科學探實達
－以地科教案為例

教師　王尊信
中港高中

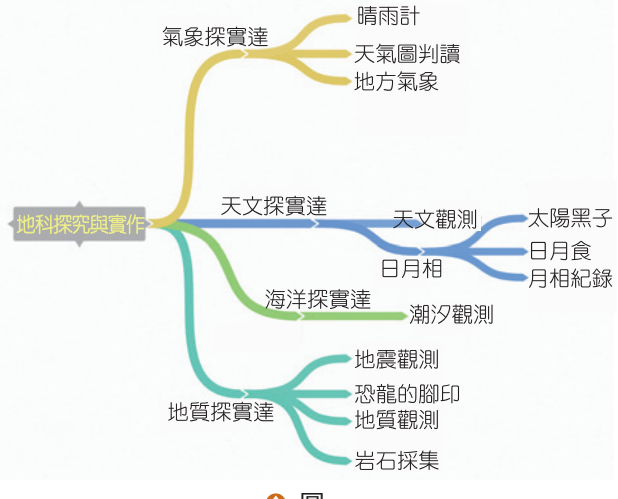
掃描QRcode，
下載教材電子檔

緣起

一、突破地科實作限制，找出可行主題：

教育部頒訂的十二年國教課綱，明訂「科學探究與實作」是部定必修，占4學分。「旨在以實作的過程，針對物質與生命世界培養學生發現問題、認識問題、問題解決，以及提出結論與表達溝通之能力」。因此各個學校的自然科老師，莫不努力學習熟悉探究與實作的教學。

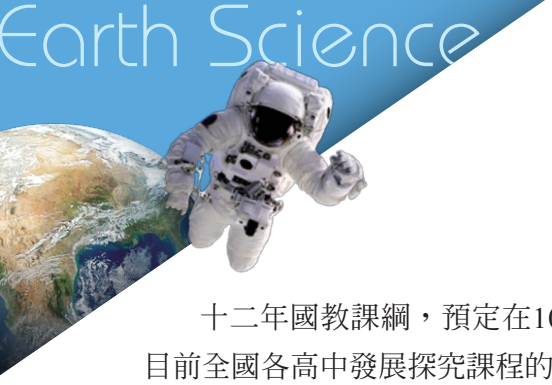
自然科4科中，地球科學的實作受限於探討的場域太大（例如：海洋實作對山邊的學校而言，幾乎是不可能）、學校設備不足（例如：天文實作受限學校未必配備有天文望遠鏡的器材），施行有一定的困難度，叫好又叫座的教案則更難得。因此，我把最近幾個可行的地科探究與實作的主題列出來（如圖一），提供給有興趣的老師參考。



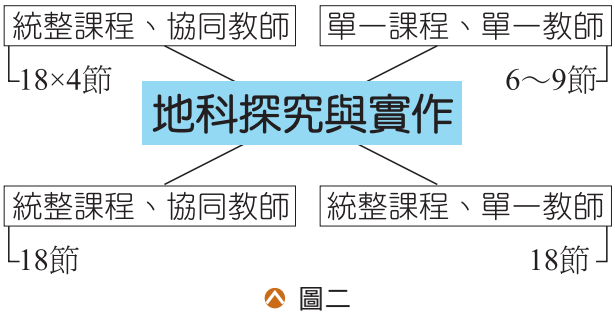
圖一

二、課程的命名與設計：

我在中港高中試行的高一多元選修「地科探實達」，是跨領域的「科學探實達」的一部分，班級人數達到三十人，常常呈現滿班的狀態。會命名爲「科學探實達」是因爲十二年國教課綱明訂「以探究教學法，實作評量，進行表達分享」。既然以表達與分享呼應總綱的「自發、互動、共好」精神，所以我覺得探究與實作要加上「達」才會完整，所以用在地科，就變成「地科探實達」（Earth-science ten-stars）。



