



給同學的話

親愛的同學，你好：

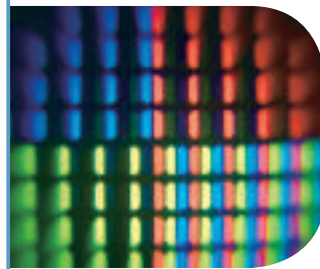
進入國中階段的第二年，你應該已經習慣了學校的生活，也希望你能在新的學期中，快樂的學習更多豐富、有趣的知識。

在學習自然科學的過程中，我們希望你除了了解基本的科學知識之外，更能夠隨時保持著好奇的探究精神、多面向的思考與假設、強化邏輯推理的能力、培養動手做的實作技能，更重要的是能夠將知識內化為解決問題的能力。

本學期的課程共有六個章節及一個跨科主題，主要在介紹生活中常見的各種現象和生活應用，包括水和空氣、聲音、光與熱、物質的組成及分類等。

課本中除了有課文詳盡的說明外，還有精美豐富的圖片，以圖輔文的呈現方式，如此能讓你學習起來更有效率，且藉由圖像化的學習，也讓你更容易理解課程內容；為了讓你方便閱讀，在課文中特別以**關鍵字**標示，讓你能夠更迅速而正確地獲知學習重點。相信以上種種貼心的設計，會讓你對於自然科學的學習更有興趣，並且有所獲益。

編者謹識



目次

符號使用說明 4
實驗室常用器材 6
科學STORY 194
媒體識讀 200

國中自然2上

1

基本測量

1-1 長度、質量與時間	12
1-2 測量與估計	16
1-3 體積與密度	18
實驗1-1 質量、體積與密度的關係	20

2

物質的世界

2-1 認識物質	28
實驗2-1 氧氣的製造與性質	34
2-2 溶液與濃度	39
2-3 混合物的分離	44
實驗2-2 食鹽與細砂的分離	46
實驗一點靈	50

3

波動與聲音

3-1 波的傳播與特徵	56
3-2 聲音的形成	64
實驗3-1 聲音是如何產生的？	64
3-3 多變的聲音	69
3-4 聲波的傳播與應用	74





地球的生命之光——太陽 182

4

光、影像與顏色

4-1 光的傳播	86
4-2 光的反射與面鏡成像	89
實驗4-1 光線反射的定律	90
4-3 光的折射	99
4-4 透鏡成像	102
實驗4-2 凸透鏡的成像觀察	104
4-5 色散與顏色	112
實驗一點靈	118

5

溫度與熱

5-1 溫度與溫度計	126
5-2 熱量	128
5-3 比熱	131
實驗5-1 物體受熱後溫度上升的比較	131
5-4 熱對物質的影響	135
5-5 熱的傳播方式	139

6

物質的基本結構

6-1 元素與化合物	150
6-2 生活中常見的元素	153
實驗6-1 元素的性質與分類	153
6-3 物質結構與原子	160
6-4 週期表	166
6-5 分子與化學式	170
實驗一點靈	176



符號

使用說明

課堂學習

探究提問

可和同學一起討論和探究，進行深入的科學研究。

隨堂筆記

整理課程重點，並有系統的記錄下來。

例題 1-1

藉由解題過程驗證，自己上課中所學的內容是否正確。

課程延伸

課程補充

課內知識的補充說明，讓你學習更全面。

延伸補充

課外知識的延伸學習，讓你增廣見聞。

理化 In my life

生活中會面對的問題，請試著找出問題的成因並處理它。



跨科主題

一個嶄新的單元，透過主題式課程將生物、理化、地科結合起來，讓你在快樂的探索中，與大自然做最親密的接觸。

科學
素養實作
學習重點
整理**科學** STORY

與課程相關的重要科學發展，學習科學家對於該現象的觀察、發現與研究。

實 驗

與同學分組進行實驗，觀察、記錄並討論實驗結果。

圖表關鍵字

條列重要知識點並搭配表格整理，關鍵重點一目了然。

科學家 日誌

認識一些著名的科學家，學習他們追求科學本質的態度。

探討活動

教室中直接進行活動，體驗、觀察並討論活動現象。

**實驗一點靈**

實驗與探討活動的摘要整理，幫你複習實驗精華。

學習Check

課程的核心概念，幫助你確實理解該節重點。

科學 大事記

選錄科學新知或時事議題等延伸性文章，幫你成為一個新新人類。

圖解 point

藉由活潑的手繪圖整理每章重點，複習不再枯燥。

**阿生老師**

生物科的專科老師，雖然進入了二年級後沒有生物課，但還是常出沒在學校的各個角落

**阿花老師**

神出鬼沒的理化老師，有著一頭狂亂不羈的捲髮，總會在學生有問題的時候適時冒出給予幫助

**阿翰**

個性活潑的國二男孩，偶爾喜歡耍点小聰明

**琳琳**

細心用功的國二女孩，興趣是捉弄阿翰

實驗室常用器材



天平與砝碼

利用砝碼來測量待測物質量的工具。



秤量紙

秤取固體物質的質量時，用來盛裝實驗藥品。



刮勺

實驗時，刮取固體藥品之用。



扣重鈕

電子天平

用來秤量物體質量。

使用方法：

1. 接上電源打開開關。
2. 按下扣重鈕歸零（若要放置秤量紙或容器，需先放上後再按鈕，以扣除質量）。
3. 放上待測物，螢幕讀數即為其質量。



吸濾瓶

外觀與錐形瓶相似，瓶身多了一個側管。可用來收集反應後的氣體或蓋上附有橡皮塞的漏斗進行過濾。



廣口瓶

玻璃製的容器，常作為集氣瓶使用。不可以直接加熱，但可操作燃燒物質的實驗，大口徑的瓶口，有助於實驗的進行。



薊頭漏斗

上方為薊頭形狀的長管漏斗，用來添加液體到會產生氣體的容器中。使用時需將長管下端沒入液面下，避免添加溶液時因氣體進入而由上端噴出。



燃燒匙

金屬製成的長柄小勺子，可盛裝少量的物質進行實驗，以觀察燃燒的現象。



濾紙

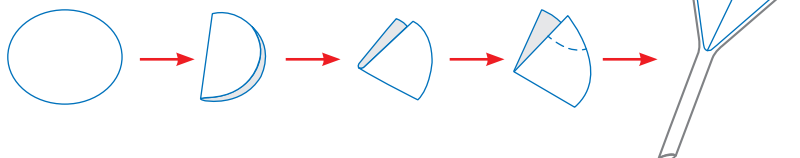
將不溶於水的物質與液體分離的圓形紙片。



漏斗

把液體注入口較細小容器的器具。

濾紙放入漏斗的方法



蒸發皿

陶瓷製，加熱時會放於陶瓷纖維網上，避免受熱不均而破裂，在實驗室常用來加熱水溶液使水蒸發、鹽類析出等。



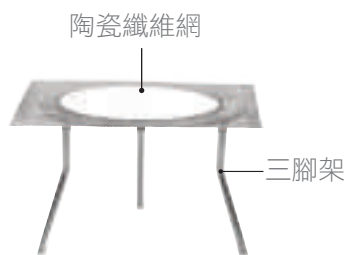
坩堝鉗

外表與剪刀相似，耐高溫的金屬材質，常用來夾取加熱的物品或器皿，避免燙傷。



試管夾

在化學實驗，加熱試管時，防止燙傷手的器材。試管夾多為木製的，但也有金屬試管夾。



陶瓷纖維網與三腳架

以三腳架架高得以放置酒精燈，加熱時隔著陶瓷纖維網可以使熱能均勻分散，較不易導致玻璃容器破裂。



酒精燈

以酒精為燃料的加熱工具。

使用方法：

1. 酒精燈內酒精量應維持 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 的量，若酒精量太少可能會燃燒酒精蒸氣而氣爆；若量太多可能會使酒精溢出。
2. 應以打火機點燃酒精燈，不可用另一酒精燈引燃。
3. 使用完畢應以燈罩蓋熄，不可以口吹熄。



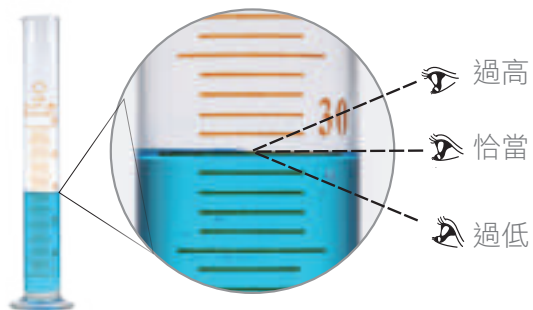
燒杯

用來盛裝物質的玻璃容器，可進行液體的稀釋或混合，及固體物質的溶解。加熱時應放置於三腳架及陶瓷纖維網上，以免受熱不均而導致破裂。



錐形瓶

功能及使用方法與燒杯相似，混合物質時，可以手握住瓶頸搖晃瓶身，使之混合均勻。



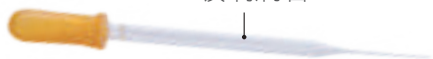
量筒

用來測量液體體積的工具，不可加熱，也不可作為調配藥品的容器。讀取刻度時，視線須和液面中央處等高。

塑膠滴管



玻璃滴管

**滴管**

吸取或注入少量液體所用的工具，末端附有調節吸取量的橡皮套，多為玻璃製但也有少量為塑膠製品。不可將滴管倒置，以免腐蝕橡皮套。

**溫度計**

測量溫度的工具。測量液體時，應置於液體中間，而非底部或頂部，才能獲得正確數據。

**玻棒**

可以攪拌化學物質，也可以於過濾時發揮引流的作用。當有危險度較高的藥品時，可以沿著玻棒緩緩流下，以免反應過於劇烈而造成危險。

**錶玻璃**

外形為略微凹陷的圓形玻璃片，常用來覆蓋在燒杯或蒸發皿上，避免液體蒸發，也可檢驗凝結在表面物質的性質。

公式中英對照

式 1-2 密度 D (density) 質量 m (mass) 體積 V (volume)

式 3-1 波速 v (velocity) 波移動的距離 L (length) 波移動的時間 t (time)

式 3-2 週期 T (period) 頻率 f (frequency)

式 3-3 波長 λ (wave length)

式 5-1 熱量 H (heat) 溫度 T (temperature)

式 5-2 比熱 S (specific heat)



1 基本測量

1-1 長度、質量與時間

1-2 測量與估計

1-3 體積與密度

生活中有許多時候需要進行測量，透過測量可以滿足人對自然界物質與現象的好奇心。舉凡慢跑多長距離、手中水果有多重等。若手邊沒有適當的測量工具，又想知道上述事情，有什麼辦法呢？孔子曾說過：「伸出手指可以知道寸的長短。」也就是以肢體的長度進行估測，即是「永備尺」，我們便可藉此約略了解物體的長度。

探究提問 使用自己不同的永備尺，來測量同張桌子的長度，結果會相同嗎？這是什麼原因呢？

西元前2000年

我們埃及人用腕尺（cubit）當作單位，聰明吧！

利用直尺測量，記錄下自己的永備尺吧！



_____ cm



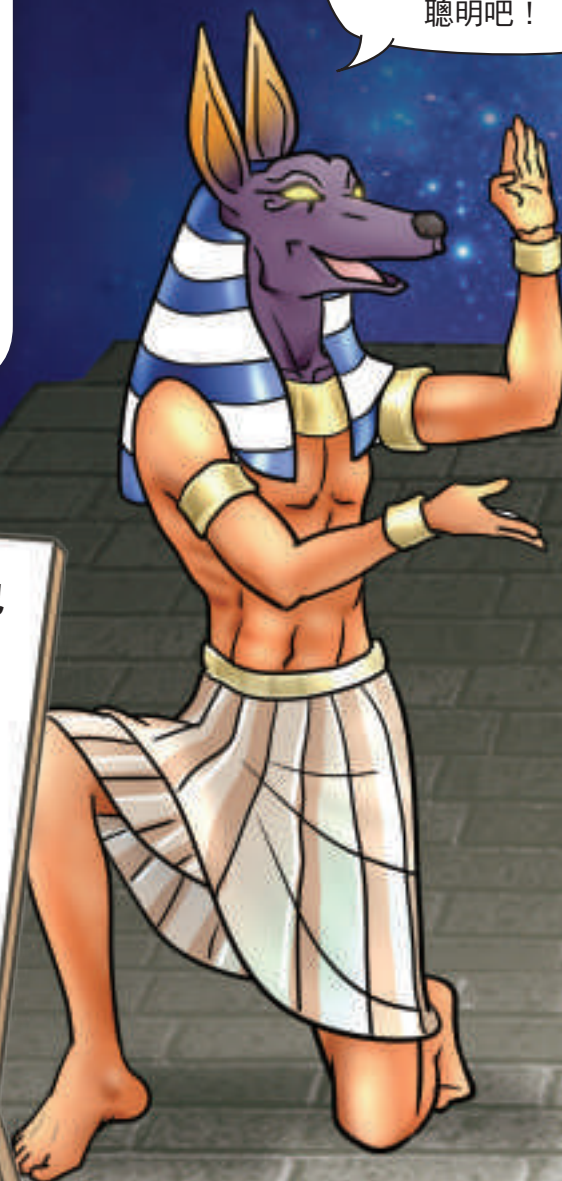
_____ cm



_____ cm



_____ cm



西元前300年

布指知寸，布手知尺，汝等可嘗試用這方法。

西元1792年

我可是經過法國科學院認證通過，定義1米＝北極到赤道長度的千萬分之一。

西元1983年

最新版在這兒！
1米＝光在約 $\frac{1}{299,792,458}$ 秒內，於真空中所走的長度。

相關課程，請見 P192



科學 tell me why

超市架上的麵粉有兩種大小不同的包裝，若麵粉品質相同，你如何知道哪包比較便宜？



■表1-1 常見的物理量

物理量	國際單位 (SI制)	中文 名稱
長度	m	公尺
質量	kg	公斤
時間	s	秒

1 國際單位制

科學家在進行實驗的過程中，會詳盡地記錄物質的外觀、性質或狀態變化，而為了精確的表示實驗結果，會將資料利用計數的方式，加以量化。隨著科技的進步，現在可透過適當的工具或儀器進行測量，迅速得到準確的資料，例如：古人使用身體部位估量距離，現代人則會用尺準確的測量長度。

可以用數值來表示測量結果的特殊屬性稱為**物理量**，並以一組數值與單位一起表達，如1公尺、2公斤。但由於各國的國情與文化不同，選用的測量單位也不同，不易相互比較。因此，國際間制定了一套共同測量標準與單位，稱為**國際單位制**（簡稱**SI制**），以下將介紹生活中常見的物理量（表1-1）。

2 長度

物體的長度需要透過測量才能得知，各式的直尺、皮尺都是能精準測量出長度的工具（圖1-1）。

長度的國際單位為**公尺**（m），又稱為米；而公里（km）、公分（cm）和毫米（mm）則為其他常見的長度單位。

▲ 圖1-1 尺為常見的測量工具



3 質量

物體是由物質所組成，如便當盒、美工刀片與鐵釘等鐵製物體，都是由「鐵」這種物質所組成，而物體所含物質的量就稱為**質量**（m）。

- 5 質量的國際單位為**公斤**（kg），可與公克（g）、毫克（mg）等常用的質量單位相互換算，能用在生活中不同的情況。

上皿天平是做實驗時常用來測量質量的儀器，利用天平兩邊達到平衡，便可測出物體的質量（圖1-2）。另外，

- 10 電子天平操作方便、秤量精準，是現今常使用的天平。

學習Check

☐ 我能說出長度、質量及時間的國際單位制

電子天平操作方法請見 P6



>>>>> 歸零 >>>>>

在秤盤無放置物體的情形下，使用兩邊的校準螺絲校正，將校準螺絲往右旋，指針會往右側偏轉，反之則向左側偏轉，直到靜止後指針指在中央位置。



⚠ 若要秤量藥品，應先放置秤量紙後再歸零，以減少誤差。

>>>>> 進行測量 >>>>>

將待測物置於左盤中央，再使用砝碼夾將砝碼放置於右盤中央。砝碼應由大至小依序放置，能較快達到平衡，節省測量時間。



⚠ 不可直接用手拿取砝碼，以免砝碼生鏽改變砝碼質量，產生誤差。

>>>>> 左右平衡 >>>>>

增減砝碼數量，直到指針停在正中央或左右擺幅相同時，代表天平已達平衡，此時砝碼總質量即為待測物質量。



▲ 圖1-2 上皿天平的使用方法

隨堂筆記

試整理常見長度和質量的單位及換算。

■長度單位

	公里 (千米)	公尺 (米)	公分 (厘米)	毫米	微米	奈米
符號	km	m	cm	_____	μm	nm
單位換算	_____ m	1m	_____ m	10 ⁻³ m	10 ⁻⁶ m	10 ⁻⁹ m

■質量單位

	公斤 (千克)	公克 (克)	毫克
符號	kg	g	mg
單位換算	_____ g	1g	_____ g

探究提問

除了鐘錶及電子產品外，生活中哪些物品也可以當作計時的工具，這些事物具有什麼特性呢？

4 時間

每個人對時間流逝的感覺都不同，我們該如何界定時間的長短，又是如何運用自然現象或物體來製作計時工具呢？

5 凡是有規律變化及週而復始特性的現象及物品，都可以用來描述或測量**時間**，如四季變化、月的陰晴圓缺、日出日落、日影（日晷）等。因此古人利用這些自然現象訂出年、月、日、時等日常生活使用的計時單位。

10 隨著科技進步，逐漸發展出鐘、錶等計時工具，我們便能知道分和秒這些更準確的時間單位（圖1-3）。現今使用更精準的鉀原子鐘技術，來定義**秒**（s）這個時間的國際單位。

◀ 圖1-3 讀取錶上的讀數便可知道現在的時間



例題 1-1

請在下列敘述中填入適當的單位。

1. 琳琳在與家距離1_____的水果攤，買了一袋質量為500_____的蘋果。
2. 阿翰是學校的田徑隊員，他可以在短跑100_____的比賽中，跑出10_____的佳績。

**理化 In my life**

少爺在中秋晚宴結束後，撿到了一隻繡花鞋。



1

歷經多日明查暗訪，找到幾名當天出現在現場的姑娘。



2

少爺！是這位藍髮的……姑娘？



3



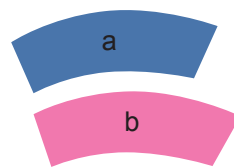
4

- ① 想想看，生活中使用的單位有哪些不是國際單位？
- ② 統一單位對生活有什麼好處呢？

1-2 測量與估計

科學 tell me why

觀察右邊兩張圖，試著判斷哪一個圖形的面積比較大？
想想看可以用什麼方法驗證你的判斷是否正確。



學習Check

- ☐ 我能以適當的尺度量測物理量
- ☐ 我能說出估計值的意義

測量物理量時，選擇適當的工具或儀器是重要的第一步，除了尺度要相符外，也需考慮待測物的性質及形狀，例如：電子天平比體重計更適合用來測量保麗龍盒的重量（圖1-4）。另外，即便工具很精密，或測量過程很仔細，也不容易得到絕對準確的測量數據，因此減少誤差是測量中很重要的部分。

a 以體重計測量



b 以電子天平測量



▲ 圖1-4 選擇適合的量測工具，才能得到較準確的結果

測量後要完整表示一個測量結果，必須包含數字與單位兩部分。由於測量結果只能準確到最小刻度，小於最小刻度的部分，就必須估計而得，因此數字部分會包括一組**準確值**和一位**估計值**，準確值應記錄至最小刻度的位數，而估計值為最小刻度的下一位，即：

測量結果包括「數字」與「單位」
數字部分為一組準確值與一位估計值

以圖1-5測量身高為例，測量結果可記錄如下：



▲ 圖1-5 用身高尺測量身高

數字	單位
<u>155</u> . 2	公分
準確值 + 估計值	

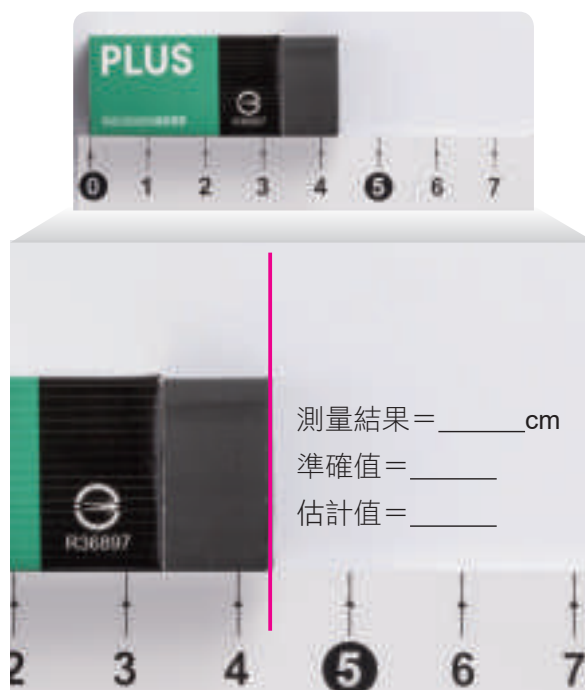
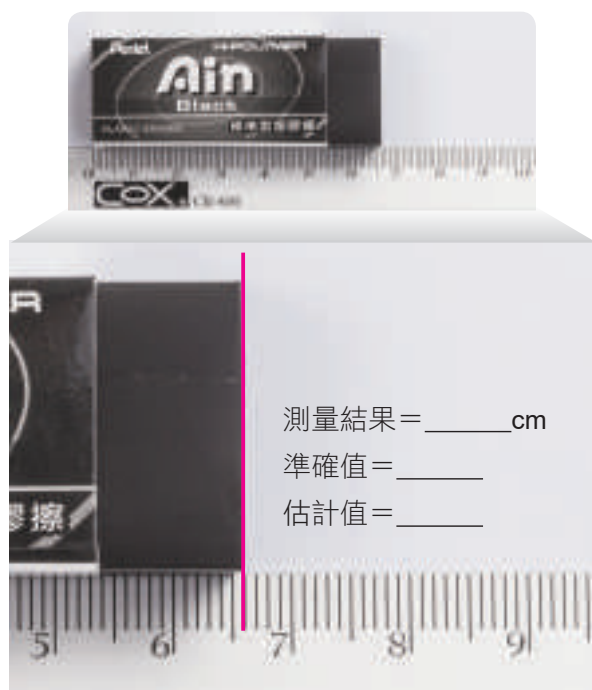
測量結果可能會因為每次測量的估計值不同，而有所差異，為了降低誤差，通常會以多人或多次測量的平均值，求取更準確的測量結果。若發現明顯操作錯誤導致誤差過大的測量結果，則應先刪除後再求平均值（式1-1）。

5

$$\text{平均值} = \frac{\text{測量值總和}}{\text{測量次數}} \quad (\text{式1-1})$$

例題 1-2

下面兩圖中的尺，單位均為公分，試記錄圖中橡皮擦的長度（橡皮擦尾端皆有對準刻度0）。



例題 1-3

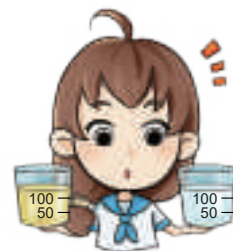
班上四位同學分別使用最小刻度單位為0.1公分的直尺，測量書本的長度，下表為他們的測量結果，試求出書本的平均長度為多少公分？

學生	鬍子	詹皇	咖哩	字母哥
測量值 (cm)	25.92	25.94	25.91	25.95

1-3 體積與密度

科學 tell me why

相同體積的油跟水，它們的質量一樣嗎？試說出你的理由。



1 體積的測量

當我們觀察物體的外觀時，常會描述或比較其大小，而體積的測量可進一步提供量化的數據，讓描述更準確。體積是由長度推導出來的，形狀規則的固體，測量其邊長後，可用公式計算出體積；而液體的體積可以用量筒得知。但是形狀不規則的固體，又該如何測量呢？

探討活動

1-1 排水法

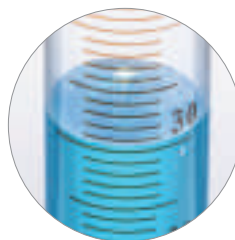


1. 在量筒中加入適量的水，並記錄其體積 $V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ mL。

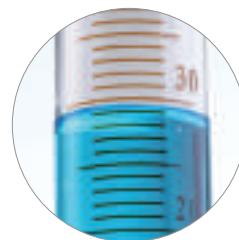
⚠ 在讀取量筒水面高度時，應平視液面中央最低處，過高或過低都會產生誤差。



恰當



過高



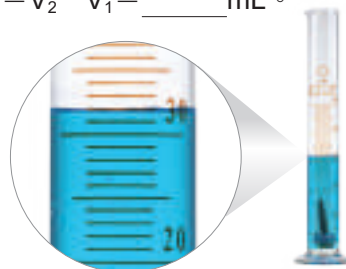
過低

2. 將量筒傾斜，並將待測物緩緩滑入，以免量筒破損或濺出水滴。



3. 記錄物體完全沒入水中後的液面刻度 $V_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ mL，求得物體體積

$$V = V_2 - V_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mL}。$$



容積單位與體積單位可以互相轉換（表1-2），因此可將不溶於水且可完全沒入水中的物體，放入裝有適量水的量筒中，物體會排開與本身體積相同的水。此時水面上升的體積，即為物體的體積，這種方法稱為**排水法**（圖 1-6）。

■表1-2 常見的體積與容積單位

體積單位	立方公尺（m ³ ）	立方公寸（dm ³ ）	立方公分（cm ³ ）
容積單位	公秉（kL）	公升（L）	毫升（c.c. 或 mL）
單位換算	1m ³ = 1000L = 10 ³ L	1dm ³ = 1L	1cm ³ = $\frac{1}{1000}$ L = 10 ⁻³ L

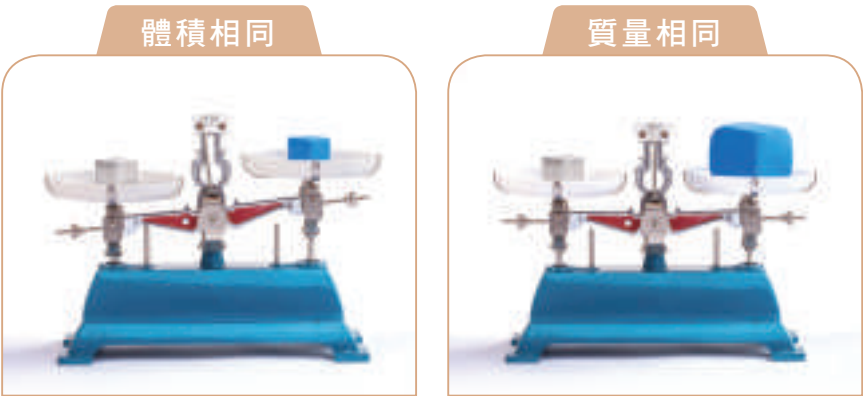
註：容積為容器內部空間所占有的體積



▲ 圖1-6 阿翰進入滿水的浴缸時，身體在水面下的體積會等於溢出水的體積

2 密度的測量

如圖1-7所示，鐵塊和黏土的體積相同時，鐵塊的質量較大；而鐵塊和黏土的質量相同時，黏土的體積明顯比較大。物體質量、體積大小的關係，和組成物質的何種特性有相關呢？



▲ 圖1-7 鐵塊和黏土間的體積、質量之比例關係

實驗
1-1

質量、體積與密度的關係



目的 由質量與體積的關係，尋找物質的特性——密度。

器材 ①不同形狀的鋁塊、銅塊各3個 ②上皿天平1組 ③100mL量筒1個

步驟

- 1** 以天平分別測量並記錄三個鋁塊的質量。



- 2** 利用排水法測量並記錄三個鋁塊的體積，然後將三者的質量與體積相乘及相除，比較數據有何規律。



- 3** 以質量為縱座標，體積為橫座標，將鋁塊的質量和體積的關係圖，描繪於方格紙上。

- 4** 將鋁塊改為銅塊，重複步驟 ① ~ ③。

**問題與討論**

1. 將三個鋁塊的質量與體積分別相乘、相除，比較所得的數值有什麼規律性？
2. 比較三個銅塊質量除以體積所得的值，你發現了什麼？
3. 由實驗結果可知，物質的質量和體積有何種比例關係？

探究提問

若想要測量液體密度，實驗中在已歸零的天平放上盛裝液體的容器並測量質量，則實驗結果所畫出的質量體積關係圖，與測量固體時有何不同？此差異代表何種意義？

相關實驗重點，請見 P50



三個鋁塊的大小、形狀雖然不同，但將質量除以體積後，卻可以得到大約為 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 的數值；而銅塊可得到大約為 $8.9\text{g}/\text{cm}^3$ 的數值。這個數值代表物體在單位體積內所含的質量多寡，稱為**密度**（式1-2）。常用的密度單位為

5 公克 / 立方公分（ g/cm^3 ）或公斤 / 立方公尺（ kg/m^3 ）。

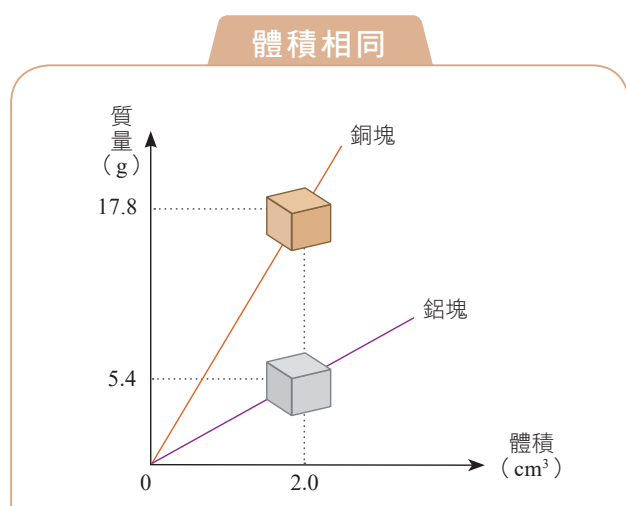
$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} \quad \text{即 } D = \frac{m}{V} \quad (\text{式1-2})$$

若以質量為縱軸，體積為橫軸，畫出同一物質的質量與體積關係圖，會發現為一條通過原點的斜直線，表示兩者呈正比關係。物質的體積相同時，質量較大者，密度較大（圖1-8）；當兩物質的質量相同時，體積較大者，密度則較小（圖1-9）。

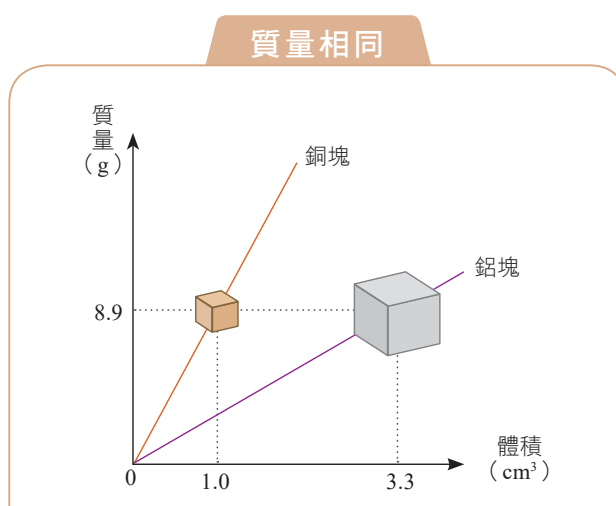
10

在固定的溫度與壓力等條件下，同一種質地均勻的物質，其密度通常為定值，如水的密度為 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、酒精的密度為 $0.79\text{g}/\text{cm}^3$ 。此值可表示物質組成的緊密程度，可用

15 來作為判斷物質種類的依據。



▲ 圖1-8 體積相同時，銅塊的質量大於鋁塊



▲ 圖1-9 質量相同時，鋁塊的體積大於銅塊

三大常見物理量

| 物理量 | 以數值表示測量結果的特殊屬性，包括長度、質量、時間

| 國際單位制（SI制） | 國際間共同的測量標準與單位

物理量	長度	質量	時間
SI制單位	公尺（m）	公斤（kg）	秒（s）

長度

| 常用的長度單位 |

單位	公里（千米）	公尺（米）	公分（釐米）	毫米	微米	奈米
符號	km	m	cm	mm	μm	nm
換算公尺	10^3m	1m	10^{-2}m	10^{-3}m	10^{-6}m	10^{-9}m

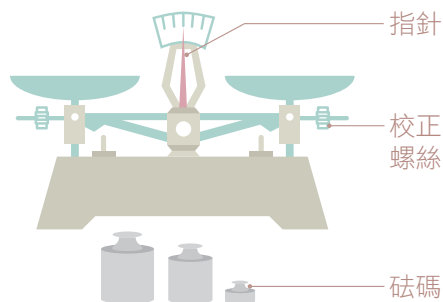
質量（m）

| 常用的質量單位 |

單位	公斤（千克）	公克（克）	毫克
符號	kg	g	mg

| 質量的測量 | 上皿天平

1. 歸零：使用校準螺絲校正使天平歸零。
2. 進行測量：待測物放於左盤中央，以砝碼夾將砝碼由大至小放於右盤中央。
3. 左右平衡：指針停於正中央或左右擺幅相同時，砝碼總質量即為待測物質量。



時間

| 常用的時間單位 | 年、月、日、時、分、秒

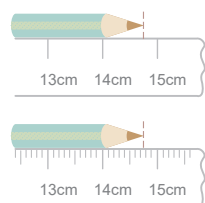
| 時間的測量 |

古代：四季、月、日影變化

現代：鐘錶、銨原子鐘

測量

| 測量結果 |



數字

+

單位

準確值 + 估計值

14

0.7

cm

→ 14.7cm

14.7

0.05

cm

→ 14.75cm

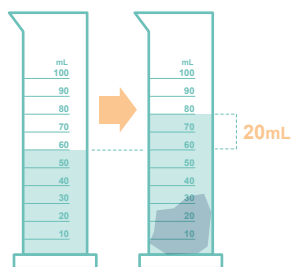
| 平均值 |

測量值總和
測量次數

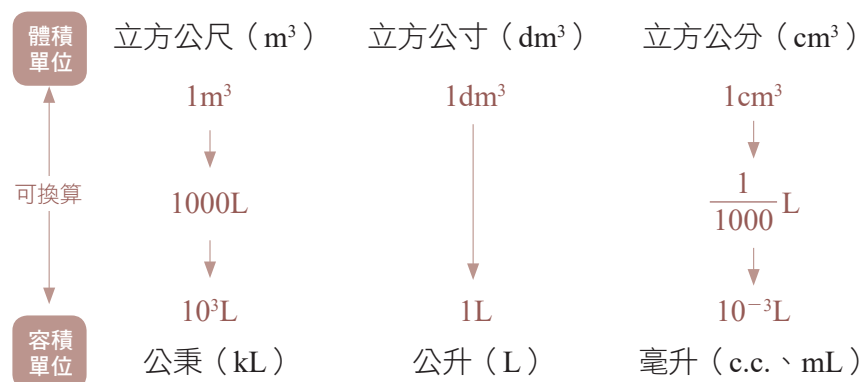
體積 (V)

| 體積的測量 |

1. 規則物體：公式法
2. 不規則物體：排水法



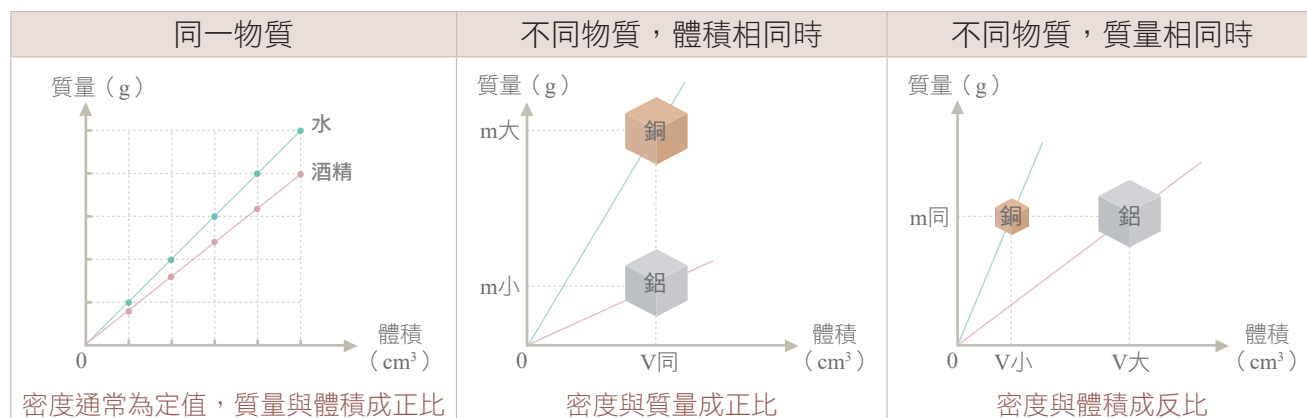
| 常用的體積單位 |



密度 (D)

| 密度 | 單位體積內所含的質量

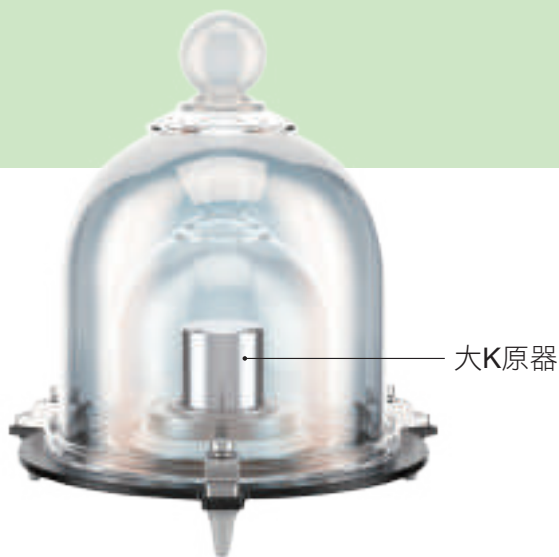
$$\text{密度} D = \frac{\text{質量} m}{\text{體積} V}$$

| 常用的密度單位 | 公克 / 立方公分 (g / cm^3)、公斤 / 立方公尺 (kg / m^3)

正式退役的 國際公斤原器

公斤是質量的基本單位，最初是以1公升水的質量為定義。但是水為液體，並非好的測量物質，因此法國政府開始著手製作公斤原器，於西元1889年時所製造出的「鉑銱公斤原器」，在國際度量衡大會確立作為公斤的標準砝碼。

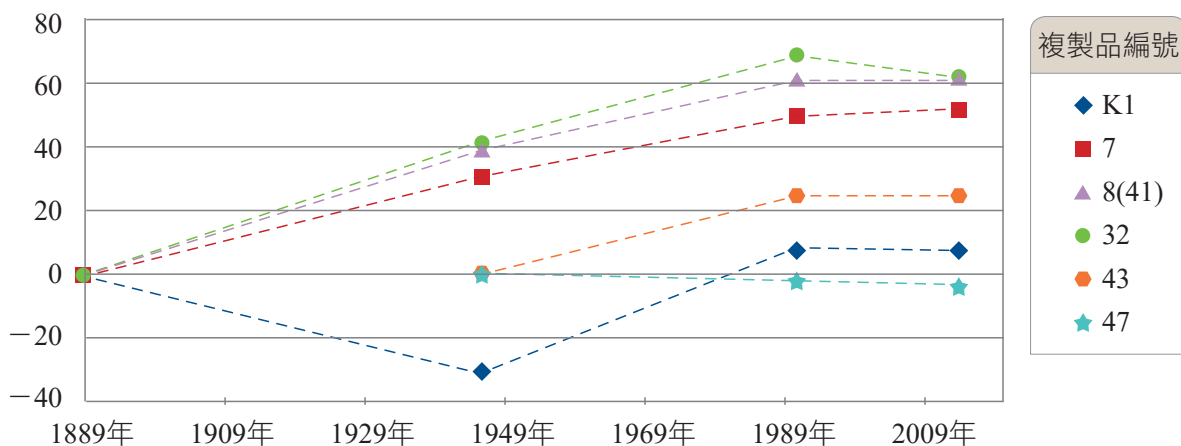
保存在法國 巴黎 國際度量衡局的「IPK圓柱」（又稱大K），是鉑銱合金圓柱體，由於微量的灰塵、溼氣、指紋上的油汙或熱脹冷縮等，都可能影響圓柱質量，因此儲藏環境受到嚴密監控。故事到這裡，你是否有疑問，為何是使用圓柱體，不是用立方體或其他形狀？我們從避免過多表面積受到髒汙或接觸空氣造成質量變化這方面思考，就可以知道要選擇表面積愈小的形狀愈好。雖然球體為表面積



最小的型態，但因球體的製作十分繁雜，所以當時科學家最後折衷選擇圓柱體作為公斤原器的原型。

大K圓柱自第一屆國際度量衡大會用來定義公斤後，每隔一段時間都會與其他6個複製品作質量比較，結果顯示他們之間的質量差值有逐年變化的趨勢，在西元2014年最大的差值已超過了50微克（ μg ）。從數據上看來，他們之間的質量差異漸增，更重要的是，我們無法確定在這樣的差異下，是其他公斤原器受到汙染，或是大K因為其他因素而變輕。因此

質量變化（微克）



▲6個大K複製品於三次測試時的質量變化

幾十年來科學家嘗試改以自然界中不易改變的數值來重新定義公斤，希望得到更穩定的測量單位。

終於，在西元2018年研究確立兩種方法重新定義公斤，其一為透過「基布爾秤」，另一方式則為「矽晶球法」。雖然公斤定義方式更改，對於科學家們是一件值得

歡欣鼓舞之事，但對於大眾來說，你的體重依舊不會變輕或變重，買麵粉或水果在秤重時也不會有任何改變。

現在大K已功成身退，與擺設在羅浮宮的公尺原器及其他的人為標準原器並列，利用實際物體定義標準基本單位的方法也正式走入歷史。

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 請查找資料，除了公斤原器以外，還有哪個國際單位曾經以人造原器作為定義，被捨棄的呢？
 (A)秒
 (B)分
 (C)公分
 (D)公尺
- () 2. 根據上述文章，下列敘述何者錯誤？
 (A)作為標準單位的公斤原器，需具有長時間穩定不變的特性
 (B)公斤原器製作成圓柱體，是為了使其表面積較小
 (C)公斤原器最初的複製品，於西元1946年第一次測試時，就有質量的差異
 (D)鉑銥公斤原器為最早用來定義公斤的方法
- () 3. 根據上述文章，為何要捨棄以公斤原器來定義公斤的方法？
 (A)因鉑銥合金在地殼中的含量日漸減少，無法負荷各國對公斤原器的需求
 (B)因圓柱體製作困難，容易產生質量的誤差
 (C)因實物容易產生微小變化，不適合用來定義質量
 (D)因國際度量衡大會認為公斤原器用太久了，需要換個方法

2 物質的世界

2-1 認識物質

2-2 溶液與濃度

2-3 混合物的分離

自然界中的物質都占有空間，具有質量。物質具有什麼共通的特性，又該如何分類呢？讓我們一起進入物質的世界吧！

探究提問

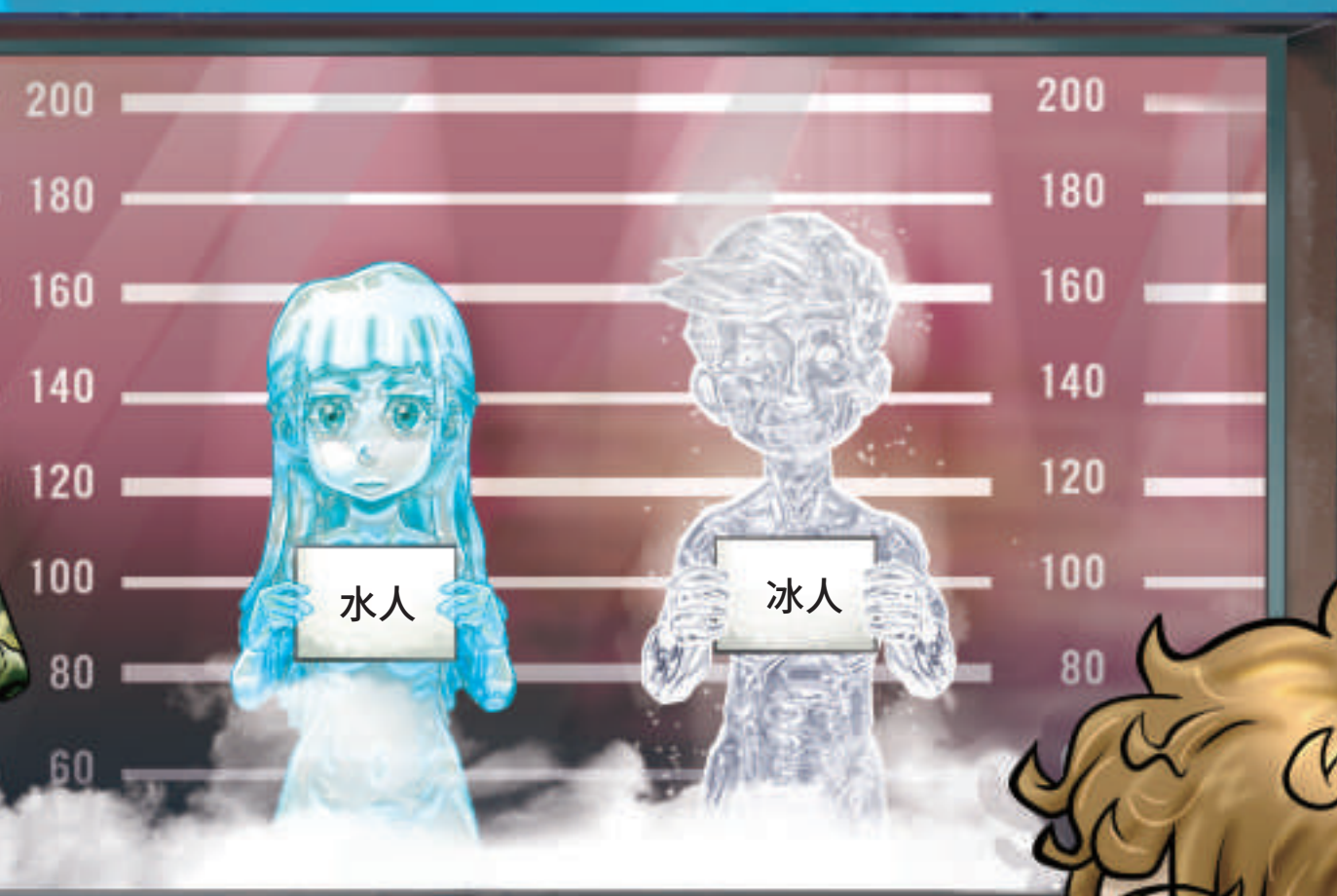
珠寶店的玻璃被人敲破並偷走了珍貴的七彩寶石，警方抓到了三個嫌疑犯，根據受害者提供的粒子照判斷，誰才是偷走寶石的犯人呢？



根據監視器畫面，嫌犯包得密不通風，有沒有其他資料可以提供給警方的？

我這裡有依據粒子投影，印出來的嫌犯照片。





● 為嫌犯的組成粒子

原來是粒子照.....
我已經知道兇手
是誰了

2-1 認識物質

科學 tell me why

將相同體積的冰和乾冰放在桌上，隔一段時間後，冰變成一灘水，乾冰則完全消失，過程中發生了什麼事呢？



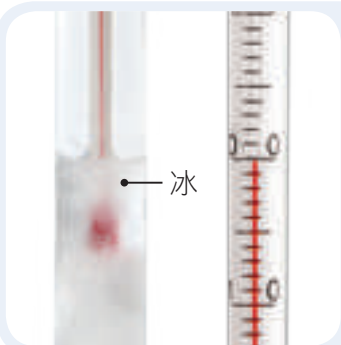
1 物質的三態



小水滴

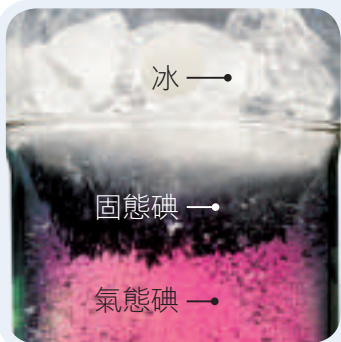
水蒸氣

物質由氣態轉變為液態的過程，如水蒸氣遇到冷空氣凝結為小水滴。



冰

物質由液態轉變為固態的過程，如低溫時水凝固成冰。



冰

固態碘

氣態碘

物質由氣態直接轉變為固態的過程，如氣態碘遇冷凝華為固態碘。

凝結

氣態

形狀：不固定
體積：不固定

凝固

液態

形狀：不固定
體積：固定

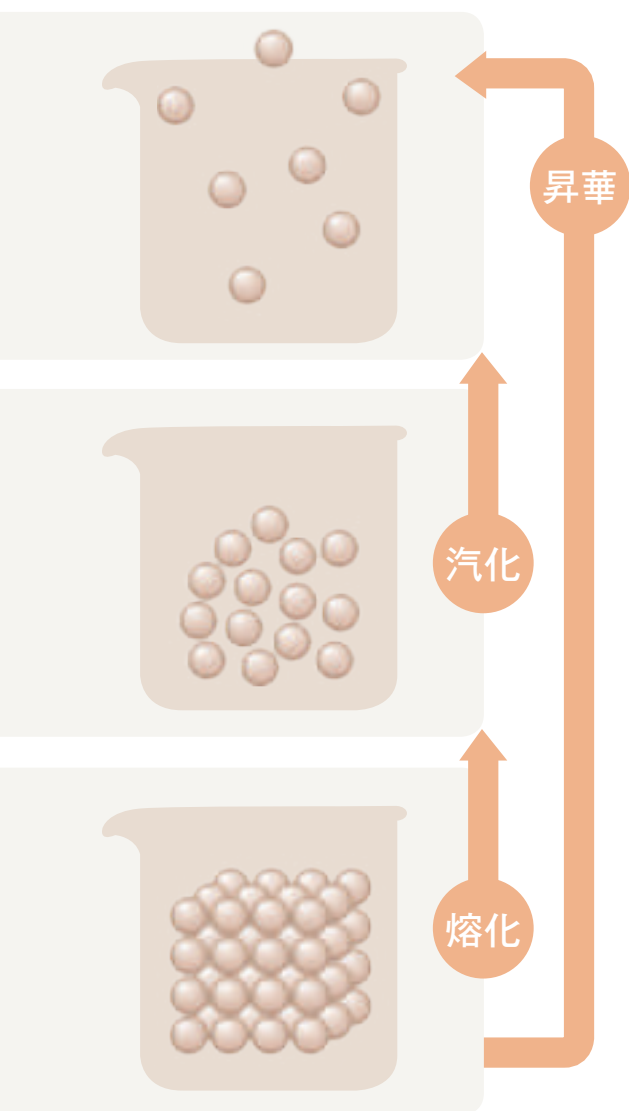
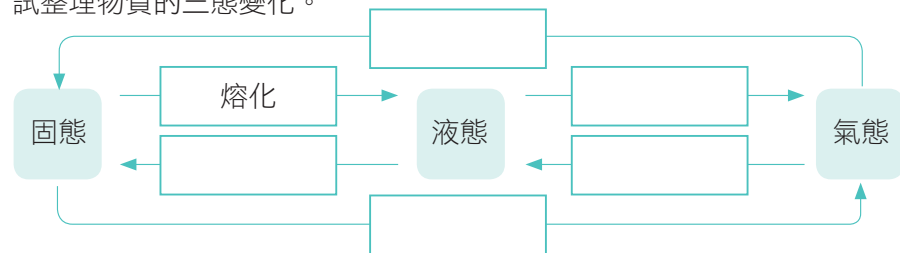
凝華

固態

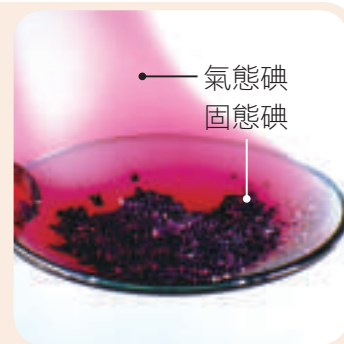
形狀：固定
體積：固定

隨堂筆記

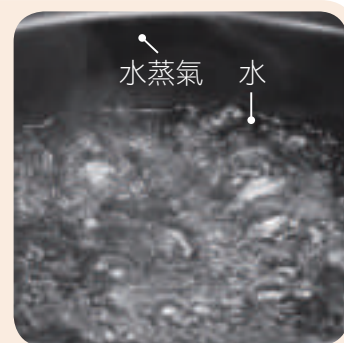
試整理物質的三態變化。



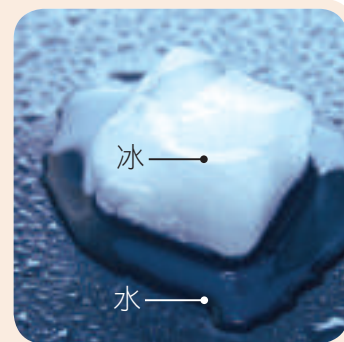
物質由固態直接轉變為氣態的過程，如固態碘遇熱昇華為氣態碘。



物質由液態轉變為氣態的過程，如水遇熱沸騰或蒸發。在任何溫度都會有**蒸發**現象，但達到特定溫度才稱為**沸騰**。



物質由固態轉變為液態的過程，如冰遇熱熔化成水。



2 物質的變化

物理變化

物質的外觀產生改變，但組成與本質不變。例如：三態變化、糖溶於水及橡皮擦切半（圖2-1a）等現象。

組成與本質不變，無新物質產生

a 形狀改變，無新物質產生



化學變化

物質組成與本質發生改變，並產生新的物質。例如：生蛋煎熟、鐵生鏽與木材燃燒等現象（圖2-1b、c）。

組成與本質改變，有新物質產生

b 組成與本質發生改變



c 產生新的褐色物質



▲ 圖2-1 物理變化與化學變化的比較

例題 2-1

下列生活中常見的現象，若為物理變化，在前方空格中填「物」，若為化學變化則填「化」。

☐ 咖啡豆磨成粉

☐ 巧克力熔化

☐ 牛奶變酸

☐ 光合作用

☐ 自來水煮沸

☐ 紙錢燃燒

☐ 糖溶於水

☐ 鉛筆芯折斷

☐ 水結成冰

3 物質的性質

物理性質

直接藉由感官或儀器得知，不需要經過化學變化，如顏色、熔點、沸點和密度等（圖2-2a）。

直接藉由感官或儀器得知



化學性質

必須透過化學變化才能觀測，如可燃性、助燃性與酸鹼性等（圖2-2b）。

必須透過化學變化觀測



▲ 圖2-2 同一種物質的物理性質及化學性質

4 物質的區分

生命要素中的水、氧氣與空氣的物理性質，經檢測後，可將部分性質整理如表2-1。

純物質是由單一物質所組成，具有固定性質，例如：水與氧氣。而**混合物**則是由兩種以上的純物質混合而成，不具固定性質，其內部組成成分的比例不固定，如空氣。

■表2-1 水、空氣與氧氣的物理性質

物質 性質	水	氧氣	空氣
沸點（°C）	100	-183.0	不固定
熔點（°C）	0	-218.8	不固定
密度（g/cm ³ ）	1	0.0014	0.0011~ 0.0013

5 常見的混合物與純物質

空氣無色、無臭、無味，為許多氣體的混合物，其中氮氣含量最多，氧氣次之，此外，還含有氬氣及其他微量的氣體（圖2-3）。我們難以辨別空氣中單獨的氣體性質，需要藉由實驗分離出單一的氣體，才得以探究其性質。



78%

氮氣

氮氣是無色、無臭、無味的氣體，不可燃，也不助燃，常溫下性質穩定，幾乎不與其他物質反應。氮氣常填充於食品包裝，避免食物與氧氣接觸，以降低變質的機會。經凝結而成的液態氮，其溫度極低且性質穩定，為良好的冷凍劑（圖2-4）。

21%

氧氣

氧氣是無色、無臭、無味的氣體，不可燃，但會助燃，是生物行呼吸作用的必要物質。化學性質非常活潑，極易與其他物質結合產生變化，如蠟燭燃燒、鐵生鏽與蘋果肉變色（圖2-5）等。

0.9%

氬氣

氬氣是無色、無臭、無味的氣體，不可燃，也不助燃，性質極穩定，在常溫或高溫下，都不容易與其他物質反應。因其性質穩定，常用在高溫焊接金屬時，以氬氣阻絕金屬與氧氣反應（圖2-6）。

▲ 圖2-3 乾空氣組成的體積比（不含水氣）

學習Check

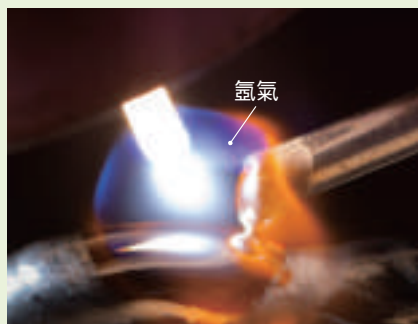
- ☐ 我能說出物理變化與化學變化的差異
- ☐ 我能說出物理性質與化學性質的差異
- ☐ 我能說出混合物與純物質的差異



▲ 圖2-4 液態氮性質穩定，是良好的冷凍劑



▲ 圖2-5 蘋果肉與氧氣接觸一段時間後顏色會變深



▲ 圖2-6 高溫焊接時，常以氬氣阻絕金屬與氧反應

0.1% 其他

常見的微量氣體如二氧化碳、水氣和臭氧等，這些氣體的含量會隨時間、地點不同而變化。

二氧化碳是無色、無臭、無味的氣體，不可燃，也不助燃，略溶於水，是生物行呼吸作用的產物。其不助燃的特性，使二氧化碳成為製作滅火器的原料。將二氧化碳加壓溶解於糖水中，便能成為有特殊口感的汽水；二氧化碳凝華成乾冰，昇華時可使其周圍水蒸氣凝結，常用於製造舞台表演的煙霧（圖2-7）。



▲ 圖2-7 乾冰昇華時，會使附近的水蒸氣凝結成小水滴，產生白色煙霧的現象

實驗
2-1

氧氣的製造與性質



目的

藉由氧氣的製造、收集和檢驗，認識氧氣的性質。

器材

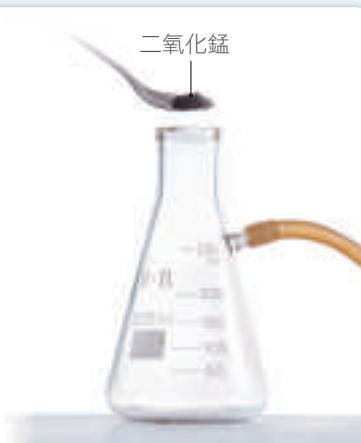
- | | | |
|---------------|-----------------|---------|
| ① 35%雙氧水約50mL | ⑤ 薊頭漏斗1個 | ⑨ 滴管1支 |
| ② 二氧化錳約半匙 | ⑥ 吸濾瓶（附單孔橡皮塞）1個 | ⑩ 廣口瓶1個 |
| ③ 蒸餾水約20mL | ⑦ 橡皮導管1條 | ⑪ 水槽1個 |
| ④ 線香1支 | ⑧ 玻片1片 | |

步驟

- 1** 在水槽內放入約一半的水，將裝滿水的廣口瓶，以玻片蓋緊後倒立放入水中，再移除玻片。



- 2** 取半匙二氧化錳放入吸濾瓶中，並接上橡皮導管。



- 3** 小心地將薊頭漏斗穿過橡皮塞，並塞緊吸濾瓶口，使漏斗末端盡量接近瓶底，再由薊頭漏斗上端加入少量的水，使漏斗末端沒於液面下。



- 4** 將雙氧水緩緩滴入薊頭漏斗中，待冒泡約一段時間後，再將橡皮導管插入水槽的廣口瓶中，收集產生的氣體。



- 5** 當氣體充滿廣口瓶後，在水中以玻片蓋緊瓶口，取出水面，瓶口朝上放置。



- 6** 觀察並依照步驟確認瓶內氣體的化學性質。

- 欲確認的化學性質：_____。
- 器材：收集完成氣體的廣口瓶、線香1支。
- 步驟：_____。

問題與討論

- 步驟**3**中，為什麼要將薊頭漏斗的末端沒於液面之下？
- 步驟**4**中，為什麼冒泡一段時間後才開始收集氧氣？
- 承上題，此種集氣法主要是利用氧氣的何種特性？
- 根據步驟**6**，推測氧氣具有什麼性質？

探究提問

大理岩與稀鹽酸混合可以產生二氧化碳，以你所學，該如何收集氣體並驗證其性質？

相關實驗重點，請見 P50



雙氧水在室溫下會自行分解，產生氧氣和水，但分解速率很慢，因此在雙氧水產生氧氣的過程中，可以加入二氧化錳，以加速雙氧水分解。氧氣具有難溶於水的特性，因此可以使用**排水集氣法**來收集，將氣體導入在水槽內裝滿水的倒立廣口瓶中，氣體會將瓶內的水排出，由此方法可以收集較純的氣體（圖2-8）。



