正向且充滿期待的，而且也利用課餘、休假時間去參加不同的講座與研習，希望更能瞭解探究與實作課程的設計與教學方式。在課程設計的方面是參考原 A 學校的生物科探究與實作課程，再針對課程稍做增減。課程保留了顯微鏡的使用、製作玻片與觀察植物，刪除了發酵的相關內容並新增光合作用實驗以及分子料理。在課程設計上面如同晤談教師所提及的依樣，企圖讓課程與學生的生活能更加緊密的結合。另外，教師在教學時將探究能力中問題解決分在不同單元中教學，像是顯微鏡使用與製作玻片為強調觀察與訂題、分子料理則是強調計劃與執行。此外教師由於是代理教師設計課程的時間並不長，導致教師在規劃完該學期的課程架構之後，要在學期進行時將課程細部規畫完畢並設計學習單。

在教學過程之中，教師花了許多時間訓練學生的實作技能，尤其是顯微鏡的操作。在教師晤談中也有提到，AB 教師認為在生物科之中，顯微鏡的操作是一項必備的技能，加上在國中階段時學生們多數沒有操作過，因此教師給予學生很多機會操作顯微鏡，希望他們可以熟練這項技能。而在其他課堂進行之中，教師詢問學生的問題上多是確認性或是事實知識的問題，這或許是因為教師在課程設計時是以學科技能作為出發點，因此在設計學習單中或是與學生問答的過程中很難脫離學科知識。

然而在評量學生方面 AB 教師較為多元，教師除了評量學生的學習單之外，也加入了學生自評與小組互評，讓學生有機會反思自己在課堂之中的學習歷程，也讓學生思考同儕的優缺點。教師在設計學生自評表的時候避免使用負面的詞語，目的是為了希望學生能有正向的態度面對學習歷程。

(2) AC 教師

AC 教師對於探究與實作課程的態度較為中立，在晤談中常常表明「先做就對了」。教師雖然經常參加官方所舉辦的工作坊，但對於官方推行新政策的搖擺不定頗有微詞，尤其政策常常朝令夕改讓教師覺得有點無所適從。在課程設計上 AC 教師還是偏傳統的食譜式實驗，在課程的前半部運用實驗的操作讓學生複習過往學習過的化學知識，而剩餘課程則是讓學生能夠動手做一些有實品的實驗，讓學生覺得化學是有趣的。

而在教學中，教師幽默風趣的個性讓學生們的學習非常開心，因此常常依賴教師協助，尤其是操作實驗的過程中，學生遇到問題時更傾向請求教師的幫忙。教師認為學習技能是非常重要的，若是學生沒有好的實驗操作技能，則如何得知實驗結果的誤差是來自何處所以在學生操作器材之前，會稍微演示實驗流程與步驟。然而在學生自行取所需的藥品時，由於不熟練取藥的步驟與動作，導致時常耗費大量的教學時間。因為如此，教師更認定因為學生基礎技能不足，需要先給予更多的技能訓練。

在學生評量方面則是採學生的學習單為主要的依據，與一般的學習單相同，多數是要求學生紀錄數據並有些許問答題讓學生們思考實驗的原理。

(3) BP 教師

由於是代課教師，BP 教師並沒有參與到課程開發的部分，然而在課程教學方面仍然有突出的表現。因此教師在課程開始前花了許多時間備課，另外 BP 教師也提到教師相互分享教學經驗，這對教師來說也能幫助他準備課程。

教學之中，BP 教師負責前兩個單元，雖然是負責進行主要的教學，但依然能進入到各組與學生進行討論。在與學生的討論過程中，BP 教師更傾向運用學科知識引導學生解決問題。

評量學習成果主要是按照學生的學習單以及期中考。期中考試的內容為第一單元的數據資料的整理與判讀，教師給予學生數據，學生需要將數據繪製成

圖並加上趨勢線，之後再依照繪製的圖表解釋現象。

(4) BES 教師

教師參與了整個開發課程的過程，在教務主任建立的探究與實作課程發展的團隊之下，整個課程的發想與開發花了約一年的時間。課程的發想主要是由現象與可實作的主題作為架構，每位老師運用自己的專長及興趣找到主題之後，再與各科教師討論如何將學科知識融入之中。之後探究與實作的教師們有共同備課時間，再將課程內的細項作修正並讓每位教師了解、學習課程內容。

BES 在教學的過程中很注重學生的思考歷程，常常引導學生運用因果關係去思考問題。也因為教師覺得探究與實作課程主要是要讓學生去不斷的嘗試錯誤、思考錯誤在哪並解決問題，所以教師認為進度不是優先考量的部分。

在評量方面 BES 教師也是以學習單及期中考來做為了解學生學習成果的依據。考試的內容為第一與第二單元，題目都是學生再進行探究與實作時常見的問題和課程提及原理的應用與解釋。

三、四位自然科探究與實作課程教師對於 108 課綱的想法

多數教師對於 108 課綱有相當高的期待，對於能增加學生知識的應用、學科與生活的結合以及邏輯思考的訓練都能有助學生面對未來困境時有更好的應對。但也有教師持保留的態度，認為這又是新的一波「口號」、素養導向的教學是所謂「換湯不換藥」，一切端看考試的方式是如何進行的。

然而自然科目的時數減少且部分科目的教授內容增加，導致教師在備課上需要花更多的心力。另外，探究與實作是屬於新的課程，教師們花了更多時間在了解如何設計課程、如何進行教學...等等。同時也因為這樣新的課程，讓學校內多數老師感到害怕，使得進行與規劃這樣的課程落在少數人的肩膀之上。

第二節 研究發現與建議

本研究從探究與實作評鑑工具開發、教師晤談及觀課中探討四位高中自然探究與實作教師之教學，研究者依研究發現與研究過程中提出以下五點建議。

1. 教師必須給予學生探究的機會並相信學生可以探究。在教師教學後的訪談中可以了解到，給予學生們機會去嘗試不同的方法、去思考、去表達自己的想法，在短短一學期之中還是可以看到學生的進步與改變。在探究與實作教學過程中，學生們常常有神奇的想法、獨特的邏輯，因此總是能帶給教師許多驚奇，同時必須在當下隨機應變、整理好思緒回應學生，不免對教師帶來更多的壓力。但研究者在此還是建議教師們讓學生去突破他們自己，同時對於教師來說也是大大的成長。
2. 教師設計課程應由現象與可實作的主題作為出發點開發課程。這樣的課程設計較能脫離學科知識的框架，讓學生真正能從現象中理解知識，而非由學科知識解釋現象。
3. 學校應成立完善的探究與實作教師社群，促進教師合作進行協同教學。在B學校擁有教師社群針對探究與實作課程開發與修正，使教學能更加流暢與順利，就算教授非教師專長的單元內容也能有效答覆學生問題。而在教學過程之中，協同教學能使教師的教學負擔降低。教師們皆認同單獨一人進行探究與實作教學時無法照顧到每一位學生，尤其在引導學生思考、解析學生問題、指導學生操作實驗器材，有力不從心的感覺。因此建議學校在規畫探究與實作課程時，利用協同教學的方式讓課堂中至少有兩位教師，以提升教師教學成效。
4. 教育部與學校應給予教師更多的經費與支援，以降低教師負擔。教師在執行探究與實作課程除了耗費許多心力之外，儀器與耗材的需求也是相當巨大。教師反映有超鐘點的情況，正課加上探究與實作課程讓教師備感壓力，再加上研習與工作坊，使教師只有些許的時間修改、精進課程。此

外，由於探究與實作課程多數需要使用到實驗室和準備實驗藥劑與器材，教師可能需要耗費額外時間將藥品與耗材準備完成，若沒有實驗室管理員或是技師幫助，將對教師的教學意願與效果大打折扣。甚至學校沒有經費將現有的設備補齊或是維持完善，也會影響到學生的學習成效。

5. 教育部應舉辦更多「實用」的工作坊幫助教師增能。在教師訪談中提到教育部在 108 課綱施行前有舉辦許多的工作坊企圖幫助教師了解探究與實作課程，然而多數官方的工作坊聚焦在計畫的撰寫，而非幫助教師了解探究與實作的課程應該如何進行。在此建議應該由教育部舉辦增能工作坊，邀請國內外有經驗的探究與實作教師及研究學者，展示課程的教學流程，帶領教師體驗一次探究與實作課程，使教師明白應如何進行教學。



第三節 未來展望

研究者在做完本研究之後，認為未來仍有許多問題可以作進一步的探討。

因此在未來有機會將對下列兩點做深入研究。

1. 探究與實作的教師社群與課程發展。

在本研究中發現，學校中探究與實作教師的教師社群對於課程與教學扮演重要的角色。教師社群可以幫助教師們開發出更完善的課程、幫助教師分享彼此的教學經驗並讓教師們相互解決教學問題。因此，未來能夠對進入並觀察教師社群、了解教師們如何發展出探究與實作課程，可以讓本研究更加完善

2. 探究與實作課程中的教師提問。

本研究中也發現到學習單中的問題設計，和教師如何對學生進行發問，也會對學生的探究實作造成巨大的影響。教師們的提問是偏向幫助學生知識的建構？亦或是偏向幫助學生建立思考邏輯？進一步可以進行探討如何問出好的問題幫助學生學習。

參考資料

- Achieve. (2016). Educators evaluating the quality of instructional products (EQuIP) rubric for science, version 3.0. Retrieved from [http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/EQuIP Rubric for Science v3.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/EQuIP%20Rubric%20for%20Science%20v3.pdf)
- Barrow, L. H.(2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17 (3), 265-278.
- BSCS Science Learning. (2018). *NextGen TIME*. Retrieved from nextgentime.org
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science*, 31(787), 121-127.
- Good, T. L., & Lavigne, A. L. (2017). *Looking in classrooms*: Routledge.
- Harris, C. J., Krajcik, J. S., Pellegrino, J. W., & McElhaney, K.W. (2016).Constructing assessment tasks that blend disciplinary core ideas, crosscutting concepts, and science practices for classroom formative applications. *Menlo Park, CA: SRI International*.
- Minstrell, J.(2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, 471-496.
- National Research Council (NRC) (1996) National science education standards. *National Academy of Sciences*.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. 2013. *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Tsourlidaki, E.(2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61.
- Stufflebeam, D. L., Madaus, G. F., & Kellaghan, T.(2006). *Evaluation models: Viewpoints on educational and human services evaluation* (Vol. 49): Springer Science & Business Media.
- Urhahne, D., Schanze, S., Bell, T., Mansfield, A., & Holmes, J. (2010). Role of the teacher in computer-supported collaborative inquiry learning. *International Journal of Science Education*, 32 (2), 221-243.
- 李驥、邱美虹 (2019) NGSS 和 12 年國民基本教育中探究、實作和建模的比較與分析. *科學教育月刊*, 421, 19-31
- 邱美虹.(2005). 美國百年科學教育的發展. *教育資料與研究雙月刊*, 64, 19-40.

- 教育部.(2003). 科學教育白皮書. 臺北市: 教育部.
- 教育部.(2014). 十二年國民基本教育課程綱要. 臺北: 教育部.
- 教育部.(2018). 十二年國民基本教育課程綱要 自然科學領域. 臺北: 教育部.
- 教育部.(2018). 國民中學及國民小學實施課程評鑑參考原則。臺北:教育部.
- 鄭湧涇.(2005). 我國科學教育改革的回顧與展望. 科學教育月刊, 284, 2-35.
- 賴榮飛.(2019). 國民中小學學校課程評鑑機制之探究與建議. 臺灣教育評論月刊, 8 (8), 43-50.



附錄一：專家效度問卷

老師您好：

這是有關於探究與實作的教學評鑑量表

請您直接在表格中勾選「保留」、「修改」或是「刪除」。如需修改，請您直接針對該題填寫您寶貴的意見，謝謝您

探究程度				☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
Level	研究問題	研究流程/方法	解決方案	
0	教師提供	教師提供	教師提供	
1	教師提供	教師提供	學生形成	
2	教師提供	學生形成	學生形成	
3	學生形成	學生形成	學生形成	
Part1: 教師驅動問題				
教師的驅動問題與學習內容的相關聯性 0: 無 1: 稍微與學習內容相關 2: 該學習階段之學習內容相符 3: 能與過去或是未來學習內容連結				☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師的驅動問題與學生生活的關聯 0: 無 1: 驅動問題只存在於課本之中 2: 驅動問題發生在人為控制的環境下 3: 驅動問題為學生日常生活的一部分				☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師的驅動問題與學生解釋現象或問題的相關聯性 0: 無 1: 驅動問題僅能部分與現象或問題連結 2: 驅動問題可以與現象或問題連結 3: 驅動問題可以幫助學生連結待解決問題與現實生活				☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見

教師如何利用驅動問題 0: 無（當作開場白，無互動） 1: 稍微提及或帶過驅動問題 2: 提出關於驅動問題一個或多個問題/互動 3: 使用驅動問題為後續探究實作的現象做鋪陳	☐保留 ☐修改 ☐刪除 其他意見
Part2: 教師指導學生思考	
1.教師給予學生機會發揮/呈現他們的想法 0: 無 1: 少部分讓學生自由發揮 2: 能讓學生自由的發表他們的想法 3: 除了2, 老師能讓學生們相互討論並由同儕給予反饋	☐保留 ☐修改 ☐刪除 其他意見
教師幫助學生將知識運用於問題/情境之中 0: 無 1: 僅確認學生知識，無幫助學生運用 2: 幫助學生連結/運用先備知識，並與情境結合 3: 能根據學生的先備知識給更上一層的知識，並與真實問題結合。	☐保留 ☐修改 ☐刪除 其他意見
教師給予學生幫助與回饋，讓學生能運用學科或是不同領域的知識來思考問題 0: 無 1: 僅回答問題，無刺激學生思考 2: 教師持續給回饋讓學生從單一學科的角度來思考解決問題 3:教師持續給回饋並鼓勵學生從不同學科的角度來思考解決問題	☐保留 ☐修改 ☐刪除 其他意見
教師幫助學生思考先備知識與新知識的連結 0: 無 1: 僅讓學生學習現有的新知識 2: 幫助學生與先備知識結合	☐保留 ☐修改 ☐刪除 其他意見

3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	
4. 教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
Part3: 教師指導學生實作	
教師幫助學生在各個組別中的合作 0: 無 1: 教師僅專注少數組別學生處理問題 2: 教師隨時幫助各組學生處理問題 3: 教師隨時幫助各組學生解決問題、協助學生聚焦問題並刺激學生激發更多想法	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師鼓勵學生自主學習/行動 (agency) 0: 教師決定學生的學習 1: 教室僅讓學生有一點的自主空間 2: 教師讓學生有自主空間，惟不能脫離既定模式 3: 教師開放學生各種想法、鼓勵學生不斷的去嘗試，就算失敗也是學習的一種。	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師鼓勵學生堅持探索與學習 (persistence) 0: 無 1: 教師口頭上鼓勵學生堅持探索與學習 2: 教師經常確認學生進度並鼓勵堅持探索與學習 3: 教師不斷的鼓勵學生確認學生進度，並持續給予回饋	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師給予每一個學生平等的學習機會 0: 無 1: 教師僅顧慮到少數學生	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除

2: 教師能顧慮到多數學生，但回應學生的需求 3: 教師能顧慮到多數學生，並回應學生的需求	其他意見
教師給予學生合適的科學現象、資訊來幫助學生學習 0: 給予學生過於簡單/錯誤的資訊與現象 1: 教師給予的現象與資訊為虛構/模擬的 2: 教師的教材與資訊符合該程度的學生 3: 教材與資訊符合時事、科學上正確並且結合不同的領域	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師使用公開討論/辯論刺激學生思考 0: 使用封閉式問題 1: 僅詢問有關陳述型知識，無幫助學生思考現象 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師幫助學生進行探究活動 0: 教師無 1: 2: 引導學生發表意見，並能夠幫助學生理解與討論現象 3: 完整的讓學生理解先備知識的原理與新問題該如何結合與運用	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
Part5: 教師支持學生	
教師隨著時間給予不同的鷹架 0: 無鷹架 1: 教師提供的鷹架無法幫助學生學習 2: 教師只給予單一鷹架，並無因為時間變化而改變 3: 教師隨著時間給予不同程度的鷹架幫助學生進行探究與實作以幫助他們意義建構	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師幫助學生的後設認知 0: 無 1: 教師僅提及，無引導學生上位思考 2: 教師引導學生上位思考 3: 教師引導學生上位思考、幫助學生建立學習的目標、回顧學生的學習歷程並讓學生檢視自己的學習成果	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見

教師能給予不同程度學生 差異化教學0: 每位學生的 教導與教材都是一樣的 1: 每位學生教材都是一樣的，但能給予不同程度的學生適切的指導 2: 每位學生教材都是一樣的，但是因應學生程度增加/降低任務難度 3: 根據不同程度的學生給予不同的教材與任務	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師考量到學生的先備知識 0: 無 1: 教師高估/低估學生的先備知識 2: 教師能了解學生的先備知識並給予指導 3: 教師能考量到學生的先備知識，並且能明確地將其與學生的想法與實作連結	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
Part4: 教師評量學生	
教師協助作品產生 0: 教師幫助學生完成作品 1: 教師未協助學生完成作品 2: 教師指導學生利用證據來完成作品 3: 教師引導學生完成作品	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師執行形成性評量 0: 無 1: 教師僅用傳統的紙筆測驗 2: 僅利用形成性評量檢視學生學科能力的面向 3: 教師能利用形成性評量檢視學生各個學習表現的面向	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見
教師的分數指導 0: 無公布評分標準 1: 給予評分項目	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除