十二年國教課綱，預定在108學年度實施，目前全國各高中發展探究課程的腳步不一。以臺北市與高雄市而言，許多學校（如麗山高中、成功高中、前鎮高中…等）發展特色課程有相當多的實務經驗，已經邁入最高階的統整課程、協同教師、完整4學分的課程，這些學校有許多探究與實作的教學實例可以參考。但是以協同教學而言，必須透過共同備課、觀課與議課機制，各校軟硬體環境未必能配合。所以筆者懷抱野人獻曝的精神，以此單一課程、單一教師、18節的課程模組設計，提供各方先進參考，有不足或錯謬之處，尚請不吝指教。



圖二

課前準備

一、教學進度表：

在課程設計的準備，十八週課程進度分配表、PPT、評分（量）策略（grading policy）、學習單設計，這些都是必須事先準備好的教材與教法。「不要等到完全準備好才開始，但也不要完全沒準備就開始」，利用滾動式的修正，選擇自己與校內既有的教學優勢與資源，這樣才能在穩定中求成長發展，不至於變成壓力過大的負荷。

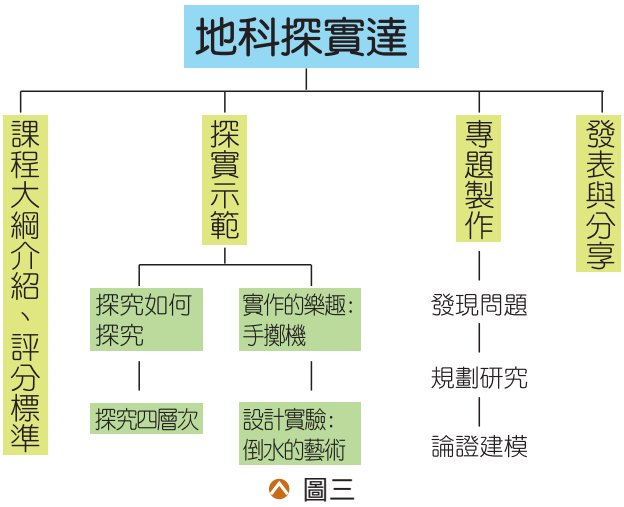
「地科探實達」主要分成四個部分：1.課程大綱介紹與評分標準、2.探實示範、3.專題製作與4.發表與分享。

在非傳統講述法的特色課程、無紙筆測驗的開放性探究課程，第一節課建議要講清楚**評分標準**，以地科探實達課程爲例：課堂出席態度占30%、期末報告占40%、facebook參與占30%。

第2.部分的**探究與實作示範**，是因爲學生與老師都太習慣傳統講述教學法，因此需要先熟悉一下探究與實作有什麼「心法」，比如說：探究的過程當中，如何從失敗中汲取寶貴的經驗是很重要的，這樣的經驗比答案本身更具有意義。另外，「如何設計實驗」是課程裡最困難的部分，實驗失敗往往也是學生卡關的地方，如何拔尖扶弱，善用有限的時間是課程成敗的關鍵之一。

既然名之爲「地科探實達」，表示表達力也是相當重要的。各校學生、各屆學生各不相同，有的活潑能言善道、有的安靜不輕易表示意見。因此，利用六週的時間，給各組分組討論自己要報告的題目，從合作中完成任務，也是課程中要多花心思的地方。

最後，**發表與分享**，要教導學生用善意的眼睛來看彼此的作品，學習別人的成果報告與巧思；另一方面，也要教導學生如何侃侃而談、態度從容而不玻璃心，用科學論述爲自己的觀點答辯。這些都是平常講述教學比較難以達致的高階教育目標，透過探究與實作實踐這些高階目標，是本課程的核心價值。