薊頭漏斗塞緊吸濾瓶口，再由上端加入少量的水，使液面高於薊頭漏斗末端，避免反應出的氣體從薊頭漏斗逸散。

將反應液體緩緩滴入薊頭漏斗中，待冒泡一段時間再收集氣體，避免收集的氣體不純。

當氣體充滿廣口瓶後，在水中以玻片蓋緊瓶口，避免氣體逸散，取出水面後瓶口朝上放置。

▲ 圖2-8 排水集氣法示意圖

在實驗2-1中，從實驗結果可以發現，將點燃的線香放入氧氣中，線香燃燒劇烈，顯示氧氣具助燃性（圖2-9a）。

大理岩與稀鹽酸反應產生的二氧化碳，也可以利用排水集氣法收集。若將點燃的線香放入二氧化碳中，線香會熄滅，顯示二氧化碳不具助燃性。另外，將二氧化碳通入澄清石灰水中，會使石灰水產生混濁沉澱，可作為檢驗二氧化碳的方式（圖2-9b）。



▲ 圖2-9 以線香與澄清石灰水檢驗氧氣與二氧化碳

例題 2-2

關於利用雙氧水製氧實驗的敘述，下列何者正確？

- (A) 薊頭漏斗長管末端沒入液面下，是為了增加產生氧氣的量
- (B) 氧氣易溶於水，因此可以使用排水集氣法收集氣體
- (C) 雙氧水分解產生氧氣，是一種物理變化
- (D) 氧氣使燃燒更劇烈，具有助燃性，這是一種關於化學性質的敘述



理化 In my life



- ① 試依據課程中學到的知識推測，為何使用液態氮為一種經濟環保且有效消滅紅火蟻的方法？
- ② 除了用降溫的方式使氣體變為液體，根據物質的粒子觀，還有什麼方法可以讓氣體凝結呢？

2-2 溶液與濃度

科學 tell me why

吃火鍋時，常會聽到有人說「湯太鹹了，加白開水稀釋一下」，請問加水稀釋前後喝起來有什麼差異？加水後若喝掉所有湯，攝取的鹽分會減少嗎？



1 水溶液的組成

溶液包含**溶劑**與**溶質**，而**水溶液**是指物質均勻溶於水形成的液體，其中水為溶劑，溶解在水中的物質為溶質，如糖、酒精和二氧化碳等（圖2-10）。



▲ 圖2-10 黑糖均勻溶解在水中，形成黑糖水溶液

水是日常生活中最常見的溶劑，但是有些物質難溶於水，卻可以溶解在其他溶劑中，例如：使用酒精或去光水可擦拭油性簽字筆的筆跡（圖2-11）；脂溶性的維生素，可溶解在油性藥劑中製成膠囊，方便食用（圖2-12）。



▲ 圖2-11 簽字筆成分無法溶解在水中，卻可以溶解在酒精中



▲ 圖2-12 脂溶性藥劑製成膠囊

2 常見的濃度表示法

濃度是表示定量溶液中所含溶質的多寡，當濃度不同時，溶液的外觀、顏色或其他性質，也可能會隨之改變，例如：黑糖水的濃度愈高，嚐起來就愈甜，顏色也愈深（圖2-13）。若想要準確調配出各種濃度的溶液，就必須知道溶液與所含溶質的比例，以下介紹生活中常見的濃度表示法。



▲ 圖2-13 黑糖水濃度愈高時，黑糖粒子分布較濃密，顏色也愈深（此為粒子示意圖，非真實粒子數量及大小）

重量百分率濃度



▲ 圖2-14 糖漿包裝上會有糖分比例標示

重量百分率濃度的定義，為每100公克溶液中所含溶質的公克數，以百分比（%）表示（式2-1），如圖2-14所示，糖分的重量百分率濃度為75%，代表每100公克糖漿中，含有75公克的糖分。

$$\begin{aligned}\text{重量百分率濃度} &= \frac{\text{溶質重量}}{\text{溶液重量}} \times 100\% \quad (\text{式2-1}) \\ &= \frac{\text{溶質重量}}{(\text{溶劑} + \text{溶質}) \text{重量}} \times 100\%\end{aligned}$$

例題 2-3

阿翰在家裡將20公克的砂糖，加入180公克的水中，均勻攪拌後，砂糖完全溶解於水中，形成糖水溶液，試求此糖水溶液的重量百分率濃度為多少？

體積百分率濃度

體積百分率濃度的定義，為每100毫升溶液中所含溶質的毫升數，以百分比（%）表示（式2-2），而酒類飲品的體積百分率濃度也可用「度」表示。如圖2-15中，酒精成分為58度的高粱酒，表示體積百分率濃度為58%。

$$\text{體積百分率濃度} = \frac{\text{溶質體積}}{\text{溶液體積}} \times 100\% \quad (\text{式2-2})$$



圖2-15 每100毫升的高粱酒含有58毫升的酒精

百萬分點

百萬分點（ppm）的定義，為一百萬單位的溶液含有多少單位的溶質，1ppm即是一百萬分之一（式2-3）。例如：1千克的溶液中含有1毫克的溶質，濃度即為1ppm。

$$1\text{ppm} = \frac{1}{10^6} \quad (\text{式2-3})$$

同樣道理，1公升的溶液中，含有1毫升的溶質，濃度也為1ppm。百萬分點常用來描述水汙染與空氣汙染的情形（圖2-16）。

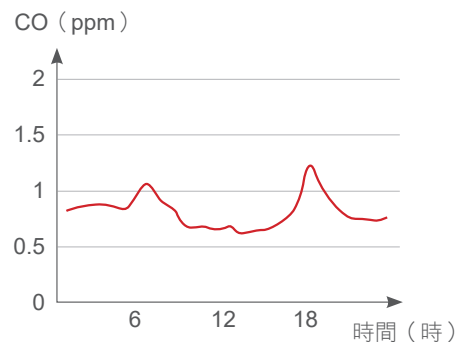


圖2-16 臺北市某日空氣中一氧化碳濃度趨勢圖

例題 2-4

檢驗人員於污染的河川中取樣，檢測到平均1000公升的河水含有400毫升的污染物，試求河川中污染物的濃度為多少ppm？

學習Check

- ☐ 我能了解溶劑與溶質的關係
- ☐ 我能說出常見的濃度表示法
- ☐ 我能了解飽和溶液與未飽和溶液的關係

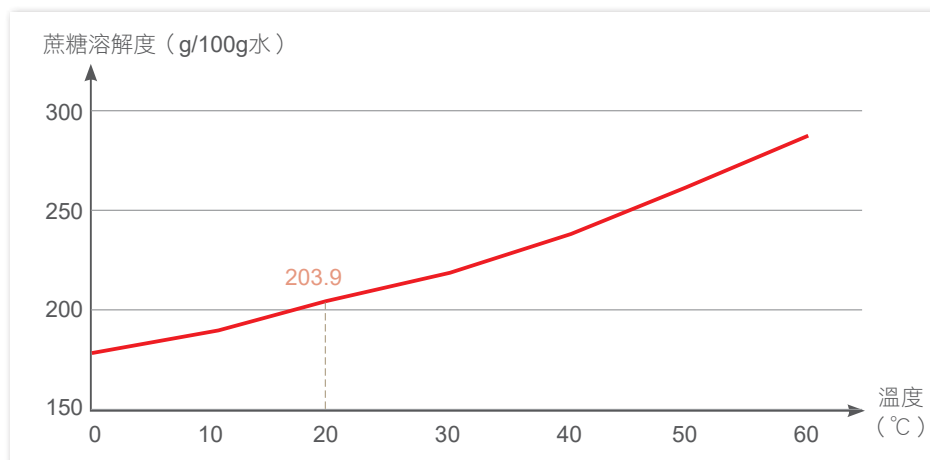
探究提問

溶解度與濃度有什麼差別呢？

3 溶解度

溶解度是定溫下，定量溶劑所能溶解的溶質最大量，以每100公克溶劑可溶解的溶質公克數來表示，例如：20℃時，100公克的水中最多能溶解203.9公克蔗糖，則蔗糖的溶解度為203.9g / 100g水（圖2-17）。

在蔗糖逐漸加入清水的過程中，此時水所能溶解的蔗糖尚未達到最大量，仍能繼續溶解蔗糖，稱為**未飽和溶液**；持續加入蔗糖，直到杯子底部出現無法溶解的蔗糖，此時能溶解的蔗糖已達最大量，濃度不能再增加，則稱為**飽和溶液**（圖2-18）。



▲ 圖2-17 蔗糖的溶解度隨著水溫升高而提升



▲ 圖2-18 未飽和溶液與飽和溶液的比較

大部分固體溶質的溶解度會隨著水溫升高而增加，如蔗糖等。但有些固體如氫氧化鈣，以及氣體的溶解度，反而會隨著水溫升高而降低（圖2-19），像是含有二氧化碳的汽水，若是放入熱水中，會因溶解度降低而使二氧化碳逸出（圖2-20）。

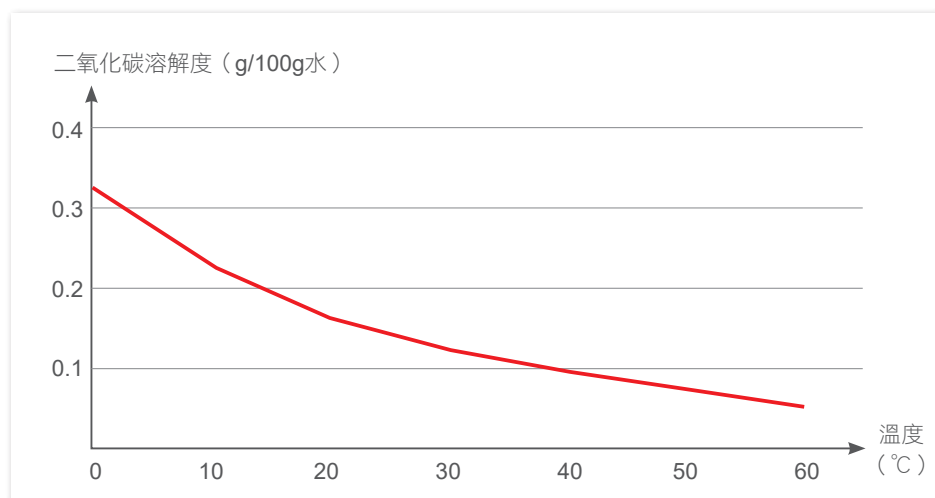


圖2-19 二氧化碳的溶解度隨著水溫升高而降低



圖2-20 汽水浸泡於冷水和熱水中的情形

2-3 混合物的分離

科學 tell me why

我們飲用的淡水都是來自河水、雨水與地下水，要如何分離其中的雜質，得到較純淨的水呢？



自然界中的物質大多為混合物，而其中所含的各種純物質，仍然保有原來的性質，因此可利用這些性質將這些物質分離。



天氣瓶的製作

1 過濾法

- 5 **過濾法**是利用物質顆粒大小不同來分離物質的方式，例如：我們常用篩子過篩麵粉（圖2-21）、利用咖啡濾紙濾掉咖啡渣（圖2-22）。



▲ 圖2-21 利用過濾法篩選掉結塊的麵粉



▲ 圖2-22 利用過濾法濾掉咖啡渣

2 結晶法

- 結晶法**可將溶液中的溶質分離出來形成結晶，常見的方式有兩種，①降溫結晶：如天冷時，天氣瓶會出現美麗的羽毛狀固體（圖2-23）；②蒸發結晶：如利用陽光曝曬海水，使水分蒸發後得到粗鹽（圖2-24）。



▲ 圖2-23 利用結晶法來得知氣溫的變化



▲ 圖2-24 利用結晶法取得海水中的鹽

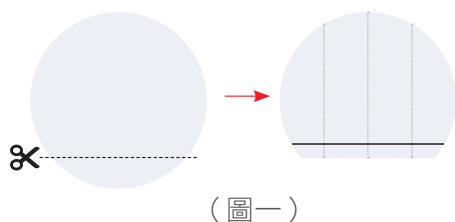
3 濾紙色層分析法

探討活動



2-1 濾紙色層分析

1. 將圓形濾紙裁切掉一邊（圖一）。
2. 使用彩色筆，如黑、紅色，在裁切邊的上方1.5公分處畫一條直線。
3. 將濾紙對摺後，再將兩邊向外對摺（圖一）。
4. 將濾紙裁切邊放入裝有水的玻璃培養皿中，水勿超過所畫的線，觀察其結果（圖二）。



（圖一）



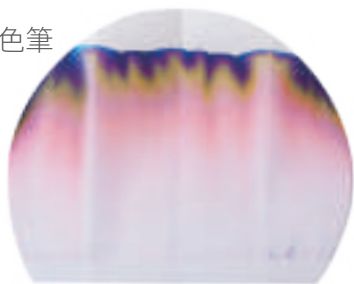
（圖二）

想一想

由黑色顏料的色層分析，可以看出其主要是由哪幾種顏色的顏料所組成的呢？

濾紙色層分析法是利用物質在溶劑中，對濾紙吸附能力不同來分離混合物的方法，最早此方法是用來分離出植物內所含不同顏色的色素，因為它只需濾紙就能進行，而且可以快速的完成，是一種方便有效的分析方法（圖2-25）。

黑色筆



葉片汁液



▲ 圖2-25 藉由濾紙和水，可將不同顏色的色素分離出來

學習Check

- ☐ 我能了解過濾法與結晶法的定義
- ☐ 我能正確操作實驗器材分離混合物



琳琳不小心把整包綠豆灑進了鹽罐！請見活動紀錄簿P19的探究任務，藉由所學知識，一起來幫助琳琳分離物質吧！

實驗
2-2

食鹽與細砂的分離



目的

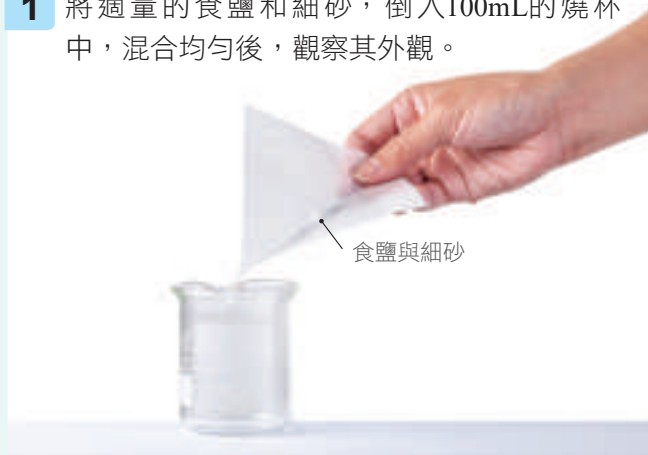
無法單純用顆粒大小分離的食鹽與細砂，混合後該如何將兩者分開？

器材

- | | | |
|-------------|---------|-------------|
| ① 食鹽適量 | ⑤ 濾紙1張 | ⑨ 三腳架1個 |
| ② 細砂適量 | ⑥ 漏斗1個 | ⑩ 陶瓷纖維網1個 |
| ③ 100mL燒杯2個 | ⑦ 蒸發皿1個 | ⑪ 鐵架（附鐵環）1組 |
| ④ 玻棒1支 | ⑧ 酒精燈1個 | ⑫ 放大鏡1支 |

步驟

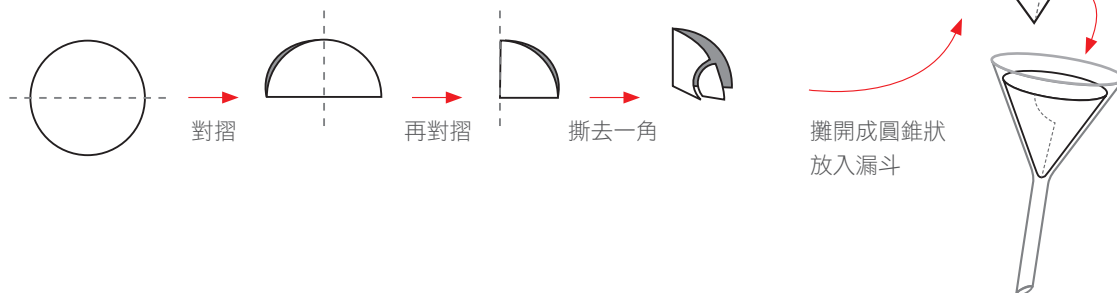
- 1** 將適量的食鹽和細砂，倒入100mL的燒杯中，混合均勻後，觀察其外觀。



- 2** 在燒杯中加入20mL的水，以玻棒攪拌後，觀察溶液的外觀。



- 3** 取一張濾紙依下圖步驟摺好，放置於漏斗中。



- 4** 將漏斗放在鐵架上，以水潤溼濾紙，使其緊貼漏斗內壁。



- 5** 將燒杯中的溶液沿著玻璃棒緩緩倒入濾紙內過濾，並觀察濾液及留在濾紙上的物質。



⚠ 漏斗中的液面不可超過濾紙。

- 6** 將一部分濾液倒入蒸發皿中。



- 7** 將蒸發皿加熱，直到其中液體完全蒸乾。



⚠ 加熱過程中，殘留物可能會彈跳出來，必須保持距離觀察。
⚠ 即將蒸乾時，移開火源，待其自然蒸乾。

- 8** 待蒸發皿冷卻後，觀察其中的殘留物。

問題與討論

1. 過濾前後的濾液分別含有什麼物質？從何處可以判斷出來？
2. 實驗結束後，蒸發皿上所得到的殘留結晶是什麼物質？
3. 試將實驗步驟 **1**～**7** 依照分離混合物的方法分類，並製成表格。

探究提問

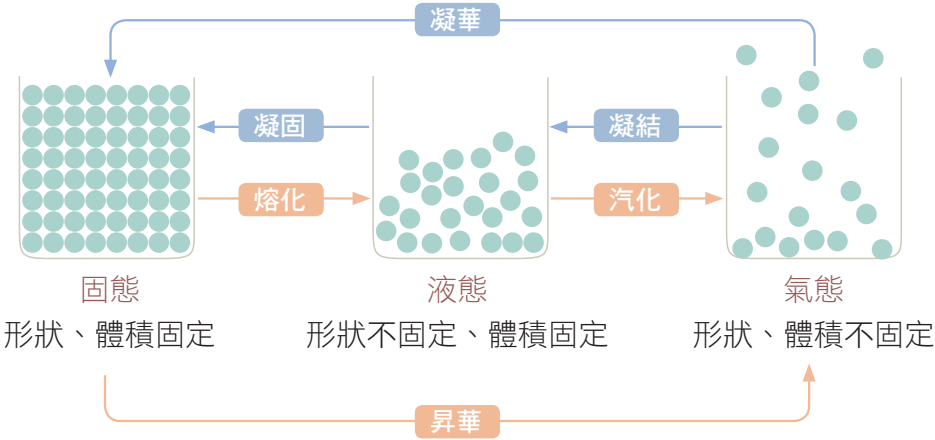
濾紙上留下的是食鹽或是細砂呢？為什麼？

相關實驗重點，請見 P51



物質

| 物質的三態 |



| 物質的變化 |

	定義	舉例
物理變化	物質的組成與本質不變	三態變化、糖溶於水、切開橡皮擦
化學變化	物質的組成與本質改變，並產生新物質	鐵生鏽、木材燃燒

| 物質的性質 |

	定義	舉例
物理性質	由感官或儀器可得知的性質	顏色、熔點、沸點、密度
化學性質	必須在化學變化中才能觀測的性質	可燃性、助燃性、酸鹼性

| 物質的區分 |

純物質：由單一物質組成，具固定性質

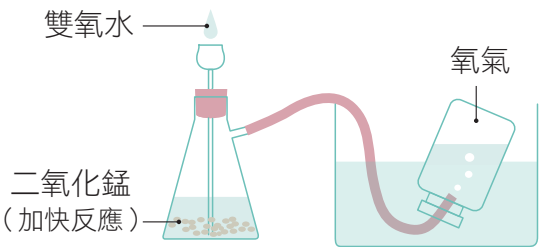
氣體	物理性質	化學性質	應用與現象
氮氣	無色 無味 無臭	不可燃 不助燃	性質穩定，用於食品包裝、冷凍劑
氬氣			性質穩定，用於金屬焊接
二氧化碳			略溶於水，用於汽水、滅火器
氧氣		助燃	性質活潑，可讓線香燃燒、鐵生鏽

混合物：兩種或兩種以上純物質混合而成，不具固定性質

空氣	主要組成：78%氮氣+21%氧氣+0.9%氬氣 其他（0.1%）：二氧化碳、水氣、臭氧
----	--

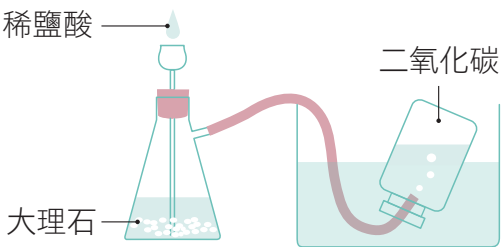
排水集氣法

| 製造氧氣 | 雙氧水→氧氣+水



驗證：線香燃燒

| 製造二氧化碳 | 大理石+稀鹽酸→二氧化碳



驗證：線香熄滅、澄清石灰水變混濁

溶液

| 溶液組成 | 溶質+溶劑

| 濃度 | 定量溶液中溶質的多寡

重量百分率濃度	每100公克溶液中所含溶質的公克數	$\frac{\text{溶質重量}}{\text{溶液重量}} \times 100\%$
體積百分率濃度	每100毫升溶液中所含溶質的毫升數	$\frac{\text{溶質體積}}{\text{溶液體積}} \times 100\%$
百萬分點	一百萬單位的溶液含有多少單位的溶質	$1\text{ppm} = \frac{1}{10^6}$

| 溶解度 | 定量溶劑所能溶解的溶質最大量

未飽和溶液	尚未達到溶解溶質最大量時的溶液	濃度 < 溶解度
飽和溶液	溶劑所能溶解的溶質，已達到最大量時的溶液	濃度 = 溶解度

混合物分離

| 常見分離方法 |

方法	原理
過濾法	利用物質顆粒大小分離
結晶法	使溶液中的溶質形成結晶而分離①降溫結晶②蒸發結晶
濾紙色層分析法	物質在溶劑中，對濾紙吸附能力不同而分離

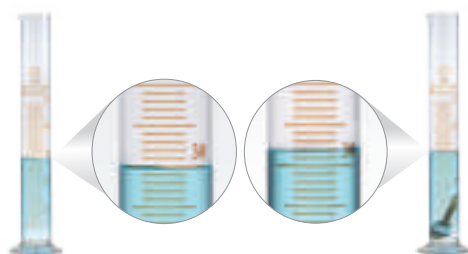


實驗一點靈

第一章

探討活動1-1 排水法

1. 藉由排水法可計算不易測量的不規則物體體積。
2. 測量的過程，需以平視觀察水面中央最低處讀取數值。
3. 測量出的前後差異即為物體體積。



實驗1-1 質量、體積與密度的關係

1. 根據質量與體積的關係，可以了解不同的物質，密度不同。
2. 將質量與體積相乘，所得的數值差異大，沒有一定規律性；將質量與體積相除，可以發現大小、質量不同的同種物質，數值卻會十分相近。
3. 各自將銅塊與鋁塊的質量與體積相除，得到的數值有明顯差異，由此可知不同物質的密度不同。

第二章

實驗2-1 氧氣的製造與性質

1. 雙氧水會自行分解成氧氣與水，二氧化錳可以加速雙氧水分解。
2. 氧氣為無色、無臭的氣體。
3. 氧氣具有助燃性，可使線香燃燒劇烈。

每次段考可用此
頁複習實驗喔！



探討活動2-1 濾紙色層分析

1. 由濾紙色層分析，可看出大部分的彩色筆，都是由不同顏色的顏料所混製而成的。



探究任務

1. 從外觀上可以看出，綠豆與食鹽的顆粒大小相差很多。
2. 可以過濾法用篩子將混合的綠豆與食鹽分開。
3. 篩子的孔隙需小於綠豆，但大於食鹽。

實驗2-2 食鹽與細砂的分離

1. 細砂與食鹽顆粒大小均大於濾紙孔隙，因此需先將食鹽溶於水中，形成更微小的粒子，才能通過濾紙孔隙，達到分離目的。
2. 不溶於水的細砂因顆粒大於濾紙孔隙，因此將食鹽、細砂及水的混合物倒入漏斗中，能夠通過濾紙的只有水與食鹽，便能成功將細砂分離。
3. 為了能夠重新取得食鹽顆粒，必須將食鹽與水分離開來，可將食鹽水溶液加熱，使水分蒸發後，溶於水中的食鹽析出成食鹽的結晶，達到分離食鹽與細砂的實驗目的。
4. 對食鹽水而言，可以用這些物理方法將食鹽與水分離開來；但對水而言，則無法用這些方法從水中分離出其他物質。物質是否可用物理方法來分離，是一種簡單判斷物質為純物質或混合物的方式。

隱形殺手——懸浮微粒

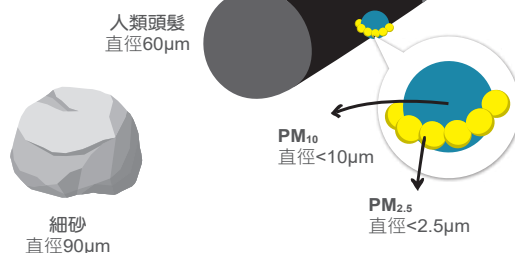
新聞中常看見「PM_{2.5}超標」、「紫爆」等名詞，到底是指什麼呢？

要介紹PM_{2.5}得要從PM₁₀談起，PM₁₀是指直徑10微米以下的懸浮微粒，而PM_{2.5}就是直徑2.5微米以下的細懸浮微粒。這些顆粒物有些來自於汙染源的直接排放，如工廠及火力發電廠的煙囪，或是汽車的排氣管；另一些則是由於環境中的硫氧化物、氮氧化物等，與其他化合物相互作用形成的細小微粒。這些懸浮微粒有多小呢？人類一根頭髮的直徑約為60微米，PM₁₀的直徑大約為頭髮直徑的六分之一，而PM_{2.5}甚至比一些細菌還要小。這些懸浮微粒會對人體有什麼影響呢？

西元1952年，因工業革命大量燃燒化石燃料，導致空氣中懸浮微粒爆增，素有「霧都」之名的倫敦，在4天內，因為空氣汙染使超過4000人失去生命。這些在空氣中的微小粒子會隨著呼吸進入肺部，導

致氣喘、氣管炎等疾病，嚴重時會使肺泡受損，心肺功能出現問題，甚至是死亡。英國政府因為這個事件，下定決心解決空氣汙染的問題，制定了世界上第一部空氣汙染防治法。

在臺灣，為了讓民眾了解當前空氣汙染的狀況，行政院環保署會發布即時空氣品質指標AQI（Air Quality Index）。AQI為依據當日空氣中PM_{2.5}、PM₁₀、硫氧化物、氮氧化物等空氣汙染物濃度，計算後得到的數值，共分為六個等級。



一般新聞上所說的紫爆，是指AQI 達201～300的非常不健康的空氣汙染狀態，一般民眾應減少戶外活動，如果有心臟及呼吸道疾病的患者應該留在室內，若要外出，應配戴口罩。

除了透過立法管制工廠或發電廠的懸浮微粒排放量，在生活中我們也可以做一些事情來減少PM_{2.5}的濃度，如減少油炸食品、多搭乘公共運輸工具、避免燒香或燒金紙等。降低PM_{2.5}的濃度，從你我做起！

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 依照文章，請問工業革命時代，倫敦起霧的主要成因為下列何者？
- (A)水氣凝結成小水滴，產生霧氣
(B)燃燒化石燃料所產生的顆粒
(C)大量食用油炸食品，造成油煙四處飄散
(D)由土耳其所吹來的沙塵暴
- () 2. 右圖為某時間基隆觀測站所測得的AQI值，以及各項汙染物在空氣中的濃度，可以看出一氧化碳是使用ppm作為單位，二氧化氮等是使用ppb作為單位，已知ppb為十億分點，請問為什麼要用不同的濃度單位呢？
- (A)二氧化氮等粒子較小，需用較小的濃度單位
(B)國際的標準中，二氧化氮等粒子規定使用ppb來表達濃度
(C)二氧化氮等粒子在空氣中濃度太低，若使用ppm來表達會到小數點後很多位
(D)ppb為環保署專用的單位，國際上不通用
- () 3. 關於空氣品質指標AQI的敘述，下列何者正確？
- (A)我們可參考AQI，安排室內或戶外活動，保護身體健康
(B)計算PM_{2.5}和PM₁₀濃度，便可得到AQI
(C)AQI為一種7天空氣品質預報制度
(D)AQI共分為六個濃度

基隆		
AQI		19
空氣品質指標		良好
O ₃ (ppb)	8小時 移動平均	21
臭氧	小時 濃度	35
PM _{2.5} (μg/m ³)	移動 平均	23
細懸浮微粒	小時 濃度	32
PM ₁₀ (μg/m ³)	移動 平均	7
細懸浮微粒	小時 濃度	12
CO (ppm)	8小時 移動平均	0.20
一氧化碳	小時 濃度	0.22
SO ₂ (ppb)	小時 濃度	2
NO ₂ (ppb)	小時 濃度	6.4
二氧化氮		

3 波動與聲音

3-1 波的傳播與特徵

3-2 聲音的形成

3-3 多變的聲音

3-4 聲波的傳播與應用

鯨魚會透過鯨歌求偶，發出穩定而持續的歌曲。生物學家曾於太平洋上發現頻率比一般鯨魚都還要高的鯨歌，並將唱出這歌曲的鯨魚命名為「52Hz」。由於同伴們都聽不見他的鯨歌，又被稱之為「世界上最孤獨的鯨魚」。

探究提問

每種動物之間都有自己獨特的溝通方式，但有些動物發出的聲音我們卻聽不見，你覺得是什麼原因呢？



老伴，那年輕人幹嘛一直飆高音啊？

不知道，可能他想跟海豚做朋友吧。



不一為何都
沒人懂我？

我懂我懂，班上女生也
常說跟我頻率不對。



3-1 波的傳播與特徵

科學 tell me why

將一支點燃的蠟燭放在喇叭前，當喇叭發出較強的聲音時，可以看到燭火在搖晃，這是為什麼呢？



▲ 圖3-1 水面受到擾動產生水波

到河邊或湖邊戲水時，很多人會嘗試打水漂，我們可以觀察到，扁平的石頭在水面上跳動的同時，水面會被干擾，此時水除了有上下運動的情況，還會以圓形的波紋向四面八方擴展，這個現象即是水的波動（圖3-1）。

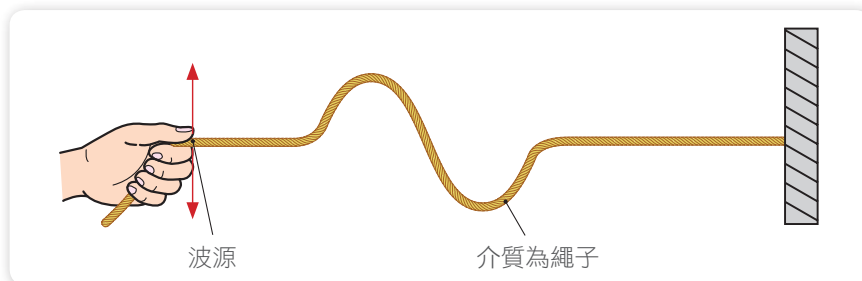
1 波與波動

海水、繩子或彈簧等，受到風吹和擺動等干擾影響，所產生的凸起、凹下或疏鬆緊密的部分，稱為**波**；而波向前傳遞出去的現象，稱為**波動**（圖3-2）。

造成物質擾動的來源稱為**波源**，也稱為**振源**，而傳遞波的媒介物質，則稱為**介質**（圖3-3），例如傳播水波需要水、傳播繩波需要繩子。



▲ 圖3-2 波向前傳遞產生波動



▲ 圖3-3 手持繩的一端振動產生繩波

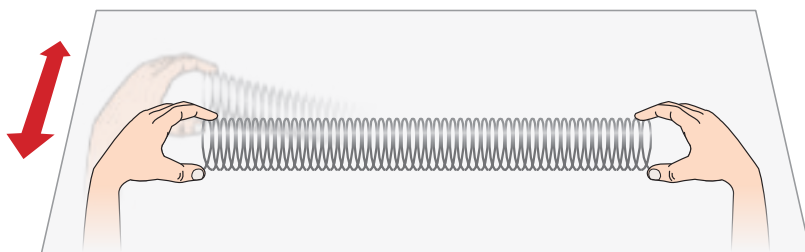
需要介質傳播的波動，稱為**力學波**，如繩波、聲波等；不需要介質也能傳播的波動，就稱為**非力學波**，如光波、無線電波或是其他的電磁波（圖3-4）。

探討活動

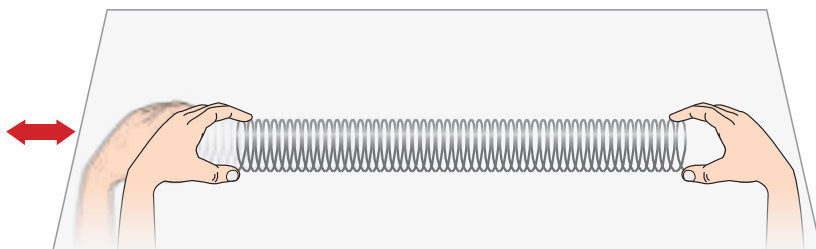
◆ 3-1 彈簧波的運動情形



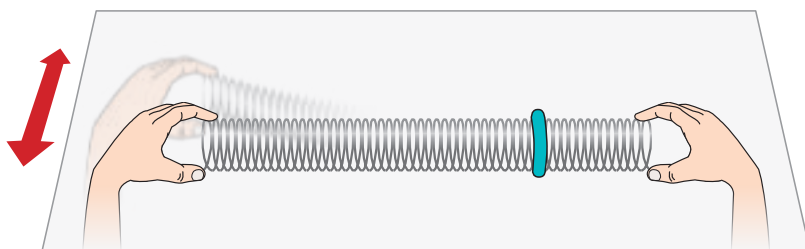
1. 將彈簧置於平滑桌面上，一手抓住彈簧的左端，右端固定不動，左端彈簧用手前後擺動一次，觀察彈簧波的運動情況及前進方向。



2. 同上，改變對彈簧的運動方式，手持彈簧左端，向用另一手固定的右端，左右推動一次，觀察彈簧波的運動情況及前進方向。



3. 在彈簧上的任意點，套上圓形髮圈，彈簧右端固定不動，左端用手連續前後擺動，觀察彈簧波通過髮圈的情形，並注意髮圈是否會隨波動前進。



▲ 圖3-4 利用無線電波傳輸數據的Wi-Fi路由器

在探討活動3-1中，手擺動彈簧一次，就產生一個彈簧波，波動會穩定的沿著彈簧前進，彈簧波前進的方向就是波的傳遞方向。

當前後擺動時，彈簧振動方向與波前進方向互相垂直，產生高低起伏的波形，這樣的波被稱為**橫波**或**高低波**（圖3-5a）；改為左右推5動時，彈簧振動方向與波前進方向互相平行，產生疏密相間的波形，這樣的波則稱為**縱波**或**疏密波**（圖3-5b）。

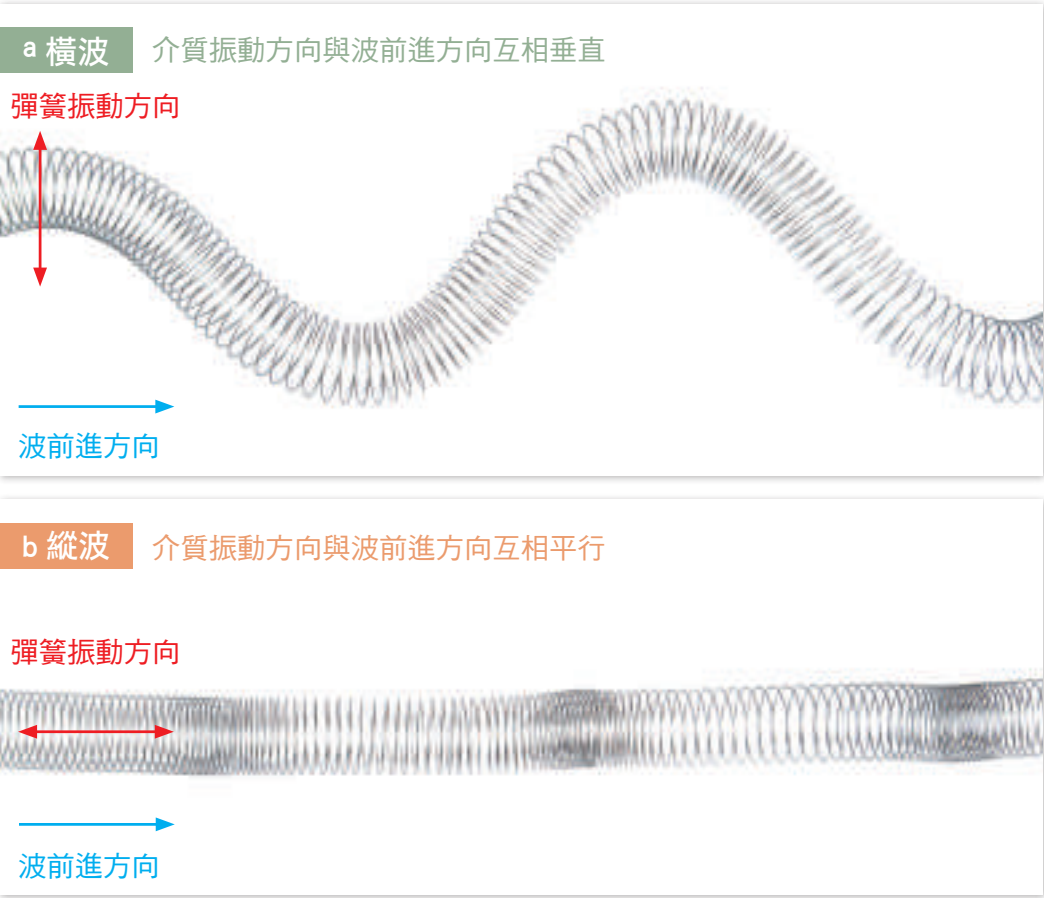


圖3-5 波形示意圖

隨堂筆記

試整理橫波與縱波的特性。

	波形	介質振動方向	實例
橫波			
縱波			

彈簧上任意點套上圓形髮圈時，彈簧前後擺動形成彈簧波通過髮圈，但髮圈並沒有隨著波動前進，而是在原處來回擺動，由此可知介質並不會隨著波動前進（圖3-6）。

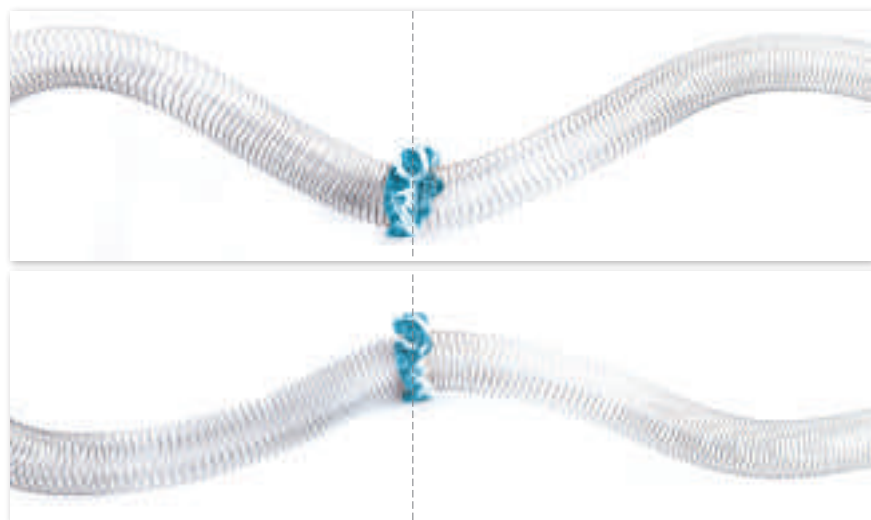


圖3-6 髮圈不會隨波動前進

- 5 波傳遞的快慢程度稱為**波速**，在同一種均勻介質中，波速為定值，假設波由左端開始傳遞到某一點（圖3-7），波移動的距離為 L ，波傳遞的時間為 t ，則單一波的波速 v 可以表示為式3-1，單位為公尺 / 秒（m/s）或公分 / 秒（cm/s）。

$$\text{波速 (v)} = \frac{\text{波傳遞的距離 (L) (length)}}{\text{波傳遞的時間 (t) (time)}} \quad (\text{式3-1})$$

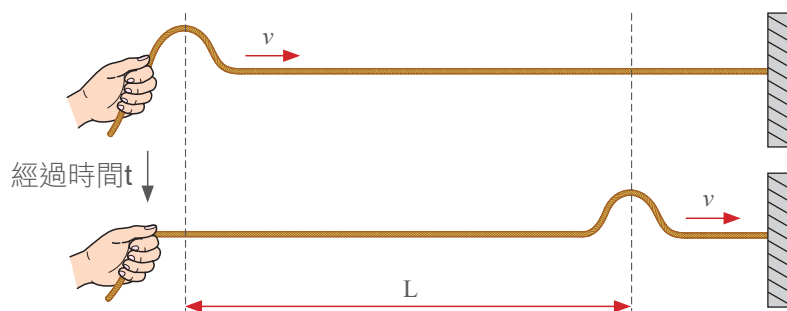
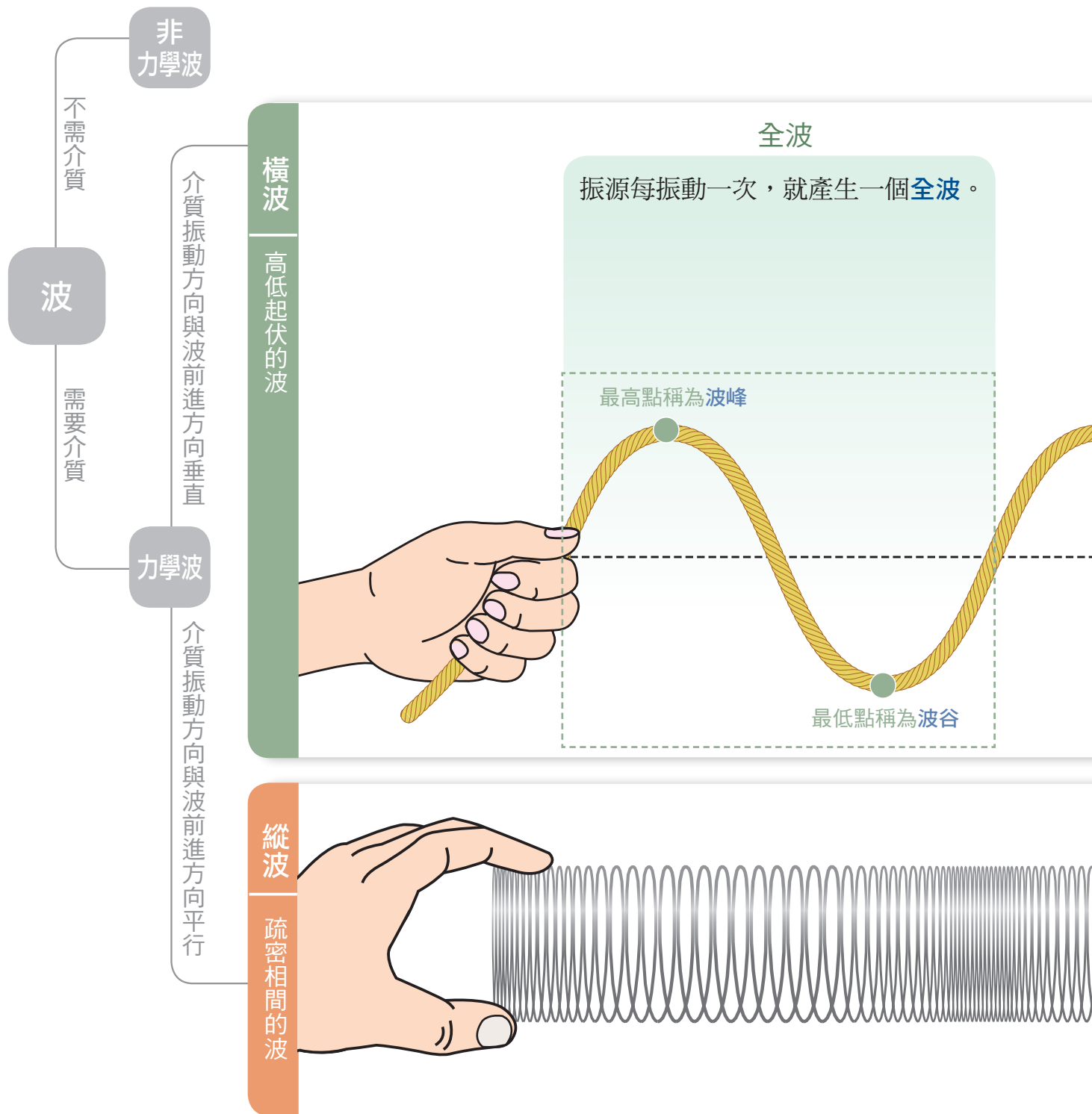


圖3-7 波的傳遞示意圖

2 週期波的特徵

取一條繩子進行規律的擺動，可以產生彼此相連且有規律性的重複波形，穩定的向外傳播，這種連續又有規律性的波，稱為**週期波**。讓我們藉由下圖，來認識週期波的特徵。



例題 3-1

下圖何者為週期波，並簡述你的判斷原因為何。



答：_____

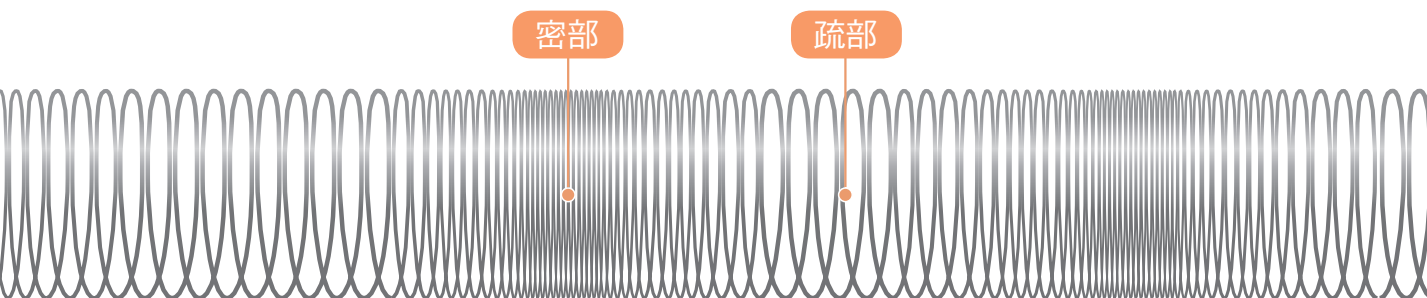
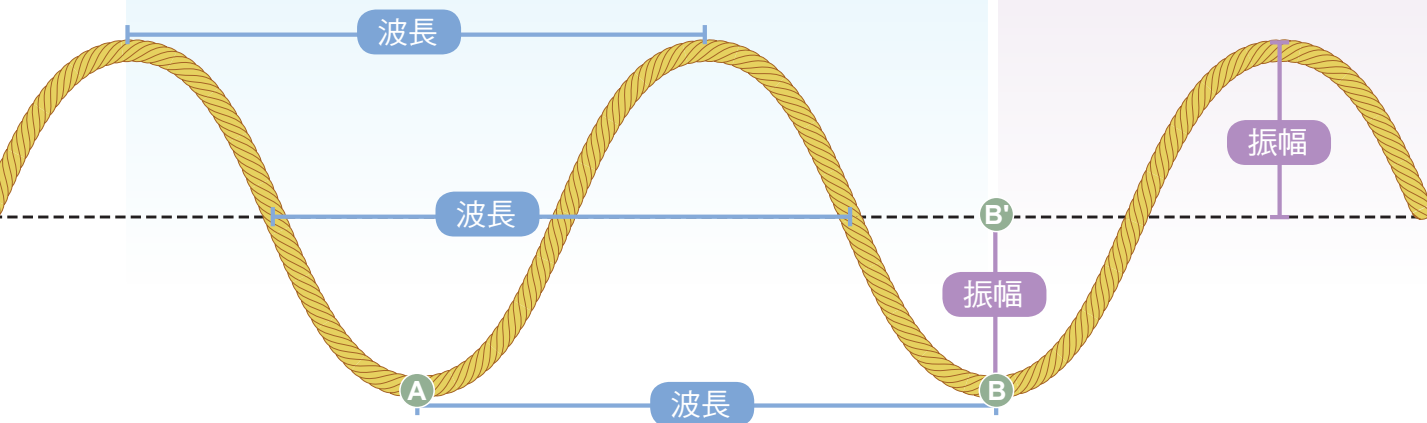
波長

一個全波的長度稱為**波長** ($\overline{AB}$)，以 λ (lambda) 表示。

波長 = 相鄰兩波峰間的長度
= 相鄰兩波谷間的長度

振幅

當波通過介質上某一點，使其由平衡位置偏移到波峰或到波谷的垂直距離，稱為**振幅** ($\overline{BB'}$)，手擺動的力量大小會影響振幅的大小。



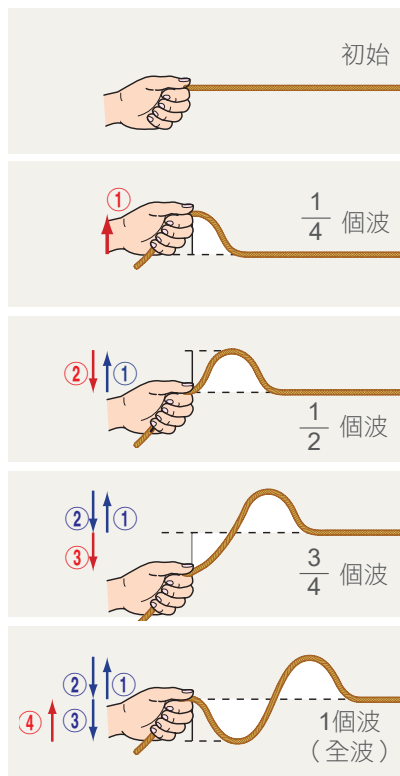


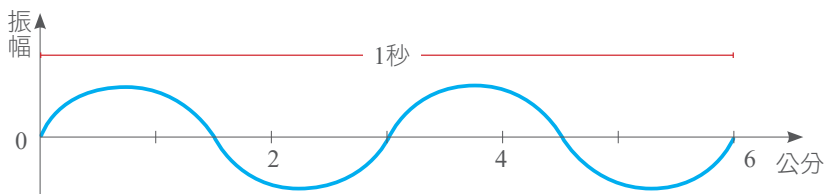
圖3-8 週期波的產生過程

一個全波通過繩上任一點的過程中，介質會經過4個振幅的振動（圖3-8）。**週期**為手擺動一次產生一個全波所需的時間，也就是繩子上的任意一點，做一次完整來回振動所需的時間，週期以T來表示，常用單位為秒（s）。隨著手擺動快慢不同，單位時間內產生的繩波數目就不同，在一秒內所產生的波數目，稱為波的**頻率**，以f來表示，常用單位為次/秒，亦可寫為1/秒（1/s）或**赫茲**（Hz，簡稱赫）。

若手擺動得愈慢，週期愈大，頻率就愈小（圖3-9a）；反之，若擺動加快，則週期減小，頻率增加（圖3-9b）。由週期T與頻率f的意義，可以發現兩者互為倒數（式3-2）。

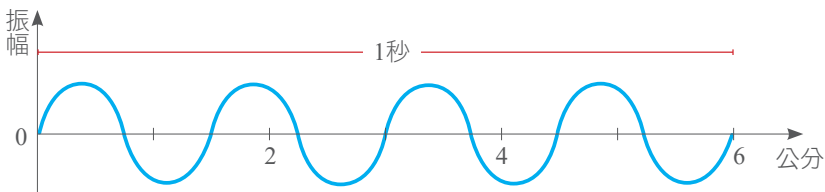
$$\text{頻率} = \frac{1}{\text{週期}} \quad \text{即} \quad f = \frac{1}{T} \quad (\text{式3-2})$$

a 擺動慢，1秒產生2個波



頻率 $f = 2$ (Hz) 週期 $T = 1/2$ (s)

b 擺動快，1秒產生4個波



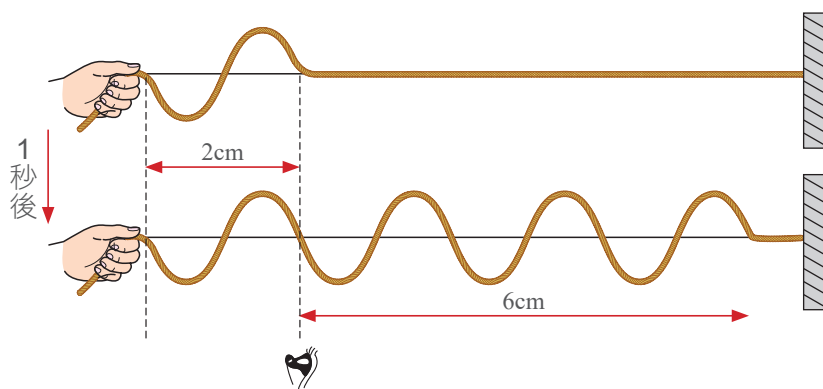
頻率 $f = 4$ (Hz) 週期 $T = 1/4$ (s)

圖3-9 同一繩子可產生不同頻率的波

學習Check

- ☐ 我能說出橫波與縱波的差異
- ☐ 我能說出週期波的特徵

波長(λ)為2公分的週期波，波源每秒振動(f)3次，則此波最前端每秒會向前傳遞3個全波的距離， $2 \times 3 = 6$ 公分，即波速為6公分/秒(圖3-10)。



▲ 圖3-10 波長2cm的週期波經1秒鐘後的振動情形

由上述的例子可以知道，一週期波的波長為 λ ，頻率為 f ，則1秒後，此波傳遞的距離為 $f \times \lambda$ ，所以波速 v 可以表示為以下的關係式：

$$\begin{aligned} \text{波速} &= \text{頻率} \times \text{波長} \\ v &= f \times \lambda \end{aligned}$$

(式3-3)

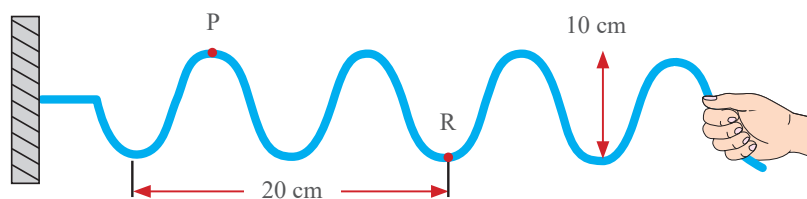
隨堂筆記

試著整理同一繩子產生的波動，其波長、頻率和週期的關係。

波長	頻率	週期
長		
短		

例題 3-2

波源規律持續振動2秒，產生的週期波波形如圖所示，試回答下列問題。



(1)圖中的介質P、R兩點，下一瞬間的振動方向分別為何？

P：_____、R：_____

(2)根據圖中數據，完成下面表格(包括數字及單位)。

振幅	波長	頻率	週期	波速

3-2 聲音的形成

科學 tell me why

轟隆巨響的雷聲，有時會讓汽車防盜器發出警示聲，而我們放鞭炮時，偶爾也會造成汽車防盜器大響，這兩者有什麼關連性呢？



聲音幾乎無時無刻都圍繞在我們的周遭，每天會聽到各種不同的聲音，例如：鐘聲、喇叭聲和交談聲等。聲音是如何產生的呢？讓我們透過實驗來了解吧。

實驗 3-1

聲音是如何產生的？



目的

藉由觀察聲帶的振動、橡皮筋與音叉發出聲音的過程，了解聲音的產生原理。

器材

- ① 橡皮筋1條
- ② 音叉1支
- ③ 橡皮槌1根
- ④ 水槽1個

步驟

- 1** 將手指輕放在喉嚨上，發出「啊——」的聲音，比較發聲前後手指感受有什麼差異。



- 2** 用手撐開橡皮筋並彈撥一下，觀察橡皮筋的運動情況，再聆聽橡皮筋發出的聲音。



- 3** 用橡皮槌敲擊音叉，並記錄音叉有什麼變化，將音叉靠近耳朵，聆聽是否發出聲音。



- 4** 敲擊音叉後，用手握緊音叉的金屬部分，記錄音叉振動和聲音的變化情形。



- 5** 將未敲擊的音叉放入水槽，觀察水面的現象。



- 6** 敲擊音叉3～5次後，迅速將金屬部分放入水槽中觀察水面的現象。



問題與討論

1. 當發出「啊——」的聲音，手指有什麼感受？
2. 橡皮筋在什麼情況下會發出聲音？
3. 音叉發出聲音時，金屬部分有什麼現象產生？
4. 音叉在敲擊前後，握著音叉的手有什麼不同的感受？
5. 根據本實驗的設計，試推測聲音是如何產生的？

探究提問

將單手快速左右擺動，是否會發出聲音？試推論其原因。

相關實驗重點，請見 P118





▲ 圖3-11 振動的音叉使水面濺起水花



▲ 圖3-12 敲擊鼓面時，振動會使鼓面上的水飛濺

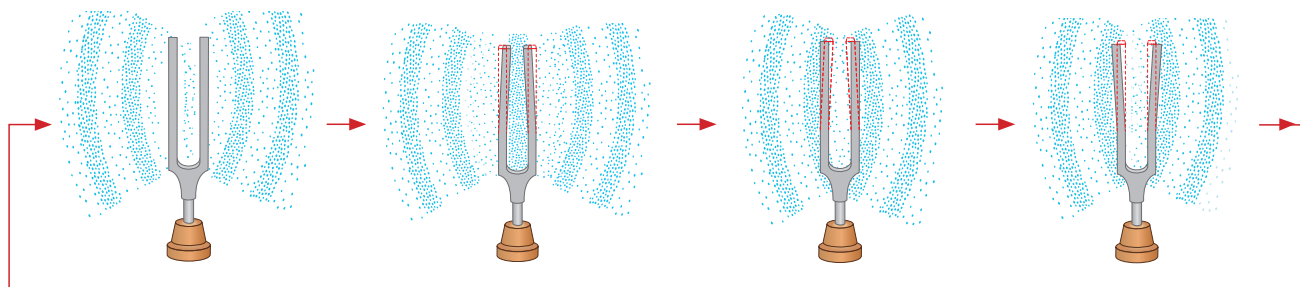
1 聲音的產生

由實驗3-1發現，當發出聲音時，用手輕觸喉嚨能感覺到振動；撥彈橡皮筋時，橡皮筋會來回振動發出聲音；小槌敲擊音叉後，則發出嗡嗡聲，若迅速將音叉接觸水面，可看見水面濺起水花（圖3-11）；若用手握住音叉，嗡嗡的聲音也隨之消失。由此可知，聲音的來源是物體快速振動所造成的，而發聲的物體則稱為**聲源**。

各式各樣的樂器發聲也是一樣的原理，鋼琴、吉他聲音為弦的振動；薩克斯風是利用簧片的振動；敲鑼與打鼓的聲音，分別是利用鑼面和鼓面的振動（圖3-12）。

2 聲音的傳播與介質

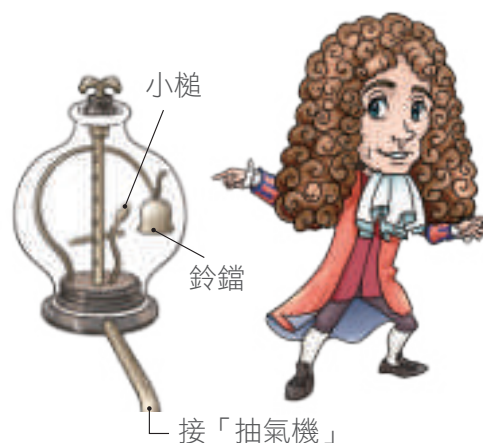
聲音在空氣中是如何傳播呢？以敲擊音叉為例，振動中的音叉會擾動周圍的空氣，使空氣產生疏密變化，並向外傳播出去（圖3-13）。聲波在空氣中傳遞時，空氣的振動方向和波的傳遞方向是平行的，為一種縱波。日常生活中能夠聽見各種聲音，大多是經由空氣幫助傳聲，也能經由液體和固體來傳播。



▲ 圖3-13 敲擊後的音叉，會擾動空氣，使得聲音能以疏密相間的縱波形式傳遞出去（虛線為音叉前一刻的位置）

氣體傳聲

5 十七世紀英國科學家波以耳（Robert Boyle，1627～1691），在一個密閉玻璃罩內放入鈴鐺，並用小槌持續敲擊鈴鐺發聲，接著用抽氣機把空氣慢慢抽出，發現鈴鐺聲漸弱直到消失，證實聲音需透過介質才能傳播出去。



