

Chemistry

武陵高中跨科課程

綠能與綠色科技



主題一：燃料電池

教師 張明娟

國立武陵高級中學

主題二：減碳新思維

教師 吳德鵬

國立武陵高級中學



掃描QRcode，
下載教材電子檔

主題一 燃料電池

規畫課程動機

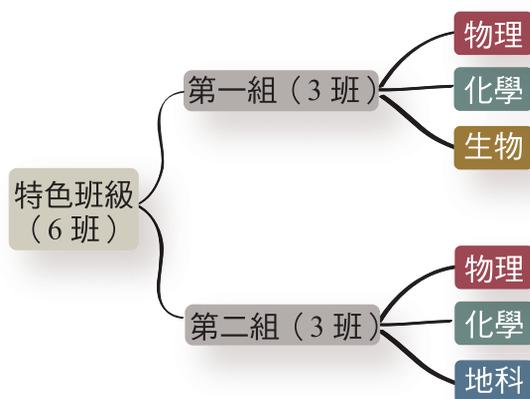
本校的綠能科技選修課程是配合99課綱中基礎科學「能源」的跨科內容，設計了一套以綠色能源為主題的選修課程；在高一開設跨班選修，因應新課綱試跑課程並作為未來探究與實作的課程內容。培養學生科學態度並期望學生關注氣候變遷議題。

為了提升學生的學習興趣，且方便在校園普遍實施，老師們安排了許多簡單又經濟的實作活動，深化學生對主題的了解，也培養同學自己動手解決問題的能力。內容有八大主題，包括：太陽能、生質能、風力發電、水力發電、地熱能、海洋能、燃料電池、碳封存，以探究式教學法及實作課程的實施，不但提升學生綠色能源與綠色科技的知識與觀念，並培養學生主動學習、探索問題、解決問題等科學研究能力，培育未來的科技人才。

教案規畫

跨科協調

本課程以跑班選修方式，共開設六個班級，每三個班級合在一起作協同教學，課程以三次段考為區隔作三大主題的安排，如圖一所示。目前的方式是分兩大組，以偕同式教學方式共同入班上課，學校內自然科四科老師的配置也非1：1：1：1，此配置模式符合自然科老師的員額比例，可避免造成某些科目教師學分數過多或偏低。



圖一：跑班選修的分班方式



教學進度部分以三次段考做區分，每次段考融入一個主題，除此之外，也搭配學校的校慶，舉辦綠能闖關活動，藉此闖關活動將綠能的知識與概念，分享給全校師生和鄰近學校。

設計理念

1. 化學科以燃料電池作為主軸，藉由教師的引導，讓學生從理論上認識燃料電池。
2. 課中學生進行分組專題報告，學生整合比課本更新的知識，並將知識內化為自己的知識。
3. 教師設計之「燃料電池」實作競賽，讓學生在趣味中體會「能源科技非遙不可及」。
4. 藉由學生自己設計「綠能化學宅急便-燃料電池命運七選一實作關」科學闖關活動之設計，刺激學生創造力與學習成就感。

化學科的實行辦法

化學科燃料電池之教案整體規劃如表一所示，其中第1~2週以老師教授基本知識和引導學生資料蒐集與整合，第3~6週則以學生為中心，展開分組報告、競賽等多元評量方式。

以下簡介第1~2週的課程內容，專題報告與競賽的內容，請見下段「多元評量」。

燃料電池之基本認識（第1~2週）

1. 教師引發學生動機及建立學生能源、綠能及燃料電池之基本認識。
2. 教師提供專題研究探討主題之學習單
 - (1) 全班學生分成8組，每個主題分配兩組學生進行專題報告。其主題內容如下：
 - 臺灣主要的發電方式有哪些？
 - 能源使用對環境帶來什麼樣的汙染？
 - 不要核能，那我們能用什麼，有哪些替代能源可供利用？
 - 燃料電池的應用與發展？
 - (2) 學生以平板為工具進行資料搜尋及彙整，以小組為單位呈現成果。
 - (3) 學生利用課堂時間及課餘時間進行小組討論，並製作5分鐘簡報檔，於下次課程時分組上台報告。

