

找出碳的祕密

讓

學生在課前寫下對於心中關於碳的想法。然後兩兩學生一組，根據投影片的提示，討論他們接收到關於碳的資料。接下來小組閱讀、討論並且把「碳卡」分類成「含碳的東西」以及「不含碳的東西」。學生透過討論與分類，學到地球上的哪些地方有碳，以及什麼是「碳的儲存庫」。最後，本小節以一齣簡短的、關於碳的影集作為結尾。學習重要概念為以下項目：

- 碳是所有現生以及過往生物的成分，也存在於許多其他物質中

學生也學習到：

- 碳是地球上最豐富的物質之一，並且以許多形式存在著

找出碳的祕密	預計時間
寫下課前想法	10 分鐘
介紹單元理念	10 分鐘
分類「碳卡」	15 分鐘
總結碳的觀點	10 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 碳循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 解釋並創造圖表

科學本質

- 科學解釋根基於證據
- 在蒐集新的證據方面，科技扮演重要角色

科學語言

- 利用科學字彙
- 參加以證據為基礎的討論

你要準備以下項目

形成性評量放置於影印包中，請在單元上課前為學生施測；當作是前測，做為評斷已知與未知的基準。單元實施後再行施測，這時就是後測，做為學生對於該單元的學習成效。評分標準請見本系列介紹手冊的第 81 頁。

全班需求

- ☐ 投影設備 *
- ☐ 水 *
- ☐ 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- ☐ 2-1 小節的 7 張投影片
- ☐ 影集：全球暖化；一切都是碳（第一集）
- ☐ （選擇利用）影印包

每組學生需求

- ☐ 20 張「碳卡」（完整一套共有 20 張）
- ☐ 1 個信封袋

每位學生需求

- ☐ 調查筆記本：p.2-3
- ☐ （選擇利用）影印包：第二單元的評量答案表、第二單元的評量（前測）

• 不包含於教材

準備上課

上課前一天的準備工作

1. **架設好投影設備或視聽設備：**架設完成並且進行測試，確保學生上課時能夠看到投影的資料。花幾分鐘檢視需要的教具以及補充資源，請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68 或是資源光碟。
2. **播放並檢視影集：**一切都是碳（3 分鐘 20 秒）。先從資源光碟（紙本版本）找出並先檢視，或者線上搜尋（NPR）。
3. **準備「碳卡」：**從 24 張卡移除以下 4 張：「水泥」、「海洋」、「大理石」與「發電廠」。沿著孔洞將卡移除，並把剩下 20 張卡放進信封袋。先保留這 4 張卡，等到 2-6 小節將會用到整套的「碳卡」。
4. **準備調查筆記本：**如果教師沒有替每位學生購買筆記本，可以從教材包中的樣本複印給每位學生。如果沒有教材包，也可以從資源光碟印出 PDF 版本（資源光碟黏貼於介紹手冊背面）。
5. **預先將學生分組：**本小節以及後續小節，學生需要與鄰近夥伴討論並且一起工作，以兩兩或以 4 人一組的方式進行。
6. **（選擇利用）準備學生學習單：**如果教師想要實施總結性評量並把施測結果當成前測，請從影印包影印以下文件——
 - _ 單元二：評量答案卡（每個學生一份）
 - _ 單元二評量（每個學生一份）

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 /CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

科學論證

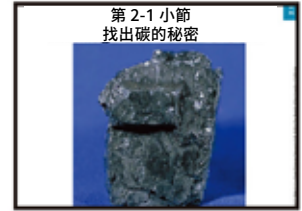
你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

[illegible]

調査筆記本第 2 頁

寫下課前想法

1. **播放小節標題投影片** 學生進入教室後，教師開始播放小節標題的投影片。鼓勵學生討論他們心中對於碳的看法。
2. **介紹調查筆記本** 給每位學生發下調查筆記本，提醒他們：整個單元的過程都用得到筆記本，可用來記錄想法、學習記錄與調查結果。也提醒學生：在真實的情境下，科學家也會用筆記本畫圖、寫作、筆記或記錄數據。
3. **介紹寫作提示——關於碳，你瞭解多少** 請學生翻到調查筆記本第2頁「課前想法」，並告訴他們：寫下關於碳的想法；也可以寫下碳在飲食、呼吸、燃燒以及動植物之間的關聯。如果學生對此不太有把握也沒有關係；他們還是可以照實寫下自己的想法。
4. **學生書寫** 告訴學生：有將近 7-8 分鐘的時間可書寫，然後請他們動手開始。