液體傳聲

10 水上芭蕾的舞者，當他們在水面下時，可聽著水中喇叭的音樂聲而能整齊表演，表示聲音可經由液體傳播。



固體傳聲

15 隔壁鄰居以鐵鎚敲打牆壁時，我們能夠清楚地聽見敲擊聲，表示聲音也可經由固體傳播。



學習Check

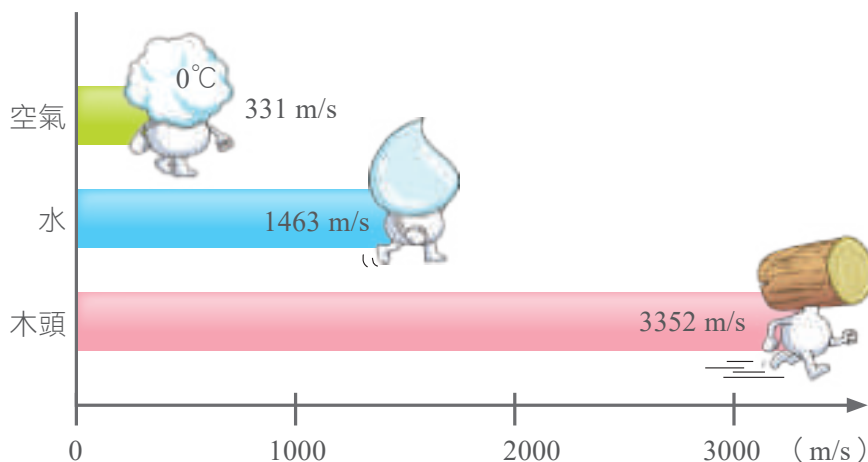
- ☐ 我能說出聲音如何產生
- ☐ 我能說出介質的哪些因素會影響聲速。

3 聲波速率

聲速指的是聲波傳播的速率，與介質種類和狀態有關。一般而言，聲音在固體中傳播速率最快，在液體中次之，在氣體中最慢（圖3-14）。

5 空氣中的聲速，會因空氣的溫度、密度等狀態改變而有所差異，但與發音體本身振動的快慢無關。

溫度是影響空氣中聲速的最主要因素，在一般乾燥無風、溫度 0°C 的空氣中，聲速約為331公尺 / 秒，空氣溫度每上升 1°C ，聲速就增加0.6公尺 / 秒，表示氣溫愈高，聲速也愈快。



▲ 圖3-14 聲音在不同介質的傳播速率

例題 3-3

以下關於聲速的敘述，正確的請在括號內打✓。

- () 聲波能透過氣體傳播，傳播速率最慢。
- () 大聲喊叫與小聲說話發出的聲波，傳播速率相同。
- () 講話快慢不會影響聲波速率。
- () 頻率高低會影響聲波速率。
- () 溫度高低不會影響聲波速率。

3-3 多變的聲音

科學 tell me why

阿翰有天忘記交作業，老師打電話告訴媽媽，然後媽媽在阿翰房間外大喊阿翰一聲，而阿翰一聽就知道大難臨頭了！請問阿翰如何知道媽媽在生氣呢？



排笛是一種由長短不同的木管或竹管連接起來，將一端封閉，另一端用口吹奏的樂器，每一個管可以吹出不同的聲音（圖3-15）。直笛則是用手按住不同位置 and 不同數目的孔，用吹氣的方式演奏出音樂（圖3-16）。生活中每一種樂器所發出的聲音都各有特色，為何這些樂器能有如此多變的聲音呢？

探討活動

3-2 聲音比一比



1. 手持木頭湯匙，使用不同力量敲打試管，聽聽看試管發出的聲音。



2. 將三根試管裝入不同的水量，分別對三根試管的管口邊緣輕輕吹氣，聽聽看試管內空氣發出的聲音。



想一想

1. 以不同的力量用湯匙敲打試管，請問聲音有何不同？
2. 對水位高低不同的試管吹氣，請問聲音有何不同？



▲ 圖3-15 排笛



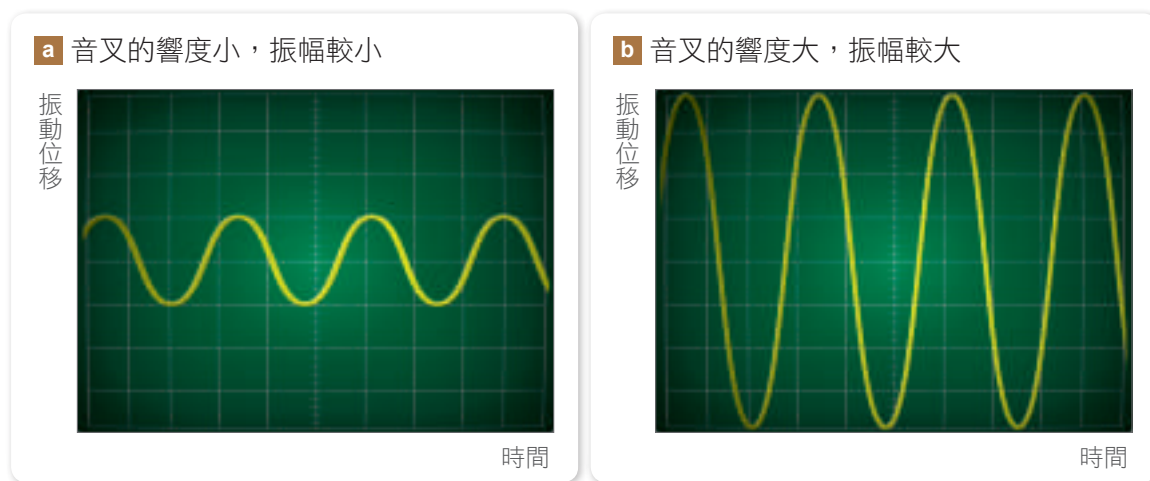
▲ 圖3-16 直笛

1 聲音三要素

響度與振幅

在探討活動3-2中，如果湯匙敲打試管的力量較大，聲音就會比較大聲，聲音的大小稱為**響度**（或**音量**）。

- 5 若用不同的力道敲擊音叉，透過麥克風收集聲音並利用示波器將音波轉換為橫波圖示，當敲擊力量小，音量較小時，波形振幅較小；當敲擊力量大，音量較大時，波形振幅則比較大（圖3-17）。由此可知，聲波振幅與聲音的大小有關。在生活中，通常用**分貝**（dB）作為比較聲音大小
- 10 小的單位。



▲ 圖3-17 不同響度的聲波，在示波器上呈現的波形（兩圖刻度大小相同）

補充資料

分貝

分貝指的是聲音強度比值的相對單位，也是響度大小的測量單位，以 deci-Bel（dB）來表示。「分」（deci-）指十分之一，而「貝」則是紀念發明家亞歷山大·格拉漢姆·貝爾（Alexander G. Bell，1847～1922）。通常一般人的耳朵能聽見的範圍在 0～140dB之間，0分貝是正常耳朵所能聽見的最小音量，分貝數愈大，代表音量愈大，每增加10分貝，強度增加10倍；增加20分貝，則強度增加100倍。



音調與頻率

在探討活動3-2中發現，對著裝較少水的試管口吹氣，發出的音調比較低；反之，較多水的試管，發出的音調較高。因此，調整空氣柱的長度，便可發出高低不同的聲音，而聲音的高低稱為**音調**。

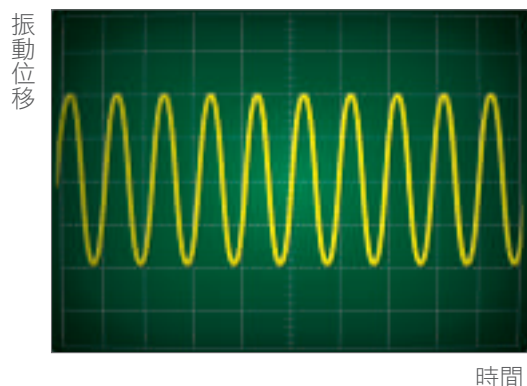
一般而言，發音體愈短、愈細、愈緊和愈薄時，所發出聲音的音調愈高，像在彈奏烏克麗麗時，調整弦的鬆緊和按壓位置，即可發出不同音調的聲音（圖3-18）。

敲擊兩個頻率不同的音叉，音調較高的音叉，在示波器所顯現出的波形振動頻率較高；音調較低的音叉，振動頻率則較低（圖3-19）。人類聲音的頻率，一般大約在90赫到560赫之間，由於聲帶天生的差異性，通常女生的音調較男生來得高。

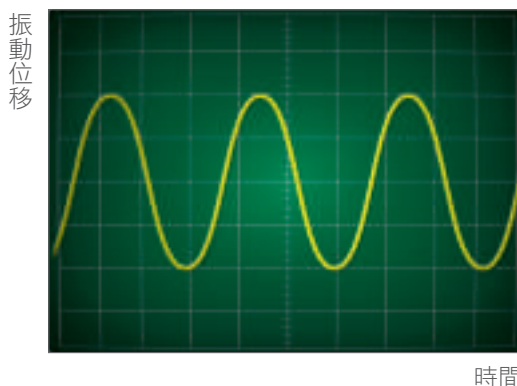
► 圖3-18 烏克麗麗的弦較緊、較短較細時，音調會較高



a 音叉的音調高，頻率較大



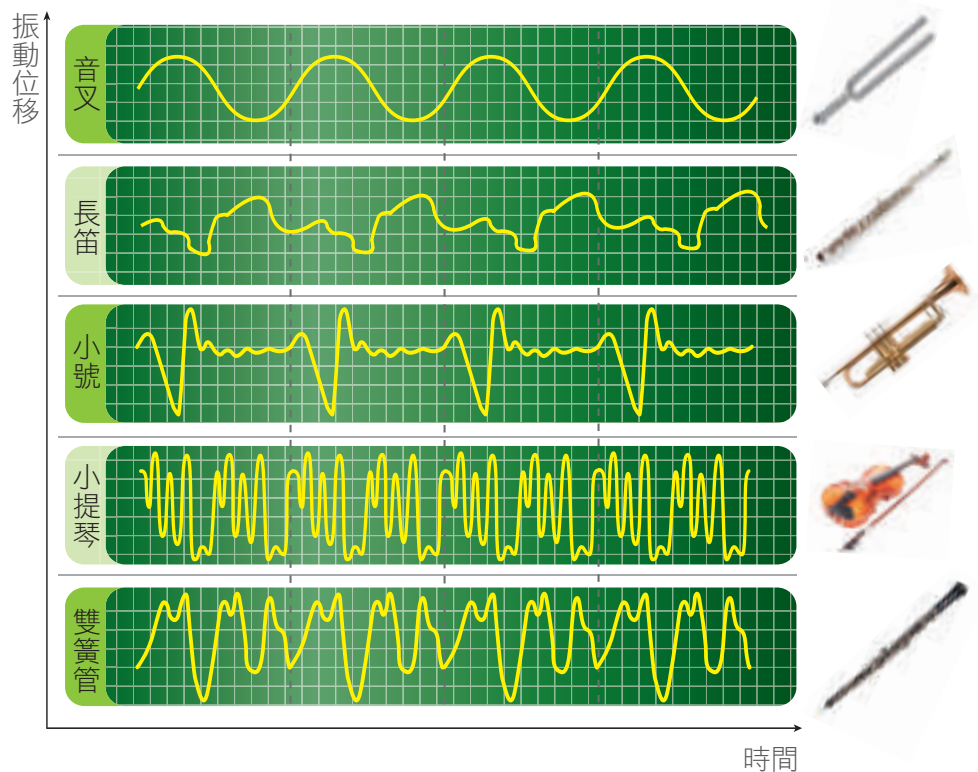
b 音叉的音調低，頻率較小



► 圖3-19 不同音調的聲音，在示波器上所呈現的波形（兩圖刻度大小相同）

音色與波形

歌唱節目上常會聽到電子琴的配樂，有的歌手會使用鋼琴自彈自唱，耳朵可以明確分辨這兩種不同的琴聲，這是因為不同的發音體有它獨特的發音特性，稱為**音色**。音色決定於聲音的波形（圖3-20）。



▲ 圖3-20 不同樂器所發出的聲音經示波器轉換出的波形

例題 3-4

有關樂器演奏時，所聽到的聲音敘述如下，請勾選正確選項。

1. 樂器發出的聲音愈大者，其傳播的速率愈快 ☐是 ☐否
2. 樂器發出的頻率較大者，其聲音聽起來音調比較高 ☐是 ☐否
3. 能區分各種樂器的聲音，原因為它們的音色不同 ☐是 ☐否
4. 樂器引起空氣的振動愈大者，代表響度愈大 ☐是 ☐否

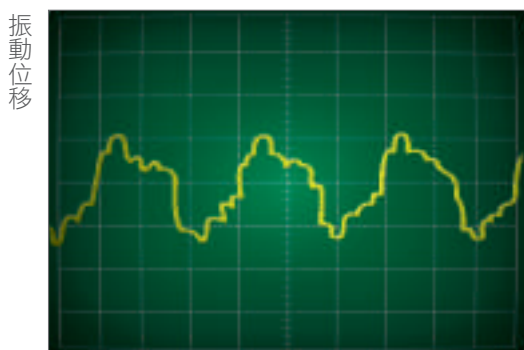
2 噪音的影響

優美動聽、令人感到愉悅的聲音，稱為**樂音**；
吵雜刺耳、令人不舒服的聲音，則稱為**噪音**。是什麼因素造成聲音有如此的差異呢？聽起來和諧的樂音，其波形具有一定的規律性，而噪音的波形則沒有規律性（圖3-21）。此外，若音量過大，超過了人耳所能承受的範圍，也算是噪音。

學習Check

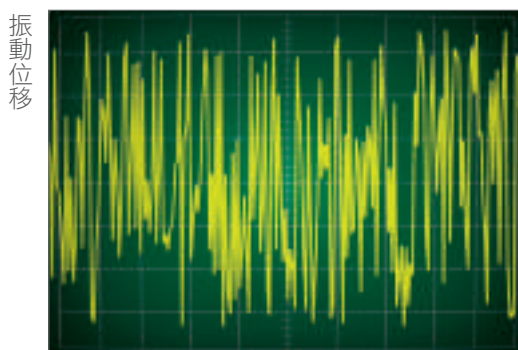
- ☐ 我能說出聲音三要素與波形的關係
- ☐ 我能了解樂音與噪音的差異

a 樂音的波形有規律性



時間

b 噪音的波形沒有規律性



時間

圖3-21 樂音與噪音的波形

生活中，噪音的來源有很多，例如：交通噪音、營建噪音和商業活動噪音等。處於70分貝的環境下，會覺得心情煩躁、無法專心，並會影響學習，若長期在85分貝以上的環境下，可能會使聽力受損，產生重聽。

政府現已制定噪音管制法與社會秩序維護法來保障環境品質，並有各種防制噪音的設施，在法令規範及管制稽查以外，需要我們一起來維護環境，不做噪音的製造者，才是根本的辦法。



科學 tell me why

為什麼遠處傳來雷聲通常不是一聲巨響，而是轟隆隆的連續聲響？

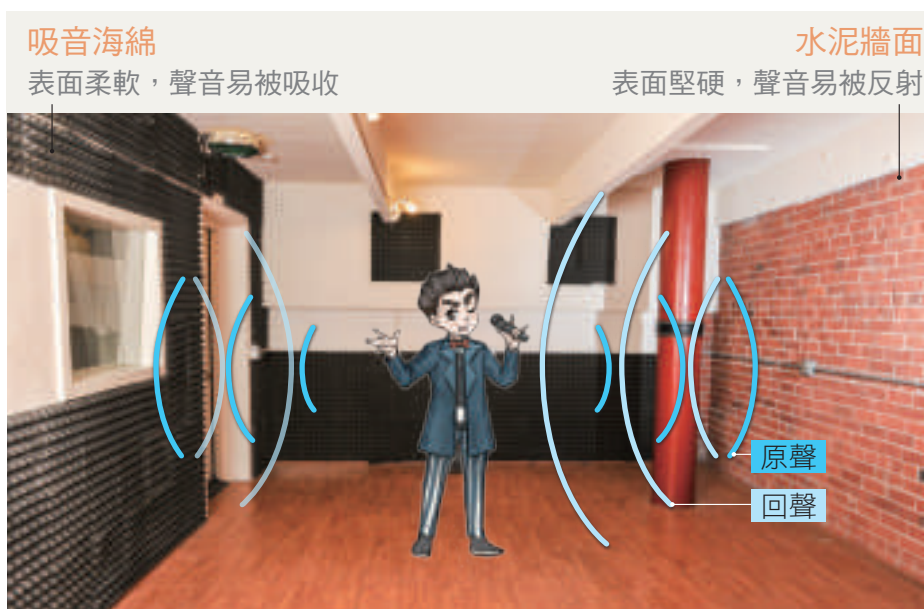


在空曠的大禮堂聽演說時，人耳聽到的聲音可能會混雜不清楚，這是因為聲波經過一段較長的距離後，被遠處的牆壁反射回來，回聲又比原聲延遲，使得陸續發出的原聲和回聲相混合所造成。

1 聲波反射與回聲

波傳遞遇到障礙物返回原介質的現象，稱為反射，聲波也有這樣的現象，反射回來的聲波稱為**回聲**。在山谷中大喊會有陣陣回聲，即是聲音遇到遠近不同的山壁而反射回來。

10 平時生活並不容易分辨回聲，其中一個原因是讓聲音反射的障礙物離我們太近，原聲與回聲的間隔時間太短，人耳無法分辨；另外則是因為生活周遭有太多的物質可以吸收聲音。當聲音碰到光滑、堅硬的物體表面，較容易發生反射；反之，粗糙、柔軟的表面則容易吸收聲音（圖3-22）。



▲ 圖3-22 不同材質牆面造成聲波反射的差異

在生活中，有不少應用聲音反射的物品，例如：傳聲筒可將聲波反射集中朝同一方向傳播，使遠方的人容易聽見（圖3-23）。醫生使用的聽診器，是讓聲波在細管內不斷反射，避免聲波散失，也防止周圍的聲音干擾聽覺（圖3-24）。

- 5 音樂廳或大禮堂必須是安靜的環境，才能讓各種表演活動順利進行。因此，在設計上除了要降低回聲的干擾，同時也要能讓聲音傳到遠方的觀眾席（圖3-25）。



▲ 圖3-23 傳聲筒的傳聲原理

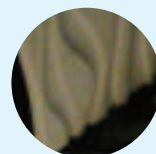


▲ 圖3-24 聲音會在聽診器內多次反射



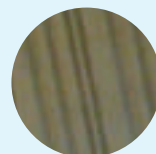
吸收聲音

凹凸不平、各式各樣的稜角與不對稱天花板來吸音



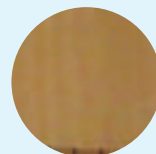
吸收聲音

布幔或吸音板，減少聲波反射的干擾



反射聲音

平滑曲面反射牆面，放大樂音可以傳遞到每個觀眾耳裡



▲ 圖3-25 高雄 衛武營音樂廳的設計，可適度調整聲波的吸收與反射，提升聽覺享受

學習Check

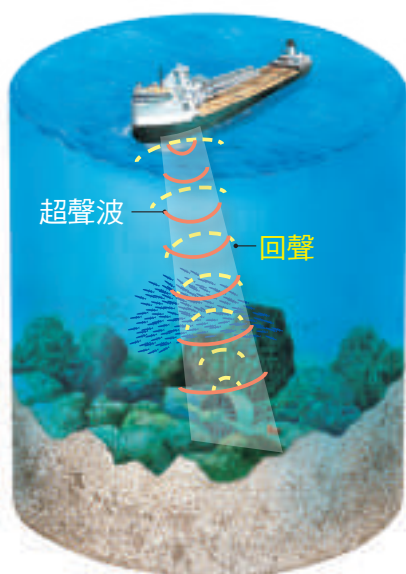
- ☐ 我能說出聲波反射的意義
- ☐ 我能說出回聲對生活的影響
- ☐ 我能說出超聲波的定義以及應用

2 超聲波的應用

一般人所能聽到的聲音頻率範圍，大約在20～20000赫之間，這範圍以外的聲音，人耳聽不見。頻率超過20000赫的聲音稱為**超聲波**，也就是日常生活中所說的**超音波**。但不論是一般聲波或超聲波，在相同介質中傳遞時，速率都是一樣的。

超聲波應用相當廣泛，例如：在船艦聲納測量海底地形或魚群距離（圖3-26）、探測地底石油礦藏、孕婦體檢檢查胎兒（圖3-27）、清洗物品污垢等（圖3-28）。

不同動物可聽到聲音的頻率範圍並不相同，如海豚和蝙蝠等動物，可以藉由發出及接收超聲波與同類溝通、辨別方向和覓食（圖3-29）。



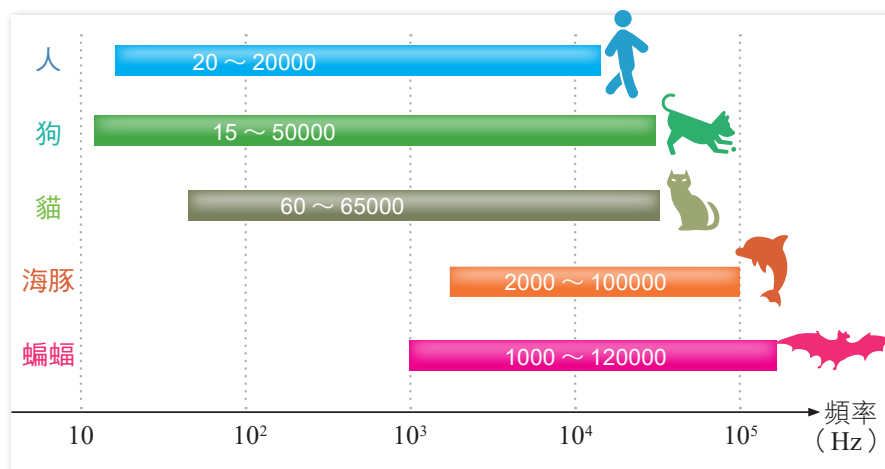
▲ 圖3-26 聲納發出超聲波並接收回聲示意圖



▲ 圖3-27 孕婦產檢時會以超聲波來檢查胎兒的狀態



▲ 圖3-28 超聲波清洗機可以振動水以清潔物品



▲ 圖3-29 不同動物可聽到聲音的頻率範圍



理化 In my life



- ① 倒車雷達的設計，是應用了聲波的何種原理呢？
- ② 現在的汽車大部分都有加裝倒車雷達，但還是常有倒車時出現撞擊事故，因為倒車雷達有死角，無法完整的偵測車後所有區域，請問可以如何改善死角的問題呢？

例題 3-5

蝙蝠能發出超聲波，並利用回聲探測自身與障礙物的距離，其所發出的聲音人耳聽不到，是與下列聲音何種特性有關？

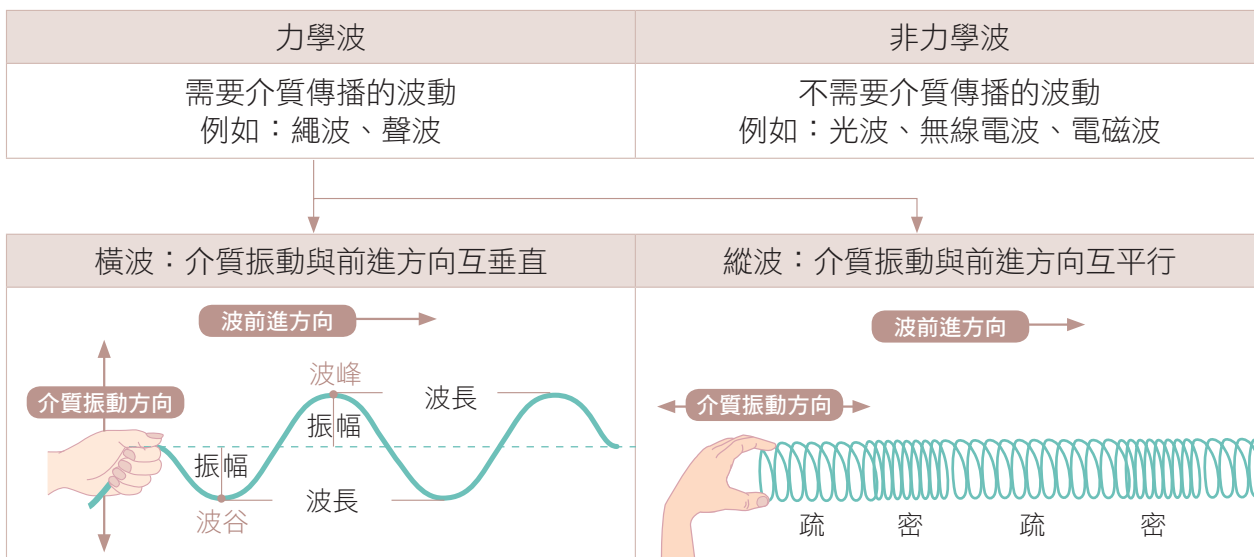
- | | |
|--------|--------|
| (A) 振幅 | (B) 頻率 |
| (C) 波速 | (D) 波形 |

波

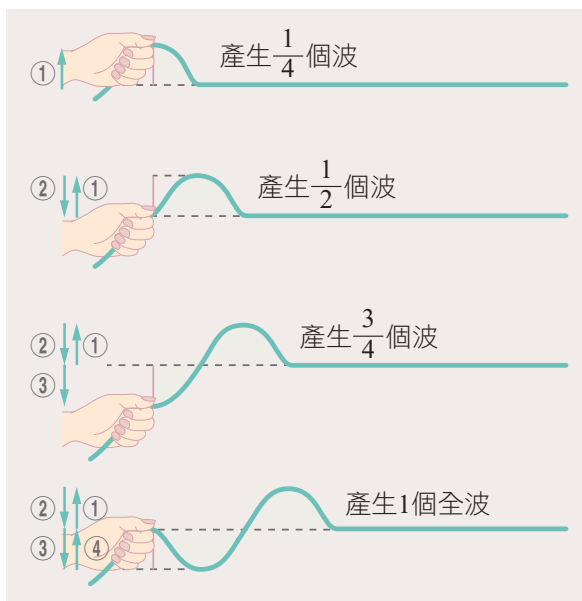
| 波動 | 波向前傳遞出去的現象，且物質不會隨之前進

| 波源（振源） | 造成物質擾動的來源

| 介質 | 傳遞波的媒介物質



| 週期波 | 連續、有規律的波



| 週期與頻率 |

週期 (T)	頻率 (f)
產生全波的時間 單位：秒 (s)	一秒內產生波的數目單位： 次／秒、赫茲 (Hz)
互為倒數	

| 波速 (v) |

$$= \frac{\text{波傳遞的距離 (L)}}{\text{波傳遞的時間 (t)}}$$

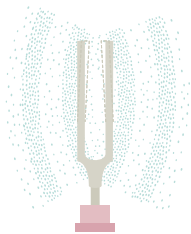
$$= \text{頻率 (f)} \times \text{波長 (\lambda)}$$

$$v = f \times \lambda$$

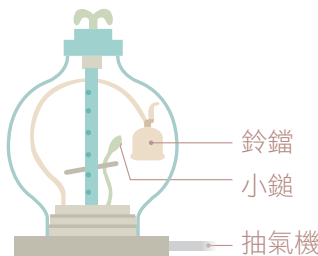
聲音

| 聲音傳播要素 |

①物體快速振動
振動的音叉擾動空氣，使空氣產生疏密相間的縱波。



②傳播的介質
持續敲擊的鈴鐺聽得見聲音，將空氣（介質）抽出後則聽不見聲音。



| 介質影響聲速 |

介質種類：
固體>液體>氣體
介質溫度：
高溫>低溫

| 聲音三要素 |

	響度：聲音大小	音調：聲音高低	音色：發音特性
影響因素	振幅	頻率	波形
	振幅愈大，聲音愈大	頻率愈高，音調愈高	波形不同，音色不同
	振幅愈小，聲音愈小	頻率愈低，音調愈低	音叉 長笛
單位	分貝（dB）	赫（Hz）	

聲音的應用

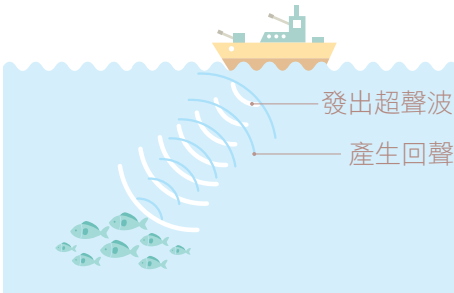
| 回聲 | 聲波反射的現象

- 應用：
- 1. 將回聲集中：傳聲筒、聽診器
 - 2. 降低回聲干擾：牆壁凹凸不平、布幔

| 超聲波 | 頻率超過20000赫的聲音 （人耳聽到的範圍：20～20000赫）

應用：聲納探測、超聲波體檢、清洗機

聲納探測：回聲＋超聲波



醫生的笛子

相信大家都有這樣的經驗，感冒生病時，醫生通常會使用聽診器幫你聽聽看身體的狀況。醫生進行「聽診」的行為早已有之，古代醫生就會把耳朵貼近病人身體，聽身體發出的呼吸喘息聲、心跳聲、或異常雜音等，來判斷病情。

19世紀的歐洲，當時的醫生只能緊緊貼在患者的胸部或背部，聽肺部和心臟的異常聲音。醫療用的聽診器是法國巴黎內克爾總醫院，雷奈克醫生（René-Théophile-Hyacinthe Laennec，1781～1826）於西元1816年所發明。他提倡用來診斷各種胸部疾病，被譽為「胸腔醫學之父」，也是第一位描述支氣管擴張和肝硬化的醫生。根據他的發明，將聽到的聲音分類肺病，如肺炎，支氣管擴張及氣胸等。

雷奈克醫生說：「當時我去為一名年輕的女患者看病，她正因心臟病的症狀而受苦。由於她的身材體型，我用手敲診對於病情診斷沒有助益，而貼耳於其胸口進行診斷，又不被風俗允許。」



▲用自製聽診器為孩童看診的雷奈克醫生

雷奈克醫生想起，他曾經看見幾個孩子在修繕房屋的木材堆上玩耍，其中有個孩子用一顆大釘敲擊一根木料的一端，並叫其他的孩子用耳朵貼在木料的另一端來聽聲音，孩子們高興地喊說「聽見了！」想到這裡，雷奈克醫生馬上將一張厚紙緊緊捲成圓柱體，一端靠在病人的心臟，耳朵則靠在紙捲另一端上，果然他發現能以一種獨特的方式，感知心臟更清晰的跳動聲音。



▲第一代聽診器

之後雷奈克醫生找人製作了一根長約30公分的杉木，將中間挖空成管狀，為了便於攜帶，他把這根管子分成兩截，有螺紋可以旋轉連接，並取名「聽診器」（Stethoscope）。Stethoscope源自希臘文的胸腔（stetho）和檢查（scope）兩個字。因聽診器樣子像笛子，所以又被稱為

「醫生的笛子」。後來，因為效果良好，很快的也受到其他醫生採用。

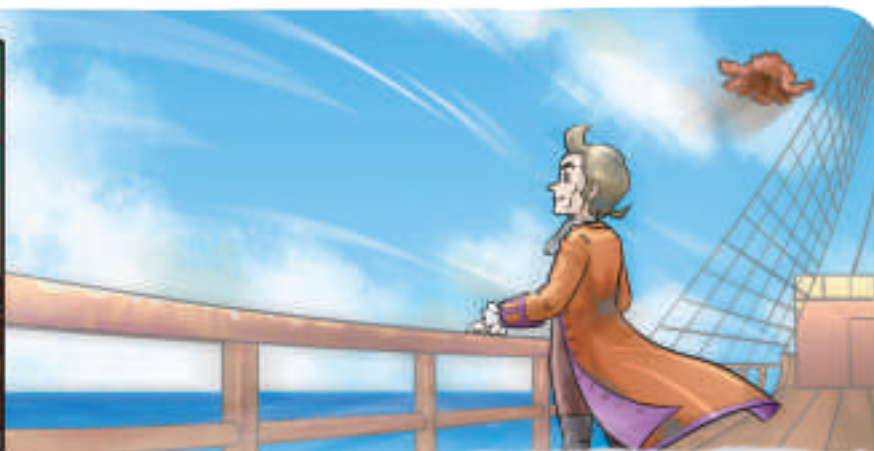
時至今日，在各種醫療工具當中，聽診器依舊被廣泛使用，且用途多元、價格低廉，能讓醫生迅速查出身體早期疾病徵兆，對於人類是一項很重要的發明。

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 雷奈克醫生利用中空管狀的杉木，來清楚的聽到心跳聲，請問聲音在中空的圓管中傳遞，不易向外擴散，主要是利用了聲音的何種原理？
- (A)發聲體的振動
 - (B)將聲波的縱波轉為橫波
 - (C)聲音在中空管中傳遞時，響度會愈來愈大
 - (D)聲音會被中空管壁反射
- () 2. 醫生看診時，會使用聽診器讓身體內部微弱的聲音沿著細導管傳遞到耳中，這是為了保有聲波的何種性質？
- (A)響度
 - (B)音色
 - (C)頻率
 - (D)波速
- () 3. 文中提到孩子敲擊木料，其他人將耳朵貼緊另一端木料而能聽到聲音的情形，請問與下列哪一種聲音傳播的原理有關？
- (A)敲擊的速度較快，而能使聲音快速傳入耳朵
 - (B)聲波在空氣中的傳播速率最慢
 - (C)聲音不須介質也能傳播
 - (D)聲音可以於介質中傳播



波以耳
Robert Boyle



關於

西元1627~1691

出生：愛爾蘭 曼斯特

經歷：牛津大學成立實驗室，進行大量的物理及化學實驗，促使「英國皇家學會」成立。

成就：

- 1 《關於空氣彈性及其物理力學的新實驗》一書中，說明了空氣的各項性質
- 2 《懷疑的化學家》一書中，批判亞里斯多德等著名哲學家的三元素、四元素說



波以耳——遊歷歐洲中

11月，1640年

跟著老師出國學習這麼多年，終於能到義大利一睹伽利略的實驗了！



波以耳——覺得充實

7月，1655年

重溫兒時的偶像——伽利略的名著《關於兩大世界體系的對話》，依舊是令人讚嘆啊！



波以耳——覺得感恩

9月，1660年

若沒有@虎克和你們的相助，我想我不會發現聲音需要藉由空氣才能傳播！

當時格理克所展示的馬德堡半球實驗中的真空幫浦，操作非常複雜，波以耳想加以改良它，並進行氣體相關的研究……。



於是……

誠徵助手

擅長儀器製作與操作，待優！

by Boyle

波以耳與虎克的第一次相遇。

Hi! Mr. Boyle. I'm Robert Hooke.

Amazing! My first name is also Robert, I'm Robert Boyle. It is my pleasure to meet you.

波以耳有了虎克幫忙之後如虎添翼，兩人大大改良了前人所製造的真空抽氣機，為了展示實驗成果居然還將小動物放入玻璃罩中。

為了解稀薄空氣的性質，他們做了許多不同的實驗，測定空氣對不同物質如何產生影響。

還有什麼可以拿來作測試呢？

哎呀！還有聲音啊！我們來試試把鬧鈴放入儀器中吧！

靜～

虎克！我們有重大的發現了！

這真的太奇妙了！
這樣居然聽不到聲音！

經過各種測試後，將實驗結果詳細記載在《關於空氣彈性及其物理力學的新實驗》一書中。



4 光、影像與顏色

4-1 光的傳播

4-2 光的反射與面鏡成像

4-3 光的折射

4-4 透鏡成像

4-5 色散與顏色

光讓我們能夠看見事物，但我們卻很難形容光的樣子。歷史上有位科學家，經過無數次實驗後，才成功研究出許多光的性質。阿翰想要知道究竟是誰發現了光的祕密，因此老師給了阿翰一張藏寶圖及三句解謎關鍵：

「當世界被染紅之時，撲克牌隱藏的祕密，
將映照出光的真相」

請幫助阿翰找出是誰發現了光的真相吧！

探究提問 你知道解謎中運用了什麼原理呢？在生活中還有哪些類似的應用嗎？





4-1 光的傳播

科學 tell me why

在電影院看電影時，如果有人站起來走動，有時布幕上會出現黑色的剪影，為什麼會有這種現象呢？



黑暗中點起燭火，才能看見物體（圖4-1）；
陽光照進樹林，形成一束束的光線及地上的樹影。
為什麼要有光才能看見物體？為什麼會有影子？
5 「光」具有怎樣的特性呢？



▲ 圖4-1 燭火的光照亮周圍物體

1 光的直進性

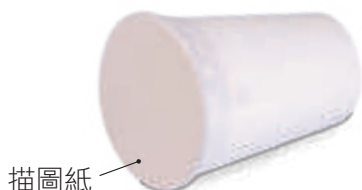
能夠發光的物體，稱為**發光體**或**光源**，例如：
太陽、通電的燈泡和點燃的營火等。光源發出的光
線進入眼睛，我們才能看見光源；光線照到不透明
10 的物體，會在後方產生影子，這是什麼原因呢？接
下來讓我們藉由探討活動來了解光線的特性。

探討活動



4-1 針孔成像

1. 用針在一個不透明紙杯底部戳一小洞，再用描圖紙蓋住杯口後黏貼固定。



針孔成像活動裝置圖

2. 準備三種顏色的LED光源，將針孔處朝向光源對準，觀察描圖紙上的影像。



三色LED

3. 試一試，用什麼方法可以讓影像發生變化：

- (1) 將紙杯上下移動
- (2) 調整針孔與光源的距離
- (3) 在底部多戳兩個小洞
- (4) 將底部的洞加大

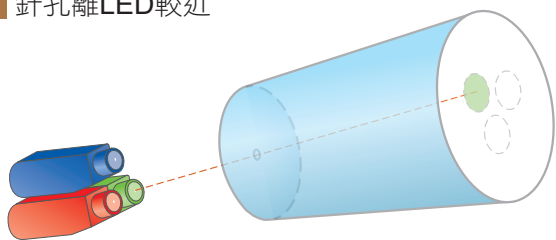
想一想

從描圖紙上觀察到的影像和原來的光源有什麼關係？

探討活動4-1中，描圖紙上為什麼會呈現這樣的影像？如果我們用直尺，分別畫出圖4-2中各LED燈連接小孔，延伸至描圖紙的直線，並在圖裡塗上對應的顏色。作圖結果是否可以說明探討活動中觀察到的現象

5 (圖4-2)  ?

a 針孔離LED較近



b 針孔離LED較遠

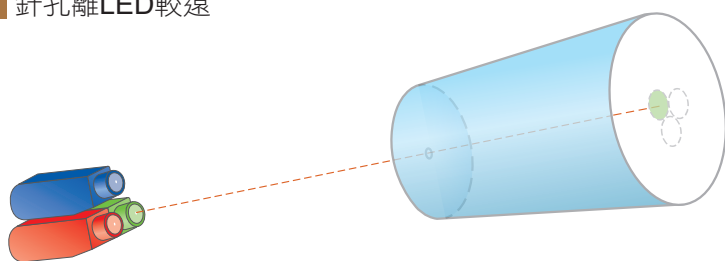


  圖4-2 針孔成像示意圖

光源的每一點都可向四面八方發出光線，但只有極少的光線可通過小孔，作圖畫出的兩條直線會交錯，形成如觀察結果一樣，上下顛倒、左右相反的像，可驗證光沿直線前進。光在真空中或均勻介質中會以直線前進

10 (圖4-3)，不會偏折或轉彎，稱為**光的直進性**。而描圖紙上的像，是由光源發出的真實光線所構成，稱為**實像**。

當同時有多個針孔，會產生多個LED燈的影像；而當針孔面積變大，相當於多個針孔成的像交錯重疊，成像會變亮，但影像形

15 狀卻會變得較模糊。

探究提問

若針孔成像裝置用的紙杯長度較長，是改變了哪一項因素？如果要跟短的紙杯比較成像結果，應注意哪一因素的控制？試依據光的直進性作圖說明比較結果。

隨堂筆記

根據針孔成像活動的觀察：在紙屏上形成的是哪種像？

像與物的方位呈現何種關係？

觀察結果可以驗證光的何種性質？

 圖4-3 樹林中的光束，呈直線射向地面





▲ 圖4-4 日晷的晷針影子可以指出時間

相關課程，請見 P190



由於光的直進性，當光線照射到不透明的物體時，便會在物體後方產生陰影，古代的計時工具日晷（圖4-4），就是應用這個原理設計製作的。

例題 4-1

在暗室中點蠟燭玩手影遊戲，如圖所示，如果希望牆上的影子更大，可以怎麼做？



2 光的傳播速度

- 5 如果看見閃電後一段時間才聽見雷聲，可知道打雷的地點距離很遠，也可知道光在空氣中的傳播速度比聲音快很多。由表4-1可看出在不同種類的介質中，光的傳播速度也不同。另外，與聲音不同的是，光可以在沒有介質的真空中傳播，這也是波以耳可以看見真空玻璃罩中的鈴鐺，
- 10 卻聽不見鈴聲的原因。

■表4-1 光在不同介質中的傳播速率

介質	無（真空）	空氣	水	玻璃
光速 （公里 / 秒）	3×10^5	約 3×10^5	2.25×10^5	2×10^5
以 c 表示	c	約為c	$\div \frac{3}{4} c$	$\div \frac{2}{3} c$

註：真空中的光速以c表示

例題 4-2

太陽到地球的距離約為1億5千萬公里，估算一下，若在地球上觀測太陽活動，看到的是多久以前的太陽活動？如果一艘火箭以固定10km/s的速度飛行，要多久才能飛過這個距離？

4-2 光的反射與面鏡成像

科學 tell me why

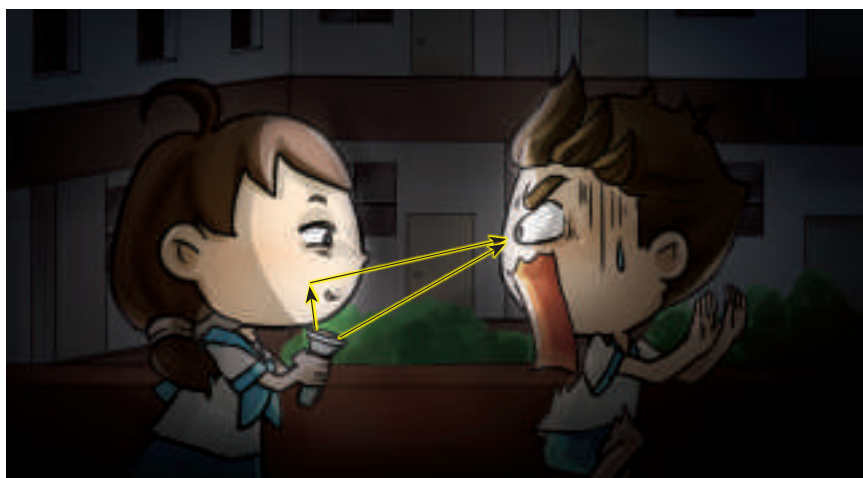
在鞋店試穿鞋子時，透過試鞋鏡可以很容易看到鞋子側面的樣子，一般試衣鏡無法達到此效果，請問試鞋鏡有什麼不同？為何能造成這種效果呢？



當陽光照射到平滑玻璃表面會發生反光（圖4-5）；當光照在物體表面，也會發生反射，若反射的光進入眼睛，我們就看見了物體（圖4-6）。光的反射有沒有規律呢？我們可利用表面平滑、易於反光的平面鏡來觀察。



▲ 圖4-5 平滑玻璃表面的反光現象



▲ 圖4-6 眼睛看見物體的光線行進示意圖（→表示光的前進方向）

實驗
4-1

光線反射的定律



目的

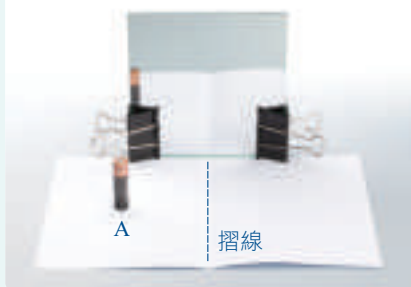
光線被物體表面反射時，是否具有規律？

器材

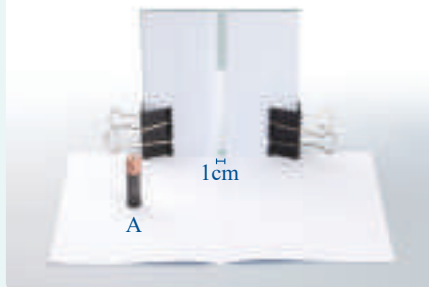
- | | | |
|-------------|----------|----------|
| ① 方形無框平面鏡1面 | ③ A4白紙1張 | ⑤ 不透明紙2張 |
| ② 量角器1個 | ④ 直尺1把 | ⑥ 電池2個 |

步驟

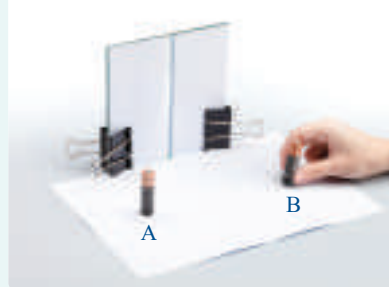
- 1** 將A4白紙對摺，平面鏡垂直摺線置中放置，鏡前放置一電池A，以單眼貼近桌緣，移動眼睛位置觀察鏡中成像。



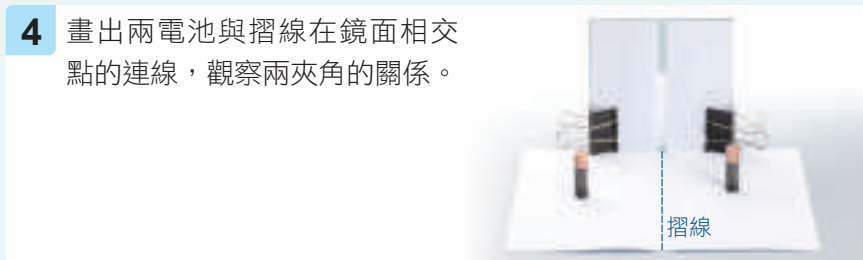
- 2** 用兩張不透明紙貼在平面鏡上，做成約1公分寬的狹縫鏡面，且摺線通過狹縫中央。觀察鏡前電池A的鏡中成像與步驟 **1** 的異同。



- 3** 找到可從狹縫鏡面中看見電池成像A的位置時，取另一個電池B，放在能夠完全遮住電池A在鏡中像的位置。



- 4** 畫出兩電池與摺線在鏡面相交點的連線，觀察兩夾角的關係。



- 5** 移動電池到不同位置，重複步驟 **2** ~ **4**。

問題與討論

- 根據步驟 **1** 及步驟 **2**，以不透明紙將鏡面遮到只剩下一條狹縫的原因為何？
- 步驟 **3** 中，電池B能夠完全遮住電池A在鏡中的像，代表何種意義呢？
- 步驟 **4** 所畫出兩電池與摺線在鏡面相交點的連線，這兩條直線分別代表什麼？
- 根據電池在不同位置的觀察結果，光線反射有什麼規律？

探究提問

如果以雷射光束貼著紙面斜向入射平面鏡的狹縫處，應該會看到怎樣的情形呢？

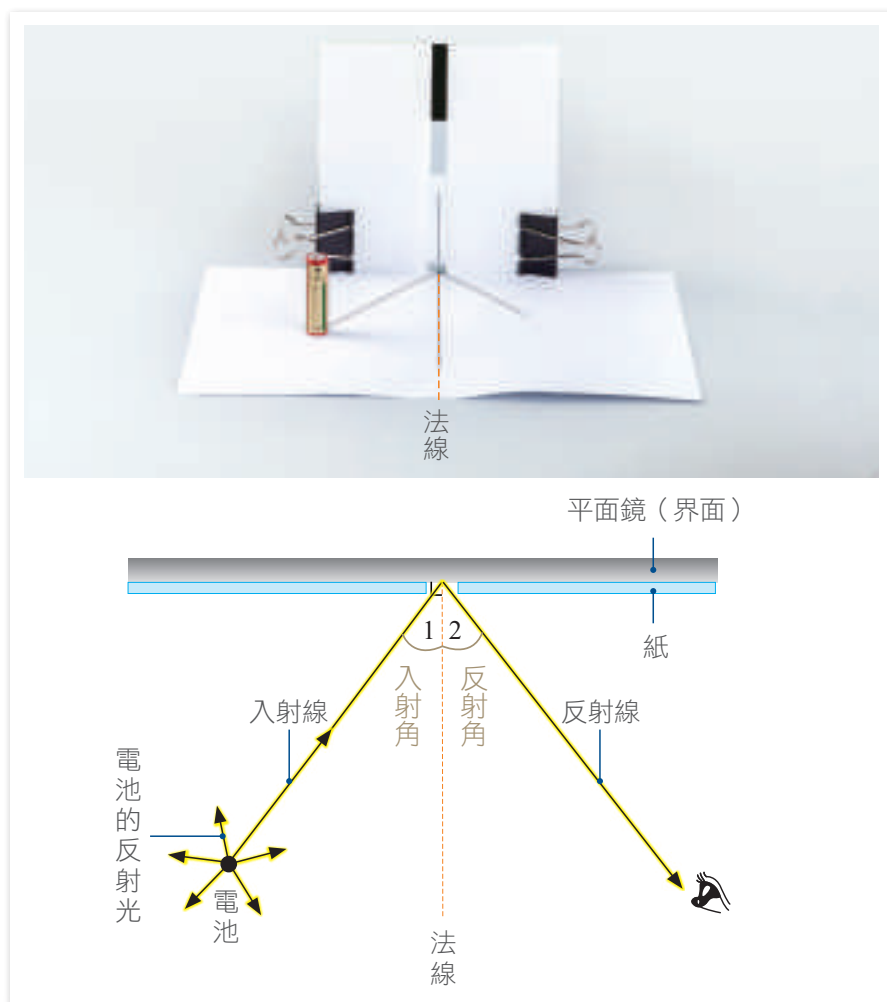
相關實驗重點，請見 P118



1 反射定律

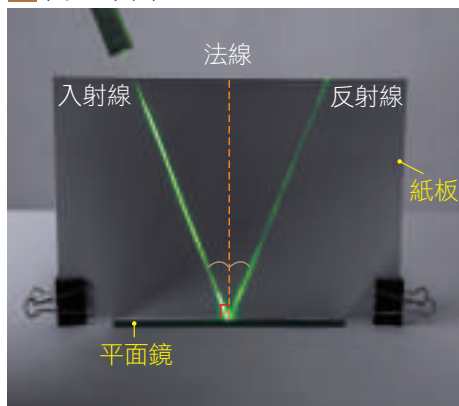
在實驗4-1中，電池將來自周圍的光朝各方向反射，其中少部分反射光照射到鏡面後再被鏡面反射（圖4-7），眼睛必須位在特定角度，才能看見電池的像，表示反射光由此進入眼睛。

- 我們將兩介質的交界稱為**界面**，光線射入界面的點稱為入射點，由此點作一垂直界面的直線，稱為該入射點的**法線**。用帶有箭頭的線段表示光線前進的路徑及方向，入射界面的光線及反射的光線分別稱為**入射線**及**反射線**，入射線及反射線與法線的夾角分別稱為**入射角**及**反射角**。實驗中，無論將電池置於平面鏡前的何處，眼睛只有位在反射角等於入射角（ $\angle 2 = \angle 1$ ）的直線上，才能看到電池的成像。

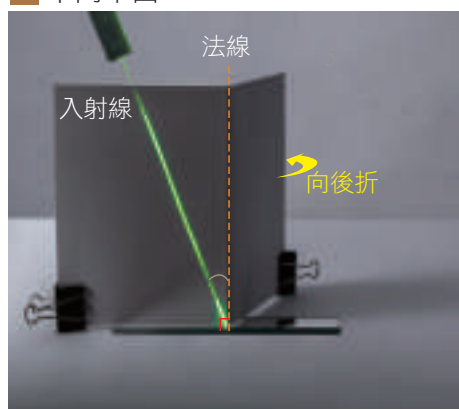


◀ 圖4-7 光照到電池後朝各方向反射，照射到平面鏡後，再反射到我們的眼睛

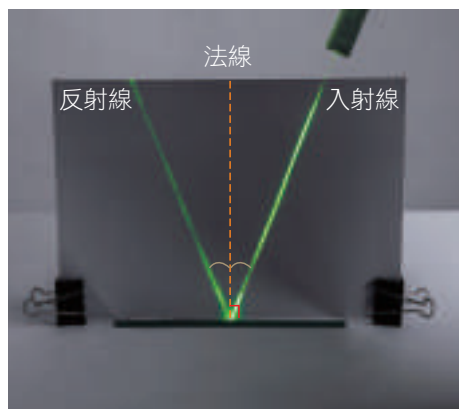
a 同一平面



b 不同平面



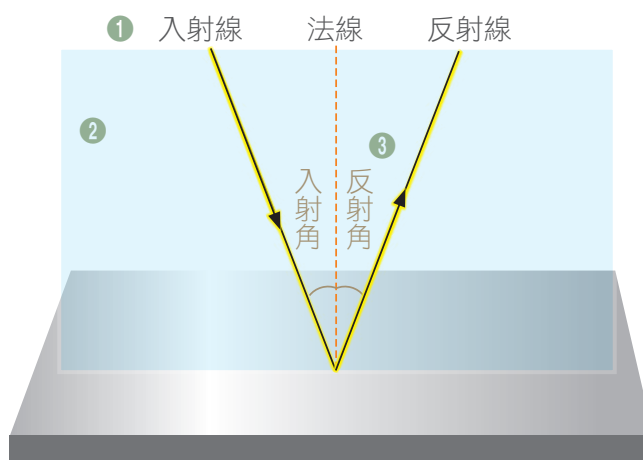
▲ 圖4-8 當紙板不在同一平面時，無法看見反射的雷射光



▲ 圖4-9 將雷射光以圖4-8的反射線路徑入射平面鏡的情形

此外，使用雷射光束貼著紙板入射桌上的平面鏡，可以在紙板上看見反射光束（圖4-8a）；但若將紙板沿法線向後折，讓法線左右兩邊的紙板不在同一平面上（圖4-8b），紙板上就看不到反射光了。

5 根據以上現象，可以歸納出光的**反射定律**：



- | | | |
|-------------------|--------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 入射光線、反射光線分別在法線兩側。 | 入射線、反射線和法線位在同一平面上。 | 入射角等於反射角。 |

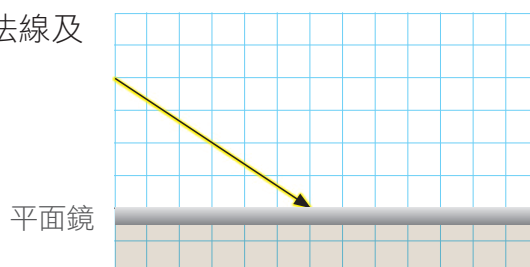
如果將圖4-8a中的雷射光沿著反射光的路徑入射平面鏡，由反射定律可知光會沿原入射光的路徑射出，這種現象稱為**光的可逆性**（圖4-9）。

學習Check

- ☐ 我可以正確畫出入射線、法線和反射線
- ☐ 我可以說明入射角與反射角的關係

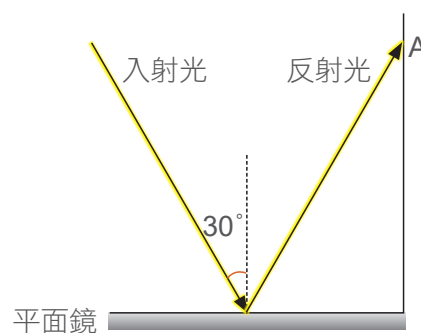
例題 4-3

雷射光以右圖的情形入射平面鏡，請在圖中畫出法線及反射光，並標明入射角與反射角。

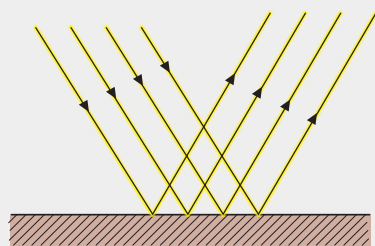
**例題 4-4**

一雷射光入射平面鏡，反射後照到牆上的A點，入射角為 30° ，如右圖所示。若用另一雷射光，從A點沿著反射光路徑入射平面鏡，則下列敘述何者正確？

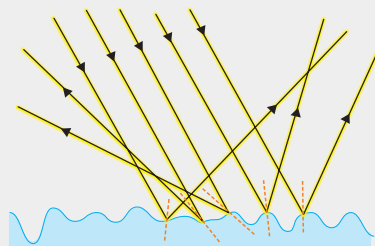
- (A)入射角為 60° (B)入射角為 120°
 (C)反射角為 30° (D)反射角為 60°

**延伸補充****漫反射**

陽光照到鏡子平滑的表面時，眼睛迎著反射光方向會看到刺眼的光亮；陽光若是照在課本平滑的紙面上，眼睛怎麼調整都可以看到圖文。這是什麼原因呢？



單向反射



漫反射

根據圖中可知平行光束經鏡面反射仍是平行光，人眼若位在反射光束路徑上就會看見刺眼光亮；課本紙面表面看似平滑，但用放大鏡仔細觀察就會看到其表面是凹凸不平的，因而造成漫反射，使眼睛從不同角度都可見圖文。

2 面鏡成像

生活中有許多表面光滑的物體，因具有良好的反射效果而能成像，如整理儀容的平面鏡（圖4-10）、超商常見的凸面鏡、遊樂園的哈哈鏡（圖4-11）等。面鏡為何能成像？所成的像有什麼性質？試著藉由觀察透明的平滑塑膠板成像來了解鏡裡的像。



▲ 圖4-10 物體發出或反射的光經平面鏡反射成像



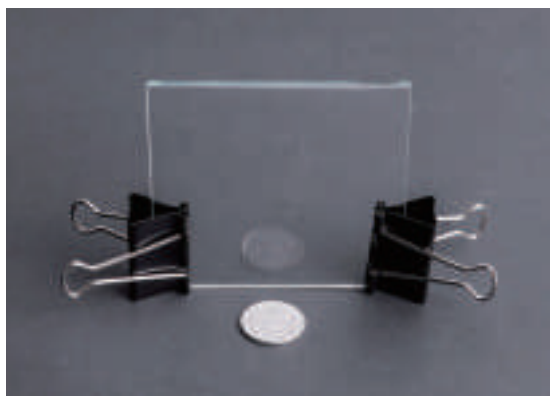
▲ 圖4-11 哈哈鏡會呈現出扭曲的像

探討活動

4-2 虛擬平面鏡



1. 將透明塑膠板兩側夾上長尾夾作為支架，直立放在紙上，並在塑膠板一側放置一枚硬幣（如圖），透過塑膠板觀察另一側的紙，是否看見硬幣的成像？硬幣與像的圖樣方位有何關係？
2. 直接觀察塑膠板另一側的紙上是否有像？
3. 用另一枚相同硬幣放在成像處，移動眼睛觀察，是否可使硬幣與像完全重疊？用直尺分別測量兩硬幣與塑膠板間的距離。
4. 改變硬幣和塑膠板的距離，重複步驟 3，你發現什麼？



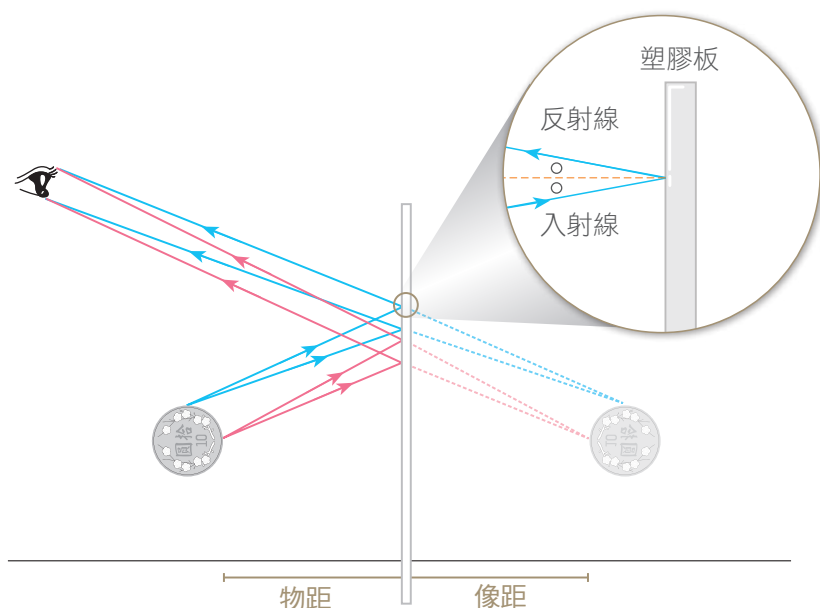
想一想

1. 透過塑膠板觀察硬幣成像時，若改變眼睛位置，所見成像位置及大小是否改變？
2. 若將硬幣往側邊移動至超出塑膠板邊緣，是否還能從塑膠板中看見硬幣的像？

平面鏡

依照探討活動4-2觀察到硬幣的像，可以了解平面鏡成像的規則。硬幣的像與硬幣本身大小相同，但左右相反，且不論硬幣位置為何，硬幣和塑膠板的距離（物距）和像與塑膠板的距離（像距）都相等。

