

素養 LEVEL UP

目錄

病毒防疫大作戰 (配合第一章)	2
地球的圓周有多長? (配合第一章)	5
糖的製成 (配合第二章)	7
三聚氰胺知多少 (配合第二章)	9
看不見的危害 (配合第二章)	11
如何聽到聲音? (配合第三章)	13
你在大聲什麼? (配合第三章)	15
口罩與聲音 (配合第三章)	17
彩虹是什麼形狀? (配合第四章)	19
高溫使空間扭曲 (配合第四章)	22
溫標的歷史 (配合第五章)	24
綠建築設計 (配合第五章)	26
黑色塑膠球 (配合第五章)	28
新世紀材料——石墨烯 (配合第六章)	30
元素週期表在化學的應用 (配合第六章)	32

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
	學習內容	Ea-IV-1 時間、長度、質量等為基本物理量，經由計算可得到密度、體積等延伸物理量。 Ea-IV-2 以適當的尺度量測或推估物理量，例如：奈米到光年、毫克到公噸、毫升到立方公尺等。 Ea-IV-3 測量時可依工具最小刻度進行估計。		

西元 2020 年初，新型冠狀肺炎 (COVID-19) 肆虐全球。根據研究，新型冠狀病毒有兩種傳染途徑，一為接觸傳染，經直接或間接接觸患者身體或觸碰過的物體傳染。由於病毒肉眼看不到，容易輕忽接觸傳染的風險，因此勤洗手且不隨意觸摸眼、口、鼻是防疫的重要關鍵。二為飛沫傳染，飛沫是咳嗽或打噴嚏時，形成的液體顆粒，小至 5 微米，大至肉眼可見，而一般病毒顆粒直徑約為 0.1 微米，可以想像成：病毒是旅客，飛沫是飛機，病毒可藉由飛沫傳染給健康的人，因此於密閉空間應配戴口罩，特別是有呼吸道症狀 (例如：喉嚨癢、喉嚨痛、流鼻水、鼻塞、打噴嚏、反覆咳嗽、咳出濃痰、喘等) 的患者更應該配戴口罩，保護他人避免受自己的飛沫感染。

口罩過濾層的孔徑只要小於飛沫的尺寸，應能有效降低感染風險，但沾至口罩表面的飛沫會隨時間逐漸乾燥，粒徑會變小，病毒便可能藉此穿透過濾層，因此需配戴過濾孔徑小的口罩，且口罩應密合、完整包覆臉部並確實罩住口鼻，較能達到防疫效果。依口罩大小，可分為兒童用與成人用口罩，常見尺寸分別為 12.9 公分× 9.3 公分與 17.5 公分× 9 公分；而依口罩過濾孔徑大小與用途，常可分為以下幾種：

種類	功能
N95口罩	孔徑 30 ~ 75 奈米，可阻擋 95% 以上 0.3 微米顆粒。呼吸阻抗較高，不適合一般人長期配戴。
外科口罩	孔徑為數百奈米不等，可阻擋 90% 以上的 5 微米顆粒，有髒汙、潮溼即應更換。
活性碳口罩	孔徑 260 ~ 1000 奈米，可吸附有機氣體與異味，較不易吸附細菌與病毒，無法吸附異味時就要更換。
棉布口罩	孔徑 260 ~ 1000 奈米，只過濾較大顆粒。清洗後可重複使用。

另外，專家指出，配戴口罩並沒有所謂的 100% 零風險，但是正確選用與配戴口罩、配合相關防疫措施，同時保持健康生活習慣，將可有效降低病毒感染風險。

(1) 琳琳不確定要配戴哪種大小的口罩，經媽媽幫忙測量，琳琳臉寬約為 14.53 公分，請問：

- 媽媽測量尺的最小刻度單位為 毫米/mm。
- 此測量結果的估計值為 0.03。
- 琳琳應配戴兒童用或成人用的口罩較適合？【成人用口罩】

(2) 以下為文中依用途分類之口罩使用時機說明，試推論各敘述分別為何種口罩？

(A)N95 口罩 (B)外科口罩 (C)活性碳口罩 (D)棉布口罩

- 騎乘機車、噴漆、噴灑農藥時使用。【(C)活性碳口罩】
- 有呼吸道症狀時、前往醫院或電影院之密閉空間。【(B)外科口罩】
- 平時清潔工作時使用。【(D)棉布口罩】
- 醫護人員暴露於高風險之醫療環境。【(A)N95口罩】

(3) 續前題與文章資訊，請問：

- 你認為在新冠肺炎防疫期間，一般民眾若進出醫院應配戴哪種用途的口罩？

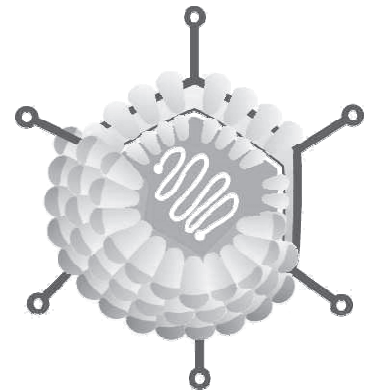
答：(A)N95口罩 或(B)外科口罩。

- 承上題，病毒是否仍有可能穿透此口罩？請說明理由。

(提示：1 微米=1000 奈米)

答：有可能。

病毒存在於感染者的飛沫中，因飛沫大約 5 微米，大於外科口罩過濾孔徑，外科口罩可以阻擋，但若飛沫在口罩表面漸漸乾燥，粒徑漸漸變小，等到乾燥至病毒本身的大小（約 0.1 微米 = 100 奈米），便可能穿透口罩（孔徑數百奈米）傳染至人體。另外，若口罩配戴未完整貼合臉部，飛沫也有可能透過口罩與臉部的空隙傳染至口鼻，造成感染。



