

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

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

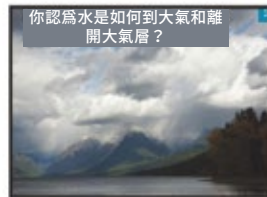
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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。爲了鼓勵學生參與，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。爲了讓課程順利成功，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

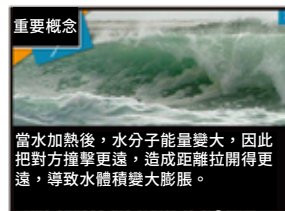
吸收
大氣
氣候
凝結／凝結作用
海流
密度
蒸發／蒸發作用
證據
熱能
熱能儲存庫
物質
模型
分子
降水
水循環
水蒸氣

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？

調査筆記本第 5 頁

1. 呈現重要概念 播放重要概念的投影片，並且大聲讀出內容。向學生澄清：「擴張」的意思，就是水分子之間的距離變大，因此整體的體積變大。



2. 提供重要概念的進一步解釋 向學生解釋：水加熱後，水分子的能量變大，因此會把對方撞得更遠。這樣的碰撞，讓水分子彼此的距離更遠。因為水分子互相碰撞且遠離對方，分子的距離愈來愈遠，整體的體積變大。

3. 向全班說明「擴張」與瓶子的關係 向全班確定：體積變大造成水平面上升，因為水瓶中沒有多餘空間，因此擴張的水只能向上移動。

4. 紀錄重要概念 請學生翻到第 5 頁，也就是調查紀錄本中「重要概念」的部份，並且影印第一個引導問題下方的內容。如果時間許可，鼓勵學生根據他們觀察到的內容，增加比筆記的內容。

5. 定義「熱擴張」 告訴學生：他們在小節探索的內容，以科學詞彙來說就是「熱擴張」。「熱」表示能量，「擴張」表示體積增加。水或任何物質受熱後增加體積，就是熱擴張。提醒學生：在學到海水與空氣的運動時，這個概念很重要；他們在整個單元都會用到這個概念。

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？