表一：「綠色能源之燃料電池闖關闖」之課程綱要

時程	課程名稱	單元目標	有效教學模式	評鑑比例
第1~2週	能源、綠能及燃料電池之基本認識	<ul style="list-style-type: none"> ■ 能引發學生學習動機，並能建立能源基本知識。 ■ 學生能搜尋資料並整合知識。 	問題引導 合作學習 討論教學	10%
第3~4週	燃料電池之專題報告	<ul style="list-style-type: none"> ■ 學生能進行專題報告，並能清楚正確表達科學概念。 ■ 學生能與同儕分享，並能判斷知識正確性。 	專題探究 討論教學 合作學習 自我調整學習	40%
第5~6週	燃料電池之實作競賽	<ul style="list-style-type: none"> ■ 學生能進行專題研究，能依控制變因及操縱變因來解決問題。 ■ 學生與同儕間能合作學習，找出最佳化策略。 	體驗教學 合作學習 專題探究 討論教學	40%
課餘時間	學生設計：燃料電池闖關關卡	<ul style="list-style-type: none"> ■ 學生能發揮創意，設計科學關卡內容。 ■ 學生能經由擔任關主，引導他人認識科學並能正確傳播科學。 	討論教學 體驗學習 問題引導 合作學習	10%



多元評量

此次分別以專題報告和實作競賽，作為建立與評量學生能力的方式進行。另外，此次學生於課餘時間，將跨科課程與學校活動結合，於校慶時舉辦結合知識的闖關關卡，在此也一併介紹。

專題報告（第3~4週）

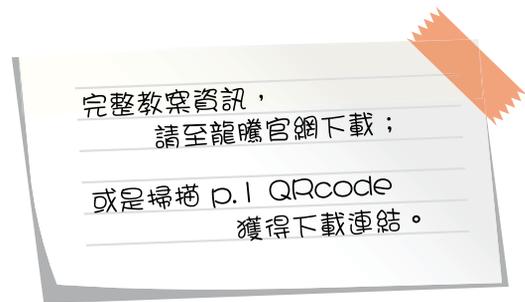
教師面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分發分組評比表 2. 說明專題報告進行方式 3. 控制分組上台報告時間 4. 釐清學生的模糊科學觀念 5. 適當提問 6. 總結並介紹下節課活動流程
學生面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解專題報告進行方式規則 2. 台下學生提問並完成分組評比表 3. 台上學生回答同學或教師的提問 4. 完成並繳交分組評比表
教材設備	投影機、分組評比表

專題報告評分方式採學生互評，項目包含：內容充實度、簡報檔製作、團隊默契、台風表達、回答問題、建議提醒事項。除了「建議提醒事項」為開放式填寫，其他以數字計，如圖二所示。

「化學宅急便之燃料電池」分組評比表(111)

組別	專題報告主題	評分(1-8分)					總分	建議提醒事項
		內容充實度	簡報檔製作	團隊默契	台風表達	回答問題		
第一組	燃料電池的應用與題版	8	3	5	10	2	28	簡報及內容多長短一的可惜
第二組		1	3	5	8			
第三組	能源使用量比較與帶來了何種	3	2	0	3	2	10	上台前準備不夠充分、簡報數很簡陋
第四組	LED燈泡設置方式	5	3	5	6	2	21	
第五組	核能的替代能源	1	3	5	6	2	17	
第六組	不要核能，我可以用什麼替代能源	6	3	6	8	2	25	很好
第七組	燃料電池的設置與應用	7	4	4	5	2	22	簡報數很讚
第八組	LED燈泡設置方式	6	1	5	7	2	21	簡報及內容多，講稿有時mIs

圖二：分組評分表



實作競賽（第5~6週）

教師面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 說明競賽規則 2. 強調實驗安全注意事項 3. 注意實驗安全 4. 擔任評審、講評、進行頒獎
學生面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解競賽規則及實驗安全注意事項 2. 分組進行燃料電池實作競賽 3. 領獎及收拾實驗器材
教材設備	競賽規則單、實驗器材

