

海洋科學序列教材

G6-G8 海洋素養初階

教師指引

第一單元： 海洋與大氣如何互動



數學與科學的大探索
(Great Explorations in Math and Science, GEMS®)

美國加州大學柏克萊分校勞倫斯科學廳出版



美國國家海洋和大氣管理局

GEMS® 海洋科學系列課程的補助來自 NOAA 環境素養計畫

GEMS® 數學與科學大探索 (GEMS) 是一項持續開發課程的計劃和不斷發展的專業網絡。在 GEMS 系列課程中，有超過 70 份的教師指引和操作手冊。GEMS 是勞倫斯科學館，加州大學伯克來分校科學教育中心的一項計畫。

海洋活動、資源與教育 (簡稱 MARE) 是勞倫斯科學館發展全校性跨學科的海洋科學沉浸式教學課程的一項計劃。MARE 已提供教師專業發展、課程材料和家庭資源達 20 年，這是一個長時間在本國經營中小學海洋科學課程的計畫。

勞倫斯科學館

加州大學伯克來分校，加利福尼亞州 94720-5200。

總監：Elizabeth K. Stage

GEMS 總監：Jacqueline Barber

MARE 總監：Craig Strang

專案總監：Catherine Halversen (MARE 聯合總監)、Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Craig Strang 和 Jacqueline Barber。

課程開發團隊：Catherine Halversen、Kevin Beals、Jonathan Curley、Emily Weiss、Carolyn Willard、Emily Arnold、Lynn Barakos 和 Sarah Pedemonte。

評量開發：Seth Corrigan, Lauren Brodsky 和 Lynn Barakos。

科學顧問：Dr. Bob Chant、Dr. Jim Miller、Dr. John Wilkin、Dr. Elizabeth Sikers、Dr. Oscar Schofield、Dr. Josh Kohut、Dr. Carrie Ferraro、Kristin Hunter-Thomson 和 Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Dr. Drew Talley (美國國家舊金山河口研究保護區 / 聖地亞哥埃爾克霍恩斯勞大學)、Dr. Adina Paytan (加州大學聖克魯茲分校)、Dr. Robert Rhew 和 Dr. John Chiang (加州大學伯克來分校)、Dr. Micheal Mann (賓夕法尼亞大學)、Paulo Maurin (NOAA 珊瑚礁保護計畫)、Dr. John Manderson (國家海洋漁業局)、Eric Simms and Daniel Richter (斯克里普斯海洋研究所)、Dr. Fritz Stahr (華盛頓大學) 和 Dr. Jen Skene (加州大學伯克來分校)

海洋教育顧問：Terri Kirby Hathaway (北卡羅來納海格蘭特)、Dr. Diana Payne (康涅狄格大學海格蘭特分校), and Sarah Ferner (舊金山國家河口研究保護區，舊金山州立大學 Romberg Tiburon 環境研究中心)

技術開發：Igor Heifetz、Brian Yan、Sage Lichtenwalner、Carrie Ferraro 和 Janice McDonnell (羅格斯大學海洋與海岸科學研究所)、Steven Dunphy (勞倫斯科學館)

實踐管理與研究：Phaela Peck 和 Lynn Tran

編輯：Barbara Clinton

產品經理：Steven Dunphy

插圖：Lisa Haderlie Baker、Barbara Clinton、Sarah Kessler 和 Carolyn Willard

NOAA 項目管理：Sarah Schoedinger

本課程和 DVD 是由加州大學伯克來分校製作，註冊證書號為 NA07SEC4690003 依據美國商務部國家海洋與大氣管理局 (NOAA) 調查結果發展該序列課程之著作立論、發現和建議等版權所屬，不須反映意見給國家海洋與大氣管理局或美國商務部。

本書是 GEMS 海洋科學序列課程 6-8 年級的一部分：海洋大氣關聯與氣候變遷
該序列分四冊印刷，標題如下：

簡介、科學背景、評估評分指南：ISBN 978-1-4350-1046-8

第一單元：海洋與大氣如何互動 ISBN 978-1-4350-1047-5

第二單元：碳如何在海洋、陸地與大氣之間流動 ISBN 978-1-4350-1048-2

第三單元：氣候變遷的原因與效應是什麼 ISBN 978-1-4350-1049-9

GEMS 海洋科學序列 6-8 年級的完整四冊：海洋與大氣的聯繫和
氣候變遷：ISBN 978-1-4350-1045-1

© 2014 加州大學董事會。版權所有。在美利堅合眾國印刷。學生數據表和其他旨在活動期間為學生復制的頁面可以復制以供課堂和研討會使用。未經版權所有者明確書面許可，不得以任何形式複製其他文本。如需更多信息，請聯繫 GEMS。

www.lhsgems.org (510-642-7771)

Carolina Biological Supply Company 出版
北卡羅來納州伯靈頓約克路 2700 號，郵編 27215。
撥打免費電話：1-800-334-5551。

www.carolinacurriculum.com/GEMS/
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 14 13 12 11 10

單元一： 海洋與大氣如何互動

目錄

單元綜覽	4
小節概述	5
1-1 熱能與分子運動	6
1-2 水與空氣	18
1-3 海洋就是熱能的儲存庫	32
1-4 世界各地的溫度	42
1-5 漂浮氣球的秘密	52
1-6 氣球模擬	66
1-7 調查洋流	76
1-8 瞭解洋流	86
1-9 流動的空氣	98
1-10 每天降雨的秘密	108
1-11 行星風系與海洋表面洋流	120
1-12 洋流、行星風系與聖嬰現象	132



單元綜覽

學生學習海洋與大氣的交互作用下形成的洋流、熱能傳播方式，以及動態的水循環。他們也學到，這樣的交互作用如何驅動天氣與氣候。物理調查、電腦分子模擬以及氣候資料，協助學生發現：水就是熱能儲存庫，水遇熱時會膨脹。學生解開氣球上浮與下沉的奧秘，藉此理解密度的含意。學生也調查水箱中不同溫度與鹽度的海流模型。學生掌握海流中不同的密度之後，也能理解空氣流動（也就是風）。反覆出現的天氣型態，協助學生理解所學已知，並將這樣的奧秘連結到水循環。這樣一來，學生以另一種物理模型探索風力如何引起表面海流。他們閱讀的聖嬰現象文章，強調海洋與大氣系統的複雜關係。綜觀本單元，學生學習科學應用，課程則聚焦於科學解釋以及證據扮演的角色。

小節概述

1-1 熱能與分子運動

學生針對地球上的水如何移動，寫下起始概念。學生觀察加熱的瓶中水以及電腦模擬的水分子運動，並且討論。

1-2 水與空氣

學生針對瓶中空氣與水的加熱過程，紀錄、比較並且討論現象。接著，學生觀看電腦模擬水分子的現象。學生發現：原來水就是熱能的儲存庫。

1-3 海洋就是熱能的儲存庫

本小節收錄精彩的圖示以及文本，呈現「水是熱能儲存庫」的概念。學生運用所學，解決兩地點的溫度之謎。

1-4 世界各地的溫度

學生分成小組，討論地球上三個不同區域的溫度之謎。

1-5 漂浮氣球的秘密

學生分成小組測試三個氣球，每個氣球內的水溫與鹽度都不相同。氣球放進水槽，接著讓學生推測氣球的內容物是什麼。接下來，就可以導入密度的概念了。

1-6 氣球模擬

學生將前一小節的探索內容，連結到密度與分子的概念。學生分成小組，設計更多的氣球內容物組合，並且全班共同操作電腦模擬。

1-7 調查洋流

教室設置九個觀測站，讓學生分組探究不同的海流。在各觀測站，學生觀察水槽中因為鹽度與溫度不同的色水，如何因此而流動。

1-8 瞭解洋流

學生組成「專家配對」，運用溫暖、冰冷以及高鹽度的水所產生的相對密度，解釋洋流的觀察結果。教師播放兩段海洋對流的影片。

1-9 流動的空氣

學生針對水如何在地球移動，寫下一段話並完成圖表。他們運用密度的知識，解釋空氣移動的現象，並且解析海岸風向之謎。

1-10 每天降雨的秘密

學生討論哥斯大黎加的天氣型態，並且發掘大氣與海岸的關係。他們觀察「瓶中雲霧」的現象，並且以水分子及熱能的角度，以書面描述蒸發與凝結。

1-11 行星風系與海洋表面洋流

水槽中的水及吸管，用來模擬洋流與風吹洋流，讓學生明瞭風力如何驅動海洋表面洋流。

1-12 洋流、行星風系與聖嬰現象

學生閱讀太平洋貿易風洋流的改變，以及一項改變所引發的全球效應。學生針對地球上的水如何移動，寫下段落並完成圖表。

熱能與分子運動

瓶室溫下的水，被檯燈加熱後，水位會上升——學生目睹這樣的現象，通常會感到驚訝。當水溫上升時，學生根據提示，寫下段落以解釋地球上的水如何運動。本單元進行之際，學生還是要回到這個起始的問題，根據相似的提示，再次寫下新的段落，以追蹤想法成長的狀況並加入新想法。學生檢視完觀察結果，針對水分子的變化及其與水位上升的關聯，運用調查筆記本討論並紀錄。接下來簡短的模擬以及討論，有助於引導學生明瞭熱能造成的擴張，這是本單元後面密度以及海流時的重要概念。學生的學習聚焦如下：

- 水接受熱能，水分子運動狀態變得更劇烈，彼此間的距離也變得更大；這會造成體積的擴張。

學生也學到：

- 海水以及空氣的運動，不管我們身在何處，都會影響到地球上的每一個人。

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

熱能與分子運動	預計時間
單元介紹	5 分鐘
調查加熱的水並寫下課前想法	15 分鐘
分子運動的模擬	10 分鐘
寫下解釋	10 分鐘
介紹熱能引以的體積擴張	5 分鐘
總共	45 分鐘

你要準備以下項目

形成性評量包含在影印包，請在單元上課前施測，當作是前測，做為學生已知與未知的基準。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的第 81 頁。

全班需要

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 投影設備 * | <input type="checkbox"/> 水 * |
| <input type="checkbox"/> 連結網路的電腦或教學資源光碟 * | <input type="checkbox"/> 剪刀 * |
| <input type="checkbox"/> 1-1 小節的五張投影片 | <input type="checkbox"/> 1 只溫度計 |
| <input type="checkbox"/> 1 個容量 1 公升的乾淨瓶子 * | <input type="checkbox"/> 1 個圖釘 * |
| <input type="checkbox"/> 1 個有洞的橡皮塞 | <input type="checkbox"/> 7 本書 * |
| <input type="checkbox"/> 2 盞裝配 72 瓦燈泡的檯燈 | <input type="checkbox"/> 模擬動畫《上升的溫度》 |
| <input type="checkbox"/> 4 個書檔 | <input type="checkbox"/> (選擇利用) 模擬動畫《物質的狀態》 |
| <input type="checkbox"/> 1 個拿掉乳頭蓋的玻璃滴管 | <input type="checkbox"/> (選擇利用) 影印包 |

每個學生需要

- 調查筆記本：3-5 頁
- (選擇利用) 影印包：第一單元的評量答案表、第一單元的評量 (調查熱水)

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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.lawrencehalloffscience.org/oss68 或是資源光碟。
2. **播放並檢視模擬動畫**：《上升的溫度》
3. **決定是否示範熱水觀察，或讓學生分組操作**：按照本小節的編排方式，教師利用教材包的材料示範教學。如果教師有額外的材料，也可以進行小組操作 (請見影印包的學生指引以及紀錄表格)。
4. **準備好水瓶 (請見第 8 頁的圖 1-1)**：剪下 3 吋的條狀物，將條狀物綁在溫度計上。將圖釘刺入橡皮塞的底部，讓溫度計懸掛在瓶中。小節開始前，將水瓶裝滿水 (請見以下敘述)。瓶子底下墊幾本書，將瓶底抬升約 4 吋。
5. **準備好檯燈 (請見第 8 頁的圖 1-1)**：把檯燈夾立在書檔上頭，並且測試燈泡。調整檯燈位置，令其正對瓶子中央 (瓶子一側各有一盞燈)，燈離瓶子各約 1-2 吋。架設好燈座，先行離開 (請注意，本圖只顯示 1 盞燈)。
6. **準備調查筆記本**：如果你沒替每個學生都購置紙本，請運用教材包的範例自行影印。如果沒有教材包，也可以利用資源光碟的 PDF 檔案 (光碟黏貼於本系列介紹介紹手冊的書背)。
7. **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，以兩兩或四人一組的方式進行。

上課前的一點時間

將水瓶裝滿水：將水瓶裝滿溫水 (攝氏 30 度或華氏 80 度)，讓水得以溢流。確定橡皮塞底部和水面間沒有空氣，你應該可以見到水從橡皮塞的洞中跑出來；瓶子裡不能有空氣，這點很重要。把玻璃管從洞中伸進瓶裡。

科學語言

科學字彙

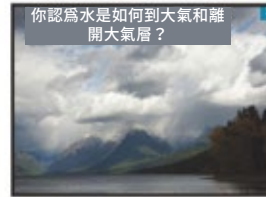
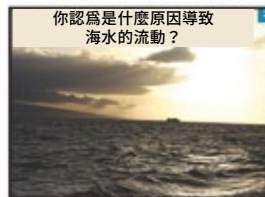
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

單元介紹

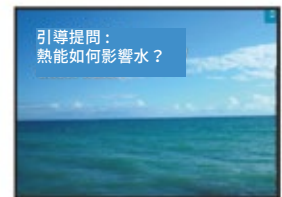
- 1. 單元介紹。告訴學生：**關於海洋科學的新單元，即將展開。學生將學到：引起大量海水以及空氣運動的原因。在這個單元，學生將發掘海水與空氣的運動，不管我們身在何處，如何影響地球上的每一個人。
- 2. 輪流發表介紹。請告訴學生：**單元的整個過程，都需要他們與夥伴分享意見、預測以及發現。科學家或一般大眾，透過討論點子的過程，會學到更多。請告訴學生：認真傾聽夥伴的發表，並且鼓勵夥伴提供想法的緣起、細節以及預測：「你為什麼這樣覺得呢？」
- 3. 計畫投影片分享。學生與夥伴討論想法。請向學生解釋：**他們要跟身旁的夥伴討論本單元的重要概念，接著還要向全班分享心得。每人花一分鐘時間播放三張投影片，並且鼓勵學生與夥伴討論投影片的內容。



- 4. 與全班分享概念：**請一些學生與全班分享概念，此時應該廣納各種意見，避免是非的評價。

調查加熱的水並寫下還沒上課時的想法

- 1. 分享引導問題的投影片** 介紹水瓶的調查實驗，大聲朗讀引導問題，並且告訴學生：要調查問題了，單元要展開了。請展示水瓶以及先



前架設好的檯燈，先關掉檯燈，解釋架設方法，指出水面位置、溫度計、有管子的橡皮塞、燈泡以及檯燈。老師這樣說：「燈泡提供光還有熱能。」

(圖 1-1) 顯示一組檯燈架設方式；第二組架設在水瓶的另一面。

教師注意事項

教學方針

創造互相支持的班級文化 本系列一個重要的目標，就是發展教室內討論科學現象與結果的文化。透過討論來分享想法，是科學領域的重要過程，也是整套海洋系列課程的關鍵能力。透過課程小節，學生重複 1-4 人的小組討論，接著是全班集體分享或寫作活動。為了鼓勵學生參與，請跟學生強調：就算預測是錯的，也無傷大雅。也向學生解釋：就算科學家，也會預測錯誤，而且我們從出乎意外的結果中學到最多。

調查筆記本 調查筆記本收納學生大部分的學習單，以及該單元的閱讀素材。讓所有的教材各就各位，不但讓學生的學習組織化，也讓學生可以回顧自己的想法，並且掌握自己的學習改變。在筆記本中，學生從事科學家的工作——紀錄預測、提出問題與想法並紀錄對話內容，並且閱讀科學文本。

教學常規

輪流發表 整個單元的過程中，學生與旁邊的夥伴討論，當成全體討論以及寫下書面想法的準備。這樣的既定常規，是建立小組討論的第一步，確保每位學生都能表達想法，而不是碰到難度較高的段落或全體討論時，總是少數人發言。輪流發表是提取學生先備知識以及提出預測的好方法。

教學建議

教師展示或小組討論 學生探究的過程中，讓學生討論要比教師下場展示更有效。教師需要額外準備教材，我們也提供可選擇利用的學習單。為了讓課程順利成功，水位一定要維持在正確的位置，教師可以輕壓水瓶——如果水位是正確的，水會進入管子。也避免瓶內存有氣泡。請注意：本實驗需要室溫下的水，要水流出管子，可能要花久一點時間；萬一 20 分鐘內，水（華氏 85 度）沒有流出，表示瓶塞底部和水之間有空氣了。如果你可以取得 100 瓦的燈泡，只需一盞檯燈即可。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

調查筆記本第 3 頁

2. **紀錄起始水溫** 檯燈打開前，請一位學生讀出溫度計的溫度並紀錄下來。也請學生紀錄水位（水位在瓶塞上方，而不是出現在上方的管子）。
3. **開燈** 告訴學生：打開燈後等幾分鐘，利用這段時間預測結果。
4. **介紹預測** 告訴學生：根據先備知識與經驗的判斷，就是預測。
5. **輪流發表產生預測** 讓學生兩兩一組，預測燈光照水後會如何，並且彼此分享預測。請教師到處走動，檢視學生預測的理由，並且彼此傾聽。這時不要提出對錯判斷，例如學生預測水會蒸發並且離開瓶子，請暫時接受他們的想法，也可以提問：「**如果水蒸發了，瓶中的水會變多還是變少。**」
6. **介紹調查筆記本** 發下筆記本，說明整個單元過程中，就在這裡紀錄想法。
7. **學生完成課前想法的書面紀錄** 讓學生翻到第 3 頁「課前想法」的空白欄位，告訴他們寫下淡水與海水為什麼會繞著地球運動的理由。鼓勵學生寫下任何關於物體運動的想法，包括讓水運動的想法。
8. **讓班級重拾注意力** 這時大部份學生都寫下課前想法，讓學生暫停書寫並且回到實驗上。讓學生很快地觀察水瓶，以小組方式討論現象的原因。
9. **進行全班集體討論** 讓全班集中注意力，並且請幾個自願者描述水位上升的原因。這時也不要糾正或認可，可以這樣問學生：「**你為什麼這樣認為？**」或「**基於怎樣的原因，讓你這樣認為？**」鼓勵學生提出不同的觀點。
10. **紀錄實驗過程** 燈開了 10 分鐘後，請學生瞧瞧水平面，並請他們分享目前的水溫以及水面高度（水溫可能達到攝氏 35 度，水平面可能上升了 3-4 公分，學生對此可能相當訝異），請教師把紀錄結果寫在白板，繼續讓燈開著。

教師注意事項

教學建議

紀錄溫度的選項 我們建議，以攝氏為單位來紀錄溫度，因為這是整個系列採用的單位，也是模擬場景採用的單位。根據學生的觀察結果，你可以比較攝氏與華氏的刻度。

管理瓶子的觀察 在白板持續紀錄時間與溫度，學生可能把後續的資料紀錄在筆記本。在某些教室內，學生不一定都能夠觀察水瓶，盡量讓每一組一張桌子；或者讓各組派一個代表上前觀察，然後把結果分享給組員。

教學方針

引導學生討論起始的概念 以腦力激盪的方式引導討論，教師避免提出評論指正，要保持循循善誘的風度，這點相當重要。這樣的討論有雙重意義：第一，評鑑學生的先備知識；第二，營造教室氣氛，讓所有學生都可以在自在的情境下暢所欲言。

教學常規

課前想法／修正後的想法 在往後的課程，學生可以選擇是否在「課前想法」學習單的最後加註筆記。在 1-9 以及 1-2 小節，學生可以回顧先前的課前想法，評估想法變化的過程，並且以畫圖或文字的方式，回應類似且較難的提示。教師根據學生的課前想法以及修正想法的提示，就可以依此評估學生在學習本單元核心概念的過程中，想法改變的歷程。學生也可以藉由回顧的過程，注意到自己的核心科學概念愈來愈進步了。

評量

嵌入式評量：寫下課前想法 分析學生的回應，掌握關於水分子繞著地球運動的先備知識，並且得到之後修正後想法提示的基線資料。關於不同區域的水團如何引發水的運動，請特別紀錄類似的描述。如果學生沒有提到密度差異或海流，也不需要訝異，因為這些都將在本單元詳述。利用第 82-84 頁的課前想法／修正後想法評分標準，評估學生的進展。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

分子運動的模擬

1. 運用資訊來協助學生提出解釋 學生分享想法後，告訴他們現在有參考資訊，可以用來解釋水平面上升的原因。請簡短介紹或檢視以下概念：

- 「**熱能**」是什麼？來自檯燈的熱能，是一種能量
- 「**物質**」是什麼？瓶中的水，是一種物質。物質有質量並且佔有空間，物質就是地球上或地球外的所有「東西」，包括海洋、空氣、塵土、岩石、星體以及生物
- 「**分子**」是什麼？物質是由非常小的粒子——也就是原子與分子組成。水分子就由兩個氫原子與一個氧原子組成，以鍵結的方式形成水分子
- 「**模型**」是什麼？在科學領域，「模型」就是用來了解、預測或解釋現象的工具。

2. 播放《溫度上升》的模擬動畫 播放模擬動畫並且解釋水分子受熱後的模型。指出瓶內的溫度計、溫度、頂端有洞的管子，還有燈泡（關掉的）。請學生描述加熱前，水分子的運動（在放大鏡內）。

3. 開始模擬 按下「熱能」下方的「開始」鍵。提醒學生經過的時間，以及模擬的時間是經過加速的。告訴學生：在這個案例，溫度計只顯示整數的數字，但是實際紀錄的時候，可以根據實際狀況紀錄。

4. 討論水分子的運動 學生欣賞模擬影片時，請問他們下列問題：

- 水加熱的時候，你注意到水分子發生怎樣的變化？（水分子振動速度隨著溫度增加而增加）
- 水分子變大了嗎？（沒有變大，但是水分子之間的空間變大了，因為彼此遠離對方）
- 溫度增加了多少？（從攝氏 26 度升高到攝氏 28 度）

5. 討論管子裡的水分子運動 學生觀察之際，問他們「管內的水平面怎麼了？」（溫度上升，水平面也上升；水分子彼此互相遠離）

6. 模型不一定是真實狀況 停掉模擬，告訴學生：模擬本身就是一種模型，並指出模型有助於理解水分子的運動。當然，水分子實際的大小遠小於模擬的大小，看起來也不是有色的小點。

教師注意事項

科學註記

關於科學預測「預測」，是探究歷程不可或缺的一環，這是因為預測通常會引導觀察者選擇要進行的觀察與測量。在科學領域，預測並不單純是猜測而已，還要根據所有的先備知識與經驗而定。透過預測，學生因為現有的經驗得到活化而培養觀察技巧，設定後續活動的目標。學生在進行活動之際，請鼓勵他們比對預測與結果的差異。

關於分子許多關於原子或分子的概念，到了高中階段才會完整傳授。但是在中學階段，讓學生理解分子是原子構成，是合理的要求；學生也應該理解，物質接受熱能後，會以更劇烈的方式彼此碰撞。這樣一來，分子間的距離就拉大了（熱擴張，thermal expansion）。1-1 小節的目標，就是讓學生以視覺化的方式看待分子，並且開始根據分子的運動來解釋現象。關於空氣或水的密度概念，在本系列會再次提到。

關於物質與熱能在本系列課程，學生對於物質只要概略理解即可。另外，曉得熱能是一種能源也就足夠了。詳細解釋物質與熱能，已經超過本單元的範圍，但是教師也可以將本單元和其他課程相結合。

關於溫度根據學生的準備程度或可以運用的時間，教師可能想告訴學生：溫度其實是原子或分子運動程度的測量：溫度較高，表示分子運動較劇烈；溫度較低，表示分子運動程度較低。

關於科學模型在科學領域，模型是一種物件、表徵，或是協助學生理解、預測或解釋現象運作的模擬。教師可能想要指出，模擬是有限制的。舉例來說，模擬中的分子看起來很巨大。請提醒學生：任何模型，與實際狀況或多或少都有差異。在解釋原理方面，模型用處很大，但是因為模型經過簡化或某種程度的悖離事實，不能視為百分之百精準。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 4 頁

寫下解釋

- 1. 再次檢查水瓶** 請一位學生檢視水平面，並且報告水平面以及溫度（根據起始的水溫，開燈過後的 15-22 分鐘，水平面應該會開始超過管子底端）。
- 2. 檢視筆記本「水瓶中的熱能」** 讓學生翻到筆記本第 4 頁，指出兩個插圖：A 瓶是開燈之前、室溫下的瓶子；B 瓶是開燈過後超過 10 分鐘的水瓶。箭頭表示：熱能從檯燈轉移到 B 瓶。
- 3. 向學生說明：討論、畫圖以及寫下解釋** 向學生說明：接下來要思考、討論並且畫下他們認為水分子的改變。他們畫出每個水瓶的水分子，寫下關於水分子的解釋，還有 B 瓶的水平面為什麼會升高。請向學生解釋：瓶子裡不需要塞滿水分子。
- 4. 分享分子繪圖的秘訣** 請向學生強調：想法以及呈現想法才是最要緊的，藝術天分不是重點。在白板畫一些圈圈，示範水分子的一種畫法。也向學生提到，小圈圈可以彼此靠近或遠離。為了強調水分子的運動，可以在小圈圈畫些小線條：慢慢移動的分子，用一條線表示；快速移動的分子，多些線條表示。



- 5. 學生活動的時候，持續檢視水瓶** 學生在畫圖與書寫之際，邀請學生上前觀察水瓶。學生或許想在筆記本上，畫出 A 瓶與 B 瓶的水平面以及溫度差異。
- 6. 學生與夥伴分享想法** 學生持續進行之際，請到處走動並且鼓勵學生與夥伴分享解釋與圖畫。鼓勵學生以理由支持想法，如果旁人的講法更有說服力，應該要勇於改變原有想法。如果時間允許，讓兩組合併，四個人一起分享想法。

教師注意事項

提供更多經驗

強化：字彙 教師介紹新字彙時，可能想在海報紙寫下新的字彙。你可以展示海報紙，讓學生當作參考。

延伸：物質模擬的狀態 物質狀態是水分子的另一種模擬，你可以當作示範。選擇「固態」、「液態」與「氣態」選項，在右手邊的導航窗格（navigation pane），選擇「Water in the Atoms & Molecules」窗格以及「Liquid in the Change State」窗格。利用底部的滑桿來操作改變。每個水分子都伴隨著兩個氫原子（紅色）與一個氧原子（藍色），整體分子的運動都用動畫呈現，呈現分子互相碰撞的場面。

英文學習者（EEL）

額外練習 因為英文學習者不僅僅要面對科學內容的理解挑戰，還要掌握英文的含意，這樣的學習者可以從額外練習得到好處。可能的話，讓英文學習者重新審視「Heat and Cold Simulation」，再次呈現模擬，讓學生討論、提問，並且探索不同的場景。鼓勵學生練習應用字彙，例如「分子」（molecules）、「熱能」（heat energy）以及「擴張」（expand）。

評量

快速理解篩檢：水瓶中的熱能 聽聽學生討論，或是檢視圖畫或解釋，判斷學生是否畫出 B 瓶水分子之間的距離比 A 瓶遠。也檢視看看，學生是否以水加熱後體積擴張的觀點，解釋水平面上升。你可能想鼓勵學生回顧先前的預測，比較當時他們的想法。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

教師注意事項

教學方針

紀錄重要概念的理由 在調查筆記本的某處，紀錄每個小節的重要概念，讓學生反思並且綜合本單元最重要的概念。重要概念藉由引導式問題來組織，學生也可以自行擴充概念；到了後來，學生可以回顧這些筆記，反思自己的學習方式，並且藉此準備這個單元的寫作與討論。

提供更多經驗

強化：創造概念牆 除了讓學生在調查筆記本紀錄之外，在教室張貼重要概念以及引導問題的海報，也相當有助於學習。學生只要瞧瞧海報的內容，就會參照重要的概念，並且在瞥見之際強化字彙。在學生座位旁張貼海報，鼓勵學生增添內容。

延伸：熱擴張與海平面變化 海平面變化的概念，相當具有挑戰性，也超過本單元的內容。在第三單元，學生會學到暖化對海平面上升的效應。不過，根據學生的經驗，也可以考慮介紹海平面，以及全球平均溫度的上升會造成海平面的上升。在教學的現階段，熱擴張則是全球海平面上升的最主要因素。

延伸：反思本小節的提示 在每個小節，我們提供提示（prompts），可以用不同的方法運用。不管教師的運用方式為何，目標都是提供學生額外學習機會，讓他們處理以及運用本小節學到的資訊與概念。本小節結束後，或是學生輪流分享的場合，請教師嘗試運用提示。或者，在上課或指派功課之際，運用提示當成科學寫作的過程。如果學生以書面方式回應提示，就可以快速評估本小節重要概念的學習成效。

注意：提示並不是調查筆記本的內容，教師運用提示的時間，也沒有包括在教學時間之內。

- 請想想水瓶的實驗：水降溫後，水平面會產生怎樣的變化呢？解釋的過程，請用上「水分子」這個字彙。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

水與空氣

學

生學到：科學解釋，乃是根據證據。學生預測，熱能施加到水瓶與空氣後，將產生怎樣的變化。學生觀察到：當熱能施加於瓶子之際，水溫上升與下降的速度，要比空氣慢許多。學生兩兩分組，利用證據畫下分子的運動，並且解釋原因。模擬加上討論，介紹了水就是熱能的儲存庫。學生的學習，聚焦於以下各點：

- 水就是熱能的儲存庫。水在升溫之前，要吸收大量熱能；熱能釋放之前，水溫維持很長一段時間才會降溫。
- 所有物質的分子，遇熱後都會動得較為劇烈。
- 空氣與水相較，升溫與降溫的速度都較快。

水與空氣	預計時間
介紹以證據為基礎的解釋	10 分鐘
調查水與空氣	15 分鐘
繪畫解釋與討論解釋	10 分鐘
以模擬分析結果	10 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

你需要準備以下項目

全班需要

- 兩個 1 公升的有蓋透明瓶子
- 一個夾式燈，配備 72 瓦的白熾燈泡
- 兩個書檔
- 兩個溫度計
- 兩條 6 吋長的繩子
- 剪刀 *
- 計時器或時鐘／有秒針的手錶
- 水 *
- 播放設備 *
- 連線的電腦或資源光碟 *
- 1-2 小節的兩張投影片
- 模擬動畫《熱能儲存庫》
- 三張圖表紙
- 膠帶
- 油性麥克筆
- (選擇利用) 文件提示機
- (選擇利用) 影印包

每個學生需要

- 調查筆記本：p.5；p.10-12；p.9 可以選擇利用
- (選擇利用) 影印包：水與空氣

* 不包含於教材

準備上課了

本小節上課前一天的準備工作

1. 架設好投影設備或檢查多媒體設備：架設並測試投影設備，確保每位學生在上課時都可以欣賞投影片。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. 檢視模擬：播放並預先操作《熱能儲存庫》，直到你熟練操作為止。

3. 準備水瓶：將其中一個水瓶裝滿自來水，靜置一晚或至少幾個小時，確定水溫等於室溫。確定第二個水瓶是乾燥的，裡頭只有空氣。用繩子綁溫度計，將繩子另一頭以膠帶貼在瓶蓋。以瓶蓋旋緊溫度計另一端的繩子，讓溫度計懸垂於瓶內。

4. 架設好燈具：燈具離水瓶約 2 吋的距離，讓燈具以均勻方式加熱。

5. (選擇利用) 架設文件提示機：如果有文件提示機，請放在水瓶後方，正好面對溫度計的刻度。調整瓶子角度，讓提示機可以把刻度投射到螢幕，方便學生觀看。調整室內燈光，好方便觀察溫度計刻度。燈具不要開太久，在下課前的一段時間就應該關閉，好讓瓶裡的空氣回復到常溫（水瓶裡的水，不會增溫，除非燈具開好一陣子）。