十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

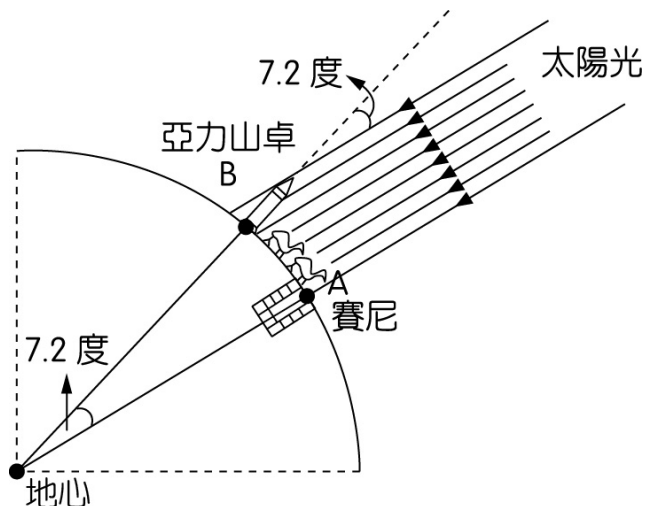
學習重點	學習表現	自然科學領域核心素養具體內涵	
	學習內容		
	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。 an-IV-3 體察到不同性別、背景、族群科學家們具有堅毅、嚴謹和講求邏輯的特質，也具有好奇心、求知慾和想像力。		自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
	Ea-IV-2 以適當的尺度量測或推估物理量，例如：奈米到光年、毫克到公噸、毫升到立方公尺等。 Ea-IV-3 測量時可依工具最小刻度進行估計。		

地球的圓周有多長？

(配合第一章)

大家都知道「圓」的直徑為 1 個單位時，圓的周長會約等於 3.14 個單位，但是你知道「地球」的圓周有多長嗎？距今約 2200 年前，科技尚未發達的時代，就已經知道利用多次測量的方式推論出地球的圓周長。

根據文獻記載，在西元前 240 年，古希臘的地理學家埃拉托斯塞尼 (Eratosthenes, 276 BC - 194 BC) 發現，位於亞力山卓 (今埃及第二大城市) 南方的城市賽尼 (今埃及亞斯文) 有一口水井，在每年的夏至中午，太陽正好會位於水井的正上方，且光線直射井口，也就是由太陽光延伸的直線方向會通過地心。此時太陽光會在亞力山卓 的日晷上照射出影子，而光線與日晷會形成約 7.2 度的夾角。利用相似形原理，可以得出賽尼 的水井與亞力山卓 的日晷各自延伸的直線夾角也會是 7.2 度 (圖一)，此夾角為 360° 的 $\frac{1}{50}$ ，對應到的扇形弧長也就是圓周長的 $\frac{1}{50}$ ，埃拉托斯塞尼 就靠著一步一腳印，在兩城市之間反覆的量測後，最終得出亞力山卓 與賽尼 的距離約為 5000 「斯塔德」(古希臘距離單位，1 斯塔德約為 0.16 公里)，因此地球的圓周長為 5000 斯塔德乘以 50，等於 25 萬斯塔德，經過學者換算成現代長度，與實際地球圓周長誤差小於 2%。埃拉托斯塞尼 靠著毅力多次測量與應用簡單的數學原理，就在 2000 多年前計算出地球的圓周長，他鍥而不捨的精神值得讓每一個人學習。



圖一：測量地球圓周長示意圖 ($\widehat{AB}$ 為圓周長的 $\frac{1}{50}$)

(1) 關於下列文中的內容敘述，何者正確？

- (A) 斯塔德為一種「質量」的單位
 - (B) 亞力山卓 與賽尼 的距離約為 80 公里
 - (C) 當太陽光沒有直射水井時，也可以用相似形作測量計算
 - (D) 當測量兩城市之間的距離愈多次，其平均的數值會愈準確
- 答：(D)。