圖三

教學進度表

週次	課程名稱	上課內容	發展活動	評量標準
1	課程簡介	簡介課程由來	利用影片引起動機	簡介評分標準
2～3	引導探究1、2	探究如何探究	引導討論：請利用網路查詢，什麼是探究教學法？	完成探究方法的學習單
4～5	引導實作1、2	如何實作	引導討論：科學實驗的步驟	完成實作的課程參與
6～7	引導探究3、4	發現問題、形成假說	表揚上次探究表現優秀組別	Facebook社團討論
8～9	引導實作3、4	設計實驗、論證建模	表揚上次實作表現優秀組別	Facebook社團討論
10	空白週/進度調整	此部分對於新課程非常必要	自由進度	自由進度
11～16	專題製作	前10分鐘引導專題製作的進度、後巡視各組給予必要協助與討論	表揚進度達標的組別，鼓勵進度落後的組別	專心討論、並完成小組長分配工作
17～18	發表	共分6組，每組10～15分鐘	以媒體報導，鼓勵學生勇於發表	報告是否符合探究與實作的精神

二、運用其他資源：

好的教案，要能夠容易複製再用，在課程執行的過程中，課堂實踐的紀錄是一項讓老師頗耗心思的事。經過幾輪測試，開課前，我會使用Facebook的社團，讓學生用PO臉書的習慣，來記錄自己的學習歷程。搭配小組合作加分（小組成員會很樂意提供自己組員wifi功能），讓老師有更多時間可以幫助還沒找到題目的小組，不必忙著拍照上傳。經過三輪課程的測試，以中港的學生而言，這樣的方法還蠻有效的。但是建議老師在實施的時候，可以因應各校的軟硬體設施而做些微調整。

圖四

簡易教案與PPT

一、簡易教案：

1. 開課資訊：

學年	104-2、105、106
科目名稱	物聯探實達（舊名：中港探實達、地科探實達）
開設年級／學分	高一／1學分
師資來源	內聘
選修方式	跑班上課
使用教材	自編教材

2. 共通教案：

時間軸	教學活動
0：00～5：00（5 min）	0. 準備活動 0-1 教室借用登記，各組點名 0-2 上週進度回顧
5：00～15：00（10 min）	1. 發展活動 1-1 引起動機 1-2 講解本週任務
15：00～45：00（30 min）	2. 實作活動 2-1 根據進度進行討論或實作 2-2 巡視各組給予必要的協助
45：00～50：00（5 min）	3. 總結活動 3-1 恢復場地 3-2 交代作業

二、電子教案（PPT）：

以下p4～5是摘錄自專題製作第一節上課的PPT，提供給各位老師作參考。

1

探究與實作－（十八週課程）

地科探實達

臺中市立中港高級中學 / 王尊信 博士

翰騰文化

2

大綱

- 課程簡介
- 十八週課程進度表
- 專題製作
- 我的探實達
- 探實達王者發表

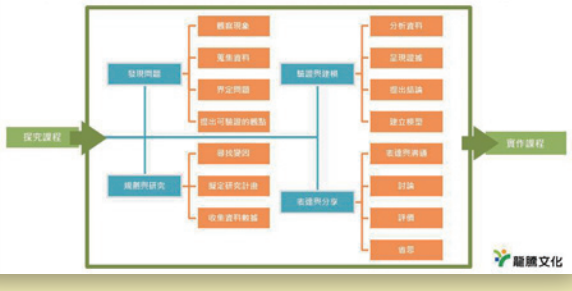
翰騰文化

3

課程簡介

為什麼叫地科探實達？

- 十二年國教新課綱，探究與實作為部定必修。



翰騰文化

4

課程簡介

為什麼叫地科探實達？

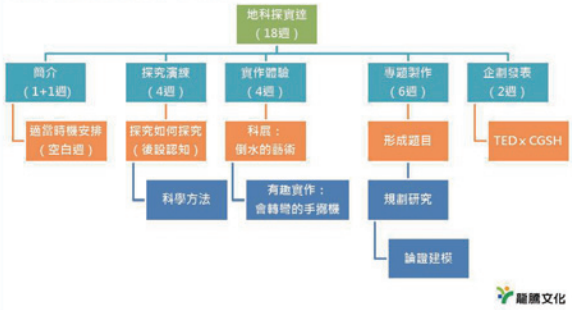
- 十二年國教新課綱，探究與實作為部定必修。
- 探究教學法＋實作評量＋表達訓練。
- 評分標準。