2: 給予評分的 rubric 3: 給予評分 rubric 並且持續給予學生回饋	其他意見
教師的評量方式 0: 無評量 1: 僅有單一的評量方式 2: 多種固定的評分方式 3: 有多元的評分方式讓學生選擇以表現其學習成果	☐ 保留 ☐ 修改 ☐ 刪除 其他意見



附錄二：AB 教師探究與實作教材

探究與實作講義

生物篇



班級座號：

姓名：

前言

課程目標：

十二年國民基本教育自然科學領域課程在前述基本理念引導下，訂定課程目標如下：

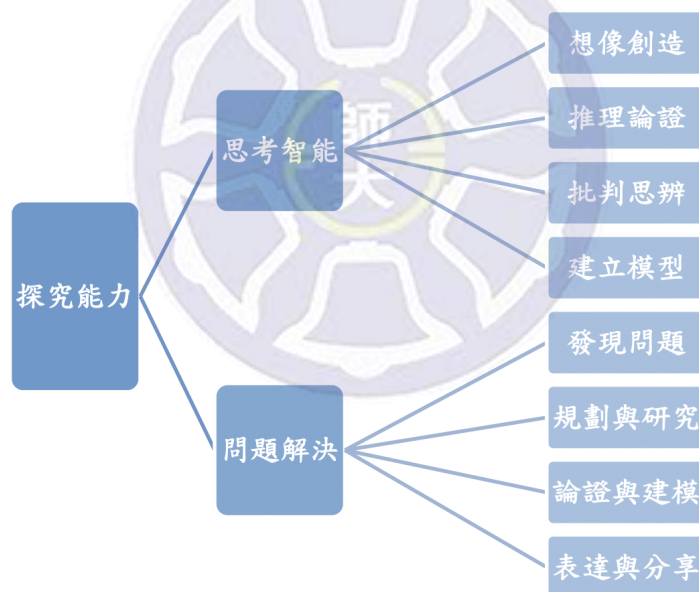
一、**啟發科學探究的熱忱與潛能**：使學生能對自然科學具備好奇心與想像力，發揮理性思維，開展生命潛能。

二、**建構科學素養**：使學生具備基本的科學知識、探究與實作能力及科學態度，能於實際生活中有效溝通、參與公民社會議題的決策與問題解決，且對媒體所報導的科學相關內容能理解並反思，培養求真求實的精神。

三、**奠定持續學習科學與運用科技的基礎**：養成學生對科學正向的態度、學習科學的興趣，以及運用科技學習與解決問題的習慣，為適應科技時代之生活奠定良好基礎。

四、**培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力**：使學生欣賞且珍惜大自然之美，更深化為愛護自然、珍愛生命及惜取資源的關懷心與行動力，進而致力於建構理性社會與永續環境。

五、**為生涯發展做準備**：使學生不論出於興趣、生活或工作所需，都能更進一步努力增進科學知能，且經由此階段的學習，為下一階段的生涯發展做好準備。



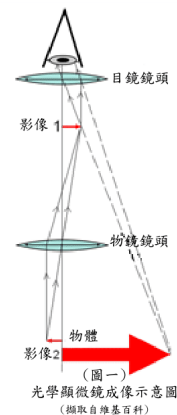
課程主題(108 學年度)

週次	課程內容	跨科	作業	學習單成績
第二週 9/1~9/7	認識顯微鏡 暖身活動 探究問題	生物 物理	學習單須於 課堂完成	
第三週 9/8~9/14	顯微鏡使用 生物繪圖 玻片觀察	生物 物理 美術	簡圖+點圖	
第四週 9/15~9/21	生物玻片製作 顯微世界觀察 心得	生物 美術	簡圖+點圖	
第五週 9/22~9/28	校園植物認識 iNaturalist 形色	生物 美術	簡圖+ 校學植物觀察 紀錄	
第六週 9/29~10/5	光合作用實驗 (一)	生物 化學		
第七週 10/6~10/12	光合作用實驗 (二) 數據整理	生物 化學 資訊		
第八週 10/13~10/19	分子料理實驗 (一)	生物 化學 家政		
第九週 10/20~10/26	分子料理實驗 (二) 數據整理	生物 化學 資訊		
第十週 10/27~11/2	學習歷程 成果發表 課程總結	生物		
第十一週後~	化學			

第一節：認識顯微鏡 (microscope)

一、顯微鏡的原理

- ◇ 顯微鏡泛指將微小不可見或難見物品之影像放大，而能被肉眼或其他成像儀器觀察之工具。
- ◇ 俗稱的顯微鏡多指光學顯微鏡。
- ◇ 光學顯微鏡為物體入射的光被至少兩個光學系統（物鏡和目鏡）放大。首先物鏡產生一個被放大實像，人眼通過作用相當於放大鏡的目鏡觀察這個已經被放大的實像。



二、常見的顯微鏡種類

(一) 實體顯微鏡 (Stereomicroscopy)



- 名稱：解剖顯微鏡 (Dissecting microscope)
- 放大倍率：4 倍~60 倍
- 原理：物體經物鏡作第一次放大後，由五角稜鏡使物像正轉，再經目鏡作第二次放大，使在目鏡中觀察到正立的物像。
- 用途：觀察不透明的物體或生物標本外部形態，或在工業和部分生物醫學技術上的固體樣本表面觀察。

(二) 光學顯微鏡 (Optical microscope、Light microscope, LM)



- 名稱：複式顯微鏡 (Compound microscope)
- 放大倍率：40 倍~1600 倍
- 原理：由物體入射的光被至少兩個光學系統：物鏡和目鏡(凸透鏡)放大。為一倒立放大虛像。
- 用途：觀察透明或是細小的生物體結構，需製作玻片後觀察。



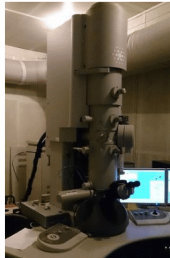
- 名稱：螢光顯微鏡 (Fluorescence microscope)
- 放大倍率：4 倍~1000 倍
- 原理：以波長較短的紫外光為光源，利用紫外光射在螢光物質上會激發出可見光的特性，用於特定對象之鑑別與定位。
- 用途：以螢光物質或以抗體結合螢光物質，可用於標定特定對象在組織內的位置。

(三)共軛焦顯微鏡 (Confocal Microscope)



- ☞ 名稱:雷射掃描共軛焦顯微鏡 (Radial Scanning Confocal microscopy)
- ☞ 放大倍率:100 倍~1000 倍
- ☞ 原理:以雷射光取代傳統螢光顯微鏡之汞燈，經由掃描器的，以點接點依序構面，對螢光樣本進行激發(Excitation)與發散(Emission)訊息的擷取。所得之螢光訊息，利用成像共焦面處的一小孔，阻擋非焦面的螢光雜光進入感測器中，解決傳統螢光顯微鏡在非焦面雜光干擾下的模糊光蔽，產生螢光澄清化的光學切片效果，提升螢光顯微影像品質。
- ☞ 用途:呈現出兼具高解析度和低背景의影像；加入時間因子後，除了 2D、3D 外，更可創造出動態的 4D 影像。

(四)電子顯微鏡



- ☞ 名稱:穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscope)
- ☞ 放大倍率:50 倍~1,200,000 倍
- ☞ 原理:以電子槍發射之電子束為光源，由於該波長極短，可以直接穿透 $0.2\mu\text{m}$ 的標本，使影像呈現 2D 的結構。
- ☞ 用途:利用電子束穿透樣品，可顯示樣品內部狀態。常用於分析晶體結構。



- ☞ 名稱:掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope)
- ☞ 放大倍率:1000 倍~2000 倍
- ☞ 原理:以電子槍發射之一次電子束為光源，再照射在樣品標本表面（通常外表鍍金）後，會激發二次電子束反射，使影像為電子接收器接收，經一連串影像放大後，會在螢幕上呈現 3D 的物體外表影像結構
- ☞ 用途:觀察樣品表面結構的三度空間圖像，也能觀察物體表面結構及分析組成原子。

參考資料:

1. 中央研究院 應用科學研究中心
2. 中興大學植病系
3. 台灣儀器行

三、學習活動

(一)前測:請憑印象繪出下列兩種顯微鏡，將重點放於兩者之間的差異，以及主要的構造。(勿往前翻)

解剖顯微鏡	複式顯微鏡

(二)暖身活動:今天你們舉辦了一場生物體驗營，國中部的學弟妹在操作顯微鏡時發生了一些問題，身為學長姐的你們能否帥氣地幫學弟妹解決問題呢？

狀況 1. 使用者表示看不到東西。

可能原因：

解決方法：

狀況 2. 使用者表示畫面都是黑的。

可能原因：

解決方法：

狀況 3. 使用者表示怎麼調細調節輪都無法對焦。

可能原因：

解決方法：

狀況 4. 使用者表示製作的玻片之中不知道觀察到的是細胞、氣泡或雜質。

可能原因：

解決方法：

第二節：顯微鏡的使用

小叮嚀：放回顯微鏡前，請先檢查顯微鏡狀態是否與課前一模一樣。

- ☒線有收整齊 ☒物鏡轉回低倍鏡 ☒載物台位於最低處
☒載物台上沒有樣品 ☒放置回拿取的位置 ☒一整學期固定同一台顯微鏡
☒我的顯微鏡編號為_____號

一、解剖顯微鏡與複式顯微鏡的差異：

	物與像的關係	標本類型	成像	觀察方式	放大倍率
複式顯微鏡	上下相反左右顛倒	透光薄片	平面	兩眼睜開觀察	目鏡 × 物鏡
解剖顯微鏡	物與像同方向	立體樣品	立體		

二、顯微鏡的構造

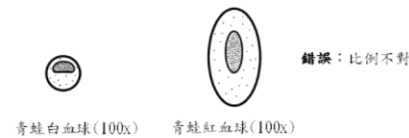


三、顯微鏡的使用

1. 取用顯微鏡時，一手握鏡臂，一手托住鏡座，將顯微鏡置於桌面上(離桌沿 5 公分)。
2. 打開光源。使低倍鏡置於鏡筒下方。
3. 用眼睛從接目鏡觀察視野，並以順時針方向轉動粗調節輪至視野均勻明亮。
4. 將欲觀察的玻片標本置於載物台上，並用台面上的玻片固定夾固定。
5. 接目鏡觀察，可轉動粗調節輪直到看見標本為止，再轉動細調節輪，使欲觀察的標本得到正確的焦距。
6. 受觀察的標本部位不在視野之下，則移動玻片位置。
7. 若光線太強或太弱，則調整光圈至最適光度。
8. 轉動旋轉盤將低倍的接物鏡更換成高倍的接物鏡。(可將載物下降一點再轉旋轉盤，可避免高倍物鏡撞到玻片。)
9. 轉細調節輪以得到正確焦距，則可獲得清晰放大的物像。
10. 通常由低倍換成高倍觀察時，光度會不足。可調節光圈以得到適當的光度。

四、生物點圖原則

1. 繪製科學的圖應以精確為主，不能做藝術性的加工渲染，因此首先要認真地觀察標本，掌握每個要表現出的特徵後再著手繪圖。(簡圖)
2. 只在紙的一面繪圖，鉛筆應保持尖銳，紙面力求整潔。
3. 繪圖的大小應適宜，圖的各部分結構必須按要求表示清楚。紙上做適當安排，留出名稱與圖說的位置，注意合理佈局。
4. 圖的名稱或說明(生物名、構造名稱或細胞名稱)與放大倍率要寫在圖的下方。
5. 繪製完圖形後，需以平行線拉出，標示構造名稱。
6. 每張圖的比例大小要正確。



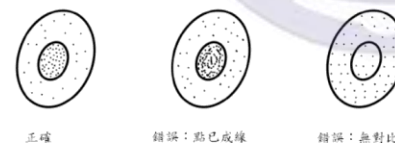
7. 圖的大小要與整體配合，勿過大或過小。構造標示也不應超出繪圖空間。



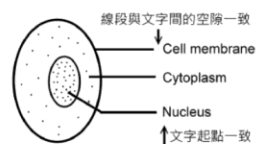
8. 圖形要完整正確，輪廓線條要清楚明確，勿做素描、重複線條。



9. 以打點方式呈現明暗對比，點的直徑不可大於線寬，也不可重疊。



10. 圖中各構造的名稱，需用尺畫線標示於圖的右方，各線之間最好平行。



五、學習活動

(一)調整調節輪，顯微鏡載物台會往哪裡移動?紀錄觀察結果。

調節輪方向	順時針(往前)	逆時針(往後)
載物台移動方向		

(二)

	粗調節輪		細調節輪	
	順時針(往前)	逆時針(往後)	順時針(往前)	逆時針(往後)
玻片移動方向				
顯微鏡下觀察到的玻片移動方向				

(三)拿奇異筆在玻璃玻片上寫下大寫 E，並記錄直接觀察與顯微鏡下的差異。



(四)暖身活動

1. 當物鏡倍率越來越高時，視野大小、可觀察到的細胞數量、光線亮度有何變化?
2. 複式顯微鏡與解剖顯微鏡的成像結果有何不同?在用途上又有何不同?請各舉兩個可能使用到的時機。
3. 舉出可能影響顯微鏡成像的因素，並說明如何影響。
4. 當玻片中不只只有一層細胞時，調整細調節輪對焦時，會將視野停留在最清晰的一層細胞位置，此舉稱之為調整「景深」。請問生活之中是否也有類似的例子?
5. 心得:本次的實驗操作比起以往，是否又多學到了些什麼?

(五)點圖繪製

◎每組需看完的玻片有：(請記得拍照)

動物標本：

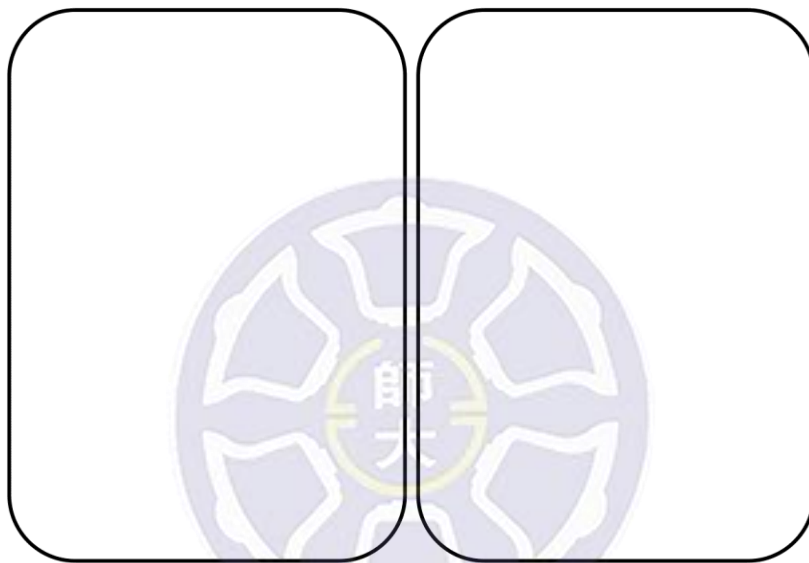
- ☐狗 心肌細胞 (縱切橫切)
- ☐狗 平滑肌細胞(縱切橫切)
- ☐貓 骨骼肌細胞(縱切橫切)
- ☐豬小腸
- ☐軟骨
- ☐精子

植物標本：

- ☐風媒花 花粉
- ☐蟲媒花 花粉
- ☐壓趾草下表皮
- ☐棉花葉橫切

◎選擇其中兩個感興趣的玻片於課堂繪製簡圖，需包含至少兩個細胞。

讓老師檢查通過後再開始打點和標記。下次一上課就需繳交作業。



◎比較肌肉細胞(心肌、平滑肌、骨骼肌)的外型特徵。

◎比較風媒花及蟲媒花外型差異。

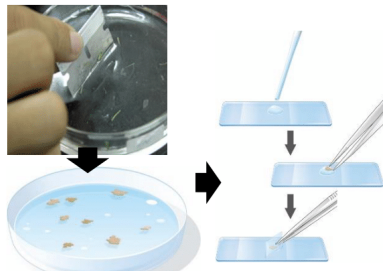
第三節:植物細胞觀察

一、生物玻片製作(水包埋玻片)

➤ 請將下列四種製作玻片的方式，寫出需要注意的事項。

(一)徒手切

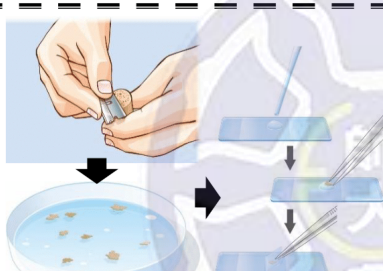
I.