(2) 根據文中內容，請試算出地球的圓周長約為多少公里？

答：40000 公里。

地球的圓周長： $(5000 \times 0.16) \times 50 = 40000$ 公里。

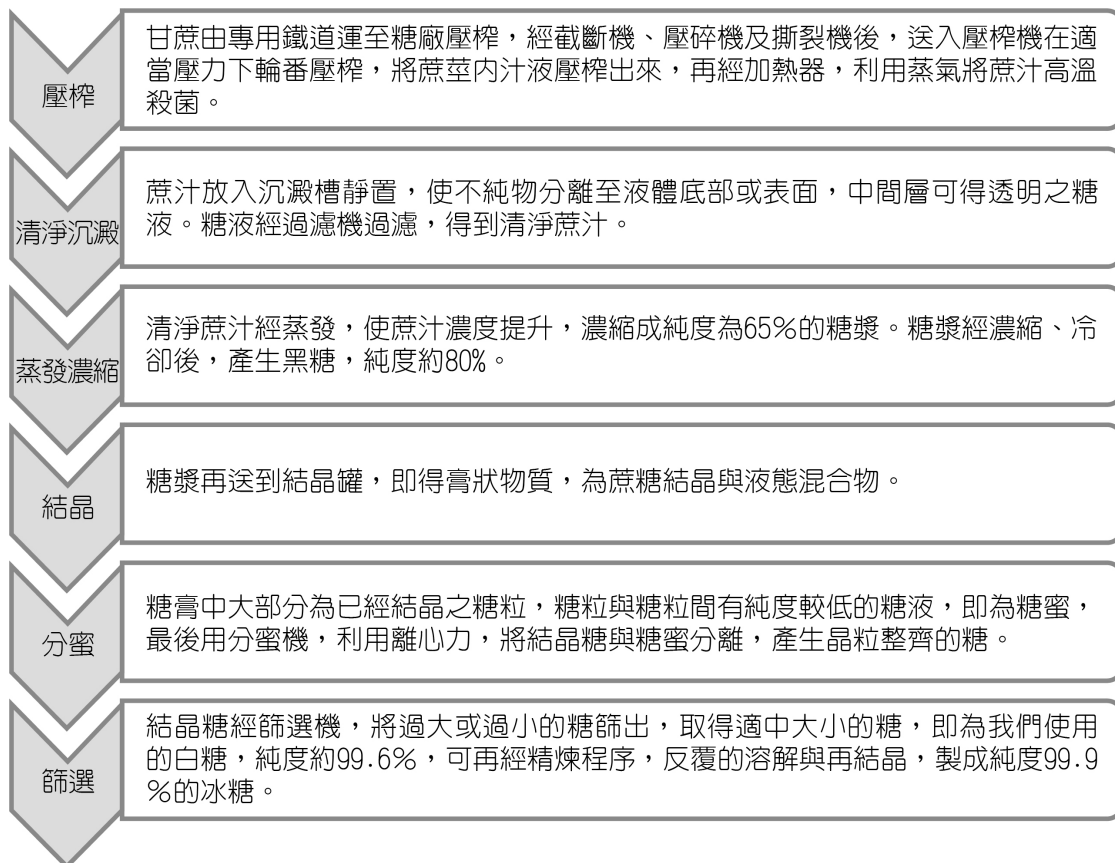
十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。
	學習內容	Jb-IV-4 溶液的概念及重量百分濃度(P%)、百萬分點的表示法 (ppm)。		自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。
				自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

糖的製成

(配合第二章)

「糖」是現代民生重要的調味品之一，糖是怎麼來的呢？臺灣常見的製糖原料為甘蔗，其製造過程可簡單分為下列步驟：



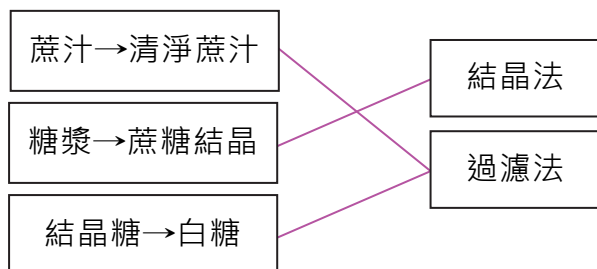
(1) 壓榨後的蔗汁中，主要物質包含水與蔗糖，請問何者為溶質？何者為溶劑？

答：蔗糖為溶質，水為溶劑。

(2) 請將白糖、糖漿、蔗汁、冰糖、黑糖，依糖純度由小至大排列。

答：蔗汁 < 糖漿 < 黑糖 < 白糖 < 冰糖。

(3) 製糖過程中，運用了混合物的分離方法，請將對應方法相連。



(4) 100 公克的糖漿，要蒸發多少公克的水量，才能轉變成黑糖？

答：糖漿純度為 65%，黑糖純度為 80%，假設減少水量為 X 公克

$$\rightarrow \frac{65}{(35 - X) + 65} = \frac{80}{100} \rightarrow X = 18.75 \text{ 公克。}$$

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。
	學習內容	Ca-IV-1 實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法及簡易濾紙色層分析法。 Jb-IV-4 溶液的概念及重量百分濃度 (P%)、百萬分點的表示法 (ppm)。		自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。 自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

三聚氰胺知多少

(配合第二章)

西元 2008 年，中國爆發出毒奶粉事件，添加於奶粉中的「毒」就是三聚氰胺，這是一種含氮的有機化合物，其外觀白色、無味、微溶於水。原先應該只能出現在製作餐具或是其他工業用途的物質，為什麼會被添加於奶粉中呢？中國習慣以檢測奶粉的含氮量，作為蛋白質含量的判定，因此黑心業者為了讓奶粉中的蛋白質含量符合檢驗標準，添加不該加入食品之三聚氰胺，才爆發了此次毒奶粉事件。

由於三聚氰胺略溶於水 (3.1 公克 / 1 公升)，且三聚氰胺的溶解度會隨著溫度增加而增多，某醫學系教授提出居家檢測法供民眾參考：一、添加比平常份量多的奶粉且以熱水攪拌至完全溶解，再放置冰箱降溫；二、以黑布覆蓋在一個空杯上，作為過濾器；三、將冷卻的牛奶倒入過濾器，觀察是否有白色固體析出；四、若有發現白色固體，以清水沖洗過後，將其放入清水中，觀察固體是否沉入水中，若沉入水中，表示奶粉中有可能含有三聚氰胺。若仍有疑慮，可進一步送至專業檢測機構檢驗。

三聚氰胺於人體會透過腎臟代謝，若食用超出人體可容忍的每日攝取量，三聚氰胺會在人體內形成結石，於代謝時堵塞輸尿管或腎小管，因此對於嬰兒來說，是致命的威脅。但對一般人來說，若不幸吃入三聚氰胺也不用過於擔心，只要低於人體可容忍的每日攝取量，多喝水，就可以排出大部分的三聚氰胺。