教師設計「燃料電池之實作競賽」內容：

一、實驗原理

1. 利用直流電供應器將電解水產生氫氣與氧氣： $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)}$
2. 利用已產生的氫氣與氧氣再使LED燈泡發光

二、器材與藥品

1. 器材：
 - 寶特瓶（容量約250 mL）1個
 - 石墨棒2支
 - 鱷魚夾1組
 - 直流電供應器一台
 - LED燈泡一個（電子材料行有販售）

2. 藥品：1 M 氫氧化鈉水溶液

三、實驗裝置

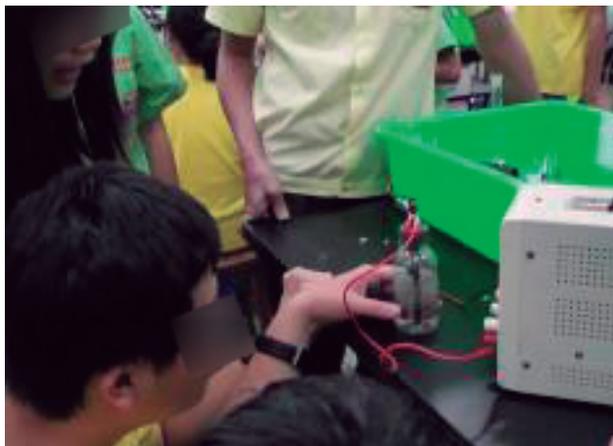


四、比賽方式

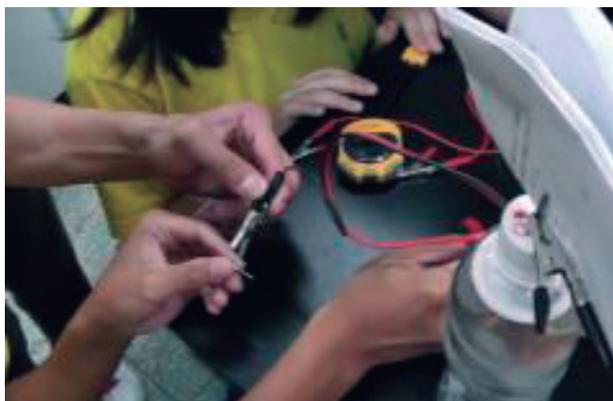
目標	時間(分)	活動流程
1. 學生找到最佳化條件	25	學生配製適當濃度的氫氧化鈉溶液與選擇適當石墨棒，並於3分鐘內產生大量的氫氣與氧氣。(圖三、圖四)
2. 進行實驗競賽	5	學生裝置好LED燈與燃料電池，測量發光時間。(圖五)
3. 評比競賽結果	5	依發光時間長短決定競賽結果，時間最長者為第一名，其餘類推。

五、回答問題

1. 本實驗過程中，你學到哪些實作技能及化學觀念，寫出關鍵字即可。
2. 經過本實驗你學到知識或技能，你是否可以擔任化學宅急便闖關活動之關主？



圖三：實作競賽——電解水並收集氫氣



圖四：實作競賽——裝置燃料電池



圖五：實作競賽——LED燈發光了

闖關關卡（課餘時間）

學生設計之關卡「綠能宅急便-燃料電池命運七選一實作關」內容：

一、闖關者製備氫氣與氧氣

- 選擇溶液（七選一）
- 倒入寶特瓶中
- 安裝電極
- 連接電源供應器

二、闖關者回答關主問題

闖關者回答為何選擇適用的溶液。

三、關主評定燃料電池闖關競賽結果

LED發光時間超過一分鐘者為過關，關主蓋章。(圖六)



圖六：闖關活動照片——關主與闖關同學互動



主題二 減碳新思維－碳捕獲與封存

🔍 規劃課程動機

依照「十二年國民基本教育課程綱要-自然科學領域草案」指出，科學學習的方法，應當從激發學習者對科學的好奇心與主動學習的意願為起點，引導其從既有經驗出發，進行主動探索、實驗操作與多元學習，使學習者能具備科學核心知識、探究實作與科學論證溝通能力，並強調跨領域學科之間的整合，以綜合理解運用自然科學。為強化上述目標，教育部於高中教育階段增列自然科學探究與實作課程必修學分，這門課不限單一科目授課、不限主題及方式，但是必須引導學生懂得自己發現問題、蒐集資料並進行分析、找出解決方案。筆者學校武陵高中自然科的教師，曾以綠能科技為主題共同執行高瞻計畫，結束計畫後於105學年度自然科，開設了「自然探究實驗選修課程」給一年級學生選修，作為108學年度開設的探究與實作課程的基礎，筆者在此先分享規畫與實行過程，提供給各位老師參考，作為一個討論的實例，一起對活化教學作努力。