翰騰文化

5

課程簡介

十八週課程進度表



翰騰文化

6

專題製作

記錄

- 準備一本專題研究紀錄簿。
- 記錄方式：時間、地點、研究目的、研究內容、心得與討論、參考資料。
- 分工合作。

翰騰文化

▲專題製作記錄：是將每次討論的進度記下來，因為每個禮拜才上課一次，所以要各組準備一本專題研究的紀錄簿，避免大家太習慣空手來上課。

7

專題製作

SOP

- 老師講解meeting大觀念（10分鐘）。
- 各組報告：上次進度、遇到的困難與策略（2分鐘/組）。
- 分組指導、設計實驗、收拾場地（約30分鐘）。

▲**專題製作SOP**：老師先講解大家共同的問題，但只講解10分鐘。各組大致報告進度與遭遇到的困難，利用報告的壓力，可以確保大多數的組別在進度上（on the track），最後再分組進行實作與討論。

8

專題製作

發表管道

- 科展（新興入學管道：特殊選才）。
- 世界青少年發明展（IEYI）。
- 微電影。
- 最後兩週發表（TED）。

▲**特殊選才是新興的入學管道**，部分大學科系會要求需具備代表學校參加科展的經驗，所以鼓勵學生將地科探實達的成果投稿到科展比賽。

9

專題製作－科展

科目類別

- 數學科
- 物理與天文學科
- 化學科
- 地球與行星科學科
- 動物與醫學學科(含微生物、生物化學、分子生物)
- 電腦與資訊學科
- 植物學科 (含微生物、生物化學、分子生物)
- 農業與食品學科
- 工程學科(一) (含電子、電機、機械)
- 工程學科(二) (含材料、化工、土木)
- 環境學科(含衛工、環工、環境管理)

10

專題製作－科展

報告內容

- 研究動機。
- 研究過程或方法。
- 研究資料、設備及器材。
- 設計、討論如何表達所獲得資料方法。

▲**以科展為例，報告至少包含4部分：**
研究動機、研究方法、數據資料與結果討論。

11

六週完成我的探實達

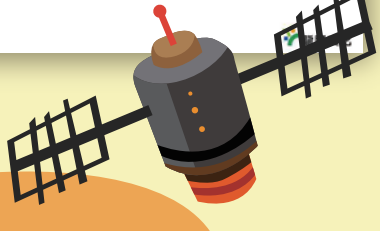
- 第1週 探究題目。
- 第2週 實驗實作探究。
- 第3週 實驗實作。
- 第4週 結果討論與新實驗設計。
- 第5週 實驗+報告撰寫。
- 第6週 實驗+報告撰寫。

▲**在6週的進度裡**，當有組別在經過3週後，仍沒辦法找到適合的題目時，提供一些比較適合的題目，還有網路的資源，以免天馬行空，或因為訂的題目不適合而實行上產生探究與實作的困難。

12

參考資料

- 中港探實達
- 王尊信老師的科展
- 別說等一等，要說試一試



圖五

課程目標與研究主軸

一、探究與實作課程的層次：

筆者在物理搜查線第17期「物理特色課程之策略與實作」一文中，曾經提出：一個好的特色課程設計，至少應該包含以下四個層次：

1. 上手容易：老師不需繁複準備、學生不需繁複準備。
2. 容易複製：不需特殊器材、不需特殊技能。
3. 高階教育：能達致合作學習、表達分享等。
4. 叫好又叫座：內容具有一定深度、可實地操作。