(1) 不肖廠商在奶粉中添加三聚氰胺的最主要原因為何？

- (A) 增加澱粉檢測的含量
- (B) 延長保存期限
- (C) 增加蛋白質檢測的含量
- (D) 增加牛奶的養分含量

答：(C)。

(2) 有鑑於毒奶粉事件，不少家長擔心家裡的奶粉是否也被不肖業者添加三聚氰胺，文中所建議的快速檢測方式，主要是運用下列何種分離物質的原理？

- (A) 過濾法
- (B) 結晶法
- (C) 濾紙色層分析法
- (D) 排水法

答：(A)。

(3) 阿翰是一位體重 50 公斤的學生，若他不幸吃入 0.8 公斤遭三聚氰胺污染的食物，但只要食物中三聚氰胺含量低於多少 ppm，就無須擔心呢？(註：人體可容忍的三聚氰胺每日攝取量 (TDI) 為 0.06 毫克 / 每公斤體重)

答：1 公斤的物質含有溶質 1 毫克，濃度為 1 ppm。假設食物的三聚氰胺含量為 X ppm，50 公斤的阿翰可容忍的每日攝取量為 0.06 毫克×50 公斤 = 3 毫克。3 毫克 = X ppm×0.8 公斤 → X = 3.75 ppm，因此食物中三聚氰胺含量小於 3.75 ppm 就不用過於擔心，只需要多喝水幫助代謝即可。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。
	學習內容	Ab-IV-1 物質的粒子模型與物質三態。 Ab-IV-2 溫度會影響物質的狀態。 Ab-IV-3 物質的物理性質與化學性質。		自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。 自-J-C1 從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題，尊重生命。

在炎熱的夏天，路邊偶爾會看到有些店家販賣「結冰水」，也就是將未開封的瓶裝水，直接放入冰箱冷凍，將水凝固為冰。為了能更快喝到水，有時會直接將寶特瓶放在太陽下曝曬，讓冰塊可以更快融化成水。這樣飲用結冰水是很常見的消暑方式，但你知道嗎？飲用結冰水的背後隱藏著看不見的健康危害。

一般寶特瓶的材質為聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)，在未開瓶的情況下，若直接連瓶帶水放入冰箱冷凍，當液態水凝固成冰時，體積會增加，使得瓶身膨脹，有可能讓瓶子出現極細微龜裂，並剝落一些看不見的塑膠微粒。當喝下解凍的冰水時，就如同喝下含有塑膠微粒的水。塑膠微粒對人體健康是否會造成危害，還需要更多的研究，但醫生普遍建議應避免攝取以減少危害風險。

另外，若將寶特瓶放在太陽光下曝曬，由於材質不耐高溫，當瓶子過熱時，會釋放出有毒物質，若再飲用便會吸收到這些有毒物質。經研究顯示，寶特瓶溶出的有毒物質會影響人體的內分泌與生殖系統，並可能造成頭痛、噁心等症狀，因此不可不慎。

在生活中，盡量減少使用寶特瓶及其他塑膠製品，不僅能確保你我的健康安全，還能友善環境，讓地球永續發展。

(1) 下列關於文章中寶特瓶的敘述，何者正確？

- (A) 寶特瓶可耐高溫
- (B) 寶特瓶會因體積膨脹使結構出現龜裂
- (C) 寶特瓶因高溫產生的有毒物質不會危害身體健康
- (D) 結冰的水會使寶特瓶釋放有毒物質

答：(B)。

(2) 關於下列文章中物質變化的配對，何者錯誤？

- (A) 液態水結成冰為物理變化
- (B) 寶特瓶經過高溫曝曬產生毒素為化學變化
- (C) 寶特瓶內龜裂產生塑膠微粒為物理變化
- (D) 冰融化成液態水為化學變化

答：(D)。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
	學習內容	Ka-IV-3 介質的種類、狀態、密度及溫度等因素會影響聲音傳播的速率。 Ka-IV-4 聲波會反射，可以做為測量、傳播等用途。 Ka-IV-5 耳朵可以分辨不同的聲音，例如：大小、高低及音色，但人耳聽不到超聲波。		

如何聽到聲音？

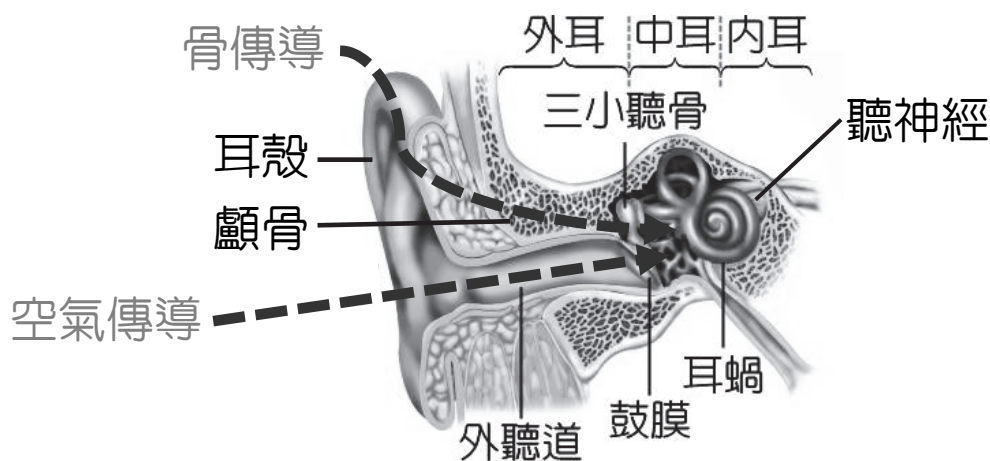
(配合第三章)

在生活中可以聽見許多聲音，聲波大多透過外耳收集進入外聽道後，透過鼓膜、中耳與內耳振動，再傳達到聽覺受器，刺激聽神經傳達到大腦而能聽見聲音，這個路徑稱為「空氣傳導」。但你是否發現，當我們摀住耳朵的時候，還是可以聽見些微的聲音呢？