直接觀察紙上並沒有硬幣的像，表示並不是真實光線在塑膠板後會聚成像，故稱為**虛像**。眼睛所見的像是光線經塑膠板反射而來（圖4-12）。



▲ 圖4-12 塑膠板的成像原理示意圖

隨堂筆記

在平面鏡的成像，可觀察到物與像有何關係？

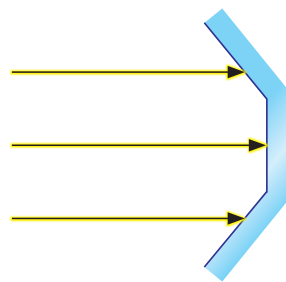
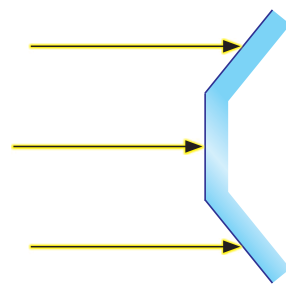
物距與像距有何關係？ _____

是否在鏡後白紙上成像？ _____

表示其為何種像？ _____

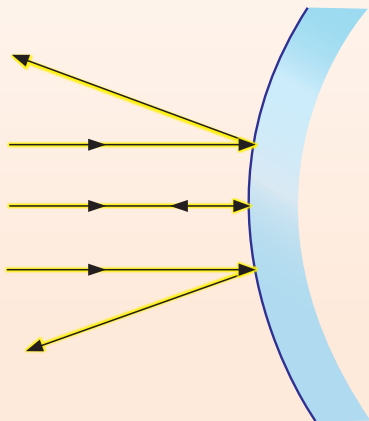
探究提問

若以平行光照射下圖的兩種面鏡組合，哪種面鏡組合會使光線會聚？試依反射定律作圖並說明。



凸面鏡

依反射定律，平行光照到凸面鏡後會發散（圖4-13），若是物體在凸面鏡前，會成怎樣的像呢？觀察圖4-14，可以看出凸面鏡所成的像為正立縮小。而根據光的可逆性，凸面鏡常用來增廣視野，例如公車後照鏡、商店角落和道路轉彎處的反射鏡（圖4-15）。



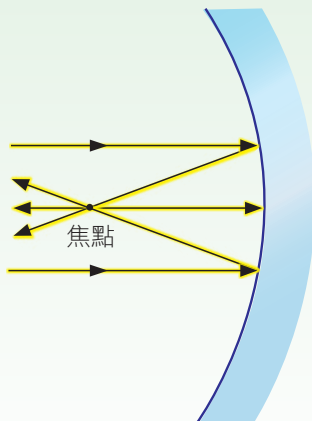
▲ 圖4-13 凸面鏡會使光線發散



▲ 圖4-14 物體在凸面鏡前形成正立縮小虛像

凹面鏡

- 5 平行主軸的光照向凹面鏡，會聚集於一點，稱為**焦點**（圖4-16）。觀察圖4-17，可以發現凹面鏡能使物體形成正立放大的像，檢視儀容的鏡子就是利用凹面鏡來達到放大效果。另外，手電筒則是將光源放在凹面鏡焦點，反射後產生平行光束（圖4-18）。



▲ 圖4-16 凹面鏡會使光線會聚



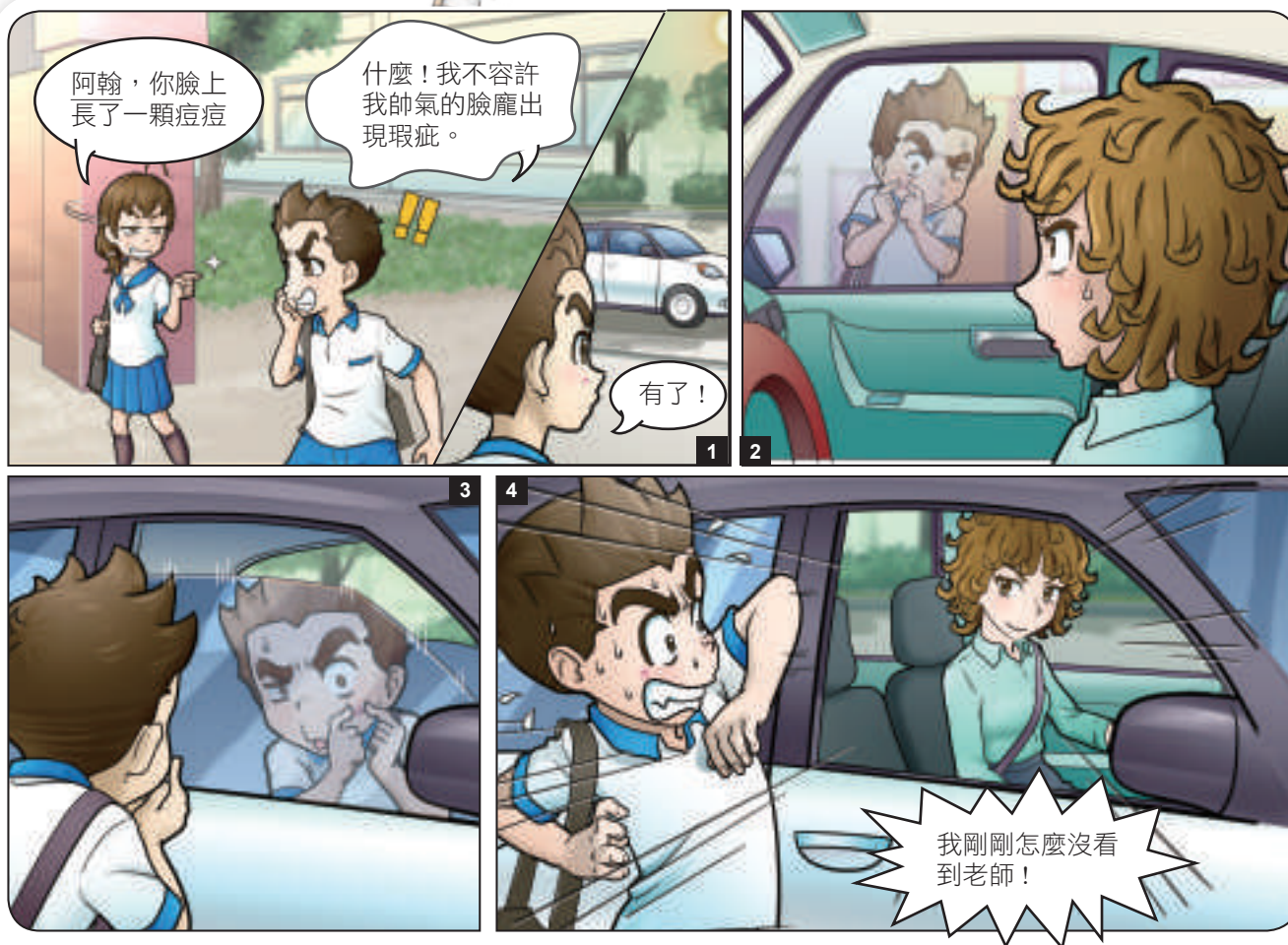
▲ 圖4-17 物體在凹面鏡前形成正立放大虛像



▲ 圖4-15 利用凸面鏡可看到較廣的視野



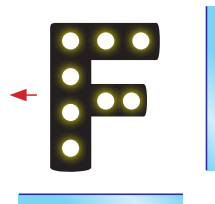
▲ 圖4-18 利用凹面鏡可放大成像及會聚光線



- ① 阿翰看車窗像一面鏡子，看不到老師在裡面，老師卻看得到阿翰在外面擠痘痘，請問是什麼原因呢？要是此情況發生在晚上，還會發生一樣尷尬的事情嗎？
- ② 電影中審問犯人時，警察房間看得到犯人，但犯人看不見警察房間，也是運用同樣的原理。請問兩個房間光線如何安排才能使效果最佳？

例題 4-5

兩平面鏡與F字型燈具的位置如右圖所示，試在圖中畫出燈具分別對兩平面鏡，所成像的正確位置與字型。如果將燈具向左移動3公分，兩面平面鏡中的像會如何移動？



4-3 光的折射

科學 tell me why

在空水桶中裝水，隨著水位上升，會發現桶底的高度看起來也逐漸上升，這是什麼原因造成的呢？

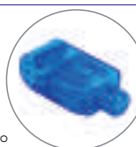


探討活動

4-3 水把杯底變淺了？



1. 取一發光的沉水小燈具置於不透光的杯子底部。
2. 由杯口處往杯底看燈具，然後逐漸向下移動視線，直到無法看見燈具為止。
3. 固定眼睛的位置，慢慢的在杯中加水，會看到什麼現象呢？



加水前

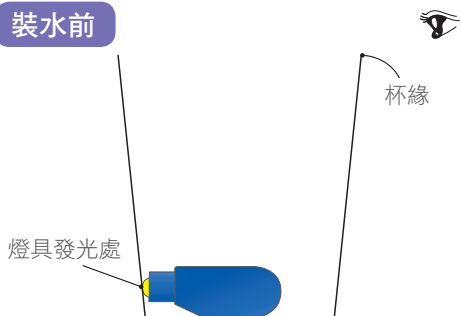
加水後



想一想

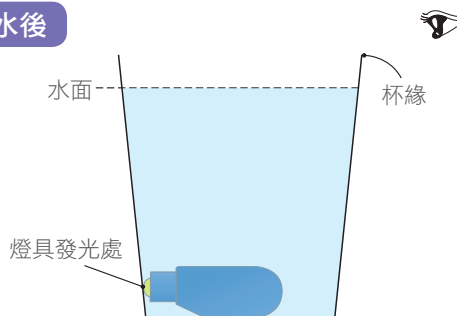
1. 若加水後恰看到燈具邊緣，畫出加水前後光線的行進路線。

裝水前



由燈具發光處連一直線到右側杯緣，繼續延長直線，是否能到達眼睛？

裝水後



從眼睛連一直線到右側杯緣，繼續延長直線到水面，再由水面連線到燈具發光處，前後兩線段是否成一直線？

在探討活動4-3中，在杯中加水可以看見原本看不到的燈具，根據光線作圖可知，從燈具發出的光線，由水中進入空氣中時，前進方向發生了偏折，使得光線能傳入我們的眼睛，同時我們看起來會覺得燈具的位置變淺了。游泳池的水看起來的深度（視深）比實際的深度（實深）淺，也是相同的原理（圖4-19）。

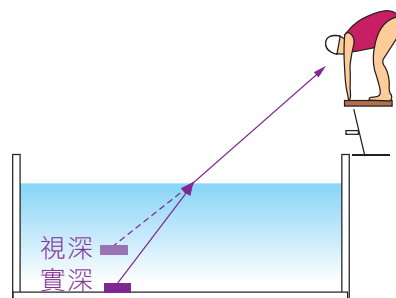
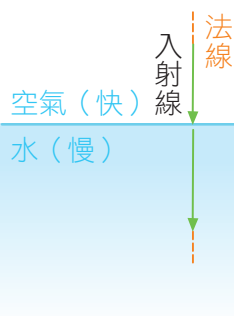
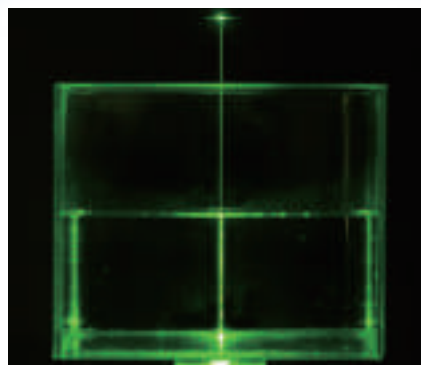


圖4-19 光線偏折造成游泳池水的視深小於實深

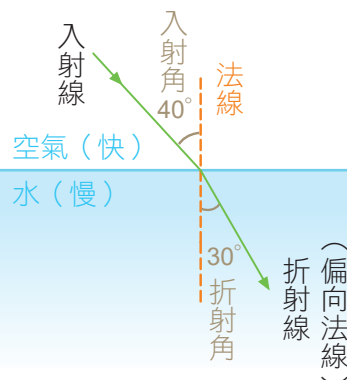
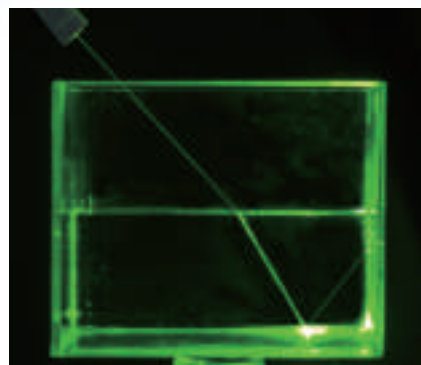
1 折射現象

光進入不同的物質時，前進方向會發生偏折，此現象稱為**折射**。我們可透過觀察雷射光進入不同介質的偏折情況，來進一步了解。

將折射狀況作圖表示，進入另一介質後偏折的光稱為**折射線**，入射線與折射線會位於法線的兩側，折射線與法線的夾角稱為**折射角**。



A. 光由空氣垂直入射水中



B. 光由空氣斜向入射水中

光線垂直入射不同介質時，不會發生偏折，但若斜向入射不同介質時，就會發生偏折。

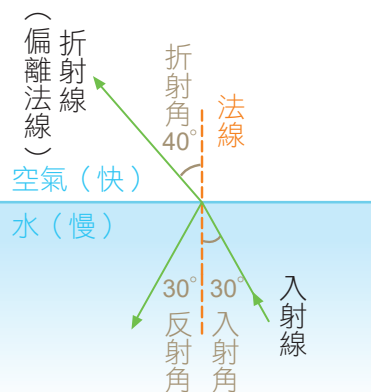
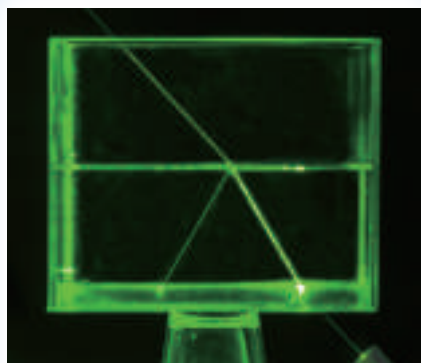
光由光速快的介質入射光速慢的介質時，前進方向偏向法線，折射角會比入射角小；反之，由光速慢的介質入射光速快的介質，前進方向會偏離法線。

隨堂筆記

	傳播速率變化	折射角與入射角變化
由空氣入射水中	變慢	折射角 $<$ 入射角 (折射線偏向法線)
由水中入射空氣	變_____	折射角_____入射角 (折射線_____法線)
由空氣入射玻璃	變_____	折射角_____入射角 (折射線_____法線)

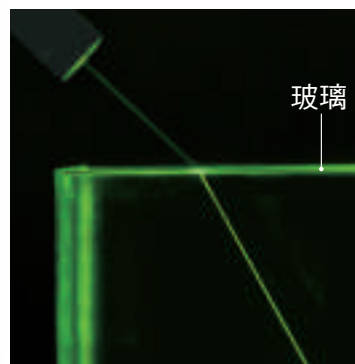
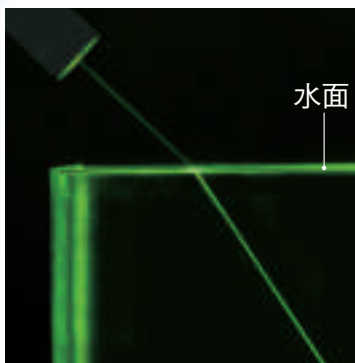
學習Check

- ☐ 我可以了解光的折射現象
- ☐ 我可以了解光具有可逆性



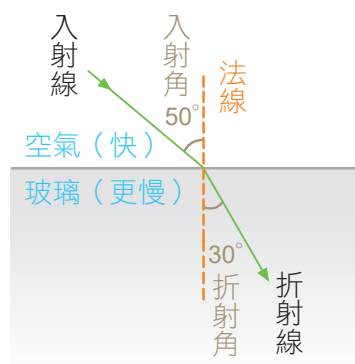
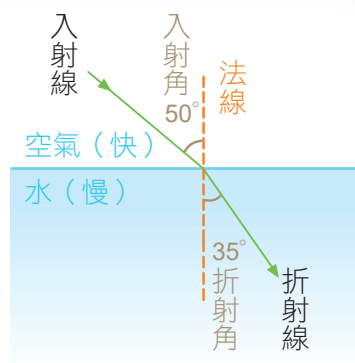
C. 光由水中斜向入射空氣

光線進出兩種不同介質時，偏折狀況具有可逆性，由空氣入射至水中與由水入射至空氣中的光線路徑相同。



D. 光由空氣中斜向入射玻璃與水面

相同入射角將光由空氣入射水中與玻璃中的偏折差異可以看出，光由一介質斜向入射光速愈慢的介質，路徑愈偏向法線，折射角愈小，因此可以用光偏折的角度，來判斷介質傳播光速率的大小。



科學 tell me why

透過裝水的杯子，看到物體是左右相反的，這是怎麼一回事呢？如果杯子沒裝水有這樣的效果嗎？若改變物體和杯子的距離，看到的情況會不同嗎？



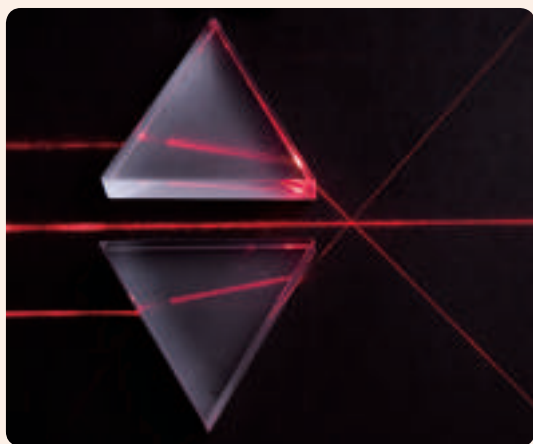
1 透鏡的折射現象

光在空氣和玻璃中傳播速率不同，光線會在兩者的交界發生折射。若平行雷射光通過三稜鏡組合，會如何偏折？若通過表面呈圓弧狀的透鏡，又會如何偏折？

凸透鏡

中央處較厚，邊緣較薄

平行雷射光通過厚端組合的三稜鏡，會使得光線會聚。



雙凸透鏡



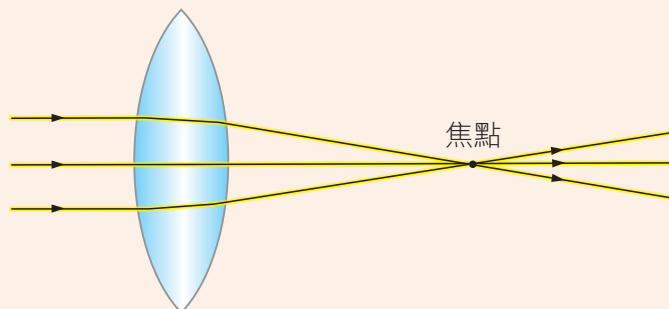
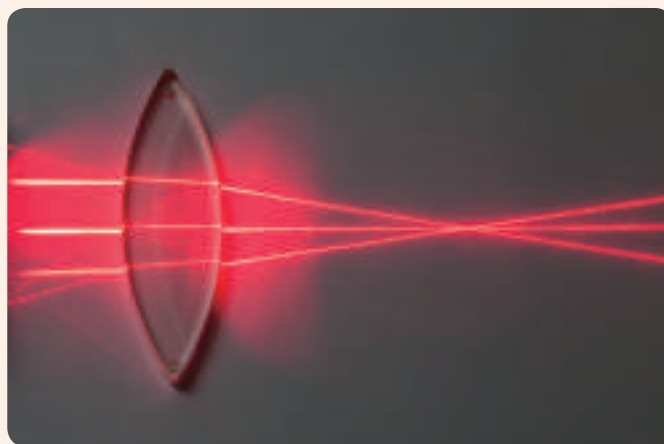
平凸透鏡



凹凸透鏡

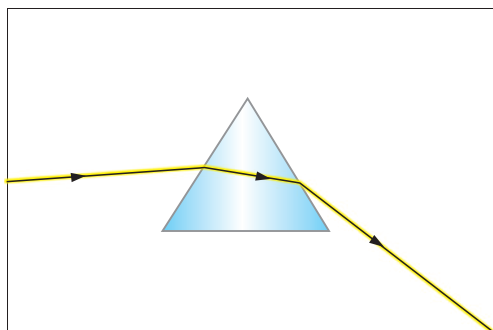
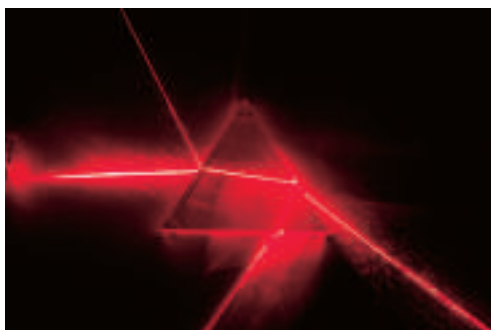
▲凸透鏡種類

平行雷射光經凸透鏡折射，在鏡後會聚於一點，此點即為焦點，**凸透鏡**因此又稱為**會聚透鏡**。



探究提問

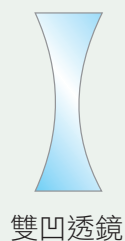
為何光線經過三稜鏡會如此偏折？試著在圖上畫出法線並說明。



凹透鏡

中央處較薄，邊緣較厚

平行雷射光通過尖端組合的三稜鏡，會使得光線發散。



雙凹透鏡



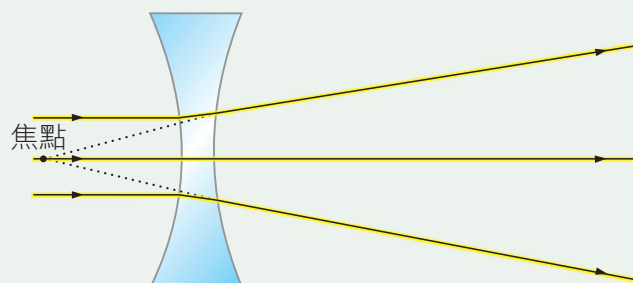
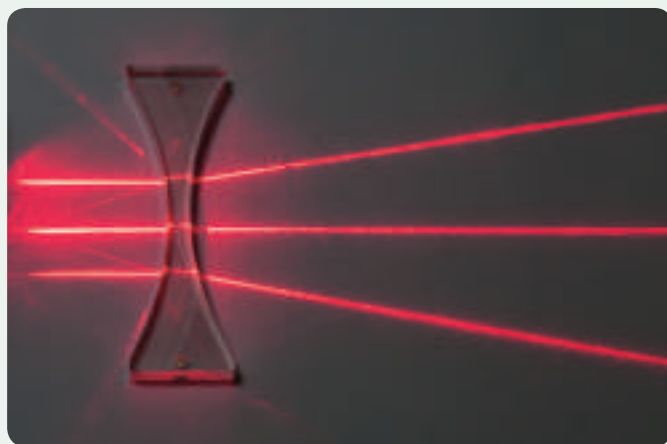
平凹透鏡



凸凹透鏡

▲凹透鏡種類

平行雷射光經凹透鏡折射，在鏡後會發散，所以**凹透鏡**又稱為**發散透鏡**；但折射後各光線的延長線仍會在凹透鏡前相交於一點，此點亦為焦點。



2 透鏡成像觀察

透鏡能會聚或發散光線，那麼經由透鏡看物體會有什麼不同？有什麼因素會影響物體經透鏡成像的效果呢？

實驗 4-2

凸透鏡的成像觀察



目的

了解凸透鏡的成像性質。

器材

- | | | |
|-----------|---------|-------------|
| ① 光學儀器架1組 | ③ 凸透鏡1支 | ⑤ 三色LED燈具1組 |
| ② 直尺1把 | ④ 白紙1張 | ⑥ 白色屏幕1個 |

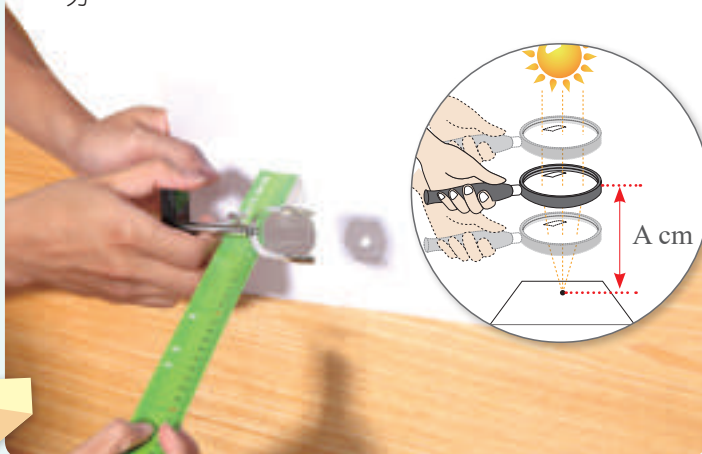
步驟

- 1 將凸透鏡與白紙平行放置，並同時對準遠處的大樓，調整白紙與透鏡距離至景物成像最清晰的位置，測量透鏡中心到像的垂直距離。

- 2 將凸透鏡與白紙平行放置，並同時對準太陽光來的方向，調整白紙與透鏡距離至陽光會聚成最小、最亮的一點。



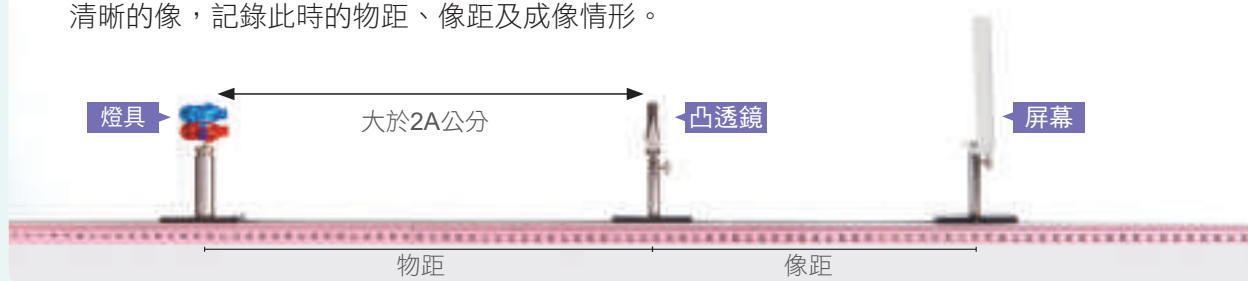
- 3 利用直尺，測量透鏡中心到亮點的垂直距離為A公分。



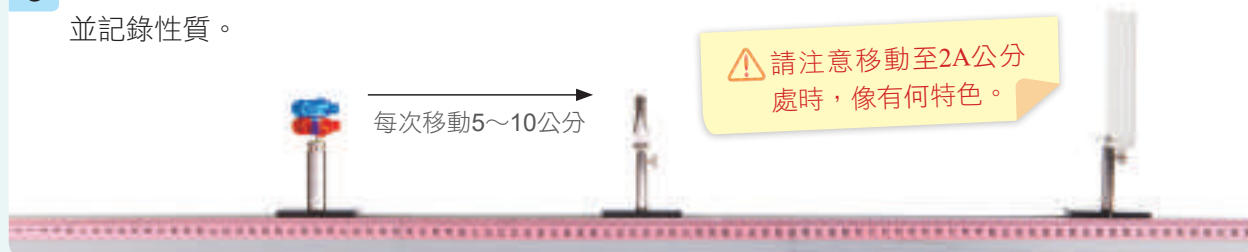
⚠ 請勿久視亮點，避免造成眼睛傷害。



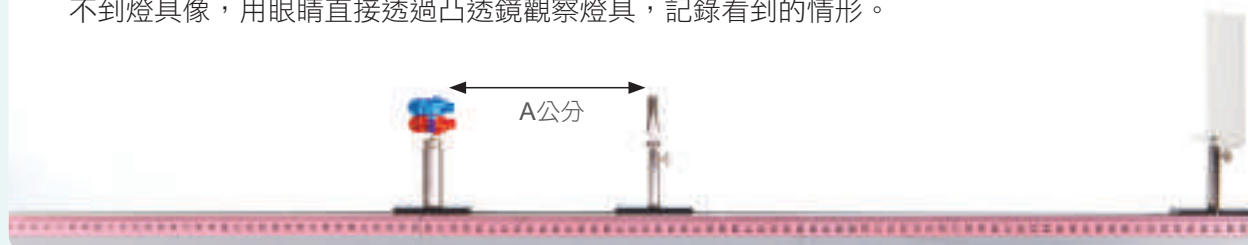
- 4 將凸透鏡固定於燈具和屏幕中間，發光的燈具移至距離透鏡超過 $2A$ 公分處，移動屏幕至出現最清晰的像，記錄此時的物距、像距及成像情形。



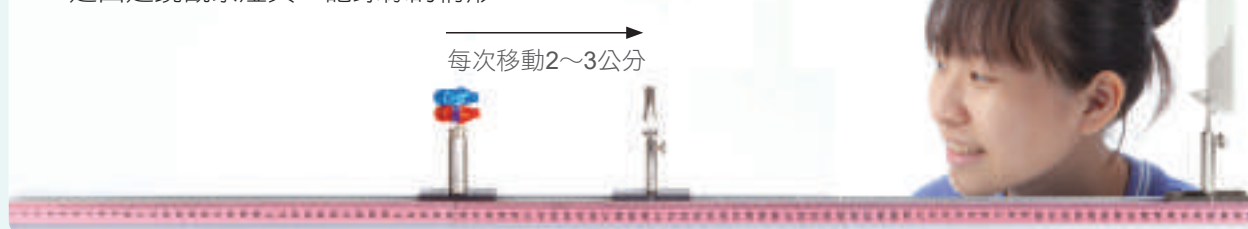
- 5 將燈具逐漸靠近透鏡，每次移動 $5 \sim 10$ 公分，並且跟著移動一次屏幕，找出成像最清晰的位置並記錄性質。



- 6 將燈具移動靠近至距離透鏡 A 公分的位置，移動屏幕尋找是否可出現最清晰成像的位置，若找不到燈具像，用眼睛直接透過凸透鏡觀察燈具，記錄看到的情形。



- 7 將燈具從距離透鏡 A 公分處繼續靠近透鏡，每次移動 $2 \sim 3$ 公分，尋找屏幕是否可出現最清晰成像的位置，若找不到像，用眼睛直接透過凸透鏡觀察燈具，記錄像的情形。



問題與討論

- 步驟 3 中所測得的 A 公分，與步驟 1 所測得的距離是否大約相同？此距離代表什麼意義？
- 步驟 5 中，可以呈現在屏幕的像有什麼共通的性質？當燈具逐漸靠近透鏡，成像及像距有何變化？
- 步驟 7 中，直接用肉眼透過透鏡觀察燈具時，所見到的像有什麼共通的性質？當燈具逐漸靠近透鏡時，成像有何變化？

探究提問

根據透鏡成像觀察結果，可否解釋透過圓形魚缸看近處或遠處景物的成像效果差異？

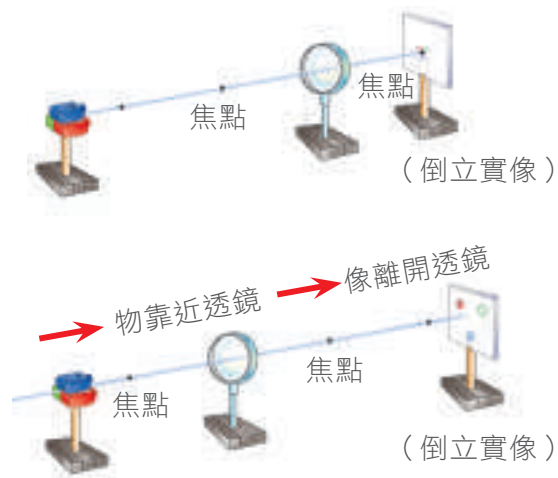
相關實驗重點，請見 P119



凸透鏡的成像

太陽距離地球相當遙遠，太陽光近似平行光，透過凸透鏡會聚出最亮的位置即為焦點，而焦點與透鏡中心的距離便稱為**焦距**。在實驗4-2中，遠處景物透過凸透鏡在白紙上成像的位置，大約為凸透鏡的焦點，當物體逐漸移近透鏡，成像的位置及性質也會跟著改變。

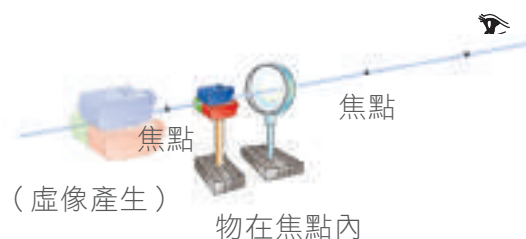
一開始燈具距離透鏡很遠時，成像位置幾乎在焦點，隨著燈具從遠處逐漸靠近凸透鏡，成像位置會逐漸遠離透鏡，且像愈來愈大。在屏幕上產生的像，皆為由實際光線會聚而成的倒立實像。



當燈具位於凸透鏡的焦點，屏幕上的成像消失，透過凸透鏡也無法看到成像。



將燈具移進焦點內，屏幕上不再有像，但以眼睛在透鏡另一側向透鏡觀察，可以看到一個正立放大的燈具，燈具愈靠近透鏡，看到的燈具愈小。由於無法成像在屏幕上，故為虛像。



常見的放大鏡就是凸透鏡的應用（圖4-20），根據實驗結果，要看到較大的正立像，應如何調整物體與透鏡的距離？如果用放大鏡看遠處景物，又會看到怎樣的像呢？



▲ 圖4-20 透過凸透鏡看物體

使物體與凸透鏡距離小於焦距，才能看到正立且放大的像，物體愈靠近焦點，看到的正立像愈大；但遠處物體與凸透鏡距離大於焦距，透過透鏡會看到倒立的像，且物體愈遠離焦點，看到的像愈小。

凹透鏡的成像

近視眼鏡是生活中常見的凹透鏡應用，透過眼鏡鏡片看物體，會看到縮小正立的像（圖4-21）。若將實驗4-2的透鏡改為凹透鏡時，觀察結果會是如何呢？

不論燈具位於凹透鏡前何處，都無法在屏幕上看見清晰的像，也就是凹透鏡無法形成實像；但用眼睛在凹透鏡另一側觀察，可以看見正立縮小的燈具（圖4-22），且物體離透鏡愈遠，成像會愈小。



▲ 圖4-21 透過凹透鏡看物體

▼ 圖4-22 透過凹透鏡，可以看見正立縮小的燈具。

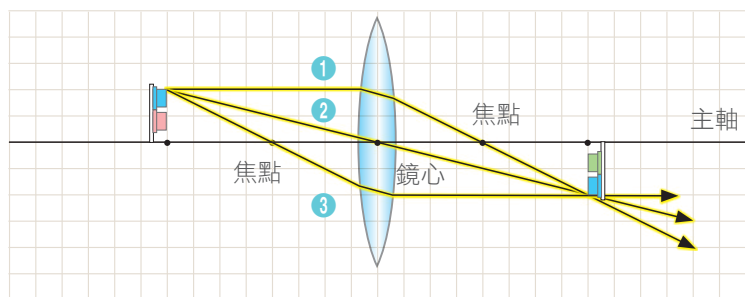


透鏡成像作圖

透鏡為何有這些不同的成像情況？我們可透過LED向四面八方發出的光線，以其中數條經透鏡偏折的光線作圖，來了解透鏡成像原理。

凸透鏡的成像作圖

LED發出並經透鏡折射的眾多光線中，有三條特殊的光線：



- ① 平行主軸的光偏折後，會穿過另一方的焦點。
- ② 射向鏡心的光，前進方向不變。
- ③ 穿過同側焦點的光，偏折後會平行主軸。

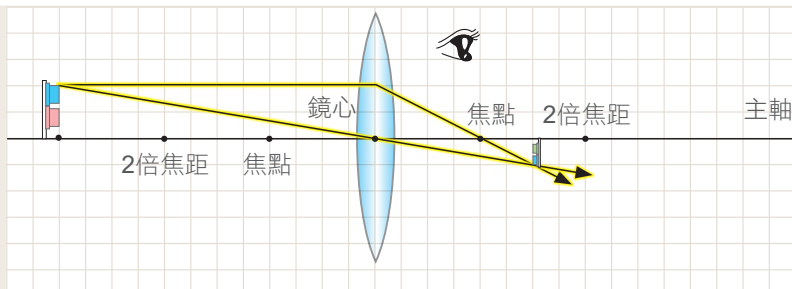
原物圖



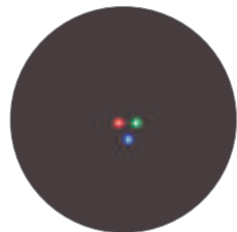
請在下面各圖中，仿照 a 的簡易作圖法，畫出任意兩條特殊光線，藉此驗證物體在不同位置的成像性質。

a. 物在兩倍焦距之外

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小

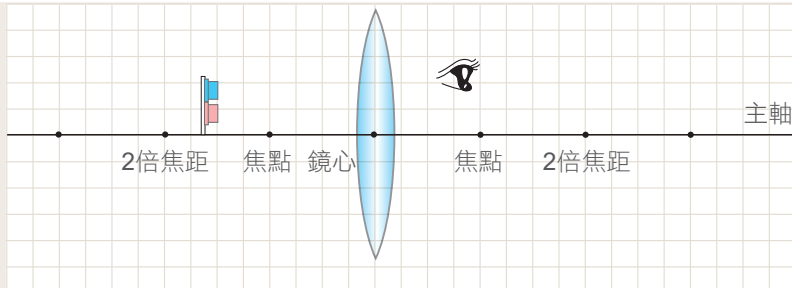


實際成像



b. 物在一至兩倍焦距之間

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小

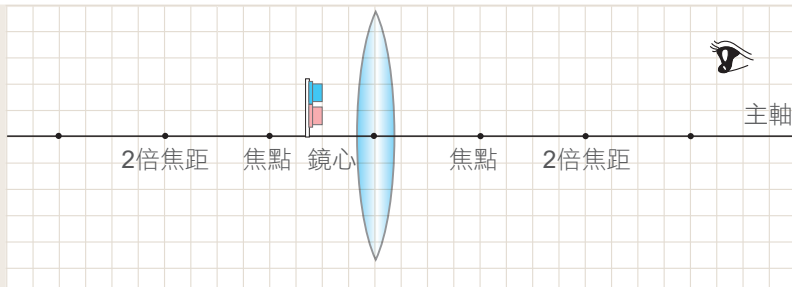


實際成像



c. 物在焦點與透鏡之間

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小

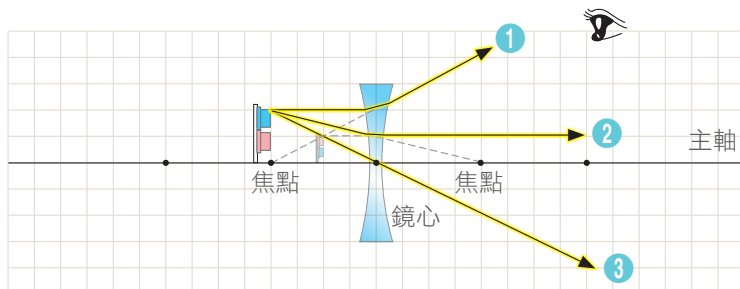


實際成像



凹透鏡的成像作圖

原理與凸透鏡相似，在眾多折射的光線中，有三條特別的光線：

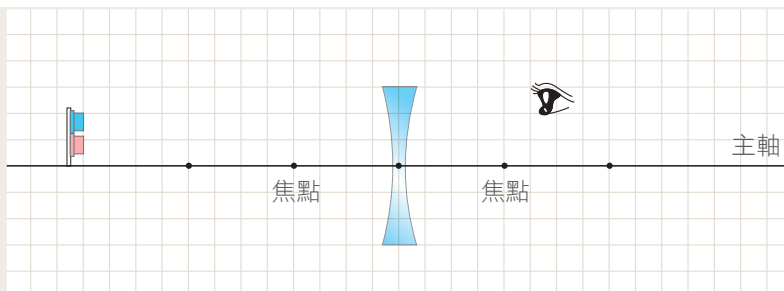


- ① 平行主軸的光偏折後，往後延伸會通過與物同側的焦點。
- ② 射向另一側焦點的光，偏折後會平行主軸。
- ③ 射向鏡心的光，維持原方向不變。

請依前面的方式，在下圖中畫出成像的位置。

a. 物離鏡遠

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小

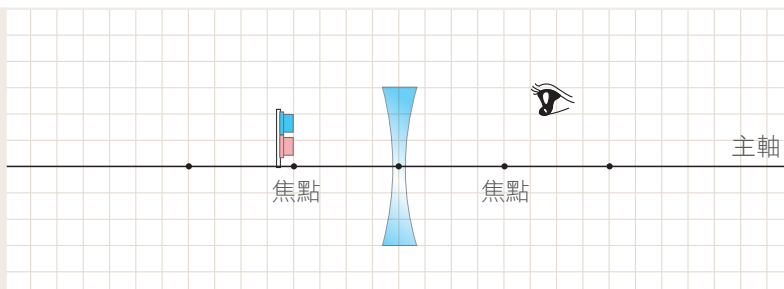


實際成像



b. 物離鏡近

- ☐ 實像 ☐ 虛像
☐ 正立 ☐ 倒立
☐ 放大 ☐ 縮小



實際成像



隨堂筆記

由實驗4-2及凹透鏡的成像原理，試著完成以下透鏡成像性質簡表。

種類	燈具位置	成像位置	實像／虛像	正立／倒立	放大／縮小
凸透鏡	無窮遠處	鏡後焦點上	實像		一點
	兩倍焦距外				
	兩倍焦點上	鏡後之兩倍焦點上	實像	倒立	相等
	一至兩倍焦距間				
	焦點上	無窮遠處			
	焦點內				
凹透鏡	任何位置				

3 生活中的透鏡

眼鏡是生活中常見的透鏡應用，正常人的眼睛有很好的調節能力，不論遠處或近處物體發出的光線，都可以經由水晶體調節後，在視網膜上清楚成像。但近視、遠視或老花的人，就要靠透鏡來幫忙調節了。

近視的人看遠方物體，光線會成像在視網膜之前而看不清楚物體，需配戴凹透鏡矯正視力（圖4-23a）；遠視或老花的人看近處物體，光線會成像在視網膜之後，也會看不清楚物體，需配戴凸透鏡矯正（圖4-23b）。

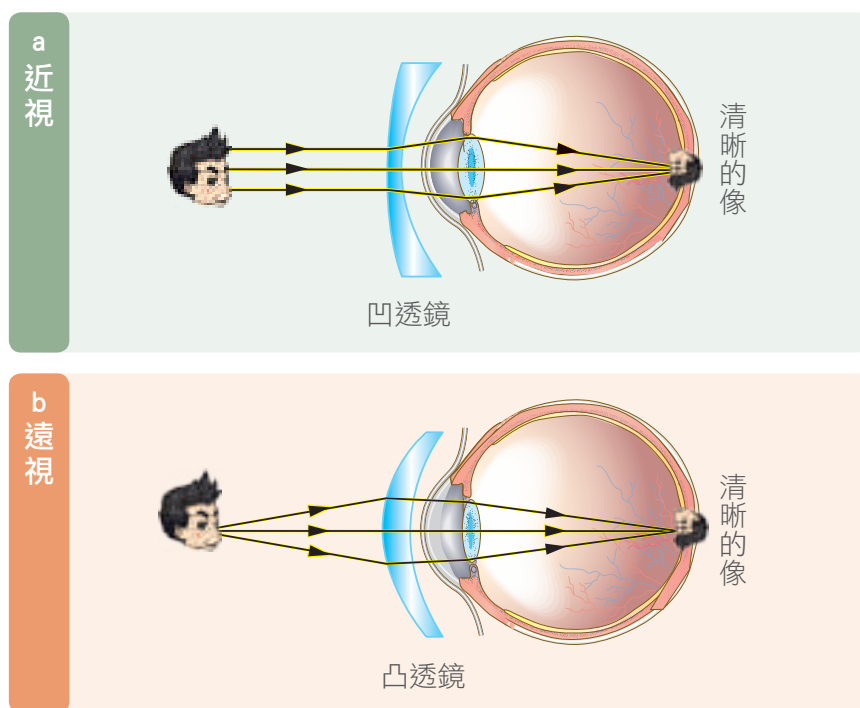


圖4-23 近視與遠視的矯正示意圖

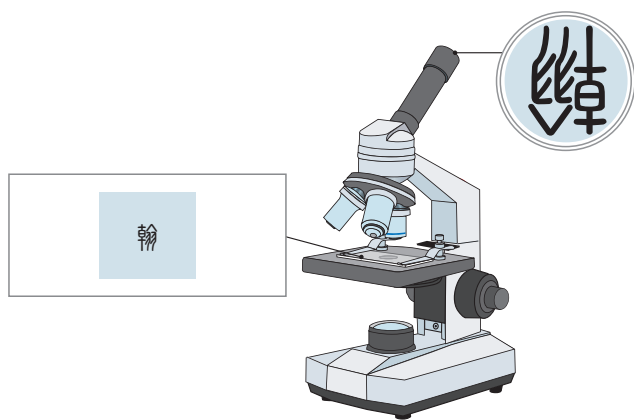


圖4-24 伽利略使用的望遠鏡

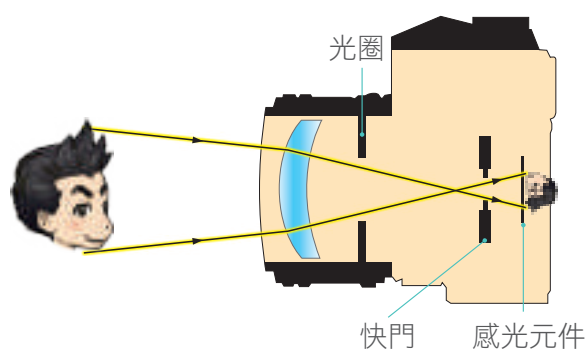
眼鏡問世後，一位荷蘭的眼鏡匠無意間透過兩片透鏡看遠處景物，發現物體變大了，因而造出望遠鏡。伽利略（Galileo Galilei，1564～1642）改進之後用來觀察天象，擴大了人們的視野（圖4-24）。

隨後發明的複式顯微鏡，則讓科學家看見了細胞。鏡筒兩端的物鏡和目鏡都是凸透鏡，我們從目鏡看見與標本上下顛倒、左右相反的放大虛像（圖4-25），放大倍率則是物鏡和目鏡的倍率相乘。

- 5 還有捕捉影像的照相機，是運用凸透鏡當鏡頭，只要調整鏡頭位置，就可以讓光線經透鏡折射後，剛好在感光元件上形成清晰的倒立縮小實像（圖4-26）。



▲ 圖4-25 顯微鏡的成像



▲ 圖4-26 照相機成像原理

例題 4-6

小松、小柏、小常、小青一起進行小實驗，他們以滴管將一滴水滴在透明玻璃片上，再移動玻璃片使水滴對準課本上的字，發現字被放大了，於是做了以下的推論。哪些推論是正確的？

小松：眼睛所看到放大的字是虛像。

小柏：小水滴相當於一個小凹透鏡。

小常：小水滴有使光線會聚的效果。

小青：用白紙放在小水滴的上空，會在紙上看到字的投影。



探究提問

「投影機透過單一鏡頭，可以將靜態的圖樣或動態的影像投影到布幕上。」根據對投影機的說明，可以判斷投影機鏡頭應為何種透鏡？布幕上所成的是哪一種像？

4-5 色散與顏色

科學 tell me why

有時在雨後放晴的天空中看見彩虹，有時在陽光下的水霧中也會看見彩虹，彩虹是怎麼形成的呢？



陽光照向鏡面或玻璃的位置及角度剛好時，會在附近的牆面或地上看見七彩色光，這現象是怎麼產生的？

1 色散現象

- 5 使雷射光通過三稜鏡，會看到光線偏折的情況（圖4-27a），如果使陽光通過三稜鏡，則會分散出不同顏色的光線（圖4-27b）

探究提問

陽光透過三稜鏡後發生色散，這表示不同顏色的光在三稜鏡中的傳播速率是否相同？

a 雷射光通過三稜鏡



b 陽光通過三稜鏡



圖4-27 雷射光與陽光通過三稜鏡的差異



圖4-28 牛頓進行光色散實驗

- 西元1666年牛頓（Isaac Newton，1643～1727）讓太陽光通過三稜鏡，發現會分解成七彩的色光（圖4-28），
- 10 他再用第二個三稜鏡將七彩色光混合後，看起來便是白光。由此可知，陽光並不是單一的白色光線，而是由七彩色光混合而成。這種光線經物體折射後分散成各種色光的現象，稱為**色散**。

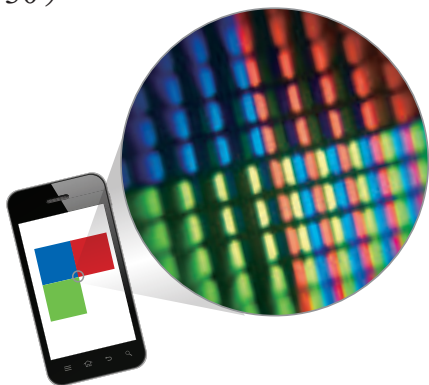
相關課程，請見 P188



科學家研究後發現，只要用紅、綠、藍三種色光依不同的亮度比例組合，便可以產生各種顏色的光（圖4-29），因此將紅、綠、藍三種色光稱為**光的三原色**。電視和手機螢幕，便是利用了這個原理，以產生三原色的發光裝置混合出彩色畫面（圖4-30）。



▲ 圖4-29 色光的混合



▲ 圖4-30 三原色原理的應用

學習Check

- ☐ 我可以了解陽光經過三稜鏡可以分散成各種色光。
- ☐ 我可以了解物體的顏色是光反射的結果。

2 顏色的成因

陽光穿透不同顏色的玻璃，就變成各種色光（圖4-31）；陽光照到不同物體表面，也會呈現出各種顏色。我們看到的顏色，是由進入眼睛的色光引起視覺感受，試著用不同色光照射不同色紙進行觀察研究，了解光線與所見物體顏色間的關係。



▲ 圖4-31 陽光穿透彩色玻璃，在地上形成各種色光

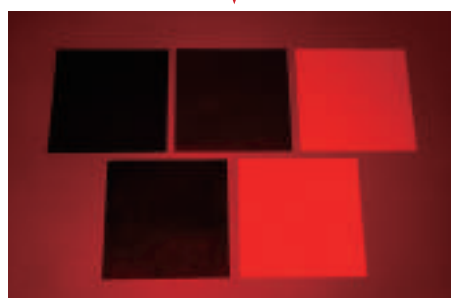
探討活動



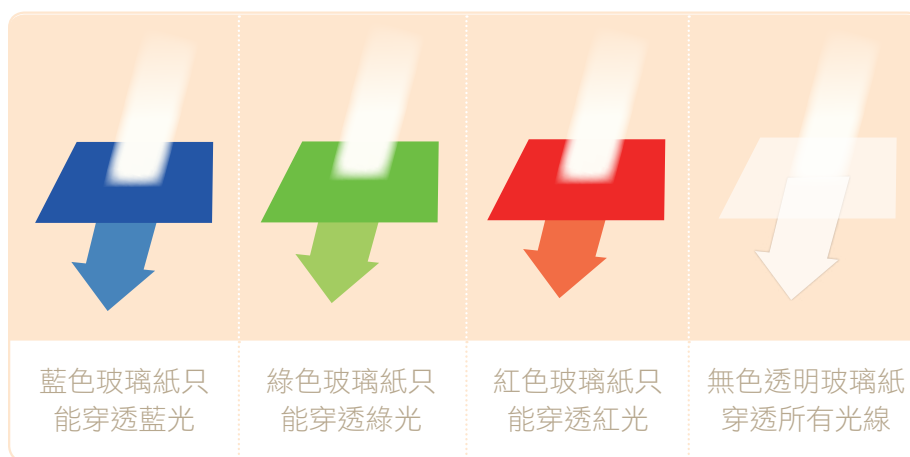
◆ 4-4 光與顏色

1. 將白色光源分別放在紅、綠、藍三種不同顏色的玻璃紙後面，觀察所看到的色光。
2. 取紅、藍、綠、黑、白色紙各一張放在暗箱中，用紅、藍、綠三種不同色光分別照進暗箱，觀察各色紙呈現的顏色並記錄在下表。

色紙 光源	紅	藍	綠	黑	白
白光					
紅光					
綠光					
藍光					



探討活動4-4中，白光通過玻璃紙後，就呈現與玻璃紙相同顏色的色光，表示只有該種顏色的色光穿透，其他色光被吸收。由此可知，透明物體的顏色由透射光決定（圖4-32）。



▲ 圖4-32 在白色光線照射下，各種玻璃紙的呈色示意圖

紅紙在白光及紅光照射下呈紅色，在其他色光照射下都呈黑色，表示紅紙只反射紅光，吸收了其他色光。相同道理可以推知，綠色色紙只會反射綠光，藍色色紙只會反射藍光。白紙在各種色光的照射下都呈現色光的顏色，表示會反射各種色光；黑紙在各種色光下都呈現黑色，表示會吸收各種色光（圖4-33），也就是不透明物體的顏色，與物體表面吸收與反射光的特性有關。

大部分物體可以反射不只一種色光，也因此形成了色彩繽紛的世界。如果運用這個原理，還可以用適當的色光照射物體，讓顏色更鮮豔，西瓜攤販常用紅光照射切片西瓜，讓西瓜顯得特別紅，就是運用這個原理。

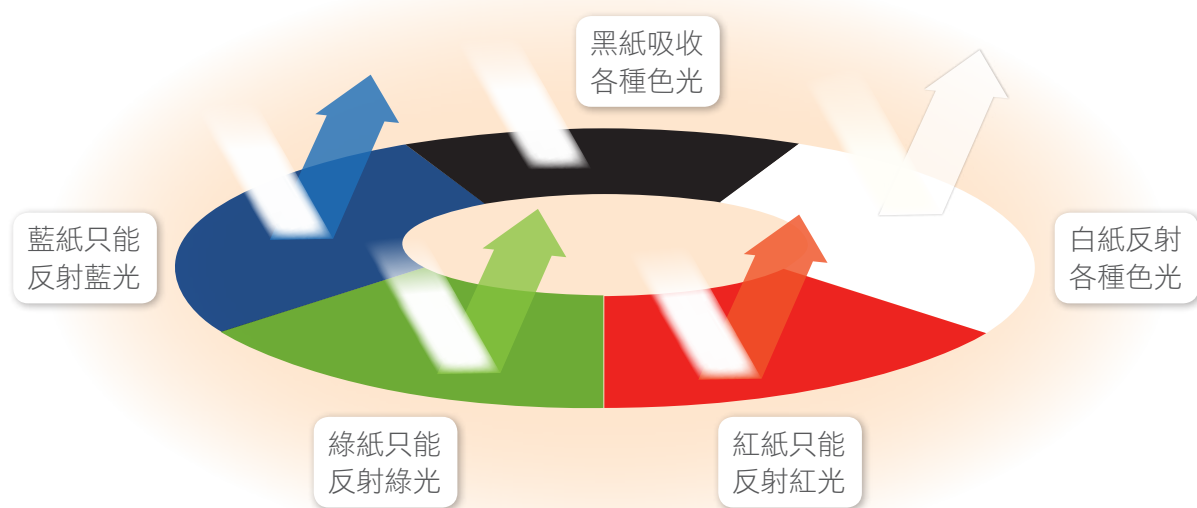
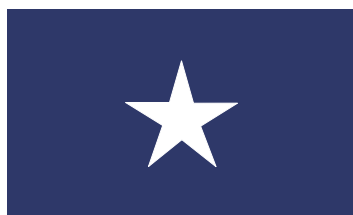


圖4-33 在白色光線照射下，各種色紙的呈色示意圖

例題 4-7

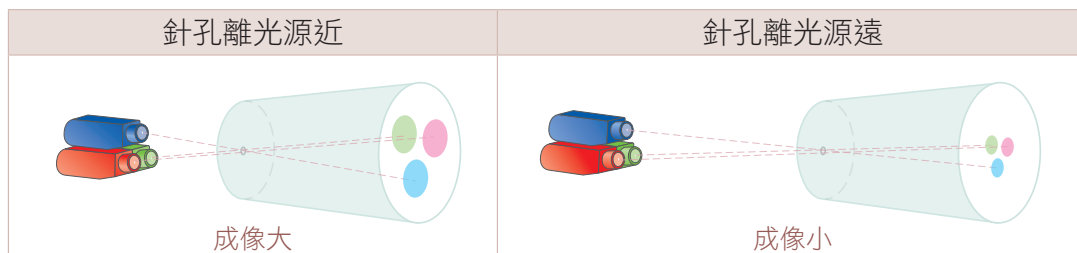
下面哪一國的國旗在紅光照射下，雖然顏色變了，但圖案的形狀仍然一樣？



光的傳播

| 光的直進性 | 光在真空或均勻介質都會以直線前進

1. 針孔成像：上下顛倒、左右相反實像

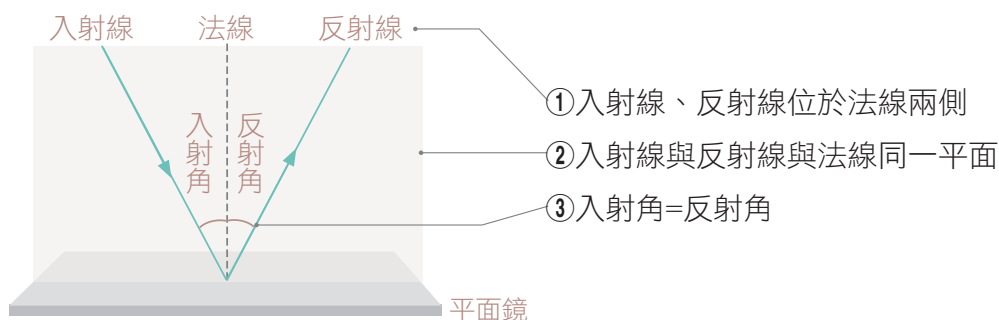


2. 陰影：光照射至不透明物體產生陰影

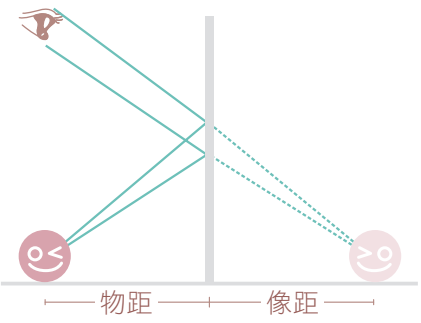
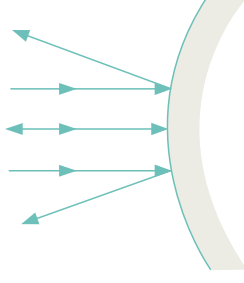
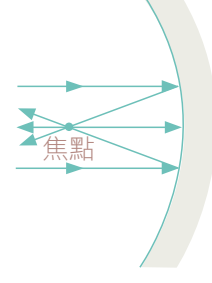
| 光的傳播 | 沒有介質也能傳播，傳播速率：真空 > 空氣 > 水 > 玻璃

光的反射

| 反射定律 |

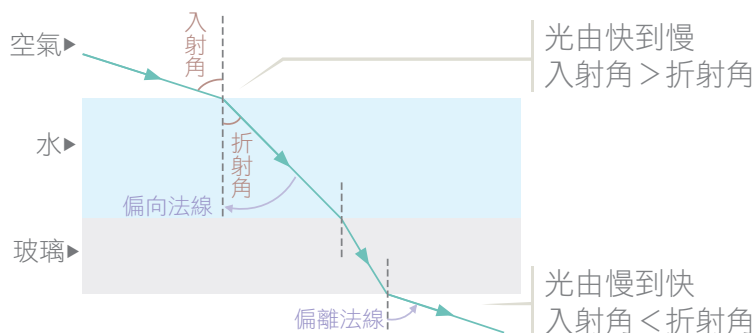


| 面鏡成像 |

平面鏡	凸面鏡	凹面鏡
大小相等、左右相反、虛像	平行光照射後發散	平行光照射後會聚一點
 物距 像距	 應用：擴大視野 後照鏡、道路反射鏡	 應用：會聚光線 化妝鏡、手電筒

光的折射

| 折射 | 光進入不同物質時，前進方向發生偏折



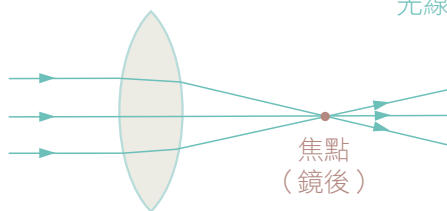
光偏折角度可判斷
介質傳播光的速率

$$V_{\text{空氣}} > V_{\text{水}} > V_{\text{玻璃}}$$

透鏡的折射

凸透鏡

光線：會聚



透鏡成像

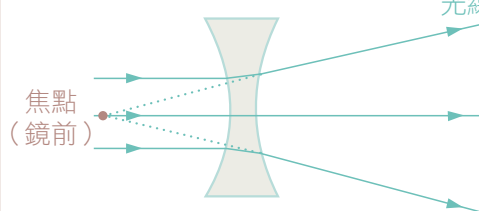
物體位置	正／倒立	大小	虛／實
2倍焦距外	倒立	縮小	實像
1~2倍焦距間	倒立	放大	實像
焦點至透鏡間	正立	放大	虛像