🔍 課前的準備

開設短期營隊

在正式開課之前，部分的選修課程會先在寒假開設短期營隊，以一個早上或下午為單位（三～四小時），作為修正教學內容以更適合選修實驗課程。例如以奈米磁性粒子為主題（圖七），輔以化學學科中心所舉辦2012年高中生「化學創意實驗闖關比賽」的複賽題目：魚兒水中游，利用高中實驗室現有設備，製備具有良好

分散性的磁性奈米顆粒溶液，然後將磁性奈米顆粒溶液分裝於微量離心管，放在裝有水的水槽中，利用強力磁鐵吸引微量離心管脫離水面，放入另一燒杯中（釣魚比賽）。



圖七：藉由短期營隊課程的實行，以修正為更適合選修實驗課程的教學內容

以特定主題式的實驗操作，設計為探討不同實驗變因的影響，例如：反應時不同的濃度、溫度、反應時間等，均可能影響奈米氧化鐵粒徑，再者加入界面活性劑或分散劑等，亦可能影響實驗結果，再輔以實驗闖關比賽的競賽方式，來驗證實驗的成效。教師只要設計好節目流程，課程進行的過程就會活潑又生動，學生對解決問題及團隊合作也會有實際的體驗。教師累積了經驗，對教學注入活水，更儲備開發新課程能量。

先備知識

以下為筆者一個實際操作的主題「減碳新思維——碳捕獲與封存」，此部分是筆者參加本校的高瞻計畫：綠能與綠色科技，其中一個子題所研發的課程，先簡單提供相關先備知識，以利教師授課所需。

我們常聽到「溫室」這個名詞，所謂的「溫室」，舉例來說它是由玻璃或透明塑膠布所製成。白天的太陽光屬於短波輻射，因此可以穿透溫室的玻璃或透明塑膠布；然而當地球表面吸收了太陽的光與熱之後，部分玻璃或透明塑膠布吸收陽光轉以長波輻射之形式釋出能量，使得



能量無法完全穿出溫室，溫室即是利用此種特性維持室內溫度，以利作物生長，而這種作用發生於行星，使其溫度升高，便稱為「溫室效應」。地球的大氣層中，含有「溫室氣體」，其特性如同玻璃一樣，可讓短波輻射（如太陽輻射）通過，而吸收長波輻射（如地球表面所釋放之紅外線），使地面的輻射不易回到太空中，地表便維持在溫暖、適宜生物生存的溫度。地球的大氣中有於京都議定書中規範之六種溫室氣體：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟氯碳化物類(CFCs, HFCs, HCFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)，以及其他包括水蒸氣(H₂O)、臭氧(O₃)等溫室氣體。由於水蒸氣及臭氧的時空分布變化較大，因此在進行減量措施規畫時，一般都不將這兩種氣體納入考慮。

京都議定書中規範之六種溫室氣體，其滯留在大氣中的時間長短不一，短從數個月，最長可達千年之久，影響氣候變遷的時間效應都不相同。二氧化碳和甲烷目前存在大氣的比例，以及預估未來會排放的量，對全球暖化的影響最大。現今氣候變遷的現象，已在世界各地發生，美國太空總署從外太空傳回地球南北極冰層快速消融的照片，亦引起大家的注意，並投入研究探討背後隱藏的意義；1991年起，聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)陸續發表對全球暖化的調查及研究成果，2007年的報告中直指地球發生溫室效應的機率大幅增高，造成溫室氣體濃度增加主要來自人為因素。全球主要的溫室氣體中，目前研究以二氧化碳所占的比例可能最大，因此聯合國跨政府氣候變遷小組乃大聲疾呼，要求各國政府必須同心協力，採取必要手段減少二氧化碳排放。