聲波除了能從外耳傳遞外，還可以透過顱骨的振動傳遞至中耳、內耳與聽覺受器，從聽神經傳遞至大腦，這個傳遞模式稱為「骨傳導」。幫助聽障者聽見聲音的助聽器便是利用「空氣傳導」與「骨傳導」這兩種傳遞路徑的發明。傳統的助聽器是利用空氣傳導，將助聽器放於外耳道，攔截聲音後將聲音放大傳至耳膜，使聽障者能夠聽得更清楚；但如果外耳道發生病症，新式的骨傳式助聽器，便可經由顱骨傳遞聲音以達到相同的效果。

當我們錄下自己說話的聲音來聽，往往會感覺與印象中自己的聲音不太一樣，主要是因為：聽錄製的聲音時，聲音僅是透過空氣傳導到耳中；而當我們平常說話時，說話聲音除了會經由空氣傳導到耳中，還會因聲帶振動影響周邊軟組織牽引顱骨振動而傳導聲音，因此會有兩種聲音混合傳導至聽覺受器。



- (1) 傳統助聽器能使聽障者聽清楚，是因為透過助聽器影響了聲音的何項要素（響度 / 頻率 / 波形）？

答：為了要使聽障者聽清楚，必須將聲音放大，故影響的是響度。

- (2) 以下哪個選項最能解釋「當我們錄下自己說話的聲音來聽和聽自己實際說話的聲音有所不同」的現象？

- (A) 空氣傳導聲音比骨傳導聲音更清晰
- (B) 聲帶振動影響周邊軟組織牽引顱骨振動傳導聲音
- (C) 聽錄製的聲音僅透過空氣傳導，而聽實際說話的聲音則是混合骨傳導和空氣傳導

- (D) 當我們聽自己的聲音時，大腦會自動進行調整，使其聽起來更加和諧

答：(C)。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。
	學習內容	Ka-IV-5 耳朵可以分辨不同的聲音，例如：大小、高低及音色，但人耳聽不到超聲波。		自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

你在大聲什麼？

(配合第三章)

家中的長輩常隨著年紀愈大，觀看電視時音量愈轉愈大聲，跟別人講話也要用較大的音量對談，不知情的人還以為雙方在吵架。若有上述情況，長輩的聽力可能正在退化，而且若不注意，可能連認知功能都會受影響。

一般聽力退化包括：聽不到某些音頻與聽不到某個音量以下的聲音。人耳能接受的頻率大約在 20~20000 赫之間，由於高頻的聲音對聽覺細胞的損傷較大，所以隨著年紀愈大，耳朵對高頻聲音的敏感度愈低，便比較聽不到高頻的聲音，因此，聽力範圍會從高頻往低頻減損，並且是不可逆的。但由於每個人的狀況不同，並不代表特定年齡以上就一定聽不到特定頻率以上的聲音喔！

波形不規則或音量太大的聲音稱為噪音，若長期處在高分貝的環境，可能會使聽力受損，產生重聽。醫學上，可依一個人能聽到的最小分貝值來判斷聽力受損的程度：

聽損程度	最小可聽見分貝值	對生活的影響
正常聽力	25 分貝以下	可以順利輕聲交談，不感到困難。
輕度聽力受損	26~40 分貝	對微弱的聲音難以分辨，如風吹落葉聲。
中度聽力受損	41~55 分貝	日常交談有困難，時常會覺得聲音模糊不清。
中重度聽力受損	56~70 分貝	對於聲音較大的汽車聲都會聽不太清楚，與人交談時就算較大聲說話也仍感覺模糊。
重度聽力受損	71~90 分貝	幾乎聽不到正常說話聲，對高分貝的叫喊聲音才有反應。
極重度聽力受損	91 分貝以上	幾乎無法感覺到聲音的存在。

◆資料來源：聽損可以治好嗎？常見聽力受損原因與治療方式
<https://www.benqhealth.com/blogs/doctor/45543>

當聽力受損時，可能會因為聽不清楚別人的聲音而逐漸影響人際關係，久而久之，當腦部少了足夠的聽覺刺激後，也會開始減少對外界聲音的認知，進而影響整體的認知功能。耳朵是 24 小時不間斷使用的器官，而聽損是不可逆的狀況，因此早期發現聽損，才能早期接受治療，以免聽力惡化而影響生活與認知。

(1) 要讓年紀大且中重度聽損的人聽得清楚，下列哪種說話方式較能達到效果？

- (A) 音量 80 分貝、高頻 (B) 音量 40 分貝、低頻
(C) 音量 80 分貝、低頻 (D) 音量 40 分貝、高頻

答：(C)，年紀大的人對高頻聲音較不敏感，因此應使用低頻聲音；而中重度聽損的人因為聽不到 56~70 分貝以下的聲音，因此要大於 56~70 分貝的音量，故選(C)。