應用

矯正遠視、顯微鏡、照相機

凹透鏡

光線：發散



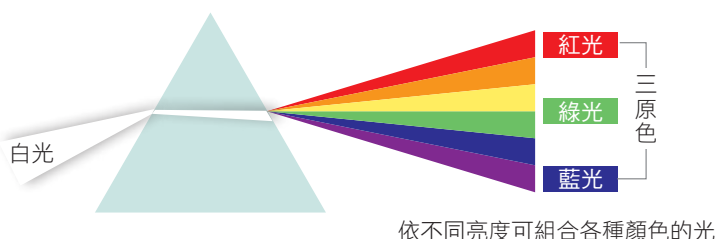
物體位置	正／倒立	大小	虛／實
2倍焦距外	正立	放大	虛像
1~2倍焦距間			
焦點至透鏡間			

矯正近視

顏色

| 色散 | 光線經物體折射後分散各種色光的現象

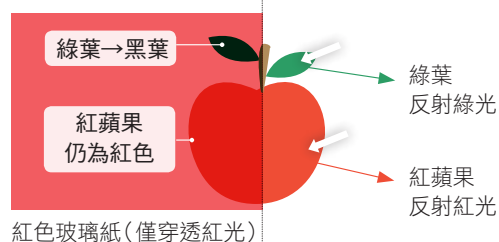
| 光的三原色 | 紅、綠、藍色光



| 顏色的成因 |

1. 透明物體：
由穿透光決定

2. 不透明物體：
由反射光決定





實驗一點靈

第三章

探討活動3-1 彈簧波的運動情形

1. 彈簧前後擺動時，振動方向與前進方向相互垂直，會形成高低起伏的波型，也就是橫波。
2. 彈簧左右拉動時，振動方向與前進方向相互平行，會形成疏密相間的波型，也就是縱波。
3. 無論以何種方式進行擺動，套上的髮圈僅會於原處來回擺動，由此可知介質不會隨著波動前進。

實驗3-1 聲音是如何產生的？

1. 藉由觀察說話時喉嚨振動、橡皮筋振動發聲及發聲的音叉接觸水面濺起水花等現象，了解發出聲音的共通點是由物體快速振動造成。

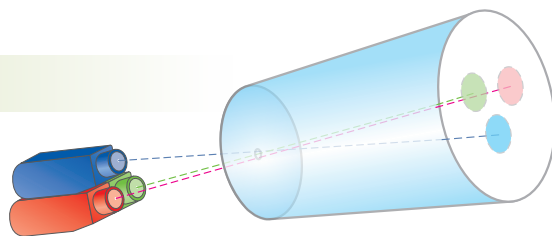
探討活動3-2 聲音比一比

1. 木頭湯匙敲打的力量增加，聲音也隨著較為大聲。
2. 調整空氣柱長度，吹出的音調高低也會不同。

第四章

探討活動4-1 針孔成像

1. 針孔成像實驗在屏幕上會呈現上下顛倒，左右相反的實像。
2. 針孔成像實驗可驗證光的直進性。



實驗4-1 光線反射的定律

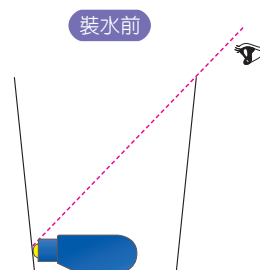
1. 使用量角器測量後可發現，兩電池和法線與鏡面的交點連線，與法線的夾角相等，可驗證光在反射時，入射角等於反射角。

每次段考可用此
頁複習實驗喔！



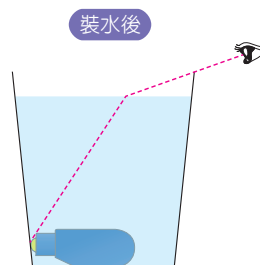
探討活動4-2 虛擬平面鏡

1. 平面鏡成像時，像與物的大小相等，方向相反，且物距與像距相等。
2. 平面鏡無法在紙屏上成像，因此為虛像。
3. 不論站在何處觀察，成像位置與大小均不改變。



探討活動4-3 水把杯底變淺了？

1. 光具有直進性，因此裝水後能看見燈具，必定是光在途中有偏折。而實驗的操作變因為有無加水，因此必定是水造成光線偏折。
2. 光線由燈具發出後進入人眼，並非由人眼出發，但因光具有可逆性，因此可以反向推測及作圖。



實驗4-2 凸透鏡的成像觀察

1. 遠處傳來的光線，如陽光，可以視為平行光，因此能用來測量凸透鏡的焦距。
2. 當物於焦距外時，其光線可以經由凸透鏡在另一側會聚產生倒立實像。
3. 當物於焦點上時，其光線經過凸透鏡會成為平行光，因此無法在紙屏上成實像，亦無法透過凸透鏡看見虛像。
4. 當物於焦距內時，其光線無法於凸透鏡的另一側會聚成實像，但可以在物體同側產生正立虛像。

探討活動4-4 光與顏色

1. 白色光源發出的光線經過有色玻璃紙後，會呈現玻璃紙的顏色，代表其他色光被玻璃紙吸收了。
2. 使用色光照射色紙，只有白色與該色色紙呈現色光的顏色，其餘皆呈現黑色，代表色紙只會反射其顏色的色光。

照明新利器—藍光LED

西元2014年諾貝爾物理獎，由日本學者赤崎勇（Isamu Akasaki）、天野浩（Hiroshi Amano）、中村修二（Shuji Nakamura）三位共同獲獎，他們是藍光發光二極體（LED）發展進程中具有舉足輕重的科學家。但是LED這個概念幾十年前就有，也早有紅光、黃光的LED產品，為什麼藍光LED可以獲獎？

生活中很少用紅光當照明光源，所以在西元1990年以前，LED僅用作指示燈。人們喜歡用白光照明，而白光可以用紅藍綠三色光組成，受限於藍光LED技術不佳，發光效率不高，一直無法達成革命性的白光照明。直到西元1994年發明藍光LED，才可以利用紅、綠與藍三種顏色的LED自由調配所需的顏色，進而延伸出更明亮節能的白光照明，使LED領域跨入新的世代。現在街邊的路燈、五光十色的電子廣告看板和智慧型手機等，都已開始使用LED。

其實，假如現在只有藍光的LED發明出來，科學家還是可以製造白光的。使用紅、綠與藍三種顏色的LED雖然可以組成白光，但此裝置成本過高，且三種LED的壽命不同，如果其一損壞，就必須汰換此裝置。而藍光因能量較高，科學家容易找到受藍光激發後，放出較低能量色光的發光材料——螢光粉，不僅成本低，更可避免使用三種不同顏色LED所面臨各自壽命不同的問題。



▲西元2014年諾貝爾物理學獎得主赤崎勇（左）、天野浩（中）與中村修二（右）

目前市面上的白光LED燈泡，其實只有藍光LED而已，但燈泡裡面鋪了會發黃光的螢光粉。當藍光LED放出藍光時，在燈泡裡會激發螢光粉產生黃色的光，最後就可以混成白光。不過此裝置照明時無法顯示出物體真正的顏色，最大原因是較缺少紅光，於是科學家便發展了紅色螢光粉。未添加紅色螢光粉的發光裝置屬於冷白光；而添加紅色螢光粉的發光裝置屬於暖白光。科學家也正致力研發如何混成各式色調的白光。

但要讓技術變成商品走入人們的生活裡，品質與成本就成為重要的考慮因素。相較於傳統的日光燈，LED不僅體積小、環保，壽命更長達十萬小時，對於缺乏電力的開發中國家，其低耗電的特性是一大福音。現今環保意識與節能觀念逐漸提

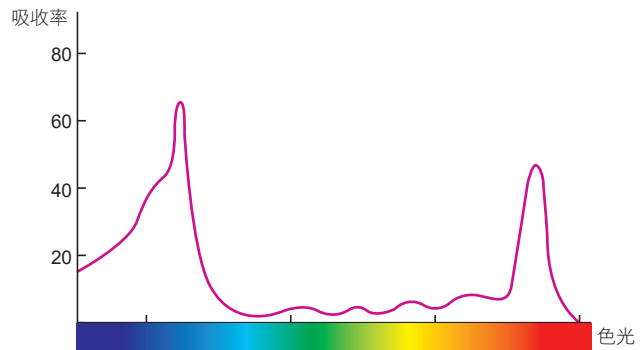
升，發光二極體已成為二十一世紀照明與顯示器的新光源。雖然LED燈泡還有繼續改善的空間，但諾貝爾物理獎的委員們，已經看到了未來照明市場將逐漸由LED燈泡所取代了！



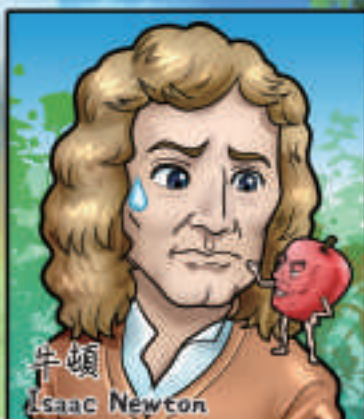
▲人類照明的方式隨科技演進，從使用燭火照明，白熾燈泡、省電燈泡到近代的LED燈泡

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 下列何者是三位發明藍光LED的科學家獲獎的原因？
 (A)可以和紅、綠光LED混成白光 (B)可以和紅、綠光LED混成各色光
 (C)只有藍光LED也可以發出白光 (D)LED是未來照明市場的優勢光源
- () 2. 冷白光燈泡和暖白光燈泡，皆以藍光LED製造而成，其裝置主要差異為何？
 (A)冷白光燈泡散發出的能量較暖白光低
 (B)暖白光燈泡由三色LED燈組合而成，冷白光燈泡只由藍光及綠光組合而成
 (C)暖白光燈泡有添加紅色螢光粉，冷白光燈泡則無
 (D)冷白光燈泡與暖白光燈泡使用的電壓不同
- () 3. 植物需要吸收光才能行光合作用，溫室栽培的照明補光系統是根據作物的需求進行人工補光，以促進植物的光合作用。下圖為某光合色素對不同色光的吸收率，根據圖形判斷藍光LED的發明對於溫室栽培是否有影響？



- (A)沒有影響，色光的吸收率不影響植物生長
 (B)沒有影響，白色燈泡和藍色LED的效果相同
 (C)有影響，某光合色素吸收藍色與紅色的光過多，對植物有害
 (D)有影響，某光合色素對於藍色與紅色的光吸收率較高，更符合植物需求



關於

西元1643～1727

出生：英國 林肯夏郡

經歷：

① 1703年～1727年 英國皇家學會主席。

② 1705年成為第一個因學術成就受封為英國爵士的科學家。

成就：

① 發明「微積分法」

② 《自然哲學的數學原理》提出牛頓三大運動定律

③ 出版《光學：光的折射、反射、繞射和顏色》建立在光學領域的研究地位的主席，並一直擔任這個職務到他去世為止。



牛頓——在 林肯夏郡

1664年

不要以為瘟疫可以打敗我！——發憤圖強

👍 🗨️ ➦ 分享



牛頓——覺得懷疑

1665年

真的是稜鏡的作用使單色白光產生出有顏色的光來嗎？



虎克 你現在是在質疑我的意思？

讚 · 回覆 · 1672年

👍 🗨️ ➦ 分享



牛頓——覺得謙虛

1680年

如果我比笛卡兒等人看得遠些，那是因為我站在巨人的肩而上而已。

西元1664年，牛頓取得劍橋大學學士學位，熱愛研究的他，卻因為爆發瘟疫暫時離開學校，回到故鄉住了十八個月，待在家中開始自學，這段時期，是他發明創造的鼎盛年華。



牛頓將房間改造成暗室，並利用三稜鏡研究光

我一定要找出彩虹色光的祕密！



如果將多組三稜鏡的光疊合起來……



居然變回白光！

我……我的眼睛，不行……我得快去記錄下來！

白光經過折射後，可知由多種色光組成，此現象稱之為「色散」。

By Newton



由於發現色偏是源自於光線經折射產生色散現象所導致，他便著手開始改製折射式望遠鏡。

這顏色怎麼……



成功自製出高倍率又小型的反射式望遠鏡，有效避免折射望遠鏡產生的色差，使當時的天文觀測有了更大的進展。



牛頓也將他的研究成果出版成《光學：光的折射、反射、繞射和顏色》一書，建立他在光學領域上的研究地位。但長期的研究，也造成他的視力受損。

你連我是誰都看不清楚了嗎？再這樣下去，誰來發現萬有引力的存在呢？



5 溫度與熱

5-1 溫度與溫度計

5-2 熱量

5-3 比熱

5-4 熱對物質的影響

5-5 熱的傳播方式

「過火」是臺灣民間的民俗活動，是一種赤腳走過燒紅的木炭堆及石頭堆的儀式。過火前會「摔鹽米」，也就是撒含水分的粗鹽及泡過水的米在炭火堆上。在宗教的信念中，「鹽」、「米」分別代表著「雷電」和「火石」，具有驅逐惡煞的功能，因此廣泛應用於各種除煞的儀式中。信徒們相信藉由這樣的儀式可以強化神明的神威，同時替自身消災解禍。

探究提問 粗鹽是種很容易受潮的物質，想想看為什麼大師撒鹽後，就可以走在炭火上？





5-1 溫度與溫度計

科學 tell me why

同樣摸一個人的額頭，有人感覺溫度高，有人感覺溫度低，為什麼會有這樣的情形？如果想要確實知道是否有發燒，你會怎麼做？



圖5-1 生活中常見的溫度計

溫度是我們用來描述物體冷熱程度的物理量，日常生活中，人體可以直接接收冷熱不同的刺激，例如：吃冰時會感到很冰涼，喝熱水時會感到燙嘴。感受雖然直接，但容易出現誤差，所以會使用溫度計來作為測量的工具，如實驗室中常用酒精溫度計及電子溫度計測量液體溫度；生病時，使用耳溫槍和額溫槍了解體溫；在機場或是進行檢疫工作時，利用熱顯像儀，快速得知溫度（圖5-1）。究竟傳統溫度計是利用什麼原理製成的呢？

探討活動

5-1 自製溫度計測量溫度



1. 在錐形瓶中裝滿染色的水，將裝有玻璃管的橡皮塞，塞緊錐形瓶，使水位上升至玻璃管中，並在液面處做一記號（如圖）。
2. 將錐形瓶分別放入 60°C 的熱水及 10°C 的冷水中一段時間，觀察水面的變化現象並在液面處標註記號。
3. 將錐形瓶放入未知溫度的水中，觀察液面的變化並推測其溫度區間。



想一想

1. 將錐形瓶放入未知溫度的水後，玻璃管內的水面升降至哪個區域之間呢？

.....

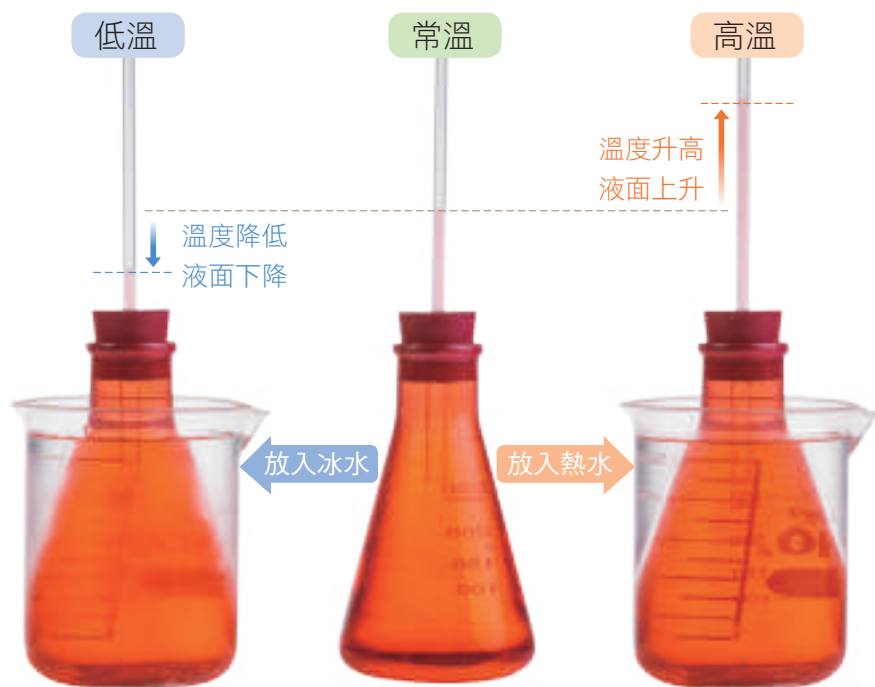
2. 藉由水面的位置，是否能夠推算出未知溫度的區間？

.....

探究提問

用觸覺或視覺來決定冷熱程度，可能會出現什麼問題？

觀察利用**熱脹冷縮**原理製成的簡易溫度計，我們可以藉由液面升降的變化，粗略得知溫度的變化（圖5-2）。



▲ 圖5-2 溫度變化時自製溫度計液面的變化

1 溫標的製定

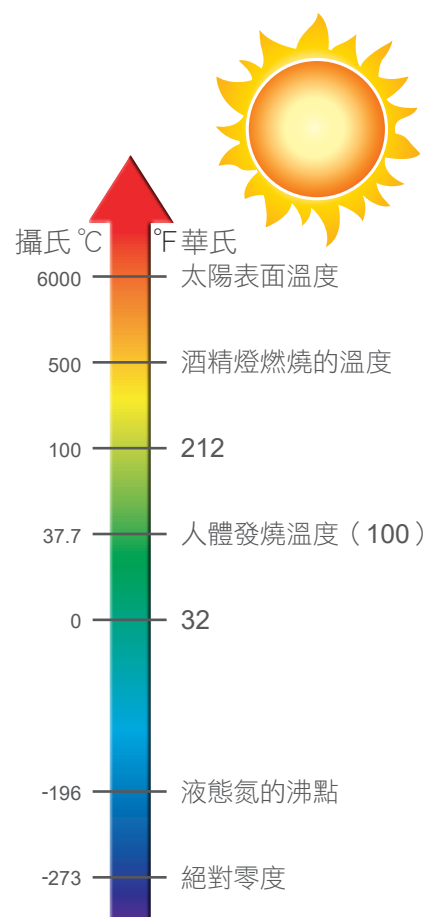
西元1714年德國物理學家華倫海特（Daniel Fahrenheit，1686～1736），以華氏100度為人體發燒的警示數值，訂定出歷史上第一個溫標——**華氏溫標**，單位為 $^{\circ}\text{F}$ ，使溫度測量有了統一的標準。

西元1742年，攝氏（Anders Celsius，1701～1744）以水的結冰與沸騰狀態作為參考，訂出兩個固定點，將兩點中間平均畫分出100個等分的刻度，每1等分為1度，創立了**攝氏溫標**，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。

溫標上刻度所對應的數字大小，即代表溫度高低，如此便可以清楚的表示，並量化出物體冷熱的程度。使用華氏與攝氏這兩種不同的溫標所測得的溫度數值也不一樣，兩者之間可以換算（圖5-3）。

學習Check

- ☐ 我能了解熱脹冷縮的觀念
- ☐ 我能了解常用的溫標之間的關係



▲ 圖5-3 常見的溫度數值

5-2 熱量

科學 tell me why

站在大太陽下會感受到炎熱難耐，而手中的冰棒也很容易就熔化，想想看這是什麼因素造成？



在瓦斯爐上煮開水，能使水的溫度逐漸上升，爐火為一種**熱源**，隨著熱源作用在物體的時間愈久，物體的溫度就會上升得愈高，這是為什麼呢？

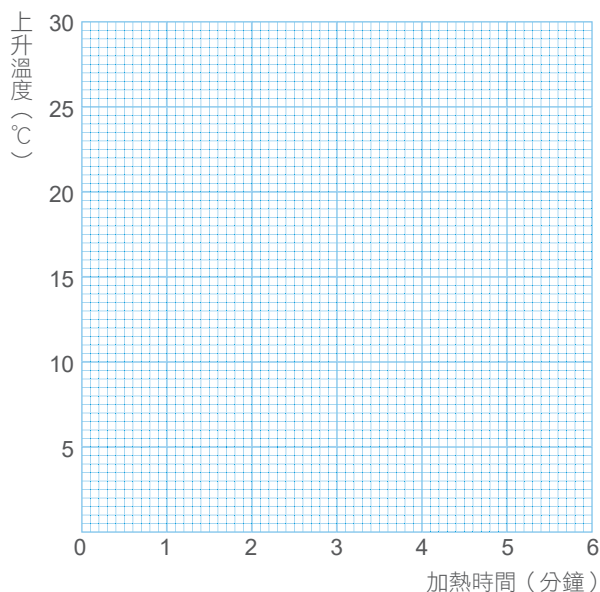
探討活動

5-2 影響水溫上升的因素



1. 將100公克的水倒入250mL的燒杯裡，利用溫度計測得水的初溫 T_0 。
2. 將燒杯置於陶瓷纖維網上加熱，每間隔1分鐘記錄水溫（ T ）一次，連續記錄五次，同時計算出水每分鐘的上升溫度（ $T - T_0$ ），填入表中。
3. 以上升溫度為縱軸，加熱時間為橫軸，將表格中的數據點在方格紙上，並繪製一條與每個數據點間的距離最小且通過原點的斜直線。
4. 另取一個燒杯，加入初溫 T_0 相同的水200公克，並重複步驟 2. 及 3. 。

加熱時間	100 公克		200 公克	
	溫度（ T ）	上升溫度（ $T - T_0$ ）	溫度（ T ）	上升溫度（ $T - T_0$ ）
0分鐘				
1分鐘				
2分鐘				
3分鐘				
4分鐘				
5分鐘				



想一想

加熱100公克和200公克的水，當上升溫度相同時，可以發現什麼關係？

從探討活動5-2的結果圖，我們可以發現加熱時間愈長，溫度上升愈多，且圖形為一條通過原點的斜直線，可以從圖中得知，加熱時間與上升溫度成正比。

- 5 其中我們以水量多寡為操作變因，上升溫度為主要控制變因下，200公克的水要加熱到與100公克的水有相同的上升溫度，所需時間約為兩倍，可知加熱時間與水量成正比。

1 熱量

- 10 水溫的上升是由於熱源提供了**熱量**，會傳入水中，若加熱時間愈久，傳入水中的熱量愈多。對穩定熱源而言，提供的熱量與加熱時間成正比（ $\propto$ ）。若以H代表物體升溫所需的熱量、m代表質量、 ΔT 代表溫度變化，則三者
- 15 關係可表示為：

$$H \propto m \times \Delta T \quad (\text{式5-1})$$

2 熱量的單位

- 科學家將1公克的水，溫度上升1°C所需的熱量，定義為1**卡**（cal），1000卡等於1**千卡**（kcal），千卡又稱為**大卡**，兩者皆為熱量的常用單位。

隨堂筆記

相同水量時

加熱時間 $\propto$ _____



相同上升溫度時

加熱時間 $\propto$ _____



熱量 $\propto$ _____



探究提問

阿翰和琳琳在咖啡店，各點一杯熱美式及冰美式咖啡，若他們在桌上將兩杯熱、冰咖啡放置一段時間後，溫度將會如何變化？請分析熱咖啡、冰咖啡及空氣之間熱量流動的關係。

3 熱量的流動

將一杯熱水和冷水混合，若在混合的過程中，沒有熱量散失，也沒有吸收外界熱量，此時我們就能確定熱水放出的熱量必然全部被冷水吸收，最後使兩者溫度相等。

- 5 熱量除了可藉由熱源提供外，也可利用接觸高溫物體來得到。不同溫度的物體在接觸後，熱量會自高溫處流向低溫處，最後兩物體溫度會相同，且不再改變，即達到**熱平衡**狀態（圖5-4）。

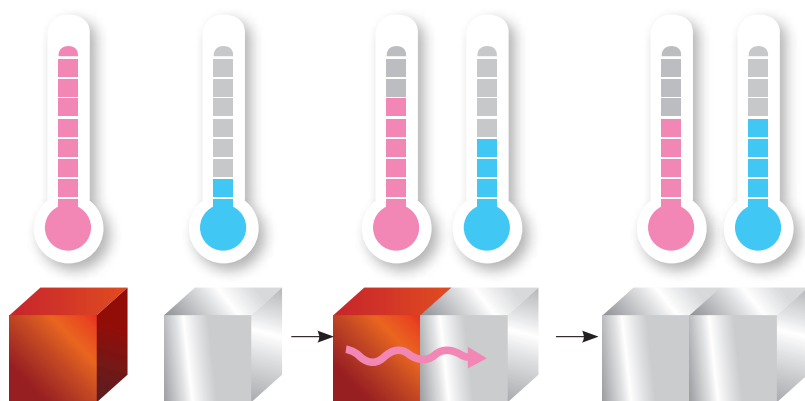
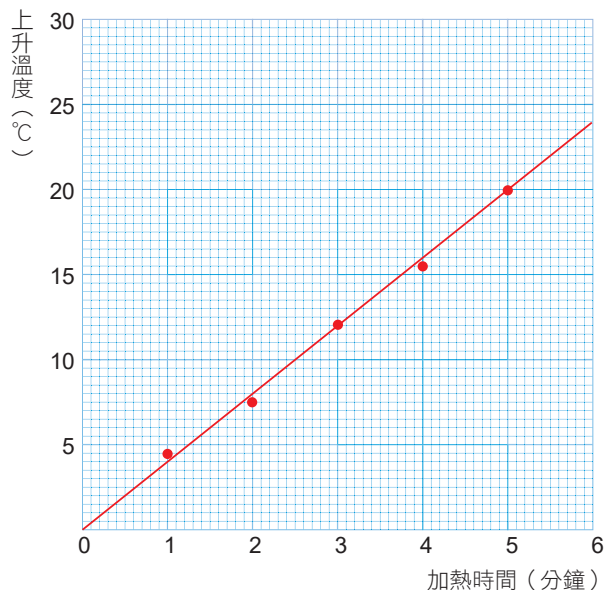


圖5-4 熱平衡狀態示意圖

例題 5-1

右圖為加熱100公克水的上升溫度對加熱時間的關係圖，若以相同條件，分別加熱50公克及200公克的水，請畫出50公克、200公克的關係圖，並說明原因。



5-3 比熱

科學 tell me why

逛夜市時，可以發現糖炒栗子攤位中的大鍋子裡，除了栗子之外，還放了大量的小黑砂，為什麼需要放大量的小黑砂跟栗子一起炒呢？



在烈日曝曬的海邊沙灘上，燙得讓人忍不住踮起腳尖，若快步飛奔到海水中，頓時感覺海水冰涼許多。想想看，在同樣的烈日照射下，沙和水吸收的熱量一樣嗎？兩者的溫度一樣嗎？讓我們藉由以下的實驗，了解是什麼因素，造成上述情形的溫度差異。

實驗 5-1

物體受熱後溫度 上升的比較



目的

加熱相同質量的水和甘油，比較其溫度上升的差異，了解物質種類與溫度變化的關係。

器材

- | | | |
|-------------|-------------|---------|
| ① 甘油50公克 | ④ 鐵架（附鐵環）一組 | ⑦ 溫度計1支 |
| ② 水50公克 | ⑤ 陶瓷纖維網1個 | |
| ③ 100mL燒杯2個 | ⑥ 酒精燈1個 | |

步驟

- 1 將50公克的水倒入100mL的燒杯裡，利用溫度計測量並記錄水的初溫 T_0 。



量測溫度時，溫度計不可碰到杯底。



- 2** 將燒杯置於陶瓷纖維網上加熱，每間隔30秒記錄水溫(T)一次，連續記錄五次。



- 3** 取另一燒杯，加入相同初溫 T_0 的甘油50公克，並重複步驟**2**。



- 4** 將水和甘油每30秒所量測的溫度，及計算各自的上升溫度($T - T_0$)填入表格中。

- 5** 以上升溫度($T - T_0$)為縱軸，加熱時間為橫軸，將水和甘油的上升溫度與加熱時間的關係，分別以不同顏色繪製成兩條直線於同一張方格紙上。

⚠ 甘油與水在方格紙上的數據點及直線以不同的顏色表示。

⚠ 斜直線要通過原點，且讓斜直線和每個數據點間的距離最小。

問題與討論

1. 在此實驗中，控制變因、操作變因及應變變因各為何？

控制變因	操作變因	應變變因

2. 分析方格紙上所描繪的數據，討論在相同加熱時間下，水與甘油的溫度，何者上升較多？
3. 藉由描繪的兩條直線判斷，欲使水與甘油上升到相同溫度時，何者所需加熱時間較少？甘油和水兩者加熱時間的比值為何？

探究提問

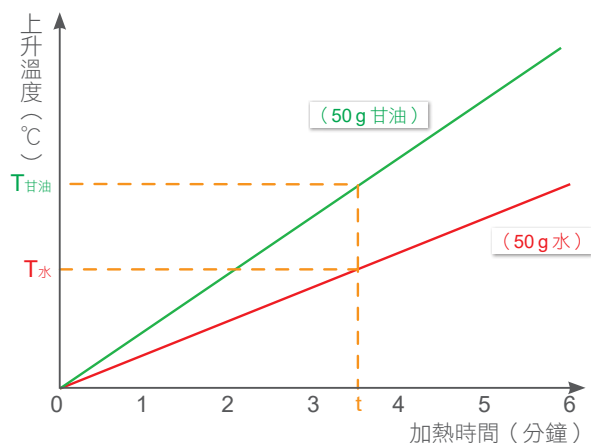
若有50公克的玻璃及鐵塊，皆以相同熱源加熱一樣的時間，請問何者溫度上升較多？

相關實驗重點，請見 P176

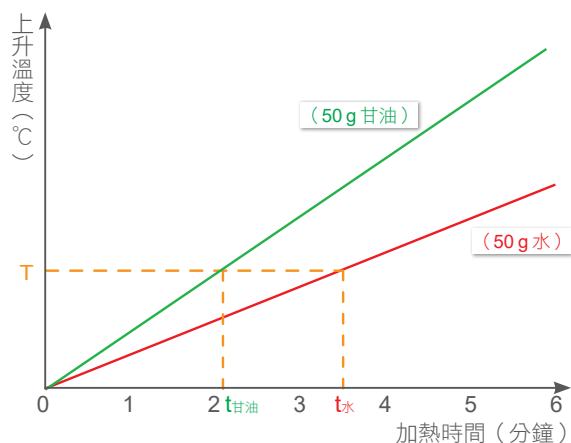


1 比熱

由實驗5-1的結果發現，甘油的溫度上升得比水快（圖5-5），表示甘油的溫度比較容易改變；若要使兩者上升相同的溫度，則甘油所需的加熱時間（即所需的熱量）較少（圖5-6）。



▲ 圖5-5 加熱時間相同，甘油上升的溫度會比水高



▲ 圖5-6 上升相同的溫度，甘油所需的加熱時間較少

- 5 藉此可以推論，在相同的加熱時間下，同質量的不同物質，溫度的變化程度會不同，而用來描述物質溫度改變難易程度的物理量稱為**比熱**，以 S 表示，其定義為：1公克的某物質上升 1°C 要吸收的熱量，常用的單位為卡 / 公克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

- 10 相同質量下，要使比熱愈大的物質改變相同溫度，就要給予更多的熱量。因1公克的水上升 1°C 需1卡，水的比熱就為1卡 / 公克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ，得知水的比熱後，我們便能依據實驗結果，先計算出水每分鐘共吸收多少熱量，藉此推得，1公克甘油上升 1°C 需要0.58卡的熱量，即甘油的比熱為0.58卡 / 公克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

- 15 綜合這些結果，我們可知物體溫度升高所需之熱量，不只與質量大小和溫度上升多少有關，還與物體的比熱有關，因此可以將熱量（ H ）、質量（ m ）、比熱（ S ）和溫度變化（ ΔT ）組成下列的公式：

$$\text{熱量} = \text{物質的質量} \times \text{比熱} \times \text{溫度變化}$$

$$H = m \times S \times \Delta T \quad (\text{式5-2})$$

比熱與密度一樣，皆可代表物質的特性，相同狀態下，同一種純物質會有相同的比熱，常見物質的比熱如表5-1所示。比熱愈小的物質，溫度愈容易升高及下降；反之，比熱愈大，溫度愈難升降。

表5-1 常見物質的比熱

物質	銅	鐵	鋁	冰	酒精	甘油	水
比熱 (卡／公克·℃)	0.093	0.113	0.217	0.55	0.57	0.58	1.0

a 利用冰水冰鎮飲料



b 利用熱水可保溫菜餚



圖5-7 比熱大的水適合用來冷卻及保溫

5 由於水的比熱較其他物質大，溫度不易升降，所以我們常利用水作為冷卻或保溫之用（圖5-7）；在太陽的照射下，沙灘的溫度比海水容易上升，讓人感覺到沙灘較燙；而當夜晚時，沙灘的溫度下降較快，反而讓人感覺海水較溫暖。臨海地區較沙漠地區日夜溫差小，也是因為水
10 的比熱大，可調節氣溫的關係。

隨堂筆記

兩個物體間的質量、比熱、熱量變化和溫度變化均有相關，試完成下面表格空白處（填入大、小）。

熱量變化 H	質量 m	比熱 S	溫度變化 ΔT
相同	大		相同
	相同	大	相同
相同	小	相同	
小	相同	相同	

5-4 熱對物質的影響

科學 tell me why

相同體積的水倒入不同形狀的製冰盒中，結冰後卻無法將兩種不同形狀冰棒裝入彼此的盒子中，請問該如何解釋此現象呢？



1 熱對物質體積的影響

在探討活動5-1自製溫度計時，我們知道大部分的物質具有熱脹冷縮的現象，而物質體積隨溫度改變的情形，以氣體最為明顯、液體次之、固體最不明顯。生活中利用這個特性，可以使凹陷的乒乓球恢復原狀（圖5-8）；鐵軌銜接處的空隙、水泥橋面上設計伸縮縫等（圖5-9），都是熱脹冷縮原理的應用。

大多物質都有此特性，但也有少數例外的情形，如水溫低於 4°C 時，體積反而會隨溫度下降而膨脹（圖5-10）。

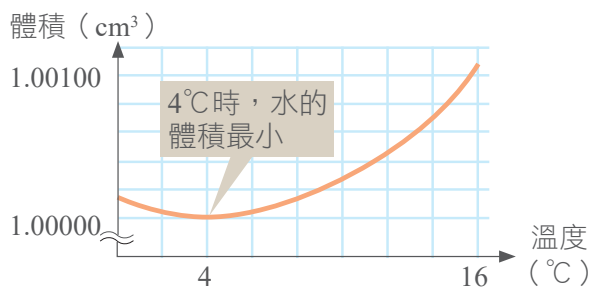


圖5-8 乒乓球內的空氣受熱體積膨脹，可使凹陷處恢復原狀



圖5-9 橋梁的伸縮縫

體積與溫度的變化曲線圖



密度與溫度的變化曲線圖

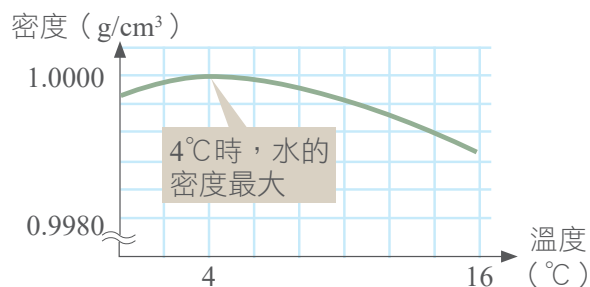


圖5-10 1公克純水在不同溫度下，體積與密度的變化曲線圖

探究提問

想想看，當水的溫度上升時，可以推論水吸收了熱量，相反來說，水吸收了熱量，溫度就一定會上升嗎？

學習Check

- ☐ 我能了解熱對物質體積的影響
- ☐ 我能了解熱對物質狀態的影響

2 熱對物質狀態的影響

在2-1節中，我們介紹過物質的三態變化，此變化與熱量的吸收和釋放有何關係呢？一般來說，物質由固態變成液態（熔化）、液態變成氣態（汽化）時，皆需吸收熱量；相反的，物質由氣態變成液態（凝結）、液態變成固態（凝固）時，則放出熱量。

以水的三態變化為例（圖5-11），冰塊在室溫下會熔化成水，是因為冰塊吸收了熱量，而將水加熱會汽化變為水蒸氣。可以得知，吸、放熱量可以改變物質狀態。

圖5-11 水的加熱時間，溫度與狀態的變化

a 常壓下，加熱低於 0°C 的冰塊時，溫度會開始上升，但物質的狀態不會改變。若持續給予熱量，溫度會繼續上升。

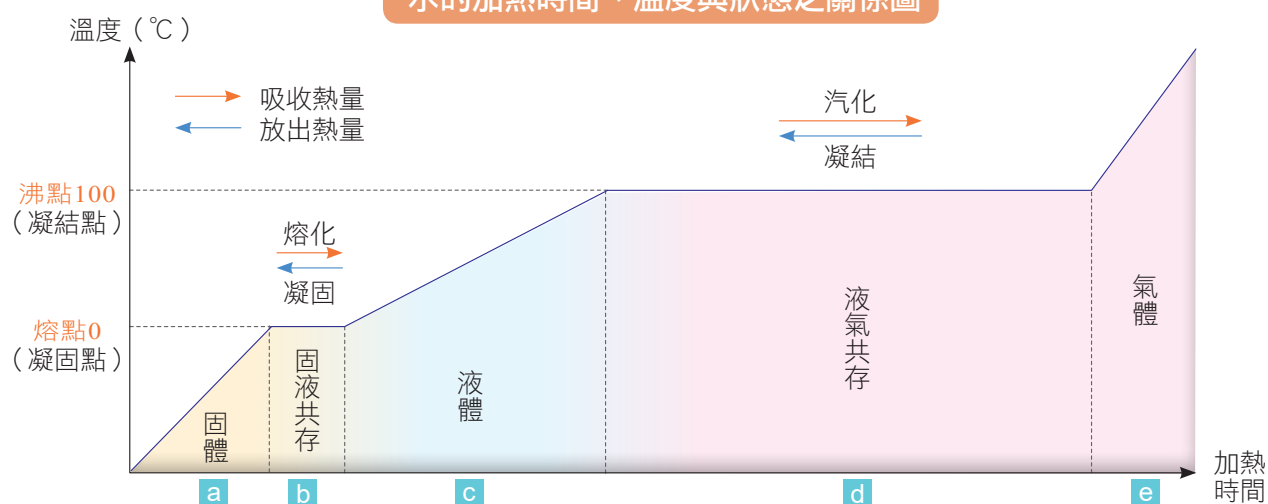
b 當冰塊溫度上升至 0°C 時會開始熔化，過程中持續吸收熱量，但溫度維持不變，此時的溫度稱為**熔點**。



a 水完全結成冰後，若冰塊持續放熱，溫度會繼續下降。

b 水逐漸凝固成冰，過程中持續放出熱量，但溫度維持在 0°C ，此時的溫度稱為**凝固點**，又稱**冰點**。
同一物質的熔點與凝固點相同

水的加熱時間、溫度與狀態之關係圖



c 冰塊完全融化成水後，溫度自熔點開始逐漸上升。

d 當溫度上升至100°C時會開始汽化成水蒸氣，但溫度維持不變，此時的溫度稱為**沸點**。



e 水完全汽化成水蒸氣後，若持續給予熱量，溫度會繼續上升。

e 高於100°C的水蒸氣遇冷時，溫度會開始下降，但狀態保持不變。

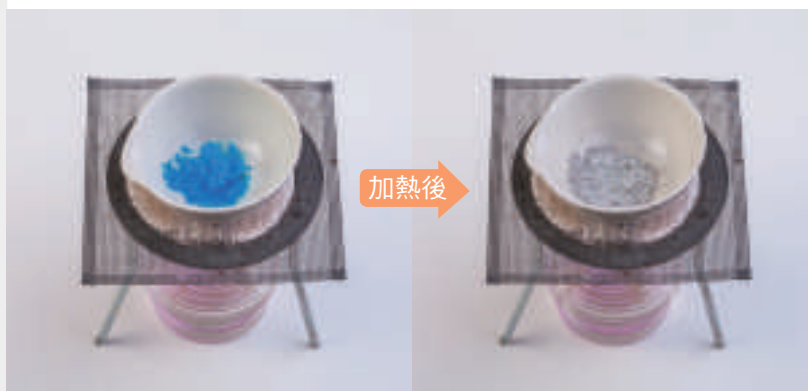
c 水蒸氣完全凝結成水後，溫度自沸點開始逐漸下降。

d 水蒸氣遇冷逐漸凝結成水，過程中持續放出熱量，但溫度維持在100°C，此時的溫度稱為**凝結點**。
同一物質的沸點與凝結點相同

延伸補充

熱與化學變化

含水硫酸銅晶體原為藍色，但加熱後則變成白色的無水硫酸銅粉末，這是因為晶體內的水分子受熱後，逐漸成為水蒸氣而產生的變化，此過程有吸收熱量，稱為吸熱反應。若將無水硫酸銅粉末倒入水中，便會形成硫酸銅溶液，此過程會使水溫上升，稱為放熱反應。



例題 5-2

有關水的三態變化的敘述，下列何者正確？

- (A) 水完全汽化成水蒸氣後，持續加熱溫度不會持續上升
- (B) 水凝固成冰的過程中持續放出熱量，但溫度保持不變
- (C) 水凝固成冰的溫度稱為凝結點
- (D) 當水開始汽化成水蒸氣時，此時的溫度稱為熔點

5-5 熱的傳播方式

科學 tell me why

吃火鍋時，將金屬湯匙放在鍋中一段時間後，想拿湯匙舀湯卻不小心被燙到，這是為什麼？有什麼樣的方式可以避免被燙到呢？



從冰箱裡拿出冰涼的飲料，手會感到冰冷；煮水餃時，可以看到水餃在滾燙的熱水中翻滾；朝會在大太陽下升旗時，會讓大家汗流浹背，這些都是熱量從一處傳至另一處的現象，稱為熱的傳播。接下來，藉由以下的活動，來了解熱的傳播方式。

探討活動



5-3 熱的傳播方式

1. 用薄白布緊包住錢幣，再以點燃的線香放在白布上，觀察白布是否會被點燃？再將線香移開並打開白布，以手觸摸錢幣，請說出你有什麼感覺？



2. 準備兩根相同的試管，均加入七分滿的水，並撒入少量撕碎的色紙。使用規格相同的酒精燈，在同一時間不同位置加熱，觀察水變化的現象。

在試管底部加熱



在試管上方加熱



3. 準備黑色杯子與白色杯子裝同溫、等量的熱水，各放入一根溫度計，經過一段時間後，觀察哪一杯降溫較快？



想一想

若是在步驟 3. 改裝入等量的冰塊，哪一杯的冰塊熔化較快？

由上述活動可發現，利用不同的方式，都可以將熱源的熱傳到另一處，依其傳播的特性，可將熱的傳播方式分為下列三種：

熱傳導

- 將點燃的線香放在緊包錢幣的薄白布上，
- 5 線香無法燒破白布，但觸摸錢幣，卻可感受到溫度很高。這是因為錢幣傳導能力較好，迅速將熱傳遞走，使得溫度不足以燒破白布（圖5-12）。這種透過接觸，將熱在物體間傳遞的方式，稱為**傳導**。
- 10 不同物質有不同的傳導效果，依對熱的傳導能力，可將物質分為熱的良導體與熱的不良導體。絕大部分的金屬都是熱的良導體，其中以銀的傳導性最佳、銅次之。在烤肉時，將肉用金屬棒串起來，就是因為金屬是熱的良導
- 15 體，容易將熱傳到食物的內部，加速食物熟透；而家中鍋子常用金屬材質，但把手會使用塑膠或木頭材質，以避免燙手（圖5-13）；雙層玻璃杯的設計，是利用空氣對熱的傳導效果不佳，而有絕佳的隔熱效果，來防止手被杯內的熱飲燙傷（圖5-14）。
- 20



a 將點燃的線香直接放在白布上，很快就會將白布燒破



b 點燃的線香放在包有錢幣的布上，僅會留下焦黃的痕跡

▲ 圖5-12 傳導能力好的錢幣可以迅速將熱傳遞走



▲ 圖5-13 使用塑膠材質作為把手的鍋具，能避免燙傷



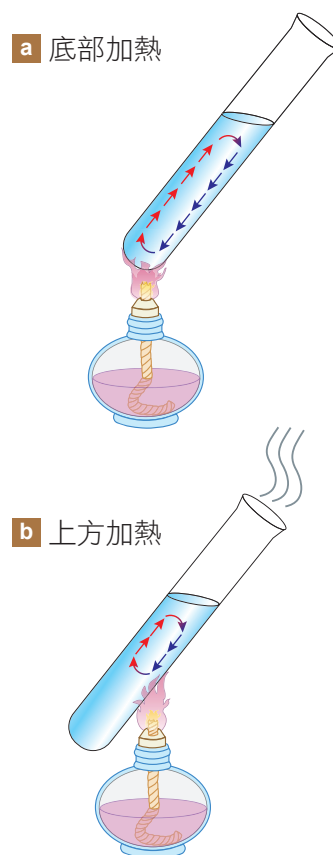
▲ 圖5-14 使用雙層玻璃杯較不易燙手

熱對流

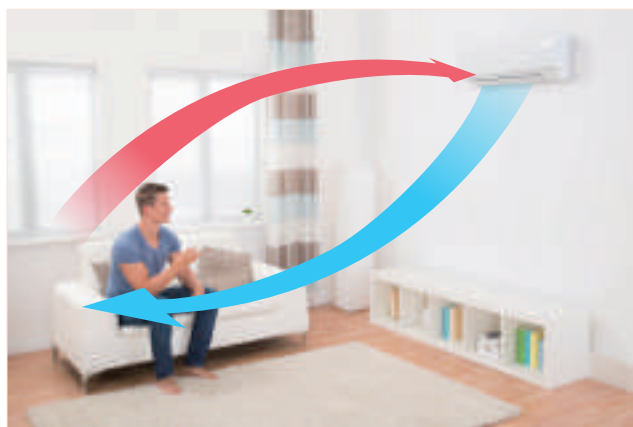
在試管底部加熱時，雖然比較晚看到沸騰的現象，但整根試管內的水幾乎同時沸騰，這是因為下方的水受熱後溫度上升，體積膨脹、密度變小而上浮；上方溫度較低的水，則因密度相對較大而下沉，藉由此相對流動的方式，使得熱可以均勻傳遞到整根試管內（圖 5-15a）。

當在試管上方加熱時，會比較快看到沸騰的現象，但摸試管底部，卻不太能感受到溫度有上升，這是因為上方受到加熱的水量較少，水溫上升迅速，很快速就達到沸騰，但因為熱水不容易將熱量傳送到底端。所以，即使上方水沸騰時，底部水溫仍變化不大（圖 5-15b）。

這種在液體或氣體內，經由物質的流動來傳送熱的方式，稱為**對流**。例如：冷氣機會裝設在高處（圖 5-16），而電暖器會裝在接近地面（圖 5-17），有助於冷空氣下降，熱空氣上升，促成室內形成熱對流；在燒開水時，加熱壺的底部，就能使整壺水沸騰。



▲ 圖5-15 不同加熱位置所形成的熱對流現象



▲ 圖5-16 將冷氣機安裝於室內高處，可使冷氣因熱對流下降，均勻散布在室內



▲ 圖5-17 將暖氣機安裝於室內低處，可使暖氣因熱對流上升，均勻散布在室內

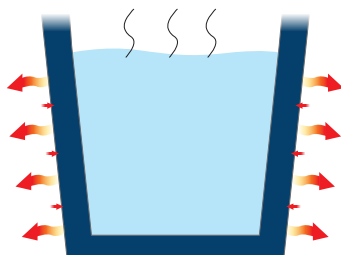


熱輻射

在大晴天舉行朝會時，同學們都可以感受到太陽的熱力，傳到人的身體，這種不需經由介質，即可將熱直接傳送到四周的方式，稱為**輻射**，而且物體表面會不斷的輻射出熱能，同時也吸收周遭的熱能。

- 5 在探討活動5-3中，兩個顏色不同的杯子，裝相同溫度的熱水時，可以看到黑色杯子內的溫度計讀數下降較快，表示深色的物體在高溫時，較易放出輻射熱，使溫度下降較快（圖5-18a）。如果兩個杯子都放入等量冰塊，同樣可以發現黑色杯子內裝的冰塊較快熔化，表示深色的物體在低溫時，容易吸收輻射熱，而加速冰塊熔化（圖5-18b）。

a 裝熱水的杯子放出熱輻射



b 裝冰水的杯子吸收熱輻射

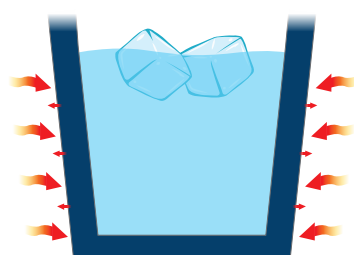


圖5-18 不同溫度下水杯吸收、放出熱輻射示意圖

- 10 生活中可以看到熱輻射的應用，例如：太陽能板常以深色為主，來增加輻射熱的吸收（圖5-19），儲油槽和油罐車表面會漆成淺色，避免因吸收輻射熱而使溫度過高（圖5-20）。



圖5-19 太陽能板以深色為主



圖5-20 儲油槽和油罐車，大多為淺色

例題 5-3

下列為常見的現象，請於前方空格中填寫為何種熱的傳播方式。

(A)熱傳導

(B)熱對流

(C)熱輻射

- () 在嚴寒冬天夜裡，穿著淺色的衣服。
- () 夏天坐在鐵製椅子上，臀部感受到熱。
- () 窯烤地瓜時，將熱燙的灰燼包裹住地瓜以傳遞熱量。
- () 火災現場容易產生風。
- () 太陽傳熱至地球。



理化 In my life



❶ 想想看，為什麼棉被愈蓬鬆，保暖效果愈好？

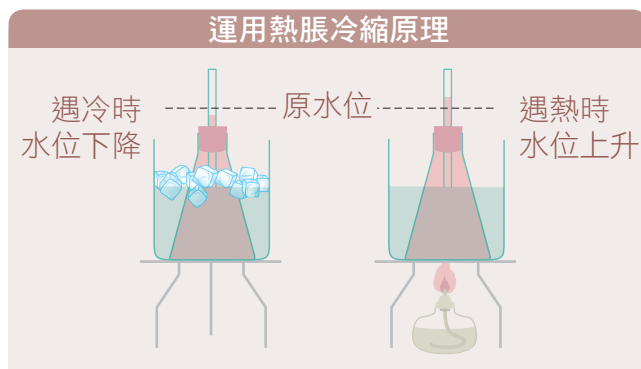
❷ 冬天時從衣櫃中拿出被壓扁的羽絨衣，應該要進行什麼步驟，才能讓羽絨衣的保暖效果較好？

溫度 (T)

| 溫度 | 描述物體冷熱程度的物理量

| 溫度計 | 可得知溫度變化

| 溫標 | 攝氏與華氏



溫標	可換算	
	攝氏 °C	華氏 °F
水的狀態		
結冰時	0	32
沸騰時	100	212

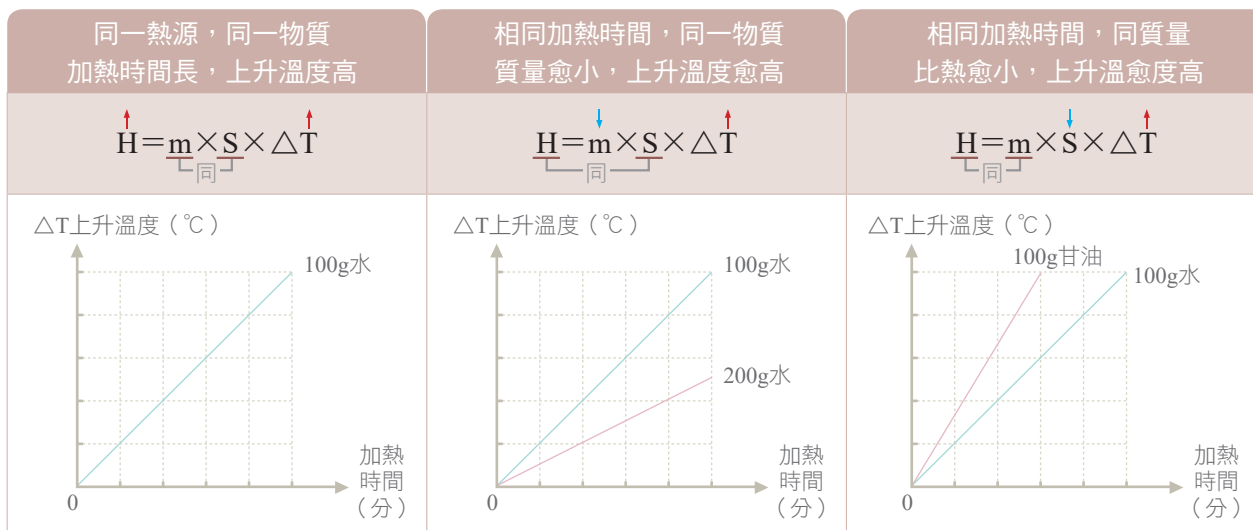
熱量 (H)

| 熱量單位 | 1卡 (cal) : 1公克的水，溫度上升1°C所需的熱量

| 比熱 (S) | 描述物質溫度改變難易程度的物理量，比熱愈小，溫度易升降；比熱愈大，溫度難升降

| 熱量 (H) 與質量 (m)、加熱時間 (正比於溫度變化 ΔT)、比熱 (S) 有關 |

$$H = m \times S \times \Delta T$$



| 熱平衡 | 熱量由高溫流到低溫處，最後兩物體溫度相同

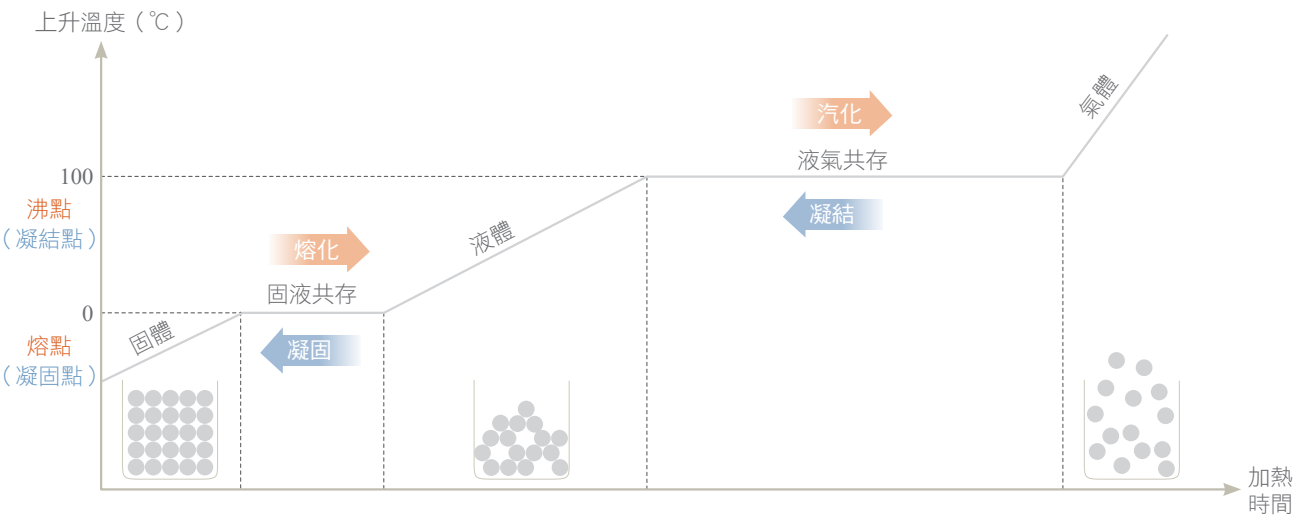
熱對物質的影響

| 熱對物質體積的影響 |

多數物質熱脹冷縮，體積隨溫度改變程度：氣體 > 液體 > 固體

應用：凹陷乒乓球泡熱水恢復原狀、橋面預留伸縮縫

| 熱對物質狀態的影響 |



熱的傳播

方式	熱傳導	熱對流	熱輻射
定義	透過接觸，將熱在物體間傳遞	在液體或氣體內，物質經流動傳送熱	不需介質傳播熱的方式
說明	- 良導體：多數金屬 - 不良導體：非金屬固體、大部分液體與氣體	- 高溫處：體積膨脹、密度變小→上浮 - 低溫處：密度較大→下沉	- 深色物體：吸收、釋放能量快 - 淺色物體：吸收、釋放能量慢
應用	- 鍋具為金屬材質 - 把手為塑膠材質	- 低處放暖氣機 - 高處放冷氣機	- 深色太陽能板 - 淺色油罐車

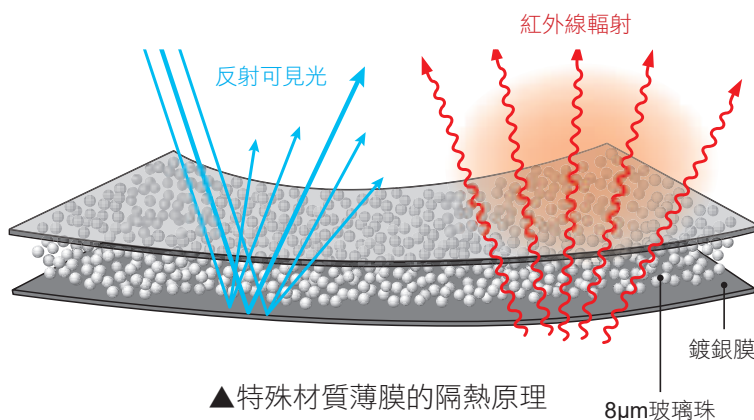
常溫結冰可能嗎？

我們知道熱的傳播會由溫度高往溫度低的方向傳遞，而傳播方式有傳導、對流、輻射。傳導與對流需要透過介質，因此若想在常溫（ 25°C ）、無隔絕的情況下讓水自然結冰是無法達成的；而輻射不需透過介質且不受環境溫度限制，所以科學家嘗試從輻射的方式讓物體溫度大幅下降，甚至讓水在常溫常壓下結冰。

物體溫度只要高於絕對零度（ -273°C ）就會輻射放熱，因輻射放熱而使物體本身降溫的現象稱為輻射冷卻；然而，物體也會從環境中吸收輻射熱而達到熱平衡，且物體吸熱與放熱的能力相當，即愈會放熱的物體也愈會吸熱，反之亦然。例如：黑色的物體容易放熱、吸熱，而白色物體則相反。物體主要是透過紅外線形式放熱，也正是大氣層吸熱的波長範圍。由於宇宙溫度大約為 -270°C ，若能將物體放出的熱直接送到宇宙中，並讓物體盡可能減少熱的吸收，勢必能讓物體的溫度下降更多。

科學家發現大氣層不會吸收某些輻射，這些輻射可在宇宙及地表之間自由進出，如同大氣層對這些輻射開了一扇窗，不會被大氣層阻擋，因此也可稱這些波長區段為「大氣窗區」。

藉由這個特性，西元2014年史丹佛大學電機工程教授范善輝團隊使用半導體製程的鍍膜技術，研發出一種幾乎可以反射所有可見光的薄膜，且讓紅外線在薄膜內來回跳動，以輻射出更多紅外線，可使鍍膜物體的表面溫度下降多達 5°C ，但因製作成本太高而無法大規模量產。在這之後，科羅拉多大學的材料學家尹曉波團隊則採用一種可量產的透明塑料，在其中加入 $8\mu\text{m}$ 大小的玻璃珠，以大幅增加位於大氣窗區的紅外線輻射量，再壓製成微米級厚度的薄膜，並在其一側鍍銀反射所有的可見光，使得包覆這種塑膠薄膜的物體即使在大太陽底下，也不會吸收太多熱。同時將物體內部的熱，透過這個薄膜持續散熱出去，能使物體降溫的理論值達 40°C 以上，也就是說，在常溫下的水可降到 -15°C ，足以讓水結冰。這種塑料薄膜最大的優勢，是不用耗電或水等其他能源便可持續發揮功用，未來在建築、航空、航太等領域更有應用空間。



請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 下列對熱的傳播何者敘述錯誤？
- (A) 熱傳播有傳導、對流、輻射，其中以接觸式的熱交換只有傳導與對流
 - (B) 熱輻射是透過紅外線進行熱交換，所以不需要介質就可以進行熱傳播
 - (C) 無論是高溫或低溫的物品，都會釋放熱量，但溫度較室溫愈低的物品，放熱效率愈佳
 - (D) 不同物品有不同的吸、放熱效率，但吸熱和放熱效率總是相等。例如：黑色容易吸熱也容易放熱，白色則完全相反。
- () 2. 科學家透過奈米科技製作了一種降溫材料，這種降溫材料是運用什麼原理，讓在平均氣溫為二十幾度的地區，能在常溫的環境中降溫至零下，讓水自然結成冰？
- (A) 降溫材料可以使冷熱空氣分離，透過冷空氣使水結冰
 - (B) 降溫材料可以使容器的熱傳導能力增加，將熱導出容器
 - (C) 降溫材料可以有效反射太陽光，並可以輻射出大量的熱以此降溫
 - (D) 降溫材料可以有效吸收熱，以此達到溫度降低的功用
- () 3. 炎炎夏日大家分享了，自己在戶外與室內的穿搭祕訣及心得，若在只考慮熱輻射的情況下，請問誰的搭配分析最合理？
- (A) 鈞鈞：因為黑色會吸熱，所以白天在戶外穿能把身體的熱帶走
 - (B) 阿星：因為白色不容易吸熱，所以白天在戶外穿比較不容易吸收太多陽光
 - (C) 小韜：室內因為沒有陽光，所以要搭配深色衣服加速散熱
 - (D) 阿澤：室內要穿著淺色衣服，避免吸收日光燈的光

