

115 年度 第二屆 CCUS 創意教案徵選

課程名稱	碳索 chalk	適用年級	國中二年級
適用學科領域	化學	教學時間	100 分鐘，共 2 節。
教材來源	教師提供	設計者	方紀軒、俞宜婷
教學準備	<p>1. 教案書寫</p> <p>2. 教材準備、聯繫廠商</p> <p>3. 試教練習</p> <p>4. 課程 PPT</p> <p>5. 課程學習單</p> <p>6. 課後回饋表單</p> <p>7. 教材：吸管(粗)×50 支、澄清石灰水(100ml)×5 罐、小蘇打×1 包、醋×1 瓶、針筒(50ml)×10 支、軟管×5 支、燒杯×10 個、濾紙×5 張、熟石膏粉×1 包、凡士林×1 罐</p>		
CCUS 知識融入說明	<p>碳捕捉：從隱形到顯像</p> <p>融入方式：模擬工業捕捉場景</p> <p>教學內容：解釋大自然中的各種碳捕捉的例子（例如：貝殼等）</p> <p>具體操作：學生利用吸管向石灰水中吹氣（模擬人體代謝排放），觀察澄清液體變混濁的過程。</p> <p>CCUS 連結：告訴學生，這杯石灰水就是一個微型的「捕捉裝置」，將氣態的碳「固定」進液體中是在執行 CCUS 的第一步。</p> <p>碳利用：賦予廢棄物價值</p> <p>融入方式：文具製作的商業邏輯</p> <p>教學內容：說明捕捉下來的碳不是垃圾，而是資源，它可以變成燃料、塑料、建築材料或文具。</p> <p>具體操作：將過濾後的碳酸鈣粉末與石膏混合，灌入模具成型。討論為什麼要</p>		

加石膏。這類比於工業上需要將捕捉到的碳與其他材料複合，才能進入市場銷售。

CCUS 連結：這正是 CCUS 中的"U"，Utilization。我們不只是處理廢棄物，而是創造了「負碳產品」。

基本先備經驗

一、科學基本知識

- 理解物質會發生變化，並具備「化學反應」中反應物與生成物的基本概念。
- 知道二氧化碳為空氣中的氣體之一，並了解其基本性質。
- 初步認識液體中產生固體的「沉澱反應」。