(2) 國中課堂上，某位學生的手機鈴聲響了，全班同學都有聽到，但站在一旁的老師卻完全聽不到，請說明此情形發生的可能原因。

答：因為年紀大的人對高頻聲音較不敏感，若學生的手機採用較高頻的聲音當鈴聲，且老師的年紀較大的話，老師是有可能聽不到的。

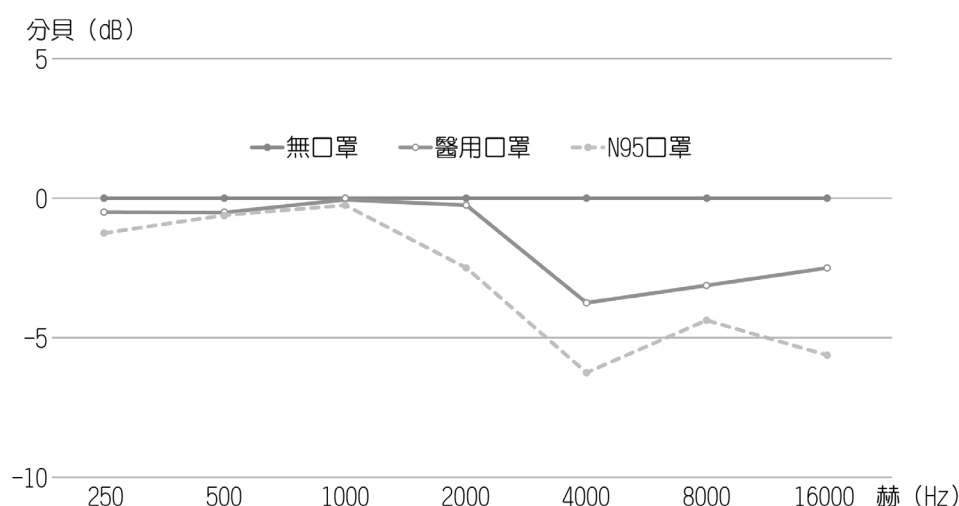
十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
	學習內容	Ka-IV-1 波的特徵，例如：波峰、波谷、波長、頻率、波速、振幅。 Ka-IV-4 聲波會反射，可以做為測量、傳播等用途。 Ka-IV-5 耳朵可以分辨不同的聲音，例如：大小、高低及音色，但人耳聽不到超聲波。		

在 COVID-19 疫情嚴重的那段時間，為了隔絕病毒，戴上口罩成為了當時每天的例行公事。但戴上口罩後，除了會降低呼吸的順暢度，在與其他人溝通的時候，還常須提高音量才能讓對方聽清楚。經研究發現，口罩對於相同音量、不同頻率的聲音，削弱程度會有所不同，這是什麼原因導致的呢？

根據美國的研究，聲學實驗量測數據結果顯示如圖一，所有聲音的音量在透過口罩傳播後會降低，尤其對高頻率（2000 赫以上）的音量影響最大。而不同類型的口罩對不同頻率的削弱程度也會不一樣，以 4000 赫的聲音來說，一般醫療口罩會減少大約 3~4 分貝，而 N95 口罩則會減少約 7 分貝的音量。

如果在沒有辦法摘除口罩的環境下進行溝通，可以試著說話放慢、說清楚一點。若對方還是聽不清楚，也可以透過手勢動作來輔助，溝通會更有效率。



圖一：不同種類的口罩在不同頻率下對音量的影響

(圖片來源：修改自 Corey et al., 2020)

(1) 關於文中口罩的敘述，下列何者錯誤？

- (A) 會降低高頻率聲音的傳播距離
- (B) 能完全阻擋高頻率的聲音
- (C) 會降低聲音的音量
- (D) 對低頻率聲音的傳播影響較小

答：(B)。

(2) 關於佩戴上口罩對聲音影響的敘述，下列何者正確？

- (A) 發出聲音的音調會受到影響
- (B) 發出聲音的音色會受到影響
- (C) 發出相同的音量，較低頻率的聲音可傳播的較遠
- (D) 發出相同的音量，較高頻率的聲音可傳播的較遠

答：(C)。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 tc-IV-1 能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。 ai-IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B3 透過欣賞山川大地、風雲雨露、河海大洋、日月星辰，體驗自然與生命之美。
	學習內容	Ka-IV-10 陽光經過三稜鏡可以分散成各種色光。		

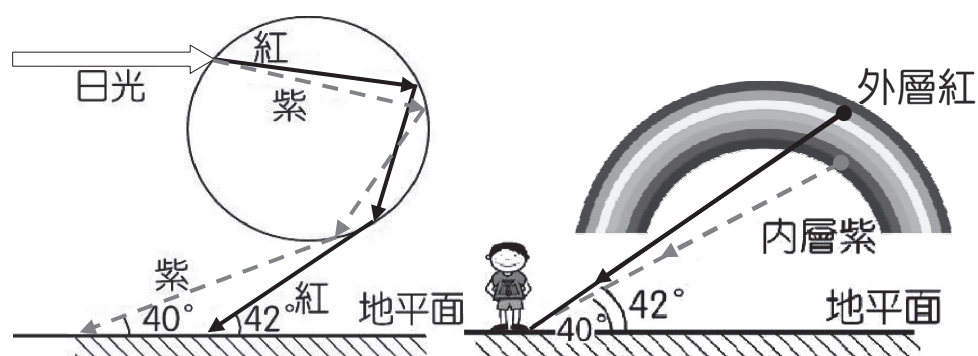
彩虹是什麼形狀？

(配合第四章)

下過雨的晴朗早晨或午後，常有機會看到天邊掛著一道彩虹，你看到的彩虹有幾種顏色呢？這些顏色從內圈到外圈的排列順序為何？彩虹是怎麼產生的？彩虹的位置跟太陽有什麼關係呢？



下雨過後，大氣中充滿無數的小水滴，當陽光照射到這些小水滴時，會在水滴內產生折射與反射等作用。陽光照射進小水滴的射入光線與射出光線夾角在 $40^\circ \sim 42^\circ$ 時反射強度最大，因此一般在平地時，觀察者約可在地面上仰角 42° 左右觀察到彩虹的形成，這是陽光在水滴內經過一次反射及兩次折射的結果。另外，由於不同色光對水滴的折射率不同，使得紫色光偏折的角度最大，紅色光偏折的角度最小，所以彩虹的色彩排列是內紫外紅。