6. 畫出圖表：將下列圖表繪製於圖表紙——

- ___ 科學證據（請見 p.22 的圖 1-2），整個單元實施過程都張貼著。
- ___ 水與空氣溫度資料（請見 p.25 的圖 1-3），只要標記標題、欄以及各列名稱；其他資料於課程進行間填上。
- ___ (選擇利用) 水與空氣溫度圖形（請見 p.27 的圖 1-4）。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

介紹以科學為證據的解釋

1. **檢視 1-1 小節的水瓶調查** 教師問道：「上小節中，水加入熱能後，產生怎樣的變化？」把學生的回應紀錄於白板，每個回應都附上「我怎麼曉得的？」如同下表：

水產生了怎樣的變化	我怎麼曉得的？（證據）
水變得比較溫暖	溫度計的刻度增高了
水擴張了	我們看到水瓶的水平面上升，水從頂端流出
水分子運動速度變快，彼此的距離變遠了	我們看到模擬影片，看到科學家解釋熱能與分子

2. **定義證據** 告訴學生：證據，就是有助於回答問題或解釋某事的線索。把「證據」寫在第二欄標題「我怎麼曉得」下方，並且告訴他們，欄位中的敘述都是證據。證據也可以是資料、觀察、科學知識或推理。

教師注意事項

每日書面反思

「每日書面反思」(Daily Written Reflection) 是選擇性的提示，教師可以當作每個小節的開始。你可以請學生寫下回應，或運用提示當作課堂討論，或是當成回家作業。這樣的提示，鼓勵學生反思學過的內容，或是活化後續學習所需的先備知識。提示提供學生機會，讓他們運用科學語彙、產生連結，並且澄清想法。每則提示都出現在調查筆記本，包括寫作的欄位與繪圖的空間。請告訴學生：這樣的寫作，想法要比拼字正確重要。反思要簡短——只要給學生 5-10 分鐘的回應時間即可。**請注意：**回應的時間不包括在教學時間內。

水加入熱能後，產生怎樣的變化？解釋你曉得的現象。 這則提示，出現在筆記本第 9 頁，請學生用自己的語彙描述水分子加熱後的變化。學生可能會說，水分子運動速度變快、以更大的力量彼此撞擊，或者解釋分子間的距離變大。詢問學生解釋已經曉得的現象，有助於協助他們在本小節更懂得運用證據。

提供更多經驗

強化：1-1 小節的調查審視 讓學生回顧前小節的調查設備，有助於本小節的進行。這樣一來，他們可以專注於檢視前小節的結果，並且用以比較前小節與本小節的差異。1-1 小節用一個水瓶裝水，並用有洞的瓶塞，讓擴張的水可以從洞跑出來；1-2 小節用兩個水瓶，一個裝水、一個裝空氣，兩個瓶子都緊緊蓋起來，因此內容物不會外洩。兩小節都以檯燈當成熱量來源。

科學註記

關於科學領域的證據 證據的概念以及科學家的解釋必須根據證據的理念，是本單元的核心——也是科學本身的核心。請利用每個機會強化這個理念，並且以這樣的理念當框架，讓學生的討論都根據證據。確定學生都能從調查、書本或透過推理直接獲取證據，這樣的證據可以支持陳述：「**我這樣想，是因為……**」或「**我的證據是……**」，請示範這樣的問句，形塑學生的回應。

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

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？

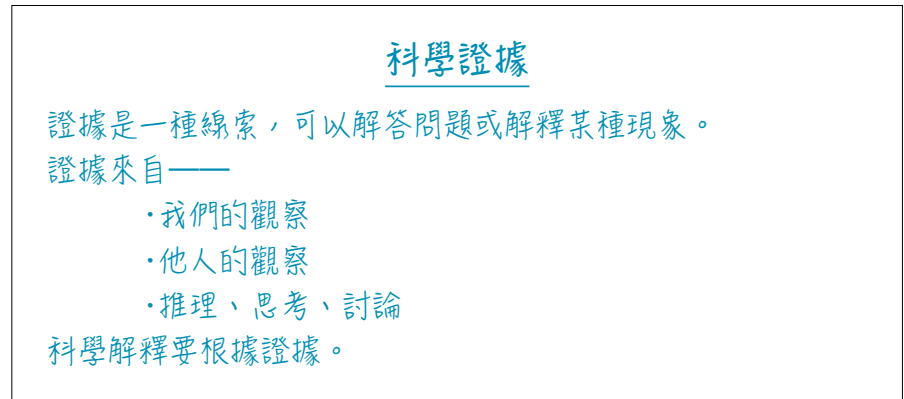
你同意嗎？為什麼？

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？

3. 介紹科學證據圖 展示先前張貼的圖表，並且解釋不同的證據：



(圖 1-2)

- **證據來自我們的觀察** 以水瓶觀察為例，說明第一手證據是什麼：當學生看到溫度計的刻度變化，就是水溫上升的證據。目睹水溫上升，就是水的體積擴張的第一手證據。
- **證據來自他人的觀察** 觀看分子的模擬，就是我們從科學家得到證據的例子。我們也可以閱讀他人的調查結果並且與他們討論，從中得到證據。
- **科學解釋要根據證據** 向學生解釋：好的科學解釋，源自各方證據，並且這些證據可以解釋問題並且提供答案背後的緣由。請告訴學生：在這個單元，他們將有許多機會提出科學解釋。

調查水與空氣

1. 介紹水與空氣調查 告訴所有學生：今天的焦點，就是兩個封得緊緊的瓶子：瓶裝空氣、一瓶裝水。兩瓶都從室溫開始，然後以檯燈提供熱能。每隔幾分鐘，學生要紀錄兩瓶的溫度。

教師注意事項

提供更多經驗

準備：氣體也有質量 有些學生，可能無法完全接受空氣（氣體混合物）有質量，還會誤以為裝氣體的瓶子內部什麼都沒有。就算學生看不見瓶內的氣體，體認瓶子內部並非空無一物，這點很重要。本單元到後來，會處理學生的迷思概念。描述以下這則證據，也就是氣體有質量、氣體不是空無一物：你把空氣灌入汽球，氣球會變大。問問學生，是否還另有證據？（風吹或是用手快速在空中移動，都可以感受到空氣；降落傘抓住空氣，因此可以緩慢下降；人們需要呼吸空氣；我們吸入空氣後，胸部和肺部會擴張）

英文學習者

調整教師用語 本小節針對調查，使用相當複雜的解釋，以及深入的班級討論。調整教師用語，協助英文學習者掌握解釋，了解並參與班級討論。有一個教師可以調整之處，就是指出視覺參考，例如調查過程或白板上的簡單繪畫。

教學建議

小組調查 教師或許想讓學生分成小組，執行「水與空氣」的活動，而不是教師演示活動。許多人都發現，如果教材準備並不困難，小組活動屬於有效率的教學呈現。如果教師決定將學生分組，就必須替每組準備這些器材：兩個溫度計、兩條繩子、兩個乾淨的有蓋塑膠瓶、桌燈或檯燈，還有讓燈光投向瓶子的工具。我們也提供額外的學習單，上頭有教學指引以及紀錄資料的空白處，請參考影印包。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

水與空氣的溫度資料		
時間	空氣 (攝氏度)	水 (攝氏度)
開始		
時間	空氣 (攝氏度)	水 (攝氏度)
中間		
時間	空氣 (攝氏度)	水 (攝氏度)

調查筆記本第 10 頁

- 輪流發表預測** 向學生提醒輪流發表的固定程序。也向學生強調：他們在回答下列問題之際，應該要用證據支持論點？若是夥伴沒有提出證據，要提醒夥伴：
 - 兩個瓶子受熱後，溫度產生怎樣的變化？
 - 哪個瓶子溫度上升速度較快？
- 教師在小組間穿梭** 提醒小組：他們要運用證據，但是新的證據出現後，也要準備更改預測。鼓勵每個學生：聽到不同意見時，要先安靜聆聽並且保持禮節。
- 分享預測** 幾分鐘過後，教師主持全班討論，請幾位自願代表上台發表預測，指出哪個瓶子溫度上升較快。鼓勵學生分享證據和推斷，也請其他學生給予回應。
- 介紹溫度資料圖表** 介紹溫度／空氣溫度資料圖表（圖 1-3），請一位志願者檢視每個瓶子的起始溫度。請志願者紀錄圖表上的溫度與時間。確定學生曉得：兩個瓶子的起始溫度相同。告訴學生：待會要請他們讀出溫度並且每隔 1 分鐘紀錄就在牆壁的圖表，為時 5 分鐘。
- 將資料紀錄於調查筆記本** 將筆記本發給學生，請學生翻到第 10 頁，找到水與空氣溫度資料，他們會發現該圖表與牆上的圖表非常類似。請學生紀錄兩個瓶子的起始溫度（0 分鐘）。
- 開燈五分鐘並且展開小組討論** 開燈後，讓學生每隔 1 分鐘紀錄溫度，並請志願者把資料紀錄在牆上的圖表。兩兩一組，討論到底是空氣還是水的溫度上升較快。
- 關燈並且紀錄 5 分鐘** 紀錄者紀錄最後一筆資料後，將燈關閉。整套設備都保持不動，讓溫度自然下降，並且每分鐘都紀錄一次（請見圖 1-3）。

教師注意事項

水 / 空氣溫度資料			
	時間	空氣 (攝氏度)	水 (攝氏度)
起始	0 分	21.7	21.7
開燈	1 分	23.1	21.7
	2 分	26.0	21.7
	3 分	30.0	21.7
	4 分	33.0	22.0
	5 分	35.0	22.0
關燈	2 分	29.5	22.0
	4 分	27.0	22.0
	6 分	25.5	22.0
	8 分	23.8	22.0
	10 分	22.5	22.0

(圖 1-3) 上面的圖表，就是調查時蒐集資料的例子。你的資料可能與上面資料不同，但是整體趨勢應該類似。空氣瓶的溫度，上升與下降都比較快；水瓶的變化較小，或可能根本沒有變化。

評量

快速理解篩檢：輪流發表的技能 學生進行輪流發表之際，檢視發表內容——包括學生是否專心聆聽、是否以禮貌的態度表達異議。教師或許也想知道，學生是否以證據支持預測。這是整個單元預計要學生養成的重要技能。也可以讓學生在發表之際，花一點時間紀錄想法。

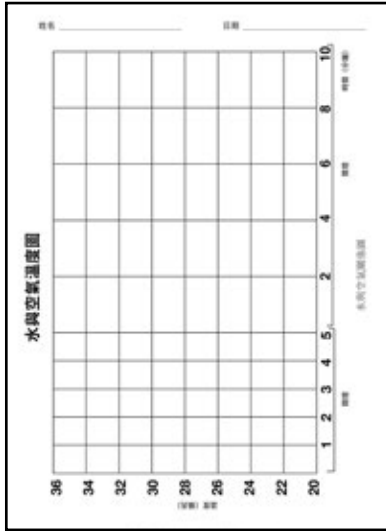
科學語言

科學字彙

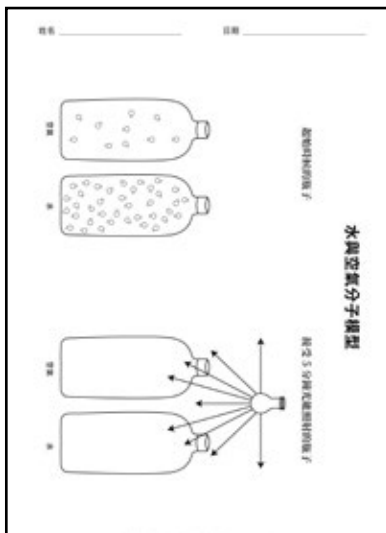
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 11 頁

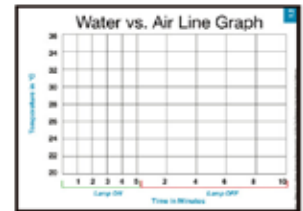


調查筆記本第 12 頁

畫圖與討論解釋

1. **問學生溫度發生怎樣的變化** 提醒學生：圖表羅列的溫度，可當作解釋現象的證據。根據這樣的證據，讓學生比較裝水與空氣的兩個瓶子，有怎樣的變化。（空氣受熱後，溫度上升的速度快很多，最後的溫度比水高）

2. **展示折線圖投影片：開燈溫度資料** 告訴學生：要解釋圖表的資料（例如這個圖表），不一定容易。但是把資料畫成圖形，變化的趨勢就變得明顯。把學生引導到調查筆記本第 11 頁的圖，也就是「空氣／水折線圖」。把圖形的投影片



呈現出來，並且告訴學生：如何在 y 軸加上溫度資料、在 x 軸加上時間資料。指導學生比較圖形，並且告訴他們：兩瓶冷卻過程，還有另一個圖表要紀錄。

3. **關燈溫度資料** 告訴學生：除了這個圖表之外，還要每隔兩分鐘，紀錄兩瓶冷卻的溫度資料。他們也可以把資料紀錄在調查筆記本，並且畫畫折線圖。

4. **解釋水／溫度（調查筆記本）** 請學生翻到調查筆記本第 12 頁「空氣／水分子模型」，並且告訴他們：左邊的圖，表示兩瓶還沒加熱的時候，空氣與水的分子狀態。如同前小節，圈圈表示分子、線條表示運動，線條越多表示運動越激烈。

5. **注意空氣瓶與水瓶的差異** 問問學生：「水瓶中的水分子與氣瓶中的空氣分子，有怎樣的差異？」（空氣分子運動速度較快）向學生解釋：科學家發現，相同的溫度下，空氣分子運動的速度比水分子快。

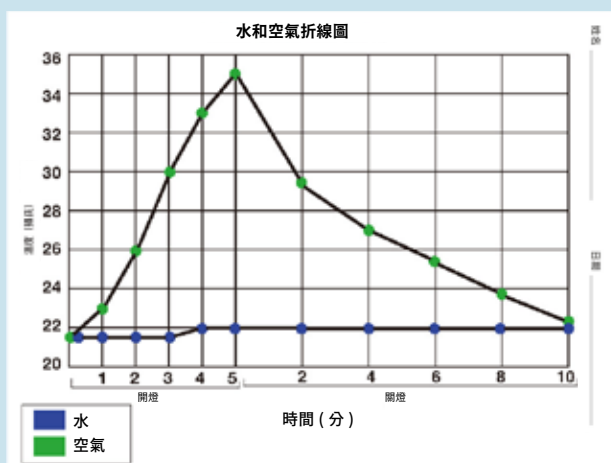
6. **呈現畫圖與討論的注意事項** 告訴學生：科學家常用圖畫表示自己的想法。在這個活動，起先學生自行在調查筆記本畫圖，表達個別的想法。接下來，學生與夥伴彼此分享並討論畫作。如果學生聽到更有說服力的證據，可以改變畫作。如果學生在時間結束前完成畫作，可以加入另一組繼續討論。

教師注意事項

提供更多經驗

準備：畫出折線圖 根據學生畫折線圖的經驗，你可能想提供額外的指引。如果學生這方面的經驗很少、或者上課時間不夠，可以跳過繪圖的步驟，然後以現成的圖形呈現給學生，並且把焦點放在學生根據結果提供的證據上面。

(圖 1-4) 指導學生在座標圖上(開燈的溫度資料)畫點，然後把點連成折線圖。關燈的溫度資料，也以同樣方式處理。請注意：水瓶和空氣瓶的起始溫度，要在同一個點。



提供更多經驗

準備：攝氏與華氏 根據學生運用攝氏或華氏這兩種刻度的經驗，教師可能想提供快速指引，讓學生檢視這兩種溫度刻度：

攝氏 100 度	=	華氏 212 度	=	水沸騰時的溫度
攝氏 0 度	=	華氏 32 度	=	水結冰時的溫度
攝氏 21.1 度 - 22.2 度	=	華氏 70 度 - 72 度	=	室內的平均溫度

教學方針

畫圖的好處 這個活動中，學生個別繪製折線圖，並且向夥伴描述並解釋圖形。如果學生在時間結束前完成，可以加入另一組繼續討論。這樣一來，學生有了「多模態」(multiple modalities)的學習機會(傾聽、繪圖、與同儕討論)，用以詮釋理念。夥伴描述想法與圖形之際，就是練習舉證並學習在更有說服力的證據之下，以更開放的心胸改變想法。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

- 7. 畫圖與討論** 向學生解釋：筆記本右邊的兩個瓶子，表示受熱後 5 分鐘的狀態。每個學生必須畫出第 12 頁瓶中的分子，並且解釋：為什麼氣瓶的溫度上升得比水瓶快。為了呈現運動狀態，如同前小節，以線條表示運動狀態，可用箭頭表示大幅度的運動。學生畫圖並討論，持續在班級圖表上紀錄氣瓶和水瓶的溫度與時間。
- 8. 班級討論結果** 重新得到學生的注意力，請志願者分享解釋。問問學生「你為什麼這樣想」、「你的證據是什麼」。可能的話，利用文件提示機展現幾位學生的圖畫。
- 9. 完成折線圖並討論** 熄燈之後，請學生看教師加到圖表的資料，然後讓他們完成自己的折線圖。（氣瓶的溫度會顯著下降，但是水瓶的溫度維持在附近）邀請學生解釋：為什麼氣瓶的溫度降得比水瓶快？

詮釋模擬的結果

- 1. 任何物質的分子，接收熱能後都會動得更劇烈** 熱能加到水、空氣或任何物質，分子的運動會更劇烈，彼此間的距離越遠，請向學生確定此一現象，這就是「熱擴張」（thermal expansion）。分子運動更劇烈，表示溫度越高。如果學生沒有提及上述現象，教師應該指出：在瓶子裡，分子無法擴張太多，因為瓶子的容積有限。
- 2. 呈現模擬** 讓學生關注於熱能儲存庫的起始畫面，這時水和空氣的溫度都是攝氏 26 度（接近室溫）。請向學生說明：這樣的現象，是根據分子運動的科學證據。請問學生：「你注意到什麼？」（學生可能會說，空氣分子在瓶裡的運動，要比水分子劇烈，且水分子的數量多於空氣分子）教師再問學生：「空氣還是水，哪個的物質較多？」請向學生強調：就算是兩個瓶子的容積相同，水瓶中的物質較多（分子較多）。
- 3. 加入熱能** 按下「加熱」（HEAT ON）鍵，將會看到空氣和水接受熱能後，有怎樣的變化。問學生「你注意到什麼？」（空氣分子運動的速度比水分子快，且運動的距離也比水分子遠）請告訴學生：溫度就是表現分子運動劇烈程度的一種測量。分子動得越少，溫度就越低。學生欣賞模擬影片之際，請他們描述看到的現象，並且比較空氣分子與水分子的差異。

教師注意事項

教學方針

為什麼不要先向學生解釋「空氣降溫的速度比水快」

在「畫圖與討論」的活動之後，利用班級討論的時機，當作是學生討論想法的契機。當學生參與下一個活動（觀看模擬），現象就變得更容易解釋，這時他們就可以詮釋結果了。

科學註記

溫度計的原理 溫度上升後，溫度計柱內的酒精或水銀擴張，因此平面就會上升。等到酒精或水銀冷卻後，分子間的距離變小了、整體體積也縮減了，因此平面就下降。

為什麼水的溫度不容易發生變化 水的比熱 (specific heat) 比較大，這表示水溫產生變化之前，要失去或得到大量的熱能才行。水的比熱大，主要的原因是將水分子之間維繫的鍵結。水分子之間的氫鍵，需要吸收大量的熱能，才會斷掉。一旦氫鍵斷掉，水分子就可以跑得更遠，因此溫度就上升了。（比熱，就是每公克物質需要改變攝氏 1 度所需要或喪失的熱能）

熱能停止供應後，水分子和空氣分子發生怎樣的變化？ 熱能關閉後，分子的能量就變小了，因此彼此碰撞後，無法分得那麼開；換句話說，分子間的距離變小了。更精確的說法，應該是「分子間的距離沒剛剛那麼遠」，而不是「分子間的距離變近了」。不管是哪種說法，表現出來的現象就是分子看起來變近了。

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

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？

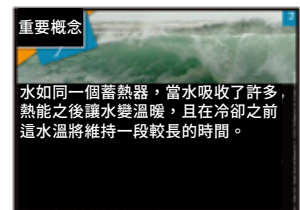
我們有多大的把握？

要怎麼辦，我們才能更有把握？



調查筆記本第 5 頁

4. **仔細詢問學生：為什麼水溫上升的速度，比空氣慢** 請問學生「為什麼水溫上升的速度，比空氣慢？」如果學生無法自己說出，請解釋其中之一的原因，就是水的物質比空氣多。「物質」愈多，加速分子運動所需的熱能就愈多。
5. **介紹「吸收」(absorb) 這個術語** 在白板上寫著「吸收」並向學生解釋：「吸收的意思，就是接收進去。另一個水溫上升比空氣慢的理由，就是水分子開始加速運動之前，要吸收大量的熱能。」
6. **讓空氣與水降溫** 5 分鐘過後，按下「HEAT OFF」鍵。計時器在水瓶降溫的過程，會運行轉動。學生看完模擬後，請跟學生說：「熱能中止後，水分子與空氣分子有怎樣的變化？」（水分子運動速度變慢，彼此的距離變小）「哪個降溫的速度較快？」
7. **簡述降溫的結果** 向學生強調：一旦關掉熱能，水以緩慢的速度喪失熱能，但是空氣喪失熱能的速度較快。
8. **介紹「熱能儲存庫」(heat reservoir) 這個術語** 在白板上寫著「熱能儲存庫」並向學生解釋：儲存庫，就像是儲存水的湖泊一樣。「儲存庫」，好比存放物質的場所，例如水存放熱能。請向學生解釋：我們可以把水想成儲存庫：熱能放進去、儲存，然後慢慢釋放出來。這就是科學家把水稱為「熱儲存庫」的原因。
9. **播放投影片；學生紀錄重要概念** 播放重要概念，讓學生朗讀。請學生翻到調查筆記本第 5 頁的重要概念 (Key Concepts)，讓他們在引導問題下方的劃線空白處紀錄下來。向學生強調：水是不尋常的物質，且幾乎沒有任何物質跟水一樣可以當作熱能儲存庫。如果時間許可，邀請學生加入本小節學到的知識，以回答引導問題。



教師注意事項

提供額外經驗

強化：兩兩成對或小組探索模擬影片 如果可以取得電腦，讓兩人一組或幾人一組利用，而且時間也許可，請學生獨立探索熱能儲存庫模擬影片。

延伸：本小節的反思提示

- 海洋是地球上最大的熱能儲存庫。海洋作為熱能儲存庫，如何影響地球呢？
 - 到了今天，關於分子的概念，如何改變呢？請完成以下句子：我本來以為分子 _____，但是我現在知道 _____。
- 接下來再寫幾個句子詳細陳述。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

海洋就是熱能的儲存庫

這 個小節，將用氣球做出戲劇效果的展示，複習水是熱能儲存庫的概念。學生運用「主動閱讀」來閱讀、註解或討論相關文章。學生運用所學，解決兩個城市的平均溫度之謎。學生的學習，將聚焦在以下重要概念：

- 海洋覆蓋地球表面 70% 的表面積，且海洋對地球的溫度有巨大的衝擊。

學生也學到：

- 海岸附近的平均溫度，受到海洋的調節。

海洋就是熱能的儲存庫	預計時間
複習熱儲存庫：氣球展示	10 分鐘
學生閱讀：《海洋是巨大的熱儲存庫》(The Ocean: A Giant Heat Reservoir)	20 分鐘
解決兩個城市平均溫度之謎	10 分鐘
再次檢視氣球展示	5 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

全班需要

- 6 個氣球
- 1 個打火機 *
- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-3 小節的 7 張投影片
- 水／空氣溫度資料圖表（1-2 小節）
- 膠帶
- 文件提示機 * 或是空白壁報紙
- （選擇利用）影集摘要：《氣候變遷的海洋》
- （選擇利用）影印包

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. 準備好氣球：**將 3 個氣球充氣一半，並且綁緊。另外 3 個氣球裝水（一樣裝到半滿，跟充氣的氣球一樣大），同樣綁緊。氣球和水球各一，當作練習氣球展示之用，其他 2 組留下當作班級展示。
- 3. 練習氣球展示：**用 1 組當練習用，以熟悉上課程序——一手拿著氣球，另一手拿著打火機。打火機的火焰接觸氣球正下方，而非氣球側邊。氣球很快就破掉。同樣的步驟處理水球（火焰接觸 30 秒），但是水球沒有破。欣賞《氣候變遷的海洋》（約在開始後 1 分鐘處，只有 13 秒）。
- 4. 貼上 1-2 小節的圖表：**確定前小節「水／空氣溫度資料圖表」張貼在學生可見之處。
- 5. 準備投影「主動閱讀練習」：**如果有文件提示機，從影印包影印「主動閱讀練習」學習單，並且準備後續投影。如果沒有提示機，也可以把學習單投射到空白壁報紙，並且在投影的區域示範書寫。

科學語言

科學字彙

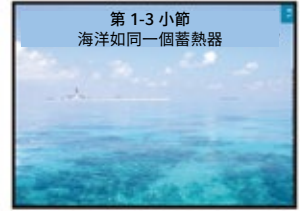
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

複習熱儲存庫：氣球展示

1. **放映本小節標題的投影片** 學生進入教室後，放映本小節標題的投影片。課程開始前，鼓勵學生彼此討論並且預測待會將探索的內容。



2. **複習 1-2 小節的調查內容** 讓學生聚焦在 1-2 小節「水與空氣溫度資料圖表」，複習「水溫和氣溫相較，升高和降低的速度都慢許多」的證據。把調查筆記本發下去，找一個學生大聲朗讀出第 5 頁的重要概念。

3. **介紹氣球展示** 告訴學生：待會將氣球與水球加熱，在觀察展示的時候，需要思考重要概念。

4. **加熱氣球** 向學生展示充氣的氣球，並且向他們描述：待會以打火機的火焰，直接加熱氣球。讓學生預測加熱後的變化，並且讓全班簡短討論想法。接下來，把火焰直接放在氣球底部。（氣球很快就會破掉）

5. **加熱水球** 向學生展示加水的水球，並且向他們描述：待會以打火機火焰直接加熱氣球。讓學生預測加熱後的變化，並且讓全班簡短討論想法並提供證據。接下來，把火焰直接放在氣球底部加熱 30 秒或更久。（氣球不會破掉）

6. **輪流發表並討論結果** 問問學生：「為什麼氣球破掉、水球就不會破掉？」並把學生的回應寫在白板上。挑戰學生，讓他們應用前一小節的證據。讓學生兩兩分組，討論幾分鐘，讓學生分享想法並提出問題。這時避免肯定或批評學生的想法，也不要回答問題。

7. **輪流發表並討論地球** 問問學生：「氣球和水球的活動，如何和地球的現象相似呢？」並請把這個問題寫在白板上。讓學生兩兩分組討論幾分鐘，讓他們分享想法並提出問題。這時避免肯定或批評學生的想法，也不要回答問題。告訴學生：將來會在一篇文章找到更多證據，可以支持想法並且回答問題。學生有機會尋求更多證據後，整個班級一起分享解釋，並且再進行一次氣球活動。

教師注意事項

每日書面反思

為什麼水被稱作「熱能儲存庫」？請以證據支持你的答案 這則提示，出現在調查筆記本第 13 頁，讓學生思考前小節學到關於水作為熱能儲存庫的概念，並讓學生審視熱能加到分子後所發生的變化。這樣一來，提示也觸及這樣的概念：水的物質比同樣體積的空氣多，因此只要溫度上升一點點，就得吸收大量的熱能。

教學常規

小節標題投影片 整套系列的教學活動裡，許多小節的開始，都會在學生進入教室之初放映標題投影片。這樣提供學生參與的機會，讓他們與夥伴討論課程的樣貌，當作是課程的引導活動。如果不方便放映投影片，也可以寫在白板上。

輪流發表 追蹤小組討論，並且確定他們彼此密切傾聽。你可能需要示範主動傾聽的技巧，也需要確定他們每人都有發言的機會。起初給予教學指示，在整個單元教學裡，學生都能與對方流暢地分享想法。

教學建議

沒有回答的問題，要如何處理？ 在討論過程，可能沒學生可以回答問題，甚至老師也沒辦法。這是個好機會，讓學生了解：不曉得答案，也可以處之泰然。教師可以順勢問學生：「**如何找出答案？**」教師可能想把問題成圖表，張貼在教室周圍。如果問題得到解決，就把答案寫進圖表。你也可以招募志願者，研究這些問題。

科學註記

為什麼氣球會破，水球不會破？ 目前還不要與學生分享解釋；他們會逐漸累積證據，並且自行想辦法應用證據。火焰接觸氣球時，球內的空氣瞬間增溫，這是因為空氣增溫前不需要吸收大量的熱能。這樣一來，熱能直接加熱橡膠，氣球就破了。而水增溫前要吸收大量熱能，因為水讓橡膠維持冷卻，因此水球不會破掉。

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？

你為什麼這樣想？

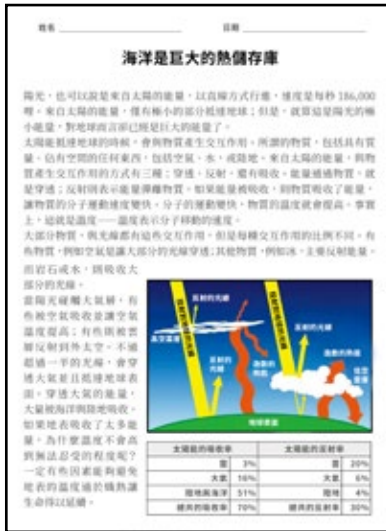
你的證據是什麼？

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？



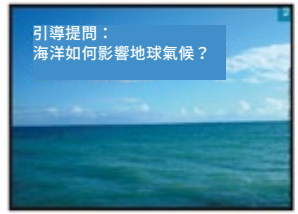
調查筆記本第 14 頁



調查筆記本第 15 頁

學生閱讀：《海洋是巨大的熱儲存庫》

1. 播放投影片、介紹引導問題 教師大聲朗讀引導問題，並且告訴學生：接下來幾個小節，將探究這個問題。

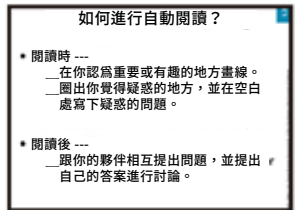


2. 介紹主動閱讀 告訴學生：他們將要閱讀一篇文章，文章將會協助他們理解氣球與水球的活動，還有活動與海洋的關聯。請這樣告訴學生：「科學家利用閱讀來蒐集證據，並且了解其他科學家的想法。科學家閱讀的時候，會主動思考閱讀的內容，也主動思考正在理解的內容。」

學生將採用主動閱讀的技能，這項技能可以協助他們以科學家的方式閱讀，並且從文章裡得到最大的效益。

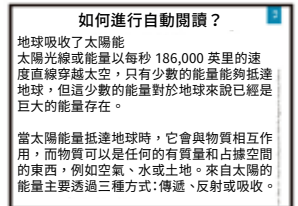
3. 播放投影片：如何主動閱讀 向學生解釋：

他們將要找出覺得有趣或重要的要點，或者讓人困惑的內容。最重要的是，要在空白處針對要點提出問題。學生也可以寫下問題，不一定要針對困惑的內容，也可以是對文本的疑問。學生完成閱讀後，可以和其他完成閱讀的同學組隊，彼此協助對方回答問題。



4. 練習主動閱讀 運用文件提示機投射「練習主動閱讀」學習單（從影印包取得），

或把相同的標題投射到壁報紙。利用文章的摘要，示範主動閱讀。給學生 1 分鐘時間閱讀一處段落，接著請自願者提出要點。請自願者針對文本提出問題，並且在空白處寫下問題。接著，投射「如何主動閱讀」投影片。當學生閱讀並且解釋文章的時候，留下投影片讓他們參考。



5. 提供閱讀的指引 發下調查筆記本，請學生翻到第 14-16 頁，標題是《海洋是巨大的熱儲存庫》。告訴學生：有 15 分鐘閱讀，至少主動閱讀兩頁、紀錄問題，並與夥伴討論。提醒學生：他們也在尋找證據，這些證據可以用來回答白板上的兩個問題「為什麼氣球破掉、水球就不會破掉？」以及「氣球和水球的活動，如何和地球的現象相似呢？」