什麼是「二氧化碳捕獲與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)」呢？顧名思義，將原本排放到大氣的二氧化碳攔截下來（二氧化碳捕獲），再運用科學方法將二氧化碳與大氣隔絕（二氧化碳封存），如此便能有效減緩大氣中二

氧化碳濃度持續升高，是全世界科學家公認有效的減碳技術。因其扮演著達成減碳目標的關鍵，又稱為減碳的門檻技術，意味著若能跨過這道門檻，減碳目標指日可待。

多使用綠色能源，如太陽能、風能、核能、生質能、地熱能、海洋能等，以及節約油電、增加效率為目前解決全球暖化的方法。幾年來的實踐顯示，臺灣再生能源受限於天然環境，產量甚微，目前還不足以成為穩定大量的自產能源；另一方面，大部分的人對核能安全有疑慮，以「非核家園」為訴求，核能占比不斷降低。若上述再生能源與核能等低碳能源皆不可行，而只以「增加效率」（節能）為手段的話，很難達到經濟與氣候問題的兼顧。就讓我們承認現狀、面對問題吧！找出方法將排出的二氧化碳捕捉、儲存、再利用等就是可能因應的選項了。事實上，世界能源總署認為未來全球二氧化碳減量的關鍵技術之一就是「碳捕獲與碳封存」，預估在2050年該項技術組合對二氧化碳減量的貢獻度為總量的百分之廿。以下簡單介紹常見的封存二氧化碳的方式：

1. 生物封存

- 植物、藻類等生物配合土壤或水體，以及光合作用等方式吸收二氧化碳，此封存方式是最無副作用的一種。
- 微藻是生物封存法最常使用的植物，具有光合作用效率高、適應能力佳及繁殖能力強等的優點，在固碳作用方面相當有效率。
- 微藻可進行其他產品的研發，具有相當高的經濟價值，例如生產油脂及處理廢污水，以及應用在養生保健食品的生產。
- 貝類的外殼主要由碳酸鈣組成，而水中碳酸根離子來自於溶解大氣中的二氧化碳，貝類吸收水中碳酸根離子與鈣離子，經鈣化作用發展出外殼，故具有碳封存的效果。



- 不受酸雨等外力腐蝕破壞下，貝類外殼可保存千年以上甚至萬年，因此封存二氧化碳的效益比樹木來得好。若將其外殼掩埋於地下，經地質作用將變成石灰石或大理石，可長時間的保存於地底。

2. 海洋封存

- 將二氧化碳不管是以氣體、液體、固體或是水合物形態，經由輸送管線或船運，直接注入並溶於深層海洋水體中，或灌注於海床上形成二氧化碳團塊或人工湖，封存於海洋中皆屬之。
- 需將二氧化碳灌注於海洋之斜溫層以下，因斜溫層為一具備穩定水管條件的水平水層，具有阻隔上下水體垂直混合效應，能減低所封存之二氧化碳返回大氣層的速率，而且深度最好大於3,000公尺，壓力達300大氣壓以上才可確保灌入二氧化碳之密度比海水高而封存其下。
- 海洋雖可儲存大量之二氧化碳，但目前為止尚缺乏大規模二氧化碳海洋封存實例，且其對環境影響性、民眾接受度、法令規範、安全性、操作實務性、相關技術等問題尚未解決，目前國際法已明令禁止。

3. 地質封存

- 將二氧化碳經由輸送管線或載運工具輸送至適當地點後，注入特定深度及特定地質條件之地層中進行封存，就其封存機制可細分為結構、水力、溶解及礦化等。
- 進行二氧化碳地質封存作業前，需先壓縮二氧化碳，增高密度以增加封存數量，並可利用地下水壓力或地層柱壓侷限二氧化碳，其灌注至地層中仍保持高密度。在考量確保二氧化碳具高密度超臨界特性，其地質封存深度至少須達800公尺以上為佳。
- 目前適合作二氧化碳地質封存之地質條件包含煤層、舊油氣層、深部地下水層等，