使用時機:

注意事項:

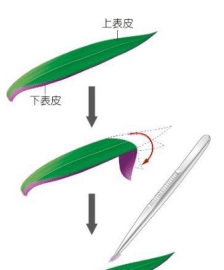
II.



使用時機:

注意事項:

(二)折撕法



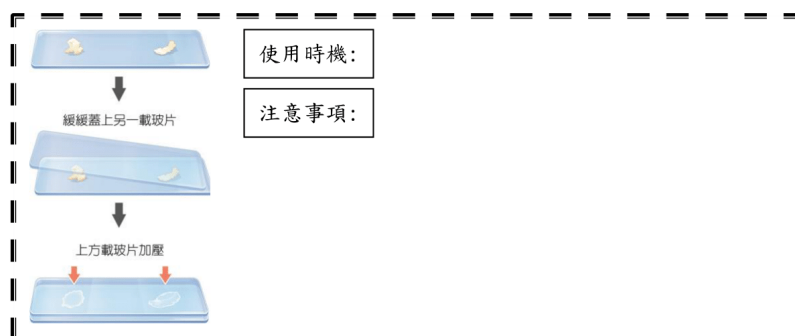
上表皮

下表皮

使用時機:

注意事項:

(三)壓片法



(四)抹片法



二、暖身活動

1. 推測為什麼水包埋玻片的製作需要加一滴水。直接觀察玻片可能的結果？

2. 歸納四種玻片的製作適用時機。

(1)徒手切

(2)折撕法

(3)壓片法

(4)抹片法

3. 植物的細胞壁雖然能維持細胞形狀，但今日觀察到的植物細胞卻有不同的排列方式及不同的形狀。請就今日的觀察結果試舉三個型態與功能相關的例子。

4. 在此次的實驗中，你對顯微鏡的使用是否更加熟悉？請說明。

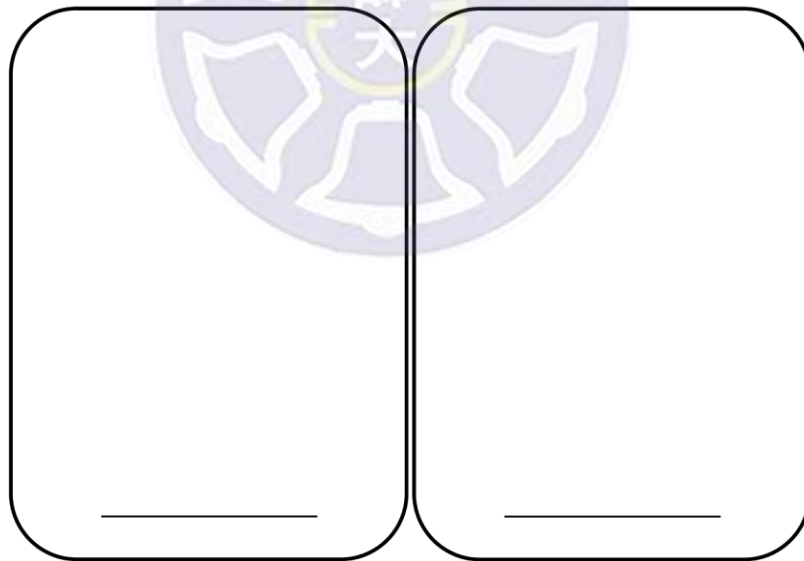
三、實驗記錄

1. 材料：

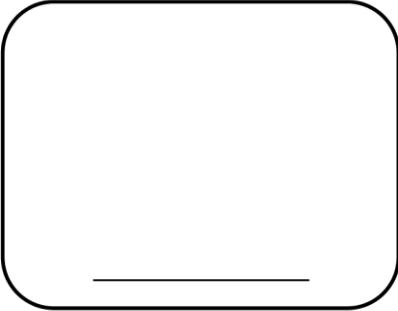
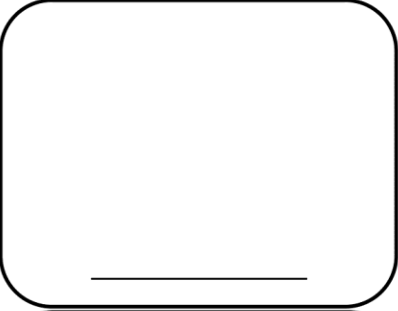
- | | | | |
|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| ☐ 辣椒 | (點圖) | ☐ 紫背萬年青 | (簡圖) |
| ☐ 馬鈴薯 | (點圖) | ☐ 秋海棠 | (簡圖) |
| ☐ 香蕉 | (簡圖) | ☐ 紫壓跖草 | (簡圖) |
| ☐ 印度橡膠樹 | (簡圖) | | |

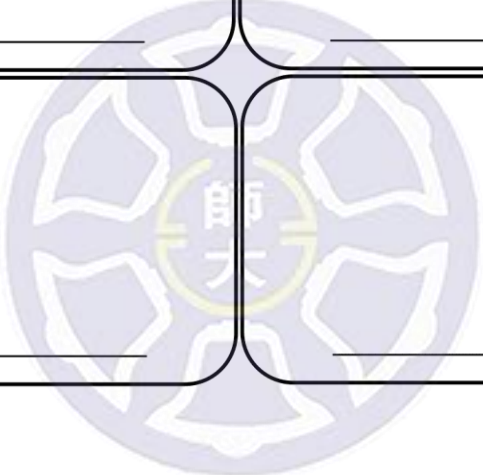
2. 觀察結果

(1) 點圖



(2) 簡圖



校園植物觀察紀錄

觀察者：_____

日期：_____

天氣：_____

地點：_____

植物基本資料

物種中文名稱：_____

科別：_____

別名：_____

植物特徵描述

莖：_____

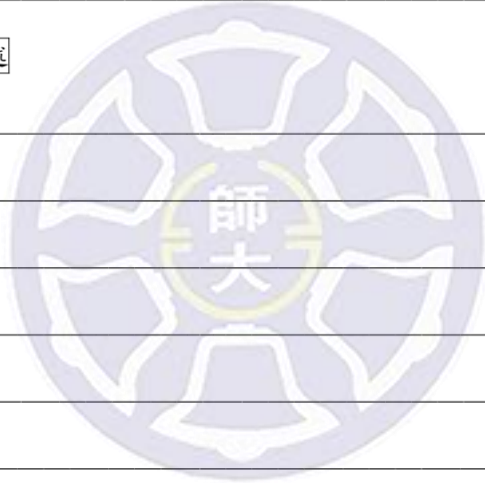
葉：_____

花：_____

特性：_____

用途：_____

小故事/詩詞/生活經驗：_____



課程檢析表

圈選出下列四種情形中，一種最符合自己的狀況：

對於今天的課程，我覺得我整體來說……	我覺得我今天狀態極佳，不僅願意自主發言，且對於課程內容也相當投入。植物觀察也很精美。	我覺得我今天有學到很多新知識，但是自己的觀察紀錄比起同學，似乎還有一點進步空間。	我覺得我今天的狀況不太好，常不確定老師希望我們做什麼事情。植物紀錄也沒寫太多內容。
對於今天的觀察紀錄，我覺得我……	認識了許多校園植物，而且我之後有機會仍會繼續使用這款軟體認識植物。	認識了許多校園植物，不過我都會看同學往什麼地方拍照，跟著一起過去。	認識了許多校園植物，今天拍照種類也不多
對於今天的成果發表……	我完成完整的紀錄表後自願舉手和同學分享今日所學。	我完成完整的紀錄表，但是將分享的機會讓給其他同學。	我不確定自己的紀錄表是否有準確地被完成。
對於校園的植物的多樣化程度……	我發現校園內還有許多種類的植物。因次我之後有時間也會拿起手機到處拍照，去認識新的植物。	我發現校園內還有許多種類的植物。有些我見過；有些我沒見過，我可以區分出這些植物間的特徵。	我發現校園內到處綠油油的一片，綠意盎然，但是我都不知道這些植物的名字、用途或功能。
今日心得：			

第五節 光合作用實驗(一)-以浮葉法測定光合作用速率

一、前言

光合作用為連結生命世界與環境的重要橋梁，進入食物鏈供生物使用，是生命世界中最重要能量來源。植物行光合作用的場所主要在葉綠體，可以將環境中的「光能」轉變成「化學能」，步驟則可拆解成「光反應」與「碳反應」兩個階段，消耗水分與二氧化碳，最終產生葡萄糖。

光合作用速率的高低會影響植物的生存，科學家已經發現植物在解剖構造(例如：葉肉細胞的排列方式)、生化反應途徑(例如：C4路徑、景天酸代謝)，有不同的適應特色。本次實驗將利用浮葉法，調整常見的外在因素，檢視光合作用速率的變動狀況。

二、暖身活動

1. 請寫出光合作用的反應式。

答：

2. 根據上述所寫的反應式，請寫出影響光合作用的因素有那些？

答：

3. 根據上述所寫的反應式，請推測用哪些物質的生成或消失可以用來測定光合作用效率？

答：

三、實驗步驟

1. 以打動器製造圓形葉錠，浸泡於蒸餾水中。(ask: 要做幾片)
2. 配置實驗所需之碳酸氫鈉溶液。並在燒杯上標示標籤紙避免混淆。(ask: 濃度是)
3. 將圓形葉錠放入針筒中，並注意不要破壞葉片。
4. 以針筒吸取實驗用碳酸氫鈉溶液後，排出多餘的空氣，並輕彈針筒外壁，使針筒內的殘餘氣體完全排除。
5. 以手指體住針筒開口，並用力推進注射器，製造壓力趕出葉錠中的氣泡，重複直到葉錠完全下沉。
6. 在燒杯中加入碳酸氫鈉溶液，調整葉錠位置，使之分散不重疊。
7. 將燒杯一致檯燈下方，上方以培養皿覆蓋，並調整燈泡位置，至距離桌面 25 公分。
8. 記錄每分鐘浮起來的葉片數目。
9. 算出 ET_{50} 與 $\frac{1}{ET_{50}}$ ，並繪圖。
10. 小組分工合作，完成 p18 頁表格數據，並填妥於黑板上。一部分的人需先清洗使用器材。整理環境。

四、實驗結果與討論

(一)實驗用溶液的配製

請先完成下列表格後，圈出實驗所需的濃度。並由教師提供的 2.4% 碳酸氫鈉(NaHCO_3) 溶液配製 100mL 的稀釋後碳酸氫鈉溶液濃度。

NaHCO_3 溶液濃度(%)	水(0%)	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%	1.2%	2.4%
2.4% NaHCO_3 溶液(mL)								
加入蒸餾水量(mL)								

(二)浮葉法結果紀錄表(每 1 分鐘內，浮起來的葉錠數量)

實驗指定濃度: _____

時間(min)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
純水	重複一															
	重複二															
	重複三															
實驗 濃度	重複一															
	重複二															
	重複三															

(三)根據實驗結果，計算出各次實驗 ET_{50} ，並回答問題:

		$\text{ET}_{50}(\text{min})$	ET_{50} 平均及 $\frac{1}{\text{ET}_{50}}$ 平均
純水	重複一		
	重複二		
	重複三		
實驗 濃度	重複一		
	重複二		
	重複三		

☞ 哪一個溶液中的葉片較快浮起?

☞ 葉片為什麼會較快浮起來?受到什麼因素影響?

☞ 以何種形式圖表呈現該因素對光合作用速率的影響?(圓餅圖、折線圖、長條圖……)

☞ 今日實驗注意到了什麼事項?如果再給你一次機會，會想要改進的地方有…?

第六節 光合作用實驗(二)-以浮葉法測定光合作用速率

四、實驗結果與討論

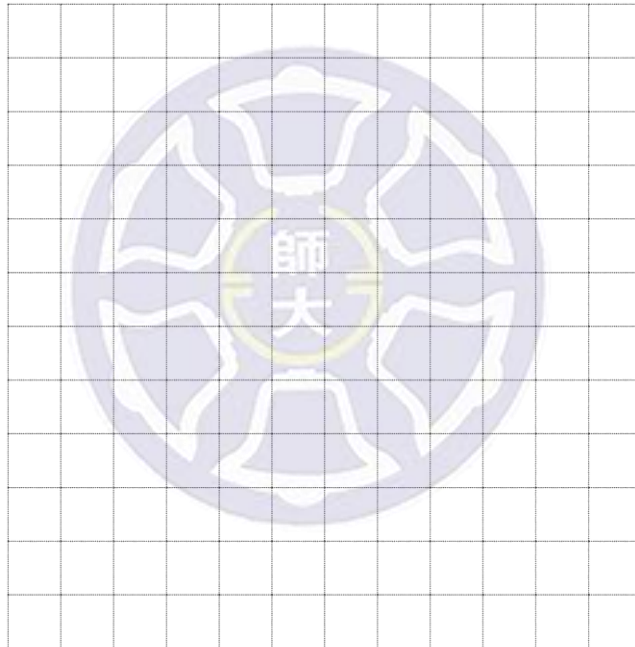
(四)收集全班各組不同濃度實驗中，光合作用相對速率的換算結果。

	純水	0.2%	0.2%	0.4%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%	1.2%	2.4%
ET ₅₀ 平均值										
$\frac{1}{ET_{50}}$ 平均值										

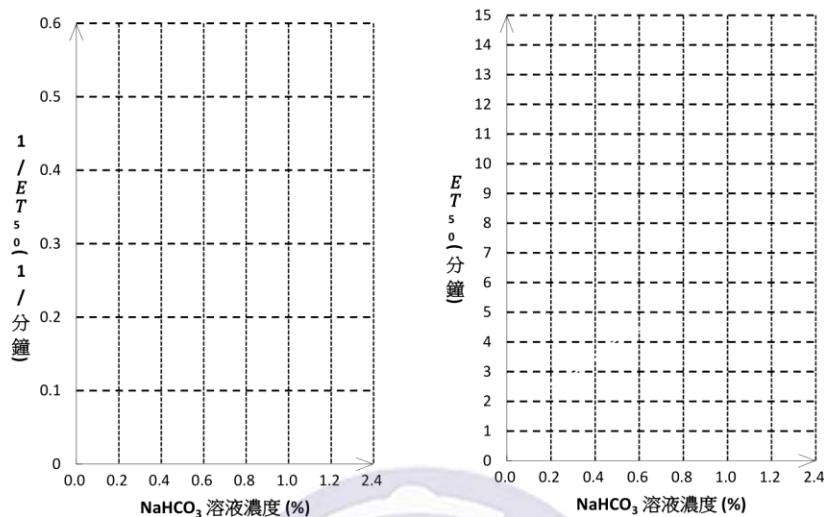
(五)將轉換的數據以不同圖表呈現：

1. 將上週結果(三)收集到的自己組別的數據，於下方繪製成長條圖，比較水與特定濃度碳酸氫鈉溶液下的實驗結果。

我們組別的濃度是：



2. 將結果(四)收集到的各組數據，於下方繪製折線圖。呈現碳酸氫鈉溶液濃度對， ET_{50} 及 $\frac{1}{ET_{50}}$ 的關係。



兩張折線圖呈現的趨勢差異在於?利用這兩張圖，如何說明二氧化碳濃度對於光合作用速率的影響。

本實驗無法完整表示光合作用的速率，原因是只考慮的何者?而還忽略了哪些因素呢?