教師注意事項

教學方針

調查筆記本 調查筆記本收錄了本單元大部分的學習單以及閱讀素材。把所有文件裝訂成一冊筆記本，學生就可以回顧註記，當作學習與想法改變的省思。這本筆記本將協助教師與學生管理文件。學生記錄調查筆記本時，就跟科學家的日常如出一轍——記錄問題、想法以及觀察，並且閱讀文本。

教學常規

小節標題投影片 整套海洋科學系列教材，在大部分小節展開之初、學生進入教室之際，都由標題投影片開始。學生針對小節未來將學到的內容互相討論。藉由這樣的方式，當作學生學習該主題的動機。

課前想法 / 修正後想法 在 2-4 與 2-7 小節，給予了選擇性「提供更多經驗」活動，教師可以讓學生在「課前想法」底部的空白處加上註記。在 2-9 小節，學生再次回到「課前想法」那頁，然後回答相似且稍加複雜的提示之時，思索自己的想法如何發生變化。教師比較課前想法與修正後想法，可以評估學生的理解貼近本單元核心概念的過程。學生再次審視課前想法，也協助他們注意且反省如何貼近重要概念。

評量

嵌入式評量：課前想法 教師閱讀學生針對提示的回應，評估學生上課前帶進教室的最初知識。請注意：學生是否提到二氧化碳，或是碳在光合作用或燃燒所扮演的角色。當然，上課前學生對於碳以及碳在這些自然過程扮演的角色，可能所知甚少或根本沒有概念；進行本單元的上課過程時，學生可以完整地探索這些關於自然界的過程。

英文學習者

提升母語的使用 鼓勵英文學習者在課堂上運用母語，這讓他們方便學到科學內容，也容易感到自在。書寫課前想法時，鼓勵英文學習者使用母語。稍具英語能力者，可能以英語寫出關鍵字；而英語能力較弱者，可能只能寫出母語。如果教師不懂他們的母語，也不需擔憂。這個活動，是讓學生提取預備知識，並且記錄上課前的想法，作為上課後的基準，用以比較後續理解的增長。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 / CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

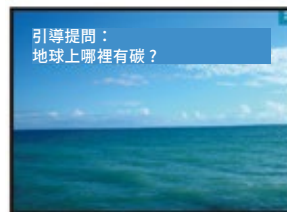
科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？

介紹單元理念

1. 介紹單元內容以及碳的重要性 告訴學生：待會要展開新單元，內容與海中的碳有關係，而碳也是宇宙中第四重要的元素。宇宙中比碳更多的元素，只有氫、氦和氧。教師要向學生解釋：瞭解碳是重要的，因為這樣可以理解海洋、空氣以及地球上所有生命之間的關聯。

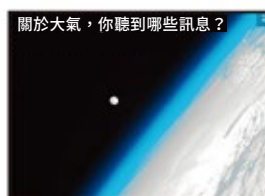
2. 播放投影片；介紹引導問題 教師大聲讀出引導問題，告訴學生：這將是今天以及往後小節要調查的主題。



3. 複習輪流發表的例程序 幫學生複習：「輪流發表」就是小組針對主題進行夥伴間短暫討論的過程。夥伴們藉著交談與思考主題的過程，開始探討主題。現在學生兩兩成對，藉著討論 3 張投影片的內容，開始思考碳是什麼。

4. 輪流發表 3 張碳投影片 每張投影片花 1 分鐘，請兩兩成對的小組彼此討論觀點。如果討論漸漸減少，播放的時間也可以減少：

- 關於大氣，你聽到哪些訊息？
- 關於二氧化碳，你聽到哪些訊息？
- 關於生物利用空氣、二氧化碳和氧氣，你聽到哪些訊息？



5. 和整個班級分享想法 請幾位學生在全班面前，談談關於碳的想法。在這個階段，請教師傾聽，避免更正或肯定學生的陳述。

教師注意事項

教學常規

輪流發表 整個單元過程中，學生將與身旁的夥伴討論問題或觀點，當作是參與全班討論以及回應的準備。這樣的過程可以協助大家針對指定主題的討論。這種方式，也確保所有學生都有機會組織想法，而不僅僅侷限於幾個願意在全班面前開口的學生而已。

教學建議

討論的祕訣 學生討論碳的時候，教師不要開口確認或修正學生的陳述。在這種討論氛圍下，教師維持中立且鼓勵的態度，是相當重要的。此外，教師也要避免提供科學內容的資訊並且告訴學生：每個班上的一份子都應該充分參與討論；對方發表觀點時，也應該尊重他人並專心聆聽。教師設法表達清楚：在討論的過程中，並非要學生說出唯一的正解好讓老師評分；而是提供機會讓大家能夠傾聽、比較、討論，以及針對他人的觀點來辯論。