6 物質的基本結構

6-1 元素與化合物

6-2 生活中常見的元素

6-3 物質結構與原子

6-4 週期表

6-5 分子與化學式

世上有非常多種元素，進行排序是為大家能夠有系統的了解這些元素。早期的科學家們，會以自己的觀點來排序，因此創造許多不同的元素週期表。

探究提問 下面卡牌答案均為一個元素，試著解謎並放入上方空白處，並簡述你擺放的依據為何？

H 氫				
Li 鋰	Be 鈹			
Na 鈉				
		Sc 釷	Ti 鈦	V 鈮
Rb 鉀	Sr 銣	Y 釷	Zr 鈷	Nb 鉭
Cs 銫	Ba 鋇		Hf 鈷	Ta 鉭
Fr 銫	Ra 鐳		Rf 鐳	Db 鉭



Cr 鉻	Mn 錳	Fe 鐵	Co 鈷	Ni 鎳	Cu 銅	Zn 鋅	Ga 鎵	Ge 鍮	As 砷	Se 硒	Br 溴	Kr 氪
Mo 鉬	Tc 鎝	Ru 鈷	Rh 銠	Pd 鈀	Ag 銀	Cd 鎘	In 銦	Sn 錫	Sb 銻	Te 碲		Xe 氙
W 鎢	Re 鐳	Os 鋨	Ir 銥	Pt 鉑	Au 金	Hg 汞	Tl 鉈	Pb 鉛	Bi 鉍	Po 鉈	At 砒	Rn 氡
Sg 𨧀	Bh 鰐	Hs 𨨐	Mt 𨨑	Ds 𨨒	Rg 𨨓	Cn 鰐	Nh 鰐	Fl 鈇	Mc 𨭆	Lv 𨨔	Ts 𨨕	Og 𨨖



6-1 元素與化合物

科學 tell me why

磚瓦房是由磚塊組成的，人體是由細胞所組成的。想想看，日常生活中喝的水是由什麼組合而成的呢？



▲ 圖6-1 拉瓦節分解水的實驗

1 純物質的分類

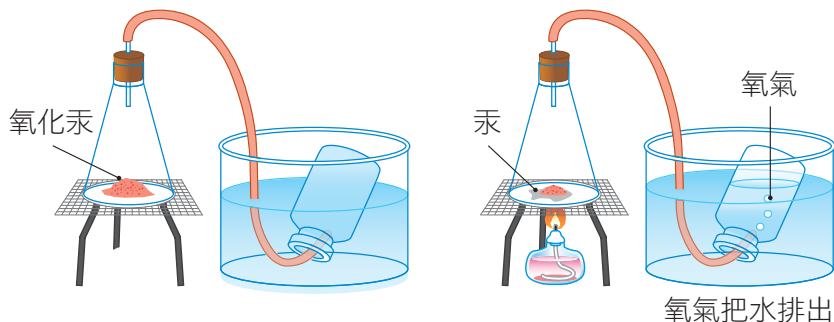
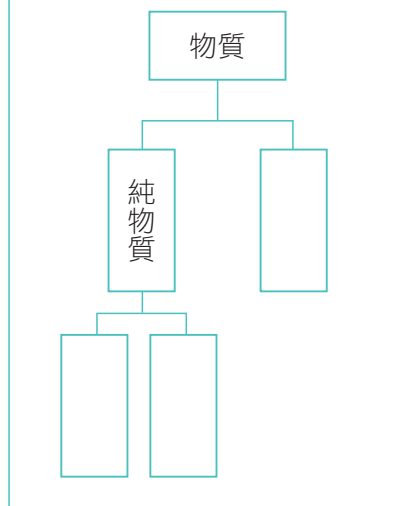
第二章曾經提到物質依組成可以分成純物質與混合物，但像食鹽和水這些純物質，是否還可以再分離出其他物質呢？

拉瓦節（Lavoisier，1743～1794）整合並重現了其他科學家的實驗，發現水可以分解成氫氣與氧氣（圖6-1）。卜利士力（Priestley，1733～1804）利用凸透鏡會聚陽光，照射在氧化汞上，發現氧化汞加熱後會分解出氧氣與汞。這表示有些純物質能經由通電、加熱或照光等方法，進一步分解出更簡單的物質（圖6-2）。

無法再用化學方法分解的純物質，稱為**元素**，例如：氫氣與氧氣。由兩種或兩種以上元素，以一定比例組合的純物質，稱為**化合物**，例如：水、氧化汞。

隨堂筆記

試整理物質的分類。



▲ 圖6-2 氧化汞粉末加熱後會分解出氧氣

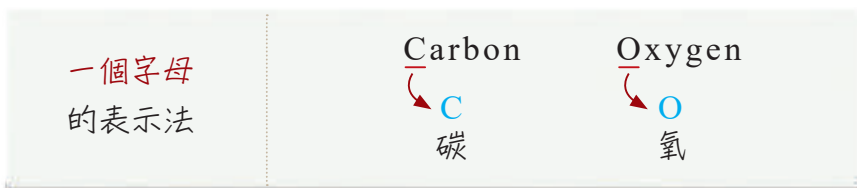
化合物的性質和其組成元素性質不同，例如：氯化鈉是由鈉元素以及氯元素組成的化合物，但是三者性質都不相同（圖6-3）。



▲ 圖6-3 鈉、氯和氯化鈉三者性質差異大

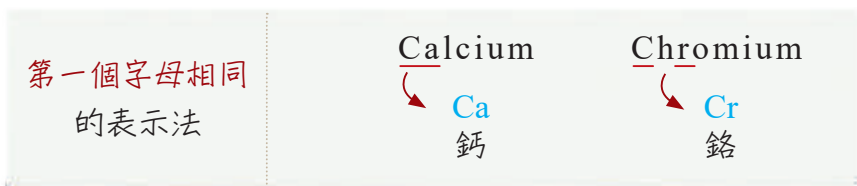
2 元素符號及名稱

- 5 為了方便表達各種元素，科學家設計了元素符號，用來辨認這些元素（圖6-4）。現今所使用的元素符號是根據該元素的拉丁文、希臘文或英文，其名稱的第一個字母，以大寫表示，如碳的元素符號為C、氧的元素符號為O。



▲ 圖6-4 早期煉金術士為了避免祕方外流，創造了各種符號來代表物質，後來才發展成現在的元素符號

- 10 如果兩種元素符號第一個大寫字母相同時，會在大寫字母後面附加一小寫字母，以示區別。例如：鈣的元素符號為Ca、鉻的元素符號為Cr。



元素的中文名稱命名方式，採用一個字代表一種元素，並配合元素在常溫常壓下的狀態，使用不同的部首表示。固態以「金」字、「石」字旁表示；液態以「水」、「氵」字旁表示；氣態以「气」字頭表示（表6-1）。

■表6-1 常見元素的中文名稱及元素符號

	非金屬		金屬			
	中文名稱	元素符號	中文名稱	元素符號	中文名稱	元素符號
固態	碳	C	鈉	Na	錫	Sn
	矽	Si	鎂	Mg	銅	Cu
	磷	P	鋁	Al	銀	Ag
	硫	S	鐵	Fe	金	Au
液態	溴	Br	汞	Hg		
氣態	氫	H				
	氦	He				
	氮	N				
	氧	O				
	氯	Cl				

例題 6-1

自然界中含有氧氣、氧化汞、氯化鈉、二氧化碳和碳酸鈣，物質的分類有若干種不同的分法，回答下列問題：

(1)若要將這五種物質歸屬於同一類，則應屬於下列何者？

- (A)混合物 (B)元素 (C)化合物 (D)純物質

(2)若要將氧氣與其他四者歸屬於不同類，則應用下列哪種分法？

- (A)元素、化合物
(B)純物質、混合物
(C)氣態、固態
(D)元素、混合物

6-2 生活中常見的元素

科學 tell me why

琳琳慢跑後，去便利商店買運動飲料，看著飲料標示的成分，哪些是曾學過的元素符號呢？



目前科學家已經發現超過一百多種元素，有些元素堅硬且具有光澤，有些元素則易碎不具有光澤，讓我們透過下列實驗來了解元素的性質吧。

實驗 6-1

元素的性質與分類

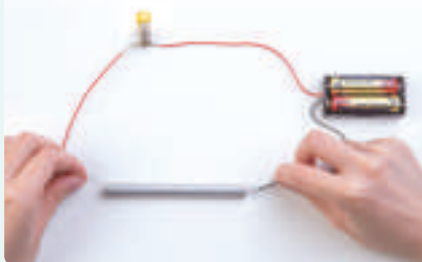


目的 了解元素的性質，歸納其通性並加以分類。

器材

- ① 1.5V電池2個
- ② 導線3條
- ③ 燈泡1個
- ④ 砂紙5張
- ⑤ 鐵鎚1支
- ⑥ 待測物1組（含鋁棒1支、鐵棒1支、銅棒1支、石墨棒1支、硫塊1個）

- 1** 將五種待測物連接導線、電池及燈泡，測試其導電情形。



- 2** 以砂紙磨擦待測物表面，觀察表面光澤與顏色的變化。



- 3** 用鐵鎚敲擊待測物，觀察敲打後的變化。



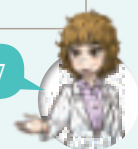
問題與討論

1. 元素可以分類為金屬與非金屬元素，根據上述各步驟的測試和觀察，這五種元素哪些為金屬？哪些為非金屬？
2. 鋁、鐵和銅具有哪些共通的性質？
3. 石墨和硫具有哪些共通的性質？

探究提問

除了上述方法，你還能想到用什麼方法測試並分類呢？

相關實驗重點，請見 P177



依據實驗結果和元素的通性，可將元素分為**金屬**與**非金屬**兩類。

金屬元素的通性

外觀

狀態：常溫常壓下，多數金屬元素為固態。

顏色：常為銀白色（圖6-5a）或銀灰色，
僅有少部分例外，例如：金為黃色
固體（圖6-5b）。

光澤：大部分具有金屬光澤（圖6-5c）。



▲ 圖6-5 金屬的外觀

特性

延展性：不易破碎，富有延展性，可拉
成細線或打成薄片（圖6-6a）。

導 體：電與熱的良導體，常用於製作
導電（圖6-6b）或烹飪器具。



▲ 圖6-6 金屬的特性

非金屬元素的通性

外觀

狀態：常溫常壓下，無固定狀態。

顏色：沒有固定的顏色，例如：碳為黑色，溴為暗紅色，氯為黃綠色（圖 6-7）。

光澤：沒有金屬光澤。



▲ 圖6-7 非金屬的外觀

特性

延展性：大多不具有延展性，敲擊後容易碎裂（圖 6-8a）。

導體：大多為電與熱的不良導體，但石墨是可以導電的非金屬（圖 6-8b）。



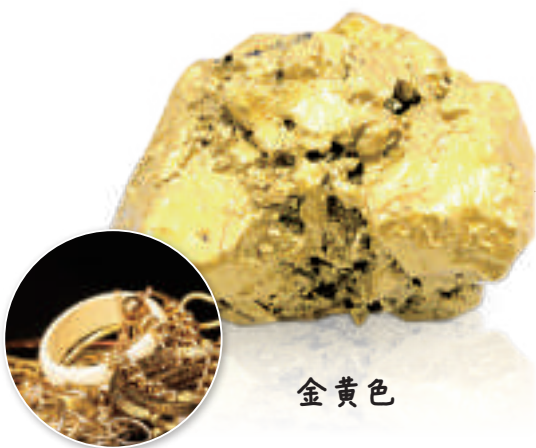
▲ 圖6-8 非金屬的特性

隨堂筆記

試比較金屬與非金屬的差異。

	熔點、沸點	金屬光澤	延展性	導電性
金屬	高			
非金屬	低			

常見的金屬元素



金黃色

金 Au

延展性NO.1

常溫常壓狀態：固態

導電性：好

性質非常安定，不容易與其他物質反應。常製成金飾品或用於電子儀器电路板的接線。



銀白色

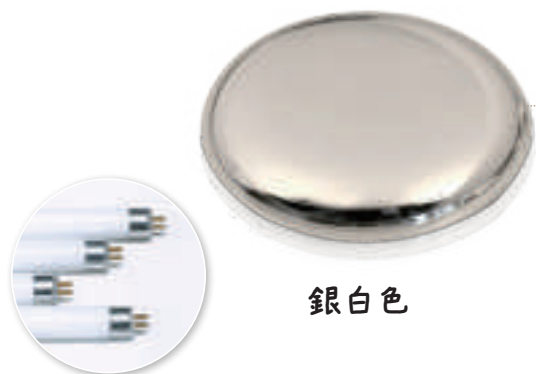
銀 Ag

導電性NO.1

常溫常壓狀態：固態

導電性：極好

常用於製造貨幣、餐具及精密儀器，且廣泛應用於電子業的導電元件。銀的化合物用途極廣，例如：製作變色的太陽眼鏡與牙齒的填充劑。



銀白色

汞 Hg

唯一液態金屬

常溫常壓狀態：液態

導電性：中等

俗稱水銀，可導電、密度大。由於具有毒性，因此含汞物質必須回收，不可隨意丟棄，例如：日光燈管。

鋁 Al

地殼中金屬元素含量NO.1

常溫常壓狀態：固態 導電性：中等
相較其他金屬，鋁質輕且軟，容易與氧反應，在表面形成緻密的氧化鋁以保護內層，例如：鋁門窗與鋁罐。鋁合金的密度小且質地堅硬，為製造飛機的主要材料；鋁鎂合金亦可作為筆記型電腦的外殼。



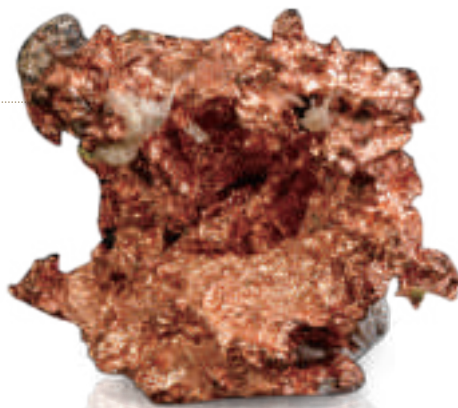
銀白色



銅 Cu

導電性NO.2

常溫常壓狀態：固態 導電性：好
有良好的延展性，常用於製造電線。青銅器主要是銅和錫的合金，常用來製作廟裡的香爐；黃銅則主要是銅與鋅的合金，可用來製作樂器和水龍頭。



紅色



鈦 Ti

抗腐蝕性佳

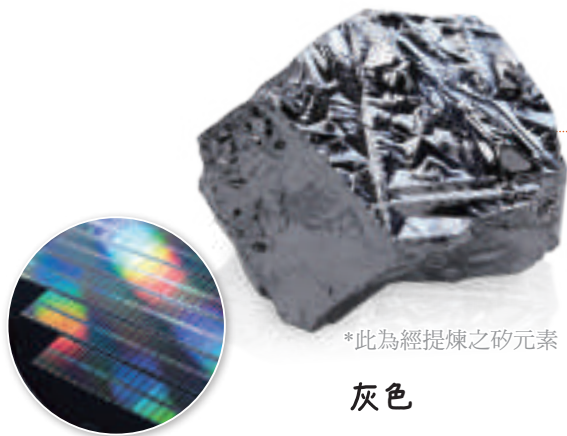
常溫常壓狀態：固態 導電性：差
密度小、硬度高，有很好的延展性、耐熱性和抗腐蝕性，但導電性差。廣泛運用於高爾夫球桿、人工關節及火箭。鈦的氧化物為二氧化鈦，是一種白色顏料，俗稱鈦白（粉），是修正帶的主要成分，也可用於防晒化妝品。奈米級二氧化鈦可製成光觸媒，具有除汙、殺菌、消毒或使物體表面清潔的功能。



銀灰色



常見的非金屬元素



*此為經提煉之矽元素

灰色

矽 Si

地殼中元素含量僅次於氧

常溫常壓狀態：固態

自然界中是以化合物的形式存在，導電性介於金屬與非金屬之間，可用於製造矽晶圓，應用於半導體工業。

矽晶圓

半導體最重要的材料，多數的3C產品都需要使用，一片矽晶圓可製造出數百顆積體電路（簡稱IC）。

碳 C

化合物的種類No.1

常溫常壓狀態：固態

自然界中煤炭、石墨和鑽石都是由碳所組成的。

煤炭

煤炭為含有許多雜質的塊狀物或粉末，常作為燃料。經過處理後可以得到具有脫色、脫臭功能的活性炭。



黑色固體-質脆易碎

石墨

石墨為鉛筆芯的主要材料，具有導電性，可作為電極材料。



黑色固體

鑽石

鑽石硬度高，可用來切割物質與製成飾品。



無色透明

石墨烯

石墨烯為單原子厚度的薄膜，是世上最薄、最堅硬的奈米材料，其導熱、導電性佳，可作為電子電極材料。



透明度高

硫 s

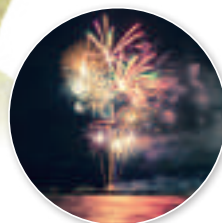
人體內的重要組成元素之一

常溫常壓狀態：固態

又稱硫磺，常見於火山噴氣口與溫泉區，可以製作硫酸與製作用於煙火的黑火藥。



淡黃色、易碎



理化 In my life



- ① 有些溫泉不會使銀飾變色，試推論其原因為何？
- ② 除了銀飾外，生活中還有什麼飾品容易變黑？變黑的原因都相同嗎？

6-3 物質結構與原子

科學 tell me why

阿翰用尺將不要的粉筆頭切斷，取其一半再切兩半……一直重複，到底能將粉筆對切到多小？粉筆到最後會變成如何？



原子的發展

400 B.C. 德謨克利特



我認為原子不可分割，「原子論」是我的信仰。

西元1661 波以耳



物質都是由粒子所組成的。

西元1803 道耳頓

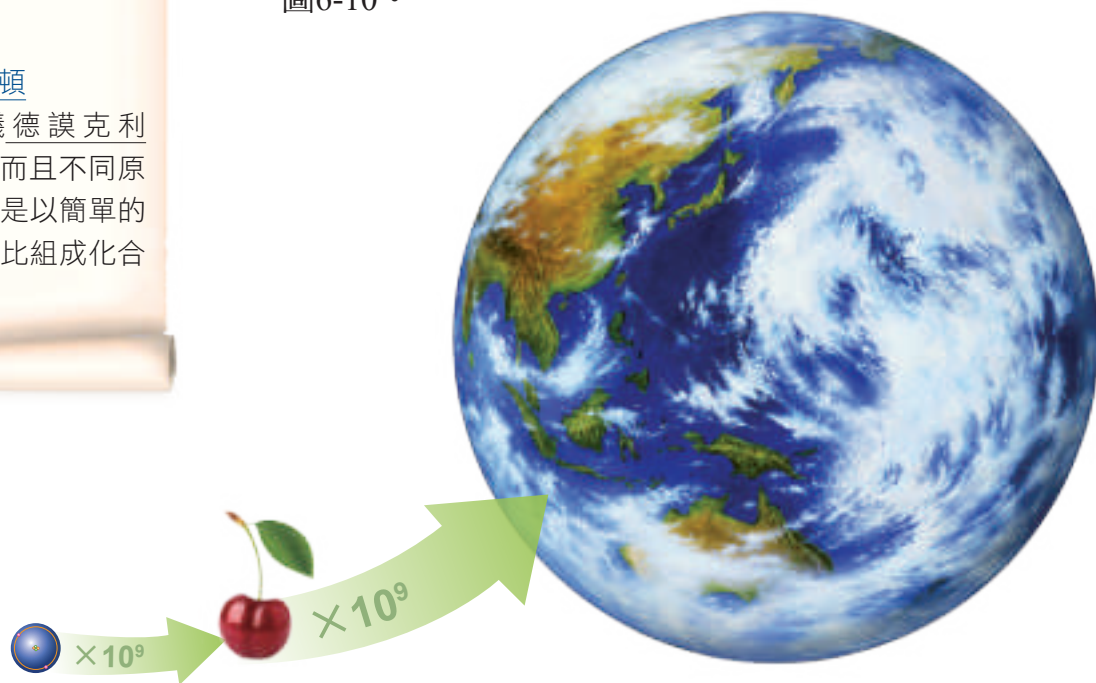


附議德謨克利特，而且不同原子都是以簡單的整數比組成化合物。

1 原子說

自古以來，人們一直對於物質究竟是由什麼構成的感到好奇。西元前400年，希臘哲人德謨克利特（Democritus，西元前460～370）認為，物質經過不斷分割之後，最終是由一種不能再分割的極小粒子所組成，稱為原子（圖6-9），但這想法僅止於推論，一直未經科學證明。

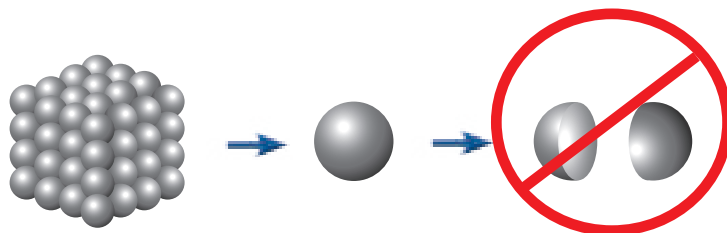
西元1803年，英國科學家道耳頓（Dalton，1766～1844）根據一些實驗結果提出了原子說，其主要內容如圖6-10。



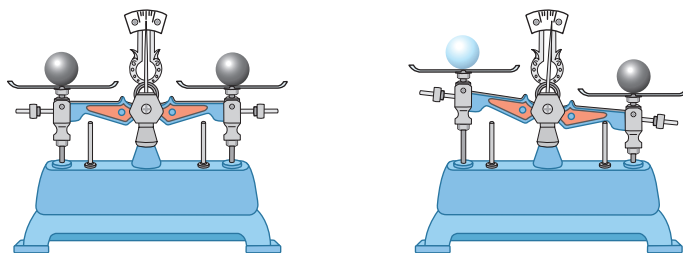
▲ 圖6-9 原子極小，櫻桃中一個原子與櫻桃的直徑比，約等於一顆櫻桃與地球的直徑比（示意圖未依照實際大小比例繪製）

原子說

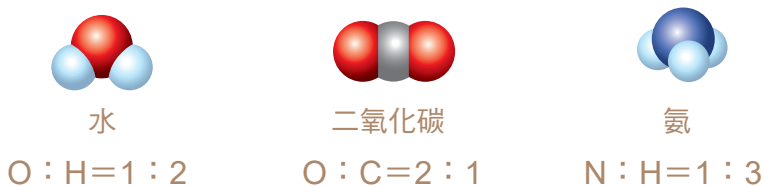
1 所有物質皆由不可被分割的原子所組成



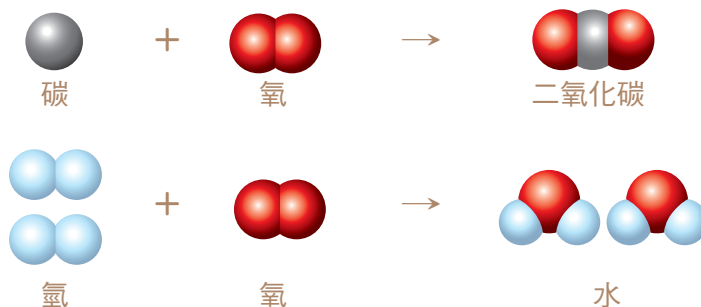
2 相同元素的原子具有相同的質量與性質，不同元素的原子具有不同的質量與性質



3 不同元素的原子以簡單整數比例結合成化合物



4 化學反應只是原子間重新排列，形成新物質，反應中原子不會消失、創造或改變，即原子的種類及數目均不改變



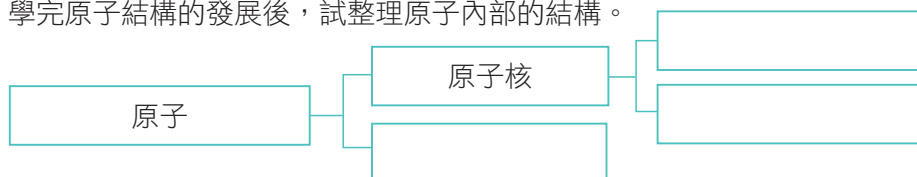
▲ 圖6-10 道耳頓的原子說 (●=C, ●=O, ●=H, ●=N)

原子結構的發展

隨著儀器的進步，科學家發現原子的內部確實有更微小的粒子。

隨堂筆記

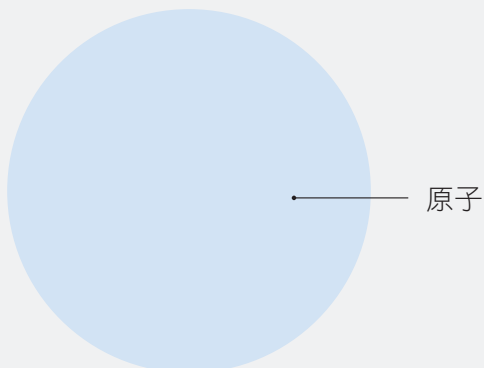
學完原子結構的發展後，試整理原子內部的結構。



物質皆由原子組成，
且原子不可分割。

道耳頓 1803
提出原子說

西元1803年，道耳頓提出原子說，認為不同元素的重量以及性質皆不同，且原子是無法分割的。



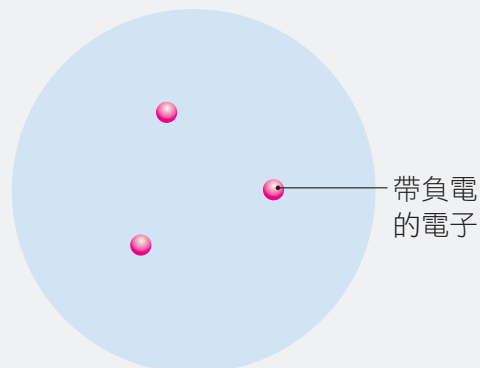
(以鋰為例，未依實際比例繪製)



我發現裡頭有不一樣的東西！
電子像是葡萄乾布丁裡，散布的葡萄乾一樣存在著。

湯姆森 1897
發現電子

從實驗中，發現原子中含有一質量非常小、帶負電且分布均勻的粒子，稱為**電子**，推翻原子不可被分割的觀點。



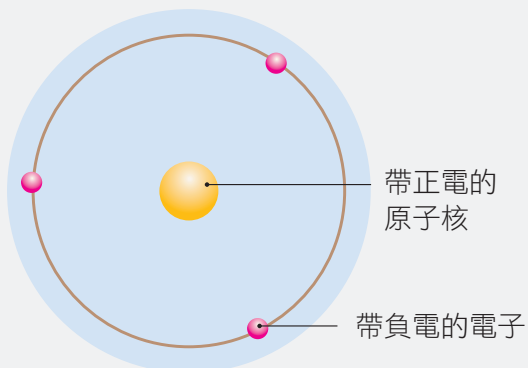


試著用正電粒子撞擊金箔，以為粒子會全部通過，沒想到有些竟然反彈了！我認為裡面有個質量相當大的小東西，打算稱為原子核。

拉塞福 1911

發現原子核

使用帶正電的粒子撞擊很薄的金箔，發現原子內部大部分是空的，而原子質量幾乎集中在中心上，此中心稱為**原子核**。帶負電的電子受帶正電、體積小的原子核吸引，環繞著原子核周圍運轉，電子運轉的範圍視為原子的大小。後來又發現原子核中存在帶有正電的**質子**，一個質子的帶電量與一個電子帶電量相等，兩者個數相等，電性相反，使原子保持**電中性**。



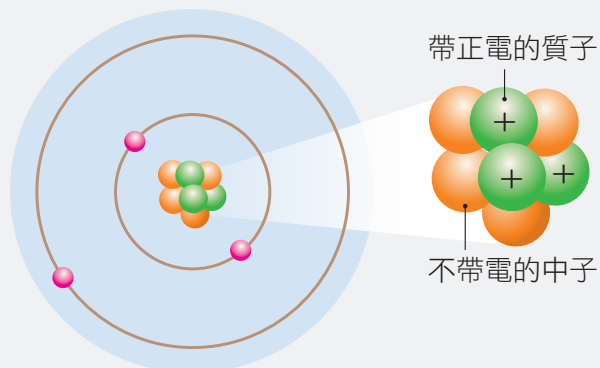
參考各位前輩以及拉塞福老師的研究結果，我發現原子裡頭還有一種不帶電粒子，稱為中子。

查兌克 1932

發現中子

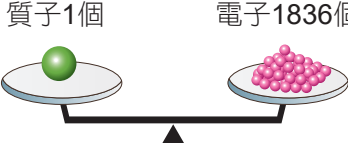
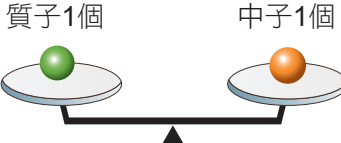
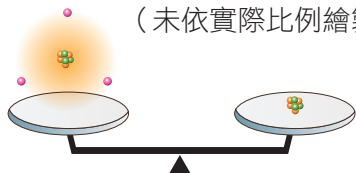
從實驗中發現原子核中有一種質量與質子相近，且不帶電的粒子，稱為**中子**。

由上述所知，原子由電子、質子、中子三種主要粒子所構成。帶負電的電子，繞著原子核轉，原子核是由帶正電的質子和不帶電的中子組成，原子核非常微小，如果把原子當作是棒球場，則原子核相當於場中央的一顆鋼珠。

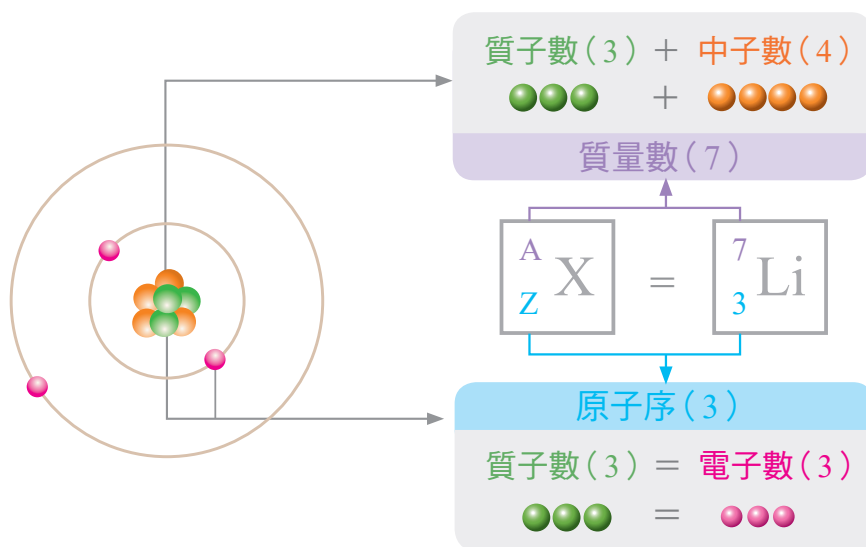


3 質量數與原子序

同一種元素的原子含有相同的**質子數**；不同元素的原子，含有的質子數就不同，因此質子數可作為判斷元素種類的依據。元素週期表中各元素的**原子序**，即為該元素的質子數，因為原子⁵為電中性，**電子數**等於質子數，所以電子數也等於原子序。

 質子1個 電子1836個	 質子1個 中子1個	 (未依實際比例繪製)
質子的質量$\doteq$電子的質量$\times 1836$	質子的質量$\doteq$中子的質量	原子的質量$\doteq$原子核的質量
一個電子的質量約為質子的$\frac{1}{1836}$倍，電子的質量非常小可忽略不計	原子核中有質子和中子，一個質子的質量約等於中子的質量	原子質量約等於原子核內質子與中子的質量總和，而質子與中子的個數總和，稱為質量數

目前科學家以 ${}_Z^AX$ 來表示原子，其中X代表元素符號，Z表示原子序，A表示質量數（圖6-11）。表6-2為常見元素的質子數、中子數、電子數與質量數的關係。



▲ 圖6-11 元素符號的標示及意義

■表6-2 常見元素原子的質子數、中子數、電子數與質量數的關係

元素	氫	碳	氧	鈉	鐵
符號	H	C	O	Na	Fe
原子序（質子數）	1	6	8	11	26
電子數	1	6	8	11	26
中子數	0	6	8	12	30
質量數	1	12	16	23	56

延伸補充

同位素

週期表中，具有相同的原子序，卻有不同質量數之原子，稱為同位素。同位素具有相同的質子數、電子數及化學性質，但中子數目不同，例如：氫、氘₂、氚₃的原子核中都有1個質子，但是原子核的中子分別為0個、1個及2個，所以三者互為同位素。



例題 6-2

下表為四個元素的部分資訊，其中的甲乙丙丁四個未知數，何者的正確數值無法由表中列出的數值推論得知？

元素	原子序	中子數	質子數	質量數
Mg	12	12	丙	
Al	丁	14		27
Si	14	乙	14	
U	甲	146		238

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

科學 tell me why

便利商店裡總是有許多商品，員工必須進行分類、上架，讓顧客快速有效率找到自己需求的物品，你認為商店裡的飲料和麵包可以用哪些方法來分類呢？



元素的發展

西元1789 拉瓦節



我發現了33種不能再由化學反應分解的物質，並且幫它命名了。

西元1818 此時已發現40個元素。

西元1869 門得列夫



依照原子量和化學性質將66個元素排列成週期表，且有幾個空格該有元素存在，但我現在還不知道是什麼！

西元1913 莫斯利



我來整理一下順序，讓它們到對的位置。

西元1955 第101個元素，為了紀念門得列夫，命名為「鐳」。

1 週期表的排列規則

隨著被發現的元素種類愈來愈多，我們便需要系統性的將其分類及歸納。西元1869年，俄國科學家門得列夫 5 (Dmitri Mendeleev, 1834~1907) 把當時已知的元素，

族	1	2	3	4	5	6	7	8
週期	IA	IIA						
1	1 H 氫 1.008							
2	3 Li 鋰 6.941	4 Be 鈹 9.012						
3	11 Na 鈉 22.99	12 Mg 鎂 24.31						
4	19 K 鉀 39.10	20 Ca 鈣 40.08	21 Sc 釷 44.96	22 Ti 鈦 47.88	23 V 釩 50.94	24 Cr 鉻 52.00	25 Mn 錳 54.94	26 Fe 鐵 55.85
5	37 Rb 鉀 85.47	38 Sr 銻 87.62	39 Y 釷 88.91	40 Zr 鈳 91.22	41 Nb 鈮 92.91	42 Mo 鉬 95.94	43 Tc 錳 [98.91]	44 Ru 鈷 101.1
6	55 Cs 銫 132.9	56 Ba 鋇 137.3	鐳系元素 57-71	72 Hf 鈳 178.5	73 Ta 鉭 180.9	74 W 鎢 183.9	75 Re 銻 186.2	76 Os 銻 190.2
7	87 Fr 銻 [223]	88 Ra 鐳 226.0	鐳系元素 89-103	104 Rf 鈳 [261]	105 Db 鈳 [262]	106 Sg 鐳 [263]	107 Bh 鈳 [264]	108 Hs 銻 [265]
			鐳系元素	57 La 鐳 138.9	58 Ce 鈳 140.1	59 Pr 鐳 140.9	60 Nd 鈳 144.2	61 Pm 銻 [146]
			鐳系元素	89 Ac 鈳 227	90 Th 鈳 232.0	91 Pa 鐳 231.0	92 U 鈳 238.0	93 Np 銻 237.0

圖6-12 週期表

依據原子量由小到大排列，並將化學性質相似的元素排在同一縱行，成為最早的週期表。

後來，發現原子是由電子、質子和中子所構成，英國科學家莫斯利（Henry Moseley，1887～1915）改以原子序決定週期表元素的排列順序，而修正成目前的週期表（圖6-12）。

週期表的元素依原子序由小到大，由左至右，由上而下排列，每一縱行稱為**族**，共分為1～18族，週期表左側及中間是金屬元素，同族的元素通常具有相似的化學性質。每一橫列稱為**週期**，共有七個週期，每一週期的元素，性質由左而右呈現出規律性的變化。

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
									VIIIA				
									2 He 氦 4.003				
				III A	IV A	V A	VIA	VIIA					
				5 B 硼 10.81	6 C 碳 12.01	7 N 氮 14.01	8 O 氧 16.00	9 F 氟 19.00	10 Ne 氖 20.18				
				13 Al 鋁 26.98	14 Si 矽 28.09	15 P 磷 30.97	16 S 硫 32.07	17 Cl 氯 35.45	18 Ar 氬 39.95				
				27 Co 鈷 58.93	28 Ni 鎳 58.69	29 Cu 銅 63.55	30 Zn 鋅 65.39	31 Ga 鎵 69.72	32 Ge 鍮 72.61	33 As 砷 74.92	34 Se 硒 78.96	35 Br 溴 79.90	36 Kr 氪 83.80
				45 Rh 銠 102.9	46 Pd 鈀 106.4	47 Ag 銀 107.9	48 Cd 鎘 112.4	49 In 銦 114.8	50 Sn 錫 118.7	51 Sb 銻 121.8	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.9	54 Xe 氙 131.3
				77 Ir 銑 192.2	78 Pt 鉑 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 汞 200.6	81 Tl 鉈 204.4	82 Pb 鉛 207.2	83 Bi 鉍 209.0	84 Po 鉈 [209]	85 At 砹 [210]	86 Rn 氡 [222]
				109 Mt 鐽 [268]	110 Ds 鐳 [269]	111 Rg 鿷 [272]	112 Cn 鎰 [285]	113 Nh 鉨 [284.2]	114 Fl 鈇 [289]	115 Mc 鐩 [288.2]	116 Lv 鉨 [293]	117 Ts 鉈 [294.2]	118 Og 鉨 [294.2]
				62 Sm 釷 150.4	63 Eu 鈾 152.0	64 Gd 釷 157.3	65 Tb 鐳 158.9	66 Dy 鐳 162.5	67 Ho 鈳 164.9	68 Er 鉕 167.3	69 Tm 釷 168.9	70 Yb 鐳 173.0	71 Lu 鐳 175.0
				94 Pu 鈾 [244]	95 Am 錒 [243]	96 Cm 鐳 [247]	97 Bk 鐳 [247]	98 Cf 鈾 [251]	99 Es 鐳 [252]	100 Fm 鐳 [257]	101 Md 鐳 [258]	102 No 鐳 [259]	103 Lr 鐳 [262]

固體

液體

氣體

■ 金屬元素

■ 非金屬元素

■ 類金屬元素

■ 人造元素

探討活動

6-1 化學性質相似的元素分類



1. 準備梅花水彩盤、1%碳酸鈉水溶液約10mL、1%待測溶液(氯化鎂、氯化鈣、氯化鋇、氯化鈉、氯化鉀水溶液)各約2mL、滴管6支、玻璃棒1支。
2. 在梅花盤中央格加入碳酸鈉水溶液，在其周圍分別放入待測溶液各2mL，觀察並記錄五種溶液的顏色。
3. 以滴管吸取碳酸鈉水溶液1mL分別加入待測溶液中，操作中要注意吸取不同溶液的滴管不可混用，以免造成汙染。觀察所發生的變化並記錄結果，哪些化合物的水溶液能與碳酸鈉產生沉澱現象？



第1族(IA族)



與水反應劇烈，會起火甚至爆炸



礦物油

鹼金屬

鹼金屬族元素必須儲存在礦物油中

與水反應劇烈，會起火甚至爆炸

又稱為**鹼金屬族**，如鋰、鈉、鉀等。性質活潑、質地柔軟、熔點低，容易與水反應形成氫氣與鹼性物質，同時放出大量的熱使產生的氫氣起火燃燒，故常儲存在礦物油中保存。

第2族(IIA族)



經提煉之鎂金屬

又稱為**鹼土金屬族**，如鈹、鎂、鈣等。常以化合物形式存在地殼中，且其氧化物溶於水呈鹼性，與碳酸鹽類反應會產生沉澱。

例題 6-3

阿翰在整理實驗室時，發現一罐標籤脫落的化學元素，他想把標籤貼回瓶子。由於實驗室中有鈉、鎂、碘、碳等四種元素，於是他做了以下測試：

甲、外觀：看見元素保存於礦物油中。

乙、硬度：質軟，可以用小刀切開。

丙、加水：該元素與水反應會起火燃燒。

請問該元素應屬於哪一種的元素？

(A)鈉 (B)鎂 (C)碘 (D)碳

第17族(VIIA族)

碘易昇華揮發且具有毒性

又稱為**鹵素**，是最活潑的非金屬元素，例如：氟、氯、溴、碘等。元素的狀態與顏色多變且具有毒性。

第18族(VIIIA族)

惰性氣體通電時會發出不同色光，氖氣會有紅色色光

第18族的氣體元素稱為**鈍氣**，如氦、氖、氬等。在常溫下化學性質非常安定，不容易與其他物質發生反應，又稱為**惰性氣體**。

6-5 分子與化學式

科學 tell me why

下課後，阿翰困惑的問琳琳知不知道質子、中子、電子、原子、分子分別是什麼，琳琳該怎麼回答他呢？



分子的發展

西元1803 道耳頓



我認為，所有物質皆是由不可被分割的原子所組成。

西元1808 給呂薩克



同溫、同壓下，同體積氣體中所含的原子數相同。我想，原子可以切成一半。



你的實驗一定有问题！

西元1811 亞佛加厥



我認為同溫、同壓下，同體積氣體中所含的「分子數」相同。

西元1860 坎尼札羅



亞佛加厥說的是對的。

1 原子和分子

十九世紀初，道耳頓認為物質由原子組成，科學家發現自然界中有些物質是以單個原子形式存在，如氦、氖等氣體；有些則是以兩個或兩個以上的原子結合存在，如氮氣、氧氣。義大利科學家亞佛加厥（Amedeo Avogadro，1776~1856）認為分子是表現純物質特性的最小單位，一般由2個或2個以上的原子結合而成。

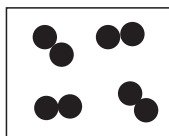
若從微觀的角度，更可以清楚的認識物質，混合物無固定的成分與性質，例如：空氣中含有氮氣、氧氣及二氧化碳等純物質；純物質皆有其固定的成分與性質，可分為元素以及化合物。

元素是由同一種原子所組成，例如：單一種金屬原子堆疊而成的金屬、兩個相同原子組成的分子或以單一個原子就能穩定存在的鈍氣。化合物則是以兩種或兩種以上的元素，以固定比例化合而成。

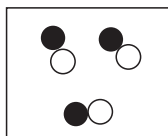
例題 6-4

下列四種不同物質，何種物質是元素？

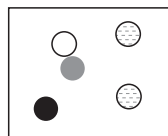
(A)



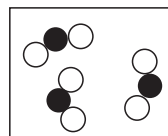
(B)



(C)

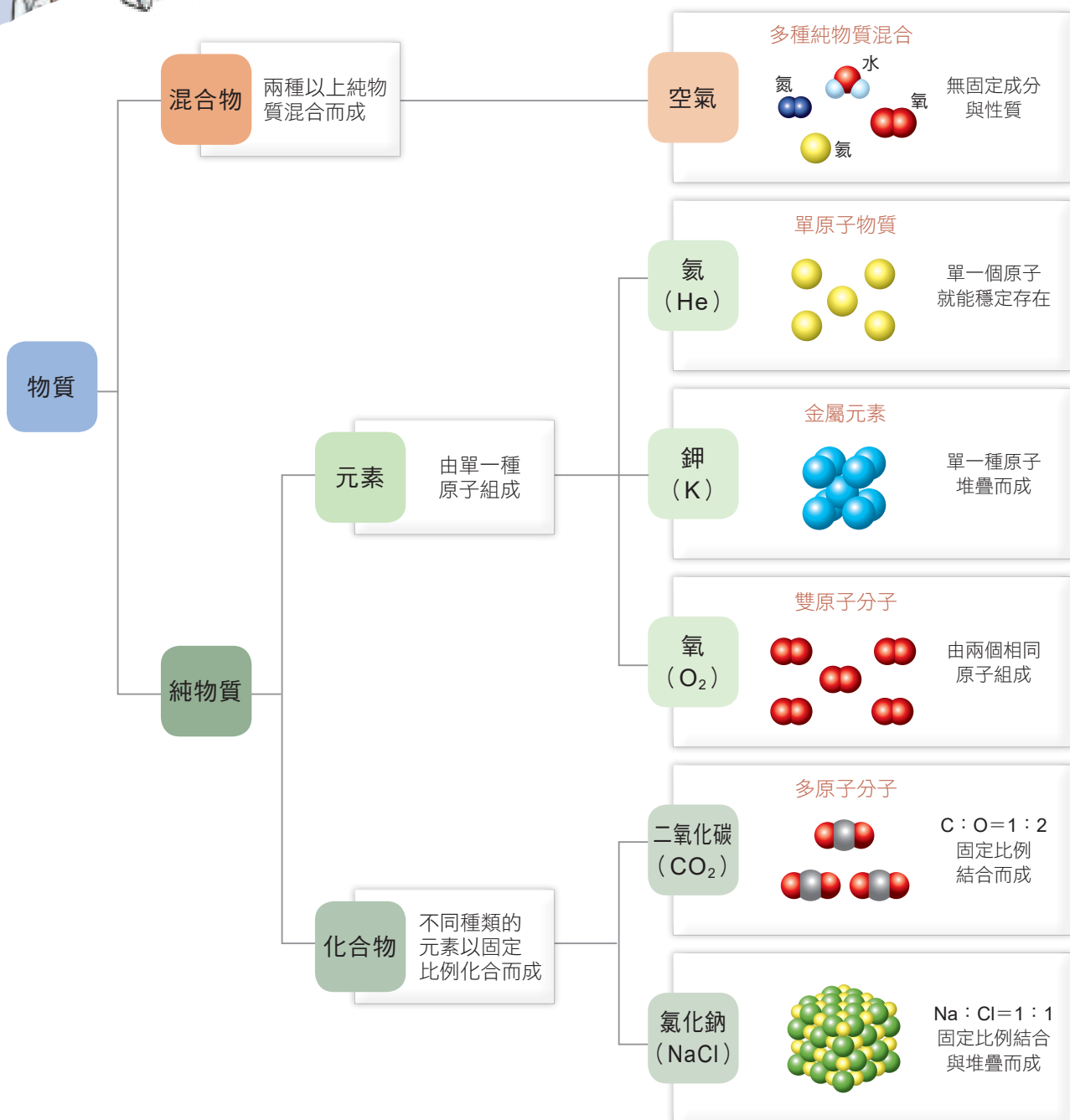


(D)





物質的分類



學習Check

□ 我能以簡單的模型或符號說明原子與分子的關係

2 化學式與書寫原則

科學家利用元素符號及數字來表示純物質的組成，稱為**化學式**，表6-3為常見物質的化學式。化學式有多種表示法，其中分子式能表達一個分子中所含原子的種類及數目。常見化學式書寫原則如下：

1 元素由單一原子所組成

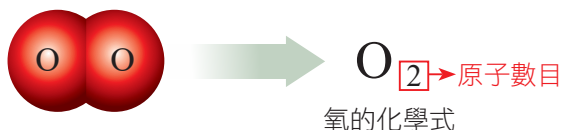
單原子物質

氦氣由單一原子所組成，以He表示。



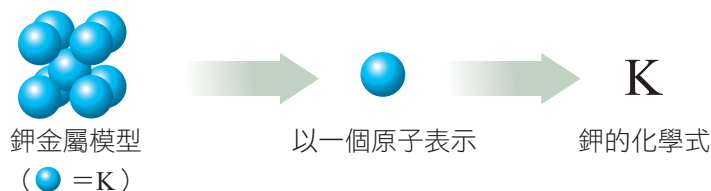
雙原子分子

氧分子含有兩個氧原子，以O₂表示。



金屬元素

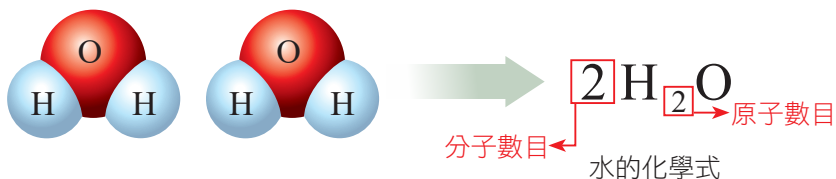
金屬元素組成的純物質，直接以元素符號表示，例如：鈉的化學式寫成Na、銅為Cu、鉀為K。



2 分子由數種原子所組成

多原子分子

水分子含有兩個氫與一個氧，以H₂O表示；兩個水分子則以2H₂O表示。

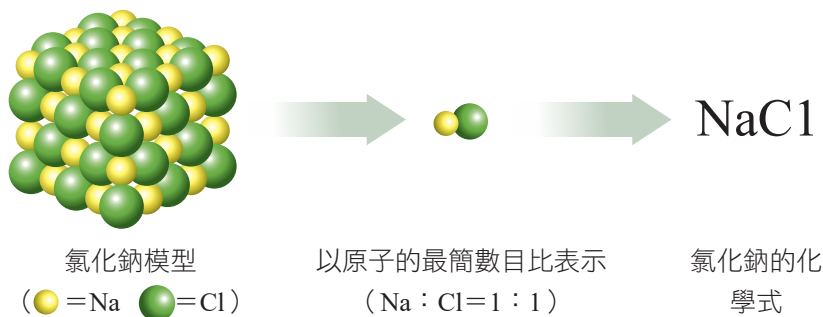


■表6-3 常見物質的化學式

中文名稱	化學式	中文名稱	化學式	中文名稱	化學式	中文名稱	化學式
氦氣	He	二氧化碳	CO ₂	氯化鈉	NaCl	硫酸	H ₂ SO ₄
氮氣	N ₂	氧化鎂	MgO	氯化鈣	CaCl ₂	碳酸鈣	CaCO ₃
氧氣	O ₂	氧化銅	CuO	葡萄糖	C ₆ H ₁₂ O ₆	硝酸鉀	KNO ₃
水	H ₂ O	二氧化錳	MnO ₂	氫氧化鈉	NaOH		

3 分子由金屬元素與非金屬元素所組成

由金屬元素與非金屬元素組成的化合物，金屬符號寫在前面，非金屬符號寫在後面，且恰好與中文念法相反，例如：氯化鈉的化學式為NaCl，氯化鈣的化學式為CaCl₂。



4 含氧元素的化合物

含氧化合物

含氧的化合物中，氧的符號寫在後面，例如：二氧化碳的化學式為CO₂、氧化鎂為MgO。



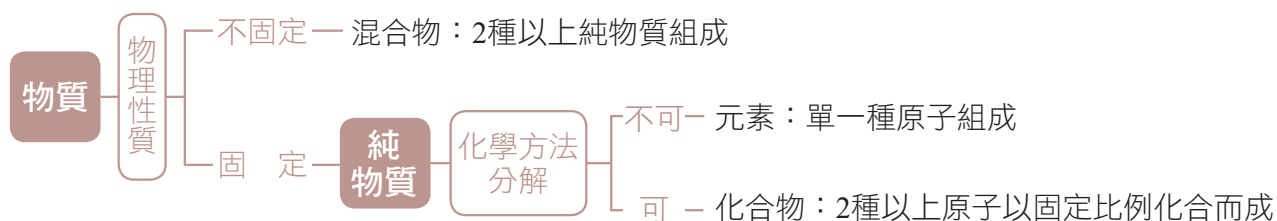
5 含碳、氫、氧三種元素的化合物

按碳、氫、氧等順序書寫，例如：葡萄糖為C₆H₁₂O₆。

6 含特定性質的原子團

通常將具有特定性質的原子團寫在後面，例如：氫氧化鈉的化學式為NaOH，硫酸為H₂SO₄，其中OH和SO₄為特定的原子團。

物質分類



元素

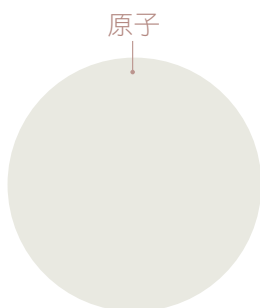
元素	金屬元素	非金屬元素
通性	- 多為固態 - 常呈銀白、灰色，帶金屬光澤 - 具延展性 - 電與熱的良導體	- 無固定狀態 - 無固定顏色、多無光澤 - 易碎裂 - 除石墨，大多為電與熱的不良導體

原子

| 原子結構發展 |

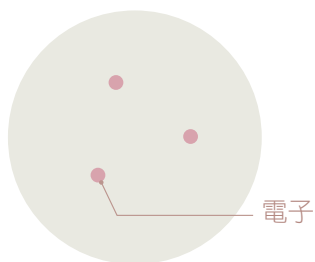
1. 道耳頓提出原子說

- ①所有物質皆由不可分割的原子組成
- ②相同元素具相同質量與性質；不同元素具不同質量與性質
- ③化合物由不同原子依固定比例化合而成
- ④化學反應為原子間重新排列，原子種類與數目不變



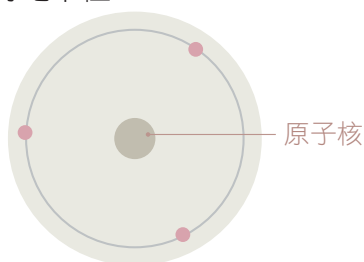
2. 湯姆森發現電子

- 電子均勻分布在原子中



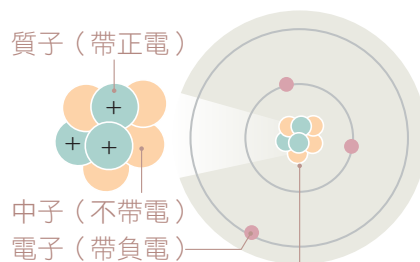
3. 拉塞福發現原子核

- 發現原子核中有正電質子
- 質子數 = 電子數，原子保持電中性

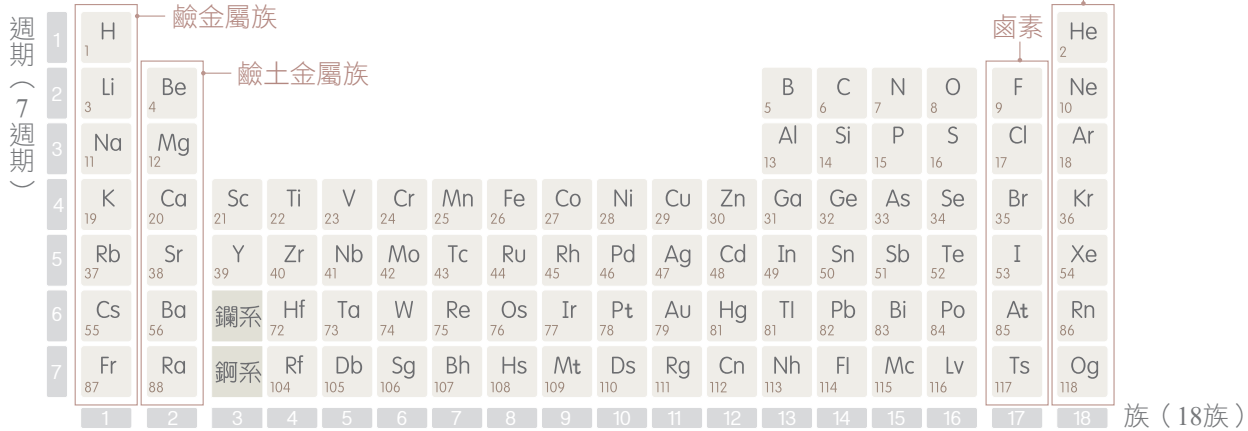


4. 查兌克發現中子

- 發現原子核中有不帶電中子



質量數 = 質子數 + 中子數	A
原子序 = 質子數 = 電子數	Z
	X



組成	寫法	舉例
金屬元素	以單原子表示	K
金屬＋非金屬	金屬在前、非金屬在後	NaCl
含氧化合物	氧原子在後	CO ₂
含碳、氫、氧	依碳、氫、氧順序排列	C ₆ H ₁₂ O ₆
含特定原子團	原子團通常在後	NaOH



實驗一點靈

第五章

探討活動5-1 自製溫度計

1. 依據加熱後液面上升的現象，了解大部分物質受熱後，體積膨脹；遇冷時，體積收縮。

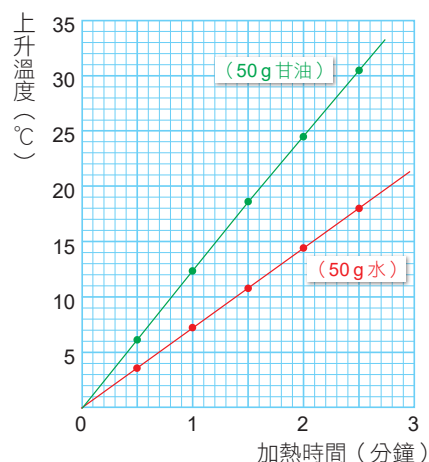
探討活動5-2 影響水溫上升的因素

1. 依據加熱不同水量，觀察到加熱時間與溫度變化、水量有關聯性。
2. 加熱時間愈長，溫度上升愈多。而從描繪的關係圖中，可進一步發現加熱時間與上升溫度成正比關係。
3. 若100公克與200公克的水加熱時間相同，則200公克的水溫度較低，每分鐘上升溫度也較少。
4. 若要加熱到相同溫度，加熱200公克的水所需時間較長，可知加熱時間與水量成正比。

實驗5-1 物體受熱後溫度上升的比較

1. 藉由加熱不同物質，比較溫度上升的差異，了解物質種類與溫度變化的關係。
2. 記錄水和甘油於相同加熱時間的溫度變化，關係圖如下：

加熱時間	水		甘油	
	溫度 (T)	上升溫度 (T - T ₀)	溫度 (T)	上升溫度 (T - T ₀)
0分鐘	25.0	0	25.0	0
半分鐘	28.6	3.6	31.2	6.2
1分鐘	32.2	7.2	37.2	12.2
1分半鐘	35.8	10.8	43.6	18.6
2分鐘	39.4	14.4	49.6	24.6
2分半鐘	43.0	18.0	56.0	31.0



3. 兩者加熱時間相同，隨著加熱時間增加，兩者溫度差距愈大。
4. 由此得知，同質量的不同物質於相同加熱時間下，溫度的變化是不同的。



每次段考可用此
頁複習實驗喔！

探討活動5-3 熱的傳播方式

1. 依據不同的加熱方法，了解熱的傳播方式。
2. 在緊包住錢幣的白布上，無法輕易用線香燒破白布的原因，是熱迅速傳導到錢幣上，使得溫度不足以燒破白布。
3. 加熱位置不同，水的沸騰速度不同。因為熱水不易下降至底部，因此從中間加熱形成熱對流的水量較少，也就更快沸騰。
4. 不同顏色的杯子，溫度的下降速度不同。深色物體於高溫時，較容易放出輻射熱，溫度下降更快；於低溫時，較容易吸收輻射熱，溫度上升更多。

第六章

實驗6-1 元素的性質與分類

1. 觀察不同物質特性，可分為金屬與非金屬元素。
2. 除了石墨棒以外，能導電的待測物中，鋁棒、鐵棒、銅棒皆為金屬，擁有金屬光澤、導電性佳及不易碎裂等特點。
3. 石墨棒及硫塊有不具光澤、不易導電及易碎裂等特點，由此可知為非金屬。

探討活動6-1 化學性質相似的元素分類

1. 藉由化合物之間的化學反應結果，進行元素分類。
2. 氯化鎂、氯化鈣、氯化鋇能與碳酸鈉水溶液產生白色沉澱，所以鎂、鈣、鋇可歸類為同一類。
3. 氯化鈉、氯化鉀與碳酸鈉水溶液混合後，均無沉澱現象，因此可以將鈉與鉀歸類為一類。

週期表背後的故事

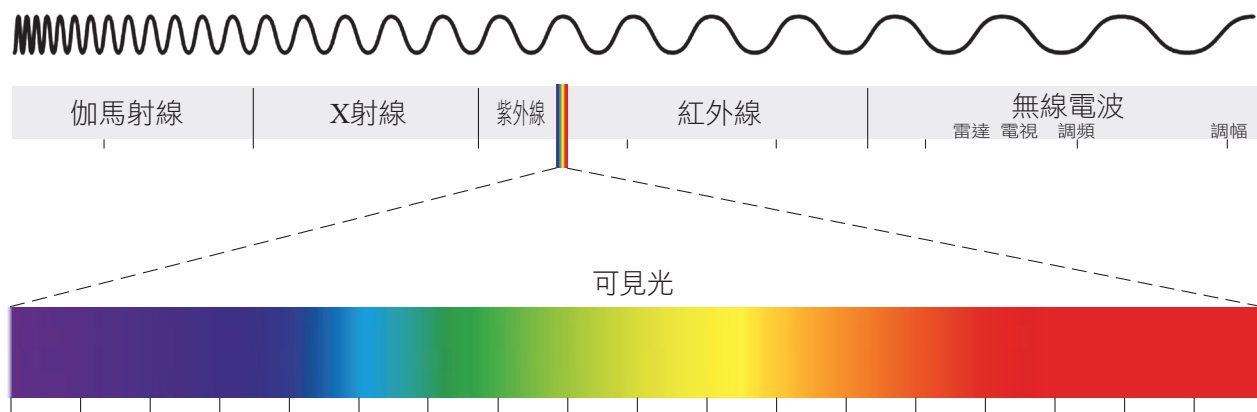
西元2019年是元素週期表問世滿150周年，聯合國特別將此年設為「國際化學元素週期表年」。週期表的出現是化學史上一個重要的里程碑，背後蘊含著許多學者的心血，發展歷程大約可分成五個階段。