教師注意事項

科學註記

海洋如何影響地球氣候 在本小節，學生學到：海洋就像巨大的熱能儲存庫，調節著地球的氣候。在往後小節，學生將學到更多海洋、大氣與陸地的交互作用，這些作用影響著這全球的天氣與氣候。

水分子與氫鍵 水溫升高前，會吸收大量熱能，這是因為水分子的形狀以及鄰近水分子之間的氫鍵。和大部分物質相較，要打斷液態水的氫鍵，需要耗費更多能量。這樣一來，水分子要開始更快速活動之前，需要吸收更多能量。水分子的形狀以及氧原子與氫原子之間有彈性的鍵結，受熱之際就會在原處震盪而不會彼此脫離，因此不會互相碰撞；分子要互相碰撞，才會提高溫度。

教學常規

主動閱讀 主動閱讀（active reading），就是讓學生藉由找出重要訊息、提出疑問以及傳遞讓人困擾的字句等等過程，更密切地審視說明文。大部份的學生，都沒有深入審視說明文的經驗——也就是提出重大問題並且嘗試解答的經驗。可預期的是，學生探究這樣的文體，需要練習以及鼓勵，十分值得學生投入努力。當教師引領學生投入其中，需要提供提問的範例，以協助學生理解完整的過程。

英文學習者

閱讀鷹架 英文學習者閱讀科學文本，往往面臨挑戰。根據班上英文學習者的程度，教師可以用小組方式和學生晤談，幫助他們閱讀文本。讓學生閱讀第一段並且解釋，然後停下來讓以小組方式討論。首先，協助學生總結段落，澄清不懂的單字。接下來，一起針對一個或兩個句子，畫下重點。討論任何學生提出的問題。持續閱讀，每個段落都依樣畫葫蘆。

教學建議

額外挑戰 文本第 3 頁較有挑戰性，如果學生只讀前兩頁，也是可以的。時間許可，閱讀速度快的學生可以讀第 3 頁；或者教師也可以指定這樣的學生讀完第 3 頁。

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？

你為什麼這樣想？

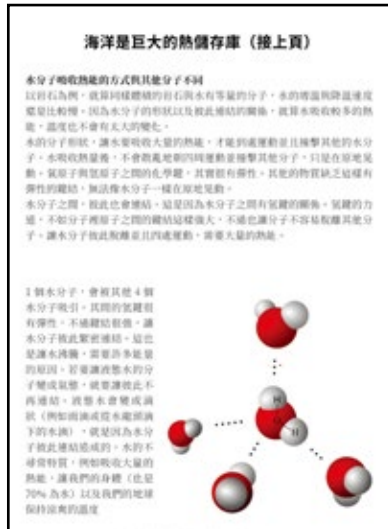
你的證據是什麼？

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？



調查筆記本第 16 頁

6. 大聲朗讀示範問句；小組討論 教師在學生當中來回走動，檢視學生提出的問題，並且大聲讀出符合話題的問題。繼續在學生當中走動，大聲讀出問題讓他們參考、讚賞好的問題，鼓勵他們提出更多的問題。約 12 分鐘過後，就算學生還沒讀完文章，開始讓他們討論問題。

7. 討論學生的問題 當學生完成閱讀而且大部分組別討論過問題，再請同學分享問題。邀請其他學生回答問題，找出尚未回答的問題。

8. 討論氣球活動的提示 提醒學生白板上的兩個問題：(1) 為什麼氣球破掉、水球就不會破掉？(2) 氣球和水球的活動，如何和地球的現象相似呢？全班討論，找出學生從文章找出的新證據，回答這兩個問題。

解決兩個城市平均溫度之謎

1. 放映投影片：英國的倫敦以及俄羅斯的佛羅尼斯 (Voronezh) 告訴學生他們將運用所學，解決投影片的兩個城市之謎。在地圖上，指出英國倫敦還有俄羅斯佛羅尼斯的位置。告訴學生：這兩個城市的緯度相同（也就是與赤道的距離相同）；而且，兩個城市的海拔（與海平面的高度）也相同。學生指出：兩個城市最大的差異，就是其中之一（倫敦）被海洋包圍。



2. 放映影片：倫敦與佛羅尼斯的溫度之謎

如果學生不熟悉攝氏刻度，請提醒他們：攝氏零度相當寒冷（相當於華氏 32 度），而攝氏 38 度很熱（相當於華氏 100 度）。問學生：「哪個城市在冬天較冷？」（佛羅尼斯）、「哪個城市在夏天較熱？」（佛羅尼斯）、「你還注意到什麼？」



3. 輪流發表：解決溫度之謎 問問學生：「倫敦不像佛羅尼斯這麼冷或這麼熱，認為原因是什麼？」鼓勵學生運用證據來支持論點。邀請學生互問問題、彼此回應；學生同意對方言論，並加上支持的論點；也可以不同意對方言論，並且解釋原因。

教師注意事項

科學註記

關於天氣與氣候 倫敦以及佛羅尼斯的資料，其實是夏季與冬季的平均溫度，並不是特定一天的溫度。這樣的溫度，表示幾個月以來的普遍天氣狀況，稱為「氣候」。氣候的測量，提供特定某天的溫度（或其他狀況）。天氣（每天都在改變）以及氣候（某段時間的趨勢）的最大分野，並非學生現階段最需要了解的；到了第三單元，提到氣候變遷之際，會有更詳盡的介紹。教師根據學生的經驗，也可能會花點時間區別天氣與氣候。

提供更多經驗

準備：找出倫敦與佛羅尼斯的位置、所在緯度以及赤道 根據學生的經驗，教師可能想要確定英國倫敦以及俄羅斯佛羅尼斯，在地球儀或 Google Earth 的位置。提醒學生這兩處的緯度以及赤道的位置，也有助於學習。教師或許會想安排簡短的討論，讓學生曉得：若對城市的氣候感興趣，注意兩個城市所在的海拔與緯度，是相當重要的。

準備：攝氏與華氏 教師可能想放映投影片或運用壁報紙，展示華氏與攝氏的不同。另外，根據學生的經驗，聚焦在夏天與冬天平均溫度的差異以及溫度計算，可能會有些許幫助。

強化：水是熱能儲存庫的證據 請學生參考 1-2 小節的科學證據圖表，指出他們已經蒐集到三種證據。讓他們回想，並且列出各項證據，證明水是熱能的儲存庫：

- 我們調查得到的證據。（學生從水瓶／氣瓶以及氣球活動，得到溫度的資料）
- 其他人調查得到的證據。（科學知識）（水分子模擬；熱儲存庫的文章；重要概念）
- 透過推理、思考以及討論得到的證據。（學生透過思考與推理，理解到為什麼裝個空氣與水的瓶子與氣球，會如此的不同）

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

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？

姓名 _____ 日期 _____

解釋倫敦與佛羅尼斯的差異

倫敦面向大西洋，但是佛羅尼斯 (Vorneseh) 不靠海。



以下圖表，顯示兩地冬季的平均溫度：

地點	冬季平均溫度	夏季平均溫度	全年溫度的差異
倫敦，英國	攝氏 4 度	攝氏 13 度	攝氏 9 度
佛羅尼斯，德國	攝氏零下 11 度	攝氏 22 度	攝氏 33 度

海洋如何影響倫敦的氣候？請提出證據支持你的想法。

(選擇利用)

調查筆記本第 17 頁

重要概念 (接上頁)

引導問題 2：海洋是以怎樣的方式影響氣候？

引導問題 3：氣候是什麼？

調查筆記本第 6 頁

4. 如有需要，督促學生討論海洋如何扮演熱量儲存庫的角色，因而影響倫敦的氣候。如果學生還不具備「海洋是熱量儲存庫」的概念，請問問學生：「我們學到海洋是熱能儲存庫，如何解釋倫敦的氣溫，不像佛羅尼斯那般嚴熱或酷寒？」（倫敦周圍的海水，夏天時吸收熱能，因此比較涼爽；冬天時，海水又釋放出熱能，因此比較溫暖）

5. 利用證據來源，解釋為什麼倫敦不像佛羅尼斯這樣寒冷或炎熱。

請提到以下各點：

- 倫敦比較靠近海洋；佛羅尼斯離海遙遠（證據就是地圖）
- 水是熱能儲存庫；水的增溫或降溫都緩慢（證據包括：水瓶／氣瓶實驗、分子模擬、氣球實驗，以及《海洋是巨大的熱能儲存庫》）。
- 海水的溫度，冬季與夏季不會變化劇烈。這樣一來，冬季的海水讓倫敦的空氣溫暖；夏季的海水又讓倫敦的空氣涼爽（這項證據來自推論）。

6. 播放投影片；學生紀錄重要概念。播放投影片，請學生閱讀。向學生強調：海洋不只是讓水或空氣更溫暖；海洋讓冷空氣增溫，讓熱空氣降溫。告訴學生：因為海洋就像巨大的熱能儲存庫，讓全球的溫度保持適中，影響所及不只是倫敦之類的沿海區域。請學生翻到筆記本第 6 頁，也就是「重要概念」那頁，在第二個引導問題下方，抄寫重要概念。如果時間許可，邀請學生根據他們在本小節學到的概念，另外添加重點。



複習氣球活動

1. 重新操作氣球活動 重新操作水球以及氣球的實驗，這次請學生摸摸水球，感受水球的冰涼，甚至水球加溫超過 30 秒後，水球依舊冰涼。提請學生：氣球與水球的實驗，更加印證了水是熱能儲存庫。

2. 預習下一小節 告訴學生：下一個小節將要讓他們持續運用證據，並且解開地球更多地區的溫度謎題。

教師注意事項

教學方針

重新操作氣球活動 學生喜歡氣球實驗，並且相當投入，可以在本小節最後再操作一次。一方面當作學生根據文章搜尋證據的獎勵，另一方面讓他們運用推理來解釋氣球活動的結果，並且將推理運用於海洋。這也給學生機會，讓他們以嶄新方式根據所學，思索氣球實驗的現象。

提供更多經驗

強化：根據倫敦與佛羅尼斯的溫度差異，寫下解釋 調查筆記本第17頁的標題是「解釋倫敦與佛羅尼斯的差異」，這個活動是選擇性質，學生根據兩地的氣溫差異，寫下自己的想法以及想法的證據。這個活動可以當作回家作業，或是額外利用課堂時間進行。如果教師決定執行這個活動，學生的書面成果可以當作是否了解「水是熱能儲存庫」以及能否運用證據支持論述的快速評量。

強化：展示重要概念 教師可以讓學生畫張圖當成回家作業。請學生在圖畫中呈現標題或有標示的圖表。可能的話，挑幾張圖畫張貼於教室。

延伸：氣球活動的額外探索 學生再次體驗氣球實驗，若有學生提出疑問：氣球裝熱水呢？這樣的質疑可以引發下個額外探索活動，探索水溫不同的效應。許多教師發現：學生面對這樣的問題與探索，會相當的投入。

延伸：本小節的反思

- 如果有人說：地球有了海洋，因此溫度變得較為溫暖。你會如何回應他呢？你同意還是不同意？請提出證據支持你的回應。
- 在美國領土，哪個區域的氣候最溫和（不太冷，也不太熱）？請提出證據支持你的回應。你如何決定回應的對或錯呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？
你為什這樣想？
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？

世界各地的溫度

在 全班共同活動過程，學生評估 4 個虛構的解釋，並且判斷解釋是否根據證據，以及證據是否夠有說服力。學生 4 個一組，討論地球上兩個溫度相關的謎題。學生學習根據以下重要概念：

- 海洋讓冷空氣增溫、讓熱空氣降溫；海洋讓全球各地的溫度變得平均。

學生也學到：

- 赤道周圍區域，從冬季到夏季的溫度變化，比極區周圍區域小；
- 赤道北部區域處於夏季，南部就是冬季；赤道南部是冬季，北部就是夏季；
- 科學解釋受到證據的支持；
- 堅實的證據，根據小心可靠的來源蒐集到的資料。

世界各地的溫度	預計時間
檢視海洋氫星球的溫度	10 分鐘
評估 4 個解釋	15 分鐘
調查謎樣的地點	10 分鐘
報告謎題	10 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-4 小節的九張投影片
- 科學證據圖表 (1-2 小節)
- (選擇利用) 大型世界地圖掛圖 * 或大型地球儀 *
- 影印包

每組學生需要

- 1 張澳洲地圖以及臨近島嶼地圖
- 1 張加州地圖
- (選擇利用) 1 個小型地球儀

每個學生需要

- 調查筆記本：第 6 頁、20-23 頁；(選擇利用) 第 18 頁 (DWR)
- (選擇利用) 影印包：神秘地點回家作業、加州地圖

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. 準備好學習單：**從影印包中，影印下列資料——
 - __ 澳洲地圖以及臨近島嶼地圖 (每組學生一張)
 - __ 加州地圖 (每組學生一張；或是你計畫指定神秘地點回家作業，那就需要每個學生都要一張)
 - __ 神秘地點回家作業 (選擇利用，每個學生一張)
- 3. (選擇利用) 蒐集地球：**這個活動，充氣或其他形式地球儀非常有用處，可以協助學生理解全球的地理特徵並以綜觀角度審視地點 (兩極、赤道或城市)，還可以檢視全球地理。互動式白板與 Google Earth 也很有幫助。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 20 頁

檢視我們海洋星球的溫度

1. 播放小節標題投影片 學生進入教室，展示小節標題投影片。課程開始前，鼓勵學生彼此討論投影片，並且預測今天的課程內容是什麼。



2. 檢視重要概念 發下調查筆記本，請學生翻到第 5-8 頁，也就是重要概念的部份。請學生大聲朗讀 1-2 與 1-3 小節的重要概念——

- 水的作用就是熱能儲存庫。水在增溫之前，吸收大量熱能；水在釋放能量並降溫之前，會長時間儲存能量。
- 海洋覆蓋地球表面 70% 的面積，海水對地球的溫度有著巨大的影響。

3. 討論赤道以及兩極的溫度 利用地球儀、地圖或世界地圖投影片，指出赤道與兩極的位置。問問學生：「關於赤道以及兩極的溫度，你曉得什麼呢？」（赤道非常溫暖；極區很寒冷）



4. 閱讀「地球受熱不均勻」的資訊 請學生翻到調查筆記本第 20 頁，標題是「地球受熱不均勻」。請一位志願者大聲讀出標題底下句子，並請分享與句子相關且符合學生經驗的額外資訊。鼓勵學生提問，並且在下方欄位作筆記。告訴學生：這些資訊將協助他們解開本小節的城市之謎。

評量 4 個解釋

1. 活動介紹 告訴學生：幾分鐘過後，他們將以小組合作方式，認識某些神秘的地點。但是剛開始，他們將審視 4 個虛構學生的解釋。學生將檢視這些解釋是否有證據支持，或者運用的證據是否可以信賴。

2. 了解夏威夷與阿拉斯加的位置 在地球儀、世界地圖或世界地圖投影片上，指出夏威夷以及阿拉斯加的位置。

教師注意事項

每日書面反思

為什麼科學家要利用模型？ 這個提示在調查筆記本第 18 頁，邀請學生總結「模型」的定義。學生可能會說：模型讓大而複雜的現象（例如海洋或熱擴張）或者非常小的現象（例如分子或熱能如何影響分子），變得簡單而容易學習。鼓勵學生舉出模型的例子，例如模擬、熱擴張瓶、氣球，還有水瓶與氣瓶。

教學方針

了解季節的成因不在本單元的範圍 爲了瞭解本小節的概念，學生需要理解：太陽以不均勻的方式加熱地球、赤道地區比極區溫暖；還有遠離極區的區域，夏季溫度高於冬季溫度。此外，還須理解：北半球的夏季，同時間的南半球是冬季。但是，除非學生已經探索過季節變化，現階段請避免提及季節變化的成因。

評量

快速理解篩檢：地球受熱不均勻 在介紹的過程中，傾聽學生的提問，並且注意學生是否理解地表溫度的差異；這樣的差異與地區距離赤道或極區有關。學生或許曉得：從赤道一路向北，溫度變化的趨勢是愈來愈冷；但是他們可能不曉得，相同的趨勢也適用於從赤道一路向南。學生要解決以下的謎題，曉得這樣的現象就變得重要。

提供更多經驗

準備：開始神秘地點活動前，學生應該知道的訊息 根據以上的快速理解篩檢，教師可能想多花些時間解釋筆記本第 20 頁標題下的內容。教師可能想用地球儀或世界地圖，協助學生應用這些概念。舉例來說，教師可以問學生：「**如果現在美國是夏天，阿根廷是什麼季節？**」、「**紐西蘭或者澳洲北部，哪個區域比較溫暖？**」

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

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？

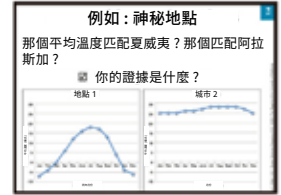
你同意嗎？為什麼？

你不同意嗎？為什麼？

我們有多大的把握？

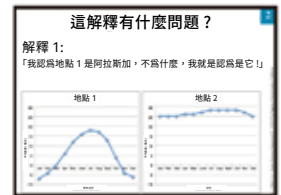
要怎麼辦，我們才能更有把握？

3. 播放投影片，例如「神秘地點」並且教導學生閱讀溫度圖表。學生根據兩張溫度圖表，指出 X 軸（一年的月份）還有 Y 軸（平均溫度），教師問學生：「哪個圖表示較溫暖的平均溫度？」（地點二）、「哪個圖表示冬季到夏季的溫差較大？」（地點一）

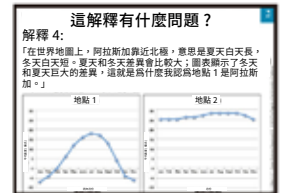
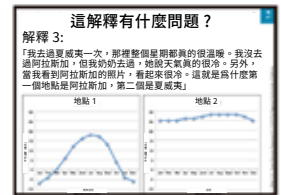
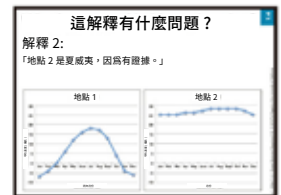


4. 輪流發表神秘地點。讓學生安靜思考一分鐘，想想怎樣的氣溫匹配夏威夷、哪個氣溫匹配阿拉斯加，並請學生與夥伴分享想法。提醒學生：討論可以支持想法的證據。
5. 學生分組討論哪個是夏威夷的溫度、哪個是阿拉斯加的溫度。幾分鐘過後，讓全班共同討論，並請志願者上台解釋想法並提供支持論點的證據。教師應該接受所有想法，讓學生探索證據並推論，此時不要指正學生的想法。
6. 檢視科學證據圖表。把學生的注意力引到圖表，並提醒學生：證據可能來自我們的探索，或來自他人的探索，或者來自推論。

7. 播放 4 張解釋想法的投影片，說明錯在哪裡。每張投影片，都讓學生討論片刻，並引導他們說明哪裡有錯：



- a. 解釋 1：只有選擇，沒有提供證據。
- b. 解釋 2：只說出「證據」，沒有提出確定的證據。
- c. 解釋 3：沒有針對溫度差異提出推論。有些證據支持解釋，但是有的只是個人觀察。如果提出長期間的仔細觀察證據，就會好點。
- d. 解釋 4：這是好的解釋，因為運用了證據且說明證據來源。證據配合解釋，且言之成理。



教師注意事項

提供更多經驗

準備：折線圖 如果學生沒有許多繪製圖表的經驗，你可能想多花些時間訓練他們判讀圖表。請學生翻到筆記本第 21 頁的「神秘地點」，集中注意力觀察地點 G。請學生找出三月的圖表，然後問他們：「**從三月到五月，此地的平均氣溫是上升還是下降？**」（上升）接著，讓學生標示出圖表中最高溫度（七月的時候，約攝氏 37 度）還有最低的溫度（十二月和一月，約攝氏 14 度）。問問學生：「**七月的平均溫度，比一月高出幾度？**」

教學常規

輪流發表 這裡的教學常規，讓學生快速討論學到的想法，並且讓大家都參與討論的機會。這樣的活動，對英文學習者或是不習慣在眾人面前發表的學生特別有幫助。這是活化先備知識、分享想法以及反思學習的好機會。

教學方針

瑕疵的理由 這個活動，設計來強調好的科學解釋所需要的要件：科學方式蒐集證據、證據支持解釋的推論，還有想到科學論述的理由以及機制。瑕疵的解釋以及好的解釋並陳，幫助學生避免呈現想法時常見的缺失。

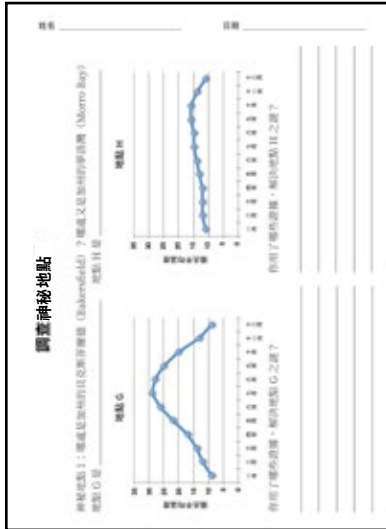
科學語言

科學字彙

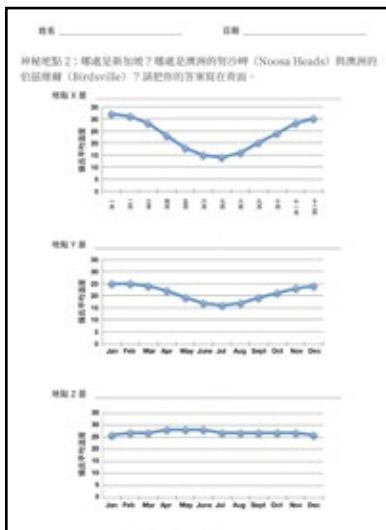
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？
你為什這樣想？
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？



調查筆記本第 21 頁



調查筆記本第 22 頁

8. 播放投影片：如何完成好的科學解釋？

總而言之，請向學生強調：好的科學解釋，有堅實且可靠的證據支持。審視投影片上三個要點：證據支持解釋；證據根據小心蒐集到的資料以及資訊，以及證據來自可靠的來源。向學生指出：隨意的觀察（例如學生注意到夏威夷氣候炎熱），並不像長期蒐集的測量那樣可靠。進行下個活動時，投影片還是留在牆上。

如何完成好的科學解釋？

- 證據支持解釋。
- 證據根據小心蒐集到的資料以及資訊。
- 證據來自可靠的來源。

調查神秘地點

1. **預習指示和活動** 讓學生翻到第 21-23 頁的「神秘地點」，並向他們解釋：待會 4 個人一組，一起分享材料並且解決謎題。

- 小組討論想法** 告訴學生：小組的每位成員，都需要呈現自己的想法以及證據，共同解決謎題。每組都有兩張地圖，並請他們仔細審視地圖，解決每個謎題（澳洲以及臨近島嶼，還有加州地圖）。如果每組都有地球儀，也要如此提醒他們。
- 把答案紀錄在筆記本** 一旦每個成員都確定謎樣地點的位置，請把結果紀錄在筆記本第 22-23 頁，並且至少寫下一項證據。
- 同意後再繼續** 提醒學生：一次針對一個謎題，在每組成員尚未達成協議、還沒被對方證據說服之前，不要嘗試下個謎題。

2. **發下資料** 給每組發下地圖影本，或小型地球儀（選擇性發放）。

3. **神秘地點的緯度和海拔都差不多** 請向學生指出：這兩處或三處地點的緯度（離赤道的距離）以及海拔（離海平面的高度）都差不多，因此討論溫度差異之際，可以排除這兩項因素。

4. **教師來回巡視小組** 教師在教室來回走動，鼓勵學生討論想法和證據。根據先前好的科學解釋的準則，激勵學生討論證據的效力。

5. **提醒學生可用的資源** 提醒學生：調查筆記本收錄的重要概念，這些資料等於室額外證據，可以幫他們解決謎題，並告訴他們閱讀 20 頁「地球受熱不均勻」的資訊。

教師注意事項

教學建議

小組各有不同速度 小組不一定都需要解決兩道謎題。如果大部份小組都無法在規定時間解開第一個謎，請提供額外時間，或把第二道謎當作回家功課。

英文學習者

獎勵參與 小組活動，對英文學習者大有幫助。他們在較低風險的狀況下練習英文，而不需要冒較高風險在全班面前發表；此外，他們還可以向同伴尋求概念澄清。另一方面，這樣的活動也有風險，就是英文學習者無法全程參與。在小組開始解謎之前，請提醒學生：萬一有組員沉默寡言，其他組員有責任詢問該員的想法並確定該員理解任務需求。小組活動之際，教師應該來回走動，監控討論狀況。如有需要，教師應當示範邀請組員參與的方式。



學生學習單



學生學習單

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？
你為什這樣想？
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？

教師注意事項

科學註記

神秘地點的正確解答：學生尚未提供解釋與解答前，先不要透露正確答案。

神秘地點 1：地點 G 是貝克斯菲爾德、地點 H 是夢洛灣。

神秘地點 2：地點 X 是伯茲維爾、地點 Y 是努沙岬，地點 Z 是新加坡。

提供更多經驗

強化：示範重要概念

讓學生以畫圖方式，呈現重要概念。圖畫可以張貼在教室內，讓學生牢記重要概念。

延伸：神秘地點回家功課

這是選擇性的活動，學習單在影印包中。學習單提供額外機會，讓學生利用證據提出說明，解釋為何夢洛灣與貝克斯菲爾德的平均溫度，與距離海岸的遠近有關。班級討論同樣城市，不僅僅是提供絕佳機會評估學生理解「海洋是熱能儲存庫」的概念，也評估他們運用恰當、可靠證據產生解釋的能力。如果教師選擇這個活動，需要提供每個學生一張「神秘地點學習單」與加州地圖（都可在影印包中找到）。

延伸：反思本小節的提示

- 好的科學解釋，要如何達成？
- 面對住在美國中部的朋友，要如何解釋，才能讓他理解為何濱海區域的溫差小於中部的區域？

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

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？

漂浮氣球的秘密

開始，學生目睹 4 個不同顏色的氣球，每個氣球裝著神秘物質，然後放進水盆。學生發現：有些浮著，有些下沉。學生為了解開氣球之謎，四個人一組，以不同溫度與顏度的水灌入氣球，測試氣球在水中沉或浮。本小節將介紹密度的概念，學生運用這樣的概念解決謎題。接下來的小節，學生還會有許多機會探索密度。學生的學習聚焦於以下的重要概念：

- 任何一種物質，例如水，分子較緊密，密度就變大；分子較稀疏，密度就變小。

學生也學到：

- 不管物質或溶液，分子排列緊密的程度，測量的結果就是密度。

漂浮氣球的秘密	預計時間
利用分子卡介紹密度	10 分鐘
介紹漂浮氣球之謎	10 分鐘
調查秘密	20 分鐘
討論小組結果以及神秘氣球	5 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

全班需要

- 1 個透明塑膠水盆 (5 加侖)
- 水 *
- 3 個盤子
- 1 袋冰塊 *
- 1 滿匙的鹽
- 4 種不同顏色的麥克筆
- 紙膠帶
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-1 小節的 5 張投影片
- 4 個氣球，每個不同顏色 (老師示範用)
- 早餐用大小的碗 *
- 電熱水壺或熱水
- 冰櫃或冰桶
- 2 張壁報紙
- 1 枝油性麥克筆
- 播放設備 *
- 5 張 1-5 小節投影片
- (選擇利用) 影印包

每個組學生需要

- 2 套分子卡
- 1 個自助餐盤
- 1 個漏斗
- 1 個透明塑膠杯 (9 盎司)
- 3 個氣球 (同色)
- 3 張便利貼
- 2 個迴紋針 *
- 1 個湯匙
- 1/4 杯 (4 匙) 鹽
- 1 個紙杯 (8 盎司)
- 1 個水箱 (1.5 加侖)
- 1 張資料單以及 1 張指引單

每個學生需要

- 調查筆記本：(選擇利用) 第 24 頁
- (選擇利用) 影印包：解開漂浮氣球之謎

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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.lawrencehalloffscience.org/oss68 或是資源光碟。
2. **準備冰氣球：**將 4 個不同色的氣球放置一邊，以備教師展示用。把 4 個氣球的其中一個裝水，確保裡頭沒有空氣。用漏斗以及杯子灌水，直到氣球寬度達到 1 1/2 吋到 1 3/4 吋。把這個氣球放進碗中，然後放進冰庫將氣球凍住，直到展示時才取出。其他 3 個展示用氣球，保持同樣大小，也就是寬度 1 1/2 吋到 1 3/4 吋。
3. **製冰：**你需要一袋冰，或等量的冰塊。為了保持冰在教室維持低溫，把冰放進冰櫃。
4. **準備盤子：**每組都需要把下列器材放在盤子上 (參考第 54 頁圖 1-5)：
 - 1 根湯匙
 - 1 個漏斗
 - 3 個氣球 (以油性麥克筆標示 1、2、3)
 - 1/4 杯的鹽，放進 9 盎司的塑膠杯
 - 1 個紙杯
5. **影印學生學習單：**從影印包影印以下學習單。
 - 分子卡 (每兩個學生一張)；把 6 張卡剪開，用迴紋針把成套的卡固定住
 - 氣球調查資料學習單 (每組 1 張)
 - 氣球調查指南 (每組 1 張)；附上 3 張便利貼
6. **製作圖表：**利用麥克筆以及壁報紙，製作以下圖表：
 - 漂浮氣球謎題展示 (第 59 頁圖 1-6；只寫標題並且畫出沒有氣球的水箱)

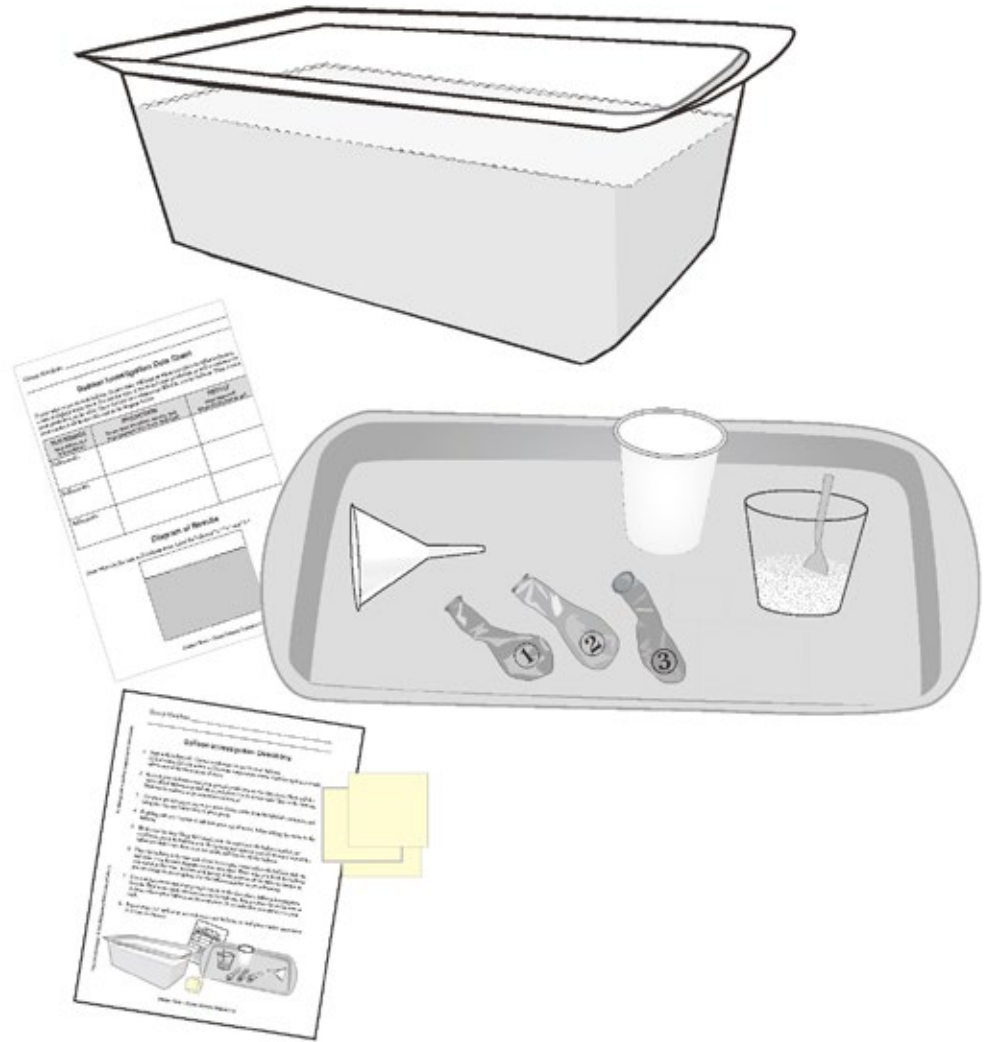
科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