二、實驗操作能力

- 具備基本實驗操作經驗，如：攪拌、量取、倒入容器。
- 能遵守實驗室安全規範。
- 能依步驟完成操作並進行簡單觀察紀錄。

三、思考與理解能力

- 能觀察並描述實驗現象，如：物質顏色變化、產生白色沉澱。
- 能將「氣體 → 固體」的轉變進行基本連結。

學生先備經驗

差異化補充（同樣國中二年級學生，但不同程度）

（一）基礎程度學生

能觀察物質變化，如：看到變白、產生粉末
→ 教學重點放在：「氣體被抓下來變成固體」

（二）中等程度學生

能理解物質反應關係
→ 可引導：二氧化碳與石灰水反應產生碳酸鈣

（三）高程度／探究型學生

能進一步思考為什麼會產生沉澱？如何讓產量變多？這個反應和環境議題的關聯？
→ 可延伸到：簡單反應式概念、碳捕捉（CCUS）初步理解

採取異質分組策略，核心精神在於「強弱互補，而非強代弱」。在 CCUS 探究過程中，我們刻意打破以「學科成績」為唯一指標的導向，將任務拆解為科學

觀察、材料工程、數據分析與故事傳播等多維度角色。透過結構化的職責分配，讓擅長邏輯推演的學生帶領討論，讓手作感強或具備創意美感的學生主導粉筆成型與產品設計。

這種安排旨在確保每位學員皆能以其優勢能力貢獻於小組，避免特定成員壟斷操作，讓「碳捕捉」的科學實踐不只是單向的知識傳遞，而是一場全員參與、共學且共創的行動。

核心素養	學習表現	學習內容
<p>J-A2 具備理解情境全貌，並做獨立思考與分析的知能，運用適當的策略處理解決生活及生命議題。</p> <p>J-A3 具備善用資源以擬定計畫，有效執行，並發揮主動學習與創新求變的素養。</p> <p>J-C2 具備利他與合群的知能與態度，並培育相互合作及與人和諧互動的素養。</p> <p>J-C3 具備敏察和接納多元文化的涵養，關心本土與國際事務，並尊重與欣賞差異。</p> <p>社-J-A2 覺察人類生活相關議題，進而分析判斷及反思，並嘗試改善或解決問題。</p> <p>社-J-A3 主動學習與探究人類生活相關議題，善用資源並規劃相對應的行動方案及創新突破的可能性。</p> <p>社-J-C2 具備同理與理性溝通的知能與態度，發展與人合作的互動關係。</p> <p>自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。</p> <p>自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。</p> <p>自-J-A3 具備從日常生活經驗中找出問題，並能根據問題特性、資源等因素，善用生活週遭的物品、器材儀器、科技設備及資</p>	<p>社 1a-IV-1 發覺生活經驗或社會現象與社會領域內容知識的關係。</p> <p>地 1a-IV-2 說明重要環境、經濟與文化議題間的相互關係。</p> <p>社 1b-IV-1 應用社會領域內容知識解析生活經驗或社會現象。</p> <p>地 1b-IV-2 歸納自然與人文環境互動的結果。</p> <p>社 1c-IV-1 評估社會領域內容知識與多元觀點，並提出自己的看法。</p> <p>地 1c-IV-1 利用地理基本概念與技能，檢視生活中面對的選擇與決策。</p> <p>地 1c-IV-2 反思各種地理環境與議題的內涵，並提出相關意見。</p> <p>公 1c-IV-1 運用公民知識，提出自己對公共議題的見解。</p> <p>社 2a-IV-1 敏銳察覺人與環境的互動關係及其淵源。</p> <p>社 2a-IV-2 關注生活周遭的重要議題及其脈絡，發展本土意識與在地關懷。</p> <p>社 2b-IV-3 重視環境倫理，並願意維護生態的多樣性。</p> <p>社 2c-IV-3 欣賞並願意維護自然與人文之美。</p> <p>社 3c-IV-1 聆聽他人意見，表達自我觀點，並能以同理心與他人討論。</p> <p>社 3c-IV-2 理解成員特質並相互學習與合作。</p>	<p>地 Ac-IV-1 天氣與氣候。</p> <p>地 Bc-IV-1 自然環境與資源。</p> <p>地 Bc-IV-2 全球氣候變遷的衝擊。</p> <p>Ca-IV-1 實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法及簡易濾紙色層分析法。</p> <p>Fa-IV-3 大氣的主要成分為氮氣和氧氣，並含有水氣、二氧化碳等變動氣體。</p> <p>Ja-IV-3 化學反應中常伴隨沉澱、氣體、顏色及溫度變化等現象。</p> <p>Jb-IV-3 不同的離子在水溶液中可能會發生沉澱、酸鹼中和及氧化還原等反應。</p> <p>Jd-IV-5 酸、鹼、鹽類在日常生活中的應用與危險性。</p> <p>Lb-IV-2 人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的生存。</p> <p>Ma-IV-3 不同的材料對生活及社會的影響。</p> <p>Mc-IV-1 生物生長條件與機制在處理環境汙染物質的應用。</p> <p>Mc-IV-3 生活中對各種材料進行加工與運用。</p> <p>Mc-IV-4 常見人造材料的特性、簡單的製造過程及在生活上的應用。</p> <p>Nb-IV-1 全球暖化對生物的影響。</p> <p>Nb-IV-2 氣候變遷產生的衝擊有海平面上升、全球暖化、異常降水等現象。</p> <p>Nb-IV-3 因應氣候變遷的方法有</p>

<p>源，規劃自然科學探究活動。</p> <p>自-J-B2 能操作適合學習階段的科技設備與資源，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，培養相關倫理與分辨資訊之可信程度及進行各種有計畫的觀察，以獲得有助於探究和問題解決的資訊。</p> <p>自-J-C1 從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題，尊重生命。</p> <p>自-J-C2 透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識與問題解決的能力。</p>		<p>減緩與調適。</p> <p>INa-IV-5 能源開發、利用及永續性。</p> <p>INg-IV-4 碳元素在自然界中的儲存與流動。</p> <p>INg-IV-7 溫室氣體與全球暖化的關係。</p> <p>INg-IV-8 氣候變遷產生的衝擊是全球性的。</p>
---	--	--

學習目標

一、K 認知

- **K-1** 能說明二氧化碳與石灰水反應會產生白色沉澱（碳酸鈣）的現象
- **K-2** 能理解此反應屬於氣體參與的化學變化，並辨識反應物與生成物
- **K-3** 能了解碳從氣體轉變為固體的基本概念

二、S 技能／實作

- **S-1** 能正確操作材料（石灰水、混合、過濾、塑形等）完成粉筆製作
- **S-2** 能觀察並紀錄實驗過程中的變化，如：混濁、沉澱生成
- **S-3** 能依步驟完成簡單材料轉化如：粉末 → 成形物