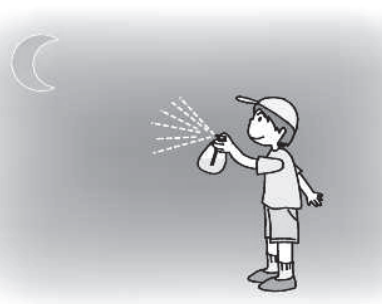
彩虹的形成除了與光線及水滴有關之外，能不能「觀察到」彩虹取決於觀察者的位置。陽光必須由觀察者的後方以低角度照射，才有機會觀察到彩虹；如果陽光的角度太大（如正午直射），則大部分的彩虹將落於地平面以下而無法被我們觀察到，因此我們看到彩虹的時間多半在早晨或午後。完整的彩虹為正圓形，觀察者必須在高空才有機會看到，在地面上由於受到地形與角度的關係，所以我們見到的彩虹是弧形的。

自然環境中，彩虹也可在瀑布附近看到。透過人為操作，例如：朝空中灑水，或者在大面積的黑色布幕或牆上黏滿細碎的石英砂後，用強白光直接照射，也可以產生彩虹。

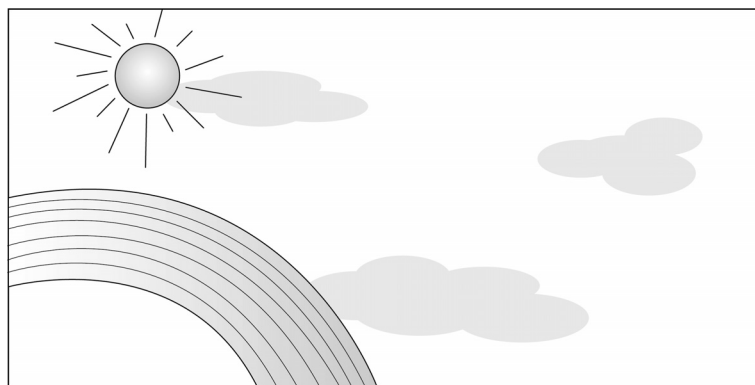
(1) 依照彩虹產生的原理，在什麼情況下能看到完整的彩虹呢？

答：當陽光、人與彩虹的連線沒有被物體遮蔽時，例如：身處在高山懸崖或空中，太陽從高角度照射，即有可能在俯瞰過程中看到完整的圓形彩虹。

(2) 依照彩虹產生的原理，下列哪些情況可以看到彩虹呢？（看得到彩虹請打○，看不到彩虹請打×。）

	
陰天，背對烏雲噴水【×】	晴天，對著太陽噴水【×】
	
晴天，背對太陽噴水【○】	夜晚，對著月亮噴水【×】

(3) 依照彩虹產生的原理，請問以下圖片是否合理？請簡述你的想法。



答：不合理。因為要看到彩虹，太陽必須從觀看者的後方照射，因此彩虹與太陽不會出現在同一側。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 tc-IV-1 能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。 ai-IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B3 透過欣賞山川大地、風雲雨露、河海大洋、日月星辰，體驗自然與生命之美。
	學習內容	Ka-IV-8 透過實驗探討光的反射與折射規律。		

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 an-IV-2 分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。
	學習內容	Bb-IV-1 熱具有從高溫處傳到低溫處的趨勢。 Bb-IV-5 熱會改變物質的型態，例如：狀態產生變化、體積發生脹縮。		自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

溫標的歷史

(配合第五章)

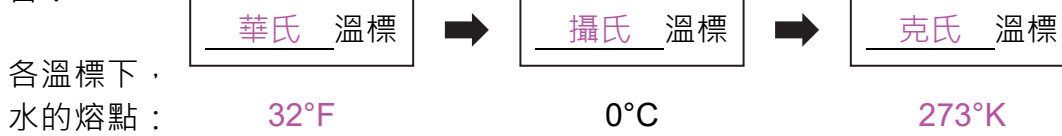
溫度是用來表示物體冷熱程度的物理量。由於每個人對冷熱的感受不同，因此在描述物體的冷熱程度需要以數值來呈現，而溫度計的發明，讓人們開始能客觀地描述溫度。

最早的溫度計由誰發明已無從考證，但第一個現代溫度計則是由華倫海特於西元 1714 年發明的水銀溫度計。他在溫度計中確立三個固定點的溫度，定出歷史上第一個溫標——「華氏溫標」，分別是：水與鹽混合的最低溫為 0°F （當時所能量測的最低溫），量測冰與水混合的溫度為 32°F ，以及將他自己的體溫 96°F 定為健康人體體溫。在華氏溫標的規定下，水的熔點為 32°F ，水的沸點為 212°F ，兩溫度間有 180 個刻度。然而此溫標的劃分不夠直觀，因此西元 1742 年攝氏將水的沸點定為 0°C ，水的熔點定為 100°C ，兩溫度間分為 100 個刻度；兩年後，林奈將水的沸點從 0°C 改為 100°C ，熔點從 100°C 改為 0°C 。西元 1954 年第十屆國際度量衡大會將此溫標命名為「攝氏溫標」。

但國際單位制的溫度單位不是使用華氏 ($^{\circ}\text{F}$) 或攝氏 ($^{\circ}\text{C}$)，而是使用克氏 ($^{\circ}\text{K}$)。克氏又是怎麼定義呢？隨著科學家對熱的深入研究，發現溫度計中的液體體積並非均勻變化，因此在西元 1848 年克爾文爵士決定制定一個最低溫度（絕對零度）為溫標的起始點，即 0°K ，並將水的三相點定為 273°K （三相點為固、液、氣共存的點），此為科學上所使用的「克氏溫標」。華氏溫標、攝氏溫標及克氏溫標均可以互相轉換，但以攝氏溫標的使用最為廣泛，而華氏溫標只剩少數國家仍在使用。美國至今仍堅持使用華氏溫標的原因，是認為華氏溫標比攝氏溫標準確，且對冬天溫度常在攝氏零下的美國來說，使用華氏溫標可以避免負數的使用。