其主要為灌注二氧化碳至地下，促進面臨耗竭油氣田延長生產壽命及增加產量。

- 雖然二氧化碳地質封存所需工程技術已臻成熟，但仍有許多課題，如封存地點、安全性、穩定性、監測、災害防治及對地層及環境長期影響等，都需要投入人力、物力加緊研究，目前為應用最廣泛的技術，且封存成本最低，可行性最高。

4. 礦化封存

- 利用金屬氧化物（鹼性）與二氧化碳（酸性）產生化學反應，形成固態碳酸鹽及其他副產品。
- 鹼金屬、鹼土金屬氧化物皆適合進行碳酸礦化反應，其中鈣、鎂金屬因大量存於地殼中，為最常被選擇用來封存二氧化碳之元素，故目前以含鈣及鎂之矽酸鹽類礦物為較具潛力之反應物，但封存成本最高，屬於研發中技術。
- 目前台泥的花蓮廠與工研院合作二氧化碳捕獲廠的技術，在2014年獲得全球百大科技研發獎（R&D 100 Awards），其鈣循環捕獲二氧化碳的技術原理，是利用氧化鈣（CaO，俗稱石灰）與低濃度二氧化碳結合後，所產生的碳酸鈣再經過控制條件下的高溫處理，將高濃度的二氧化碳釋放出來，而剩餘的物質又還原為氧化鈣，在吸放之間重複循環，達到捕獲二氧化碳的目的，而失去活性的氧化鈣，還可再轉為製作水泥的原料。
- 「鈣迴路捕獲二氧化碳先導型試驗廠」的設置規模是每小時捕獲1公噸的二氧化碳，這是全球至今最大規模的二氧化碳捕獲試驗廠，尤勝於歐洲諸多國家。其中用捕獲的二氧化碳來當成光合作用的養份養殖微藻，並從微藻中萃取藻油及蝦紅素，前者可做為生質柴油，後者可製成保健食品。



教案規劃

跨科協調

筆者學校目前的選修課程，大致是以三次段考作為單元分界，開課內容由各開課的老師，自行研發主題式的課程，例如：武陵高中探索一環境與植物簡介（地科莊元玲老師）、彩色化學（化學張明娟老師）、奈米磁流體（化學吳德鵬

老師）、校園地圖與基礎測量（地科莊元玲老師）、碳捕存（化學吳德鵬老師）、風力發電（物理林威呈老師）。然後每周兩節課，上下學期各2學分，所以4位老師各分配1學分，每位老師各自負責3大主題，共上下學期6次段考，交互實施，提供目前本選修的教學行事曆，如表二所示，給各位老師參考了解。

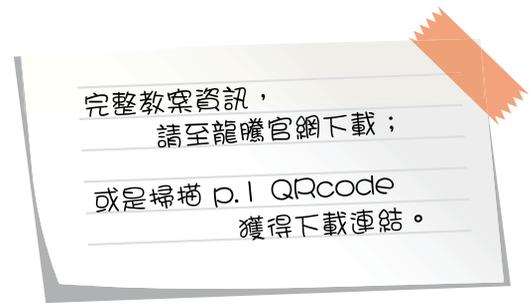
表二：國立武陵高中105學年度第一學期 自然科探究實驗 教學行事曆

週次	日期起訖	教學內容	備註
一	9/01	相見歡：課程進度與評分說明、分組	特色選修
二	9/08	相見歡：課程進度與評分說明、分組 武陵高中探索一環境與植物簡介（一）	特色選修
三	9/15	中秋節（放假）	
四	9/22	彩色化學（酸鹼指示劑）	綠色化學
五	9/29	武陵高中校園植物簡介（二）	在地植物
六	10/06	彩色化學（鹽水分層）	綠色化學
七	10/13	第一次段考	
八	10/20	奈米磁流體簡介與藥品配置	奈米科技
九	10/27	運動會	
十	11/03	校園地圖與基礎測量介紹（一）	在地氣候量測
十一	11/10	奈米磁流體釣魚比賽	奈米科技
十二	11/17	基礎測量 實作	在地氣候量測
十三	11/24	奈米磁流體進階	奈米科技
十四	12/01	第二次段考	
十五	12/08	碳捕存簡介與實作	綠能科技
十六	12/15	風力發電分組與實作	綠能科技
十七	12/22	碳捕存學生報告	綠能科技
十八	12/29	風力發電分組與實作	綠能科技
十九	1/05	化學碳封存比賽	綠能科技
二十	1/12	風力發電分組與實作	綠能科技
二十一	1/19	期末考	