如果此時驗還需要更加完善，你會如何設計你的實驗?並列出需要的材料。若覺得此次實驗已經十分完善了，根據上題的因素，你還可以如何設計實驗呢?列出所需的材料及實驗步驟。

相較於別組，我覺得我們這組的團體合作表現……?(至少三句話)

第七節 分子料理 Molecular Gastronomy 實驗(一)-以科學打造的食物藝術

一、緣起：

分子料理又被稱為「未來食物」，其概念最早始於1988年，由物理學家 Nicholas Kurti 與化學家 Hervé This 提出。注重食材本身的特性，透過觀察烹調時間長短、溫度高低變化、混合不同屬性的物質，了解這些因素會對食物造成哪些影響後創造出新的料理方法，使色、香、味三方面具有無限的可能。在科學領域裡是食品科學 (Food Science) 的一個分支學，由社會 (social)、藝術 (artistic) 與技術 (technical) 三個領域所組成。

二、常用技術：包括乳化作用、晶球化反應、液態氮以及低溫烹調，這些原本應用在科學領域中的技術，已然轉化為料理界的創新動力。

(1) 乳化作用：最初是指混和水與油。例如：加入大豆卵磷脂製作而成的泡沫就是其中一種。

(2) 晶球化反應：讓食物擁有如魚子醬、鮭魚卵般的「爆漿」口感。2003年，西班牙名廚 Ferran Adria 推出的經典哈密瓜魚子醬，外形與口感與一般魚子醬沒什麼區別，但吃進嘴裡卻是滿滿的清甜。只要有氯化鈣與海藻酸鈉，一般大眾也可在家中複製這道特色料理。



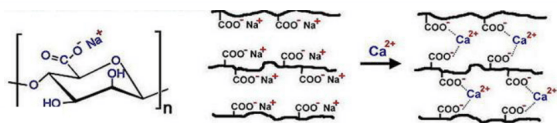
(3) 液態氮：溫度最低將近零下一百九十多度，主要用來冷卻食材，在非常低溫的狀態下，吃起來不但沒有普通冷凍的結晶口感，反而因為分子在短時間內快速重組，形塑出特殊的質地。此外，很多餐廳也會利用液態氮煙霧繚繞的特性，塑造出朦朧的奇幻氛圍，使料理更具格調與可看性。

(4) 低溫烹調：在烹調之前必須先用真空烹煮袋包住食材，再放入油中以低溫持續烹煮。此方法煮出來的魚肉宛如豆腐般軟嫩滑順，外觀看起來是尚未煮熟的狀態，實際上卻不然。

參考資料：世界高級品雜誌 2018年2月份

三、實驗原理

海藻酸鈉是自褐藻中提煉出來，經常做為增稠劑、乳化劑、黏合劑、上漿劑等。海藻酸鈉為一種大分子聚合物，分子式為 $(C_6H_7O_6Na)_n$ ，結構如圖一所示。當海藻酸鈉滴入氯化鈣中，鈣離子 (Ca^{2+}) 會取代鈉離子 (Na^+) 的角色，並且抓住海藻酸鈉分子之間的羧酸離子，使得分子間的聯結性更強 (如圖二)，此交聯作用 (cross-linking) 使分子更為固定，流動性降低而固化 (形成一種半透膜)。



圖一

圖二

四、實驗器材

1. 秤
2. 杯子*1(建議各組至少自備一有刻度的水壺)
3. 大碗公*1
4. 攪拌用筷子一雙
5. 海藻酸鈉(食用級)
6. 氯化鈣(食用級)

設計菜單中所需之食材或器材，請各組自行準備。

五、設計實驗

1. [配製爆汁球內餡]取海藻酸鈉約 5 克，放置於杯子中，再加水 500 mL，攪拌使海藻酸鈉充分溶解。(將海藻酸鈉溶解需一段時間) 和不適合的內餡:
2. [配製取代反應含 Ca^{2+} 溶液]取約 5 公克的氯化鈣，放置於圓柱型的透明杯中，再加入 500 mL 的水攪拌均勻。
3. [以下開放自行設計菜單，用畫圖呈現]



4. 設計理念:

六、問題討論

1. 改變水溶液濃度是否會影響晶球?
2. 在哪些方面可以看到「半透膜」的結構?有何重要的性質呢?

第八節 分子料理 Molecular Gastronomy 實驗(二)-以科學打造的食物藝術

四、實驗結果與討論

80 先完成紀錄表格後我們發現，哪種處理方式的晶球是我們最喜歡的口感？原因是？
其他的比例不喜歡的地方在於？

80 當我喜歡 0000 處理口感的晶球時，若我想要更加強其特性，我應該參考怎樣處理的數據去做調整？

80 (小組自行設計一個問題並回答，須具備科學價值)

80 對於今天的實驗課程我覺得……？(請加入科學評論)

五、評量

(一)自我評量：請斟酌今日的表現後圈選出符合自己狀況的描述

情境	狀況一	狀況二	狀況三
對於本次的實驗原理及操作……	我完全理解晶球化反應原理、以及遵守上一堂課設計的實驗步驟。	我不是很能理解為什麼晶球化反應會發生，但是今天的操作順利。	我不是很能理解實驗原理其實實驗操作步驟，但是我們的組員很罩。
對於我今日的表現，我覺得……	我狀況極佳，能隨時呼應同伴的需求並給予需要的協助。	我偶爾會走神，需要同學呼喊才會再次全力的投入到實驗中。	我覺得我完全在狀況外，就算同學努力教我，我還是無法理解。

對於本次的實驗結果我覺得……	非常滿意我們的成品，因為步驟寫得很仔細，所以結果與預期結果符合。	我們的結果沒有符合預期，但是實驗流程大部分都有按照實驗步驟進行。	我實驗最後沒有成功，可能是配方的比例不正確，或是步驟寫得不清楚。
關於小組氣氛我覺得……	我覺得我們小組根本是黃金拍檔，老師的提問或是實驗進行都能互相彌補，根本就是黃金組合！	我覺得我們小組表現中規中矩，雖然沒有特別突出，但是組員間有很好的配合力，可說是可圈可點。	我覺得我們小組一直都處在不太和諧的狀態，工作都集中在某個人的身上，因此有人常常沒事做。
經過今天這堂課，我想跟我的組員們說……			

(二)小組互評 我們評分的組別是第_____組

	分數
創作理念 (0~10 分)	
菜品相似 (0~20 分)	
擺盤美感 (0~30 分)	
美味程度 (0~10 分)	
創意 (0~30 分)	
整體評價(分數加總，滿分 100 分):	
評語:	

第九節 探究與實作-生物篇課程總結

☞生物篇中，最喜歡的實驗是……

☞最想再做一次的實驗是，因為……？

☞在每次做實驗的過程中我學到了……？

☞這堂課讓我印象最深刻的事情是？



札記



附錄三：AC 教師探究與實作教材

探究與實作：實驗一 化學計量

實驗報告

班 _____ 號 _____ 姓名 _____ 組別 _____ 日期 _____

< 第一部分 >

- 一、實驗目的：利用實驗來說明計量的關係，並了解如何判斷限量試劑、計算產率。
- 二、實驗藥品、器材：
- 三、實驗步驟：
 1. 秤取氯化鈣(CaCl_2)1.1 克，溶於 50 毫升水中
 2. 秤取碳酸鈉(Na_2CO_3)2.1 克，溶於 50 毫升水中
 3. 將配置好的碳酸鈉溶液，取出 45 毫升，加入步驟 1 的 50 毫升氯化鈣水溶液中，攪拌後靜置約 1 分鐘。
 4. 秤取濾紙的重量，並過濾步驟 3 的溶液。
 5. 將濾紙上的物質連同濾紙置於蒸發皿中，放入 80°C 的烘箱中烘乾(約 5 分鐘)並稱取重量。
 6. 將步驟 4 的濾液與剩下的碳酸鈉 5 毫升的水溶液混合，觀察其現象。
- 四、實驗結果：
 1. 你在步驟 3 中觀察到什麼？

2.

	濾紙重量	濾紙+物質的重量	物質的重量(是為實際值)
第一次			

3. 步驟 6 中你所觀察到的現象。

五、問題與討論：

1. 請寫出此實驗的反應方程式及淨離子反應方程式。
2. 何者為限量試劑，並說明原因。
3. 依據限量試劑來推算，所產生的沉澱的質量應為何(是為理論值)？
4. 你實驗的產率為何？(產率=實際值/理論值)

_____班 _____號 姓名_____ 組別_____ 日期_____

< 第二部分 >

六、實驗結果：結果（網底之空格為實驗觀察或記錄之數據，其餘則填入計算數據）

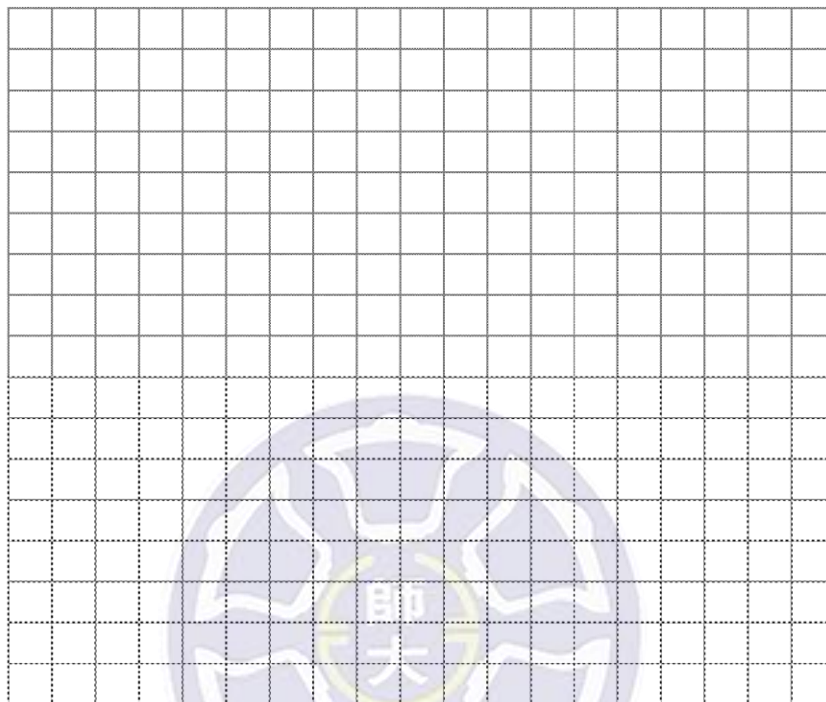
(1)本組數據：

指定的實驗編號		
實驗次數	第一次	第二次
0.2M Na ₂ CO ₃ 體積(mL)		
0.2M Na ₂ CO ₃ 的數量(mmol)		
0.2M CaCl ₂ 體積(mL)		
0.2M CaCl ₂ 的數量(mmol)		
濾紙和沉澱物的總重(g)		
濾紙的重量(g)		
沉澱物的重量(g)		
平均重量(g)		

(2)全班數據：

實驗編號	0.2M Na ₂ CO ₃ 體積(mL)	0.2M Na ₂ CO ₃ 莫耳數(mmol)	0.2M CaCl ₂ 體積(mL)	0.2M CaCl ₂ 莫耳數(mmol)	1-12 組 沉澱物 重量(g)
1	10.0	20.0	1.0		
2			2.0		
3			3.0		
4			4.0		
5			5.0		
6			6.0		
7			7.0		
8			8.0		
9			9.0		
10			10.0		
11			11.0		
12			12.0		

繪圖：由所抄錄的全班數據，以 CaCl_2 的數量為橫軸，沉澱物的平均重量為縱軸用方格紙繪圖。由圖上左邊各點和右邊各點各取一條直線。從兩條直線的交點找出“化學計量點”。請注意務必標示橫軸及縱軸的名稱、單位及圖名（例如本實驗的圖名可為 CaCO_3 之沉澱物重量對 CaCl_2 之毫莫耳數的關係圖）。



化學計量點：(根據圖上的化學計量點判斷)

沉澱物 CaCO_3 的重量：_____g； CaCl_2 的數量：_____mmol

沉澱反應中反應物的數量(毫莫耳數)比為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{CaCl}_2 = 10 : \underline{\hspace{2cm}}$

七、問題與討論

1. 從你所做實驗的數據中，分別計算
 - (1)沉澱物 CaCO_3 之理論產量(theoretical yield)。
 - (2)比較(1)計算的結果和實驗的結果算出你所得到的產量百分率(percent yield)。
2. 在本實驗中有那些因素可能會使結果產生誤差，例如產量百分率小於 100？
在實驗的步驟中有那些是可能可以改進以減少誤差的？



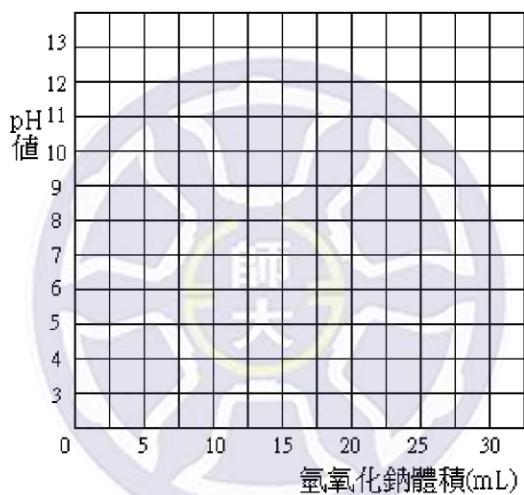
酸鹼滴定實驗一 強鹼滴定強酸 以 0.1M NaOH 水溶液滴定 HCl 25mL 水溶液

班級 座號 姓名

(1) 當量點 $n_{H^+} = n_{OH^-}$ $M_{HCl} \times V_{HCl} = M_{NaOH} \times V_{NaOH}$

		實驗數據
待滴定 HCl 體積(mL)		
NaOH 滴定體積	滴定前 V_1 (mL)	
	滴定後 V_2 (mL)	
滴定終點	NaOH 滴定量 $V_2 - V_1$ (mL)	
$M_{HCl} \times V_{HCl} = M_{NaOH} \times V_{NaOH}$	待測 HCl 濃度(mol/L)	

(2) 滴定曲線 【使用 pH 儀紀錄】



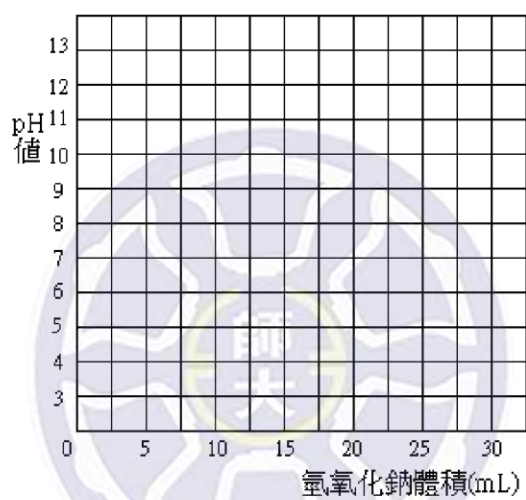
$V_{NaOH}(mL)$	pH	V_{NaOH}	pH
0		24	
5		25	
10		26	
15		30	
20		40	

酸鹼滴定實驗二 強鹼滴定醋酸以 0.1M NaOH 水溶液滴定食醋水溶液

(1)取 3mL 工研醋加水稀釋至 25mL

		實驗數據
待滴定 CH_3COOH 體積(mL)		
NaOH 滴定體積	滴定前 V_1 (mL)	
	滴定後 V_2 (mL)	
滴定終點	NaOH 滴定量 $V_2 - V_1$ (mL)	
	待測 CH_3COOH 濃度(mol/L)	

(2)滴定曲線【使用 pH 儀紀錄】



$V_{\text{NaOH}}(\text{mL})$	pH	V_{NaOH}	pH
0		24	
5		25	
10		26	
15		30	
20		40	

問題討論

1. 自然界或日常生活中有那些屬於酸鹼反應？

2. 滴定終點(指示劑變色)與當量點($n_{H^+} = n_{OH^-}$)有何不同？

3. 強鹼滴強酸 與 強鹼滴弱酸 的滴定曲線有何差異？

4. 請分別寫出 HCl 與 NaOH 以及 CH₃COOH 與 NaOH 的反應方程式和淨離子方程式。

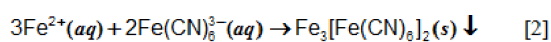
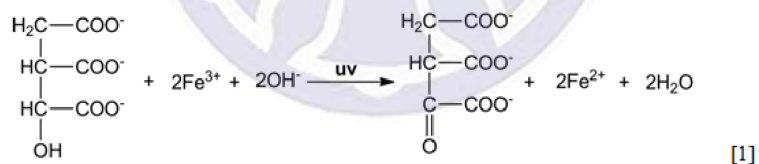


氰版顯影學習單

班級： 座號： 姓名：

1. 請同學紀錄陽光曝曬過程中感光紙顏色變化的情形，並將作品貼於下方。

2. 本實驗係利用光化學原理，在紫外光的存在下，檸檬酸鐵銨中三價鐵離子與檸檬酸根的反應，產生亞鐵離子，如式[1]所示。亞鐵離子與赤血鹽反應，生成普魯士藍，如式[2]所示。請問何者為還原劑？何者為氧化劑？



附錄四：B 學校探究與實作教材

活動壹：數據處理

一、研究目的：

1. 了解統計誤差的意義
2. 學會用 excel 做數據處理與科學製圖

二、課程簡介：

實驗，是研究科學不可或缺的一個過程，科學家們在觀察自然現象後提出問題，形成假說，透過實驗建立模型，接著藉由更多的實驗來驗證模型。而在實驗過程中，我們肯定會對一些物理量進行「測量」與「數據處理」，本週我們就藉由一個簡單的實驗來深入探究這兩個看似簡單的實驗過程中，有什麼更重要的意義吧。

在購買一些精密器材時，我們常會為了符合我們的設計而去參考產品的規格表，例如下圖是一個印刷電路板的板厚規格

板厚	標準板厚	1.6mm $\pm$ 10% (0.062" $\pm$ 10%)
	單/雙面板: 0.2mm $\pm$ 0.1mm (0.008" $\pm$ 0.004")	
	4層版: 0.4mm $\pm$ 0.1mm (0.016" $\pm$ 0.004")	
	6層版: 0.6mm $\pm$ 0.1mm (0.024" $\pm$ 0.004")	
	8層版: 1.0mm $\pm$ 0.1mm (0.040" $\pm$ 0.004")	
	10層版: 1.0mm $\pm$ 0.12mm (0.040" $\pm$ 0.005")	
最小板厚	12層版: 1.2mm $\pm$ 0.12mm (0.048" $\pm$ 0.005")	
	...	
	32層版: 4.0mm $\pm$ 0.4mm (0.157" $\pm$ 0.015") 以上	
最大板厚		6.3mm $\pm$ 10% (0.248" $\pm$ 10%)
板彎翹		< 7/1000