教學方針

創造支持對話的教室文化 海洋科學系列的一個重要目標，就是針對有趣的科學現象與解釋，發展對話式的教室文化。為了鼓勵學生參與，請向學生強調：就算起初的想法到最後是錯的，也無傷大雅。請向學生解釋：這樣的狀況經常發生於科學界，而那些最讓我們訝異的結果，反而讓我們學到最多。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 / CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？



碳卡的正面 (9/24)



碳卡的背面 (9/24)

分類碳卡

1. 介紹活動 告訴學生：每組成員將被分發到一套卡片，上面有地球上的許多物體。小組一起觀看卡片上的圖，討論哪些物體含有碳。這個過程讓學生了解：不確定物體是否含碳，也無傷大雅。請注意：卡片背後有訊息，有助於學生判斷含碳物體。

2. 小組找出含碳的卡片 發下每套 20 張卡片的碳卡給各組，讓小組有 5-7 分鐘探索，討論出含碳的物體。

3. 介紹化學式 讓學生重新拾回注意力，並指出：每張卡的背面有組成物體的化學式，從化學式可以看出原子的種類。

4. 複習分子 提醒學生：分子由一群原子組成，體積小到看不見。分子的種類很多，包括水分子和二氧化碳分子。

5. 播放投影片——從化學式找碳 告訴學生：快速展現組成原子的方式，就是化學式。教師協助學生讀出化學式，並且理解基本的化學式：

在化學式中尋找碳元素

- 碳的元素符號是大寫字母：**C**
- C 後面可以跟著一個數字：**C₆**
- C 後面可以跟著其他元素符號：**CO₂**

如果 C 後面跟的字母是小寫，那就不是指碳元素的化學式：
 CaNO_3 or NaCl

- **字母**：大寫的 C，代表碳原子
- **符號加上數字**：如果 C 的後面接著數字，表示碳原子的數目。舉例來說，C₆ 表示有 6 個碳原子
- **其他符號**：C 的後面，可能還有其他大寫的字母，例如 CO₂ 表示兩個氧原子和碳原子組成 CO₂ 分子
- **字母後面的字母**：C 後面的小寫字母，合起來是另一種原子，例如 Ca 是鈣、Cl 是氯。

學生分類卡片的時候，繼續播放投影片，讓他們參考。

6. 分類卡片並且歸納相同處 請學生利用化學式，理解哪些物質有碳、哪些沒有。請學生把碳卡分成兩類：(1) 含碳的卡片以及 (2) 不含碳的卡片。卡片分成兩類後，請小組注意並討論：含碳的物質，有什麼共通之處？

教師注意事項

提供更多經驗

準備：介紹化學式 上課之前，教師提供簡短的介紹，讓學生理解分子以及化學式，當作是本單元的暖身準備。

延伸：探索化學式 讓學生在周期表上找到碳原子，並告訴學生原子構成分子，化學式就是呈現這些原子的快速手段。舉例來說，每個甲烷分子有 1 個碳原子和 4 個氫原子，化學式就是 CH₄。葡萄糖分子有 6 個碳原子、12 個氫原子以及 6 個氧原子，化學式就是 C₆H₁₂O₆。教師可發下周期表，這樣學生就可以探索其他化合物的化學式，找出化合物的組成原子。

延伸：線上影集 生命的成分——碳（1 分鐘 38 秒），是值得推薦的資源，可以強化小節的概念。（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）

教學方針

為什麼碳卡提供這麼多資訊 卡片背後的資訊超過本小節的範圍。到了 2-2 以及 2-6 小節，碳卡還會派上用場，屆時卡片後的資訊會更有意義。根據教學經驗，教師或許會告訴學生：本小節為單元的介紹，如果看不懂的卡片有一大堆，並沒有關係。

科學註記

關於原子、元素和分子 原子是所有物質的基礎成份，單一型態的原子，稱為「元素」（elements）。周期表排列元素的準則，是根據元素的結構與性質。多個原子組成分子，而多種原子的組成就是化合物。學生面對原子與分子，可能會產生混淆。如果學生對分子與化學式不熟悉，教師可以採用這樣的類比：如果原子是字母，分子就是由這些字母組成的單字。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 / CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？



調査筆記本第 3 頁

7. 解釋碳化合物 教師可能想要向學生澄清：有些碳卡組成的例子，就算組成複雜，但就是單純的含碳化合物。舉例來說，海洋沉積物由許多物質組成，不只是 CaCo_3 。強調這個概念，會讓學生把焦點放在碳上面。