本課程以這四個層次爲目標，希望能讓老師好教、教好；學生好學、學好。

圖六

二、5E探究與探究的四層次：

目前探究教學法的種類很多，其中以5E探究（Bybee and Landes，1988）爲主流，所謂5E就是參與（Engage）→探索（Explore）→解釋（Explain）→精緻化（Elaborate）→評量（Evaluate）。

而在探究的歷程中有四個層次（Bell, Smetana, and Binns，2005）：驗證性探究（Confirmation inquiry）→結構性探究（Structured inquiry）→引導性探究（Guided inquiry）→開放性探究（Open inquiry）。

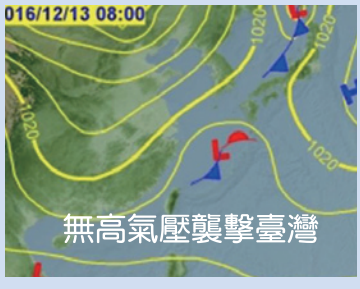
在本課程中，以5E探究爲主軸，並考量中港學生爲社區高中PR值大約50～70的中等程度，探究教學法的舊有經驗也不是很多，所以採用結構性探究與引導性探究。

形成性評量

以下p7～8提供一組學生的期末報告供參考。因爲中港高中位在梧棲的海邊，鄰近亞洲最大的火力發電廠——臺中火力發電廠，所以常常可以看到$PM_{2.5}$超標的紫爆新聞。這一組學生想探究$PM_{2.5}$是由本土汙染源（臺中火力發電廠或中龍鋼鐵公司）或境外汙染源（中國的髒空氣藉由大陸高壓傳到臺中）所造成？因此，利用下載中央氣象局的天氣圖，對比環保署查$PM_{2.5}$指數，再實際拍攝中港與臺中火力發電廠的照片，便可得到推論：並不是每次的霧霾$PM_{2.5}$紫爆，都是由臺中火力發電廠所造成的。

12/13的天氣圖：

沒有高氣壓，當天的$PM_{2.5}$濃度為低，再從當天由學校往臺中火力發電廠方向實際拍照，發現能見度極好。

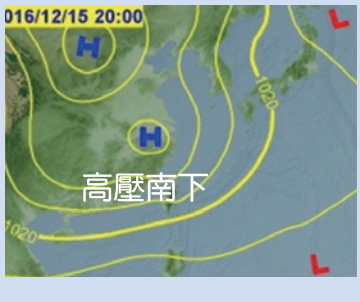


12/14的天氣圖：

高壓逐漸形成，由照片可知當天能見度尚可，但天空已經開始有雲層的堆積。

12/15的天氣圖：

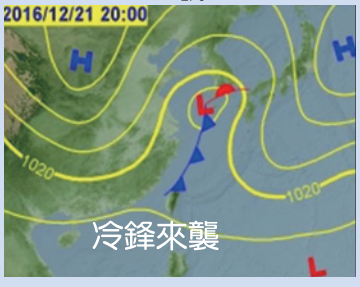
高壓南下，這時的$PM_{2.5}$反而降低，能見度也降低，因此推估是因為東北季風將$PM_{2.5}$吹到南投等內陸地區。