課程設計

藉由老師講述，學生分組報告，及實驗比賽，瞭解碳捕獲與封存的優缺點與發展現況（如表所示），預計授課活動4節課，每節50分鐘，視全班人數，分6~8組進行課程，輔助配有PPT於輔助課堂上解說、課程先備知識與影片連結、學習單及素材包。如表三所示。



表三：課程時間分配與流程簡介

節次	項目	教學內容	參考影片
1	碳捕獲與封存技術簡介	教師以影片簡介二氧化碳捕獲與地質封存CCS	
2	國內現況與比賽說明及練習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教師以影片介紹：全臺第一個「二氧化碳捕獲廠」，鈣循環 2. 教師說明比賽…、發藥品，鈣循環原理實驗測試。 3. 請各組操作濾紙過濾飽和石灰水，得到澄清石灰水兩份，同學示範吐氣後，先混濁，繼續吐再澄清的過程。 4. 第二份加入酚酞指示劑，再請同學吐氣後觀察，沉澱量與指示劑顏色的關係。 5. 觀察後請學生做記錄，以提供第四節課的化學碳捕獲比賽的必備知識與經驗。 	  
3	學生分組報告	<p>每組選定一個碳捕獲與封存相關的主題，或給予引導特定主題，利用相關資料介紹5~8分鐘，以及同學提問1~2分鐘，並發給「分組評比表」互評。</p> <p>建議題目：全球暖化、氣候變遷、綠色能源、超臨界流體、生物封存、海洋封存、地質封存、礦化封存、碳捕存國內現況、碳捕存國際現況等。</p>	
4	化學碳捕獲比賽	化學碳捕獲比賽：參考「化學碳捕獲實驗比賽辦法」。	



經驗分享

此方式的優點是，教師在研發課程的初期，需要較大量的時間作準備，而隔週上課會有較充分的時間緩衝，也不會有太大的備課壓力，學生對課程充滿興趣與期待。教學目標為透過實驗與實作，探究科學的真理精神，方法是藉由老師簡介引導、學生分組報告以及實作實驗比賽等教學方式，藉以讓學生瞭解自然科學（圖八、圖九）。



圖八：實驗器材整理



圖九：小組進行實驗競賽

多元評量

評量方式並非傳統的筆試，而是以實作競賽（闖關評比）、小組報告（學生評比）以及主題學習單（教師評比）來作綜合評量（如下表四、圖十、圖十一），可以參考教案及相關的附件。

表四：評量方式

評量項目	評量規準	預期效應
化學碳捕獲比賽 50% (實作)	<ol style="list-style-type: none"> 依隊伍產出的固體質量多寡，作為名次依據 第一名得100分，第二名得97分，第三名得94分，以下名次依此類推 	藉由動手做，與理論作結合，提升學習興趣，獲得應用經驗。
分組報告 30% (同學評比)	投影片呈現： <ol style="list-style-type: none"> 資料完整 編排精美 文字清楚 上台報告： <ol style="list-style-type: none"> 表達流暢 內容切合主題 清楚回答問題 	培養合作學習，與資料整理轉化應用，並藉由報告分享，深化學習。
課程表現 20% (教師評比)	學習單完成度的檢視	既有知識的累積判斷



結語

這種特定主題的教學方式，比較類似教師藉由指導科展或其他的相關經驗，但進而擴大影響、指導更多的學生，由降低難度，讓更多的學生實際參與報告與實驗，然後可引導學生參加相關主題的小論文比賽，如此學生學習整理資料、產出結果，並參與實驗競賽，練習預測與觀察的能力。過程中會讓學生探索自己的能力與興趣，培養應用於生活中的能力，是我們更需要讓學生習得的能力。先開始開個選修課吧！任何事都是做中學，實驗才是化學的王道，進行中才會發現，當學生展現笑容時，原來老師才是收穫最多的！