(圖 1-5) 把器材放進各別盤子，好方便配發給學生

準備上課了（接上頁）

__氣球調查結果（參考第 63 頁圖 1-7；只寫標題並畫出沒有便利貼的水箱）。把圖表放在學生唾手可得、方便紀錄之處。

上課前的一點時間

1. 設置好各水站 利用盤子，設置好 3 個水站，每個水站都可以讓幾個學生立刻操作。標識每個盤子的水溫：

__**冷水**：把水和冰放在一個盤子，冰的量要夠、讓水夠冷，但是水的量也要夠。

__**熱水**：用很熱的自來水，或把水放進電熱壺加熱，把熱水放在另一個盤子。水摸起來很熱，但是不要熱到燙傷。

__**室溫的水**：另一個盤子放自來水，讓水達到室溫，約攝氏 22 度。

2. 測試水盆裝水 把溫水（攝氏 34 度）放進 5 加侖水盆（教師展示用），並且標識「微溫的淡水」。把溫水（攝氏 34 度）加進學生的水箱，加到約 5 吋深（幾乎到滿水位）。

3. 準備剩下的展示用氣球：別讓學生發現氣球內灌什麼。利用漏斗（或滴管）把水站的水灌進去，如同學生的操作方式。確定每個氣球大小相同（寬度不要超過 1 1/2 吋到 1 3/4 吋）。注意：綁緊氣球，確定裡頭沒有空氣：

__**冷水氣球**：從冷水站裝冷水；把氣球放進冷水盤，讓氣球維持低溫；

__**熱水氣球**：從熱水站裝熱水；把氣球放進熱水盤，讓氣球維持高溫；

__**鹽水氣球**：以杯子裝室溫水（攝氏 22 度），裝到 1/3。加 1 滿匙的鹽，水和鹽充分混合，灌進氣球。

4. 集中 4 個教師展示用氣球 本小節課程開始前，把冰氣球從冰庫取出，並且把其他 3 個氣球（冷水、熱水和鹽水氣球），與教師用展示 5 加侖水盆放在一起。

科學語言

科學字彙

吸收

大氣

氣候

凝結／凝結作用

海流

密度

蒸發／蒸發作用

證據

熱能

熱能儲存庫

物質

模型

分子

降水

水循環

水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？

你為什麼這樣想？

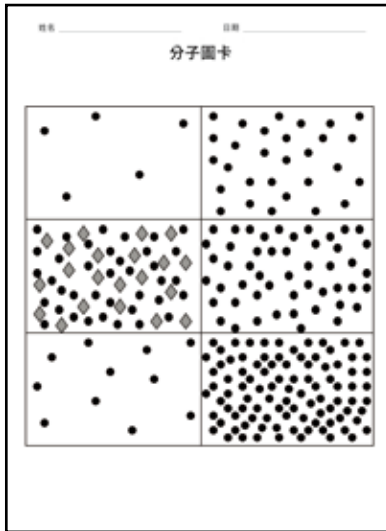
你的證據是什麼？

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？



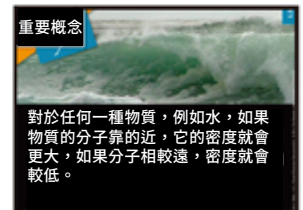
學生學習單



調查筆記本第 6 頁

利用分子卡介紹密度

- 1. 水與分子** 提醒學生：所有物質，包括水與空氣，都由分子組成。讓學生回想氣瓶與水瓶活動的分子模擬，並且問學生：「水分子或空氣分子，哪個分子間的距離較遠？」（同樣的溫度下，空氣分子間的距離，比水分子間的距離遠得多）
- 2. 介紹分子卡** 告訴學生：每組都會發到一組「分子卡」（Molecule Cards）。這些卡片，表示水與空氣分子關在密封瓶子的狀態，如同在水瓶／氣瓶的分子一樣。學生兩兩一組，分辨哪張卡片的狀態屬於水分子、哪張屬於空氣。把成套卡片發給各組，提醒學生要討論他們的推論。
- 3. 小組分享** 過些時間，請學生拿出代表水分子的卡片，再拿出代表空氣分子的卡片。舉牌的時候，提醒學生觀看其他人的卡片。
- 4. 向學生解釋：沒有標準答案** 各組可能挑選不同的卡片，這時告訴他們，選項有許多種。不管他們選擇哪兩張卡片，代表水分子的那張，就是分子排列比空氣緊密的那張。
- 5. 播放投影片並介紹引導問題** 播放新的引導問題，讓學生大聲朗讀。
- 6. 介紹密度** 告訴學生，「密度」就是測量物質或溶液分子緊密的程度，例如水分子的緊密程度。告訴學生：他們在小節的所有後續活動，會學到更多水與空氣密度的課程。
- 7. 播放投影片；學生紀錄重要概念** 播放重要概念的投影片，讓學生大聲朗讀。接著請學生翻開調查筆記本第 6 頁的重要概念，請他們把概念抄錄在引導問題 3 下方的欄位。收回分子卡，以備下次再用。



教師注意事項

每日書面反思

到目前為止，你從模擬以及活動，發現分子與熱能有什麼關係？

這個提示在調查筆記本第 24 頁，要學生思索觀察以及先前關於分子與熱能的活動。這樣的思索，讓學生做好準備，進入本小節更深入的密度主題。

科學註記

關於非分子組成的物質 有些物質，例如純金屬，是由單一、非鍵結的原子而非分子構成，因此以分子來描述這樣的物質，並不夠精確。在這個小節，若不要細究，也還可以接受；學生將在後續的學習接觸原子與分子。

教學常規

分子卡 在本小節的所有教學過程，學生都會用到分子卡。分子卡等於是視覺化的教具，讓學生可以討論密度。特定卡片來表示水分子或空氣分子的推論，比選了哪張卡片來得重要。以下的訊息，不需要在上課場合傳遞：最少分子的卡片，表示空氣分子；兩種分子的卡片，表示水溶液，例如鹽水。其他 3 張卡片，表示水分子在不同溫度的狀態。

教學方針

為什麼我們要以這樣的方式呈現密度 在本單元，學生投入關於分子距離的觀察與討論，學習密度的概念。這樣一來，等於鼓勵他們測試自己的想法，並且提供扎實的理論基礎以及應用理解的機會，讓他們學習這個通常都是困難的主題。如果學生的經驗夠多，教師也可以介紹密度的方程式，但是我們還是建議教師，學生有更多經驗浸淫在密度的課程後，再介紹方程式。

評量

快速理解篩檢：兩兩分組討論分子卡 學生兩兩討論分子卡、決定卡片代表水分子或空氣分子之際，請教師聆聽他們的理由。學生應該會提到兩個加熱的瓶子（水瓶／氣瓶），並應該提到同樣大小的瓶子之內，水的物質（分子）應該多過於空氣。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

介紹漂浮氣球之謎

- 1. 介紹漂浮氣球的展示** 告訴學生：以 4 種不同的水，將氣球灌滿，再把氣球放進裝溫淡水的透明水箱，並且標識裝著的是淡水。提醒學生：「淡水」是沒有含鹽分的水。告訴學生：待會把 4 個氣球的狀態，以畫圖的方式紀錄在「神秘氣球展示」圖表上（圖 1-6）。
- 2. 把氣球放進水箱** 把氣球放進水箱，一次一個，請學生細心觀察。（別讓學生發現，教師從何處取來氣球，也別讓學生觸摸氣球，免得露餡）氣球放進去 30 秒後，以素描的方式畫出氣球最後在水箱的位置、讓標識出氣球的顏色，在圖表上紀錄結果。請學生仔細畫出氣球的位置，有可能兩個氣球都在水箱表面，但是一個浮出的高度稍微高些，這樣的差異都要反映在圖表上。
- 3. 再次審視氣球位置** 讓學生持續觀看水箱片刻，觀察任何的變化。（幾分鐘過後，冷水球會些微上浮）
- 4. 輪流發表** 讓學生進行輪流發表，根據氣球的沉浮以及在水箱的相對位置，與夥伴討論差異的原因。
- 5. 宣布下次的調查** 告訴學生：老師不會公布到底氣球裡頭裝了什麼；相反的，學生要進行同樣的觀察，然後蒐集證據。學生待會要作出和老師同樣的結果。

調查秘密

- 1. 解釋程序** 向學生解釋：4 個人一組，決定哪種液體裝進哪個氣球，並且預測在溫淡水中沉浮的狀況。他們有這些選擇：(1) 冷水；(2) 熱水；(3) 室溫的淡水。如果學生預測加鹽與教師展示有關，他們也可能把鹽加入任何一個氣球。

教師注意事項

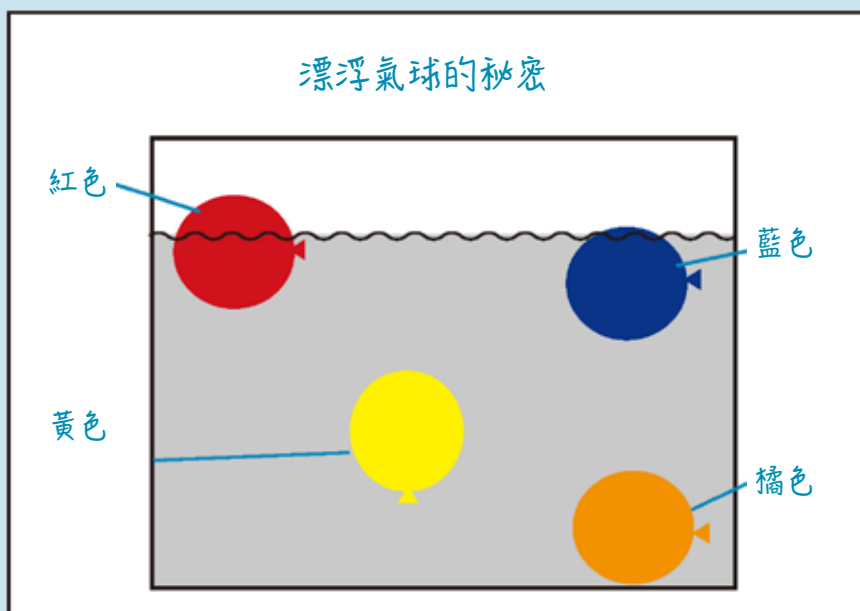
教學方針

理解密度的期待 這是本單元第一次正式用到「密度」這個名詞，根據學生的經驗，這可能也是學生第一次聽到概念的科學解釋。不過在此請老師安心，在這個階段不一定非得讓學生完全理解密度。在本單元後續課程，學生會調查密度的不同面向。學生將理解分子運動以及在不同密度下分子間的緊密程度。最後，學生會接觸密度讓大氣以及海流運動的介紹。

教學建議

不要透露氣球的內容物 不要告訴學生展示氣球的內容物，直到下個小節，這點很重要。也要小心，避免讓學生發現教師從何處取來氣球，也不要讓學生觸摸氣球。教師保守秘密，等於是鼓勵學生用自己的實驗證據，了解神秘氣球的內容物。

有些教師這樣做：個別學生完成圖表 教師也可以讓個別學生完成自己的圖表，也就是每個學生都有一張氣球調查資料學習單（收錄於影印包），而不是小組完成調查。



(圖 1-6) 學生比較圖表與結果的差異

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



學生學習單



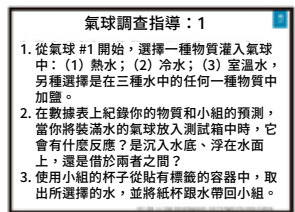
學生學習單

2. 學生一次測試一種物質 學生把溶液灌滿氣球並且把氣球放進水箱，小組觀察 30 秒，並且紀錄氣球沉下或浮起，還是在液面或箱底中間載浮載沉。接下來，小組再測試另外的液體。這個實驗的重點是，要測試氣球內的物質是否符合預測，而不是單單嘗試而已。如果氣球的行為和先前的展示氣球相同，證據可能透露出水箱中氣球的內容物。

3. 指定水站 向學生說明：冷水、熱水與室溫水的水站位置，並且告訴他們：如果想試試鹽水，可以用一匙鹽加入 1/3 杯的水，再把鹽水灌入氣球。請向學生強調：必須先混合鹽和水，再灌入氣球，而不是把鹽直接加入氣球。

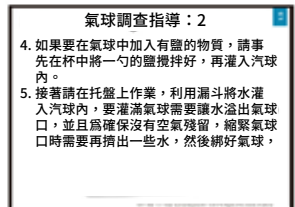
4. 展示小組器材 每組都有 1 張任務說明、1 個測試用水箱（裝了溫淡水）、1 根湯匙、1 個漏斗、3 個氣球，還有 1 杯鹽。請注意：別讓學生把雜質混入水箱中的水。

5. 播放投影片；發下學生資料圖表與說明單
播放第一個氣球調查說明投影片，並且發下 1 張氣球調查資料學習單以及氣球調查說明給每組。教師解釋投影片之際，運用例子說明小組如何完成學習單：



- 如果小組決定在氣球內灌冷水，就要在「物質」這個欄位填寫「冷水」
- 接下來，在旁邊的「預測」欄位，寫下「漂浮」、「下沉」或「載浮載沉」，還要寫下推論來支持預測

6. 播放投影片；示範灌氣球的程序 向學生示範，如何使用盤子上的紙杯，從水站取得液體。學生取完水後，回到自己桌邊灌氣球。教師示範：如何利用杯子和漏斗灌水，下方的盤子則接住漏出的水。請向學生解釋：氣球內不可以有氣體，因為有了氣體，灌了哪種液體都會讓氣球浮起來。學生把液體灌到氣球頂端，然後擠掉一點水，確保氣球內部沒有氣體，然後綁起氣球。請向學生解釋：氣球內一定要「沒有」氣體，這點非常重要。提醒學生：他們一次只能測試一個氣球、灌一種溶液。



教師注意事項

英文學習者

提升母語的運用 鼓勵英文學習者運用母語，有助於學生接受科學內容並且在課堂上更自在。對於需要討論、複雜解釋以及推理的活動，特別是這個活動，運用母語尤其重要。可能的話，指定同樣母語的學生待在同一組，並且鼓勵他們以母語討論，共同解開氣球之謎。

科學註記

關於神秘氣球的結果：別向學生透露訊息 冰氣球在水面高高浮起，室溫鹽水氣球沉到底部，熱水氣球浮在表面（比冰氣球略低），而冷水氣球一開始下沉、待會增溫後上浮。冰氣球以及熱水氣球以水平方向浮，而冷水氣球以垂直方向浮，直到溫度上升才停止。學生仔細調查之際，教師或許想仔細瞧瞧水箱，當冷水氣球開始上浮、從垂直變到水平，請學生過來觀看。

科學預測的重要 科學家通常在觀察模型、在研究室或自然界進行觀察之前，會先預測。不過，他們也曉得從觀察當中，將得到更多證據，可能發現先前的預測是錯誤的。預測的目的，並非要猜對正確答案，而是要澄清想法：怎樣的方式可行？科學家藉著預測讓思路變得清晰。如果觀察結果與預測符合，可能表示證據是支持先前想法的；如果觀察結果與預測抵觸，表示可能要修正先前的想法。

簡化變因 在科學的領域，一次測試一項事情（變因），表示彰顯這項變因對實驗結果的效應，讓你更加篤定這項變因造成了這個結果。在實驗過程，如果只改變一個變因，這表示任何引發的效應，都與該變因有關係。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？
你為什這樣想？
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？

7. 播放投影片；在兩個地點描述紀錄結果

小組在測試水箱測試過氣球，並且觀察 30 秒後，就可以在「結果」欄位依照實際狀況記錄，並且針對狀況解釋。小組也要在資料學習單的測試水槽圖，另外畫出氣球位置。請提醒學生：看到實驗實際狀況後，不要更改起先的預測內容。不過，如果氣球的起始位置改變了，可以在圖畫上添加箭頭。

氣球調查指導：3

6. 將氣球放入測試罐中，30 秒後記錄氣球靜止的位置，並將其繪製在數據表的示意圖上。寫下你認為氣球以這種方式做出反應的原因。如果氣球的位置在您進行調查時發生變化，請用箭頭標示。別忘了將氣球編號也寫上。
7. 將氣球中的物質寫在便利貼紙上，也將氣球在水缸中 30 秒靜止的位置紀錄在便利貼紙上，最後將氣球調查的結果貼在課堂上，與同學分享及討論。
8. 重複 1 到 7 的步驟完成所有的物質氣球調查，或是直到該清理環境的時間結束。

8. 介紹氣球調查結果圖表 教師展示張貼的圖表（圖 1-7），並且告訴學生：完成氣球調查後，希望每組派出 1 人，在班級共同的圖表記錄各組結果。如何利用便利貼紀錄水的類型，教師也需要向學生描述。學生紀錄完後，把便利貼公布在班級圖表，展現氣球是否下沉、上浮，或者載浮載沉。在測試水箱觀察氣球 30 秒後，鼓勵學生把便利貼放在圖表，以呈現氣球的相對位置。如果氣球在調查過程改變位置，也可以記錄於圖表。

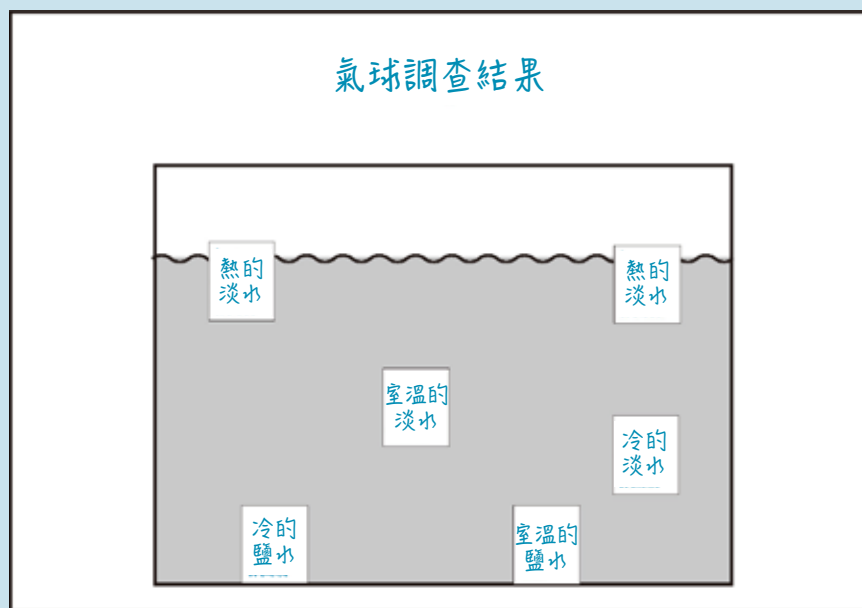
9. 小組開始調查 教師問學生，是否還有問題。教師也提醒讓學生注意：實驗的過程不須趕時間，因為待會每個人都必須分享結果，就算只完成一個氣球測試都無妨。教師告訴學生：待會有 12—15 分鐘可以操作，說完就讓學生開始動作。

10. 教師四處遊走 教師在教室內四處移動，鼓勵小組討論預測，並且在資料學習單紀錄推理的內容。教師也要提醒學生，在班級圖表紀錄結果。給學生 5 分鐘時間收拾用具，並且最後 1 分鐘時發出警告提醒。如果學生尚未在大張班級圖表紀錄結果，也請提醒他們。

11. 終止活動 本小節結束前 5 分鐘，或者每組至少完成並記錄一個氣球測試，讓活動結束。請各組派 1 人移動水箱與分盆的教具，移動到沒有學生的區域；令每組保存各自的數據學習單。

教師注意事項

室溫的鹽水



(圖 1-7) 氣球測試完成後，每組派出一人，把便利貼黏貼在氣球對應的位置，再把圖表張貼在教室內。這將是分享班級結果過程中，非常有力的視覺工具。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

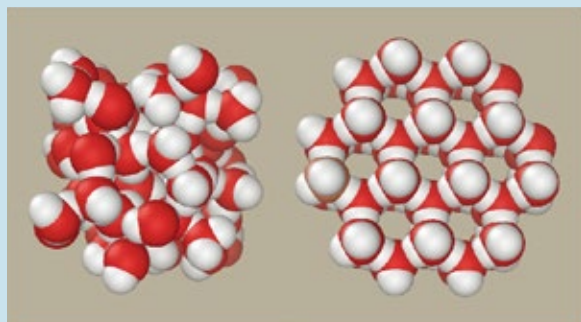
科學論證

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？

教師注意事項

科學註記

關於水的獨特性質 水是一種特別的物質，固態（冰）的時候，密度反而變小。這是因為水分子間的氫與氧原子的排列方式，形成固態時會讓彼此無法緊靠。水變成固態的過程，分子形成的晶格（lattice）構造，比原先的液態構造較為鬆散。



（圖 1-8）水分子的行為，跟你的想法恰好相反。水分子在液態時（左邊），排列比在固態時緊密。因為冰的水分子彼此距離較遠（右邊），因此密度反而比水小

提供更多經驗

強化：畫圖呈現重要概念 讓學生在本小節的開始，呈現重要概念。學生應該以標示或文字，解釋畫作內容。

強化：替神秘氣球寫作 可能的話，請每個學生寫下解釋，告訴大家一個神秘氣球的內容物，並且呈現支持想法的證據。給每個學生影印一張解決漂浮氣球之謎的學習單（收錄於影印包），讓學生在課堂上完成，並請他們與組員討論證據。這樣的過程很有助益，也可以把學習單當作回家功課。

延伸：反思小節的提示

- 氣球在水中的沉浮，與密度有什麼關係？
- 畫一張圖，並以文字預測，氣球的內容物在室溫的水裡，會下沉還是浮起——冷鹽水；室溫鹽水；冷水；熱鹽水
- 畫一張圖，比較以下內容物的分子會怎樣分布——冷鹽水；室溫鹽水；冷水；熱鹽水（這個提示，非常適用於進度超前的學生）

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

氣球模擬

學

生審視上小節的氣球調查，解開漂浮氣球之謎。學生透過討論以及快速寫作的功課，連結氣球的測試結果以及分子密度的概念。最後，小組設計並測試更多的氣球實驗，這次再加上電腦模擬。學生的學習聚焦於以下重要概念：

- 密度較大的物質，會沉到密度較小的物質下方。

學生也學到：

- 有兩種方法讓水的密度變大：(1) 溫度降低；(2) 水中加入其他物質，例如鹽。這兩種方式，都會讓固定空間的分子變多，而且分子間的距離變短、排列變得緊密。
- 冷水比熱水的密度大；較鹹的鹽水，密度大於比較不鹹的鹽水。

氣球模擬	預計時間
審視漂浮氣球之謎的結果	5 分鐘
從分子與密度產生連結	15 分鐘
設計氣球模擬的調查	10 分鐘
執行氣球模擬的調查	15 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

你需要以下項目

全班需要

- 「液體密度」的模擬
- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-6 小節投影片
- 漂浮氣球之謎展示圖表 (1-5 小節)
- 氣球調查結果圖表 (1-5 小節)
- 紙膠帶
- 3 個透明塑膠杯 (9 盎司)
- 彈珠
- 3/4 杯的鹽

每組學生需要

- 2 套分子卡 * (1-5 小節)
- 完整的學生學習單，氣球調查資料學習單 (1-5 小節)

每位學生需要

調查筆記本：第 5-8 頁；第 26-27 頁；（選擇利用）第 25 頁

* 不包括於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. 準備彈珠杯子：**兩個杯裡裝彈珠，裝到 3/4 滿。測量 3/4 杯鹽，倒入第三個杯子
- 3. 預習模擬：**在課程開始前，播放《液體密度》，直到教師認為可以順利進行本小節實驗為止。嘗試以分子的觀點，詮釋氣球的現象。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

編者姓名： _____

汽球調查資料單

決定好要在汽球放進怎樣條件的液體，預測汽球在溫水槽的位置。請在下方表格紀錄液體的條件與預測，以及預測記錄的過程。等到第一種和第二種填寫完畢，就可以把汽球放進水槽。然後，記錄結果並畫出汽球的位置。

預測	結果	結果
預測在汽球內加入什麼？	你認為汽球會沉、會浮、或是沒有改變？ 它會浮？或是沉？或是什麼？	結果是沉了？ 浮了？或是沒有變？
汽球 1:		
汽球 2:		
汽球 3:		

汽球的位置圖

請標出汽球的位置，並標明汽球的編號。(1、2、3)

學生學習單

審視漂浮氣球之謎的結果

- 1. 複習資料** 讓學生維持前小節的組別，同樣 4 人一組。發下個別完成的氣球調查資料學習單。讓學生簡單複習學習單以及班級圖表的資料，也就是漂浮氣球之謎展示以及氣球調查結果等圖表。
- 2. 簡短討論結果** 問問學生：「**根據你們的測試，哪個氣球在室溫水箱裡沉下去？**」（不管其他的回應是什麼，確定學生都同意灌室溫鹽水的氣球會下沉）問問學生：「**哪個氣球會浮上來？**」（熱水氣球）
- 3. 簡短討論每個神祕的氣球** 審視各組討論的神秘氣球內容物。如果前一小節沒時間討論，此時邀請學生分享。
- 4. 審視小節最後、神秘氣球的證據** 學生可能注意到：有個神秘氣球（冷水氣球）起先下沉，但是後來開始上浮。（這是因為氣球的冷水上升到室溫的關係）鼓勵學生運用這個線索，當成是額外的證據，在決定這個因為時間而變化的氣球內容物，判斷哪個想法是正確的。最後，確定兩個下沉氣球的內容物並不相同：其中一個是灌冷水，後來加溫後就上浮；另一個是灌了室溫的鹽水。上浮的氣球，分別灌了熱水以及冰。

教師注意事項

每日書面反思

關於不同液體的密度，寫下目前為止學到了什麼 這個提示，標示在調查筆記本第 25 頁。教師請學生回想上個活動，並且用「密度」來呈現目前的認知。寫作也讓學生準備好本小節的氣球模擬。

教學建議

審視神秘氣球的時間，保持簡短扼要 除非上課時間夠長，花 5 分鐘審視前一小節的結果即可；盡量把時間花在以下的活動。

向學生解釋：為什麼冰凍的水，密度比較小 如果學生問起：為什麼較冷的冰，會浮在室溫的水面上，請告訴他們：水在冷凍後，分子間的距離反而比在液態時更大。這樣一來，冰的密度就低於水，這就是冰會浮在水上的原因。教師也可能想要告訴學生：冰凍的過程，往往讓其他物質的密度變大，而水卻是特例。不然，教師也可以先不告訴學生理由，而是告訴他們：待會可以設計電腦模型，然後測試冰氣球內的分子如何排列。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

重要概念 (接上頁)

引導問題 2：海洋是以怎樣的方式影響氣候？

引導問題 3：寒流是什麼？

調查筆記本第 6 頁

從分子與密度產生連結

1. 複習重要概念 告訴學生：他們要運用學到的分子與密度概念，理解氣球測試的結果。發下調查筆記本，請他們打開第 5-8 頁的重要概念，並且大聲朗讀以下兩個 1-1 與 1-5 的重要概念：

- 當能量加入水中，水分子之間的距離會愈來愈遠，這樣讓水的體積變大。
- 對於任何一種分子，例如水，分子間的距離變小，密度就變大；分子間的距離變大，密度就變小。

2. 播放投影片；學生紀錄重要概念 播放重要概念的投影片，請一位學生大聲讀出。讓學生把重要概念寫在第三個引導問題下方的欄位，並且問他們：「**哪個密度大？熱水或是冷水？**」請一位志願者回答問題，鼓舞他解釋原因。（冷水的分子間距離較小，因此密度較大）



3. 密度模型與彈珠杯 展示模型，有助於解釋為什麼灌鹽水的氣球會沉。把兩個透明彈珠杯舉起來，告訴學生：彈珠好比水分子。把鹽加進彈珠杯，讓學生目睹鹽顆粒填滿分子間隙。

4. 為什麼鹽水的密度較大 向學生解釋：鹽水的密度大於淡水，這是因為在相同空間內，有較多的分子（水分子以及鹽分子）。同樣大小的杯子，鹽水的質量就是比淡水大（鹽水的總分子較多）。

5. 介紹討論 告訴學生：討論概念，是增加理解的好方法。夥伴彼此跟對方解釋，為什麼冷水氣球和室溫鹽水氣球會下沉。他們也可以討論，為什麼其他氣球沉浮的原因。請學生在討論的時候，用上「分子」以及「密度」兩個字眼。鼓勵學生用上重要概念，還有氣球調查結果圖表的資料。

6. 發下分子卡 學生在討論之際，可以運用分子卡，以方便呈現討論內容。讓每組學生都有一套分子卡。

教師注意事項

提供更多經驗

準備：重新審視模擬 根據學生分享的結果，或是他們目前的理解程度，教師可能想要重新展示 1-1 小節的模擬，讓學生再次看到熱量如何影響分子的運動。教師操弄這個變因之前，先請學生跟夥伴預測並討論：熱量加進去，分子間的距離會變大還是變小？接著再請他們討論：熱量移除後，分子又會如何。

科學註記

關於彈珠杯模型 利用兩個彈珠杯當作模型，成功展示為什麼鹽水的密度大於淡水，這是因為鹽的分子塞進水分子。當然，這樣的模型必然有不精確之處，教師也可以和學生另行討論。在這個模型，鹽分子塞進水分子的空隙；真實的狀況是，水分子比鹽分子小得多，因此不是鹽分子塞進水分子，而是鹽分子的鈉和氯原子包著水分子。（鹽溶解於水，維繫原子的離子鍵斷掉，因此原子各自分離了）

英文學習者

字彙鷹架 若更深入處理「密度」這個名詞，英文學習者的受益會更大。請學生協助你完成以下的單字圖，把圖掛在牆上。

繪圖：	使用密度的句子：
密度	
相關詞彙：	用其他語言：

科學語言

科學字彙

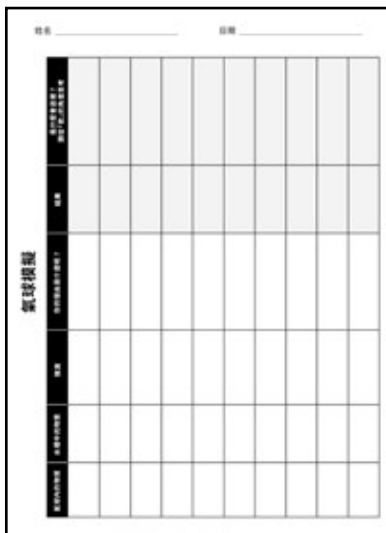
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本，第 26 頁



調查筆記本，第 27 頁

7. 輪流發表 告訴學生：有 5 分鐘討論，然後請他們開始討論。教師在教室遊走，鼓勵學生運用「分子」與「密度」等名詞，激勵他們運用調查過程以及重要概念得到的證據。提醒他們：解釋的時候，可以用到分子卡。

8. 寫寫密度 拉回學生注意力，發下調查筆記本並請他們翻到第 26 頁「1 杯水」。告訴學生：有 5 分鐘可以寫下答案、回答這個問題：「讓水的密度變大，請寫出兩個方法。」向學生解釋：這個問題的目的，是讓學生把想法快速書面化，因此不需要太在意拼字以及標點符號。再次提醒學生：解釋的時候，運用「分子」以及「密度」兩個字眼。

設計氣球模擬的調查

1. 介紹氣球模擬 告訴學生：能夠測試氣球內的許多物質，或是改變水箱內的成分，將非常的棒；這樣的調查曠日費時，也需要許多工作，卻可以幫助你們學習。接著再告訴學生，有個電腦模擬可以代勞，且省下許多困難麻煩。播放電腦模擬「液體的密度」，在螢幕上指出所有可能放進氣球以及水箱的物質。