取自 jetPCB 產品規格網頁 <http://tw.jetpcb.com/rule/capability.aspx>

我們今天如果要將此電路板安裝進我們設計的某個儀器裡，你可能會擔心厚度方面能不能完美符合，假設今天你需要一個單面板，你會發現：咦？規格上寫的是0.2mm $\pm$ 0.1mm，這樣安裝的空間厚度留0.2mm是可以的嗎？後面的 $\pm$ 0.1mm是什麼意思？我要怎麼知道我買了的話到底實際上的尺寸會是多少？這就是我們今天要來探究的問題。

假設今天你就是這家公司的老闆，你想知道自己工廠生產的印刷電路板的規格，因此從大量產品中抽樣了6片來進行測量（當然我們沒有這麼多印刷電路板，所以用PP板來取代），請小組討論接下來的幾個問題。

單元 1-1：量測方法

一、研究設備及器材：

1. PP 板 x 6 （編號 A~F）
2. 游標尺 x 1
3. 電腦（需安裝有 excel）
4. 直尺
5. 方格紙

二、研究過程及方法：

1. 你想知道你們工廠生產的 PP 板的厚度為何，現在有兩種測量方法：
方法 1：每片 PP 板取一個厚度，將六片 PP 板的厚度取平均。
方法 2：每次測量不同片 PP 板的厚度（一片的厚度、兩片的厚度…以此類推），畫出片數與厚度的關係圖。

請討論上述方法之優缺點，並討論你認為哪一種方法比較適合？



2. 請為上述兩種測量方法設計測量步驟：
方法 1 測量步驟：

方法 2 測量步驟：

單元 1-2：測量統計與標準差意義

研究內容與結果

一、請依照方法 1 所設計出的測量步驟，測量出六片 PP 板的厚度並記錄。

PP 板編號	A	B	C	D	E	F
厚度						

二、依照上表，求出這 6 片 PP 板厚度的平均 (mean)，請討論此「平均」的意義為何？是否代表每片都是這個厚度？當你賣給消費者 PP 板時，是否能用這個「平均」作為你的產品資訊？身為消費者當你看到這個平均值時，對產品會有什麼樣的疑慮？

三、請根據一的表格與二的平均，求出每片 PP 板的「個體差異」。

PP 板編號	A	B	C	D	E	F
厚度與平均之差						

(以正負號表示比平均多或少)

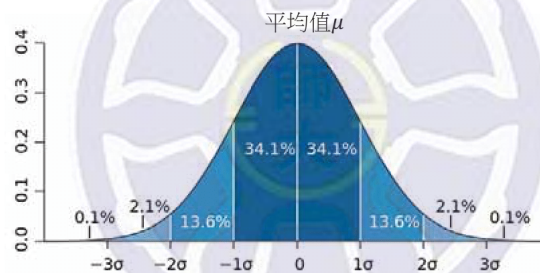
四、上表中的厚度與平均之差在統計學上稱為「偏差」(deviation)，當一批產品的偏差太大的時候，代表製成過程可能有些問題，一般在業界我們會稱此為這批產品的「良率」，請討論偏差的大小與生產的「良率」之間有怎樣的關係？

五、若要更進一步量化「良率」，我們得知道到底平均而言每個 PP 板與平均厚度差了多少，由於若單純將所有偏差加總起來，最終一定會得到零，加上我們必須放大偏差大的不良產品的影響，因此我們會定義「變異數」(variance) 為「所有偏差的平方之總和後取平均」。數學上為 $\sigma^2 = \frac{1}{N}(d_A^2 + d_B^2 + \dots)$ ，其中 N 測量的數據數量，d 為每個數據的偏差。請依據三的表格求出此組 PP 板的變異數為何？

六、實際上，為了使「不準的程度」與「平均值」有相同的單位，我們會再將變異數做開根號的動作，此數在統計上稱為「標準差」(stander deviation)。但對於有限次的測量來說，為了不使「只做一次就沒有偏差的問題了」這樣的狀況出現，我們會將變異數的定義修正為除以 $(N-1)$ ，其目的是當你只測量一次時會得到 $\frac{0}{0}$ 這種無法定義的結果。因此有限次測量的標準差公式為 $\sigma_{N-1} = \sqrt{\frac{(d_A^2 + d_B^2 + \dots)}{N-1}}$ 。標示產品規格時，為了一併標示出這批產品是否夠良好，會在平均後加上標準差供消費者作為參考，標準寫法為：平均值 $\pm$ 標準差。請寫出你們這批 PP 板的產品規格，並與其他組比較哪組的良率較高。

(註：除以 N 的 σ_N 我們稱為「母體標準差」，除以 $N-1$ 的 σ_{N-1} 我們稱為「樣本標準差」)

七、我們進一步來看看標準差的意義，若假設每次測量的偏差會是一個常態分佈，也就是越接近平均值的機率越大，我們可以由下面的常態分佈圖看出（嚴格的數學證明留待未來），理論上會約有 68.2% 的樣本的厚度會落在平均值的正負一個標準差內，而會約有 95.4% 的樣本厚度落在平均值的正負兩個標準差內，也就是說拿到離產品規格標示離越遠的機率會越小。請求出此六片 PP 板分別落在幾個標準差內。



PP 板編號	A	B	C	D	E	F
±幾個標準差						

單元 1-3：excel 數據處理與科學圖表

一、現在來考慮方法 2 的情況，請依照設計出的實驗步驟完成下列表格

PP 板個數	1 片	2 片	3 片	4 片	5 片	6 片
厚度						

二、為了節省時間且能獲得不同片數的標準差，我們集結全班的力量可獲得十組數據：

	1 片厚度	2 片厚度	3 片厚度	4 片厚度	5 片厚度	6 片厚度
第一組						
第二組						
第三組						
第四組						
第五組						
第六組						
第七組						
第八組						
第九組						
第十組						
平均值						
標準差						

(註：平均值與標準差可用 excel 計算後再填入)

請將此表格輸入 excel 中以便後續的數據處理。

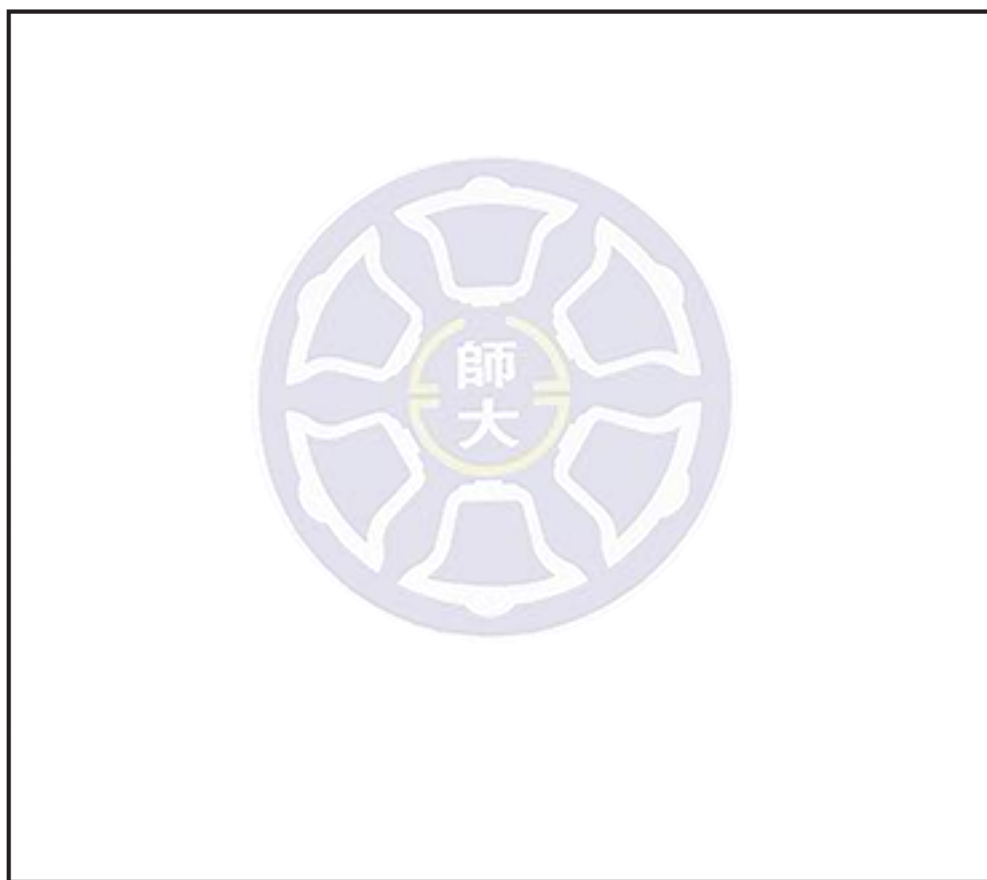
三、此處為了畫出每個平均值的誤差線，我們要介紹「平均值標準誤差」(stander error of the mean，簡稱 SEM)，我們知道所有可能的測量中，若選取不同組的數據來求平均，可能會得到不一樣的平均值 (也會是個常態分佈)，因此平均值標準誤差就是用來描述「我取的這個平均，與所有可能的平均值來說，到底落在平均值常態分佈的何處」。以計算公式來說 (一樣我們跳過所有的數學證明留待未來)，平均值標準誤差的算法為 $\sigma_{\mu} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ 。請在 excel 中加入「平均值的標準誤差」一欄。(見「數據處理-線性迴歸直線與誤差線」講義)

四、為了繪製出一個視覺化的科學圖表，我們要先決定 XY 兩軸所代表的意義。請討論對於此測量所想表達的意涵，XY 兩軸應該分別為何種物理意義？哪軸放操縱變因？哪軸放應變變因？

五、請依照「數據處理-線性迴歸直線與誤差線」講義之步驟，完成表格二之科學圖表，並將之繪製於下圖（可用方格紙繪製後黏貼於下）。

Hint. 手繪圖表注意事項：

1. 繪製軸線時請務必用直尺繪製。
2. 同一軸上的數據間隔需以實際數值等比例繪製。
3. 兩軸必須標注其物理意義與單位。
4. 數據點旁可標註該數據值，但須以畫面簡單乾淨為主。
5. 數據點間千萬不可以直線或任意曲線連接。
6. 繪製趨勢線時需標注趨勢線方程式。



六、請討論如何從做出的結果中，得到我們一開始想要的資訊（每片 PP 板的厚度）？

七、請上網查查看，圖上顯示的 R^2 值所代表的意義為何？

八、你會發現圖上顯示的公式中是有截距的，但我們會預期若沒有任何 PP 板時，厚度應該要為 0，請找找趨勢線格式中，哪裡可以設定預期的截距？比較有設定截距與沒設定截距的數據差異（斜率與 R^2 值）。



九、數據處理-線性迴歸直線與誤差線

數據介紹：假設我們做完實驗取得了一組數據如下，此數據以外力作為操縱變因、測量一物受此外力後之加速度量值。每個外力測量 5 次加速度取平均以及平均值的標準差，共做 5 組不同的外力，而平均值即為 5 次實驗所得的數據總和再除以 5，標準差可用 excel 內建公式 STDEV() 求出，平均值的標準差則是將標準差再除以數據數量(此處為 5 個數據)的根號。接下來解釋如何做出圖表、加上趨勢線、公式、與誤差線。

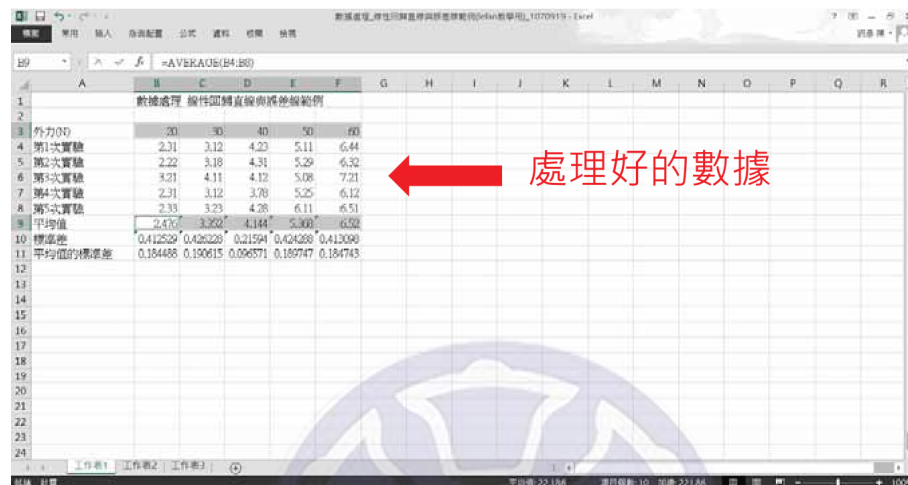


圖 1

步驟 1. 反白 X 與 Y 軸的數據：

先將想繪圖的 X 與 Y 軸同時反白（可用 control 鍵達成多格反白），此例即為第 3 列的外力(N)與第 9 列的平均值。(見圖 1.)

步驟 2. 畫出 XY 散佈圖：

接著在『插入』中的圖表區找到『插入 XY 散佈圖』，點選只有數據點沒有連線的那個(見圖 2.)後即可得到一個數據圖表，如圖 3.所示。

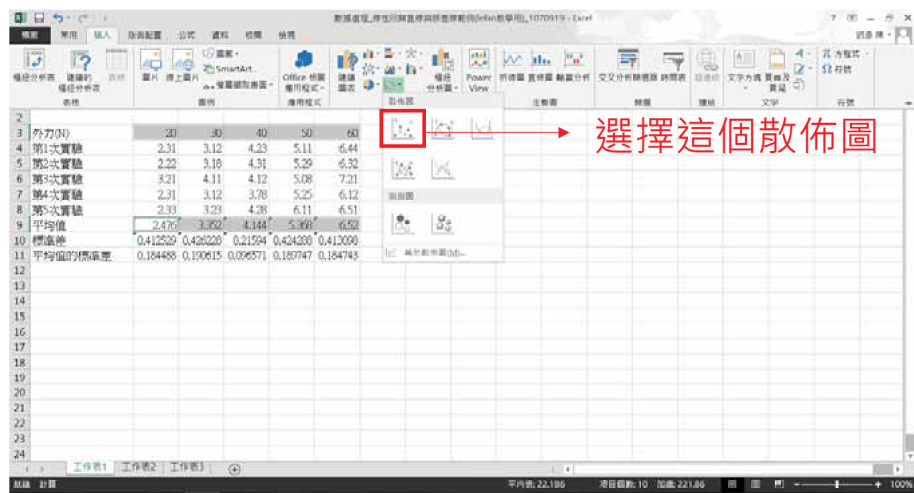


圖 2



圖 3

步驟 4. 修改圖表標題：

直接點擊圖表標題即可修改圖表標題，習慣上是標示欲驗證的理論或實驗的變因關係（見圖 4。）。

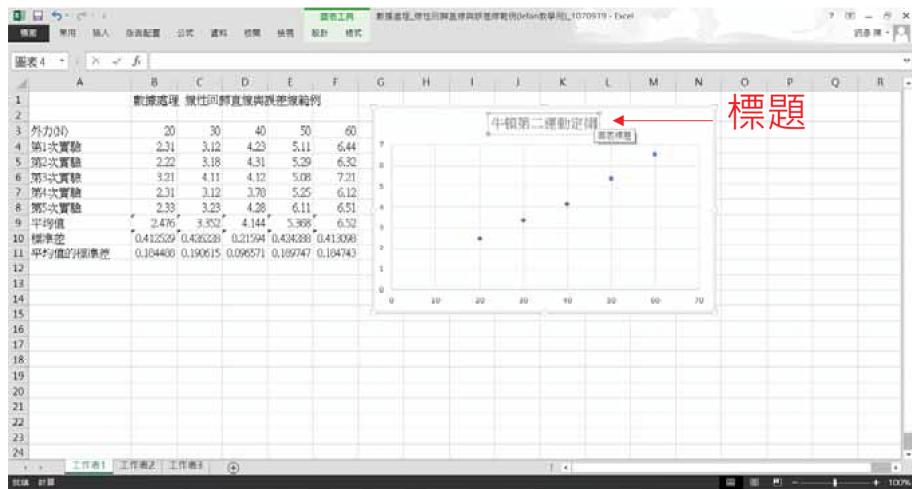


圖 4

步驟 5. 增加 XY 軸標題

點擊圖表，選擇圖表工具中的『設計』，選擇最左邊的『新增圖表項目』中的『座標軸標題』中的『其他座標軸標題選項』，如圖 5 所示。點選後圖表上會出現座標軸標題，且右邊會出現座標軸標題格式如圖 6 所示。