8. 小組和全班分享想法 小組分類完碳卡，請各組派出代表，與全班分享想法。這時請問問學生：「**含碳的物質，有什麼共通性？不含碳的物質呢？**」請教師接受不同的想法。學生分享的當下，也鼓勵他們提供例子：「**你為什麼這樣想呢？**」不管其他學生同意或不同意，都問問他們的想法。（學生可能說，所有活著的生物都含有碳；或許他們也了解，曾經存在的生物也含有碳）

總結碳的觀點

1. **播放投影片；學生記錄重要概念** 播放投影片，讓學生閱讀重要概念。請學生翻到筆記本第 3 頁「重要概念」，把概念抄寫在引導問題 # 1 下方的欄位。然後教師說明：

「**碳**可以和其他原子結合，變成一大串不同的物質——包括固體、液體和氣體，還有活著的生物以及非生物。」



2. 介紹儲存庫 教師向學生解釋：集中或儲存某物的場所，就是「儲存庫」。有一種耳熟能詳的儲存庫，儲存了大量的水，以供城鎮的居民之用。儲存庫，不見得是單純儲存單一的物質。舉例來說，海洋可以說是鹽的儲存庫，而鹽溶解於海水，海水也包含了許多其他物質。

3. 擴充碳的定義 教師向學生指出每張碳卡描述的項目，如果完全或部分由碳組成，就是碳的儲存庫，也就是儲存碳的場所。問問學生：「**小規模的碳儲存庫，請舉例？（鉛筆中的石墨）**」「**大規模的碳儲存庫，請舉例？（所有地球上的動物和植物）**」然後請向學生解釋：「地球上所有生物，包括學生和老師，都算碳的儲存庫。」

4. 播放影集 播放一切都是碳（3 分鐘 20 秒）影集，當作是本小節的結尾。這部影集以精簡且讓學生投入的方式，介紹碳元素。影集播放完畢，邀請幾位志願者分享問題與想法。

教師注意事項

科學註記

關於碳化合物 碳原子可以和其他原子結合，變成化合物。含碳化合物，型態包括氣態，例如二氧化碳以及甲烷。含碳化合物，也可以溶入液體，以二氧化碳（CO₂）、碳酸（H₂CO₃）、碳酸氫根（HCO₃⁻）或碳酸根（CO₃²⁻）等形式溶入；也可以是固體，像是碳酸鈣（CaCO₃）或是纖維素（C₆H₁₀O₅）。所有的生物，都含有碳。碳化合物是構成葡萄糖、蛋白質、脂肪以及其他生物所需物質的構成要件。碳卡當中，只有兩張不含碳，那就是記錄鹽巴以及玻璃的那兩張。

教學方針

記錄重要概念的理由 讓學生每堂課都記錄重要概念，且記錄在筆記本特定區域。這樣的方式，等於提供了強有力的工具，協助他們反思以及統合單元的重要想法。學生藉由回答引導問題之際，組織重要概念，並且教師也鼓勵他們另加註記，有利於複習這些學習軌跡以反思學習過程，當作是寫作與討論的準備。

提供更多經驗

強化：創造一面概念牆 學生在調查筆記本記錄重要概念，而教師也可以把重要概念與引導問題張貼於教室牆上，創造一面「概念牆」，這是相當有學習效益的作法。這樣一來，學生需要參考重要想法之際，只需要看牆壁一眼即可。除此之外，因為目光所及的牆上有關鍵字彙，學生還可以藉此強化目標字彙的認知。請教師把相關的概念與問題都集中張貼。教師可以再加上學生作品的複本或單元的教具，或者邀請學生分享相關的插圖。

延伸：反思小節的提示 每小節最末，都提供了提示，讓教師多方運用。提示提供了額外機會，讓學生得以處理和運用單元的資訊與想法。此外，提示也可以用來當作小節結束後或者是最後一次輪流分享的工具，以利小組討論。或者，教師指派課堂作業或回家作業時，提示也可以用來促進科學寫作。**請注意：**提示不是調查筆記本的內容，且運用提示所需的時間，不包含於課程規劃時間之內。

- 你從影集看到碳的相關訊息，最有趣的是什麼？
- 海洋、大氣與生物之間，因為碳而產生關聯。請問是透過怎樣的方式呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
原子
碳
碳循環
二氧化碳 / CO₂
碳流動
碳儲存庫
燃燒
分解 / 分解作用
證據
化石燃料
物質
模型
分子
生物體
光合作用
呼吸

科學論證

你的想法是什麼？
你為什麼這樣想？
你的證據是什麼？
你同意嗎？為什麼？
你不同意嗎？為什麼？
我們有多大的把握？
要怎麼辦，我們才能更有把握？