2. 呈現調查設計過程 利用電腦模擬以及調查筆記本第 27 頁「氣球模擬」，共同設計調查方法。告訴學生：可以選擇水箱裡裝室溫水、氣球灌鹽水。請學生在頭兩個欄位紀錄這些資訊，再請全班預測：這樣處理會發生什麼？原因是什麼？再請學生把資訊紀錄在第三、第四個欄位。

3. 執行模擬並填寫結果 在螢幕上，把氣球拖曳到水箱。（結果氣球下沉）示範第五、六欄為填寫方式，分別紀錄結果與解釋。（氣球下沉；鹽水的密度高於淡水）

4. 以分子層級呈現模擬 重設模擬條件，以分子層級呈現氣球內部狀況。把鹽水氣球再拖曳到室溫水箱，請學生對夥伴描述看到的狀況。（鹽水內的東西更多了；分子間更緊密了）告訴學生：他們也可以另外細述，把解釋寫到第六欄。

教師注意事項

評量

關鍵時機：兩個方法增加室溫水的密度 教師閱讀調查筆記本第 26 頁「1 杯水」，評斷學生理解分子與密度的關聯。此時此刻，學生應當明瞭：密度就是特定物質的緊密程度。進入後續關於洋流的課程前，理解這樣的概念是重要的。如果學生有理解的困難，請考慮試試以下「提供更多經驗」的活動。

提供更多經驗

強化：都是水溶液，密度卻不同——3 杯水 請學生在紙張上端畫 3 杯水，依序標示為「冷水」、「熱水」以及「冷鹽水」。教師引導學生討論，哪杯的水密度最大並且討論原因是什麼。讓學生在杯中畫出分子，並表現出每杯密度的差異。

科學註記

體積會影響物質的密度嗎？ 學生或許會質疑，如果氣球有不同的體積，是否也會影響在水箱的沉浮呢？教師也可以問問學生：「**氣球內容物的密度，會受到內容物多少的影響嗎？**」舉例來說，如果兩個相同氣球，內容物來自相同的水瓶，其中一個只灌了一半體積，另一個則灌滿水，會影響在水箱沉或浮的位置嗎（假定氣球內沒有空氣）？有許多方式，可以讓學生調查這個問題，包括不同大小卻同樣材質的物質，像是不同大小的黏土、沙子／石頭／鵝卵石，或是不同大小、內容物相同的氣球。學生最終發現：體積並不是影響物質密度的因素，且不同大小、相同材質的物質（或是內容物相同的氣球），密度是相同的。影響密度的，是物質本身，而不是大小。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

5. 搭配電腦模擬，設計調查活動 告訴小組成員：根據喜歡嘗試的項目，設計 2-3 個調查測試活動；只能測試螢幕上的物質。每個調查活動，都必須填好調查筆記本上第一到第四欄位。學生可以討論選擇項目、預測結果，但是每個學生都必須完成各自的調查筆記本。

執行氣球模擬的調查

1. 描述調查程序 讓班級重新拾回注意力，把焦點放在調查的程序：

- a. 可能的話，每組應當輪流申請調查活動。提出申請的小組，應當宣布水箱與氣球的內容物，以及預測的結果以及預測的理由。
- b. 申請小組報告的時候，其他同學應當在調查筆記本的前四個欄位，紀錄申請小組的調查內容。
- c. 各組討論申請小組提出的預測，決定是否同意或不同意，並且提出理由。
- d. 模擬測試後，每個小組紀錄並討論結果，寫下理由解釋現象。
- e. 換下一組提出申請。

2. 小組決定調查項目 小組花 1-2 分鐘，討論最想調查的項目。

3. 執行調查 如果時間許可，盡量測試申請的項目。確定每個學生都紀錄申請項目的調查結果。

4. 預習下一小節 告訴學生：下一小節要進行水的實驗，並且學習密度的差異，如何讓地球的空氣與水移動

教師注意事項

教學建議

教學演示選項：額外的模擬 如果你覺得學生需要更多經驗，以連結分子與密度的關係，可以請全班進行額外的模擬，這次測試熱水與冷水。選擇水箱的水為熱水、氣球的水為冷水，或冷熱交換處理。讓學生與夥伴進行預測，討論水分子的狀況，然後進行模擬。（冷水的水分子比溫水的水分子來得緊密）

教學演示選項：每組使用模擬 如果可以取得多部電腦或利用電腦教室，就可以讓學生以小組方式測試各別的調查。許多教師認為，這樣的安排是可行的。SMART board 可以讓全班順利的操作模擬。

另外影印資料學習單 如果教師認為還有時間或者讓小組個別實施模擬，就可能需要額外影印調查筆記本第 27 頁（氣球模擬）的數據表格。這樣一來，學生就有更多機會紀錄資料。

提供更多經驗

強化：重要概念之間的關聯 讓學生從調查筆記本第 5-8 頁，挑選 2-3 個他們認為是彼此密切相關的重要概念；這可當作是回家作業或運用課堂上額外時間。請學生寫下一小段文字，解釋為什麼這些想法是互相關聯的。

延伸：小節的反思提示

- 描述一下：碰到從沒聽過密度的人，如何解釋密度呢？
- 解釋一下：為什麼了解密度，對研究海洋與大氣很重要呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

調查洋流

水 流動了某些時間、某種程度的距離，稱為「洋流」(current)。了解這個定義後，4 位學生一組就可以在教室周圍的 9 個模型海洋站調查洋流。每個海洋站，有顏色的水在模型海洋裡流動著，學生觀察並紀錄海水的溫度與鹽度。後續的 1-8 小節，學生將懂得詮釋結果，並學習密度的差異會讓海水以洋流的方式移動。這樣看來，本小節要學生完成的內容很多，重要概念將於下個小節呈現。學生學到：

- 密度的差異，引起洋流。

調查洋流	預計時間
介紹調查活動	10 分鐘
預測	10 分鐘
模型海洋的調查活動	25 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-7 小節投影片 1 張
- 水 *
- 3 個盤子
- 電熱壺或熱的自來水 *
- 冰箱或冰櫃 *
- 1/2 袋的冰 *
- 1 個製冰盤
- 3 瓶藍色食用色素
- 3 瓶紅色食用色素
- 紙巾 *
- 3 杯鹽
- 4 個塑膠杯 (1 盎司)
- 2 個透明塑膠杯 (9 盎司)
- 9 個自助餐盤
- 9 個透明自黏塑膠袋 (8 吋 × 11 吋)
- 9 個水箱 (1.5 加侖)
- 9 個紙杯 (8 盎司)
- 8 個圖釘 *
- 9 個長尾夾
- 9 枝紅色色鉛筆
- 9 枝藍色色鉛筆
- 8 根湯匙
- 1 個裝莓果的盒子
- 剪刀或切紙刀 *
- 9 張空白紙
- 影印包

每組學生需要

- 1 套分子卡 * (選擇利用) (1-6 小節)
- (選擇利用) 影印包

每個學生需要

- 調查筆記本：p.30-31；p.28 (選擇利用)
- * 不包含於教材

準備上課了

本小節上課前一天的準備工作

1. **如果可能的話，安排成人志工：**強烈建議，安排至少 1 位家長或成人志工，可在課間或者準備教材、善後時協助教師。
2. **準備藍色冰塊：**加 25 滴藍色食用色素到 1 1/2 杯水，然後攪拌。把藍色的水倒進製冰盤的部份，準備製作 12 塊冰。冷凍一晚，等到上課前再取出。
3. **製冰：**需要 1/2 袋的冰，或等量的冰塊。讓冰保持冷凍狀態，等到上課前再取出。
4. **裝滿水箱：**9 個水箱，裝進足量自來水，水深要 5-6 吋。讓水保持在室溫。
5. **影印紙張：**從影印包影印以下內容：
 - __ 模型海洋指引 (每套 9 張)，把指引切下來，每份都放進自黏塑膠袋。
6. **準備鹽杯：**2 個 9 盎司的杯子、4 個 1 盎司的杯子，都裝滿鹽。
7. **準備盤子：**把以下器材放在盤子上 (每個水站放 1 個盤子)。
 - __ 1 個裝室溫水的水箱
 - __ 1 個紙杯
 - __ 1 個圖釘 (除了第 3 站模型海洋)
 - __ 1 個長尾夾
 - __ 1 枝紅色鉛筆
 - __ 1 枝藍色鉛筆
 - __ 1 張空白紙
 - __ 1 根湯匙 (除了第 3 站模型海洋)
 - __ 「個別模型海洋」指引列出「你需要用品」的額外用品
 - __ 1 張標號的模型海洋指引，放於自黏塑膠袋中

上課前的一點時間

1. **把物品放在容易取得的位置** 把食用色素瓶以及紙巾，放在教室前面或是學生容易取得的位置。
2. **準備 3 種水** 每種水約準備 4 杯：
 - a. **冷水：**把冰以及 4 杯水倒進盤子，冰的量要夠，水才夠冷，但是留些空間給足量的水。
 - b. **熱水：**熱水，但是不要熱到燙手。如有熱的自來水，直接加到盤子；若沒有，請用電熱壺加熱，直到課程開始前再拔掉插頭。
 - c. **室溫水：**加 4 杯室溫自來水到第 3 個盤子。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

3 模型海洋 3 (設置淡水的水槽+藍色冰塊)	
你需要以下器材	你可觀察到
<input type="checkbox"/> 1 個裝有溫水的水槽 <input type="checkbox"/> 1 個裝滿水的瓶子 <input type="checkbox"/> 1 個膠杯 <input type="checkbox"/> 1 個膠碗 <input type="checkbox"/> 1 個高夾夾 <input type="checkbox"/> 1 塊紅色冰塊 <input type="checkbox"/> 1 塊藍色冰塊	<input type="checkbox"/> 兩種藍色冰塊
你要這樣做： 1. 把瓶內裝滿凍凍塊，舉到講台 2. 把瓶子放在水槽一角 3. 用高夾夾住瓶子 4. 再觀察一下，藍塊跟冰塊會如何？請舉出理由 5. 把冰塊放入水中，觀察發生怎樣的現象，然後紀錄結果	

4 模型海洋 4 (設置淡水的水槽+藍色冰塊)	
你需要以下器材	你可觀察到
<input type="checkbox"/> 1 個裝有溫水的水槽 <input type="checkbox"/> 1 個膠杯 <input type="checkbox"/> 1 個高夾夾 <input type="checkbox"/> 1 塊冰塊 <input type="checkbox"/> 1 塊紅色冰塊 <input type="checkbox"/> 1 塊藍色冰塊 <input type="checkbox"/> 1 小秤	<input type="checkbox"/> 藍冰塊 <input type="checkbox"/> 兩種冰塊
你要這樣做： 1. 秤出 10 克溫水 2. 把小秤放入水槽，攪拌 3. 加 20 滴食用色素於水槽，攪拌 4. 把膠杯放入水槽內的一角，舉到講台 5. 把膠杯放在水槽一角，舉到講台，而不離開水槽 6. 舉高夾夾固定膠杯 7. 再觀察一下，藍塊跟冰塊會如何？請舉出理由 8. 離開後，觀察發生怎樣的現象，然後紀錄結果	

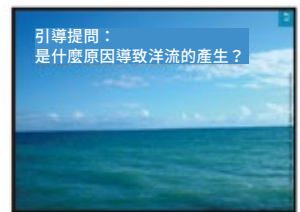
模型海洋指引學習單, 2/9

介紹調查活動

1. 定義「洋流」 告訴學生：接下來的課程，將調查洋流。所謂洋流，就是巨大的水團，經過一段時間朝著特定方向運動一段距離。河流，可說是陸地上的洋流。大氣中也有氣流——就是朝著相同方向吹拂的風。

2. 輪流發表洋流 讓學生彼此簡短討論，說出洋流是什麼，並且談談是否在池塘、河流或海洋有類似的經驗，或者置身在洋流裡的感受。請幾位志願者上台，分享他們的想法與經驗。

3. 播放投影片；介紹新的引導問題 請學生大聲朗誦引導問題。



4. 介紹調查站 告訴學生：接下來要調查 9 個分布在教室周圍的模型海洋站。每個站都是獨特的，各有各的流動方向。第一個到站調查的組，稱為「設置組」，設置組要創造洋流，讓後續參觀的組觀察洋流。到模型海洋站調查，表示學生要以文字或圖像紀錄。請教師解釋以下重要的指示，讓學生牢記在心：

- 第一組到站的同學，請仔細遵循模型海洋指引——這組是設置洋流的先驅，讓後面的組別能夠接手調查。請把白色空白紙張放在水箱下方，讓後續的組別方便觀察
- 一旦洋流設置好，就放著別再動手；請勿干擾或攪動洋流。
- 水加上食用色素，就可以讓學生看清楚洋流與流動方向。食用色素可以和任何液體混合；如果藍色冰塊開始融解，看著藍色水流的走向，就能追蹤融化的水往哪流動。
- 裝著食用色素的罐子，一定要放在教室前面。學生看到食用色素加到杯子的指示，請他們在教室前面完成。食用色素的添加量，請學生完全按照指示的量，不多也不少！然後把罐子放在教室前面。請提醒學生：食用色素可能讓衣服永久染色，操作時要小心，並且立刻擦掉溢出的色素。
- 當小組完成第一個調查（洋流設置完畢、所有組員都紀錄結果），整組就移動到下個模型海洋站。不要到擁擠的站，也不要到洋流尚未設置完成、紀錄尚未完成的站。

教師注意事項

每日書面反思

河口的河水注入海洋後，你認為河水會沉入底部，還是待在表面？或是淡水或海水很快混合？ 這個提示在調查筆記本第 28 頁，讓學生運用淡水、鹽水的密度問題，應用於真實的海洋情境。這樣的提示，協助學生連結到本單元的接續課程，讓全班得以繼續探索洋流。學生應該可以預測來自河流的淡水，和海水相較，密度比較小，因此會停留在海水上方；不過有學生可能預測，兩種水會混合（不正確的預測）。

教學方針

事前準備與清潔工作值得嗎？ 教師應該給個高亢的肯定：「是的！」本小節需要相當程度的事前準備，還有事後的清潔善後，但是都是值得的。學生發現：密度驅動洋流的重要概念，在單元往後的課程甚至是本系列的整個課程，是用以學習的基礎。

評量

快速理解篩檢：洋流生成的因素？ 學生彼此交談洋流可能的成因，請教師聆聽交談的內容。他們可能不曉得表面洋流的成因，或是鹽度、溫度差異造成的洋流。教師聆聽討論的內容，可以在學生探索這個主題之前，掌握他們的起始想法。

科學註記

關於洋流 洋流就是大量的水體，朝著相當穩定的方向，長距離移動。最強勁的洋流，延著海面運動，主要由風力驅動；這樣的洋流，分布於海洋的上層，也是人類最早觀測的海洋現象之一（學生將在本單元稍後，學習到風吹洋流）。海洋其他區域，也有較深海域流動的洋流。這樣的洋流，流動的原因部份與風力有關——主要由不同海域的鹽度與溫度差異造成。鹽度較高的海水，密度比鹽度較低的海水大；溫度較低的海水，密度比溫度較高的海水大。密度較大的海水，比較會下沉；密度較小的海水，比較會上浮。這樣一來，溫度低、鹽度大的海水，會沉到溫度高的淡水下方。密度的差異，造成垂直方向的洋流，因此把深層的海水帶往表面、把表面的海水帶往深層。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

姓名 _____ 日期 _____		調查洋流			
觀察					
預測					
結果					
1 預測水質	2 測量水質	3 測量水質	4 測量水質	5 測量水質	6 測量水質

調查筆記本第 30 頁

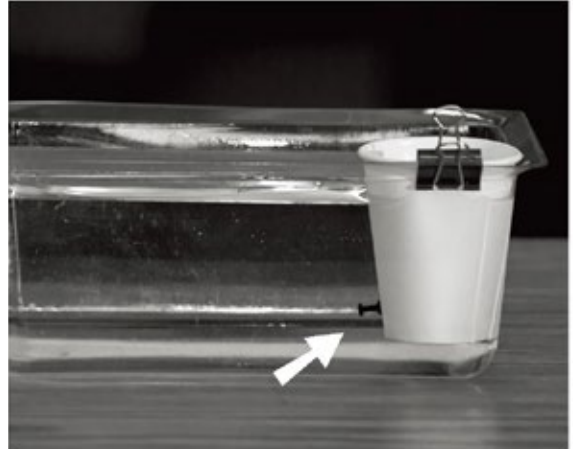
姓名 _____ 日期 _____		調查洋流 (接上頁)			
7 測量水質	8 測量水質	9 測量水質	10 測量水質	11 測量水質	12 測量水質

調查筆記本第 31 頁

5. 解釋程序 模型海洋指引告訴設置小組，應該準備什麼、需要什麼。指出學生可以得到補給的地點；分享使用熱水的安全守則。

a. 指引 確確實實依循指引。有些模型海洋需要學生在杯裡的水另外加東西，有些則要學生在水箱中加物質，有些則是杯裡和水箱都要添加。

b. 杯子以及圖釘 確定圖釘釘進杯子側邊，而不是底邊。杯子放進水箱，小洞在水下，杯裡的液體會從這裡滲出。把圖釘留在杯裡，直到指令下達移除為止。小心不要把杯子弄扁。



把圖釘釘進杯子側邊，不要釘在底邊。圖釘移除後，水會從小洞流出。

c. 長尾夾 利用長尾夾，把杯子固定在水箱。少了長尾夾，杯子會翻覆。

6. 解釋調查筆記本 發下調查筆記本，請學生翻到第 30-31 頁「調查洋流」。請學生注意：左邊羅列的 9 個站，有哪些差異。指出右邊 3 個欄位，請學生紀錄：(1) 預測；(2) 結果（文字說明）；(3) 結果（圖畫說明）。

7. 以圖畫呈現結果 請向學生解釋：請利用色鉛筆，畫出有顏色的水（洋流）如何流動。為了下個小節學習順利，這個實驗很重要。請注意：每個模型海洋站，都有藍、紅色的色鉛筆。告訴學生：不一定要以色鉛筆配合模型海洋站的水色。色鉛筆也可以描繪出可能形成的不同顏色水層。教師可以快速在白板上示範紀錄方法。

教師注意事項

教學建議

如果學生經驗較少，或是教學時間不足 教師可能會想把本小節拆成兩節實施，其中一節用來「介紹調查活動」以及「預測」，另一節則是「調查洋流」。

站的數量與小組的數量 不管小組是否是 9 組，就是要備受 9 個站，這點很重要。如果學生只分成 8 組（或更少組），教師可能要其中一組擔任超過兩個站的設置小組。這樣一來，小組不會花時間等待別組完成，會減少小組跑站的瓶頸並讓流程更順暢。

調查洋流的幾個小技巧 雖然教師都說這樣的活動沒有問題，但是以下的小技巧還是有幫助的：(1) 讓學生小心轉動圖釘，把洞弄大些；(2) 如果杯裡的液體停止流出，再添滿同樣的液體；(3) 承載水箱的桌子最好不要搖動，以確保觀察過程中，水箱的水不被擾動。

有些老師這樣做 為了節省時間，也因應不熟悉動手操作的班級，有些教師只讓一組學生調查一個站並紀錄結果，然後與其他同學分享。示範的同學樂於討論，並樂於和同學分享他們的知識。

教學方針

為什麼要讓學生每站畫圖？ 每站顯示洋流如何運動的圖畫，對學生而言，是下一小節相當重要的資源。這些圖畫，提醒學生每站海流的運動方式，協助他們以自己的觀點詮釋海流。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

預測

- 1. 三個站的預測** 告訴學生：開始調查各站之前，必須預測三個站的結果。
- 2. 班級預測模型海洋第 1 站的洋流** 全班圍在第一站，教師展示教具並說：「這水箱裝著室溫的水，杯子側邊釘著圖釘，杯裡裝著染色的熱水。」教師請學生分組預測：把圖釘拔掉，會發生怎樣的狀況？教師問學生：「染色的熱水，會往哪個方向流動？」「熱水會延著箱底流動、流向水平面，或是到處亂流？」告訴學生，請他們和組員討論、推論 1 分鐘。
- 3. 學生紀錄預測** 讓學生針對模型海洋第 1 站，在筆記本第 30 頁紀錄預測與理由。
- 4. 針對第 4 站與第 8 站紀錄預測** 向學生展示模型海洋第 4 站（水箱內室溫淡水＋杯子內室溫鹽水）與模型海洋第 8 站（水箱內室溫鹽水＋杯子內冰冷鹽水），讓他們預測圖釘移除後的狀況並且紀錄下來。請志願者上台分享預測，教師在聆聽過程，迅速把預測內容畫成圖畫，並且詢問是否準確反映預測。

教師注意事項

教學方針

為什麼只預測 3 個站？ 讓學生在課程進行前預測 9 個站的結果，將會值回票價；有時段編課 (block periods) 規畫的教師，發現這樣的設計相當有效果，但是按表操課、每堂課 45 分鐘的教師，會發現時間不夠用。因此，我們特別挑出 3 個別具意義的站，讓學生進行預測。仔細討論預測，將會協助學生了解後續的現象，也會提供額外資訊，讓他們設置調查裝備。預測之前，教師可能會鼓勵學生查閱調查筆記本第 5-8 頁的重要概念。如果在調查第 1 站才進行預測，結果會因為後續的調查而清晰明朗，預測就會變得沒有意義。

教學建議

其他教師的作法 有些老師讓全班一起預測並紀錄預測，這時老師往返各站，手持杯子向學生強調：待會要在杯裡和水箱裡要進行的步驟。其他教師則要學生運用白板筆，把預測寫在第 1 站的水箱上。

示範其中一站 有些老師發現：利用文件提示機示範模型海洋站的活動，讓學生了解設置的步驟，以及文字與圖畫紀錄的方式，非常有效率。如果課室內沒有另一位成人協助，這樣的方式很有幫助。小撇步：在水箱後面擺張白紙，洋流以及水層分層的現象，會讓學生看得更清楚。

英文學習者

鼓勵參與 雖然小組運作，讓英文學習者獲益良多，但是也有風險，那就是英文學習者可能不會完全參與。提醒學生：如果有個組員較少發言，其他組員藉著詢問他的意見並確定他了解小組任務，有責任邀請這位參與對話。教師也可以指定每個組員都有特定任務，更進一步讓全體都參與。這個活動，有討論以及設置的任務可以指派給學生：

- **設置：**(1) 裝滿杯子；(2) 用圖釘在杯子穿洞；(3) 在杯中加入食用色素；(4) 把杯子夾到水箱並且拔出圖釘。
- **小組討論：**(1) 邀請組員提出預測；(2) 邀請組員觀察結果；(3) 邀請組員摘要結果；(4) 邀請組員以密度的觀點描述各站現象。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

模型海洋的調查活動

- 1. 學生開始調查** 向學生強調：每個小組的成員，都應該承擔任務，一起討論想法、回應問題。讓學生曉得：如果在小組討論過後仍有疑問、不曉得任務需要，應該舉手發問，老師就會過來了解。讓學生了解：如果沒有完成所有站的任務，也不是最要緊的。分派每組開始第一站的任務，讓全班動起來。
- 2. 教師讓調查遂行** 教師在各組遊走，提醒學生要寫下第一站的預測，直到全班都寫下預測為止；還要提醒他們，文字與圖畫的紀錄都要。教師問學生：發生了什麼？並且鼓勵學生向教師或組員解釋結果，以這樣的方式讓學生的理解更順暢。此外，激勵學生在解釋的時候，用上「分子」和「密度」兩個名詞。
- 3. 小組到各站調查** 當有組別完成設置任務、觀察並且紀錄起始的調查，告訴他們看看哪站沒人，整組過去繼續調查。提醒學生：在各站都要仔細觀察，以文字和圖像紀錄結果；再次提醒他們，並不需要趕著完成所有站的調查。
- 4. 學生完成調查** 在時間許可的狀態下，讓學生盡可能調查各站。最後，留 3 分鐘提醒時間，要學生完成最後一站。告訴學生善後清潔的指示事項。
- 5. 預習下一小節內容** 告訴學生：下一小節，將要討論調查結果，也要運用結果學習洋流。

教師注意事項

教學建議

萬一杯裡的液體停止流動，怎麼辦？ 有時候，杯裡染色的液體，不再從小洞流到水箱。這是因為，杯裡的水位太低的緣故。如果你注意到小組這樣的問題，建議他們以更多的水倒入杯裡即可（提醒學生：要用原來杯裡的液體才行）。

教學方針

為什麼不要規定學生轉移的時間 這個活動，最好讓學生完成規定的任務，再轉移到下一站，而非教師下令讓整組同時立刻轉移。讓學生以自己的步調工作，增加了任務的參與感而非聽命令行事，他們可以自在地完成各站的觀察。但是另一方面，規定了轉移時間，也可能是好方法，教師或許也偏好這樣的策略。

提供更多經驗

強化 如果時間允許，讓學生閱讀他們在調查筆記本第 3 頁「課前想法」留下的書面紀錄，然後在底下的空白欄位，加入洋流觀察的筆記。

延伸：本小節的提示

- 海洋的哪些區域（或何時），不同的水團會混合，如同你在模型海洋觀察到的現象一樣？
- 調查過洋流後，你解釋看看：形成洋流的原因是什麼？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

瞭解洋流

學

生以分組形式，討論前小節模型洋流調查的結果。他們重新編組，向其他小組解釋第一站發生的現象，並且用溫水、冷水以及鹽水等相對密度的知識，支持他們的解釋。學生欣賞介紹對流（convection current）概念的影集，並且觀看對流如何在世界海洋移動溫暖以及冷冽海水的動畫。學生的學習，將聚焦於以下重要概念：

- 密度較大的水（較冷或較鹹）沉降，取代下方的水；密度較小的水（較熱或較淡）則被迫上升到表面。這是洋流行成的原因之一。
- 洋流將熱能分送到整個海洋。

學生也學到：

- 因為溫度與密度差異而垂直循環的洋流，稱為「對流」。

瞭解洋流	預計時間
詮釋「調查洋流」的結果	15 分鐘
介紹對流	15 分鐘
應用模型對流以了解實際洋流	15 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-8 小節的 5 張投影片
- 《對流示範》影集
- 《大洋輸送帶》動畫
- 白板 *
- 白板筆，紅、藍、黑各 1 枝 *
- （選擇利用）《模型海洋》動畫
- （選擇利用）影印包

每組學生需要

- 1 套分子卡（1-7 小節） *

每位學生需要

- 已經完成的「調查洋流」學習單（1-7 小節）
- 調查筆記本：pp. 5-8；（選擇利用）p.29
- （選擇利用）影印包：《大洋輸送帶》回家作業

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. 預習影集：**上課前播放《對流示範》影集（1 分鐘 6 秒），以及《大洋輸送帶》（2 分鐘 46 秒），以熟悉本小節內容。（http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a003800/a003884/thermohaline_assembled.640x360.m4v）
- 3. （選擇利用）決定是否運用《模型海洋動畫》：**這些動畫讓學生重新審視 1-7 小節各個模型海洋站的結果。教師播放了動畫，就可以決定學生是否因此提升討論的興致，或者澄清了前一小節的現象。
- 4. （選擇利用）準備學生學習單：**從影印包影印以下學習單——
__大洋輸送帶回家作業（每位學生 1 份）

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

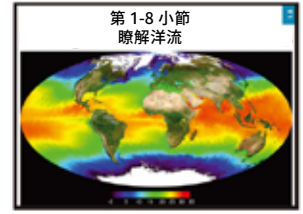
科學論證

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？

詮釋「調查洋流」的結果

1. 播放本小節名稱的投影片；介紹小節內容

學生 4 人一組，如同上一小節。向學生解釋：待會要討論擔任設置組（遇到的第一站）的狀況，接下來，來自不同組的同學兩兩成對並互相討論。



2. 設定小組目標 讓小組曉得，5 分鐘的會議內要達成的目標是——

- 關於洋流的運動方式，組員都要同意。
- 解釋洋流為什麼這樣運動。

學生的解釋，應該運用他們對於分子與密度的理解當成證據，探討洋流的運動。他們也可以參考氣球調查、重要概念或是分子卡，以解釋洋流的運動。

3. 小組討論 向學生強調：有禮貌地傾聽是重要的，並讓每個學生都輪流發言。發下調查筆記本、翻開第 30-31 頁的「調查洋流」，並傳給每組 1 套分子卡。學生討論的時候，請在教室四處遊走，並且傾聽他們交談的內容。教師隨時準備好回答學生的問題或澄清重要概念，但是不要告訴他們調查活動裡洋流運動的因素。

4. 重新分組 讓學生拾回注意力，並且告訴他們：待會要重新編組了，這樣可以和不同組別的同学分享想法。請每組再分成兩小對（pairs），讓各小對混雜，編成混合的 4 人組。讓學生隨身帶著調查筆記本到新組，但是分子卡要留在原地。

5. 新組中的每對分享 向學生解釋：每對要向小組報告，模型海洋的水槽和杯裡裝的是哪種水，並且描述洋流的運動方式。學生也要運用「分子」與「密度」的觀點，解釋看到的現象。他們也可以用分子卡來說明。等到第一對分享完，換第二對上場。每對發言時間約 2 分鐘左右，傾聽的那對可以提出問題或者分享觀察結果或解釋。

教師注意事項

每日書面反思

寫下幾句話，描述上小節調查模型海洋學到的內容 這個提示，出現在調查筆記本第 29 頁，讓學生在今天有意義的課程展開前以及尚未彼此分享觀點前，寫下自己對於洋流調查的理解。

教學建議

更多的分享 每對只有和另一對分享的機會，因此，也只有機會聽到另一站的深入資訊。這樣其實已經足夠討論了，因為不論他們聽到哪個站的資訊，這樣的分享方式會讓學生以更深入的方式理解密度驅動的洋流。當然，時間許可的話，讓學生與更多的成對同儕交流。

播放模型海洋動畫 動畫的內容，涵蓋 9 個模型海洋站。動畫協助學生記得他們的調查結果，並且讓他們掌握班級討論每個站時的焦點。教師要不要播放動畫，端看時間是否足夠、學生完成多少站的調查，以及他們紀錄的品質等因素來決定。學生在下一小節會以圖畫方式呈現洋流的其他觀點，當成評量的一部份，教師也可以強調：動畫是以另外的方式來審視洋流。

評量

快速理解篩檢：利用證據來解釋 教師傾聽學生分享密度如何影響洋流時，請注意他們是否提到自己的觀察證據，以及是否運用分子卡或關於分子與密度的重要概念。學生在本單元的學習過程中，應該會愈來愈習慣以證據來解釋。如果有些組別還是無法以證據來解釋，教師可能要以其他組別的好案例、示範如何運用證據來解釋，讓學生注意。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

6. 強調一個重要概念 重新拾回學生注意力，並且強調：每個站都與密度有關係。教師這樣表達：「你們討論的所有模型，都展現了這些小節強調的重要概念，那就是『密度較大的物質，會沉降到密度較小物質的下方』。」

7. 以兩種方式回顧水的密度如何變大 教師提醒學生：相較之下，密度較大的物質，在相同的體積條件下，含有的「東西」較多。問問學生，可否舉出兩種方式，讓物質在相同的體積下，含有更多的「東西」：

- **水變冷了**——水的溫度降低，分子間的距離就變小，因此密度大於熱水。如果你取相同體積的冷水和熱水，會發現冷水的「東西」較多。
- **加鹽**——在相同體積的條件下，加入鹽後，「東西」就變多了，因此密度也會變大。淡水只有水分子，不過鹽水不但有水分子，還有鹽分子。

介紹對流

1. 播放投影片；介紹另一個引導問題 請一位學生大聲朗讀引導問題，並告訴學生們：在本小節與後續小節，將要學到熱能在地球運動的不同方式。



2. 介紹「對流」展示影集 告訴學生：待會要播放影集，展示冷熱水接觸後的狀況為何。向學生解釋：在本影集，一箱淡水將放置於兩個容器上方：左下的容器，含有熱水；右下的容器，則含有冰水。這表示水箱中的水，左側比較溫暖、右側的水比較冷。