圖七（接下頁）

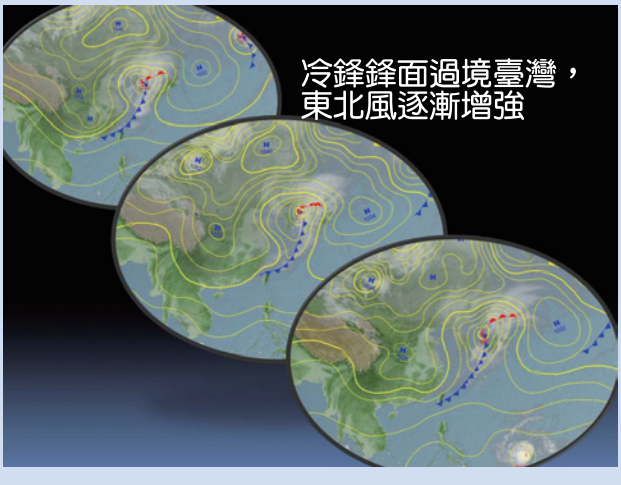
12/21的天氣圖：

冷鋒來襲，$PM_{2.5}$的濃度飆高，呈現紅色警戒，能見度稍差。



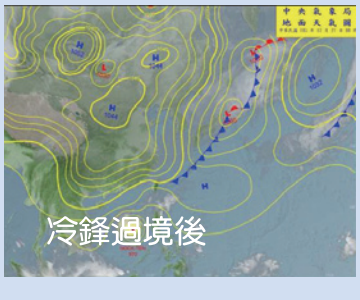
12/22的天氣圖：

冷鋒鋒面過境臺灣，東北季風增強，能見度不佳。



12/29的天氣圖：

冷鋒過後，$PM_{2.5}$恢復綠色，能見度也略為好轉。



圖七

結語

一、探究教學的幾個心法：

1. 形成性評量：探究重視的是過程，而不只是結果。
2. 容錯的失敗學（learn from failure）：探究過程容許失敗，但是不鼓勵盲目的trial and error，要找出嘗試背後的科學原理。
3. 可以問方法，不能問答案：探究教學，老師一定要忍住，不能因爲沒有時間而直接告訴學生答案。當時間不夠的時候，寧可下次重來，也不能草草結束。
4. 理性思辨（辯）：探究所得到的結論不可以過度解釋，要禁得起批判與檢驗。對於別人提出質疑的觀點，能夠有論述的能力。

二、傳授學生的實作心法：

1. 用自己的拳頭，打別人的肚子：滾動式修正，善用舊有的資源，別貪多、貪新、貪快。
2. 減廢減量碳足跡：多用手邊的資源回收當材料，做出來的成品會有驚喜，而且基於環保愛地球的概念，實驗器材要盡可能減廢、減量，減少碳足跡。
3. 台上十分鐘，台下十年功：平常多看、多聽、多想，或請學長姐來示範，自然可以累積靈感。
4. 別接天上掉下來的刀子，除非你有練過：太炫麗的教學方法，必定有不爲人知的苦工，沒試過，最好不要貿然嘗試。

三、利用Facebook的社團：

可以輕鬆收集課堂紀錄、與學生互動、交代作業，是很好用的技巧。例如：在專題製作的階段，任課老師要抓緊各組的進度，拔尖扶弱。鼓勵超前進度的組別，加深加廣。

圖八

四、探究教學法搭配實作評量，有一定的困難度：

尤其大考中心宣布「科學探究與實作」將納入學測的範圍，可能以填充題或非選擇題的形式命題。這樣的考招連動爲108學年的實施增添許多不確定性。然而，老師教好，學生才有可能學清楚，冷靜反思，這一輪的教學可能還有許多可改進的地方。然而，不經一事，不長一智，透過滾動式的修正，能讓科學探究與實作的輪廓越來越清晰，相信在下一輪的實施有更進步的可能。

謝詞

- 感謝科技部高瞻計畫辦公室經費支持，「物聯網裝置對話互動科學實驗課堂實踐」，中港高中，MOST 106-2514-S-791-001； MOST 106-2514-S-791-002，臺中教育大學王讚彬教授、靜宜大學王孝熙教授、劉國有教授指導。
- 感謝中港高中「臺灣大道」特色課程研發之大、小評量，彰化師大林國楨教授指導。
- 感謝彰化師大師培中心劉世雄教授指導，「物聯探實達教學實務研究」，收錄於五南出版社專書，ISBN 9789571194752。
- 感謝屏東女中（2017.11.2）、彰化師大理學院洪連輝院長（2017全國自然領域探究與實作研討會暨教學工作坊，2017.7.21）、龍騰講堂（2017.3.25）、中港教師讀書會（2017.3.20）邀請，分享探究與實作教案與教學實務心得。

圖片來源

圖一～圖八：王尊信老師提供