圖 5

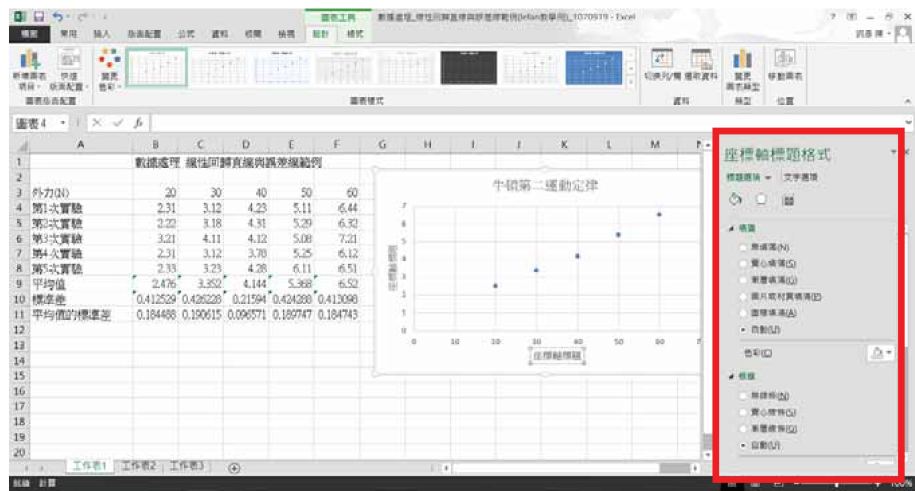


圖 6

步驟 6. 將標題轉成水平方向：

點擊欲選擇的標題，選取右方座標軸標題格式的『文字選項』的最右邊圖示（如圖 7.），並選擇文字方向中的『水平』，標題就會變成水平方向。之後可拖曳標題移動至合適的地方，並如同修改兩軸的標題（如圖 8.所示）。



圖 7

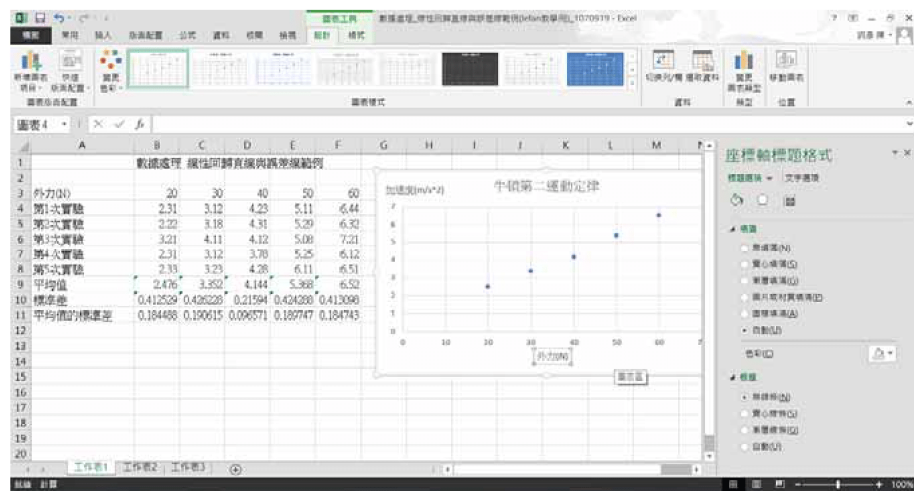


圖 8

步驟 7. 將數據點加上數據

點擊任何一個數據點，接著按滑鼠右鍵，會出現如圖 9 的選項，選擇『新增資料標籤』中的『新增資料標籤』，便會出現數據點的資料標籤。接著再資料標籤按滑鼠右鍵，會出現如圖 10 的選項，選擇『資料數列格式』後，右邊可選擇資料標籤要包含哪些項目。此例我們只顯示 Y 軸數據值。



圖 9

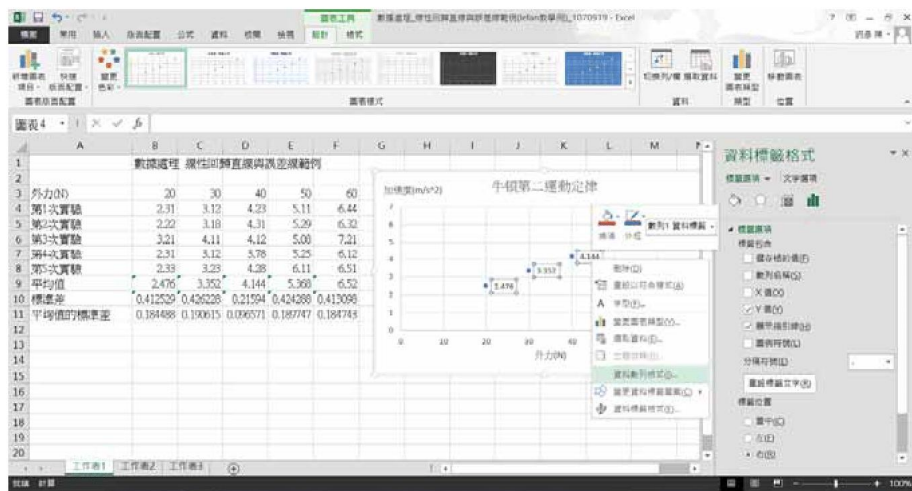


圖 10

步驟 8. 加上趨勢線：

點選任一資料點，按滑鼠右鍵可出現選項如圖 11.，點選『加上趨勢線』，會出現趨勢線以及如圖 12. 右側的選項，在此我們點選『線性』的選項。



圖 11

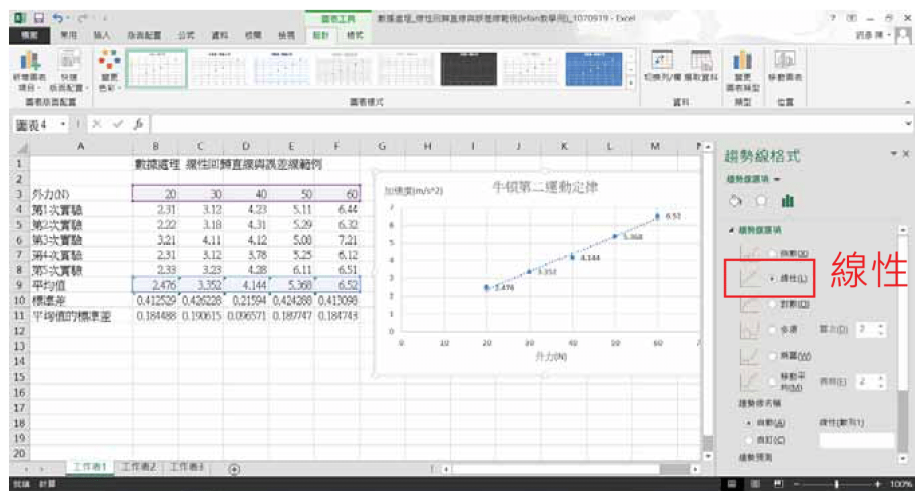


圖 12

步驟 9. 加上趨勢線公式：

將趨勢線格式的選單下拉，最下方會有兩個選項（如圖 13.），一個是『圖表上顯示公式』，點選後會出現趨勢線公式，另一個是『圖表上顯示 R 平方值』，點選後會出現此趨勢線之 R 的平方值，此值代表回歸平方和與誤差平方和的比值，簡單來說是一個介於 0~1 的值，越接近 1 代表此趨勢線擬合得越好。



圖 13

步驟 10.加上誤差線

點選繪製的圖表後，在『圖表工具』底下的『設計』的最左邊點選『新增圖表項目』，接著選取『誤差線』中的『其他誤差選項』，就會出現誤差線並跳出如圖 14.右邊的選項。在『誤差線選項』的下拉選單中，點選『X 誤差線』，如圖 15.所示。因為我們不需要 x 軸的誤差線，因此在『誤差量』選項中點選『定值』，並將其設為 0，如圖 16.所示。最後一樣在『誤差線選項』的下拉選單中，點選『Y 誤差線』，此處的誤差量點選『自訂』並按下『指定值』，會出現『自訂誤差線』的視窗，如圖 17.所示。在此視窗中的正、負誤差值皆選取第 11 列的「平均值的標準差」如圖 178.所示。接著點下確定後就大功告成了！圖 19.即是完成圖。



圖 14



圖 15

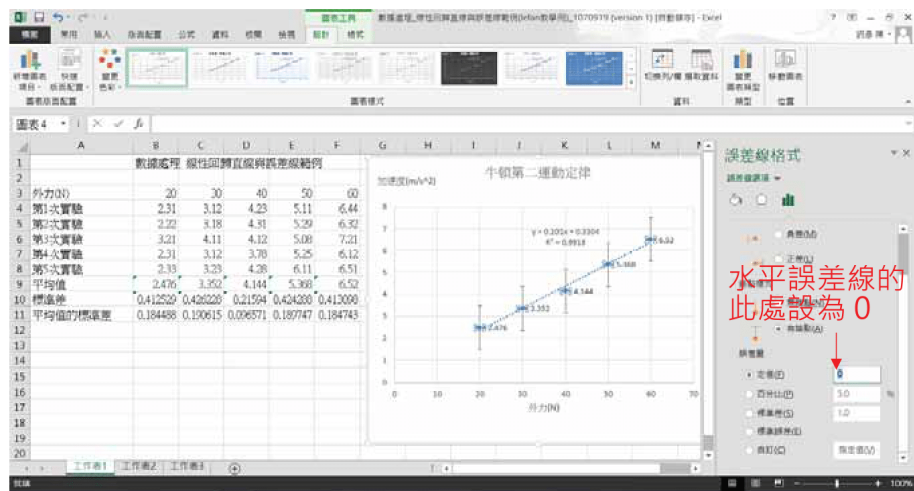


圖 16



圖 17

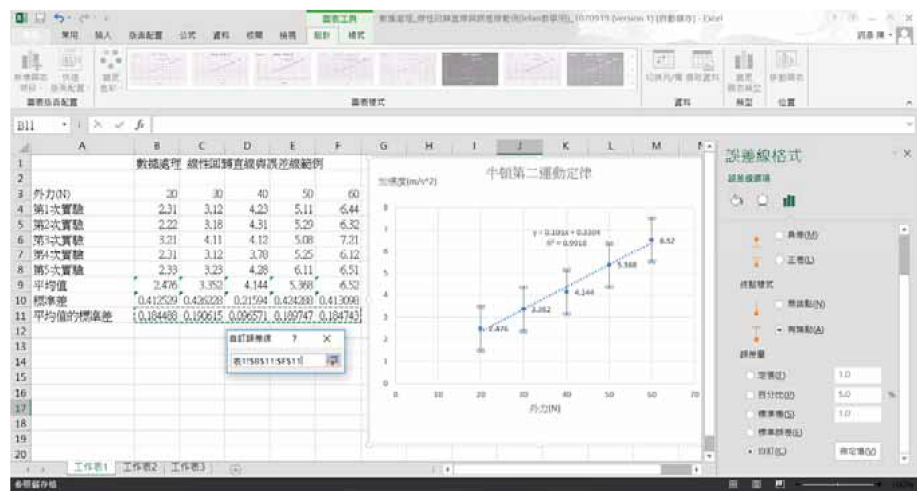


圖 18



圖 19

問題討論

- 回到一開始所討論的問題，經過實際操作過方法 1 與方法 2 後，以你對這兩種方法更深入的了解，覺得哪一種方法比較符合原測量的目的？
- 在做回歸線時，若測得的數據明顯並非直線關係，或你可其他理論中獲得變量間的關係並非一次方關係，該如何修改回歸線的擬合方法？excel 中提供了哪些擬合關係？
- 回頭再重看一次這張規格表，你是否能回答後面的 $\pm 0.1\text{mm}$ 是什麼意思？若你購買了此產品，你是否能預期有多少的機率你會買到超出規格外的產品？

板厚	標準板厚	1.6mm $\pm 10\%$ (0.062" $\pm 10\%$)
	最小板厚	單/雙面板: 0.2mm $\pm 0.1\text{mm}$ (0.008" ± 0.004 ") 4層版: 0.4mm $\pm 0.1\text{mm}$ (0.016" ± 0.004 ") 6層版: 0.6mm $\pm 0.1\text{mm}$ (0.024" ± 0.004 ") 8層版: 1.0mm $\pm 0.1\text{mm}$ (0.040" ± 0.004 ") 10層版: 1.0mm $\pm 0.12\text{mm}$ (0.040" ± 0.005 ") 12層版: 1.2mm $\pm 0.12\text{mm}$ (0.048" ± 0.005 ") ... 32層版: 4.0mm $\pm 0.4\text{mm}$ (0.157" ± 0.015 ") 以上
	最大板厚	6.3mm $\pm 10\%$ (0.248" $\pm 10\%$)
	板彎翹	< 7/1000

(註：一般公司標注的規格要求是正負 3 個標準差，也有要求精密度較高的公司會使用 6 個標準差，此處我們假設該規格表是使用 3 個標準差)

活動貳：風力發電簡介

前言

人類使用風力能源的歷史由來已久，數千年前即已懂得利用風力推動船隻航行。根據文獻，一千年前中國及古波斯即利用風車汲水、灌溉及磨碎穀物，磨坊工作科技史學家估計，於公元前 200 年到公元 500 年之間在波斯和中國建造的，風車的帆是用乾蘆葦做成，繞著一個垂直軸旋轉。在文藝復興時期，荷蘭人把木製葉片固定在一個水平軸上，放到幾層樓高的塔頂，塔內的樓層專門用來研磨穀粒和去掉粗糠；住在風車底層的工匠，必須以人力調整葉片的方位，好讓它們能正對著風。在今天希臘的克里特島，還有幾百架帆板風車在抽水灌溉農作物。十九世紀末丹麥的氣象學家保羅·拉·庫爾(Poul La Cour)製造了第一部風力發電機，自此風能技術的研發乃朝發電發展。

一、風力發電的原理與技術

就物理學而言，風若以速度 u 吹向一物體，物體表面所能承受的最大壓力(即靜滯點壓力)為

$$p = p_{atm} + p_{dyn}$$

其中 p_{atm} 為大氣壓力， p_{dyn} 為動壓力，定義為

$$p_{dyn} = \rho_{air} \frac{u^2}{2}$$

這裡 ρ_{air} 為空氣密度，室溫下其值為 1.204 kg/m^3 。此時受力物體可利用的最大風力

$$f_w = p_{dyn} A_s$$

其中 A_s 為物體之受風面積。因此，受力物體可利用的最大風力能源為

$$p_w = f_w u = \frac{1}{2} \rho_{air} A_s u^3$$

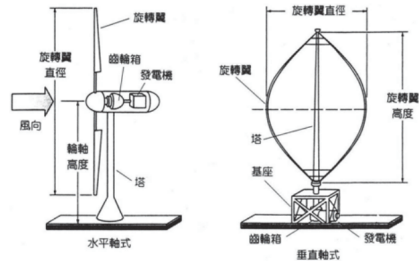
多年來，風力能源已普遍應用於研磨穀物和水泵浦等方面，係經由轉子將風力能源轉換為機械能源(或簡稱機械能、力學能)。由上式得知，轉子可利用的風力能源與風速 u 的 3 次方成正比，是在"啟動風速"到"停機風速"之間的風速段，這個範圍的風力能源即為"有效風能"。

但最理想的風能轉換系統，理論上也只能從受風面積 A_s 的管流流體中取得約 59% 的能量。

Q: 請問有哪些因素會影響風力發電機的轉換效能？而這些因素如何影響風力發電機的轉換效能呢？

二、風力發電機的種類

風力發電機的樣式可說是五花八門，依據旋轉軸擺設方向的不同，但大體上可分為兩類：水平軸式風機及垂直軸式風機，如下圖，水平軸式風機係指旋轉軸擺設方向與風向呈水平，垂直軸式風機則指旋轉軸擺設方向與風向呈垂直。

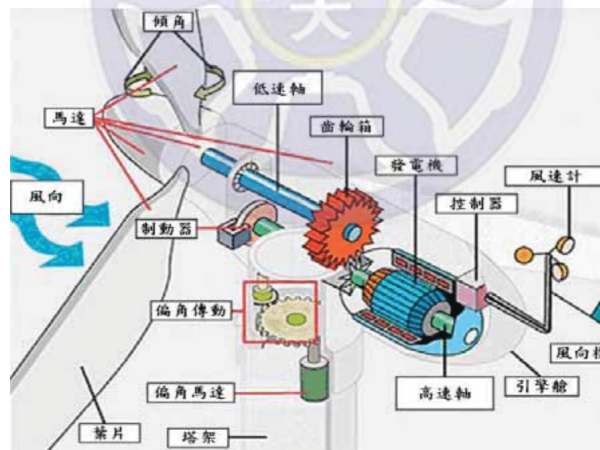


水平軸風機具有較高效能、較高轉速及較高耐用性能，綜觀國際上的技術開發，大多著重在水平軸風機方面。垂直軸風機與水平軸風機相比，具有較低啟動風速、較低噪音及無方向性限制，且在製造、安裝及維護方面都有較大優勢，相當適合運用在人口密集和低風速地區。