3. 描述加入食用色素的效果；學生預測 告訴學生：室溫的紅色食用色素，將加到水箱左側；室溫的藍色食用色素，將加到右側。請學生預測，將會發生怎樣的狀況。

4. 播放影集 影集播放的時候，讓學生回答以下問題時，運用「密度」這個字彙：「造成紅色水上升的原因是什麼？」（水箱那側底部的水非常溫暖、密度比較小，紅色的水加溫後就會上升）、「造成藍色水在底部移動的原因是什麼？」（紅色的水上升，藍色的水會占據其空間，因此沿著底部向水箱左側移動）

教師注意事項

科學註記

關於溫鹽洋流 因為溫度與鹽度造成密度差異，驅使水流動的現象，稱為「溫鹽洋流」(thermohaline current)。這樣的洋流，讓海平面以下的水層產生流動。較鹹的水，密度較高；較冷的水，密度也較高。密度較高的水，會往下沉；密度較低的水，則會上浮。這樣一來，密度的差異就造成垂直方向的洋流。這樣的洋流很重要，因為深層的海水因此可以浮上海面，而表面的海水也會下沉。在極區下沉的水的一個水分子，要花 1000 年的時間才能環遊世界！

另種觀點：波浪與洋流的混淆 學生一開始接觸洋流的時候，可能會和波浪產生混淆。波浪是吹拂過海面的風造成的；風力愈強、吹拂的時間愈長，則生成的波浪較大。波浪讓水分子以畫圈圈的方式上下運動，因此無法讓水分子產生水平的移動，不過的確能傳遞大量熱能。

英文學習者

調整教師用詞 本小節的確讓教師使用相當複雜的用語，特別是解釋影集或動畫時更是如此。調整教師談話方式，可以讓英文學習者更加理解科學概念，並且更投入小節的討論。請教師適時停下來，由學生詮釋教師的解釋，或者讓全班討論片刻。如果班上許多英文學習者的母語是相同的，鼓勵學生以自己的母語詮釋。

教學方針

播放對流影集的理由 學生已經在前個小節目睹密度差異引起的小型洋流，而影集裡的呈現，則運用大上許多的水箱，還利用外加熱源與冷卻元素，營造出更完整的對流。這樣一來，學生會更清楚溫度（然後是密度）差異如何引起洋流。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



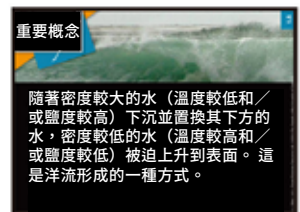
調查筆記本第 7 頁

5. 問題：為什麼水先下沉，然後上浮 問問學生：「讓藍色水到水槽左側上升，你認為理由是什麼？」（藍色水接近溫水容器，溫度增加）讓學生與夥伴討論這個問題。

6. 介紹對流 幾分鐘過後，向全班解釋：溫水上升、冷水流到水槽左側，以取代上升的水。冷水變暖後，也會上升。當紅色水往水槽右邊移動，水降溫而下沉。這樣一來，水槽的水向上、向下，循環，變成一個迴圈，因此洋流就形成了。告訴學生：這樣因為溫度與鹽度差異造成的迴圈式海流，就是「對流」。

7. 以快速的圖像強化概念 教師利用麥克筆，畫出對流的簡易側面圖，強化孩子在影集看到的現象（請見圖 1-9，以從左下角升起的紅色箭頭開始下筆，畫出對流現象）。

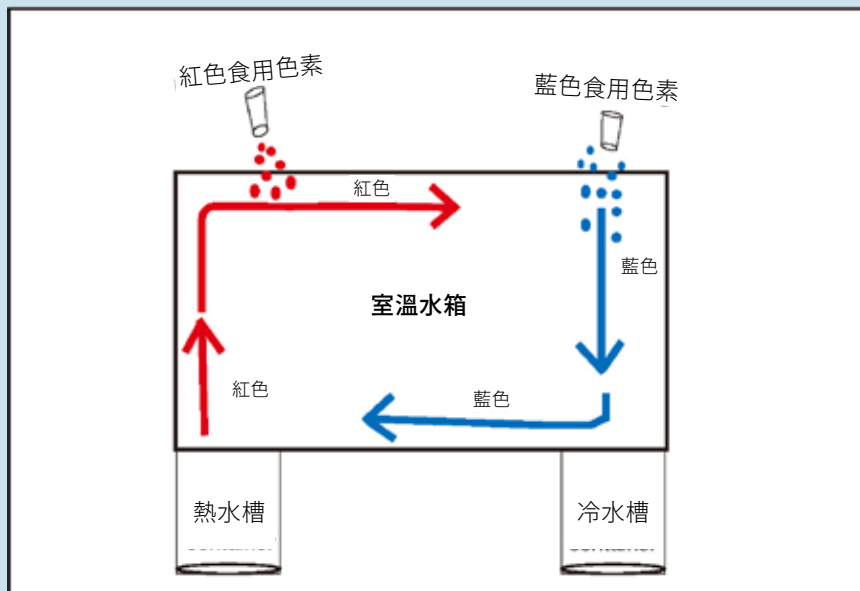
8. 播放投影片；學生紀錄兩個重要概念 請播放兩個重要概念投影片，並讓學生大聲朗誦每個概念。請學生翻開調查筆記本第 5-8 頁「重要概念」，複習已經介紹的 5 個引導問題。讓學生決定：哪個重要概念，可以對應哪個引導問題（引導問題 4 對應第 1 個重要概念；引導問題 5 對應第 2 個重要概念），並在適當的欄位抄寫這兩個重要概念。



9. 根據海洋的真實處，討論影集模型的失真

處 讓學生分享想法，到底影集模型與真實海洋相同與相異處是什麼（影集模型的體積小很多；水箱的水是淡水；不同溫度的水，真實狀況下不會有不同的顏色；海水的增溫與加溫都在海面，不在海底；模型無法接收太陽的熱能；模型沒有風與波浪的影響）。如果學生無法提及，請提醒學生：有個模型與海洋的明顯不同，就是海水的增溫與降溫都發生在海面，而非海底；大部份加熱海洋的能量，來自太陽。此外，海水的冷卻也在海面發生。

教師注意事項



(圖 1-9) 畫張簡易素描，強化學生在影集看到的現象。

教學建議

根據重要概念提供差異化教學 如果學生經驗較少或程度較落後，教師可以考慮以一系列相關概念呈現教學：

- 冷水的密度比溫水大；較鹹的水，密度大於較淡的水。
- 密度大的水下沉，密度小的水上升。
- 有些海流因為水的密度差異造成。

另外，以下更複雜的重要概念，可以提供八年級生或更進階的學生：

- 密度更大的水下沉並且取代下方的水，密度較小的水浮上表面。這就是形成洋流的一種方式

這將是個教學契機，可以藉此指派回家功課給更進階的學生，讓他們以個人或分組方式，寫下關於對流的重要概念。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

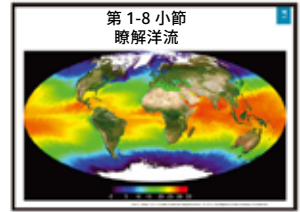
科學論證

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？

應用模型對流以了解實際洋流

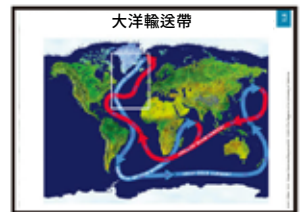
1. 確立「地球的不均勻受熱引起洋流」的概念

提醒學生：地球因為太陽的關係，受熱不均勻；赤道較溫暖，兩極較寒冷。播放本小節的標題投影片，呈現全球平均溫度。告訴學生：這個現象與對流影片類似，不均勻的受熱現象，是形成洋流的原因之一。事實上，有些洋流的規模很大，因為溫度和鹽度的差異在海面產生，運動的範圍涵蓋全球。這些洋流，是由密度差異（溫度與鹽度的差異）來驅動的，在全球不同深度以及不同區域的海洋流動著。



2. 播放投影片；介紹大洋輸送帶

播放右圖的投影片，並且告訴學生：這個巨大迴圈式的洋流，稱為「大洋輸送帶」（Great Ocean Conveyor Belt）。因為這個洋流系統，表層、深層的海水，以及中間的海水，得以循環不已。請依照影像中的地理位置介紹大洋輸送帶：紅線表示靠近海面的洋流；藍線表示深層的洋流。密度大（冷且鹹）的海水，從北大西洋與南大洋沉降。原本沉降的海水，從許多位置上升到海面（例如印度洋、北太平洋）。請向學生強調：大部份的紅線，其實是靠近海面運動的洋流。



3. 介紹活動的動畫 先向學生介紹：本動畫代表全球海洋在表面、靠近海面以及深層洋流的網路說明。動畫播放時，教師說明：會根據觀看的現象，還有如何運用所學解釋現象來提問。動畫播放的過程裡，學生可以和身旁的人討論。以下就《大洋輸送帶動畫》來列出要點引導學生對話：

- a. 告訴學生：動畫開始於赤道溫暖的海水。表面以及靠近表面的海水，以白色箭頭表示；深層的海水以藍灰色箭頭表示。
- b. 問問學生：「靠近赤道的溫暖海水，會往何處移動？預測看看。」（將會在表面或靠近表面往兩極移動）
- c. 問問學生：「往兩極移動的赤道溫暖海水，碰到寒冷的極區，將會如何？」（會冷卻並且下沉）
- d. 問問學生：「格陵蘭東邊冰冷、密度大，會往哪去？」（將會下沉，延著海底以洋流的方式流動）

教師注意事項

教學方針

大洋輸送帶動畫 介紹《大洋輸送帶》動畫，協助學生在真實海洋與教室活動中的模型海洋之間，建立起連結。本小節幫助學生運用水槽洋流因為密度差異而流動的概念，應用到地球上真實的洋流運動。在第三單元，學生將學到全球對流的模式（大洋輸送帶），這些對流將海水運送到全球各地，可能受到氣候變遷而改變。

科學註記

地球上的平均溫度 海洋有些區域，海面溫度極低（靠近兩極區域），也有區域的海面溫暖（靠近赤道區域）。這是因為地球受熱不均勻的關係。小節標題的投影片，凸顯這些溫度的差異。有些洋流把赤道海面的水移動到冰冷的兩極，而兩極冰冷的海水也藉著洋流重返溫暖的赤道。如果沒有管道將赤道的熱能搬運到世界其他角落，氣候將會比現在要寒冷許多。幸運的是，有洋流將熱能往世界各地輸送。

關於流向兩極的風吹洋流 在移動海面洋流方面，風扮演重要的角色。在全球海域，風吹洋流從表面向下延伸到 50-100 公尺。不過因為地球自轉、柯氏力還有大陸的位置，讓風吹洋流從赤道流向兩極。大型的風吹洋流沿著赤道運動，直到碰到海盆西側的大陸，然後受到大陸阻攔後朝兩極流去。溫暖的海水流向兩極，水分蒸發並把熱能釋放到大氣，這讓海水變得很冷。在下一小節，會有更多細節介紹風吹洋流。

提供更多經驗

延伸：線上影集《北極天氣系統》（3 分 50 秒）提供北極在全球氣候系統扮演的角色，包括溫鹽循環。（請參考 mare.lawrencehallofscience.org/oss68。）

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



(選擇利用) 學生學習單

4. 描述兩極的海水 影片播放完畢，告訴學生：表面、靠近表面以及深層的海流，通稱為「大洋輸送帶」，起源是在極區沉降的海水。請向學生強調：極區的海水密度較大並且在此沉降，是基於兩個理由：(1) 溫度很低；(2) 當海水凍成海冰或蒸發，鹽分會留在海水中，讓海水愈來愈鹹。因為這樣，極區附近的海水很冷、很鹹，因此密度很大。

5. 第二次播放動畫 動畫再次播放之際，鼓勵夥伴們以「密度」描述所見，並請他們注意洋流的流向，不管是下沉或上升的洋流都要注意方向。另外，請他們預測是暖流還是冷流。

6. 第三次播放大洋輸送帶並且配音解說 教師配音解釋動畫之際，請以「密度」來說明。請運用以下所有或部分細節：

- 深層洋流在世界各地移動冰冷的海水。
- 密度較大的海水沉降，取代了下方的海水；而密度較小的海水上升到海面。
- 極區附近的海水變冷、密度變大，就會下沉並且加入深層洋流。
- 當冰冷的海水遠離極區，因為溫度上升、密度變小，就會開始朝向海面上浮。
- 最後，有些大洋輸送帶表面附近的洋流，最終浮到海面上，加入大西洋的墨西哥灣流。
- 表面洋流，例如墨西哥灣流，從赤道移動大量的熱能到極區。

7. 簡單介紹其他洋流 向學生說明：大洋輸送帶，只是海洋中的一種洋流形式。地球受熱不均勻的結果，不但驅動海水的流動，也決定了全球的風向類型。全球表面海水的流動，風則扮演了重要的角色。驅動表面海水流動的動力，就是風，但是地球自轉的效應以及大陸的位置，也共同決定了表面洋流的方向。關於風吹洋流的概念，在往後的小節（1-11）還會詳述。

教師注意事項

科學註記

關於三種主要類型的洋流 因為洋流被驅使的力量不同，且發生的時間與空間尺度也不同，共可以歸類為三種類型：風吹表面洋流（短期，深度為 50-110 公尺，空間尺度小）；海洋環流（oceanic gyres）或洋流系統（較長期，深度為 500-2000 公尺，空間涵蓋半球或海盆規模），還有海洋輸送帶（長期／週期為 1000 年，海面到深海，空間涵蓋整個地球）。如要搜尋更多相關資訊，請參考「科學內容背景」。

教學方針

為什麼目前對風吹洋流著墨很少 兩種主要的力量驅動著洋流：風力與密度的差異。在本小節，對學生最重要的是：密度的差異是讓表層與深層洋流運動的主因。大洋輸送帶讓表面、表面附近與深層洋流互相循環。風的形成，以及海洋與大氣的交互作用，會在 1-9 與 1-11 小節再次提到。

提供更多經驗

強化 如果時間許可，讓學生再次閱讀調查筆記本第 3 頁的「課前想法」，並且在該頁底下加上關於洋流的註記。

強化：選擇運用的回家作業 發下選擇運用的學習單「大洋輸送帶回家作業」（影印包中有），教師可能想讓學生在課堂上好好以紅筆與藍筆，分別標示出深層洋流以及表面／靠近表面的洋流。該份學習單要求學生寫下兩個句子，描述他們看到圖像時注意到什麼，或是如何跟另一個人解釋圖像。此外，也要寫出兩個跟圖像有關的問題。

延伸：反思本小節的提示

- 冬天或夏天的洋流，運動的方式會不同嗎？你認為呢？為什麼這樣想？
- 如果海洋沒有洋流，無法把冰冷的大海帶離兩極、把溫暖的海水帶離赤道，地球將會如何的不同呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

流動的空氣

學

生再次思考本單元起始的問題：怎樣的力量，驅動淡水和海水繞著地球運動？他們現在可以運用「密度」、「分子」和「洋流」等名詞，展現水的運動機制。接下來，學生要接受挑戰，運用水的密度知識，解釋空氣的密度。學生觀看一部拍攝於泰國的影集，介紹許多天燈（就是小型的熱氣球）冉冉上升的畫面。學生看完影集後，以密度與分子的概念，解釋看到的現象。最後，他們要想辦法解釋白天與晚上交替，海岸的風向變化的奧秘。學生的學習聚焦於以下的重要概念：

- 密度較大的空氣下沉、密度較小的上浮。當空氣上浮，密度大的空氣就取而代之，造成了氣流（也就是風）。
- 風是因為地球受熱不均勻造成的。

學生也學到：

- 氣流就是流動的空氣；換句話說，就是風。
- 較冷的空氣下沉，較溫暖的上浮。

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

流動的空氣	預計時間
上課後的想法	15 分鐘
發現空氣運動的原因	10 分鐘
了解移動空氣之謎	20 分鐘
總計	45 分鐘

你要準備以下項目

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-9 小節的八張投影片
- 《泰國天燈嘉年華》影集

每兩個學生需要

- 1 套分子圖卡 (1-8 小節)

每個學生需要

- 調查筆記本：pp.3, 5-8, 33-55; 選擇利用 p.32
- (選擇利用) 影印包：寫作工具：修正後想法 (第一部份)

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. 預習影集：**本小節開始前，播放《泰國天燈嘉年華》影集 (36 秒)，讓學生熟悉本小節內容。
- 3. (選擇利用) 準備學習單給學生：**教師決定是否要實施嵌入式評量而給予額外的寫作鷹架。如果是，請從影印包影印以下資料——

____ 寫作工具：修正後想法 (第一部份)，每人一張。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 33 頁



(選擇利用) 學生學習單

上課後的想法

1. 播放小節標題的投影片 學生進入教室後，呈現小節標題。課程開始前，鼓勵學生彼此討論，並且預測今天將會調查怎樣的內容。



2. 介紹上課後的想法：第一部份 (寫作) 告

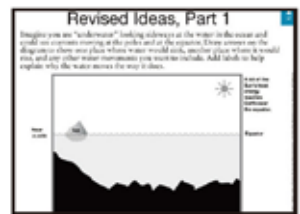
訴學生：待會要進行寫作並且畫張圖表，展現海水運動的知識，再進行課程。這是再次思考並且改進本單元起始寫作的機會。學生應該要先計畫，運用「密度」、「水分子」以及「洋流」等名詞，然後解釋為什麼水會這樣運動。

3. 重新審視課前想法 發下調查筆記本，讓學生翻開第 3 頁的「課前想法」。給他們幾分鐘時間，閱讀他們先前紀錄海水運動的想法。

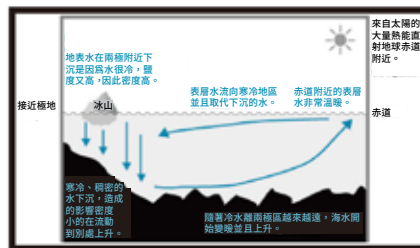
4. 審視重要概念 讓學生翻到第 5-8 頁「重要概念」，並且審視可以協助他們解釋海水運動的部份。

5. 播放投影片；提供圖表的指示 播放「修正後想法：第一部份」投影片，並且請學生

翻到調查筆記本第 33 頁，告訴學生：他們將解釋海水如何運動，並且以寫作與畫圖方式表達驅動海水運動的原因。以箭頭表示海水在哪裡下沉、哪裡上浮，還有任何想得到的運動方式。為了方便區別，也可以用紅筆和藍筆表示寒冷和溫暖的海流。他們應該標示箭頭，解釋海流運動的原理。



6. 學生畫圖並寫作 讓學生理解：會有十分鐘時間，完成書面寫作以及圖畫，發下色筆並讓學生開始動手。請教師在學生之間遊走，如果有學生需要提示，問問他們：「你覺得冷水往哪裡去？」或是「溫暖的水會怎樣？為什麼？」



(圖 1-10) 第一單元的評分標準 (介紹手冊的 82-84 頁)，提供良好的畫作回饋範例。

教師注意事項

每日書面反思

這個單元到目前為止，洋流的哪個部份最有趣或最讓你驚奇？ 這個提示，在調查筆記本第 32 頁，鼓勵學生回想在完成書面評量前（描述海水如何繞著地球環流），學到關於洋流的內容。

教學常規

課前想法／修正後想法 讓學生回顧本單元課程之初的想法，讓他們體察理解改變的過程。這樣的體察，幫助學生保有新的想法，並且有意識地修正起始概念，讓新舊想法與科學理解愈來愈貼近。當學生完成 1-12 小節的「修正後想法」，就可以紀錄氣流的理解以及水如何在水循環中運動。

英文學習者

寫作鷹架 根據英文學習者的英語能力，他們有可能因為寫作能力而苦苦掙扎，教師可以提供影印包中的「寫作工具：修正後想法第一部份」。本頁的上半部，是生字庫；下半部則提供句型架構讓學生取用。有些英文學習者可能只需要生字庫，這時就可以把本頁剪半，提供上半頁即可。基礎英語能力或寫作能力有困難的英文學習者，則上下半頁都有幫助。諸如此類的寫作鷹架，讓英文學習者聚焦於他們想要表達的科學內容，而非拼字、背誦單字，或是理解句子的結構。

教學建議

如何將海洋剖面圖當作嵌入式評量 根據學生的經驗，教師可以提醒他們：可以運用側面圖（剖面圖）紀錄模型海洋的水如何運動。如果教師播放了《模型海洋動畫》，也有這樣的側面圖。但是，這是他們首次看到以這種樣貌出現的「海洋」，可能覺得新奇。教師可以展示調查筆記本，示範如何以箭頭畫出洋流，箭頭表示洋流運動的方向。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

發現空氣運動的原因

1. **播放投影片，介紹新的引導問題** 讓志願者大聲朗讀引導問題，並且告訴學生：本小節其他時間，都要探索這個問題。學生將利用先前學到關於分子、密度以及洋流的知識，理解空氣中的流動。



2. **空氣「空無一物」？** 告訴學生：有些人因為看不見空氣，就認為空氣是空無一物的。問問學生：「誰有證據，可以告訴人們『空氣是東西，會是物質』？」（吹著手掌，可以感受到空氣；移動的空氣可以讓樹枝、旗幟或頭髮產生移動。把空氣灌進氣球或皮球，可以看到空氣占有體積。呼吸的時候，會感覺空氣在身體進出）

3. **空氣是物質** 提醒學生：在 1-2 小節看到的熱能儲存庫模擬，顯示空氣是由分子組成。讓學生確定：空氣是物質，因為空氣占有空間且有質量。

4. **輪流發表：兩兩一組討論空氣運動** 告訴學生：利用分子卡、筆記本中的重要概念還有其他證據，和夥伴討論兩個關於空氣運動的問題。教師發下分子卡，一組一套。

- a. 問題一：給學生提示，思考什麼時候風朝著一個方向猛力吹拂。問問學生：「讓空氣移動的因素，可能是什麼？」
- b. 問題二：提示學生，想想是否見過馬路或藍球場上，或一片泥地上，閃動的輕煙緩緩升起的畫面？問問學生：「向夥伴解釋你看到的景象，這與空氣運動有怎樣的關聯？」

5. **播放《泰國天燈嘉年華》影集** 告訴學生：這部關於泰國節慶的影集，會出現很輕的天燈，每個天燈裡頭的蠟燭點燃後，施放到空中。播放影片，然後讓學生和夥伴討論天燈升起的原因。

6. **引導全班討論** 邀請學生分享為什麼天燈升起的想法。鼓勵學生運用「密度」這個名詞，如果有必要，再運用分子卡。為了刺激學生討論，教師可以提出以下兩個問題：

- 「天燈裡的空氣和外界的空氣，有怎樣的差異？」（因為蠟燭的關係，裡頭的空氣溫度比較高。）
- 「暖空氣與冷空氣的分子，有怎樣的差異？」（暖空氣的分子，分子間的距離較遠且運動速度較快。）

教師注意事項

評量

嵌入式評量：修正後想法（第一部份） 閱讀學生的回應，細看調查筆記本第 33 頁，判斷學生可否解釋海流的運動。最重要的概念是：溫度低、密度大的水在極區附近下沉，並且迫使密度較小的海水移往他處。寒冷、密度大的海水從「冷」區移開，會變成溫暖、密度小的海水，然後上升到表面。在「熱」區的溫暖海水，延著海面流到「冷」區，取代下沉的海水。學生也應該理解：低溫的海水，水分子間彼此較緊密、密度較大，因此下沉。課前想法／修正後的想法評分標準（介紹手冊第 82-84 頁的評量部份），將協助教師針對單元目標中的洋流密度與移動，評估學生的反應。

提供更多經驗

強化：熱上升現象 天氣熱的時候，會看到馬路上出現冉冉上升的熱氣。同樣的現象，也可以在教室複製：在強光前面（例如 LCD 投影機）擺一個盤子。把盤子加熱，並且播放一張空白的投影片。調整投影機的焦距或盤子到螢幕的距離，讓上升的熱氣可以投放到螢幕上。這樣一來，學生就會看到熱氣從盤子上升。因為熱氣形成非常薄的影子，因此可以投射在螢幕上。熱空氣分子（密度較小），被夾在兩層室溫的空氣分子（密度較大）。空氣層的密度不同，光線產生折射（彎曲），因為光線的交互作用相當輕微，因此形成了影子。如果所有空氣的溫度（密度）都相同，就不會看到影子了。

科學註記

關於天燈 天燈的材質很輕，包括米製成的紙，加上堅固的燈架。燈裡有根蠟燭，蠟燭點燃後會加熱裡頭的空氣。空氣加熱後，跟燈外的空氣相比，密度較低。天燈內的空氣密度變低，就會開始上升。一旦蠟燭熄滅，天燈裡外的空氣密度變得相同，就會落到地面。這個受歡迎的節慶，在滿月的夜晚或特殊場合舉行。泰國人相信，施放天燈會帶來好運，問題和憂慮會隨著天燈拋到九霄雲外。請注意：千萬提醒學生不可在家中自行嘗試，會引起火災。

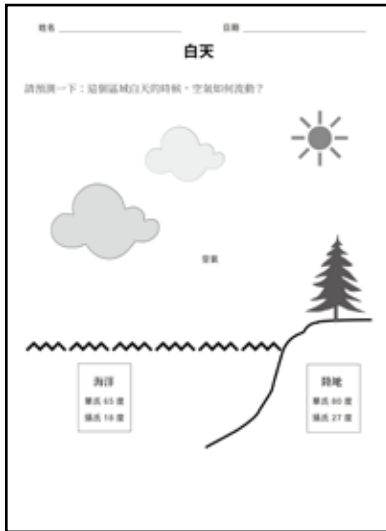
科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 34 頁

了解移動空氣之謎

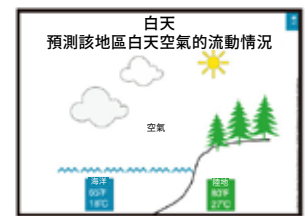
1. **介紹謎題** 提醒學生：風就是流動的空氣，也就是「氣流」。問問學生：「**你有沒有覺得好奇，怎樣的力量把風從這裡吹到那裡？**」學生目前應有能力回答這樣的問題。向學生解釋：待會給一個謎題，關於氣流的謎題。請學生運用本單元學到的知識，謎題就會解開。

2. **把重要概念當成線索** 請學生翻到調查筆記本第 5-8 頁「重要概念」，和學生一起朗讀以下兩個可以解謎的重要概念：

- 水可以當作是熱能儲存庫。水分子在增溫之前，要吸收大量熱能。水分子在釋放熱能並降溫之前，會儲存熱能一段相當長的時間。
- 海洋讓寒冷的空氣溫暖起來，也會讓溫暖的空氣降溫。海洋讓世界各地的氣溫變得更均勻。

3. **播放投影片，白天；請學生翻到對應的筆記本第 34 頁** 教師播放投影片的時候，請大聲朗讀提示：「**預測白天的時候，這個區域的空氣會如何移動。**」讓學生曉得，這個神祕地點是在靠海的岸邊。讓夥伴一起討論密度較大和較小的空氣，然後決定箭頭的畫法，想想風往哪裡吹去。提醒他們：注意海洋與陸地的溫差。

4. **帶領小組討論** 問問學生：「**請想想看，白天的時候，空氣如何流動？**」、「**你為什麼這樣認為呢？**」（陸地上方的空氣會上升；陸地上方的大氣會往海洋移動；海洋上方的大氣會因為冷卻而下沉；水上方的空氣，會從海洋離開並向陸地移動。）



邀請學生彼此運用提問、同意對方證據或提出更多證據，或者不同意對方觀點並舉出原因等方式，互相溝通討論。教師可以提出密度、溫度、分子等問題，如有必要也可以提醒學生關於水流的相關經驗。

教師注意事項

科學註記

關於氣流和風 用「氣流」與「風」來形容「流動的空氣」，其實很貼切。氣流，可以定義為一段時間內、大量氣體朝著特定方向移動；相同的，海流也是大量移動的水。水與空氣都是因為密度差異而移動。本單元的焦點，在協助學生於這兩個現象之間形成連結。有鑑於此，我們把移動的空氣稱為「氣流」，雖然以科學角度來看，「風」是比較正確的。

教學建議

更多支持：解謎的暗示 請教師把下列暗示寫在白板上，以幫助經驗較少的學生解謎：(1) 暖空氣上升、冷空氣沉降；(2) 空氣上升之際，密度較大的空氣流進來補充；(3) 和海水相較，空氣增溫與冷卻的時間更快速。

更多支持：選擇性討論提示—白天的空氣 根據學生的經驗，提出以下的問題有助於討論——

- **依照你的想法，陸地上的空氣或海面上的空氣，哪個比較溫暖？**
(陸地上的空氣比較溫暖，因為陸地上空氣增溫的速度，大於海水以及海面上的空氣。)
- **如果陸地上方的空氣在白天變得較溫暖，空氣會如何流動呢？**
(陸地上方的空氣會上升，因為靠近地面的空氣密度，比上方的空氣來得小。)
- **陸地上方的空氣上升，哪邊的空氣會來填充？** (較冷、密度較大的海洋空氣。)
- **海洋上方的空氣，在白天會怎麼移動？** (從海洋吹向陸地。)

教師也可以提出類似的問題，協助學生討論夜晚空氣的移動。

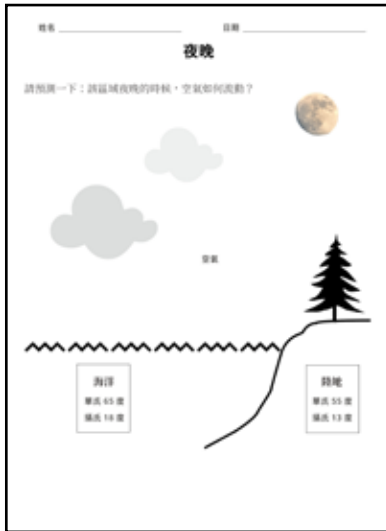
科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

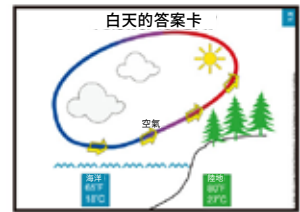


調查筆記本第 35 頁

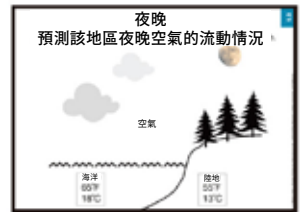


調查筆記本第 8 頁

5. 播放投影片，公布「白天」的解答。公布解答，解開白天空氣流動方向之謎。問問學生，是否有評論或問題。

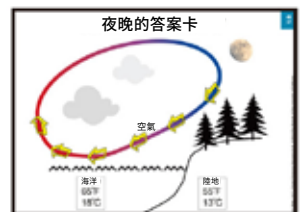


6. 播放投影片，晚上，讓學生翻到筆記本對應的第 35 頁。播放投影片的時候，高聲朗誦出提示：「預測一下，晚上的空氣如何流動？」請學生再次和夥伴討論，然後以有顏色的箭頭表示空氣移動的方向。



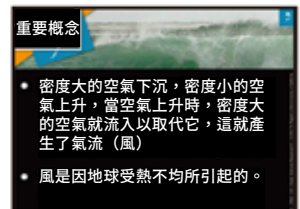
7. 引導全班討論 教師問問學生：「空氣到了晚上，會怎麼流動？你的想法是什麼？」（陸地上方的空氣，會冷卻而沉降；陸地上方的空氣會離開陸地而流向海洋；海面上方的空氣會上升；海洋上方的大氣會吹向陸地）一如既往，鼓勵學生彼此互相回應。

8. 播放投影片，公布「晚上」的解答 播放投影片並公布答案，請學生提出問題或發表見解。



9. 解開謎題 提醒學生：海洋就像熱能儲存庫，因此海面上方的空氣溫度變化，與陸地上方的空氣溫度變化相較，相對緩慢。海面上方與陸地上方的空氣密度差異（因為溫度差異導致），讓兩地的空氣往不同方向移動。白天的時候，空氣往陸地移動，晚上的時候相反；這樣一來，讓海岸的溫度更平均。

10. 播放投影片，學生記錄重要概念 播放重要概念投影片，讓學生朗讀並且抄寫在筆記本第 8 頁「重要概念」引導問題 8 下方的欄位。



教師注意事項

提供更多經驗

強化：以快速圖形回答問題 這個活動，強化了本單元涵蓋的重要概念。讓學生以團隊方式，快速地畫出圖像，回答海流的問題並且運用重要概念。教師問一個問題，然後給團隊 2-3 分鐘快速畫出有標示的圖以回答問題。接下來，給團隊選一個隨機問題，向全班展示圖畫並請他們解釋。以下是可能的問題——

- 加入熱能，如何影響空氣？如何影響水？
- 為什麼靠近海岸的區域，不會太冷也不會太熱？
- 極區附近冰冷的水，會有怎樣的現象？
- 下沉的水，水分子應該是什麼模樣？
- 氣流如何產生？

延伸：本小節的反思

- 如果有人認為，空氣和水沒有共通之處，你會怎麼應對？
- 關於氣流，你認為最有趣或最讓你驚訝的現象是什麼？
- 熱氣球上生的原理是什麼？請描述你的想法。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

每天降雨的秘密

本 小節一開始，複習上小節的重點：密度的差異，是空氣和海水流動的因素。接著，學生被課程引領到哥斯大黎加熱帶雨林每日降雨形態。瓶中雲霧的展示，讓學生以水分子與熱能的角度，理解蒸發與凝結。學生將這種水循環的深入理解，應用到謎團的解決，並且把解釋寫進調查筆記本。本小節介紹幾個海洋與大氣的交互作用，本單元的後續內容也會繼續探討這些作用。學生的學習聚焦於以下的重要概念：

- 如果加入液體的熱能夠多，有些表面的水分子會蒸發到空氣中，變成水蒸氣。
- 如果足夠的熱能從水蒸氣逸散，有些水分子會凝結成液態的水。
- 蒸發與凝結在世界各地運送著熱能。少了這樣的作用，地球的某些區域，將比目前的溫度高許多或低許多。

學生也學到：

- 水循環非常複雜。
- 大氣與海洋彼此連結。
- 水與空氣因為密度差異而產生運動。
- 當水蒸氣冷卻或凝結，原本在海洋中的熱能就被釋放到大氣。
- 空氣密度的差異，造成了風，風把熱能（儲存於水蒸氣分子）傳送到世界各地。

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

每天降雨的秘密	預計時間
複習密度的不同	5 分鐘
介紹謎樣的熱帶	10 分鐘
觀察雲霧模型	10 分鐘
解決熱帶之謎	20 分鐘
總計	45 分鐘

你要準備以下項目

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-10 小節的 11 張投影片
- 1 個高塑膠容器 (1 加侖)
- 1 個製冰盤
- 水 *
- 冰櫃或冰箱
- 1 個製派盤
- 1 個電茶壺 * 或加熱過的自來水 *
- 2 根火柴 *
- 白板 *
- 麥克筆 *
- (選擇利用, 但是強烈建議) 《行星風系》(Global Winds) 動畫 (<http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Hadley/hadley.html>)
- (選擇利用) 影印包

每對學生需要

- 1 套分子卡 * (前一小節)

每個學生需要

- 調查筆記本: p.5-8; (選擇利用) p.36; 38-41
- (選擇利用) 影印包: 水循環資訊
- (選擇利用) 1 張圖畫紙 *

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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. **取得冰塊或製冰:** 製冰或取得與製冰盤等量的冰塊。保持冷凍狀態, 直到需要進行雲霧模型的活動為止。
3. **把雲霧模型當成教師示範或小組活動:** 本小節的設計, 是把雲霧模型當作教師示範, 但是時間允許的話, 也有教師發現變成學生的小組活動, 效果很好。請見地 115 頁的「提供更多經驗」部份, 找出「杯中雲霧」活動所需的器材。
4. **教師決定是否指派額外的功課:** 這有兩種可能性, 也可以當成額外的作業。其中一種, 是讓學生運用參考資料 (影印包中的水循環資訊), 畫出複雜的水循環圖; 另一種是從兩份閱讀素材中挑選, 素材內容可以強化蒸發、凝結以及熱轉移等概念。閱讀素材出現在調查筆記本, 教師需考慮筆記本是否可以攜出教室外。

上課前的一點時間

準備雲霧模型的裝設: 準備塑膠容器、製派盤, 還有火柴。如果沒有熱的自來水, 用電熱水壺加熱 2 夸特的水, 然後在課堂開始前拔掉插頭。活動開始前, 把冰塊放在製派盤, 準備把盤子放在容器頂端 (請參考第 114 頁的圖 1-11)。如果以小組方式執行雲霧活動, 視狀況增加器材。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結/凝結作用
海流
密度
蒸發/蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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?