三、A 情意／應用

- **A-1** 能理解將二氧化碳轉化為實體產品的概念（碳捕捉與利用）
- **A-2** 能體認科學技術在環境議題，如：減碳中的應用價值
- **A-3** 能從生活角度思考「負碳產品」的可能性

第一節

分組方式	教學活動	時間	評量方式	學習目標
異質分組-能力	<p>一、引起動機(10 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 情境提問（製造認知衝突） 			

	<p>(對應學習內容：Jd-IV-5、Ja-IV-3)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 概念深化與跨域連結 教師：「大家請放下滴管。」 (等待學生停止動作) 教師：「剛剛有一件很重要的事情在你們桌上發生了，那就是氣體沒有消失。而是被轉換成了另一種物質。這個過程，我們稱為『碳固定』。」 教師：「其實除了我們在實驗室這樣做，大自然中有一群生物最會把二氧化碳變成固體。你們知道海裡的珊瑚和貝殼嗎？」 學生：「知道！」 教師：「牠們堅硬的外殼，其實就是廣大海洋把碳『固定』下來的傑作！海洋，就是地球上最大的碳捕捉機。」 跨域自然連結 (亮點) (對應學習表現：地 1a-IV-2、地 1b-IV-2、社 2b-IV-3、社 2c-IV-3) (對應學習內容：INg-IV-4) 	30 - 40 分鐘		
異質分組-能力	<p>三、綜合活動 (10 分鐘)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 小組回報 (結構化發表) 發表要求：每組思考者必須用「因為...所以我們觀察到...」的句型，精準描述從氣體到固體的轉變。 (對應學習表現：社 1b-IV-1、社 1c-IV-1) ● 板書統整 教師在黑板畫出流程圖：二氧化碳 (CO₂) + 氫氧化鈣 	40 - 45 分鐘 45 - 48 分		K-1、K-2、K-3、A-3

	<p>教師：「每組各派一個組員並拿著你們做好的粉筆到黑板畫出一條 15 公分的線。看看哪幾組成功。」</p> <p>(等待每組拿著半乾的粉筆在黑板上畫一條 15 公分的線，並讓全班觀察那些粉筆畫的線最明顯)</p> <p>每組發表句型：「這支粉筆的碳來源是... 它經歷了... 的變化才變成固體。」</p> <p>(對應學習表現：社 3c-IV-1、社 1b-IV-1)</p> <p>概念統整與思維升華</p> <p>教師：「我們今天做的，不只是美勞課的粉筆製作。我們模擬了現代科技最前沿的『CCU (碳捕獲與利用技術)』。我們把造成地球暖化的二氧化碳，變成了一個有經濟價值、可以被使用的產品。」</p> <p>(對應核心素養：社-J-A2)</p> <p>(對應學習內容：Nb-IV-3、ING-IV-7、Lb-IV-2)</p>	<p>40 - 45 分 鐘</p>	<p>學習 單第 三大 題延 伸素 養</p>	
<p>● 課程結尾</p>	<p>教師：「各位設計師，以後當你們站在黑板前，拿起粉筆寫下你們的名字、解出一道數學題，或者畫下一幅畫時，我希望你們記得今天這兩節課。因為當你用這支粉筆寫字的時候，你其實不是在消耗資源，你是在把空氣中的碳，重新寫回黑板上，你正在改變這個世界的循環。」</p> <p>教師：「麻煩大家掃描 QR code 填寫課後回饋表單，填完就下課囉！」</p>	<p>45 - 48 分 鐘</p> <p>48 - 50 分</p>	<p>配合 學習 單第 四大 題自 我檢 核</p> <p>對應 課後 回饋</p>	

	<p>(對應核心素養：J-C3)</p> <p>(對應學習表現：地 1c-IV-2)</p> <p>(對應學習內容：INg-IV-4、INa-IV-5)</p>	鐘	表單	
教學反思	<p>可能發生的問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在大規模課堂中，單純靠學生吹氣產生的CaCO₃產量可能不足以做出一整支粉筆。這會導致學生產生挫折感，或是最終成品過於細小、易碎。 2. 粉筆固化需要 1~2 天，無法在單堂課內看到最終成品。這對於「即時回饋」的教學設計來說是一個挑戰，容易讓學習動機在等待中消磨。 3. 石膏粉與碳酸鈣粉末的混合比例若抓不準（石膏太少不結實、太多則太硬），會導致粉筆在黑板上寫不出字。 <p>改進方式：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提供「預製碳酸鈣粉末」與「動態捕捉粉末」混合使用。或是引進小蘇打加醋的化學產生裝置，提高CO₂濃度以增加產率。使用半開放式的矽膠模具而非吸管，可以加速水分蒸發，縮短乾燥時間。 2. 在等待反應時，加入「碳足跡計算」環節。讓學生思考：我們為了做這支粉筆，運輸石灰水與石膏所產生的碳，是否大於捕捉到的碳？這能帶出 CCUS 在現實工業中的淨負碳挑戰。 3. 可與「美術課」合作，利用捕捉到的碳酸鈣製作「地景藝術」或「碳捕捉顏料」，將科學硬知識轉化為美感行動。 4. 可邀請學生設計這款粉筆的「產品包裝」與「行銷標語」。這能訓練科學傳播能力，思考如何向大眾推廣這項綠色科技，而不僅僅是停留在實驗室階段。 			
參考資料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 【氣候聯盟小學堂】全球暖化 			