三、風力發電機的組件

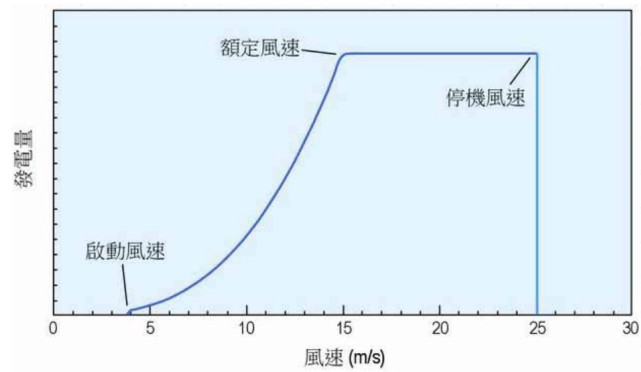
以水平軸式風機為例，主要由以下部分組成：風輪、停車制動器、傳動機構、發電機、機座、塔架、調速器或限速器、調向器等，如下圖所示。

1. 風輪：風力機也是一種流體渦輪機械，風輪葉片的功能是將風的動能轉換為機械能並帶動發電機發電。
2. 調速器和限速裝置：利用此裝置來讓風機在不同的風速下轉速恆定和不超過某一最高轉速限制。
3. 調向裝置：一般水平式風機多用逆風向式，須用調向裝置讓風機能對準風向。
4. 傳動機構：包括有低速軸、高速軸、增速齒輪箱等，可以讓風機驅動發電機。



四、風力發電的限制

風力發電除了風能轉換只能從受風面積 A_s 的管流流體中取得約 59% 的能量之外，風速也有所限制，通常要能夠啟動風力發電機的最小風速為 3~5m/s，而風速也不能無限大，否則機具會損壞，通常停止風速為 25m/s。





能源的轉換

年班級：

組別：

在地球上的各類能源中，最源頭的來源幾乎都是太陽，只有少部份是從地球內部而來，能與能之間的轉換必定有所消耗而變成無法使用的廢熱(能)，而每一種人類所使用的能源都有轉換效能的問題。

請問有哪些因素會影響風力發電機的轉換效能？而這些因素如何影響風力發電機的轉換效能呢？

單元 2-1：風機扇葉製作

年班級：

座號：

組別：

姓名：

經過一番的討論及歸納後，影響風機能量轉換的變因有很多，接下來我們就要請同學分別來測試各個變因在甚麼狀況下會是效率最高，本組所分配到測試變因為_____。

發電機由學校供應，其餘部分請同學自行找尋材料，請於下下週上課時將所需的材料帶至學校，並製作扇葉。

我要帶的東西有：

單元 2-2：利用水壓計測量氣球壓力

一、前言

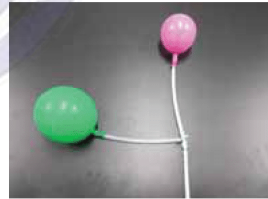
若是將材質一樣的氣球，分別吹成不同大小，並且用塑膠管連接在一起，許多人會想，大顆的氣球應該會消氣，而小顆的氣球會稍微變大。但真的是這樣嗎？這是科學遊戲中非常有名的 Two balloons 問題，國立自然科學博物館孫維新館長曾在活動上演示，許多知名科學網紅也有討論，如有千萬訂閱人數的「CrazyRussianHacker」，在 Youtube 頻道上發表的【Awesome Science Experiment with Balloon】。

二、Two balloons 示範實驗材料

三通閥..... 1個
透明軟管(10~30cm)..... 3條
氣球..... 2個

三、Two balloons 示範實驗操作步驟

- 步驟 1
將三通閥與透明軟管連接。
- 步驟 2
用橡皮筋將兩個氣球與透明軟管連接。
- 步驟 3
調整三通閥逐一將兩氣球吹氣，並分別吹成不同大小。
- 步驟 4
調整三通閥，讓兩氣球連通，觀察氣球大小變化。



圖(1a) 三通閥與軟管連接 圖(1b) 氣球與軟管連接 圖(1c)調整三通閥逐一將氣球吹氣

由示範實驗可知，兩氣球間氣體的流向並非單純由內含氣體的多寡與氣球大小決定，讓我們利用水壓計測量氣球大小(直徑)與壓力之間的關係，並嘗試探究氣球表面張力與氣體壓力之間的關係。

四、實驗器材

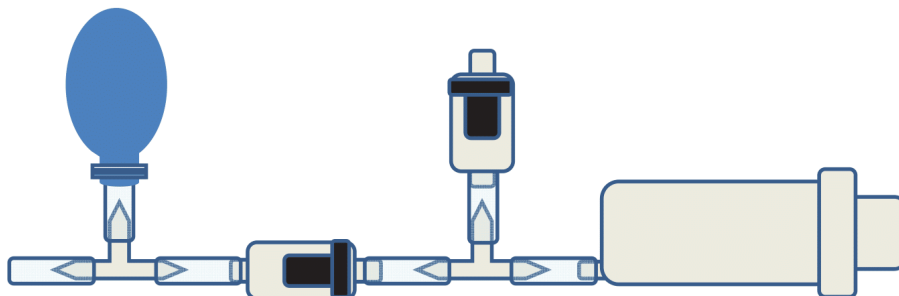
器材	玻璃瓶 1 個 含橡皮塞 1 個、玻璃管 2 根 與橡皮管 2 條	材料包 A 含單向閥 2 個 三通接頭 2 個	材料包 B 含橡膠軟管 6 個
圖片			
器材	25mL 打氣筒 1 支	金屬夾	支架
圖片			
器材	直尺 15cm 與 45cm 各 1 支	抹布 1 條	氣球 2 個
圖片			

※ 器材使用注意事項：

1. 請注意實驗過程中，避免桌面潮濕影響實驗。
2. 實驗完成後，實驗器材請以抹布擦乾，並將材料包 A、B 放置原狀。

五、操作步驟

1. 將材料包 A、B 與打氣筒如圖(2)連接。
2. 安裝中，需注意單向閥的方向。
3. 氣球與三通接頭連接處，也必於內放置橡膠軟管，以利橡皮筋能套牢而不漏氣。



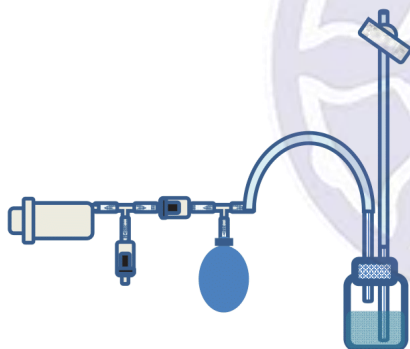
圖(2) 三通接頭、單向閥、打氣筒與軟管連接示意圖

5. 將玻璃瓶內注半滿水，注意，實驗過程中，水面高度必需介於瓶內兩玻璃管之間。
6. 如圖(3a)所示，將打氣管裝置與玻璃瓶上的短橡皮管連接，並用金屬夾將玻璃瓶上的長橡皮尾端密封，進行第一次打氣測試，判斷裝置是否正確安裝，是否有漏氣現象。

註 1：若各接點均有效連接，最有可能的漏氣點是橡皮塞，可以稍微沾水減少橡皮塞漏氣。

註 2：若金屬夾未將長橡皮管尾端密封，瓶內水可能被氣體擠出，導致桌面潮濕。

註 3：若無法順利打氣，請檢查是單向閥是否裝反，或是哪個環節有漏氣現象，可依情況向老師尋求幫助。



圖(3a) 打氣裝置與水壓計連接示意圖

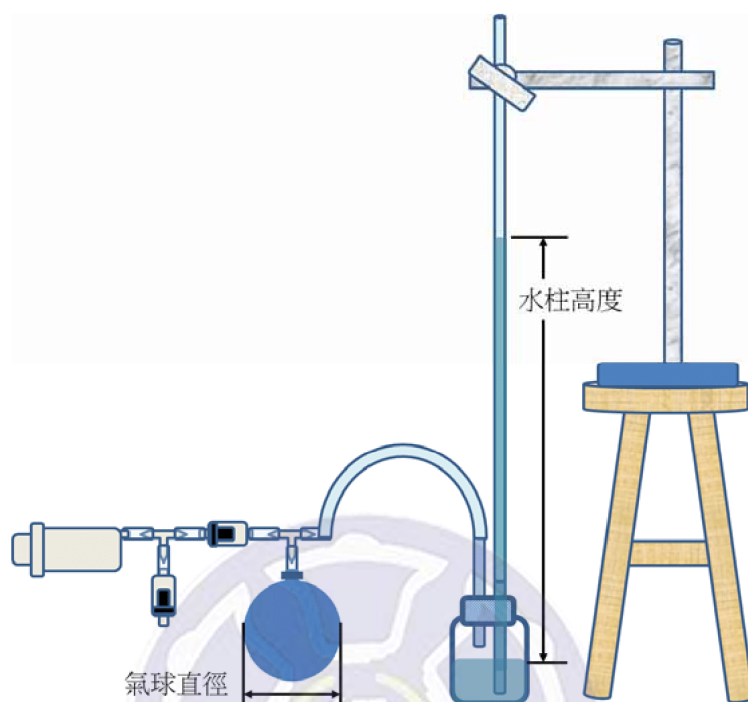


圖(3b)正確安裝可順利打氣



圖(3c)利用金屬夾將長管密封

7. 確定無漏氣狀況後，長橡皮管用利用支架與鐵夾拉高拉直，長管長度約為 80~100cm(此時鐵夾勿將長橡皮管夾至密封，需與大氣流通)，用打氣筒對氣球充氣，氣球充氣後，觀察長管內液面是否有隨氣球大小直徑改變。



圖(4) 打氣裝置與水壓計實驗示意圖，測量氣球直徑與水柱高度的關係

8. 若以上裝置均無誤，請同學們在認真記錄之前，先重複幾次充氣與洩氣(洩氣可由橡皮塞處)，觀察氣球直徑為何時，氣球內氣體壓力相對最小，水柱高度何時最低，紀錄之。

本實驗中，觀察到，當氣球寬度直徑為_____cm 時，水柱高度為_____cm，此時氣體壓力最小。

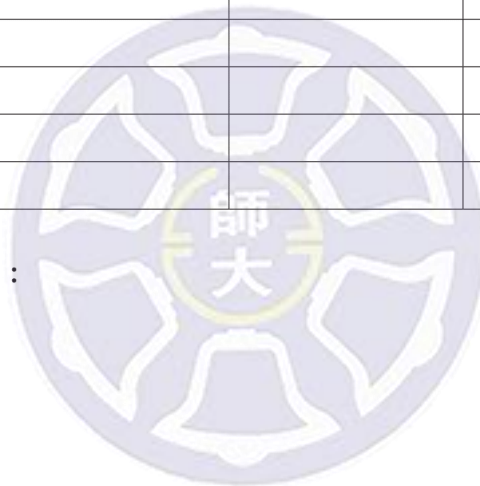
9. 在實驗紀錄表上紀錄氣球寬度直徑與水柱高度之間的數據，並利用方格紙或電腦繪圖。
10. 討論學習單的問題。

六、實驗紀錄表：

我有觀察到，當氣球寬度直徑為_____cm 時，水柱高度為_____cm，此時氣體壓力最小。

氣球寬度直徑(cm)	液面高度 h (cm) 氣球壓力 $P(\text{cm-H}_2\text{O})$	氣球寬度直徑(cm)	液面高度 h (cm) 氣球壓力 $P(\text{cm-H}_2\text{O})$

方格紙或電腦繪圖：



七、利用水壓計測量氣球壓力學習單：

1. 請問 Two balloons 示範實驗，大小氣球的變化是否與你本來的猜測相同呢？若相同，請嘗試解釋兩氣球大小的變化因素；若不相同，請嘗試說明你本來的想法，作完本氣球壓力實驗後，是否有讓你解惑呢？
2. 請解釋圖(2)中兩個單向閥為何要依圖中特定方向裝設？其用途分別為何？
3. 請討論本水壓計測量氣球壓力實驗的物理概念與托里切利測量大氣壓力實驗的異同。
4. 請問你完成本實驗數據後，所繪出的氣球直徑(大小)與壓力關係圖是否如你所料，請問你會如何用生活經驗來解釋此圖表。
5. 請問你完成本實驗數據後，你覺得 Two balloons 示範實驗中兩顆不同大小氣球的變化，一定如【Awesome Science Experiment with Balloon】是小顆的氣球氣體流入大顆的氣球嗎？

進階討論：

6. 請問氣球球膜的張力是定值嗎？還是應該會隨氣球直徑增加而逐漸變化呢？
(本題超過高中物理課綱，老師可以依情況與學生討論)

單元 2-3：風力發電與能量轉換效率討論

一、前言

再生能源是未來的趨勢，對於地狹人稠的台灣，如何有效的運用這些能源，是當務之急。根據國際工程顧問公司 4C Offshore 在 2014 年發佈的全球 23 年平均風速觀測研究，世界上風況最好的 20 處離岸風場，台灣海峽就占了 16 處，可見台灣有得天獨厚的綠色能源環境。風力發電牽涉到力學能與電、磁能間的轉換。電子材料行常見的發電機中由於含有永久磁鐵、線圈、電刷、整流子等構造，透過風力作用使葉片轉動條件下，也可以產生電能。對於風力發電，是否有個特定造型的葉片，能最有效的擷取風能？而且對於同一個葉片，是否在特定轉速下，可以最有效的進行能量轉換？這值得我們進一步的探究。

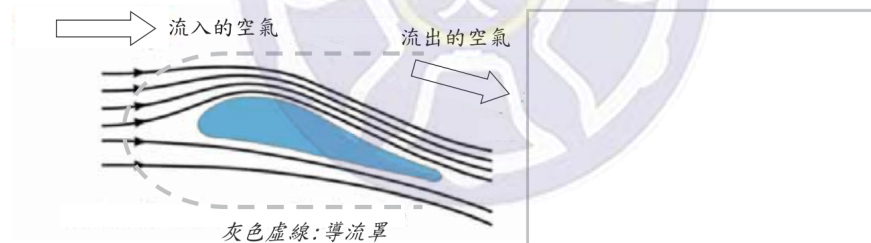
二、腦力激盪

先以自己的小組為單位，討論下列問題—

1. 如何定義風力發電機的效率？

為了客觀衡量風力發電機的效率，我們需要測量哪些物理量？

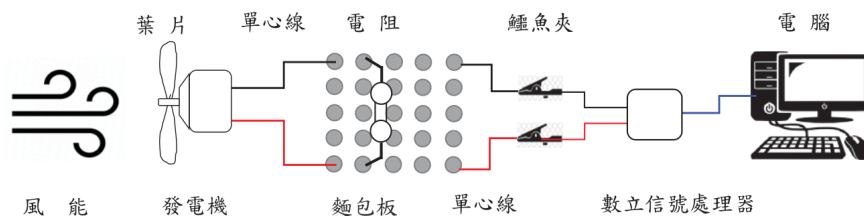
2. 下圖是空氣分子流經葉片前後的速度示意圖，空心箭號代表速度的方向，試著用自己學過的物理知識(速度、加速度、牛頓運動定律…)，解釋葉片的轉動。



三、基礎知識：

1. 麵包板的使用

使用麵包板，可以簡單的連結複雜的電路。以下是使用麵包板連接發電機、電阻與數位信號處理器。



2. 風的能量

風的能量指的是風的動能。特定質量的空氣的動能可以用下列公式計算：

$$\text{能量} = \frac{1}{2} \times \text{質量} \times \text{速度}^2 \quad (\text{焦耳})$$

吹過特定面積之風的功率可以用下列公式計算。

$$\text{輸入功率} = \frac{1}{2} \times \text{空氣密度} \times \text{氣流橫截面積} \times \text{速度}^3 \quad (\text{瓦}) \dots\dots\dots (1)$$

其中，氣流橫截面積，也就是葉片的截面積，單位為平方公尺。

由於風力發電是將力學能轉電能的設備，因此

$$\text{輸出功率} = \frac{\text{輸出電壓平均值}^2}{\text{電阻}} \quad (\text{瓦}) \dots\dots\dots (2)$$

綜合(1)、(2)，可得力學能轉電能的效率為： $\frac{(2)}{(1)} \times 100\%$

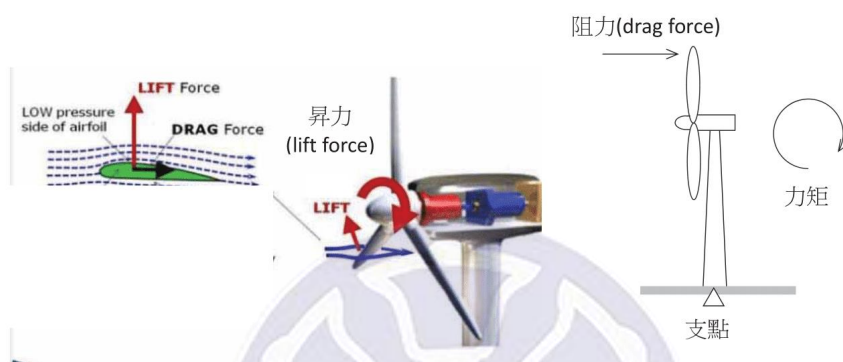
3. 葉片轉動時的受力

物體在流體(指氣體與液體)中移動，若受到平行移動方向之阻力稱為拖曳力(Drag force)；若受到垂直移動方向之力稱為昇力(Lift force)。

在風力發電機運作時，其葉片會同時受到這兩種力的作用。在相同風速的條件下，符合流體力學原理的葉片，可以獲得較高比例的昇力而轉動較快；同時，它也獲得較低比例的拖曳力，進而減少風機所受的力矩，降低風力發電機變形的機率。