複習密度的不同

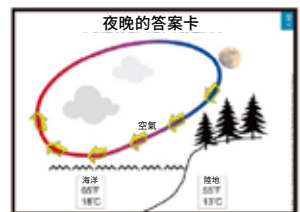
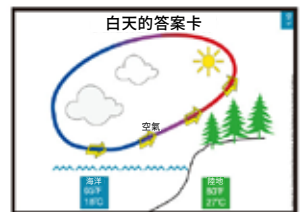
1. **播放小節標題的投影片** 學生進入教室時，播放小節標題投影片。課程開始前，鼓勵學生彼此討論投影片，預測今天將會探索的內容。



2. **描述地球的大氣** 告訴學生：大氣就是包著地球的厚厚一層氣體，從地表到高空約有 100 公里的厚度（62 哩）。告訴學生：「大氣可以厚達地表以上 100 公里，但是如果把地球當成蘋果，大氣的厚度只像蘋果皮——跟蘋果與地球的直徑相較，果皮和大氣都非常的薄。最靠近地表的大氣，也就是發生天氣的區域，隨著高度增加，溫度愈來愈低。」

3. **呼吸大氣** 請學生「吸進」空氣，確定他們理解大氣不是「高高在上」，就在地面的周圍。

4. **播放投影片「白天的答案」以及「晚上的答案」** 運用這些投影片，複習上一小節所學到海岸空氣的密度問題：白天的時候，地表空氣增溫、密度變小，因此上升；海水表面的空氣就取而代之。晚上的時候，溫暖的海水表面空氣上升，較冷且密度較大的陸地表面空氣取而代之，因此風從海洋吹向陸地。



教師注意事項

每日書面反思

地球的水和空氣，有哪些相似之處？你的理由是甚麼呢？ 學生可能寫到，水和空氣都從密度較大的區域流動到密度較小的區域。他們也可能寫到，兩者都因為太陽對地球加熱不均勻的影響。這個提示出現在調查筆記本第 36 頁，鼓勵學生在海流與氣流之間建立關聯，在本小節可以學到更多。

科學註記

另類觀點：關於大氣 學生可能認為，大氣存在於「高空某處」，也就是從地表以上的某個距離之處。請注意：學生是否明瞭地球的大氣，事實上大氣從地表分布到外太空。請確定學生知道我們生存的空間，是大氣層的下層。

提供更多經驗

準備：更多關於大氣的知識 教師解釋大氣從地表向上延伸時，讓學生畫圖並標記，畫出簡單的大氣橫切面圖。為了讓學生有所準備並畫出符合比例概念的圖形，告訴他們大氣往上延伸到 100 公里的高度。教師也可以指出，標題投影片中從國際太空站（International Space Station）拍攝的畫面，畫面中有色帶：橙色和黃色表示從地表向上的 20 公里，粉紅色和白色表示 50 公里，藍色表示超過 50 公里，然後進入外太空的漆黑之中——

- 從 0-3 公里以上，空氣的濃度高，維持動植物的生命。在這個區域，小水滴組成雲。
- 從地表往上 10 公里，隨著高度增加，溫度愈來愈低。3-10 公里的區域，小冰晶組成雲。
- 10 公里以上，空氣濃度不足以維持動植物的生命了，也不足產生天氣。飛機通常都會在 10 公里以上的區域飛行，這樣才能避開底下的壞天氣。
- 75-85 公里的區域，是雲的極限高度了。這個區域，因為高度的關係，從地表是看不到的。
- 隕石就是從外太空進入到大氣層的石頭。在 80-85 公里的高度，有足夠的空氣燃燒掉隕石。隕石掉落的過程，因為摩擦周圍的空氣而變熱。高度更高，就沒有足夠的空氣讓隕石燃燒了。
- 有些人相信，100 公里是大氣層的外緣。其實，並沒有實際清楚的邊緣，就是空氣較稀薄。隨著從地表向上，空氣分子之間的距離愈來愈遠。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

科學論證

你的想法是什麼？
你為什這樣想？
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？

介紹謎樣的熱帶

1. **播放投影片，介紹謎題** 告訴學生：他們將要解謎了，謎題是「每天降雨的秘密」。向學生解釋：謎題發生的場景在哥斯大黎加，地理位置在中美洲靠近赤道的區域。



2. **播放五張投影片** 播放一系列投影片，並告訴學生：這是每年許多日子裡，發生在哥斯大黎加的場景。（學生會看到這樣的天气類型：早上天清氣爽、中午烏雲密布，下午滂沱大雨。到了傍晚雨歇，晚上又是好天氣）



3. **再次播放五張投影片** 再次播放五張投影片，告訴學生：這樣的天气類型，在哥斯大黎加以及其他熱帶海洋地區天天上演。
4. **輪流發表，運用分子卡討論謎題** 問問學生：「赤道地區的海洋區域，為什麼這樣的天气週而復始不斷重複呢？」告訴學生：他們掌握的水分子知識，可以解開這個謎題。給每組發下分子卡，鼓勵他們參考分子卡並進行討論。給學生幾分鐘時間準備，解釋「每天降雨的秘密」。
5. **讓學生想盡辦法解謎** 學生分組討論之際，教師到處遊走傾聽，但是在這階段要避免提供資訊或回答問題。如果學生有水循環的先備知識，鼓勵他們彼此分享，不需改正他們的想法或另行提供資訊。
6. **彙整學生的觀點** 請幾個學生分享觀點，解釋哥斯大黎加的現象。請教師傾聽學生的觀點，詢問其他學生是否另有見地或補充說明。如果學生引用「蒸發」之類的專有名詞，請他們以熱能以及分子的角度解釋。

教師注意事項

教學方針

為什麼讓學生想盡方法解謎？ 讓學生回想並且提取先備知識，協助他們檢視觀點以及已知的相關自然歷程。就算他們無法達成精準的結論，也會因此提升理解。在雲霧模型展示之後，他們還有機會討論。最終學生在課程結束時或者透過選擇性的閱讀素材，會把謎題弄到最透徹為止。

水循環：從完全不同的角度的進階概念理解 大部份的中學生，先前的階段已經接觸水循環，但是本小節深入探索需要的概念層級，大部分的學生尚未完全掌握。本小節的活動以及討論，提供學生機會，讓他們理解並以口語方式，以分子運動、密度及熱能轉換的角度，表達蒸發、凝結與降水。這些理解讓學生準備好接觸更高階的概念，並以系統化的方式理解地球的自然歷程。

英文學習者

鼓勵運用母語 鼓勵母語的運用，不但讓學生在科學課堂感到自在，也讓自然課的內容變得平易近人。可能的話，讓每組的英文學習者至少和一名母語相同的學生同組，並且鼓勵他們用母語或英語討論謎題。如果班上大多數英文學習者都講同樣的母語，就可以讓他們以母語表達本小節的字彙或片語。本小節的字彙包括「雨」、「雲」、「每天」、「晴朗」、「蒸發」、「凝結」、「變熱」、「變冷」、「密度大」、「白天」與「夜晚」。

科學語言

科學字彙

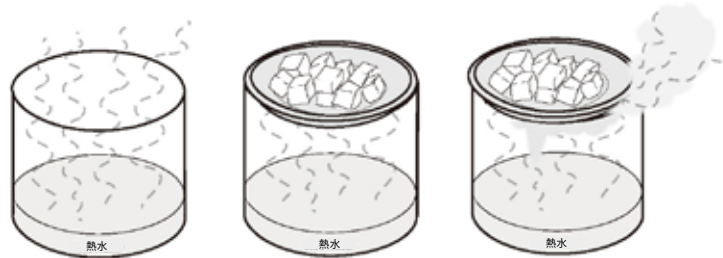
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

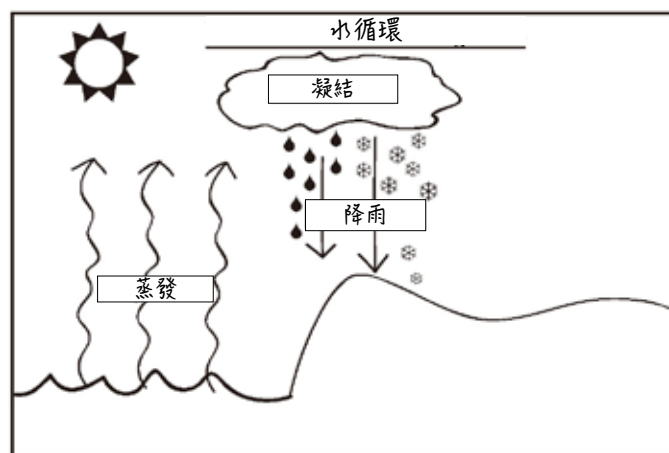
觀察雲霧模型

- 1. 介紹模型並且設置模型** 教師向學生解說：模型可以解釋課堂上討論過的想法。容器內裝滿熱水，把大部分的熱水倒出，只留下兩吋左右的熱水。把裝了冰塊的派盤擺在容器頂端，告訴學生：模型代表哥斯大黎加附近的海洋與大氣。在模型裡，上升的水蒸氣被冰塊冷卻了；冰塊的作用好比大氣中高度較高的冷空氣。
- 2. 加入煙霧** 告訴學生：大氣中有灰塵的微粒。地球大氣中的水蒸氣，會圍繞著這些微粒凝結成液態的水。在這個模型中，微粒將以煙霧來取代。點燃火柴然後吹熄，把冒煙的火柴放進容器一會，然後在蓋上派盤。



(圖 1-11) 三個步驟設置好雲霧模型：(1) 加入熱水；(2) 把裝了冰塊的派盤放在容器上；(3) 加入灰塵微粒：從吹熄的火柴取得煙霧。

- 3. 觀察模型** 請學生描述看到的現象，並請他們解釋為什麼容器中形成螺旋的煙霧。在這個階段，避免改正學生想法，鼓勵他們討論並交流不同的意見。
- 4. 以畫出水循環的方式總結** 蒐集學生對於模型的想法，還有降水的概念。教師在白板上畫出簡單的水循環，也可以請志願者協助教師畫。



(圖 1-12)

教師注意事項

科學註記

關於雲霧模型的另類想法 學生可能會錯誤地認為，雲就是煙。教師可能需要向學生強調：他們在容器中看到的，並不是雲。煙的微粒，讓水蒸氣有地方可以聚集、凝結，然後變成雲，這也是大氣中雲形成的過程。如果教師有意願，也可以重複雲霧模型的實驗，只是這次不要放冰塊，就看不到雲了。潮濕的空氣，要接觸到靠近冰塊的冷空氣，才會產生雲。

關於雲以及雲的形成 所謂的雲，就是一團肉眼可見的小水滴或冰晶。有些雲全都是小水滴組成；高空的雲，周圍的大氣較冷，則都由冰晶組成。通常溫暖潮濕的空氣上升，雲就形成了。溫暖的空氣冷卻，有些水蒸氣就凝結成小水滴；也就是說，水蒸氣從氣態轉變成液態。如果空氣非常寒冷，水蒸氣就變成固態的冰晶了。

關於蒸發、凝結的熱交換 蒸發，因為海水提供熱能讓液態的水變成水蒸氣，會讓海水的溫度降低。凝結，則讓周圍的空氣溫度變高，因為水蒸氣變成液態水的過程，熱能會釋放出來。

提供更多經驗

延伸：小組創造出「杯中雲霧」 如果時間許可，我們強烈建議以小組方式進行這個活動，以更密切的方式觀察發生的現象。裝置過程很簡單，學生也會投入其中。如果要準備器材，每組需要 1 個透明的 9 盎司杯子，1 塊可以蓋住杯子的小鋁箔，1 個冰塊，還有熱水。讓每組按照先前的步驟，設置好雲霧模型。設置完成後，同樣點燃火柴，讓少量的煙霧進入杯裡。或者，教師也可以提供大型、圓形透明容器，例如餅乾罐等，再用小型的派盤擺在開口。許多學生都重覆同樣的方式，在家裡表演給家人看。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

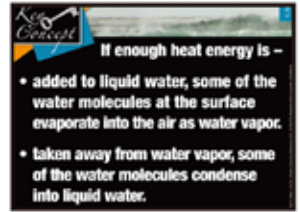


調查筆記本第 5 頁



調查筆記本第 37 頁

5. 播放投影片；學生紀錄重要概念 播放投影片，讓學生閱讀重要概念。請學生翻到調查筆記本第 5-8 頁的重要概念，並且請他們決定哪些重要概念有助於回答問題。(引導問題 1)。請學生在引導問題下方，抄寫重要概念。



解決熱帶之謎

1. 討論謎題 請志願者分享觀點，挑戰學生運用關於分子、密度、蒸發以及凝結等證據，解釋哥斯大黎加每天午後烏雲生成的原因。教師問問學生：為什麼當地早上、夜間，天空總是萬里無雲。如果學生對於水循環的概念產生混淆，請以不提供謎題解答的方式協助他們。給學生空間，讓他們努力應用概念解決謎題。

2. 介紹調查筆記本並讓學生書寫 教師向學生說明：每個人都必須根據調查筆記本的謎題，提供自己的解釋，如有幫助的話，也可以和夥伴討論。教師讓學生瀏覽第 37 頁「每天降雨的秘密」的指示，並且宣布討論與書寫的時間約 12 分鐘，接著讓他們開始動作。

3. 指定選擇利用的閱讀教材 如果教師指定一篇或兩篇文章，告訴學生：文章裡就有解謎的答案。

海洋與大氣如何在地球移動熱能

熾熱的赤道、寒冷的極地
在南半球，平均氣溫約在攝氏零下 60 度到 0 度之間。南極有史以來記錄到的最低溫度，是攝氏零下 82 度；這樣的溫度，可以讓口水直接凍成冰塊結凍！在赤道，平均氣溫就高得多——大約攝氏 27 度，或是華氏 81 度。海洋與大氣，是地球上移動熱能的最大幫手，這樣才能調節溫度。少了海洋和大氣，熱區會更熱，冷區會更冷！

傳遞熱能的氣流與海流
氣流把溫暖的空氣向兩向光輸送，向兩極傳遞熱能。赤道附近，陽光幾乎直射，因此該區域接受大量來自太陽的熱能。空氣因此變得溫暖，空氣變溫暖，分子運動速度變快，彼此之間的距離變遠。這樣一來，空氣變得比較不密（密度變小）。密度變小的空氣上升，並且以氣流的方式在大氣流動。繼續傳遞，氣流以這樣的模式移動地球上的空氣，把溫暖的空氣運送到原本會更寒冷的區域。把寒冷的空氣運送到原本會更炎熱的區域。洋流也會傳遞熱能。表面的洋流，把熱區對近深處的海水帶往赤道。並且將赤道附近溫暖的海水帶向極區。當溫暖的海水帶往深處，海水會釋放熱能到大氣，讓當地的空氣變得溫暖些。更深的洋流，也會把寒冷、密度較高的海水帶離極區。當寒冷的海水遠離極區，溫度慢慢變高。因為密度變小的關係而向海面。

圖 20-2 顯示在區域一，熱帶地區向區域二，將熱能向赤道。

風能與洋流的形成
風能與洋流的形成，與熱能的傳遞有關。在熱帶地區，由於陽光直射，空氣變暖，密度變小，空氣上升。上升的空氣在極地地區，由於陽光斜射，空氣變冷，密度變大，空氣下沉。下沉的空氣在熱帶地區，由於密度變大，空氣下沉，推動海水向赤道流動。在極地地區，由於密度變大，海水下沉，推動海水向極地流動。這就是風能與洋流的形成。

源自溫暖海水的風暴

威力強大的風暴
速度高於跑車的風，可以把樹吹倒，將建築物吹垮。同時，強風大雨也會淹沒街道。海面掀起的滔天巨浪，直接湧進內陸，颶風，以毀滅性的力量侵襲大地。颶風是形成於海面的巨大暴風，可能侵襲陸地，釀成個人的災害。

如何從海水變成雲
來自陽光的熱能加溫海面，海水表面的水分子運動速度變快，這可讓水分子變成水蒸氣。來自溫暖海面以內來自陽光的能量，讓海水上升的空氣變得乾燥和溫暖。溫暖的空氣比上方冷空氣的密度小，暖空氣因此向上攀升。暖空氣上升，帶著水蒸氣一起上升。天氣變高處，溫度變得低，水蒸氣隨著上升空氣升到更高處，溫度降低。這時，水蒸氣變冷，運動速度變慢，彼此之間的距離變短，於是凝結成冰晶或冰晶核，形成冰晶或冰晶核的雲。

水蒸氣上升，凝結，小水滴形成雲。凝結，會釋放熱能，讓水蒸氣上升更快。凝結，會釋放熱能，讓水蒸氣上升更快。

圖 20-2 顯示，在熱帶地區，來自陽光的熱能加溫海面，海水表面的水分子運動速度變快，這可讓水分子變成水蒸氣。來自溫暖海面以內來自陽光的能量，讓海水上升的空氣變得乾燥和溫暖。溫暖的空氣比上方冷空氣的密度小，暖空氣因此向上攀升。暖空氣上升，帶著水蒸氣一起上升。天氣變高處，溫度變得低，水蒸氣隨著上升空氣升到更高處，溫度降低。這時，水蒸氣變冷，運動速度變慢，彼此之間的距離變短，於是凝結成冰晶或冰晶核，形成冰晶或冰晶核的雲。

預測颶風的生成
預測颶風何時生成，有助於讓城鎮居民疏散，並且保障國民安全。科學家針對颶風生成的區域，密切研究海面溫度，以預測颶風何時生成。颶風何時生成，科學家也會預測颶風的動向與危險時間，警告颶風範圍內的居民。

教師注意事項

教師考量

快速理解篩檢：每天降雨的秘密 請教師閱讀學生在調查筆記本第 37 頁的回應，確認他們是否把蒸發、凝結以及水循環等概念，應用於哥斯大黎加每天下雨的型態。課程進行之際，教師可能期待學生指出來自太陽的熱能如何加熱水分子，讓水分子蒸發而進入大氣。水蒸氣進入大氣後，上升到空氣較冷的區域，於是凝結成雲中液態的水，然後掉下來變成雨。太陽西下，水分子不再蒸發，因此雲就消失了。

教學方針

發表選擇：學生利用互動白板分享想法 有些教師會請學生到互動白板前面分享想法，利用學到的字彙和觀念，解釋所知的水循環並解決謎題。

提供更多經驗

強化：學生閱讀 調查筆記本提供了兩篇選讀：海洋與大氣如何在地球移動熱能 (38-39 頁) 強化了謎題揭曉的概念；颶風：來自溫暖海水的風暴 (40-41 頁)，則是更進階的閱讀文本，將這些概念運用於颶風。如果教師指定第一篇閱讀，則不需要總結可能的解答，因為學生應該可以從文本擷取訊息；第二篇閱讀則提供另一機會，讓學生探索風如何在地球各處移動熱能，且探索蒸發與凝結的過程，連同地球的風，如何調節地球的溫度。

強化：播放行星風系動畫 選擇 "Ideal Hadley Cell"，並且讓學生把注意力集中在這個畫面。教師指出：紅色箭頭表示暖空氣、藍色箭頭表示冷空氣。鼓勵學生和夥伴討論動畫內容，該動畫呈現赤道水蒸氣與暖空氣上升而形成雲的過程，而冷卻的空氣則往赤道以南以及以北方向沉降。

圖 1-13(前頁) 兩篇選擇性運用的文章，收錄於調查筆記本，根據學生的時間以及程度，可以當作回家作業。針對熱帶地區每天下雨之謎，每篇都提供相關的訊息

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 7 頁



(選擇利用) 學生學習單, 1/2

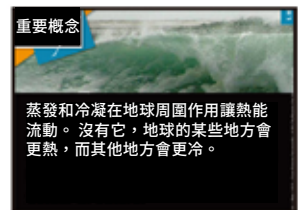
4. 快速複習謎題的解釋 從以下內容，跟學生分享「每天降雨的秘密」的幾個可能答案：

- **早晨**：天清氣朗。海水還很冷，海面蒸發的量很少，因此天空無雲。
- **過了中午**：烏雲密布。因為太陽的熱能，水分子蒸發到空氣中，變成水蒸氣。水蒸氣上升，遇到高空的冷空氣而降溫。這時水分子的運動變慢、分子間的距離變小，因此密度變大。最後，水分子凝結為液態的水。
- **下午**：降雨。液態的水降下，成為雨滴。
- **傍晚**：天氣轉為清朗。天空中的塵土微粒，跟著雨水一起降落，較冷的空氣吹進來。因為傍晚比較涼爽，沒有新的雲朵形成。
- **夜晚**：天清氣朗。因為氣溫不夠高、沒有太多的蒸發量，因此天空無雲。

5. 解釋重要的點 向學生強調：謎題和班級完成的其他活動，都有助於理解以下這些關於海洋與大氣之間關聯的點——

- 水蒸發的時候，熱能藉著水蒸氣的分子，從海洋轉移到大氣。
- 當水蒸氣冷卻而凝結，原本在海水中的熱能，轉移到大氣。
- 因為空氣的密度不同而引發的風，會把熱能（儲存於水蒸氣分子的熱能）移動到全球各地。

6. 播放投影片；學生記錄重要概念 播放投影片，請學生閱讀重要的概念。請學生翻到筆記本第 5-8 頁「重要概念」，決定哪個重要概念可以回答引導問題。(引導問題 5) 請學生抄寫重要概念於引導問題下方的欄位。



7. 預習下一小節 教師告訴學生：以下將要調查風如何驅動表面洋流，並且把熱能帶往世界各地，藉此預習下一小節。

教師注意事項

提供更多經驗

強化：回家作業—畫張更複雜的水循環圖 首先，提供學生所需的背景資訊，也就是畫出以下的前兩項。接下來，介紹回家作業與學生學習單（影印包），請參考第三項的概要。

- **畫出簡易版的水循環** 利用簡易的水循環素描（第 114 頁的圖 1-12），標示箭頭顯示蒸發、凝結與降水。加上箭頭，表示流入海洋的逕流（runoff）。告訴學生：這樣的循環圖，相較於大自然的水循環，是簡化許多了。
- **示範複雜版的水循環** 很快利用以下範例，畫出較為複雜的水循環圖：(a) 以箭頭畫出水蒸氣在氣流中從此地運動到他地，然後凝結成雨或變成雪；(b) 在雲裡加入向上和向下的箭頭，表示降雨之前發生多次的蒸發與凝結，請加註「蒸發與凝結許多次」；(c) 畫株植物，上頭有水滴並加註「水蒸氣凝結成露珠，露珠接著蒸發。」
- **介紹水循環的資訊** 傳下「水循環資訊」學習單，還有空白畫圖紙。請學生檢視指引規定，並且告訴他們：畫圖時盡量收錄圖畫中的內容，並且激勵他們畫出別人不太可能想到的點。如果教師還有時間，可以請學生下個小節分享畫畫的成果。

延伸：線上影集 以下推薦兩齣影集：《地球水循環》（5 分鐘 53 秒）以及《海洋溫度與氣候型態》（2 分鐘 17 秒），都能強化本小節的概念（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）。

延伸：本小節的反思提示

- 在地球上，哪些區域有最多的雲？你為什麼這樣覺得—你的證據是什麼呢？
- 你已經曉得什麼是水循環了，請問地球上哪些區域的蒸發量最高呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

行星風系與海洋表面洋流

在 本小節，學生將學到行星風系 (global winds) 驅動著海洋表面洋流。本小節的開頭，先複習密度的差異如何引起深層洋流和風；以及流動的空氣和水流，如何在全球散布熱能。接下來，學生利用模型，以吸管和水槽，了解風如何創造海洋表面洋流。灑在水面的胡椒顆粒，讓水的流動看起來變得明顯。本小節的最後，學生利用洋流圖，解決航海的挑戰。學生的學習，聚焦於以下重要概念：

- 水循環、風以及洋流，在全球散布熱能，讓地球的溫度變得更平均。
- 風是驅動海洋表面洋流的主要因素。風讓海水流動起來，但是陸塊、地球自轉以及摩擦力，讓洋流從赤道流向極區。

學生也學到：

- 環流 (gyres) 是巨大的海流，繞著海盆的周界流動。
- 貿易風是盛行的表面風，沿著赤道吹向西方。

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

行星風系與海洋表面洋流	預計時間
介紹風力驅動的海洋表面洋流	5 分鐘
探索並且模型化風力驅動的表面洋流	15 分鐘
更多風力驅動的表面洋流的秘密	10 分鐘
運用洋流解決航海挑戰	15 分鐘
總計	45 分鐘

你要準備以下項目

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-11 小節的五張投影片
- 《行星風系》動畫，或者投影片 1.8.5
- (選擇利用) 文件提示機 *
- 測量湯匙組的 1/4 湯匙
- 水 *
- 影印包
- 10 套航海挑戰

每組學生需要

- 1 個自助餐餐盤
- 1 張空白畫圖紙 *
- 1 套色鉛筆
- 1 個 1.5 加侖水箱 (裝滿水)
- 1/4 湯匙中等顆粒胡椒
- 1 盎司塑膠杯
- 4 根吸管 (有包裝的)
- 1 張海洋表面洋流圖學生學習單

每個學生需要

- 調查筆記本：p.5-8；43-45；(選擇利用) p.42
- (選擇利用) 影印包：航海挑戰的解答 #1-10；航海奧秘 #1；航海奧秘 #2；航海奧秘解釋

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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. **準備盤子：**每組需要的器材，請放在盤子上——
 - __ 1 個水箱，水平面離頂端約 1 吋
 - __ 1/4 匙黑胡椒顆粒，放在 1 盎司塑膠杯中
 - __ 4 根有包裝的吸管
 - __ 1 張空白圖畫紙
3. **(選擇利用) 預習動畫：**播放動畫《行星風系》(<http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Hadley/hadley.html>)
4. **安排各站並影印資料：**從影印包中，根據學生人數，影印航海挑戰 1 張或多張。總共有 10 個挑戰，如果學生 3 個人一組，30 個學生就有足夠的站可以操作。如果教師偏好兩兩一組，每個挑戰就需要影印兩張，一半的學生用 1 套，另一半學生用另 1 套。
 - __ 航海挑戰 1-10 (每個挑戰影印 1 張或多張)
 - __ 海洋表面洋流圖 (每組 1 張)
5. **決定回家作業內容：**課堂上沒有足夠時間，讓學生逛完所有的站並解決所有的挑戰。決定一下：是否以回家作業方式，讓學生完成更多的挑戰，這就需要影印更多資料。影印包裡有各個挑戰的路徑圖，學生可以當作回家閱讀素材。航海奧秘 (請見第 127 頁) 是另一種回家作業的選擇，或者讓課堂上提早完成的學生運用。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

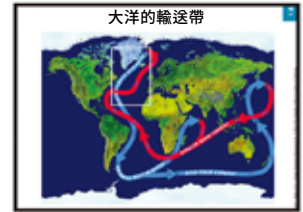


調查筆記本第 7 頁

介紹風力驅動的海洋表面洋流

1. 學生進教室後，播放《行星風系》動畫並讓他們討論。學生進入教室，鼓勵他們討論看到的現象並預測待會將探索的內容。

2. 播放動畫或投影片《大洋輸送帶》提醒學生：他們先前學到，密度的差異會造成大規模、全球性的洋流，在世界的海洋到處流動。播放《大洋輸送帶》動畫，或 1-8 小節的投影片 1.8.5，提醒學生想起這個全球性的洋流。問問學生：關於大洋輸送帶，他們還想起什麼。（這些洋流都由密度差異驅動；密度的差異，因為溫度與鹽度的改變造成；冰冷、密度大的海水，沿著海底運動）向學生強調：大洋輸送帶是全球性的洋流，這些洋流連結了大氣以及深層的海水循環系統，把氧氣與養分、熱能運送到全球各地。