從古代到法國化學家拉瓦節，在西元1789年發表第一個現代化學元素列表為止，是第一階段。下一階段則於伏打（Volta，1745～1827）發明電池後，電化學開始快速發展，並得以利用電解得到新元素。在十九世紀中葉邁入第三階段，是由於光譜學的成長，物理界與化學界攜手發現新元素。而曼哈頓計畫的出現，開始了合成新的重元素的第四階段。最後，現代的超重元素合成，則是目前我們所知的第五階段。

光譜學的開端，是牛頓透過三稜鏡色散實驗，將一束太陽光經過三角形玻璃稜鏡折射後，在牆上分散成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫。牛頓將這種彩虹色帶命名為「光譜」。

不同物質的特徵光譜皆為特定元素的獨特標誌。西元1852年，瑞典物理學家埃格斯壯（Angstrom，1814～1874）認為，光譜就如同人類的指紋。各種金屬元素發出光譜線的數目、強度及位置都不相同。可以藉由光譜分析檢驗金屬元素的種類，且能依照相對強度來判斷混合物中各種元素的相對含量。這發現開啟了一扇找尋新元素的大門！無法以化學方法從化合物中分離出來的新元素，科學家利用光譜分析就可能得到想要的答案。後來，他將光譜儀與攝影結合，證實了太陽的光譜中存在氫及其他元素。從此，光譜與週期表的發展開始有了相關性。

初次利用光譜分析發現了新元素是在西元1860年，本生（Bunsen，1811～1899）與赫希荷夫（Kirchhoff，1824～1887）從礦泉水的焰色反應中發現了銨，並以拉丁文caesius（天藍色）作為新元素的名稱。隔年，又於鋰雲母發現了銻，發射光譜呈現出多條清晰的紅線而以拉丁文rubidus（深紅色）命名。



▲可見光光譜，人眼無法看見所有光線

西元1869年3月，門得列夫首次發表第一張元素週期表。這個表格上有當時已知的63種元素，以及為「未知元素」預留的空位，分別寫上原子量，並依照推斷寫下其應具有的性質，取名為類硼、類鋁、類矽。6年後，法國化學家德·布瓦博德蘭（Boisbaudran，1838～1912）在檢測閃鋅礦的原子光譜時，發現兩條紫色譜線，經過電解得到了鎵，並以拉丁文gallia命名。鎵的物理化學性質都與門得列夫的推論一致，這精準的預測震驚了當時的科學界。

西元1894年，劍橋大學的物理學家瑞利（Rayleigh，1842～1919）男爵與倫敦大學的化學家拉姆齊（Ramsay，1852～1916），發現了性質與已知元素完全不符，且無法歸屬於週期表上的氣體「氫」。他們推測可能有一整族元素還沒被發現，經過持續研究，拉姆齊發現了除了氫以外的惰性氣體一族，此時週期表已初具雛形。

請同學們依上述內容，回答下列問題：

- () 1. 週期表依發現的時代可分為五個階段，下列敘述何者錯誤？
 (A)第一階段為早期到法國化學家拉瓦節發表第一個現代化學元素列表為止
 (B)第二階段為伏打發明電池後，電化學快速發展利用電解得到許多新元素
 (C)第三階段為十九世紀中葉開始，光譜學的成長並且發現、確認新的元素
 (D)第四階段為曼哈頓計畫開始合成新的超重元素
- () 2. 光譜學的開端是由哪位科學家開始？
 (A)劍橋大學的物理學家瑞利 (B)瑞典的物理學家埃格斯壯
 (C)英國的物理學家牛頓 (D)俄國的化學家門得列夫
- () 3. 第一個利用光譜分析發現的新元素為何？
 (A)銣 (B)銻
 (C)鎵 (D)氫
- () 4. 科學家發現的元素中，每個元素的命名來源皆不同，下列何者正確？

選項	元素	來源	拉丁文名稱	發現科學家
(A)	銻	礦泉水	caesius（天藍色）	<u>本生與赫希荷夫</u>
(B)	銣	鋰雲母	rubidus（深紅色）	<u>門得列夫</u>
(C)	鎵	閃鋅礦	gallia	<u>瑞利</u>
(D)	銻	閃鋅礦	rubidus（深紅色）	<u>德·布瓦博德蘭</u>



關於

西元1766 ~ 1844

出生：英格蘭北部肯伯蘭郡

經歷：

① 數學與哲學學院院長

② 英國科學推廣協會創始人

成就：

集結多年觀測紀錄與預測，出版
《氣象的觀測與論說》、色盲種
類研究、化學原子論以及關於原子的
定義、氣體分壓定律



道耳頓

4月18日，1812年

天氣多雲，氣溫9度，溼度80%，降雨機率10%。

👍 🗨️ ➦ 分享



道耳頓

6月8日，1815年

同樣大小的杯子，不同材質重量就不一樣，真是奇妙。

👍 🗨️ ➦ 分享



道耳頓

10月23日，1817年

二氧化碳溶入水中時，喝起來的刺激感太有意思了！



朋友 哈！會跳動的水很厲害吧？就知道你會喜歡。

讚 · 回覆 · 30分鐘前

受到恩師的影響，沒有一天
懈怠的準時寫著氣象觀測。



道耳頓博士每天
都很準時阿！

你看，我今天羽
毛超蓬鬆的。

觀察氣象時，發現大氣是由空氣和水氣混合而
成，因此對空氣產生了極大興趣。



這些露珠會蒸發，那
蒸發後的水粒子是與
空氣粒子混合了嗎？



物質是由一些大小相同、外觀並無太大差異的粒子組合而成，但不同的物質就是由不同的粒子所組成的。



後來道耳頓以最輕的氫為基準，並依據不同重量，將這些粒子排列出了最早的化學符號表。

1 Hydrogen 氫	58 Iron 鐵
5 Azote 氮	56 Zinc 鋅
5 Carbon 碳	56 Copper 銅
7 Oxygen 氧	100 Silver 銀
9 Phosphorus 磷	140 Gold 金
13 Sulphur 硫	167 Mercury 汞



太陽 地球的生命之光

太陽是一顆巨大熾熱火球，已經持續穩定發光了數十億年，使繞著太陽運行的地球上，有了繽紛的色彩，也使大地充滿生機。

太陽對人類的生活有何重要性？人類因太陽光而觀察到什麼自然現象？讓我們一起來了解吧！

太陽好大，好熱喔！太陽如果離遠一點應該就比較不熱了吧？

那可不好！你知道太陽對我們有多重要嗎？

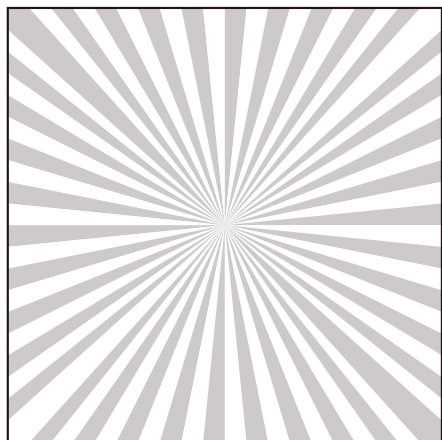


1 生命的原動力

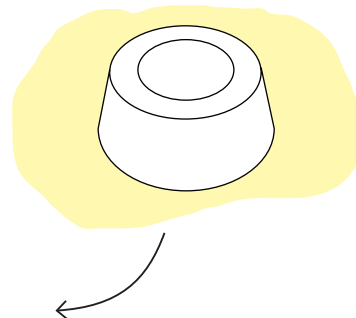
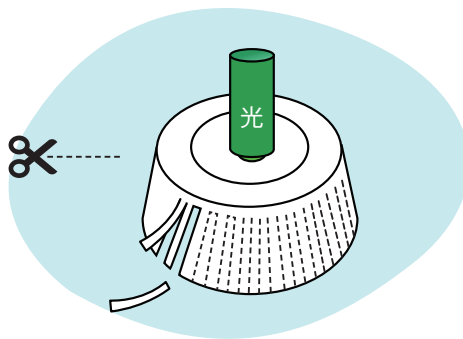
太陽除了提供地球光明、溫暖的環境，還是地球上絕大部分能量的來源。如果太陽離我們更近或更遠，對地球會有什麼樣的影響呢？

模擬距離太陽遠近對地球的影響

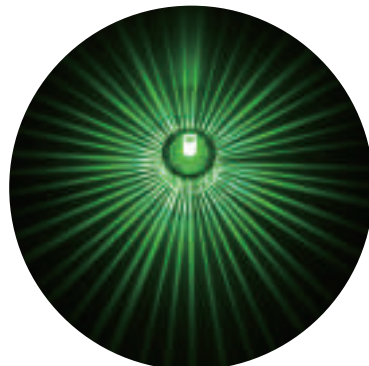
1. 若想用筆蓋遮蔽下圖較多條或較少條線，分別該放在什麼位置呢？請描繪於下圖。



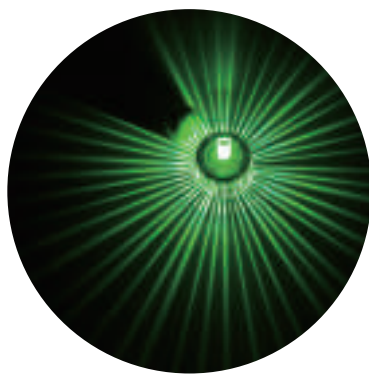
2. 將飲料杯架圓筒部分剪下，並將筒壁剪成鬚狀後，每間隔一道剪掉一條鬚，使其成梳狀，在頂部開洞，裝入發光燈具。



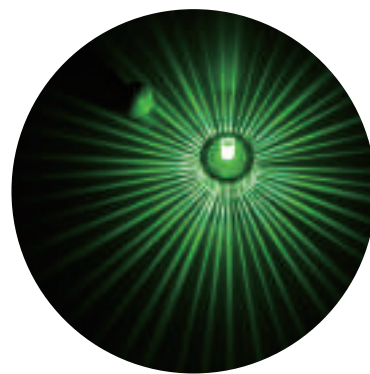
3. 將裝置放在陰暗處，並以一小圓球（或橡皮擦）靠近及遠離裝置，計算遠近不同時，物體所遮蔽掉的光線各有幾條。



由活動結果可看出，圓球在距離光源近時，會遮蔽掉較多條光線，接受到的輻射量較多；而圓球在距離光源較遠時，可遮蔽的光線較少條，接受到的輻射量較少。



近距離



遠距離



老師專欄

適居區

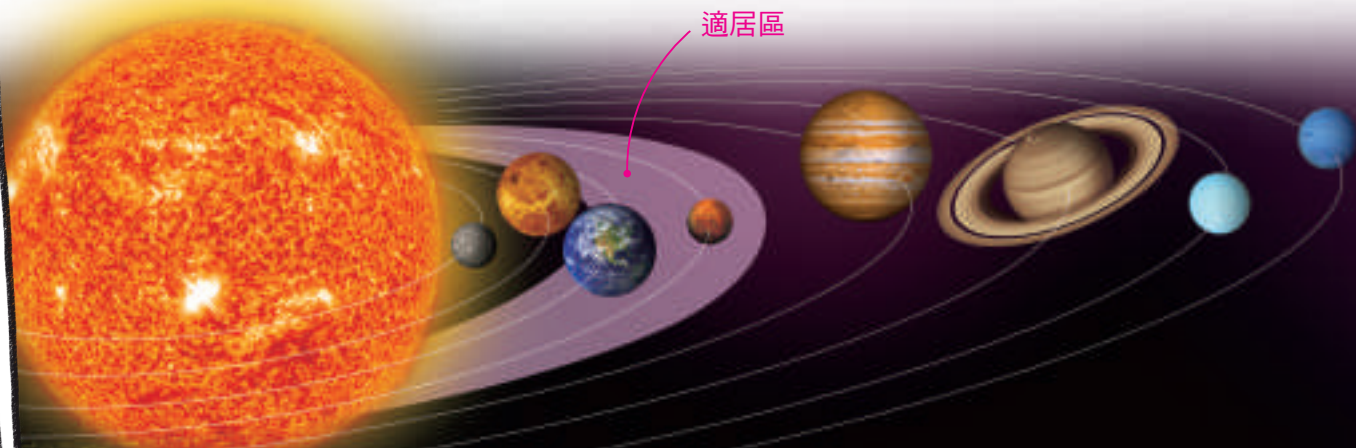
生命的搖籃

地球繞太陽公轉的距離遠近適中，使得地球溫度適宜，而且有液態水，適合地球上生命的生存與繁衍。由於地球以固定的傾斜方向沿橢圓形軌道繞太陽公轉，使地球在公轉軌道的不同位置時，地球上各個地方接收到的太陽輻射量不一樣，造成一年四季中的溫度高低、晝夜長短等，都有週期性的變化。

適居區就是一個星系中，適合生命存在或有利生命發展、形成的區域。地球擁有大片孕育生命的海洋，主要就是因為軌道位於太陽的「適居區」內。在這片相當狹小的區域中，陽光不太強也不太弱。在這片區域的內側，行星表面的水會沸騰成蒸氣，而在這片區域的外側，水又會凍結成冰。

想一想

1. 與地球相比，距離太陽近一點的金星，均溫高達四百多度，表面幾乎沒有水分。距離太陽的遠近是否可能是造成這種差異的因素之一？請說明。
2. 不同的恆星，相同時間內放出的輻射量也不相同。你認為不同恆星的「適居區」與恆星間距離是否是固定的？說明你的判斷。





2 地球的能源

太陽
184

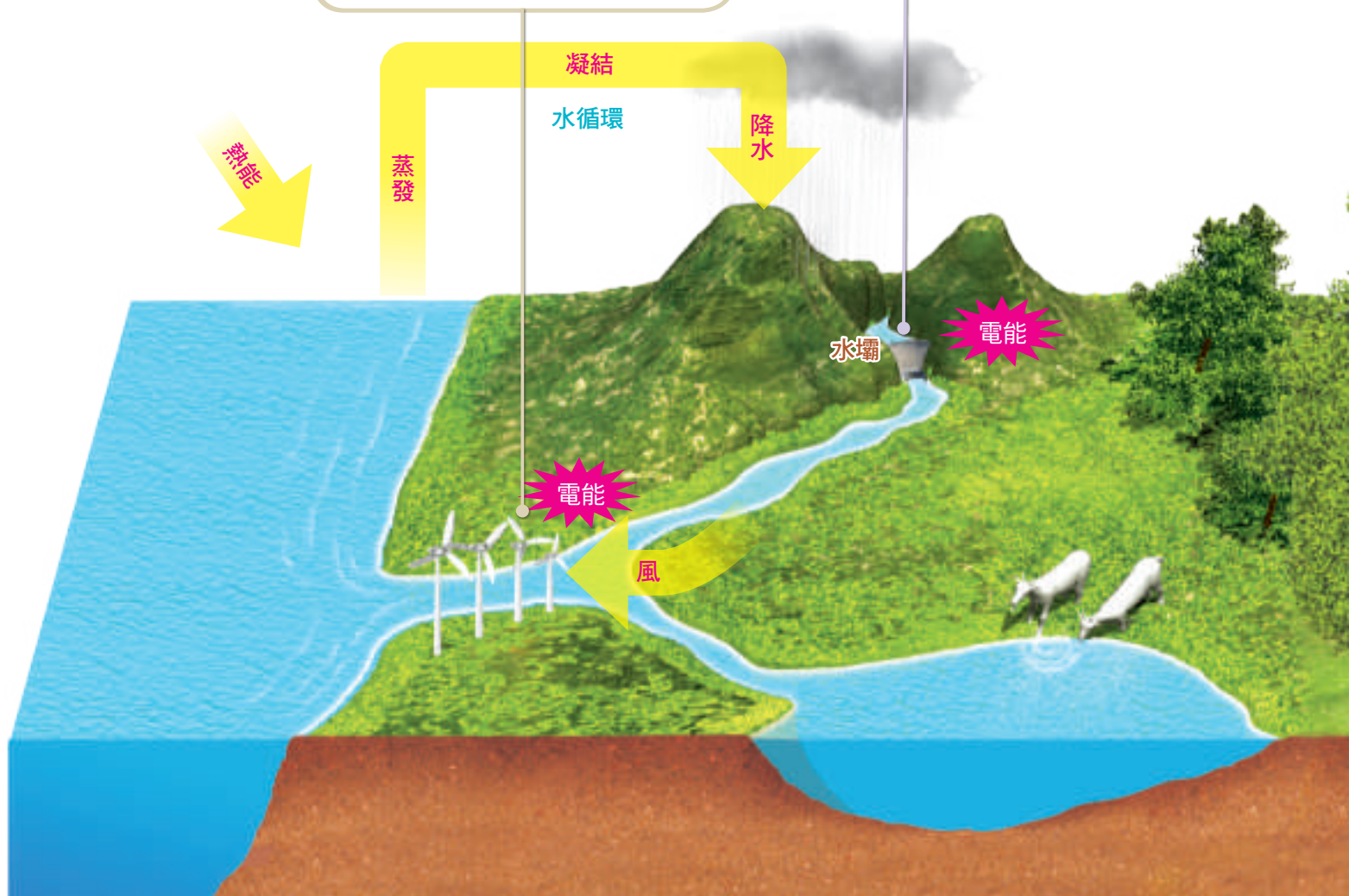
地球在接受太陽輻射量適中的區域中繞行，太陽源源不絕的將能量傳遞到地球上。人類使用的能源，除了核能，絕大多數與太陽有直接或間接的關係。這些源自於太陽的能源，可以分兩類，一種是由生物死亡後的遺骸經長時間轉換而成，最後被人類利用，為「昨日的太陽能」；而另外一種則是人類利用太陽造成的現象來獲得能源，可謂「今日的太陽能」。接下來讓我們一起看看，常見的能源與太陽有什麼關係吧！

風能

太陽光照射在地面上造成溫度差異，進而使空氣流動形成「風」，人類建造了風力發電機組，藉由風力帶動扇葉轉動發電。

水能

太陽的熱能使水蒸發，在高空降溫凝結成雲，而後降雨，在山區中的雨水匯集成河流。人類為了要利用這些水資源，在河道上興建水壩，並在水壩中裝上水力發電機組，利用水向下流的特性帶動機組產生電力。



生物能

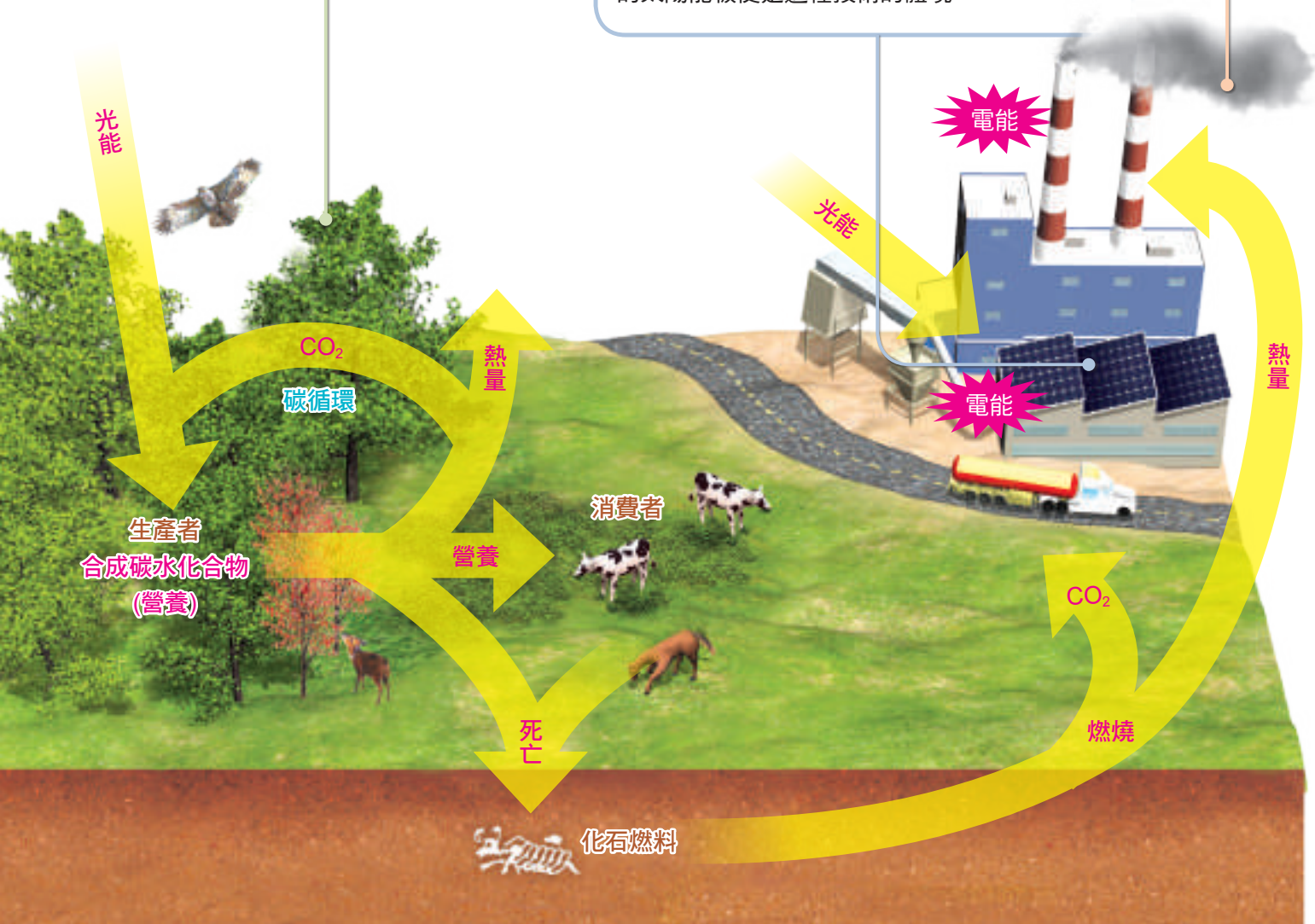
地球上的一些生物能夠吸收太陽光中的能量，並將其轉換為養分，達到自給自足，稱為生產者。而其他生物藉由進食，獲得賴以生存的養分，稱為「消費者」。每經過一次進食，被轉換為養分的太陽能就會以熱能的形式散失，只剩一部分能夠傳遞入下一階層的消費者體內。

化石能源

化石能源是遠古動植物的遺體，經過壓力、地熱及細菌分解的作用洗禮後，形成煤炭、石油或天然氣，因此可以視為儲存起來的太陽能。化石燃料可以提供動力來源、發電，也是重要的化工原料。

太陽能

太陽能最常見的形式就是熱能，人類利用太陽的熱能取暖、烘乾，也發明方法將太陽光聚集後用於加熱或發電。更進一步發明出可以直接將太陽能轉換成電能的方法，生活中常見的太陽能板便是這種技術的體現。

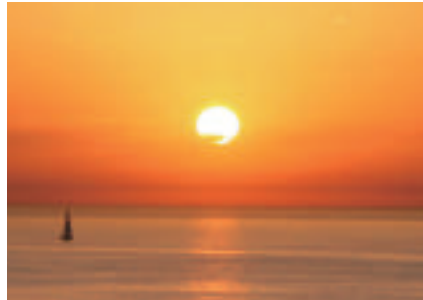




③ 太陽的畫布



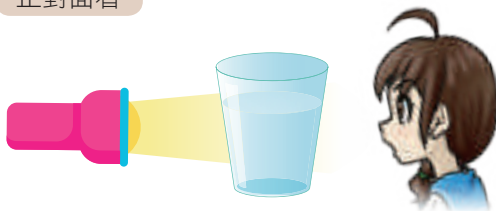
在地球上，晴朗白天的天空總是藍色的，夕陽是紅色的，與太陽距離跟地球差不多的月球，天空卻總是黑的。是什麼原因造成顏色不同的天空呢？



模擬天空的顏色

1. 將透明玻璃杯裝水約八分滿，用手電筒照射，透過玻璃杯在光源正對面看，你看到什麼（圖一）？由玻璃杯側邊觀察，你看到什麼（圖二）？

正對面看



(圖一)

側邊看



(圖二)

2. 水中滴入1~2滴牛奶後攪拌均勻，用手電筒照射，透過玻璃杯在光源正對面看，你看到什麼？由玻璃杯側邊觀察，你看到什麼？跟沒有牛奶時有什麼不同？
3. 每次逐漸增加1~2滴牛奶，觀察手電筒對面與玻璃杯側邊光線的變化。

請勿長時間緊盯手電筒光源，以免視力受損



觀察紀錄	觀察方向		正對光源	水杯側面
	成分			
	水			
	加1 ~ 2滴牛奶			
	加5 ~ 6滴牛奶			



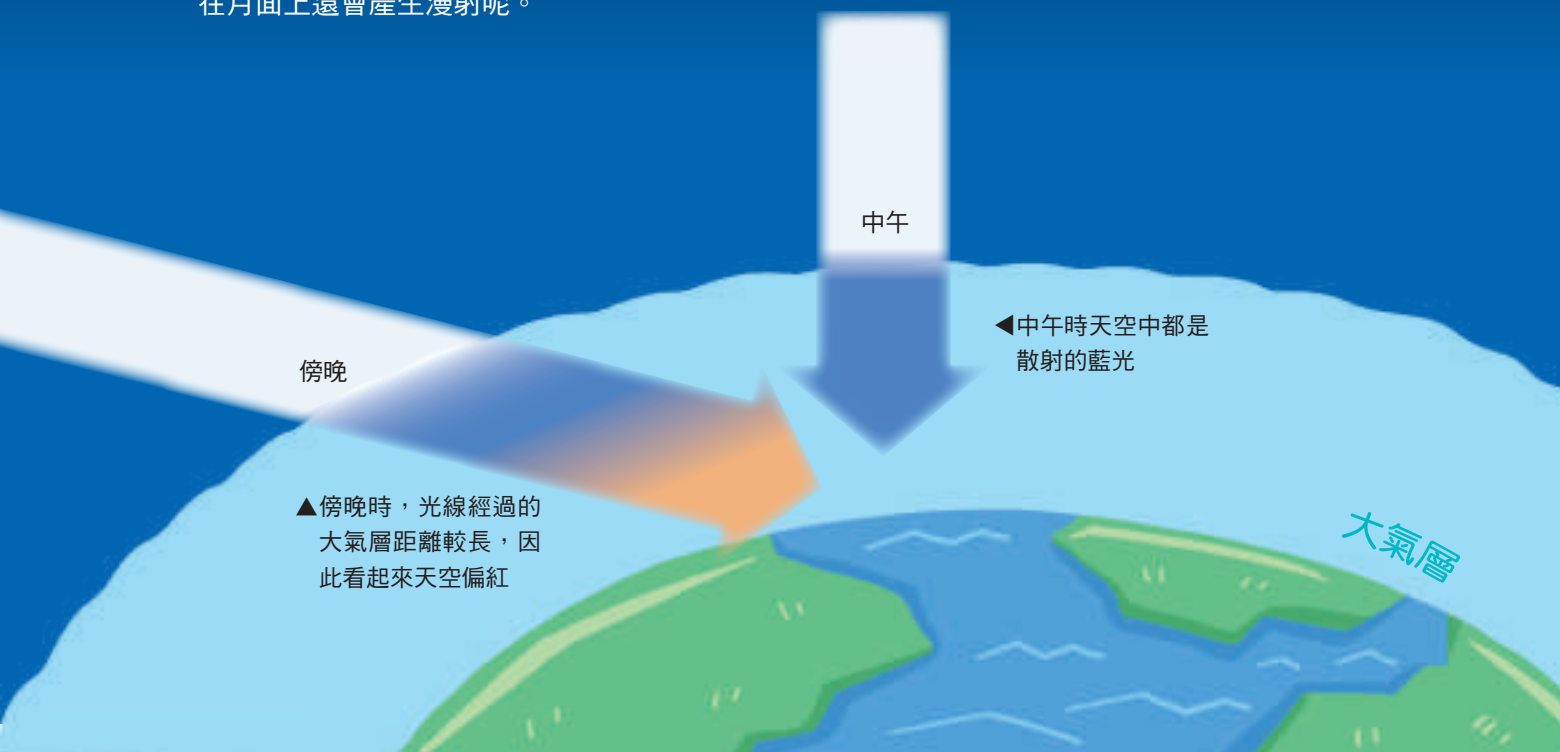
西元17世紀時，牛頓的稜鏡色散實驗，發現太陽光是7種色光混合而成。當太陽光照射進地球大氣層時，會被大氣裡的空氣分子與塵埃微粒吸收，然後再向四面八方放射出去，這種現象稱為散射。

不同波長的光被吸收的程度不同，在七種可見光中，大氣層對藍色光的散射作用最強，所以天空就佈滿了被散射的藍色光，看起來就變成藍色的了！日落時，太陽光在大氣層中經過較長距離才到達眼睛，藍光和綠光被散射，剩下紅光和橙光穿透過大氣，因此太陽變成紅色。

月球上沒有大氣，太陽光不會發生散射，因此天空就是黑色的，太陽光同樣因為沒有大氣而變得更加耀眼，照在月面上還會產生漫射呢。

想一想

1. 距離太陽最近的水星，並沒有大氣層的分布，而距離太陽第二近的金星，則有很濃厚的大氣層，在這兩個星球上的白天，天空應該會是什麼顏色呢？說明你的判斷。
2. 一道雷射光在空氣中前進是看不見的，只能看到光照在牆上的光點，用什麼方法可以讓光徑現形呢？





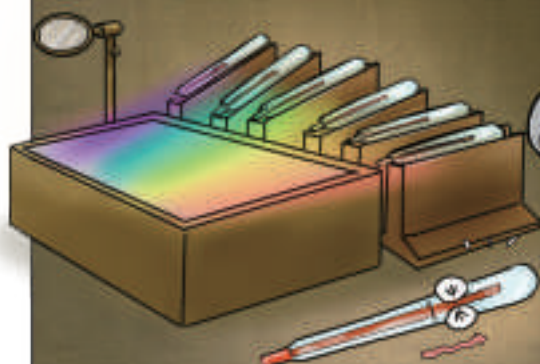
4 紅外線的發現

太陽光經過三稜鏡發生色散，因此發現太陽光中含有七種色光，但太陽光只含有七種色光嗎？生活中常聽到的紅外線熱影像儀等，又是利用什麼光拍攝影像呢？

威廉·赫歇耳與卡羅琳·赫歇耳是一對兄妹，兩人皆是非常傑出的英國科學家。



威廉馬上對此進行研究，果然發現不同的色光溫度不同，且紅光的溫度最高。



一日，卡羅琳在用不同的色光進行實驗時，發現不同顏色的色光照在手上，竟會有不同的熱感。



1 2
3 4

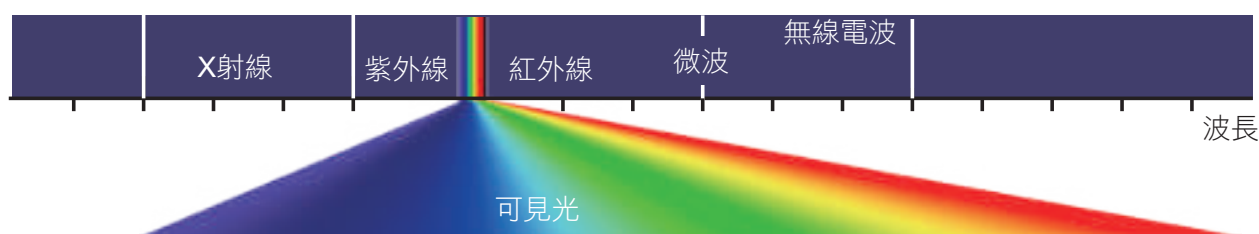
就在這時，威廉發現一支散落在紅光外的溫度計……



什麼！？溫度竟然比紅光還高！

究竟是什麼讓這支溫度計溫度升高的呢？

西元1800年，英國物理學家威廉·赫歇耳（William Herschel，1738～1822）從熱的觀點來研究各色光時，發現放在紅光外側的溫度計，溫度竟比紅光區域的溫度還高。經過反覆試驗，這個高溫區總是位於光帶最邊緣紅光的外面，經過詳細的分析，赫歇耳認為陽光的光譜實際上比被人們看到的七種單色光更寬，除可見光線外，還有一種人眼看不見的輻射，這種輻射的顯著作用是使被照射的物體溫度上升。由於這種看不見的輻射位於紅色光外側，所以便叫做紅外線。科學家後來還知道了任何物體只要溫度高於絕對溫度0度—— -273°C ，就會向外輻射紅外線。



太陽輻射以可見光居多，這些可見光可以直接穿透大氣層，到達並加熱地表，而加熱後的地表會發射紅外線到大氣層中。但大氣中的某些物質會吸收紅外線，因此熱量就保留在地表附近的大氣裡，不會散失到太空中，就可以使地表的溫度在夜晚缺乏太陽照射時，也不會降得太低，也就是溫室效應。而地球吸收及發射紅外線輻射的平衡，對地球氣候有關鍵性的影響。



老師專欄

紅外線與生物的關係

並不是所有生物都看不見紅外線，某些蛇類可以「看見」生物所散發出的熱輻射，就算獵物躲在沙地中，蛇類依然可以藉此精準地捕捉牠們。雖然人類無法看到紅外線，但紅外線對人類也是有幫助的，最新的研究發現，某一區段的紅外線照射在人體表面時，溫度不會明顯升高，但是會造成肌肉及血管分子震動，使該區域血液循環更佳，甚至使生物酵素活化，改善身體機能。這個技術被研究用來治療自體免疫疾病、心血管疾病、糖尿病等。

想一想

1. 在街道上，常可看到24小時監視器的鏡頭旁邊，有許多顆燈泡，不管何時都不會發亮，這些燈泡真的沒有在發光嗎？到底它們有何作用呢？
2. 人眼能感知的電磁波範圍很少，抬頭仰望星空時，只能看見一閃一閃的星點，即使在某些特殊的觀測點，我們也只能看到昏暗的銀河星帶。如果藉助儀器來觀測其他的電磁波，例如：X射線、紫外線、紅外線、無線電波等，星空還會一樣嗎？說明你的判斷。





5 光的直進性與日地月運動

地球上的人們用肉眼觀察天空，白天可以看到太陽，晴朗夜晚可以看見月球，並且根據太陽運行軌跡或月相變化的自然規律，設計出用來計量時間、預測季節的曆法。但月光是從哪裡來的？為何月相會有規律變化？戰國時代，人們就已經發現月光是太陽光照在月球表面反射而來。接下來我們用圓球受光的活動來探討月相變化的原理。



模擬日月地相對運動

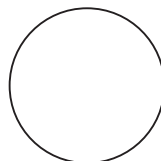
使用竹筷及黏土製成簡易的地球月球相對位置裝置（如圖），再以大型手電筒模擬太陽光進行以下步驟。



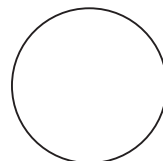
1

將手電筒放置於遠方，並將裝置以手電筒、小球、大球的順序放置，隨意調整小球高度，分別由手電筒的角度與由大球的角度看小球，觀察小球被照亮的面積有多大。

分別畫下從兩個視角看到的小球被照亮的區域。



由手電筒看

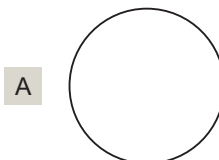


由大球看

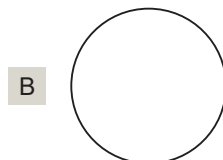
2

將手電筒當作太陽，小球當作月球，大球當作地球，固定地球及太陽位置，慢慢逆時針旋轉月球，並由地球的角度觀察月球被照亮面的變化情形。

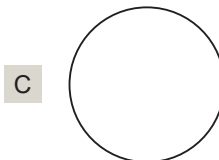
請分別畫下由地球的角度觀察月球在A、B、C、D的位置時，月球被照亮的區域。



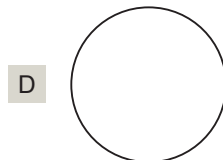
A



B



C

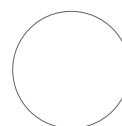
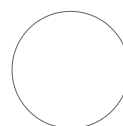
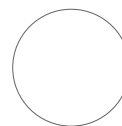
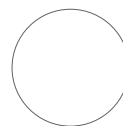


D



3

請依據操作結果，分別畫出月球在下列兩個狀態時，日地月三者的相對位置。



日食與月食

光在真空中是直線前進，月球繞地球運行，地球繞太陽運行，當日、地、月位置恰好在一直線上，太陽光就會被遮住而無法到達地球或月球。若人們看見太陽全部或部分被月球遮住，就是所謂的「日食」；如果看到的是全部或部分月球被地球遮住，則是「月食」。



▲西元2017年發生的日全食連續拍攝照

想一想

1. 發生日食當天，日、地、月位置排列情況應為何？如果發生月食，日、地、月位置排列情況應為何？試著調整裝置中小球高度，使太陽、月球、地球在一直線上，並用畫圖表示。
2. 木星和地球一樣，是繞太陽運行、自己不會發光的行星。而且木星有很大的衛星，在地球觀察木星的衛星，也有所謂「木衛星食」。試著用畫圖表示從地球觀察到木星的影子將木衛完全籠罩時，日、木、木衛的可能相關位置。



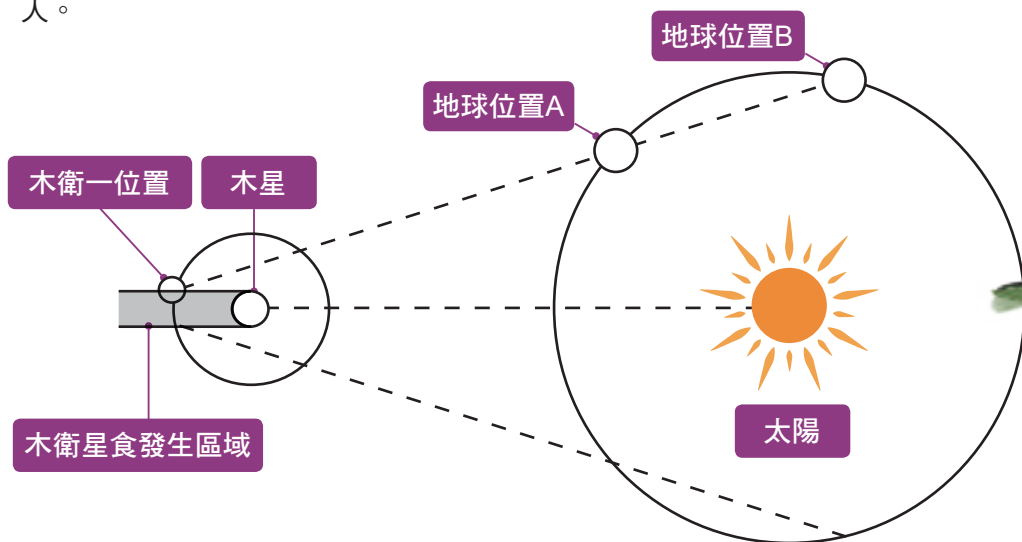
6 光傳播速率的測量

西元16世紀，笛卡爾（Descartes，1596～1650）因為一睜開眼睛就看到景物，火一點燃就看到光，因此認為光速無限大。而伽利略為了證明光速是有極限的，在兩個山頭做了測光速的實驗，雖然以失敗告終，但還是堅信光速是可測量的。那究竟是誰，第一個較準確的測量出光速呢？

羅默（Rømer，1644～1710）長期觀察木星的衛星「木衛一」，當木衛一繞到木星背後被遮住，就發生木衛星食。木衛一繞木星一周的時間應該是相等的，代表連續兩次開始發生木衛星食，間隔時間也應該相等。但他卻發現連續兩次木衛星食的間隔時間並不相同，這是為什麼呢？

原來，地球會繞太陽運行，不同次的木衛一食，地球在軌道上的位置也會不同，光從木衛一傳到地球上的時間就會有差異。也就是，假設地球在圖中A的位置，觀察到木衛一食開始，當木衛一繞行木星一圈，地球運行到圖中B的位置，又會觀察到木衛一食開始，但光傳播的距離不同，會有傳播時間差異。所以藉由木衛一食的時間差，就能計算出光速了。

當時人們連地球距離太陽多遠都不知道，羅默只能就數據進行估算，所以他的測量值跟實際值差了不少，但他是歷史上第一個測量出光速的人。



想一想

科學家除了觀察天體，也會測量天體與地球間的距離，但以跑得非常快的光而言，從太陽出發也要花超過8分鐘才能到地球，天體間的距離該用什麼單位表示？



《物質內部的組成比例之謎——混合物與化合物之爭》

化學家一直深受早期希臘元素觀念影響，至西元17世紀初，化學家們普遍認為一切結合物 (*mixed body*) 皆是由汞、硫、鹽三種元素所組成，這分別對應水、火、土的元素觀念。汞是具有滲透性的酸液；硫是柔和、油狀的易燃物，它是生物生長變化的主要成分，也是氣味之源；鹽是乾燥、鹹的，且是造成物體成為固體的主因。這三個基本元素按照不同比例結合，可形成各種物質，但物質的結合比例是固定或不固定？成為早期化學發展中的主要爭議之一。

法國化學家柏瑟列 (Berthollet, 1748~1822) 透過大量證據，主張結合物的組成是可變的，可以任何比例結合。例如：當加熱金屬時，會形成氧化物，這些氧化物的成分百分比呈規律性變化，加熱的時間愈長，氧化物中氧的成分百分比就愈高。他還認為合金是由不同成分的物質合成，根據最初採用的反應物比例，物質內部的組成比例也隨之不同。



柏瑟列

結合物的組成是可變的！

加熱銅：

初始	加熱 5分鐘	加熱 10分鐘	加熱 15分鐘
1.21g	1.27g	1.38g	1.51g

西元18世紀末，法國化學家普魯斯特（Proust，1754～1826）加熱氧化銅後，測量剩餘的銅質量便能知道放出多少氧氣；他將銅溶於硝酸中形成硝酸銅，再加熱形成氧化銅，氧化銅質量扣除銅便也能知道放出多少氧氣，發現兩個實驗放出氧的百分比近乎相同。由此實驗，普魯斯特推斷結合物內部組成的比例是固定的，與製備它的方法、過程無關，稱為定比定律。當時普魯斯特將此想法發表成論文，但並未得到重視。直到西元1803年英國道耳頓提出原子說，和西元1812年瑞典化學家貝吉里斯（Berzelius，1799～1848）提出更精確的實驗數據與分析後，定比定律才逐漸被接受。

事實上，物質內部組成的比例可能不固定，也可能是固定，前者稱為混合物，後者稱為化合物。但當時的化學家只能以實驗中所觀察與收集到的實驗紀錄思考、論證，無法探討物質內部結構。



加熱氧化銅成銅

第一次
實驗

氧化銅	銅	氧化銅－銅	氧化銅中氧的比例
1.375g	1.098g	0.277g	20.15%

銅加入硝酸，形成硝酸銅，再加熱成氧化銅

第二次
實驗

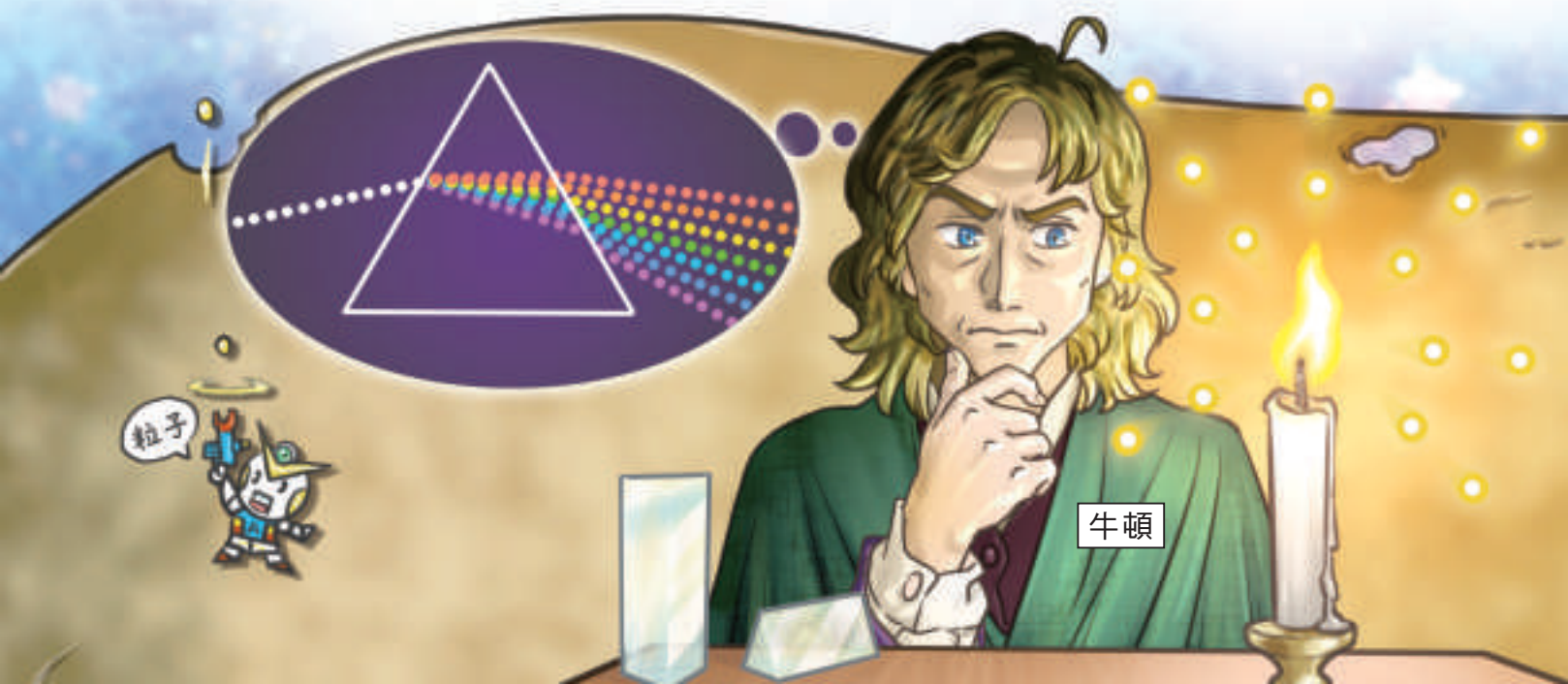
銅	氧化銅	銅－氧化銅	氧化銅中氧的比例
1.179g	1.476g	0.297g	20.12%

普魯斯特

結合物的組成是固定的！

光是粒子還是波？

自古以來，人們對光的認識來自對現象的觀察，例如：由影子、針孔成像等，推知光是直線傳播。隨著人們開始以科學方法研究光，才發現了反射、折射等光學現象的規律。「光到底是什麼呢？」一直是科學家們爭論不休的焦點。到了西元17世紀末，科學家對光的本質論點逐漸演變成兩派，其中一派由英國物理巨匠牛頓為首，主張光線是許多發光的小顆粒所組成；另一派則由荷蘭物理學家惠更斯（*Christiaan Huygens*, 1629~1695）為首，主張光是一種波。牛頓根據所做的光學實驗，認為光是由發光體發射出來的一顆顆像彈丸的微小粒子，以高速直線飛行在真空或均勻介質中。當這些粒子進入人的眼睛，會衝擊視網膜而引發視覺，對於光的直線傳播、反射和折射，牛頓都用這個觀點給了圓滿的解釋。惠更斯則懷疑，如果光是一種微小粒子，那在光線交叉時，就應該會因碰撞而改變方向，但人們並沒有觀察到這種現象，所以認為牛頓的觀點是錯誤的。惠更斯認為，發光體會在周圍空間引起振動，而光就是這種振動在空間傳播所形成的波，與水波、聲波相似，在均勻介質中以一定速度傳播，遇到不同交界面就會發生反射和折射。但是，如果光是一種波，便無法說明波長、週期等波的基本特性，也無法解釋光的直線傳播。



牛頓

由於惠更斯的理論還不成熟，而牛頓的理論較簡單直觀，且可以解釋的事實也較多，再加上牛頓在物理學界的權威地位，因此在光的本質論戰中，牛頓的理論贏得優勢，並在西元18世紀取得領先地位。直到西元19世紀初，英國科學家湯瑪士·楊格（Thomas Young, 1773~1829），做出讓光顯現出和水波一樣繞過障礙物傳播的實驗，這個現象完全無法用光是微小粒子來解釋。這個實驗直接有力的支持光是一種波，後來還有許多實驗也證實光具有波的特性，而逐漸讓光是波的概念占上風。西元19世紀中，英國科學家馬克士威（James Clerk Maxwell, 1831~1879）更證明光是一種電磁波；至此，牛頓的理論似乎已經萬劫不復。但在西元20世紀初，又有了新的實驗讓光是微小粒子的概念絕地大反攻！至今科學家們對於光的爭論仍持續進行中。



熱質說

火的發現和利用，對於人類的發展有著重要的意義，可讓我們能烹煮食物或是保持溫暖不感到寒冷。但只有火才能使物體溫度上升嗎？物體燃燒完畢時，熱又跑去何處呢？自然哲學家對這些問題激辯了千百年，直到西元18世紀，眾多科學家投入熱學研究，形成了兩大派系，其中一派把熱看成獨立的基本元素，認為熱是一種物質，會在不同物體之間流動，此為「熱質說」；另一派則認為熱是一種運動，因為物質內外不明原因的運動才產生熱，此為「熱動說」。熱質說發展的過程中，荷蘭醫生暨植物學家布爾哈夫（Herman Boerhaave, 1668~1738）做實驗時發現，將 40°F 和 80°F 的水混合會得到 60°F 的水，因此他認為 40°F 的水和 80°F 的水銀混合，應該也會得到 60°F 的水和水銀，但事實並非如此。布爾哈夫在經過其他實驗後提出，熱應該是一種藏在物體本身內的物質，當產生熱現象時，這種代表熱的物質就會產生流動，這種物質便稱為熱質。西元18世紀時，英國科學家布萊克（William Blake, 1757~1827）利用熱質的概念，解釋許多現象。像是當物質平均擁有的熱愈多，溫度就愈高，且發現冰融化成水時，雖然溫度不變但仍需要吸收熱量，讓他辨識出熱和溫度是不同的概念。



布爾哈夫

法國化學家拉瓦節基於熱質的概念設計了許多量測熱的實驗，用以證明熱質的存在；根據布萊克的理念，與拉普拉斯（Laplace，1749～1827）一同測定物質的比熱，為熱學的發展奠定了扎實的基礎。拉瓦節將熱列為化學元素之一，並將熱質命名為「卡路里」。熱質說可以解釋熱傳導是熱質的流動；熱對流是帶有熱質的載體流動；熱輻射則是熱質的散播。但後來，人們開始注意到熱質說無法解釋一些現象，其中最難以解釋的現象便是「摩擦生熱」。在熱質守恆的條件下，兩物體摩擦時發生熱質交換，應該造成某物體降溫另一物體升溫才對，為何摩擦後的物體都升高溫度呢？因此又有人提出熱動說的觀點，但在當時並沒有完善的實驗能撼動熱質說，直到西元19世紀中葉有了新發現後，熱質說才被歷史的舞臺淘汰。



疫情爆發一罩難求，搶到了口罩但你罩得住嗎？



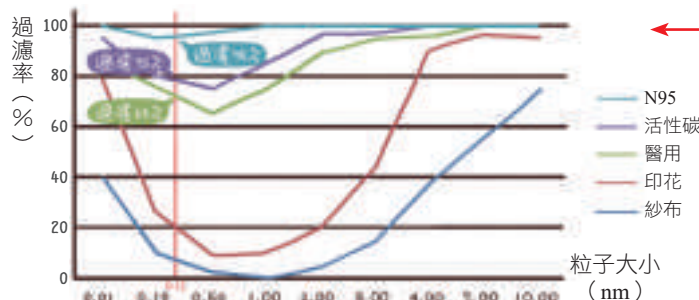
OX院長知識站 某健康節目常駐嘉賓 ...

2020年6月30日

某專業團隊提出研究報告，探討不同種類口罩對於粒狀物過濾效率。從圖中可以看見若要過濾與Covid-19的病毒直徑相同的 $0.12\mu\text{m}$ 微粒時，N95口罩過濾率最佳，而活性碳口罩的過濾率次之，一般醫療口罩最差！

問題出在哪呢？一般醫療口罩只能過濾阻擋約 $3\mu\text{m}$ 的微粒，所以若是真的對上病毒是沒有足夠防護力的！挑選口罩時，可以觀察盒子上的標章，寫有PFE 95%的話就代表可以過濾 100nm 大小的顆粒高達95%，像是N95或外科口罩就是這種等級的口罩。只要認準標示就可以挑到合適的口罩，過濾的直徑小，才具有防護力！

今天的小知識，你學會了嗎？



822

163則留言 941分享



只有N95才會具有保護力嗎？
口罩過濾的效果到底怎麼判斷？

注意 1 名醫背書

引用專業權威人士說法，讓一般民眾容易信以為真，減少質疑。

注意 2 誤導式的結論

只比較過濾直徑的大小，不考慮病毒傳播的方式，誤導民眾認為一般醫療口罩防護力不足，轉而搶購醫護需要的口罩。

注意 3 斷章取義的研究報告

此實驗目的僅測試不同顆粒大小的過濾率，但實際上研究中並未提出活性碳口罩對於病毒的防護能力。

讓我們根據本章所學來釐清謠言。（填填看）

釐清 1 口罩的過濾直徑

病毒顆粒約為 120nm （ $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ），也就是_____ μm （ $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ ）。雖然確實小於 $3\mu\text{m}$ ，但實際上傳播時是以飛沫或接觸來傳染，所以病毒會包在飛沫中，一般的醫療用口罩便足以阻擋病毒入侵，除非像醫護人員等處於高風險區域的人，否則是不需要去搶戴N95等級的口罩。

釐清 2 BFE、PFE、VFE標章

BFE是指細菌過濾率，可過濾約 $3\mu\text{m}$ 大小的顆粒；PFE是指顆粒過濾率，可過濾約100_____大小的顆粒；VFE是指病毒過濾率，可過濾約 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ 大小的顆粒。這種標章的一大重點為過濾率的百分比，像是BFE只要高於80%也具有防護力，數字愈高愈能阻擋空氣中更多的微粒。

實驗數據可以了解各種產品的效果，但需留意實驗目的以及結論是否符合所要說明的內容，避免錯誤的解讀。

“ 媒體識讀 (配合第二章)

「變頻冷氣」 標榜製造新鮮空氣!?