隨著風速增加，同一葉片獲得的昇力與拖曳力都同時增加，前者會產生極高的轉速造成機械組件受損；而後者會導致風力發電機翻覆的風險。

為了安全起見，風力發電機會有「關機風速」。一旦關機後，就失去了擷取風能的機會，大家在實驗時，可以思考如何延伸風力發電機運作時的風速。



四、風力發電示範實驗操作步驟

步驟 1

將同學自製的扇葉與發電機馬達連結。

步驟 2

將發電機馬達輸出與 LED 燈泡連結。

步驟 3

將裝置固定於一平台上(可為寶特瓶等)。

步驟 4

利用工業風扇吹動扇葉，觀察 LED 是否發光。



五、實驗目的

本實驗中，我們將探究自行設計的葉片，風速從 $3\text{m/s} \sim 6\text{m/s}$ (每次增加 0.5m/s)，各風速所對應的葉片轉速，以及各風速對應的風能轉電能的效率。

六、實驗參考器材(可完全或部份使用)

儀器 廠牌型號	工業座扇，全班 X4 18 吋，90W，金屬葉片	數位訊號處理器，全班 X4 LabQuest Mini，LQ-MINI	數位電壓感測器，全班 X4 LabQuest，DVP-BTA
圖片			
器材 規格	風速計，全班 X4 PROVA，AVM-01	發電機(馬達)，每組 X1 直徑 24mm，高 18mm，電 壓 12V	葉片，每組 X1，但直徑不 可超過 42 公分
圖片			每組自行設計
器材 規格	麵包板，每組 X1 8.5 cm X 5.5 cm	臥式碳膜電阻，每組 X1 100Ω，2W，5%，	鱷魚夾，每組 X2 長 80 cm
圖片			
器材 規格	支架，每組 X2 底座 8.5 cm X 5.5 cm	單芯線，每組 X4 長 30 cm	鐵尺，每組 X1 30 cm X 2.5 cm
圖片			
器材 規格	桌上型電腦，每組 X1 WIN8 以上		

七、本組的實驗設計步驟（可繪圖加上文字說明）



八、實驗紀錄

風速(m/s)	輸入功率(W)	輸出電壓 平均值(V)	輸出功率(W)	力學能轉電能 百分比(%)
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.0				

九、方格紙或電腦繪圖：

十、風力發電與能量轉換效率學習單：

1. 請根據英國博士愛德華·波諾（Edward de Bono）提出的「六頂思考帽」思維訓練模式，用其中的四種思考帽來評估風力發電。

(1)白帽(Facts): 不表達自己意見，藉由審視數據和資料來陳述風力發電。

(2)紅帽(Feelings): 訴諸情緒、預感、直覺、印象、當下感受…討論風力發電。

(3)黑帽(Cautions): 以批判的角度，指出風力發電實施後可能的缺點、風險與不安因素。

(4)黃帽(Benefits): 態度樂觀，聚焦於正面與優點，看到風力發電的利益、價值與可取之處。

2. 由下列的參數，推導出與風能有關的 Betz 方程式（1919 年德籍工程師 Albert Betz 所推導出的公式）。

K : 動能(J); ρ : 空氣密度(kg/m³); m : 空氣質量(kg); A : 氣流橫截面積(m²)
 v : 風速(m/s); r : 葉片半徑(m); P : 功率(W); C_p : 風車轉子效率係數

3. 以風力趨動發電機的過程，牽涉到哪些類型的能量?請參閱馬達結構的相關資料並說明。

4. 請由實驗的結果，歸納出不同風速下，「風速大小」與「力學能轉電能效率」兩者間的關係。兩者呈線性關係嗎? 若不是，請分析影響能量轉換效率分析的原因。

活動參：光學望遠鏡

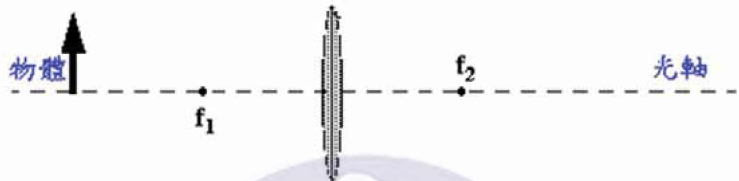
單元 3-1：望遠鏡介紹、透鏡成像與焦距測量

一、凸透鏡成像公式

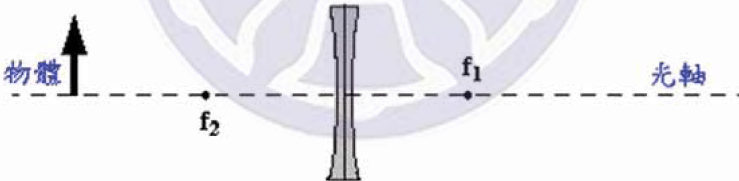
1. 研究目的：由國中時所學的透鏡成像性質推論出透鏡成像公式
2. 課程內容：

國中曾學過凸透鏡與凹透鏡的成像性質，我們來簡單回憶一下：

(1)凸透鏡

作圖原則	1. 平行光軸的光折射後通過焦點。 2. 通過鏡心的光直線前進。 3. 通過焦點的光線折射後平行光軸。
圖示	
成像	物在 <u>焦距外</u> 則在透鏡後形成 <u>倒立實像</u> ，物在 <u>焦距內</u> 則在透鏡前形成 <u>正立虛像</u> 。
例子	放大鏡、老花眼鏡。

(2)凹透鏡

作圖原則	1. 延長通過焦點的光線折射後平行光軸。 2. 通過鏡心的光直線前進。 3. 平行光軸的光折射後延長通過焦點。
圖示	
成像	在透鏡前形成 <u>縮小的正立虛像</u> 。
例子	近視眼鏡

(3)成像性質整理

面鏡種類	凹透鏡	凸透鏡					
物體位置	任意	焦距內	焦點上	$f \sim 2f$ 間	$2f$ 上	兩倍焦距外	無限遠
成像位置	透鏡前	透鏡前	無限遠	兩倍焦距外	$2f$ 上	$f \sim 2f$ 間	焦點上
放大 or 縮小	縮小	放大	X	放大	大小相等	縮小	X
正立 or 倒立	正立	正立	X	倒立	倒立	倒立	X
實像 or 虛像	虛像	虛像	X	實像	實像	實像	X

3. 小組討論：

- (1) 令物體到透鏡的距離為物距 p ，像到透鏡的距離為像距 q ，透鏡的焦距 f ，並藉由成像性質中較能定量敘述的位置性質，以數學式描述此關係。

Hint. 可利用物在焦點上成像於無窮遠、物在無窮遠成像於焦點上。

- (2) 藉由討論出的凸透鏡成像公式，試著證明其餘的成像性質是否成立。

- (3) 試著應用此公式於凹透鏡，對照凹透鏡的成像性質，討論出若要使凹透鏡也可使用此公式，需如何定義各符號的物理意義及使用時機。



二、焦距測量

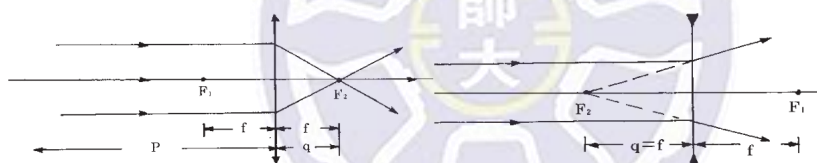
1. 研究目的：測量出各個透鏡的焦距。

2. 參考方法：

- (1) 輸入一道平行光，找出光屏上形成最小光點時，光屏到透鏡中心的距離。
- (2) 用兩支鐳射筆以平行光軸的方向同時照透鏡的非中心處，在另一側用光屏尋找兩雷射光點交匯的位置。
- (3) 用一燈泡作為點光源，在透鏡另一側放一光屏，移動燈泡使光屏上產生與透鏡口徑相同大小的光斑，此時燈泡到透鏡的距離即為焦距。
- (4) 共軛成像法：固定光源到光屏的距離，移動透鏡直到光屏上呈現最清晰圖像，記錄此時透鏡位置，再移動透鏡找到第二個圖像最清晰位置並記錄此時位置，

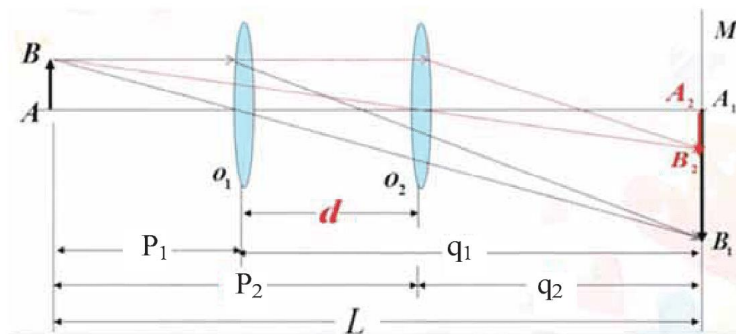
3. 課程內容：

- (1) 焦距定義：平行光經過透鏡折射後，鏡心到光線交匯點或光線延伸的交匯點之距離。



但是，組合透鏡找不到鏡心如何準確測量焦距？

- (2) 共軛成像：由透鏡的成像公式 $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ 可知，當物距與像距對調時，成像公式仍能成立，利用此性質，在固定光源與屏幕距離 L (L 需大於四倍焦距) 時，透鏡會有兩個位置能使光源在屏幕上成像，如圖所示，此即共軛成像。



4. 研究設備與器材：

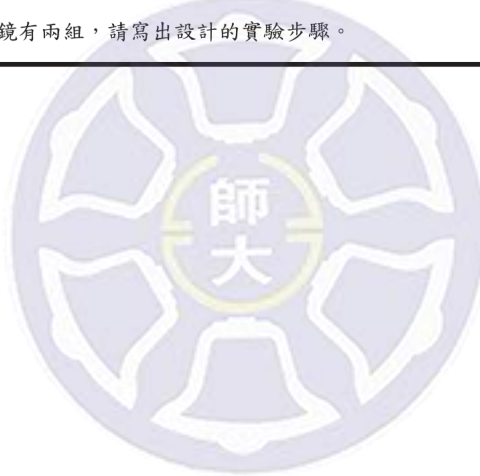
未知焦距凸透鏡組 A	未知焦距凸透鏡組 B	光屏
捲尺	其他可能需要的器材	
	- 雷射筆 - 方格紙 - 手機 (光源)	

5. 研究過程與方法：

- (1)請藉由焦距的定義與活動一討論出的成像公式，設計一個可測量出一未知凸透鏡焦距的實驗，並將實驗裝置圖繪製於下。

提示：在光學儀器上，為了修正各種像差，會以多片鏡片組成組合透鏡。如果無法找出鏡心應如何解決？

- (2)未知焦距的凸透鏡有兩組，請寫出設計的實驗步驟。



6. 研究內容與結果：

(1)請設計表格，用以紀錄實驗數據。(要求：每個透鏡組需有 3~5 組數據取平均)

(2)請分析實驗數據，並求出兩組凸透鏡的焦距。

	焦距
物鏡 A	
物鏡 B	

(3) 由老師公布的焦距理論值，求出實驗所得的數據之誤差。

	實驗值	理論值	誤差
物鏡 A			
物鏡 B			

(4) 討論此誤差的來源與降低誤差的方式。

7. 問題討論：

(1) 人眼是否可看到透鏡焦點上所成的實像？使用目鏡的目的為何？

(3) 透過目鏡的光如何成像在視網膜上？（畫出光路圖）



單元 3-2：透鏡組合與放大倍率

不同的透鏡組合與放大倍率之關係

1. 研究目的：將不同焦距的透鏡進行組合，並用遮罩改變透鏡的口徑，透過影像分析計算其放大倍率，並建立透鏡焦距、口徑與放大倍率之間的關係模型。
2. 課程內容：上星期我們介紹過藉由兩組透鏡我們可以組合成一個望遠鏡，將物體的成像位置改變以達視覺上放大或拉近的效果，而望遠鏡一個重要的性能就是其放大倍率。

(1) 放大倍率

望遠鏡的放大倍率定義為透過望遠鏡觀察後張角變為物體在裸視觀察時的張角的幾倍。舉個例子，在 100 公尺外觀察一個 1 公尺的物體，其肉眼所見的張角(視直徑)為 $\frac{1}{100} = 0.01 \text{ rad.}$ ，若透過望遠鏡觀察同一物體發現其張角(視直徑)變為 0.1 rad. ，則我們稱放大倍率為 10 倍，即相當於將此 1 公尺的物體拿到距離我們 10 公尺處觀察。

(2) 影響放大倍率的因素

上週也提到望遠鏡能改變的參數有目鏡焦距、物鏡焦距、物鏡口徑、鏡筒長度等，然而若要使固定距離的物體對焦，鏡筒長度將完全取決於目鏡與物鏡的焦距，因此我們將需要設計實驗來探討目鏡焦距、物鏡焦距及物鏡口徑會如何影響放大倍率。

(3) 拍攝器材：以手機透過望遠鏡拍攝照片

(4) 影像分析：

使用任何繪圖軟體(如 photoshop 或 ImageJ)數出手機所拍像所佔畫素數，並用 excel 分析所成像的畫素數與不同組合望遠鏡的關係，進而做出視角放大率和不同焦距的透鏡組的數學關係。



組裝示意圖

3. 研究設備及器材：

凸透鏡組口徑 5cm 	凸透鏡組口徑 6cm 	焦距 6.3mm 目鏡 
焦距 25mm 目鏡 	焦距 40mm 目鏡 	長鏡筒與短鏡筒 
調焦筒 	捲尺 	手機支架 

4. 研究過程及方法

- (1) 請試著用不同的目鏡與物鏡並選擇適當的筒身長度組合出不同的望遠鏡，觀察不同望遠鏡的放大效果，並定性上地猜測放大效果與透鏡參數間的關係。

我的觀察：

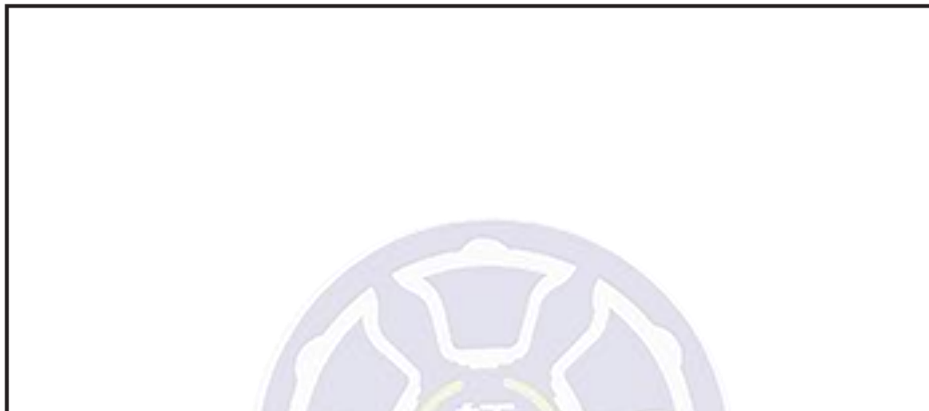
我的猜測：

- (2) 要探討的操縱變因有_____、_____。而應變變因為_____。

(3) 請依據提供的器材，設計一個探討影響放大倍率因素的實驗，並將設計的實驗裝置圖繪於下圖



(4) 請將設計的實驗步驟記錄於下

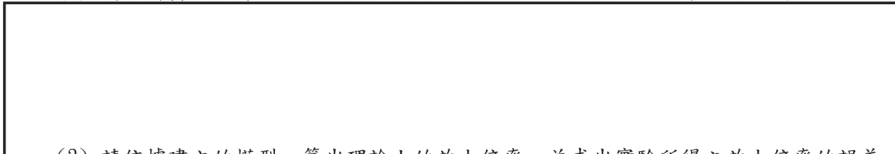


5. 研究內容與結果：

(1) 請設計表格，用以紀錄實驗數據。



(2) 請分析實驗數據，並建立模型找出透鏡焦距、口徑與放大倍率之間的關係。



(3) 請依據建立的模型，算出理論上的放大倍率，並求出實驗所得之放大倍率的誤差。

目鏡焦距	物鏡焦距	放大倍率 測量值	放大倍率 理論值	誤差

(4) 請利用上述模型找出所有可能的透鏡組合中，放大倍率的最大組合與最小組合，以及其理論放大倍率。

	目鏡焦距	物鏡焦距	理論放大倍率
最小放大倍率			
最大放大倍率			

6. 問題討論：

- (1) 人眼的焦距約 50mm，用單眼相機拍物鏡所成的實像，叫做直焦攝影，而用手機拍攝，則和人眼的狀況相同，因為手機有自帶成像鏡片組。如果今天用單眼相機以全片幅感光元件 (24mmX36mm) 透過焦距 50mm, 100mm, 200mm 的鏡頭拍攝，請問所拍攝照片的視角長寬各幾度？