<https://www.tcp.org.tw/news/903ce9225fca3e988c2af215d4e544d3>

2. 二氧化碳捕捉、封存、再利用技術的產業應用現況

https://www.moea.gov.tw/MNS/doi/industrytech/IndustryTech.aspx?menu_id=13545&it_id=523

3. 試著自製粉筆！能夠還原教師時代熟悉的手感嗎？【胡思亂搞】

<https://youtu.be/VQ02reuDYT0?si=y-B3PLDHwZ0FmAzn>

4. 常見的氣體檢驗法

<https://www.3people.com.tw/%E7%9F%A5%E8%AD%98/%E5%B8%B8%E8%A6%8B%E7%9A%84%E6%B0%A3%E9%AB%94%E6%AA%A2%E9%A9%97%E6%B3%95/%E5%9C%8B%E7%87%9F%E4%BA%8B%E6%A5%AD-%E5%8F%B0%E7%81%A3%E4%B8%AD%E6%B2%B9%E5%85%AC%E5%8F%B8/6713b7f8-2880-47c0-bbed-eada6ea526b4>

5. CIRN-12 年國教課程綱要

<https://cirn.moe.edu.tw/WebContent/index.aspx?sid=11&mid=12504>

碳索 chalk 學習單

班級：_____

姓名：_____

我的角色是： 觀察者 思考者 操作者

一. 捕捉二氧化碳

1. 澄清石灰水變成混濁有沉澱物是因為有_____溶入到裡面。

(1)空氣 (2)二氧化碳 (3)氧氣 (4)氮氣

2. 得到的白色沉澱物是_____。也就是我們抓到的二氧化碳。

3. 我們在澄清石灰水瓶底部攔截下來的固體，證明了氣體沒有憑空消失，而是被我們「固定」下來了。如果我們沒有做這個捕捉動作，這些氣體散逸到大氣中，會加劇全球面臨的_____問題。

腦力激盪：我們可以利用捕捉到的二氧化碳做什麼應用呢？

二. 碳利用

單純把捕捉下來的碳酸鈣掩埋起來，不僅浪費空間也沒有經濟價值。我們今天的任務是進行 Carbon Utilization (碳利用)，賦予它新生命。

1. 我們的獨家配方紀錄：工程師在開發產品時，必須精確記錄比例才能複製成功經驗。

碳酸鈣（我們抓下來的碳）：_____ g

熟石膏（結合劑）：_____ g

2. 寫下捕捉二氧化碳的狀態變化過程

_____ → _____ → _____

三. 延伸素養

經歷了兩堂課的探究，我腦中浮現的一個新問題是：

四. 自我檢核

(請誠實勾選你上完課的狀態)

- 我知道如何調整配方，也知道我們這組的粉筆為何成功或失敗。
- 我理解 CCU (碳捕捉與利用) 技術對減緩全球暖化的重要性。
- 我今天確實完成了自己抽到的職務 (操作/觀察/思考)，並在夥伴卡住時主動提供協助。
- 當粉筆破裂或成型失敗時，我能根據觀察找出可能的原因，而不是直接放棄或怪罪運氣。

教 師 建 議 與 回 饋 :

日期：_____ 教師簽名：_____

課後回饋表單：

第 1 個區段，共 2 個

碳索chalk課後回饋表單



表單說明



如果未來還能做相關活動，你希望加入什麼內容或改進哪些地方？ *

詳答文字

你認為自己能完整向朋友或家人解釋今天做的「碳利用粉筆」？ *

1

2

3

4

5



我能解釋為什麼二氧化碳加入澄清石灰水會產生沉澱 *

1

2

3

4

5



我對「碳利用」的概念有更清楚的了解。 *

1

2

3

4

5

活動流程安排順暢 *

1

2

3

4

5

教學講解清楚易懂 *

1

2

3

4

5