綠能與綠色科技-碳捕獲及封存課程 分組評比表

主題(請註明報告主題)	優點及建議:(例:講述者活潑生動、編排流暢、內容充實...)	報告分數(1-10分)	回答問題優良加分	總分
第一組 碳捕獲與封存	D條清晰,且條理分明,內容也很有趣的,但PPT不清晰,無法清楚看到數據內容	9	0	9
第二組 微藻碳捕獲	內容充實,但希望能再增加一些	6	0	6
第三組 碳捕獲與封存	一掃而過的內容,但報告是對人,不針對首領,所以希望能對報告內容作了調整,再上台報告	7	0	7
第四組 海洋封存	PPT整理的地清楚,讓人一目了然,但內容稍多,這個缺點希望改正!還有請面對觀眾!	8	0	8
第五組				
第六組 碳捕獲報告	PPT內容再清楚點,也可以再整理清楚一些,但D條清晰能使人快速了解	8	0	8
第七組 碳捕獲與封存的	PPT很有趣,但內容多,有點看不清,而報告令人噁心一笑吧!	9	0	9
第八組 礦化封存	雖然PPT清楚,但內容有點少,較缺乏條理	8	0	8

評語生動中有美

- 請將自己以外的組別評比,建議1-6分為"尚可",7-8分為"好",9-10分為"很好"。
- 針對同學的問題,回答優良時給予2分加分,尚可1分加分,不對題可不加。
- 優點及建議,請給予各組正面鼓勵為主。
- 各組此評比表,請於報告及換場時短暫討論給分,請於同學報告完後繳交本評分單並同時完成背面的學習單。

圖十：分組評比表

(綠能課程) - (碳捕獲與封存) 學習單

課程大綱

- 封存技術：
 - 生物封存：以微藻的光合作用捕獲CO₂，將CO₂排放到海洋的底層
 - 海洋封存：將CO₂儲存在地下油層及煤層
 - 地質封存：將CO₂與土壤氧化反應生成碳酸鹽類
 - 礦化封存：以地質封存的方法處理CO₂
- 目前國內政策：以地質封存的方法處理CO₂

課前問題討論：

- 問：何謂碳捕獲與封存？
將二氧化碳以另一種型態處理，減少二氧化碳排放到大氣中。
- 以上各種封存技術的缺點各有哪些？
海洋封存：造成生態環境的破壞，並不會生物封存，需要廣大的面積，容易造成寄生蟲繁殖
- 問：如何有效地處理多餘的二氧化碳？碳捕獲和碳封存技術日益受到重視，能不能簡單介紹一下？
工業越來越進步的世界，碳排放量一直增加，減少碳排放到大氣中，可以降低全球暖化
- 問：碳捕獲技術具體有哪些方法？在國外有沒有典型的應用案例可以推廣？
以CO₂填入地下油層與天然氣層，將地底的石油與天然氣排出，增加產量
- 問：以上所說的碳捕獲和封存技術有沒有危險呢？
有一定的危險，海洋封存可能造成海洋酸化，且有生物封存較無副作用

圖十一：學習單

圖片來源
圖一～圖六：由張明娟老師提供
圖七～圖十一：由吳德鵬老師提供

參考資料

- 國民中小學及普通型高中-自然科學領域課程綱要草案
<http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-10469,c639-1.php?Lang=zh-tw>
- 二氧化碳捕獲與封存技術網
<http://ccs.tw/>
- 行政院環保署，推動碳捕集及封存技術資訊網
<http://ccs.gov2.tw/>
- 國立中央大學地球科學系 林殿順 教授
國內CO₂封存的潛能與安全性2010投影片
<http://www.cier.edu.tw/ct.asp?xItem=13309&ctNode=12&mp=1>
- 徐恆文、黃欽銘、柳萬霞、陳威丞，
“利用CaO/CaCO₃循環製程捕獲CO₂技術”，
台電工程月刊，第729期，2009。
- 經濟部能源局能源產業溫室氣體減量資訊網
<http://www.eigic-estc.com.tw/>