3. 表面洋流由風造成 請跟學生說：「深層的洋流由密度差異所驅動，但是在海洋表面，大部份的洋流是因為風吹動海水而造成。」

4. 複習風的成因 發下調查筆記本並讓學生翻到第 5-8 頁「重要概念」。讓學生回顧他們的重要概念，並且根據風的成因，確定一個或多個概念。讓學生分享想法。

5. 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 5-8 頁「重要概念」，決定重要概念可以解釋哪個引導問題。（引導問題 5）讓學生抄錄這個重要概念，把概念抄在引導問題下方的欄位。告訴學生：這個想法連結整個單元的許多調查活動。讓學生知道：本小節的活動，將協助他們理解更多風吹動表面洋流的原因，這樣的現象讓熱能在地球分布得更均勻。



教師注意事項

每日書面反思

海洋表面洋流的成因是什麼？你認為呢？怎樣的力量會移動海面的海水呢？ 這個提示，出現在調查筆記本第 42 頁，鼓勵學生思索：表面洋流與深層洋流可能不同。

科學註記

關於洋流的不同成因 洋流的定義，就是持續且有方向性的水團。洋流是海水的循環系統，有水平與垂直之別，動力來源包括重力、風以及不同水域的密度差異。洋流的方向受到幾個自然因素的左右：(1) 地球自轉產生的柯氏力，讓北半球的洋流朝順時針旋轉、南半球的洋流朝逆時針方向旋轉；(2) 風力吹拂海面產生的摩擦力；(3) 因為不同鹽度與溫度產生的密度差異。

關於三種洋流 洋流包括：風吹表面洋流（短期、50-100 公尺深、小空間尺度）；海洋性環流或洋流系統（稍長期、500-2000 公尺深、半球或海盆尺度），以及大洋輸送帶（長期／1000 年循環一次、表面到深海平原、空間尺度廣及全球）。

提供更多經驗

強化：討論《行星風系》動畫 學生進入教室後，投放影片（可能先前播放過）。這次播放，按下中緯度按鈕，請學生分享觀察結果。如果學生沒有發言，指出貿易風以及風向。告訴學生：貿易風驅動了表面洋流，洋流沿著赤道向西邊運動。也請指出，動畫上的 Hs 與 Ls：「H」表示高氣壓（也表示密度較高）、「L」表示低氣壓（也表示密度較低）。請學生注意：空氣從密度較大的區域（H），往密度較小的區域（L）流動；此外，沿著赤道的區域也有雲層產生。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 43 頁

探索並且模型化風力驅動的表面洋流

1. 介紹模型 告訴學生：他們將有機會，探索風力如何驅動表面洋流。教師把裝了教具的盤子發給小組，告訴他們這些教具要用來當作模型，模擬真實海洋的現象並讓他們探索：水箱的水代表海水，水箱的側邊表示陸塊，吸管則用來製造風，以穩定且持續的方式吹拂廣闊的海面。這樣的風，稱為「盛行風」(prevailing winds)。胡椒顆粒，則幫助學生追蹤洋流。

2. 播放投影片與海盆圖 向學生展示海盆圖，並且告訴他們：先前的模型海洋，其實代表太平洋、大西洋，以及其他海盆，並且指出各大陸塊如何圍著海盆。讓學生曉得，待會的活動焦點就是海盆。



3. 公佈活動指引 請其中一組，把胡椒顆粒灑在水面上，這樣方便觀察水流的動向。接下來，學生輪流小心地把吸管擺成將近水平，用風吹過「海洋」。提醒他們：這是在模擬盛行風，因此要持續地吹，而不是吹吹停停。告訴學生，以下有兩個挑戰：(1) 盡可能發現，風、陸塊以及表面洋流的關聯；(2) 盡可能發現洋流的形態，愈多愈好。



4. 介紹筆記本的內容 請學生翻到第 43 頁「模型海洋中的表面洋流」，並指出四塊空白處，讓每個組員表達洋流型態。同組的四名同學，要設法畫出各異的形態。向學生解釋：他們可以把吸管放在水箱的不同區域，模擬出不同的盛行風方向。

5. 學生運用模型並且記錄洋流形式 給學生幾分鐘時間探索模型，並且記錄結果。請教師在各組遊走，傾聽學生的發現並且提醒他們畫出水面上形成的洋流類型。

6. 分享觀察結果 請志願者分享他們觀察到的類型，並且解釋類型生成的原因。請確定學生提到以下類型：吹向水箱中央的風，創造出兩股循環的洋流，轉動方向不同；朝著一側吹拂，則製造出一股大型循環洋流。

教師注意事項

教學方針

第一單元的主要目標 海洋科學系列第一單元主要目標之一，是讓學生了解海洋、風的複雜交互作用，先了解區域性的作用，然後推展到更大的尺度。在 1-9 和 1-10 小節，學習焦點是空氣與水的互動，還有蒸發、凝結、貿易風等自然作用如何調節溫度。學生在本小節，學到風是表面洋流的驅動力量，而陸塊與地球自轉則主導洋流的主要型態。行星風系型態的完整起因，則超出本單元的範圍了。

教學建議

指定操作模型的順序 根據學生的成熟程度以及在組內分享的技巧，隨機指定學生「吹風」的順序（從 1 到 4）。教師也可以發出時間訊號，確保活動的時間都相同。

成功操作模型的秘訣 教師可能想示範正確的吹風方式，以確保模型海洋可以產出正確的洋流類型。請向學生強調：吸管保持和水面水平，持續穩定吹風，避免大口吹氣，朝向固定方向吹 30 秒以上。

更多表面洋流 前頁的圖，展現學生以另種方式探索洋流，也就是運用較淺的盤。教師也可以放置障礙物以模擬島嶼和大陸，以發展出更複雜的風吹洋流類型。

科學註記

關於洋流的命名 海洋學家參考洋流的流向而命名，例如從北流到南的洋流，就稱為「南流」（south current），如此可以協助水手曉得洋流會把船隻帶往何處。同樣的，風的命名也相去不遠。氣象學家利用風的起源地吹向，替風命名。「風從哪裡來」透露著許多訊息：舉例來說，「北風」（north wind）就是帶著凜冽的空氣從北方吹來。

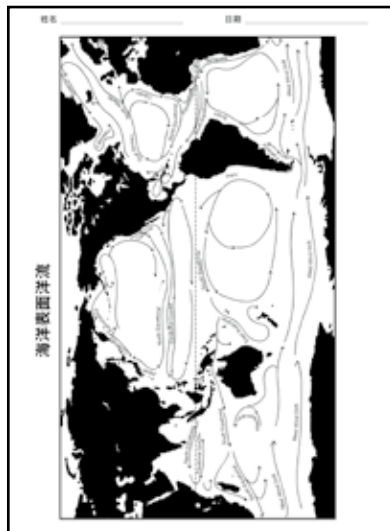
科學語言

科學字彙

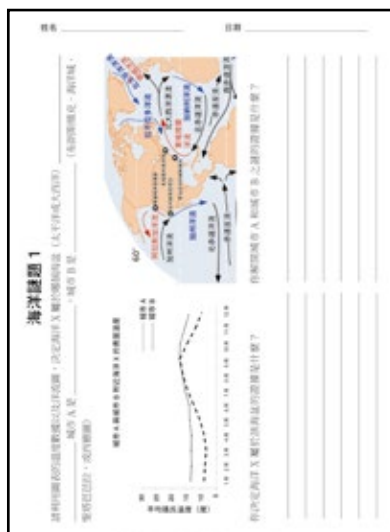
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



學生學習單

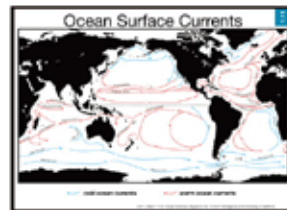


(選擇利用) 學生學習單，1/3

更多風力驅動的表面洋流的秘密

1. 比較海洋表面洋流圖與模型的海流類型 告訴學生：科學家比較從模型得到的結果與從自然界蒐集到的資料。請和學生分享，他們現在的活動，與科學家的活動無異。發給每組一張「海洋表面洋流圖」，指導學生指出模型洋流類型與洋流圖相似之處。給學生幾分鐘時間探索洋流圖，並且比較在模型海洋發掘的類型。

2. 播放投影片—海洋表面洋流；學生分享觀看心得 幾分鐘過後，播放海洋表面洋流投影片，並且請學生分享他們在洋流圖看到的洋流類型。如果學生沒有發言，請指出暖流以紅色表示、冷流以藍色表示。此外，也指出大型循環洋流，位於赤道兩側。告訴學生：這樣大型的洋流，稱為環流。問問學生：他們用怎樣的方式，在模型海洋中製造了類似洋流。（穩定吹拂水箱中央）



3. 討論環流 運用以下提示，引導全班討論環流：

- 在北半球與南半球，環流流動的方向是？（北半球以順時針方向轉動、南半球以逆時針方向轉動）。
- 盛行風的吹向是什麼？才能在真實海洋表面推著海水讓這樣的洋流運動？（沿著赤道向西邊吹拂）。
- 陸塊如何影響洋流？（洋流遇到陸塊，會轉往兩極移動：朝向北極或南極區域）。
- 盛行風沿著赤道吹向西邊，如果沒有大陸阻攔，洋流的形態會變成如何？（有可能大型洋流會朝西方繞著地球運動）。

教師注意事項

科學註記

關於表面洋流的方向 太陽不均勻的加熱，驅動地球的風。風驅動表面海水（50-100 公尺深），而產生的洋流方向，因為摩擦力的關係（艾克曼運輸，Ekman transport）和地球自轉（柯氏力）而與風的吹向呈某種角度。在北半球，這樣的效應產生順時針的螺旋洋流。

關於柯氏力以及地球自轉 柯氏力因為地球自轉而來。北半球的主要洋流以順時針方向轉動、南半球的主要洋流以逆時針方向轉動，柯氏力是其中一個因素。這樣的洋流系統稱為「環流」。柯氏力首次被記載，是在十九世紀初期。當時已知：北半球的物體以直線方向運動，人們在地球上卻觀察到物體以曲線運動，這是因為底下的地球在自轉。北半球的運動，會朝向右邊（如果觀看者面對物體的運動方向看去）；南半球的運動，則偏向左邊。這樣的效應也見於大氣，讓高壓系統周圍的氣流，在北半球以順時針方向繞著中心轉動、在南半球以逆時針方向轉動。（在本單元，學生不需要知道柯氏力；他們只需要了解洋流的運動模式可以預測即可。）

提供更多經驗

延伸：海洋謎題 這個選擇性實施的活動（影印包中有三張學習單），提供兩個謎題，與幾個地點的海水溫度有關。這些謎題，與學生在 1-4 小節解決的謎題有關係，不過這次提供的是水溫圖，而不是氣溫圖。教師可以把本活動當成回家作業，或者利用額外時間在課堂進行，也可以當成進度超前學生的進階活動。本活動展示的是：低緯度與風吹洋流如何影響水溫，以及海水溫度如何影響氣候。注意表面洋流的流向，就可以找出解謎的線索。兩個海盆，可以用大西洋與太平洋顯著的溫度差異來區別。北美洲海岸的太平洋海盆，海水寒冷許多，部份原因是因為洋流來自北方；大西洋岸的海水就溫暖許多，這是因為溫暖的墨西哥灣流來自南方。每個海盆沿岸比較寒冷的城市，都位於較高的緯度。（海盆 X 是太平洋，A 是加州的聖塔芭芭拉、B 是華盛頓州的西雅圖；海盆 Y 是大西洋，C 是喬治亞州的布倫瑞克、D 是馬里蘭州的大洋城）

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

教師注意事項

科學註記

貿易風與降水 貿易風，是全球熱帶地區盛行的表面風，在北半球吹向西南、在南半球吹向西北。太平洋地區的尋常歲月，貿易風穩定吹拂太平洋，因為摩擦力的關係，沿著赤道把海水帶往西邊（請參考以下的艾克曼運輸）。在南美洲沿岸，表面洋流沿著赤道把海水帶往印尼以及亞洲。海水通過赤道而增溫，抵達太平洋彼岸時，溫度已經很高。溫暖的海水讓空氣的溫度也增高，空氣增溫後密度變小，便開始上升、再上升；空氣在高空冷卻後，裡頭的水蒸氣凝結，最後降雨。因為這樣的天氣類型，印尼和澳洲西部通常多雨，而南美洲通常乾燥。

艾克曼運輸與摩擦力 風吹拂海面，因為摩擦力牽引海面，讓表層海水動起來。如果地球不會自轉，風與海面的摩擦力會讓表層薄薄的水沿著風向移動。表層海水會牽引底下的水層，但是底下海水移動的速率比上層慢。不過，地球會轉動，因為風力關係而驅動的表層海水，會因此有方向的轉折；在北半球，被風吹動的淺層海水，運動的方向會轉到風向的右邊，在南半球，則轉到風向的左邊。海流方向持續因為深度而轉向，下層的水轉向到上層水的右邊。海水轉向的整體效應，在很深的海域，會與原本風向呈 45 度。這樣因為風、表面海水與地球自轉等交互作用而生的海水運輸，稱為「艾克曼運輸」（Ekman Transport）。

提供更多經驗

延伸：線上影集《墨西哥灣流》（1 分鐘 51 秒）以及縮時影片《周遭的海洋》（3 分鐘 2 秒），是兩齣值得推薦的影集，可以強化本小節的重要概念。（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）

強化：課前想法／修正後想法 如果時間許可，讓學生重讀調查筆記本第 3 頁「課前想法」，並且在本頁的下方，加註水循環、海洋表面洋流等概念。

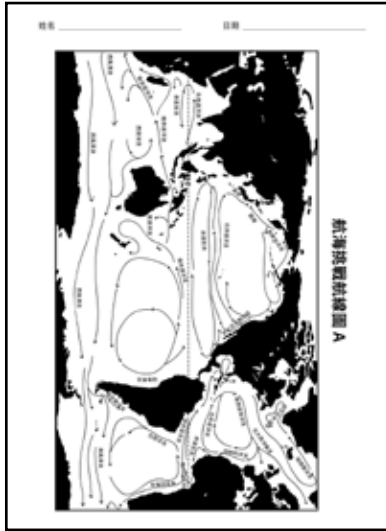
科學語言

科學字彙

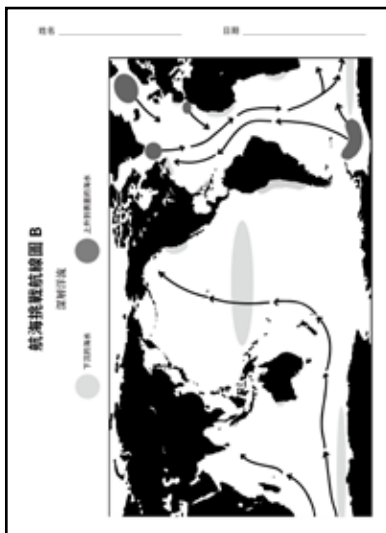
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 44 頁



調查筆記本第 45 頁

運用洋流解決航海挑戰

- 1. 簡述活動內容** 告訴學生：他們將運用洋流的知識，發現海上航行的最佳航線。學生需要表面風吹洋流以及密度差異引起的深層洋流的訊息。
- 2. 介紹挑戰** 向學生解釋：教室內設置好 10 項不同的航海挑戰。接下來的 10 分鐘，學生以小組形式，以自己的步調嘗試解決挑戰。要解決所有的挑戰，並沒有足夠時間。向學生解釋：他們挑選的航線，不一定是真實情境的選擇，但是因為學生運用手頭的海流圖找到證據並取得合理的解答，這無傷大雅。



(圖 1-14) 學生在教室內 10 個站轉移，每站都有不同的航海挑戰。每個挑戰，都根據海流圖解決，也會提供解決挑戰的學習單

- 3. 介紹筆記本內容活動指示** 請學生翻到筆記本第 44-45 頁「航海挑戰航線圖」，教師指出：第 44 頁的航線圖 A，顯示表面洋流，而航線圖 B 則標明深層洋流。告訴學生：每個航海挑戰都會提供一點訊息和指示，他們藉此可以找到合用的航線圖以記錄解決方案。學生利用不同顏色的筆，區隔不同的航海挑戰，顯示小組預測的航線。
- 4. 學生解決挑戰** 教師先指定各組第一站，以確定教室空間均勻運用。讓學生以自己的步調完成並且轉到下一站。
- 5. 小節總結** 讓學生回到座位，問問學生：「整體來說，關於洋流，你從航海挑戰學到什麼？」（洋流在整個地球表面運動；許多洋流運行很長的距離；洋流把海盆連在一起。）

教師注意事項

提供更多經驗

準備：科學證據圖表 如果學生需要檢視證據類型以支持解釋，利用 1-2 小節的圖表。學生解釋航海挑戰的解決方案時，問問學生每個證據的實例。

科學證據

證據是一種線索，可以解答問題或解釋某種現象。

證據來自——

- 我們的觀察
- 他人的觀察
- 推理、思考、討論

科學解釋要根據證據。

延伸：航海挑戰與分享的額外時間 如果時間許可，教師可以花更多時間探索挑戰。這樣一來，確保更多學生投入探索更多類型的洋流。教師也可以用回家作業方式，讓學生完成額外的挑戰；如果是這樣，教師就要多影印挑戰的學習單。學生完成挑戰後，教師可以分派挑戰給各組，利用文件提示機播放各組的解決方案，並且針對航線提出支持的證據。

延伸：揭露真正的航海路徑 大部份的挑戰都根據真實的歷史案例；更多的訊息、揭示實際解決航線的學習單，收錄於影印包。如果還有時間，在學生探索完挑戰後，讓學生了解事實；也可以把這些資料當成回家閱讀作業。

延伸：本小節的反思提示

- 表面洋流和深層洋流，相同之處有哪些？相異之處有哪些？
- 海洋和大氣的交互作用有哪些方式？請舉出三種。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

洋流、行星風系與聖嬰現象

上 三個小節，學生探索我們星球的海洋與大氣，如何彼此關聯。在本小節，學生閱讀太平洋貿易風的改變，這樣的改變引發大幅影響——引發顯著的氣候變化、影響全球的人們以及生物。學生在單元一學到的全球性關聯，讓他們做好準備、理解單元三的全球性氣候變遷。學生的學習聚焦於：

- 風與洋流的一個變化，會對地球上許多區域造成影響。

學生也學到：

- 行星風系、洋流與氣候，都是非常複雜且彼此關聯影響的。

洋流、行星風系與聖嬰現象	預計時間
閱讀《聖嬰現象：風、水以及狂野的天氣》(El Nino: Wind, Water, and Wild Weather)	20 分鐘
討論一個變化引起的全球效應	10 分鐘
寫作：空氣與水如何在地球移動	15 分鐘
總計	45 分鐘

單元目標

科學內容

- 海洋就是熱能儲存庫
- 密度以及洋流以及空氣的運動
- 水循環

科學應用

- 從證據提出解釋
- 利用模型

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

總結性評量

收錄於影印包，在單元最後施測，將提供學生的學習資訊。介紹手冊第 81 頁的評量部份，有評分規準。

全班需要

- 投影設備 *
- 連結網路的電腦或教學資源光碟 *
- 1-12 小節的四張投影片
- (選擇利用) 影印包

每個學生需要

- 調查筆記本：p.3；p.5-8；p.46-47；p.51-53；(選擇利用) p.50 以及 p.48-49。
- (選擇利用) 影印包——寫作工具：修正後想法 (第二部份)；修正後想法寫作的組織圖 (第二部份)；第一單元評量解答表；第一單元評量 (後測)

* 不包含於教材

準備上課了

本小節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，確保學生上課當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. **(選擇利用) 準備學生學習單：**如果教師需要運用最後寫作提示的額外協助，或者計畫把總結性評量當後測，請影印以下影印包的文件——
 - __寫作工具：修正後想法 (第二部份) (每個學生一份)
 - __修正後想法寫作的組織圖 (第二部份) (每個學生一份)
 - __第一單元評量答案表 (每個學生一份)
 - __第一單元評量 (每個學生一份)

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



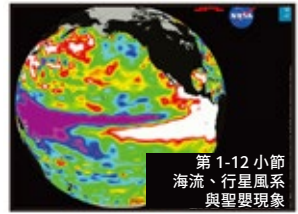
調查筆記本第 46 頁



調查筆記本第 47 頁

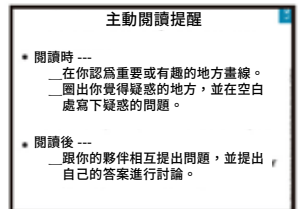
閱讀《聖嬰現象：風、水以及狂野的天氣》

1. 播放小節標題的投影片 學生進入教室，鼓勵他們討論今天將要探索的主題。問問學生：是否聽過聖嬰現象（參考隔頁的相關資訊）。



2. 介紹閱讀素材 提醒學生：上個小節，他們學到貿易風；貿易風從南美洲吹拂，沿著赤道吹向澳洲。就這樣，地表最龐大的風吹洋流產生了。今天的閱讀素材，提到風的改變，可以嚴重影響海洋與大氣，以及地球上許多角落。

3. 播放投影片：主動閱讀提醒 審視投影片上的重點——



- 有趣或重點，請學生畫線。
- 看起來疑惑的內容，請學生畫圈。
- 學生讀完素材後，請舉手；也找一位舉手的夥伴。
- 請學生坐在一起，教師討論閱讀素材之際，組員可以小聲交談，試著回答彼此的問題。

4. 發下調查筆記本 發下調查筆記本並請學生翻到第 46-47 頁《聖嬰現象：風、水以及狂野的天氣》，用 15 分鐘的時間讓學生閱讀並討論。

5. 鼓勵學生針對閱讀內容寫下問題 如果教師注意到有些學生苦於提問，可以大聲朗讀幾個學生寫下的問題，藉此激發士氣。學生舉手發問，教師可能也想要看看他們是否寫下深思熟慮的問題。如果有，幫他們找夥伴一起討論閱讀內容。

教師注意事項

每日書面反思

這個單元進行到現在，請說出你學到的兩件事——讓你或其他人感興趣或重要的兩件事。為什麼這兩件事有趣或重要呢？上面的提示，見於調查筆記本第 50 頁，可以用以鼓勵學生先想想他們本單元所學，替小節最後的寫作活動作準備。

科學註記

聖嬰現象與海平面 聖嬰現象發生後，因為貿易風的減弱，影響了海平面。正常狀況下，盛行風把表面的海水推往西邊，讓南美洲的海平面下降、太平洋其他海域的海平面上升。但是聖嬰現象發生後，狀況改變了。小節投影片顯示 1997 年聖嬰現象時，衛星拍攝的畫面：南美洲周圍的白色區域，表示較溫暖的海域，且海平面高於平常約 14-32 公分；西太平洋的紫色區域，則表示當地海平面比正常狀況低了 18 公分。

英文學習者

閱讀鷹架 閱讀科學文本，在英文學習者看來，通常是充滿挑戰的。根據班上英文學習者的英文能力，教師可能想要指導他們閱讀文章。讓學生閱讀並且詮釋第一段，然後停下來讓小組討論。首先，協助學生總結該段，澄清不懂的字彙。接下來，一起針對一句或兩句，找出重要概念。學生提出的任何問題，都與他們討論。就這樣持續閱讀，以相同程序處理文章每一段。如果教師沒辦法與英文學習者討論，請留下一個焦點問題，請他們持續閱讀，例如：「為什麼貿易風的一個改變，會引起全球劇變？」這樣一來，學生會把認知能量花在詮釋閱讀素材的重點上頭。

科學語言

科學字彙

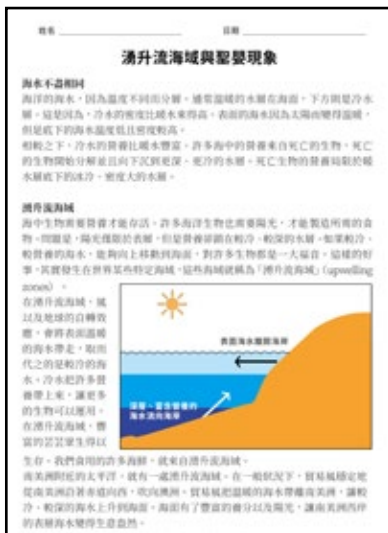
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



調查筆記本第 6 頁



(選擇利用 1/2)
調查筆記本第 48-49 頁

討論一個變化引起的全球效應

1. **邀請學生給予讀後評論** 請志願者與整組分享閱讀素材中驚奇有趣之處，教師問學生：「**有沒有你無法回答的問題呢？**」鼓勵學生協助他人解答，如果有些問題無法立刻解決，也不需要擔心。
2. **註記大部份的重要訊息** 幾分鐘的分享與提問後，確定學生都了解：聖嬰現象，就是太平洋貿易風的強度改變，連帶影響表面洋流。如果學生無法徹底掌握聖嬰現象的成因，也不需要擔憂。教師再度和學生確認：閱讀素材最需要理解的點，是海洋或大氣的某部分變化，對地球其他許多區域是有影響的。
3. **輪流發表** 教師問學生：「**為什麼海洋的一個變化，會影響地球其他區域的天氣與生命呢？**」讓學生兩兩討論約 5 分鐘，鼓勵他們回答問題的時候，運用閱讀的內容。
4. **再次召開小組討論** 讓志願者分享剛剛討論的全球效應，以及效應與聖嬰現象的關聯。如果學生提到溫度、降雨或海洋生態的改變，請向他們強調：聖嬰現象引起這些改變，這是因為全球的海洋與大氣是相互關聯的。

5. **播放投影片，介紹聖嬰年的降雨** 讓學生解釋投影片上的雨量資料，並且問問學生：聖嬰年的時候，哪些區域的降雨與往年相較變多或變少了？請向學生指出，這樣的變化是全球性的。



6. **播放投影片；學生記錄重要概念** 播放重要概念投影片，讓學生朗讀並且抄寫在筆記本第 6 頁「重要概念」引導問題 2 下方的欄位。



教師注意事項

提供更多經驗

延伸：湧升流的選擇利用閱讀素材 這樣的素材，可以當作回家作業或進度超前者的活動，或是有額外時間指定的選擇利用閱讀素材（調查筆記本第 48-49 頁）。閱讀素材討論湧升流的成因，以及聖嬰現象的改變如何影響湧升流。

延伸：線上影集《地球系統：聖嬰現象》（2 分鐘 43 秒）是值得推薦的影集，可用來強化重要概念。《海中大盛開》（1 分鐘 1 秒）則可以伴隨選擇利用的閱讀素材，這是介紹全球性植物性浮游生物大爆發的實例（mare.lawrencehallofscience.org/oss68）。

科學註記

關於湧升流 平均而言，海面以下到 100 公尺（330 呎）的水層（光照層），才有足夠的陽光可以支持微生物的光合作用，像是植物性浮游生物之類的微生物。因為這樣的微生物是海洋的基層，所有的海洋生物都要靠這層饒富生產力的海水存活。經年累月，動物和類似植物的生物死去並且分解，然後往海底緩緩下沉。這些生物的殘骸沉下光照層之下以後，等於把營養物質也移出了光照層。湧升流則是把死亡、分解生物又重新帶上海面的一種機制，帶上海面的營養，不啻為光照層植物性浮游生物與類似植物的生物之超級肥料。這樣一來，整條海洋食物鏈呈現爆發的狀態。首先，海水變成豌豆般綠色，這是因為水中富含微小、類似植物的生物。稱為「動物性浮游生物」的微小動物，則以類似植物的生物為生，並且大量繁殖。魚苗和有些成魚則吃掉較小的動物性浮游生物，海鳥和海洋哺乳動物則大批遷徙至此，大吃魚類和動物性浮游生物。湧升流發生在北美洲、南美洲、非洲以及澳洲的西岸，以及西班牙、葡萄牙與南極周圍海域。這些海域，吸引全世界大部份的商業性漁船。大部分湧升流的海域，都位於大陸的西岸，這是因為風、洋流與地球自轉效應共同造成的結果。

關於湧升流與降雨 在聖嬰年，貿易風變弱或甚至停止吹拂，原本穿越太平洋的海面表面洋流失去力量，甚至流向相反。這樣一來，南美洲附近海域的湧升流變少了，亞洲與澳洲的溫暖空氣也減少、這些地區上空的潮濕空氣也降低了。原本降於西部太平洋的雨水不再，而東部太平洋的降雨反而多，造成北美與南美的洪水。

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？



1/3
調查筆記本第 51-53 頁



(選擇利用) 學生學習單

書寫修正後想法：第二部份

- 介紹書寫活動** 讓學生翻到筆記本第 51-53 頁「修正後想法：第二部份」，向學生指出：他們要從 6 張圖選出 3 張圖。他們每選出 1 張圖，必須解釋兩件事：讓空氣與水移動的原因是什麼？還有海洋與大氣如何關聯。向學生建議：他們可以用上一切所學來解釋，包括密度、分子、熱能、當作熱能儲存庫的海洋、水循環、氣流、洋流、大氣，以及聖嬰現象。
- 審視重要概念、課前想法與修正後想法（第一部份）** 請學生翻到筆記本第 5-8 頁「重要概念」，審視哪些概念可以用於寫作。接下來，請學生翻到第 3 頁「課前想法」，請他們評估自己的想法從單元一開始到現在，改變了多少。教師可能想要提供選擇利用的學習單，請見下一頁。
- 學生書寫** 給學生約 15 分鐘時間，讓他們書寫並畫圖。教師遊走學生之間，鼓勵學生盡可能把想法解釋清楚，並且在畫作中標示說明。
- 第一單元告一段落** 教師跟學生說：「這單元的內容關於海洋與大氣的交互作用，已經結束了。你們就像科學家一樣，以許多方式探索海洋，包括進行實驗、利用模型與模擬、閱讀科學文章、提出證據為基礎的解釋、小組團隊合作，討論並且以書面方式呈現想法。」請學生以輪流發表的方式，跟夥伴們討論本單元最有意思的內容，然後邀請幾位志願者分享。

- 展望第二單元** 如果你的班級準備要進行第二單元，告訴他們：他們將很快學到碳，以及碳在地球海洋、大氣、陸地以及生物間的交互作用。



(選擇利用) 學生學習單

教師注意事項

英文學習者

寫作鷹架 對於英文學習者，教師可以提供影印包「寫作工具：修正後想法（第二部份）」的影本，當作額外的支持。本頁的上半，提供詞彙庫；本頁下半，則提供句子架構，都可以讓學生參考運用。有些學生，可能只需要上半頁的詞彙庫；教師可以把本頁剪成兩半，給學生需要的部份即可。只具備基礎英文能力或寫作有困難的學生，則需要整頁的資料。提供這類的寫作鷹架，協助學生聚焦在他們想要表達的科學內容，而不需要擔心拼字、背誦字彙或者花心思弄懂句子的結構。

教學常規

課前想法／修正後想法 本單元進行過程中，讓學生清楚明白地修正想法，協助學生掌握自己的理解以怎樣的方式成長與改變。這樣的覺知，也讓學生維繫新的想法並且有意識地修正起始觀點，讓他們逐漸貼近科學理解。這樣的方式，也提供珍貴的工具，讓教師評估學生的學習。

評量

嵌入式評量：修正後想法（第二部份） 閱讀學生寫在調查筆記本第 51-53 頁的回應，檢視他們如何解釋空氣與水的運動，以及空氣與水如何關聯。課前想法／修正後想法評分標準（介紹手冊第 82-84 頁的評估部份），將協助教師根據三項單元目標評估學生的回應：海洋作為熱能儲存庫；海洋和氣流的密度與運動，以及水循環。

提供更多經驗

準備：修正後想法寫作的組織圖 學生可能因為有機會在寫作前組織想法而受益。提供每個學生一份組織圖的影本，影本取自影印包中的「修正後想法（第二部份）」。讓學生在本頁的角落快速記下心得重點，以計畫寫作內容。

延伸：反思提示

- 如果你住的區域，降雨變得許多或少許多，對該區域居民有怎樣的影響？
- 關於海洋與大氣，你還有沒有好奇之處呢？

科學語言

科學字彙

吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

海洋科學序列教材 G6-G8 海洋素養進階

中文電子書由「海洋素養教材共同推廣研究計畫」執行
版權為 國立海洋科技博物館、國家海洋研究院 共同所有
製作人：陳素芬、陳建宏
策畫：陳麗淑、嚴佳代
執行策畫：鄭淑菁、陳韻心

翻譯：李弘善、周品翔、邱憶群、李捷璇
審查：邵廣昭、張正杰、嚴佳代
潤稿：鄭淑菁

計畫協同人員：
宋祚忠、葉佳承、何宗南