第XX屆居家用品展於今日盛大展出！OO冷氣現場展示獲獎冷氣機，此款標榜吹出新鮮氧氣的空調，於2021年全球污染物質暨人體健康研討會上，獲得由世界衛生組織（WHO）專家代表的林博士頒布的「人類健康綠色產品」證明，並認可此款空調製造新鮮空氣的能力。

世界衛生組織研究指出，90%的室內空氣污染來自一般的空調機，因此選擇合乎標準且優良的空調機，對使用者的健康有相當大的影響。此品牌雖也會產生些許PM_{2.5}微粒，但其濃度僅8微克／立方公尺，低於世界衛生組織公布的安全值，因此可以保障人體，不會對健康產生不良影響。



市面上許多空氣清淨機都會標榜能「製造新鮮空氣」，這是真的嗎？

注意 1 消息來源是否可信

雖寫出具有公信力的組織，但林博士是否確實為世界衛生組織代表？以及是否真有此證明？

注意 2 空氣污染來源來自空調機

空氣污染來源大多為燃燒固體燃料（有機物或煤）。

注意 3 消息內容是否正確

世界衛生組織對於粒狀物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫的空氣品質安全值建議為何？是否真的如廠商所述的安全？

讓我們根據本章所學來釐清不實廣告。（勾勾看、填填看）

釐清 1 何為空氣污染？

空氣污染是指於空氣中一些危害人體的物質，可能是氣體、固體及液體。最常見的便是一氧化碳、二氧化硫及PM_{2.5}等。由於這些物質微小，因此所使用濃度單位也較特殊，像是氣體常用單位為_____；懸浮微粒常用單位則是微克／立方公尺。

釐清 2 空氣清淨機原理？

空氣中有許多肉眼難以看見的雜質，因此有不少人會在家中裝設空氣清淨機。機器中有多層過濾網，一層比一層細密。當吸入空氣時，第一層會先將顆粒較_____的物質分離（☐過濾法 ☐結晶法），然後再進入更複雜的殺菌過程，最終去除異味後，排出乾淨空氣，如此循環直至空氣品質優良。

產品與廠商的宣傳是否符合科學理論？了解其中的運作原理再做出判斷，才可以購買到適合自己的產品。

電子驅蚊無煩惱？



市面上許多標榜可以「藉由音波驅趕害蟲」的APP，是否真具有效果？

最適合您的 智慧驅蚊器

智慧變頻 依照品種調整

安靜無聲 無噪音安心睡

環保材質 不造成環境負擔

聲波模擬雄蚊聲音，使頻率介於 5000Hz ~ 9000Hz 之間，用以驅趕咬人的雌蚊。可依據品種自動感應調整頻率，最高頻率可達 75000Hz！

發出功率高 驅趕效果佳

發出頻率高 人耳聽不見

隨蚊子品種來 調整頻率

時間	1~10 分鐘	10~30 分鐘	30~60 分鐘	1~2 小時	2~5 小時	10 小時後
蚊子	隨意飛動	躁動不安的飛舞	飛累了 停止不動	停止不動，但仍有躲避能力	停止不動，可輕易抓住	死亡
蒼蠅	隨意飛動	躁動不安的飛舞	快速飛動	停止不動，但仍有躲避能力	停止不動，可輕易抓住	死亡

注意 1 找名人推薦

讓人們認為相當有效果，可以安心購買此產品。

注意 2 利用大眾印象

利用大眾知道雌蚊會咬人的觀念介紹產品，引導消費者更加相信廣告內容。

注意 3 推銷話術

藉由數據提高可信度，但沒有實驗照片及測試單位，真實性存疑。

讓我們根據本章所學，來釐清廣告中容易誤導大眾的觀念。（勾勾看、寫寫看）

釐清 1 蚊子翅膀振動的聲音？

蚊子並沒有發聲器官，會有聲音是因為翅膀（☐ 快速 ☐ 緩慢）振動。且不同品種的蚊子所發出的聲音不同，這個差異可能與翅膀振動的_____有關。

釐清 2 是否真的聽不見聲音？

人耳可聽到的頻率約為 20Hz ~ _____，因此若以廣告中的雄蚊頻率來發出聲波，人耳是（☐ 可 ☐ 不可）聽到的。模擬雄蚊聲音或者蝙蝠的超聲波來驅蚊，理論上也許可行，但有實驗指出，若未能完全模擬大多數種類的蚊子聲音，則可能會吸引更多蚊子。

將實測效果標示於廣告中，似乎可以使人相信產品效果，但想想看這個實驗有什麼瑕疵，是否值得信任？

“ 媒體識讀 (配合第四章)

墨鏡愈黑，效果愈佳？



市面上有好多種顏色的墨鏡，只是因為好看嗎？



注意 1 沒有可信的消息來源

訊息來源是網路社群分享，但缺乏可信數據或資料。

注意 2 訊息內容是否正確

看似有科學根據，但顏色深淺和抗紫外線或抗藍光的關聯是什麼？

注意 3 散播不正確消息

來自網路的資訊，應先審慎查證內容是否正確，不分享未經證實的訊息，查證為錯誤可回頭告知傳訊者。

讓我們根據本章所學來釐清假訊息。（勾勾看、填填看）

釐清 1 深色鏡片可以抗紫外線？

（☐ 深 ☐ 淺）色的物體會吸收各種色光，所以太陽眼鏡鏡片顏色愈深，代表透光率愈低。但太陽光包括可見光和不可見光，紫外線屬於不可見光，所以鏡片顏色深淺和過濾紫外線功能（☐ 有關 ☐ 無關）。

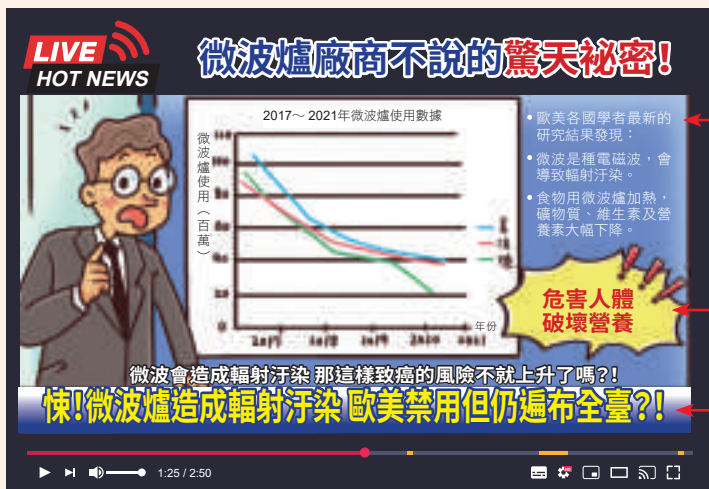
釐清 2 抗藍光眼鏡應該是什麼顏色？

要阻止光線通過，可以有兩種方法：一是使鏡片含有可吸收藍光的物質，根據三原色的概念，鏡片看起來就會呈現_____色；另一個方法是在鏡片表面鍍上抗藍光膜，讓藍光反射回去，鏡片看起來透明無色，但從正面看，可看到明顯的_____色反光。

分享訊息前，養成追根究柢的思考習慣，查核訊息是否正確，可以避免被不實消息誤導。

微波爐為什麼在歐美市場上慢慢消失？ 政府不說的驚天祕密

#現正直播 你不知道的可怕真相！



1000 人正在觀看

HOT NEWS

繁忙的生活型態讓微波爐成為烹飪的主力，在遍及臺灣大街小巷中的便利超商，到處可見使用微波爐加熱食品。但根據西元2017~2021年的調查，發現在歐美國家微波爐逐漸退出家庭廚房，甚至在德國家庭中幾乎看不到微波爐，這與臺灣使用微波爐的情況大相逕庭，原因為何呢？是不是有什麼政府或廠商不說的驚天祕密！



「微波爐是以輻射的方式加熱食物」，這則不正確的訊息為什麼會廣為流傳呢？

注意 1 調查單位不明確

並未提出值得信賴的調查單位以及數據引用單位，也許有問題？

注意 2 散播不正確的資訊

利用多數人對微波爐會發出致癌的輻射線等誤解，並故意引導人們，誤以為微波爐會使食物大量流失營養素。

注意 3 標題傳達的情緒

使用煽動情緒的用詞，讓人們心理產生恐懼。

讓我們根據本章所學，來釐清節目中容易誤導大眾的觀念。（勾勾看、寫寫看）

釐清 1 微波爐加熱原理為何？

微波爐加熱使用的微波與WiFi、太陽光等相同，都屬於電磁波。我們可以感受到太陽光的熱，是因為太陽以_____的方式對地球加熱。而微波爐是利用特定頻率的電磁波，使食物內的水分劇烈旋轉、震動，使水分子間相互摩擦而產生熱。

釐清 2 微波爐加熱食物，真的會造成食物流失營養素嗎？

微波爐加熱食物主要是利用食物內的大量水分子迅速摩擦生熱，來（☐ 緩慢 ☐ 快速）加熱食物，反而不會過度烹調，而能鎖住營養。若為常見的水煮、油煎或炸來處理食物，主要都是利用（☐ 熱對流 ☐ 熱傳導）來烹調食物，需要較多的時間來煮熟，有時反而可能使食物流失較多的營養成分，且若煮焦食物則可能產生致癌物質。

學習科學知識，養成追根究柢的思考習慣，對懷疑處查證確認，可以避免被不實消息誤導。

“ 媒體識讀 (配合第六章)

鋁箔紙、鋁鍋害失智？ 烹煮一餐就會吃下超標的有毒鋁金屬元素？！



可曾想過，鋁箔紙、鋁鍋溶出的鋁金屬是阿茲海默症起因？



煮婦知識家

2020年2月25日

今天看到一則影片，阿茲海默症的起因可能跟鋁脫不了干係！過去也有加拿大醫生解剖研究阿茲海默症患者的大腦，發現鋁的含量高於正常人，請各位煮婦們不要再用鋁箔紙烤肉了，也盡快丟棄家中的鋁鍋吧！

鋁鍋、鋁箔烹煮安全嗎？



恐與阿茲海默症有關



532

888則留言 165分享



金小虎

我最愛吃傳統鋁鍋煮的鍋燒意麵，我不想得老人癡呆啊！😭



林小晨

我一定要分享給大家知道！

注意 1 消息來源是否可信

訊息來源是網路社群分享，但缺乏可信數據或資料。應先審慎查證內容是否正確，實驗是否嚴謹、客觀。

注意 2 影片內容是否正確

一般大眾對鋁知識了解不多，致使民眾相信影片內容。

注意 3 散播不正確消息

若沒有懷疑訊息真實性，且未經查證，容易導致假訊息傳播。

讓我們根據本章所學來釐清謠言。（勾勾看）

釐清 1 烹煮一餐真的會攝入過量鋁元素嗎？

鋁大都以（☐ 元素 ☐ 化合物）的形態存在，舉凡玻璃用品、塑膠製品、金屬製品、甚至食物及飲水中都含有鋁，人體鋁的全身總含量最多不過30~50毫克，國外的研究指出，用鋁鍋烹煮酸性食材，鋁鍋本身會溶出3~5毫克的鋁，以美國環保署規定每公斤成人每天1毫克的限量來說，60公斤的成人1天要吃60毫克才會超標。

釐清 2 鋁真的會造成阿茲海默症嗎？

鋁元素是地殼中含量最豐富的金屬，金屬鋁的外觀呈現（☐ 銀白色 ☐ 黃色），重量輕。氫氧化鋁是胃藥的主成分之一，而傳言中造成阿茲海默症的鋁離子（☐ Al ☐ Al^{3+} ）釋出，兩者是不一樣的。

學習科學知識，養成追根究柢的思考習慣，對懷疑處查證確認，可以避免被不實消息誤導。

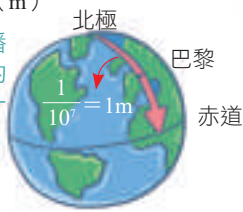
第一章圖解point

長度、質量與時間

- 探索科學的過程，可透過「量化」表示更精確的數量資料。
- 量化方法：

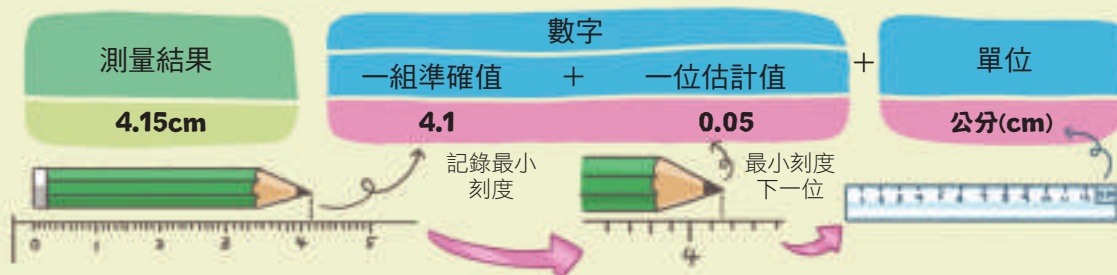


- 物理量：可用數值表示測量結果的屬性。
- 國際單位制（SI制）：國際間公認的測量標準與單位。

常用物理量		
長度	質量	時間
單位 公尺 (m) 現今以光傳播 一秒距離的 3×10^8 分之一 來定義 	單位 公斤 (kg) 現今有更精確的 定義  鉑銥合金 公斤原器	單位 秒 (s)  銇原子鐘
工具  直尺 皮尺 雷射測距儀	工具  上皿天平 電子天平	工具  沙漏 時鐘 計時器

測量與估計

測量物理量時，需選擇適當的工具或儀器。



體積與密度

體積：物體所占空間的大小

規則物體



測量邊長以公式做計算

不規則物體



排水法
排開體積
= 物體體積

單位

體積 1立方公尺 (m³) = 10⁶立方公分 (cm³)

容積 10³公升 (L) = 10⁶毫升 (mL、c.c.)

密度：單位體積內所含的質量

$$\text{密度 (D)} = \frac{\text{質量 (m)}}{\text{體積 (V)}}$$



體積小
密度大

體積大
密度小

單位

g/cm³

kg/m³

g/L

生活中的尺度

使用正確的尺度，
在傳達上才能精確的描述。



空間尺度



公里 (km)
10³m

公尺 (m)
m

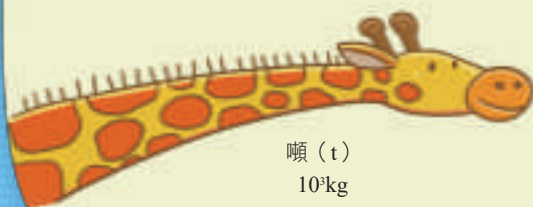
公分 (cm)
10⁻²m

毫米 (mm)
10⁻³m

微米 (μm)
10⁻⁶m

奈米 (nm)
10⁻⁹m

質量尺度



噸 (t)
10³kg



公斤 (kg)
kg



公克 (g)
10⁻³kg

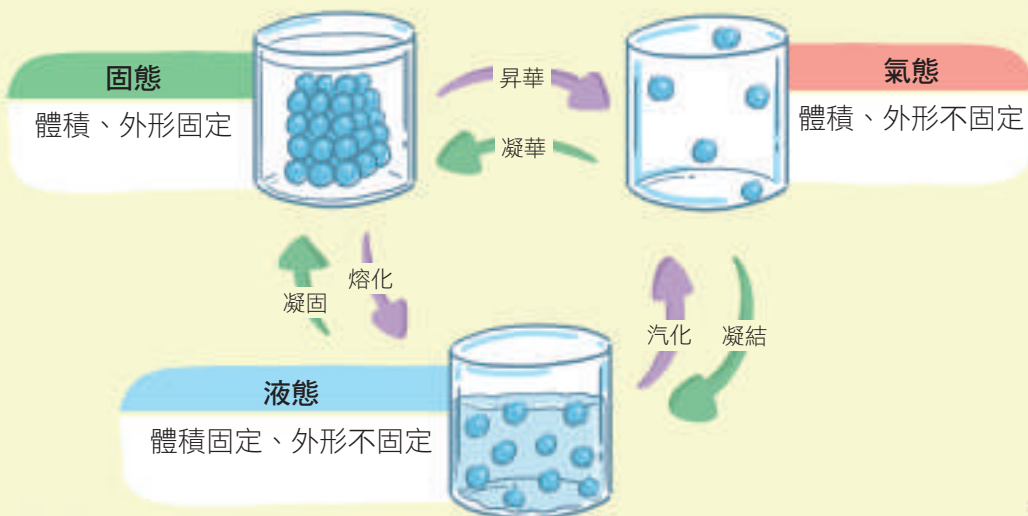


毫克 (mg)
10⁻⁶kg

第二章圖解 point

物質的三態與粒子觀

- 當環境（溫度、壓力）改變時，物質三態會發生變化。



物質的性質與區分

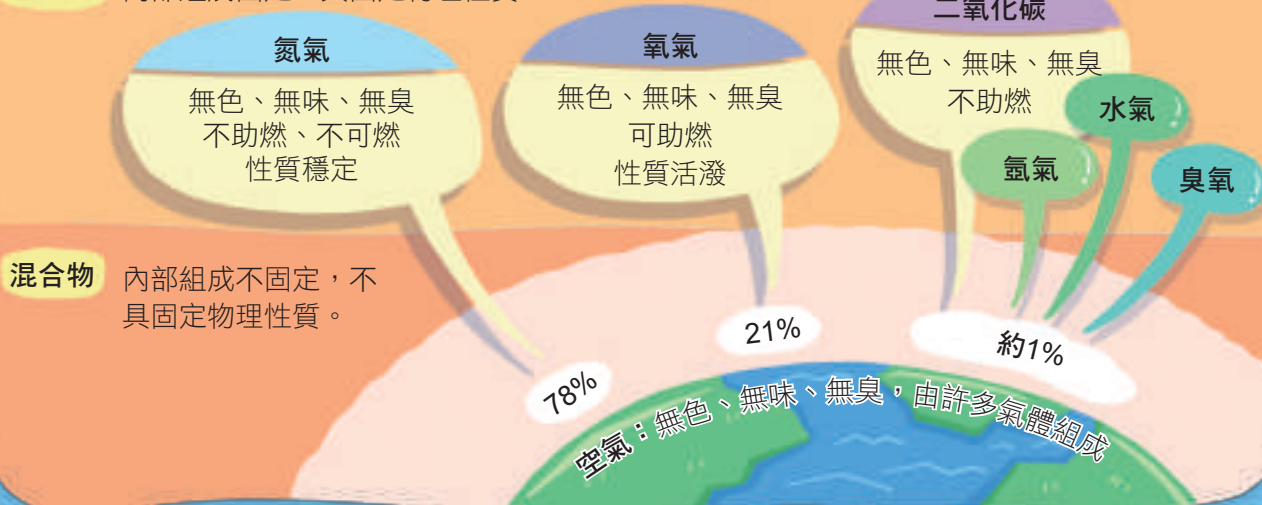
- 物質的變化

	物理變化	化學變化
組成	不變	改變
新物質	無	有
舉例	三態變化、溶解 	燃燒、生鏽 

- 物質的性質

	物理性質	化學性質
定義	不需由化學變化，就可由感官或儀器得知的性質	必需由化學變化，才可觀察或測得的性質
舉例	顏色、熔點、重量 	可燃性、助燃性、酸鹼性 

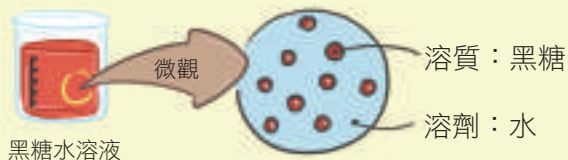
純物質 內部組成固定，具固定物理性質。



混合物 內部組成不固定，不具固定物理性質。

溶液與濃度

溶液 = 溶質 + 溶劑



- 濃度：定量溶液中，所含溶質的多寡。
- 常見濃度表示法

重量百分率濃度

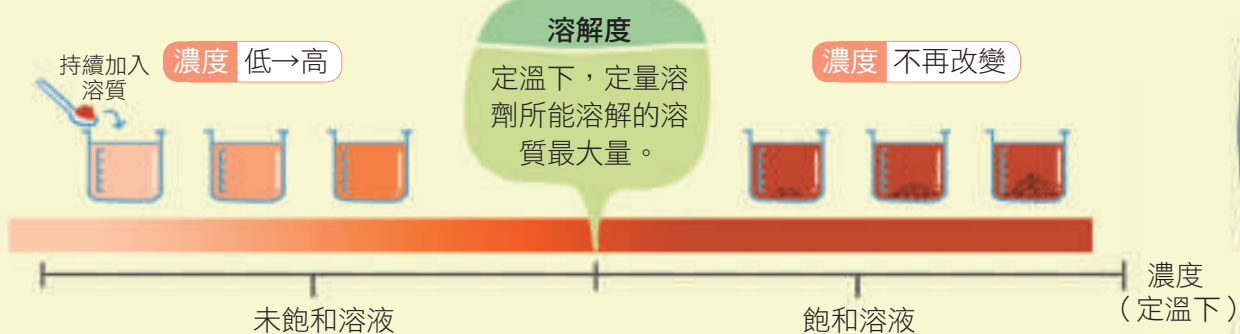
$$\frac{\text{溶質重量}}{\text{溶液重量}} \times 100\%$$

體積百分率濃度

$$\frac{\text{溶質體積}}{\text{溶液體積}} \times 100\%$$

百萬分點ppm

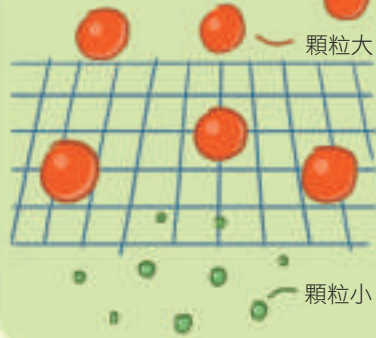
$$1\text{ppm} = \frac{1}{10^6}$$



混合物的分離

過濾法

分離依據：物質顆粒大小



結晶法

加熱使溶劑蒸發



濾紙色層分析法

分離依據：溶劑中的物質對濾紙附著力大小



第三章圖解point

波的傳播與特徵

· 波與波動：擾動在空間上傳播的一種現象。

有無介質

力學波 需要介質傳播的波



繩波：繩子



聲波：空氣

非力學波 不需介質傳播的波



光波



無線電波

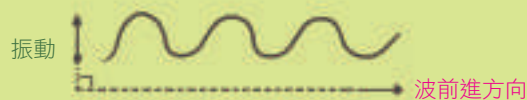
介質
傳遞波的媒介



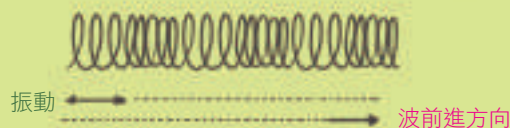
波源（振源）
造成物質擾動的
來源

振動、
前進方向

橫波（高低波）



縱波（疏密波）



· 波速：波傳遞的快慢程度

$$= \frac{\text{波傳遞的距離}}{\text{波傳遞的時間}}$$

$$= \frac{\lambda}{T} = f \times \lambda$$

週期(T)

互為倒數

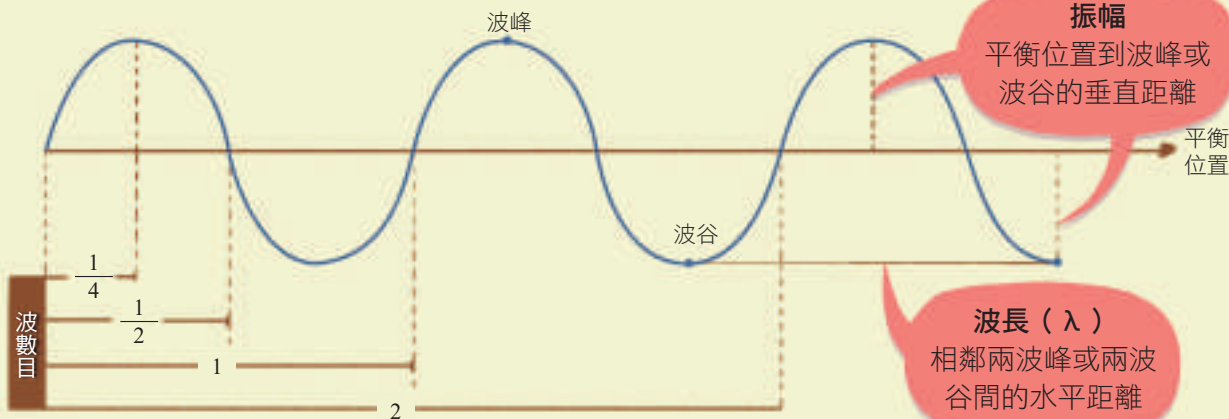
頻率(f)

產生一個全波所需的時間

一秒內所產生的波的數目

單位：秒 (s)

單位：1/秒 (1/s)、赫茲 (Hz)



聲音的形成

・聲音：由物體振動所造成。



・聲速與介質種類與狀態有關

氣體 < 液體 < 固體



溫度為影響空氣中聲速的主要因素

多變的聲音

・聲音三要素

響度 振幅不同

單位：分貝 (dB)

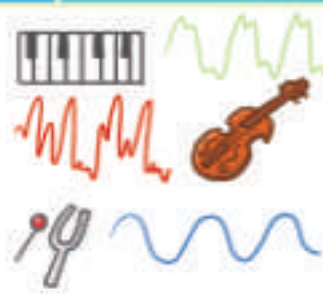


音調 頻率不同

單位：赫 (Hz)



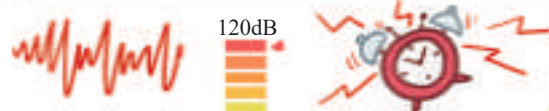
音色 波形不同



樂音 波形規律，令人悅耳的聲音



噪音 波形不規律，音量過大的聲音



聲波的傳播與應用

・聲波反射（回聲）：遇到障礙物返回原介質。

堅硬表面 易產生回聲



柔軟表面
易吸收聲音

・超聲波 (> 20000 Hz)

超聲波應用



第四章圖解 point

光的傳播

- 發光體（光源）：本身會發出光線的物體



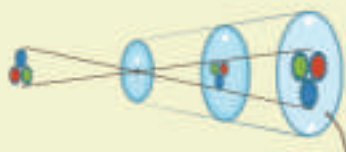
光的直進性

- 光在均勻介質中會以直線前進



針孔成像

- 成像會上下顛倒，左右相反



實像：由真實光線構成的像

面鏡成像

- 平面鏡：
正立虛像

虛像：成像不是由實際光線構成，無法投影於屏幕。



- 凸面鏡：
正立縮小虛像

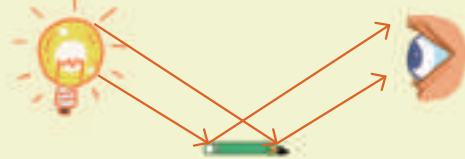


- 凹面鏡：
近距離時成正立放大虛像



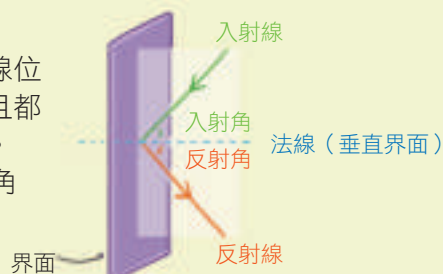
光的反射與面鏡成像

- 非發光體：需將光反射進入眼睛才能被看見的物體

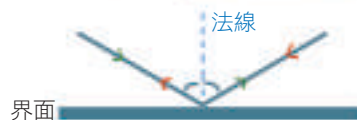


反射定律

- 入射線、反射線位於法線兩側，且都在同一平面上。
- 入射角 = 反射角



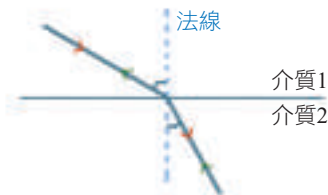
相同反射路徑



光的可逆性

當光線沿著原來反射光／折射光的路徑射到界面時，必會沿著原來入射光的路徑出去。

相同折射路徑



光的折射

- 折射：光斜向進入不同透明的介質時，前進的方向會發生偏折。

光速：快→慢
入射角>折射角
折射線偏向法線

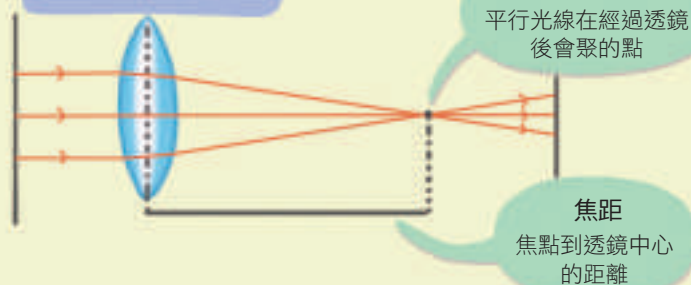
光速：慢→快
入射角<折射角
折射線偏離法線



透鏡成像

透鏡種類

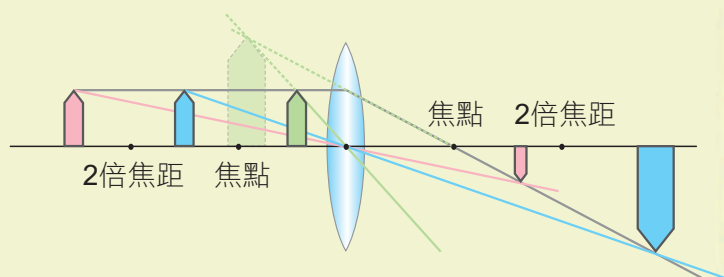
① 凸透鏡（會聚透鏡）



② 凹透鏡（發散透鏡）

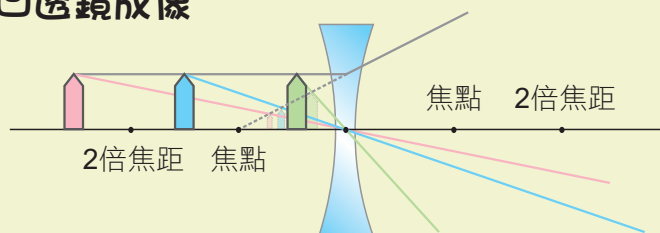


凸透鏡成像



物體位置	成像性質		
	正／倒立	大／小	虛／實
2倍焦距外	倒立	縮小	實像
1-2倍焦距間	倒立	放大	實像
焦點-透鏡間	正立	放大	虛像

凹透鏡成像



物體位置	成像性質		
	正／倒立	大／小	虛／實
2倍焦距外			
1-2倍焦距間	正立	縮小	虛像
焦點-透鏡間			

色散與顏色

· 色散：

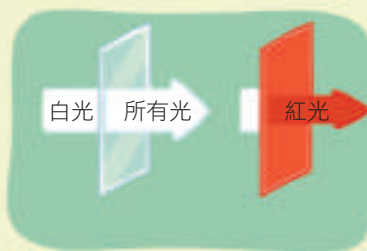
光線經物體折射後，分散成各種色光的現象。



· 顏色的成因

① 透明物體：

由可穿透的色光決定



② 不透明物體：

由物體表面吸收與反射光決定



第五章圖解 point

溫度與溫度計

- 溫度：表示物體的冷熱程度。
- 自製溫度計的原理：利用水熱脹冷縮的特性。



熱量與比熱

熱量(H) 卡, cal

30°C 水



1g水上升1°C
吸收1卡熱量

31°C 水



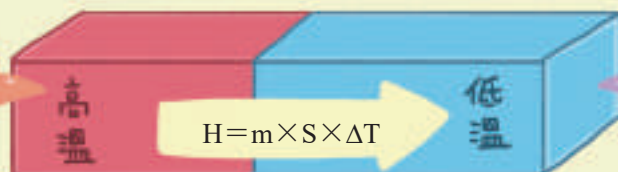
加熱愈久
水吸收更多熱量

50°C 水



- 熱量的流動

高溫物體放出熱量
溫度下降
 $\Delta T < 0$



低溫物體吸收熱量
溫度上升
 $\Delta T > 0$

比熱(s) 卡/克·°C, cal/g·°C

30°C



1g的物質上升1°C
吸收S卡熱量

31°C



- 常見物質的比熱

物質				
比熱 cal/g·°C	1.00	0.55	0.093	0.113

- 比熱與溫度的變化關係

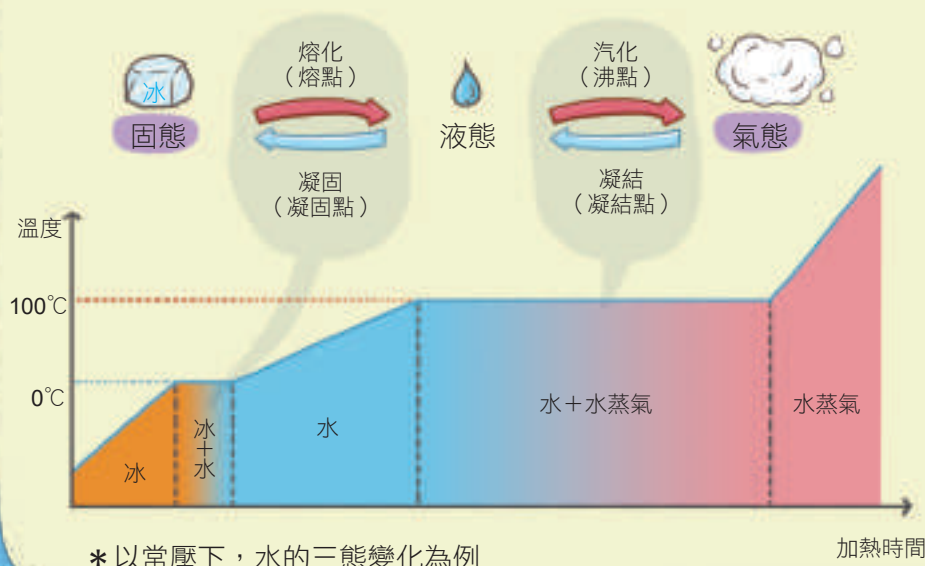


水比熱大，升溫慢

沙子比熱小，升溫快

熱對物質的影響

狀態



體積

溫度上升時，大部分物體的體積變大。



熱的傳播方式

傳導

固體主要傳遞熱的方式。

- 良導體：大部分金屬

銀



銅



傳導速度：銀>銅

- 不良導體：非金屬固體、大部分液體及氣體。



對流

液體、氣體主要傳遞熱的方式。不需經由介質，將熱直接傳遞到四周。

- 液體：



- 氣體：冷氣裝在室內高處，暖氣放在室內地板。



輻射

不需經由介質，將熱直接傳遞到四周。

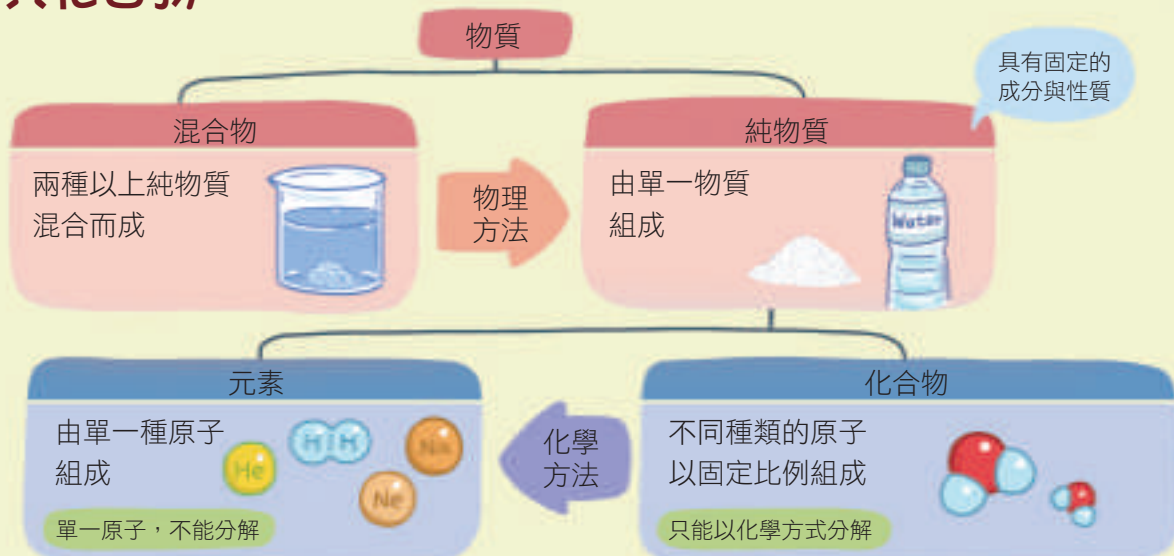


- 深色物體比淺色物體更容易吸收及放出輻射熱。



第六章圖解 point

元素與化合物



生活中常見元素

	金屬	非金屬
熔、沸點	高	低
導電性	○	×
延展性	○	×
金屬光澤	○	×

例外
石墨可以導電

物質結構與原子

原子說

所有物質皆由不可被分割的原子所組成。

同一元素，具有相同質量、性質

不同元素，具有不同質量、性質

不同元素的原子以簡單整數比例結合成化合物

化學反應只是原子間重新排列，形成新物質，反應中原子不會消失、創造或改變。

週期表

· 排列方式：元素依原子序由小到大排列，從左到右，由上到下排列。

第 1 族 鹼金屬族

1. 性質活潑、質地柔軟
2. 熔點低，易與水反應，常儲存於礦油

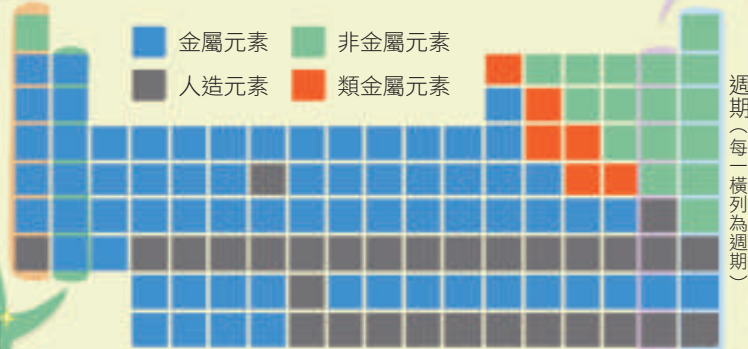


第 2 族 鹼土金屬族

1. 常以化合物形式存於地殼
2. 與碳酸鹽類反應會產生沉澱



金屬元素 非金屬元素
人造元素 類金屬元素



週期（每一橫列為週期）

族（每一縱行為族，同族化學性質相似）

第 17 族 鹵素

1. 最活潑的非金屬元素
2. 狀態、顏色多變，具有毒性



第 18 族 鈍氣

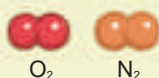
1. 又稱惰性氣體
2. 化學性質安定，不易與其他物質反應



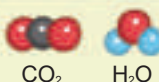
分子與化學式

· 分子：由原子組成，能表現純物質特性的最小單位。

由兩個原子組成



由兩個以上原子組成



· 化學式：由元素符號及數字來表示純物質的組成。

分子數目 元素符號 數目為1省略 原子數目



單一元素 多種原子 多個分子



· 化學式通則

組成	寫法通則	舉例
金屬元素	以單原子表示	Li
金屬 + 非金屬	金屬在前 非金屬在後	NaCl
含氧化合物	氧原子在後	CO ₂
含碳、氫、氧	依 C、H、O 順序排列	C ₆ H ₁₂ O ₆
含特定原子團	特定原子團寫在後	NaOH

原子結構示意圖

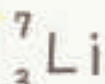


質量比較 ≡ ≡ × 1836

質量數 中子數 + 質子數



原子序 質子數 = 電子數



重要名詞索引

第1章 基本測量

物理量 (p12)

國際單位制 (p12)

SI制 (p12)

公尺 (p12)

質量 (p13)

公斤 (p13)

時間 (p14)

秒 (p14)

準確值 (p16)

估計值 (p16)

排水法 (p19)

密度 (p21)

第2章 物質的世界

固態 (p28)

熔化 (p28)

液態 (p28)

昇華 (p28)

氣態 (p28)

汽化 (p28)

凝固 (p29)

凝華 (p29)

凝結 (p29)

物理變化 (p30)

化學變化 (p30)

物理性質 (p31)

化學性質 (p31)

氮氣 (p32)

氧氣 (p32)

氫氣 (p32)

二氧化碳 (p33)

排水集氣法 (p36)

溶液 (p39)

溶劑 (p39)

溶質 (p39)

水溶液 (p39)

濃度 (p40)

重量百分率濃度 (p40)

體積百分率濃度 (p41)

百萬分點 (p41)

ppm (p41)

溶解度 (p42)

未飽和溶液 (p42)

飽和溶液 (p42)

過濾法 (p44)

結晶法 (p44)

濾紙色層分析法 (p45)

第3章 波動與聲音

波 (p56)

波動 (p56)

波源 (p56)
振源 (p56)
介質 (p56)
力學波 (p57)
非力學波 (p57)
橫波 (p58)
高低波 (p58)
縱波 (p58)
疏密波 (p58)
波速 (p59)
週期波 (p60)
全波 (p60)
波峰 (p60)
波谷 (p60)
波長 (p61)
振幅 (p61)
週期 (p62)
頻率 (p62)
赫茲 (p62)
聲源 (p66)
聲速 (p68)
響度 (p70)
音量 (p70)
分貝 (p70)
音調 (p71)

音色 (p72)
樂音 (p73)
噪音 (p73)
回聲 (p74)
超聲波 (p76)
超音波 (p76)

第4章 光、影像與顏色

發光體 (p86)
光源 (p86)
光的直進性 (p87)
實像 (p87)
界面 (p91)
法線 (p91)
入射線 (p91)
反射線 (p91)
入射角 (p91)
反射角 (p91)
反射定律 (p92)
光的可逆性 (p92)
虛像 (p95)
焦點 (p97)
折射 (p100)
折射線 (p100)
折射角 (p100)

凸透鏡 (p102)
會聚透鏡 (p102)
凹透鏡 (p103)
發散透鏡 (p103)
焦距 (p106)
色散 (p112)
光的三原色 (p113)

第5章 溫度與熱

溫度 (p126)
熱脹冷縮 (p127)
華氏溫標 (p127)
攝氏溫標 (p127)
熱源 (p128)
熱量 (p129)
卡 (p129)
千卡 (p129)
大卡 (p129)
熱平衡 (p130)
比熱 (p133)
熔點 (p136)
凝固點 (p136)
冰點 (p136)
沸點 (p137)
凝結點 (p137)
傳導 (p140)
對流 (p141)
輻射 (p142)

第6章 物質的基本結構

元素 (p150)
化合物 (p150)
金屬 (p154)
非金屬 (p154)
原子 (p160)
原子說 (p160)
電子 (p162)
原子核 (p163)
質子 (p163)
電中性 (p163)
中子 (p163)
質子數 (p164)
原子序 (p164)
電子數 (p164)
質量數 (p164)
週期表 (p167)
族 (p167)
週期 (p167)
鹼金屬族 (p168)
鹼土金屬族 (p168)
鹵素 (p169)
鈍氣 (p169)
惰性氣體 (p169)
分子 (p170)
化學式 (p172)

圖

照來源

第1章 基本測量

p12	圖1-1	dreamstime提供
p14	圖1-3	Depositphotos提供
p24	大K原器	Depositphotos提供

第2章 物質的世界

p28	熔化	Depositphotos提供
	汽化	Depositphotos提供
	昇華	達志有限公司提供
p29	凝結	Depositphotos提供
	凝華	達志有限公司提供
p30	圖2-1上	Depositphotos提供
	圖2-1下	Depositphotos提供
p31	圖2-2a	Adobe Stock提供
	圖2-2b	Adobe Stock提供
p33	圖2-4	dreamstime提供
	圖2-6	Adobe Stock提供
	圖2-7	Adobe Stock提供
p39	圖2-12	Depositphotos提供
p44	圖2-21	Depositphotos提供
	圖2-22	Depositphotos提供
	圖2-24	台灣影像圖庫
p45	圖2-26	達志有限公司提供

第3章 波動與聲音

p56	圖3-1	Depositphotos提供
	圖3-2左	Depositphotos提供
	圖3-2右	Depositphotos提供
p57	圖3-4	Depositphotos提供
p66	圖3-12	Depositphotos提供
p69	圖3-15	dreamstime提供
	圖3-16	Depositphotos提供
p70	分貝計	Depositphotos提供
p72	圖3-20音叉	dreamstime提供
	圖3-20長笛	dreamstime提供
	圖3-20小號	達志有限公司提供
	圖3-20小提琴	dreamstime提供
	圖3-20雙簧管	dreamstime提供
p73	右下	Depositphotos提供
p75	圖3-25	聯合圖庫
p76	圖3-27	Depositphotos提供
	圖3-28	Depositphotos提供
p80	聽診器	達志有限公司提供
	雷奈克醫生	alamy提供

第4章 光、影像與顏色

p86	圖4-1	Depositphotos提供
p87	圖4-3	Depositphotos提供

p88	圖4-4	Depositphotos提供
p89	圖4-5	Depositphotos提供
p94	圖4-10	Depositphotos提供
	圖4-11	Adobe Stock提供
p96	圖4-14左	Depositphotos提供
	圖4-14右	Depositphotos提供
p97	圖4-16左	Depositphotos提供
	圖4-16右	Depositphotos提供
p110	圖4-21	達志有限公司提供
p112	圖4-24b	alamy提供
	圖4-25	達志有限公司提供
p113	圖4-27手機	Depositphotos提供
	圖4-28	getty提供
p120	諾貝爾得主	達志有限公司提供
p121	燈具	Depositphotos提供

第5章 溫度與熱

p126	圖5-1上	Depositphotos提供
	圖5-1下	達志有限公司提供
p134	圖5-7a	達志有限公司提供
p140	圖5-13上	Depositphotos提供
	圖5-13下	達志有限公司提供
p141	圖5-15	dreamstime提供
p142	圖5-16左	Depositphotos提供

	圖5-16右	Depositphotos提供
p144	太陽能板	達志有限公司提供
	儲油槽和油罐車	Depositphotos提供

第6章 物質的基本結構

p153	圖6-3左	達志有限公司提供
	圖6-3中	達志有限公司提供
	圖6-3右	Adobe Stock提供
p156	圖6-5a	達志有限公司提供
	圖6-5b	Adobe Stock提供
	圖6-5c	達志有限公司提供
	圖6-6a 上	dreamstime提供
	圖6-6a 下	Adobe Stock提供
p157	圖6-7碳	Adobe Stock提供
	圖6-7溴	達志有限公司提供
	圖6-7氯	alamy提供
	圖6-8a	Adobe Stock提供
p158	金	Adobe Stock提供
	金飾	Adobe Stock提供
	銀	Adobe Stock提供
	銀幣	Adobe Stock提供
	汞	Adobe Stock提供
	日光燈	Adobe Stock提供
p159	鋁	Adobe Stock提供

	飛機	Adobe Stock提供
	銅	Adobe Stock提供
	樂器	Adobe Stock提供
	鈦	Adobe Stock提供
	火箭	dreamstime提供
p160	矽	Adobe Stock提供
	矽晶圓	Adobe Stock提供
	煤炭	Adobe Stock提供
	石墨	Adobe Stock提供
	鑽石	Adobe Stock提供
	石墨稀	Adobe Stock提供
p161	硫	Adobe Stock提供
	煙火	Adobe Stock提供
p162	德謨克利特	Adobe Stock提供
	波以耳	Adobe Stock提供
	道耳頓	Adobe Stock提供
p168	拉瓦節	Adobe Stock提供
	門得列夫	Adobe Stock提供
	莫斯利	Adobe Stock提供
p170	鹼金屬	達志有限公司提供
	鎂	dreamstime提供
p171	碘揮發	達志有限公司提供
	惰性氣體通電	Adobe Stock提供

p172	道耳頓	Adobe Stock提供
	給呂薩克	Adobe Stock提供
	亞佛加厥	Adobe Stock提供
	坎尼札羅	Adobe Stock提供

跨科主題 地球的生命之光——太陽

p186	白天	Depositphotos提供
	夕陽	Depositphotos提供
	月球表面	NASA提供
P189	監視器	Depositphotos提供
p191	日全食	NASA提供

章 首頁解答

第1章 p10~11

依同學實際測量值填寫

第2章 p26~27

照片中粒子排列整齊且緊密，為固體，因此犯人是冰人

第4章 p84~85



放上紅色玻璃紙

撲克牌背面呈現出的文字

指南針放上鐵鉛罐
真相將無所遁形



此處放上圓筒鏡

圓筒鏡上看到的圖案



牛頓 (Isaac Newton)

第6章 p148~149

抵押石頭：碘

金屬比賽冠軍：鉀

世界通用貨幣：鎂

一氣之下孩子跑了：氦

捧著金碗乞討：鈣

刮去魚鱗鑲上石身：磷

科學 tell me why 解答

第1章

- 1-1 各種單位之間需要換算，再比較一單位的麵粉單價，即可知道一公斤裝的麵粉較便宜。
- 1-2 視覺上會認為**b**圖形較**a**圖形大，但如用尺測量，會發現兩張圖是同樣大小的。
- 1-3 相同體積的油跟水，可以用上皿天平或是電子天平測量，可發現兩者的質量是不一樣的，因為兩者的密度不同。

第2章

- 2-1 冰塊放於常溫中，會熔化為水；乾冰放於常溫中，會汽化為小水滴。
- 2-2 加了白開水後，湯會變得比較不鹹，但是湯的量變多了，如果將所有湯都喝掉，溶質（食鹽）的量並沒有改變，攝取的鹽分自然也沒有下降。
- 2-3 可以採用過濾法將水中的雜質過濾掉，市面上便有一種生命吸管，使用時可以直接吸取髒的河水，並在管內過濾得到乾淨的清水。

第3章

- 3-1 是因為喇叭的膜產生劇烈的振動，使空氣亦產生振動，並擾動了點燃的蠟燭。
- 3-2 雷聲及放鞭炮都會產生巨大的聲響，使車子振動幅度過大，觸動了防盜器而發出警示聲。
- 3-3 阿翰聽出媽媽的聲音響度較大，且音色改變，大腦依據經驗辨認出這是媽媽在生氣的聲音。
- 3-4 遠處傳來的雷聲，在傳到我們耳中前，經過旁邊各種建築、山坡等堅硬物的多次反射，故不是一聲巨響，而是連續轟隆聲。

第4章

- 4-1 電影院中是用投影機將光線投射在布幕上，故如果有人站起來，遮蔽了投影機的光線，依照光的直進性，便會產生影子在布幕上。
- 4-2 試鞋鏡通常為斜放在地面上，因角度關係較能夠看到鞋子的側面，這是一般穿衣鏡做不到的。
- 4-3 水面上升時，光線的折射點會愈接近人眼，看到的桶底就會愈近。
- 4-4 裝水的杯子等同於一個上下方向是平面鏡但左右

方向是凸透鏡的透明物，故在焦點外會產生左右相反但上下不顛倒的實像。若是不裝水則不會有介質差異，光不會折射便不會產生這種現象，若是將物體放在焦點內，會產生左右放大的正立虛像。

- 4-5 太陽光經過水中的小水珠時產生折射不同顏色的光因折射角不同而分開，形成色散的現象。

第5章

- 5-1 因為每個人對於溫度的感知皆不同，故如果要準確知道人是否有發燒，應該要用溫度計或體溫計來測量。
- 5-2 是因為太陽光所傳遞的熱量，流入人體及冰棒中產生的現象。
- 5-3 因小黑砂的比熱小，溫度上升較快，能夠幫助栗子炒熟。
- 5-4 因固態具有固定的形狀，故不同形狀的冰塊便無法裝入彼此的盒子中。
- 5-5 因為金屬的熱傳導快，而木頭的熱傳導較慢，故應該拿木湯匙舀湯，或是用抹布包覆金屬湯匙阻絕傳導，才不會被燙到。

第6章

- 6-1 日常生活中的水是由水分子所組成，而水分子則是由氫原子與氧原子所組成。
- 6-2 請依實際情況作答。
- 6-3 實際狀況中，我們將粉筆對切最多只能切成粉筆灰，但這些粉筆灰還能分割成更小的粒子，即是本章欲學習之內容。
- 6-4 請寫下自己的想法。
- 6-5 質子是原子核中帶正電的粒子，中子是原子核內不帶電的粒子，電子是原子核外帶負電的粒子，分子是由兩個或以上原子所組成的單位，而原子則是組成物質的基本粒子。

例題解答

例題 1-1 • p15

- 琳琳在與家距離1公里的水果攤，買了一袋質量為500公克的蘋果。
- 阿翰是學校的田徑隊員，他可以在短跑100公尺的比賽中，跑出10秒的佳績。

例題 1-2 • p17

- 測量結果=6.59cm
準確值=6.5
估計值=0.09
- 測量結果=4.2cm
準確值=4
估計值=0.2

例題 1-3 • p17

$$\frac{(25.92+25.94+25.91+25.95)}{4} = 25.93 \text{公分}$$

例題 2-1 • p30

- | | | |
|------------|-----------|----------|
| 〔物〕 咖啡豆磨成粉 | 〔物〕 巧克力熔化 | 〔化〕 牛奶變酸 |
| 〔化〕 光合作用 | 〔物〕 自來水煮沸 | 〔化〕 紙錢燃燒 |
| 〔物〕 糖溶於水 | 〔物〕 鉛筆芯折斷 | 〔物〕 水結成冰 |

例題 2-2 • p38

(A) 薈頭漏斗末端沒入液面，是避免反應產生的氣體從上方逸散。(B) 氧氣難溶於水，因此可以使用排水集氣法收集氣體。(C) 雙氧水分解產生氧，是一種化學變化。故答案為(D)。

例題 2-3 • p40

$$\begin{aligned} \text{重量百分率濃度} &= \frac{\text{溶質重量}}{(\text{溶劑} + \text{溶質}) \text{重量}} \times 100\% \\ &= \frac{20}{(180 + 20)} \times 100\% = 10\% \end{aligned}$$

例題 2-4 • p41

$$\text{濃度} = \frac{\text{汙染物含量}}{\text{取用的河水量}} = \frac{400 \text{毫升}}{1 \text{千公升}} = 400 \text{毫升} / \text{千公升}$$

故為400ppm。

例題 3-1 • p61

(2) 為週期波，因為連續且具有規律性

例題 3-2 • p63

(1) P: 下、R: 上

(2)

振幅	波長	頻率	週期	波速
5cm	10cm	2Hz	0.5s	20cm/s

例題 3-3 • p68

- () 聲波能透過氣體傳播，傳播速率最慢。
 (✓) 大聲喊叫與小聲說話時所發出的聲波，傳播速率相同。
 (✓) 講話快慢不會影響聲波速率。
 () 頻率高低會影響聲波速率。
 () 溫度高低不會影響聲波速率。

例題 3-4 • p72

否、是、是、是

例題 3-5 • p77

不同動物可聽到聲音的頻率範圍不同，人耳約能聽見20～20000Hz的頻率，而蝙蝠發出的超聲波頻率>20000Hz，為人耳無法聽見的頻率。故答案為(B)。

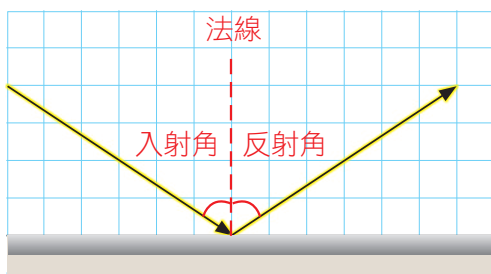
例題 4-1 • p88

將手與蠟燭間的距離縮短（手與牆壁間的距離增長）可使手影更大。

例題 4-2 • p88

- (1) $(1.5 \times 10^8) \div (3 \times 10^5) = 500$ (秒)
 (2) $(1.5 \times 10^8) \div 10 = 1.5 \times 10^7$ (秒)

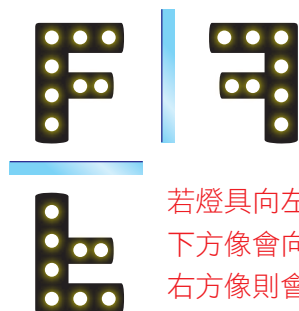
例題 4-3 • p93



例題 4-4 • p93

光具有可逆性，從A點發出的雷射光會沿原入射光的路徑射出，所以入射角仍為 30° ，而根據反射定律，入射角等於反射角，反射角也為 30° 。故答案為(C)。

例題 4-5 • p98



若燈具向左移3公分，
 下方像會向左移3公分，
 右方像則會向右移3公分。

例題 4-6 • p111

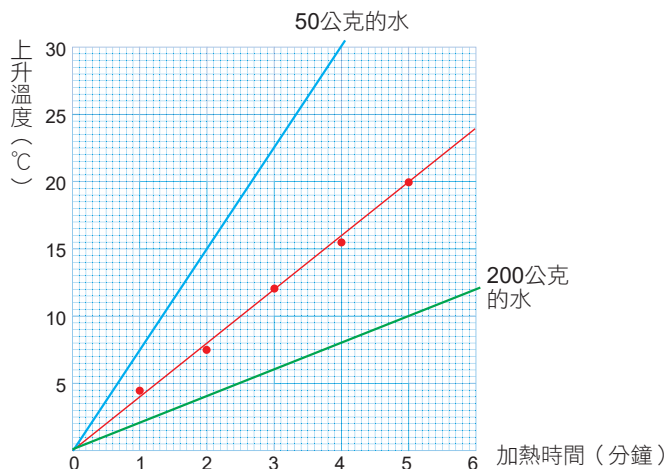
水滴於玻片上等同形成一個平凸透鏡，且其為放大正立的像因此為虛像，無法成像於白紙上，因此小松及小常的推論為正確的。

例題 4-7 • p115



例題 5-1 • p130

因 $H \propto m \times \Delta T$ ，故相同加熱時間時，質量與溫度變化成反比，兩者相乘成定值。每分鐘100g的水上升4°C，可推知，每分鐘200g的水會上升2°C、50g的水會上升8°C，繪製出的圖形如圖。

**例題 5-2** • p138

(A)水汽化成水蒸氣後，持續加熱溫度持續上升。(C)水凝固成冰的溫度稱為凝固點。(D)水汽化成水蒸氣的溫度稱為凝結點。故答案為(B)。

例題 5-3 • p143

- (C) 在嚴寒冬天夜裡，穿著淺色的衣服。
- (A) 夏天坐在鐵製椅子上，臀部感受到熱。
- (A) 窯烤地瓜時，將熱燙的灰燼包裹住地瓜傳遞熱量。
- (B) 火災現場容易產生風。
- (C) 太陽傳熱至地球。

例題 6-1 • p152

- (1)氧氣無法再用化學方法分解，為元素。氧化汞、氯化鈉、二氧化碳、碳酸鈣為兩種以上元素所組成的化合物。兩者均為純物質。故答案為(D)。
- (2)氧氣為元素，其他四者為化合物，故答案為(A)。

例題 6-2 • p165

甲：質量數減中子數等於原子序，因此可知甲為92。乙：要知道中子數的數目，需知道質量數才能計算，因此乙無法進行推論。丙：質子數等於原子序，因此可知丙為12。丁：質量數減中子數等於原子序，因此可知丁為13。故答案為(B)。

例題 6-3 • p169

放置於礦物油中、質地柔軟且與水反應會起火燃燒，可以判斷為鹼金屬族的元素。故答案為(A)。

例題 6-4 • p170

(A)組成原子為相同原子，由此可知為元素。(B)組成原子為兩種不同原子並依照固定比例組成，由此可知為化合物。(C)組成原子複雜且無依照固定比例組成，由此可知為混合物。(D)組成原子為兩種不同原子並依照固定比例組成，由此可知為化合物。故答案為(A)。

科學大事記

第1章
1.D
2.D
3.C

第4章
1.D
2.C
3.D

第2章
1.B
2.C
3.B

第5章
1.C
2.C
3.C

第3章
1.D
2.A
3.D

第6章
1.D
2.C
3.B
4.A

隨堂筆記

第1章

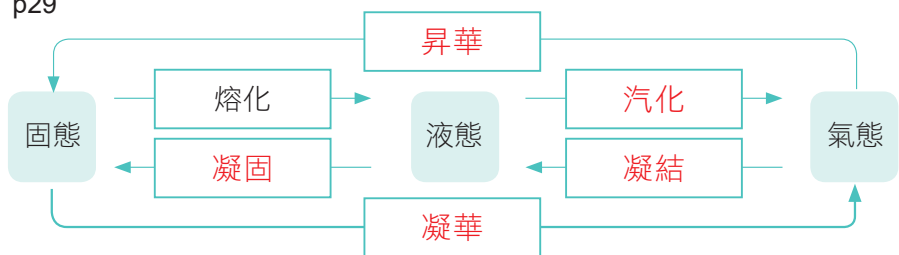
p14

長度單位	公里 (千米)	公尺 (米)	公分 (厘米)	毫米	微米	奈米
符號	km	m	cm	mm	μm	nm
單位換算	10^3m	1m	10^{-2}m	10^{-3}m	10^{-6}m	10^{-9}m

質量單位	公斤 (千克)	公克 (克)	毫克
符號	kg	g	mg
單位換算	10^3g	1g	10^{-3}g

第2章

p29



第3章

p58

	波形	介質振動方向	實例
橫波	高低起伏	與波前進方向垂直	繩波、彈簧波
縱波	疏密相間	與波前進方向平行	聲波、彈簧波

p63

波長	頻率	週期
長	低	大
短	高	小

第4章

p87

實像
上下顛倒，左右相反
光的直進性

p95

大小相等，左右相反
兩者相等
否
表示其為虛像

p101

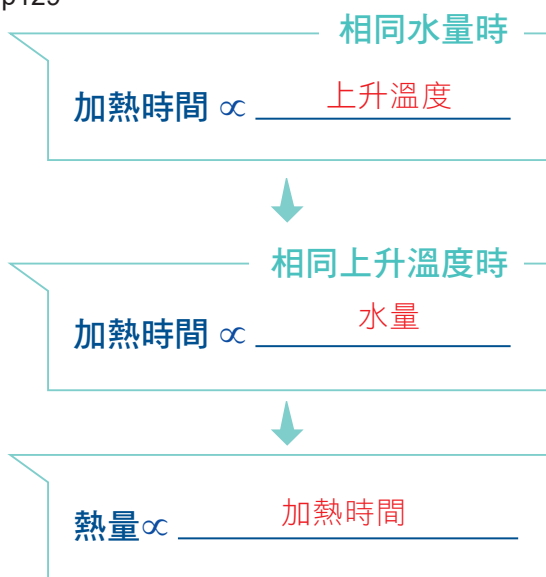
種類	傳播速率變化	折射角與入射角變化
由空氣入射水中	變慢	折射角 < 入射角（折射線 偏向 法線）
由水中入射空氣	變快	折射角 > 入射角（折射線 偏離 法線）
由空氣入射玻璃	變慢	折射角 < 入射角（折射線 偏向 法線）

p109

種類	燈具位置	成像位置	實像／虛像	正立／倒立	放大／縮小
凸透鏡	無窮遠處	鏡後焦點上	實像		一點
	兩倍焦距外	鏡後一至兩倍焦距間	實像	倒立	縮小
	兩倍焦點上	鏡後之兩倍焦點上	實像	倒立	相等
	一至兩倍焦距間	鏡後兩倍焦距外	實像	倒立	放大
	焦點上	無窮遠處			
	焦點內	鏡前	虛像	正立	放大
凹透鏡	任何位置	鏡前	虛像	正立	縮小

第5章

p129

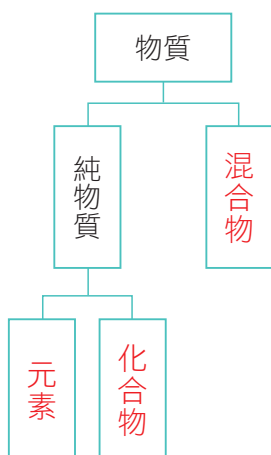


p134

熱量變化 H	質量 m	比熱 S	溫度變化 ΔT
相同	大	小	相同
大	相同	大	相同
相同	小	相同	大
小	相同	相同	小

第6章

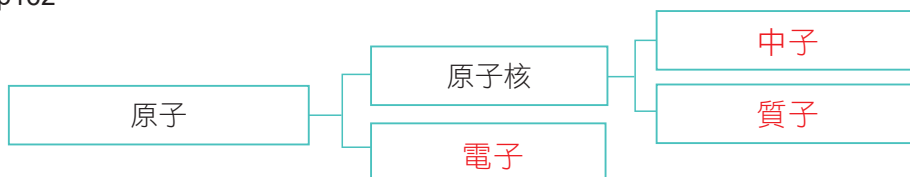
p150



p155

	熔點、沸點	金屬光澤	延展性	導電性
金屬	高	有	佳	良
非金屬	低	無	劣	不良

p162



理化 In my life 解答

第1章

1. 在菜市場中常用的單位為臺斤，房子常用的體積單位為坪，美式賣場的牛奶常用加侖為單位，螢幕對角線常用吋為單位，都是生活中尚未統一使用國際單位的例子。
2. 統一的單位，在溝通時才不會產生誤解，如：臺灣使用「寸」這個單位時，可能說的是「英寸」或是「臺寸」，1英寸為2.54公分，而1臺寸為3.03公分，若沒有解釋清楚就會發生長度上的誤差，故統一的單位能夠讓所有人在溝通時在同一個尺度上看待事情，較不易產生誤會。

第2章

1. 液態氮能夠利用低溫快速消滅紅火蟻，而其液態的性質能夠流動滲透四通八達的蟻窩，達到良好的滅除率。液態氮汽化後便是氮氣，氮氣本來就是空氣中的主要成分，故不會造成環境汙染。液態氮的成本相較於部分化學藥劑便宜，故也是一種經濟的消滅方式。
2. 根據物質的粒子觀，氣態時粒子距離很遠，故除了降溫外，亦可以加壓使粒子靠近，讓氣體凝結為液體。

第3章

1. 倒車雷達的設計，是應用了超聲波發射出去遇到障礙物反射的特性，並在接受到反射的訊號後發出嗶嗶聲來警示駕駛人。
2. 現代的車輛除了增加倒車雷達的數量來減少死角以外，亦有加裝倒車攝影機，將影像呈現在車內，讓駕駛員看見車後的景象，減少意外的發生。

第4章

1. 阿翰看不到老師，但老師卻看得到阿翰，是因為車內很暗，幾乎沒有光線穿透車窗，故阿翰眼睛接受不到車內的光線，也就看不到老師；但車外太陽很大，光線打到車窗會有一部分反射進阿翰的眼睛，讓阿翰看見自己的像，而另一部分便穿透車窗進入老師的眼睛，讓老師看見阿翰的像。若是發生在晚上，車外的光線昏暗，就不會讓眼睛只看到車窗的反射光，阿翰便會發現老師在車內，而不會上前擠痘痘了。
2. 電影中審問犯人的房間通常會裝有單面鏡，讓犯人以為是鏡子，但鏡子後的人都可以看見犯人的反應，依照電影場景亦可以發現，審問犯人的房間通常燈都開得很亮，而監看的房間都是非常昏暗的。

第5章

1. 棉被愈蓬鬆，裡面空氣就愈多，空氣為熱傳導不佳的物質，能保住體溫避免溫度被傳導散失到外界中。
2. 被壓在眾多衣服下的羽絨衣通常已被壓扁，隔絕熱量的能力較差，需要先甩一甩或是拿棍子敲一敲，使其羽毛蓬鬆，保暖能力較好。

第6章

1. 銀飾變黑是因為銀與硫反應變為黑色的硫化銀，故若溫泉中不含有硫，就不會產生黑色的硫化銀了。
2. 生活中鍍金飾品或是一般鐵合金製品，在與汗水接觸等情況後可能會變色，與銀飾不同的地方是，銀飾是與硫反應，而其他飾品是與氧氣反應而變色。



看書或寫作業時，應保持35公分以上的閱讀距離。