(1) 從文中可知，三種溫標出現的先後順序及水的熔點溫度為何？

答：



(2) 使用華氏溫標或攝氏溫標，哪種溫標所測出的溫度較為精準呢？請寫下你的看法。

答：華氏溫標的刻度比攝氏溫標多，因此華氏溫標的一度要比攝氏溫標小，所測量的溫度較精確。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。
	學習內容	Bb-IV-4 熱的傳播方式包含傳導、對流與輻射。		自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。
				自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

臺灣地處亞熱帶地區(年均溫在 25°C 以上)，由於有較多的日照，加上建築物多為混凝土建築，使得許多城市常處於高溫環境。夏季時，常需要靠冷氣、電風扇等設備降溫，但卻又時常因使用電量大增，讓我們處於缺電危機中。因此，如何做好建築物的隔熱工作便顯得格外重要。所謂的隔熱主要是指將室內與室外溫度隔絕，使室外的熱氣不會經由屋頂、牆壁等傳至室內。以下介紹常見的隔熱方法：

方法	說明
屋頂隔熱	主要運用不同隔熱材料阻絕陽光的熱量，利用熱的不良導體達到隔熱效果，像是 PU 隔熱磚或五腳隔熱磚，分別由泡棉材質或保麗龍製成。
外牆隔熱	將隔熱效果較好的不良導體，與建築物的牆體結合在一起，進而達到隔熱效果，例如：泡沫混凝土，是將泡沫加入不同成分的混凝土中，可以形成氣孔結構，而達到隔熱效果。另外也可透過在外牆塗上高反射率的隔熱漆，使溫度不蓄留。
門窗隔熱	使用雙層玻璃材質，中間灌注導熱性差之惰性氣體(氬氣)，而玻璃上的鍍膜層，能有效隔絕熱能與反射紫外線。同時，開窗面積大小應適中，太大容易讓室內環境受到室外環境的影響，而有過冷或過熱的問題；太小則空氣無法調節，夏季時熱空氣容易蓄積室內。
設置綠屋頂	植物能提供綠蔭，加上蒸散作用的進行，可減少都市熱島效應……

(1)根據所學，文中外牆常會使用隔熱漆，請推測隔熱漆一般會是深色還是淺色？請說明理由。

答：淺色。淺色物體不易吸收及放出輻射熱。

(2)針對窗戶的設計，下列的做法主要是利用何種原理隔絕熱的傳播呢？請填入代號。(A)熱傳導、(B)熱對流、(C)熱輻射。

- 窗戶兩層玻璃間灌氬氣。【 A 】
- 窗戶玻璃鍍膜。【 C 】
- 窗戶開口大小設計。【 B 】

(3)文中設置綠屋頂的敘述尚未完整，請填入文字完成敘述。

在屋頂上種植物能讓環境溫度降低，是因為植物體內的水，經由氣孔蒸發到空氣中，水從液體到氣體的過程，會吸收(填吸收或放出)環境的熱量，因此能讓環境整體溫度下降。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	ti-IV-1 能依據已知的自然科學知識概念，經由自我或團體探索與討論的過程，想像當使用的觀察方法或實驗方法改變時，其結果可能產生的差異；並能嘗試在指導下以創新思考和方法得到新的模型、成品或結果。 po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-C1 從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題，尊重生命。
	學習內容	Bb-IV-1 熱具有從高溫處傳到低溫處的趨勢。 Bb-IV-4 熱的傳播方式包含傳導、對流與輻射。		

西元 2015 年，美國政府於洛杉磯水庫投放了 9600 萬個「黑色塑膠球」，占據了水庫大面積的水面。這舉動讓許多人非常納悶，為何要放這麼多的黑色塑膠球在水庫中，而這些球的用途又是什麼？

塑膠球是由高密度聚乙烯 (HDPE) 製成，它無毒、無害、化學性質穩定，能夠承受太陽長時間的輻射曝曬，而且製造成本低廉，每一顆球的平均售價約為十塊臺幣。這些黑色塑膠球最初的用途，是為了防止鳥類降落在水面上造成水源汙染。然而近幾年受全球氣候變遷的影響，美國降雨量逐漸減少而導致水源缺乏，科學家們發現，浮在水面的黑色塑膠球還可以阻擋太陽光，避免太陽的熱輻射將水蒸發，可能成為節約水資源的做法之一。

或許有些人會好奇：黑色塑膠球在吸收太陽的輻射後，球體的溫度會升高，那為什麼還能阻止水分的蒸發？塑膠球在陽光的照射下溫度確實會升高，但因為球體內部是中空的，空氣因導熱效果不佳，而能有效的將熱隔絕在球體的表層，上方的熱量不會傳到下方的水，因此能有效阻止水庫中的水分蒸發。

然而，這些黑色塑膠球投入水庫看似能減少水資源的損耗，但實際上在製造塑膠球時需消耗不少的水資源。如何解決缺水的問題，未來還是要從根本的日常生活節省用水，與種植樹木來涵養水源做起。

(1) 下列何者不是黑色塑膠球的優點？

- (A) 能降低水庫中水分的蒸發
- (B) 能防止鳥類降落在水面上
- (C) 製造成本低廉
- (D) 製造時不會消耗任何水資源

答：(D)。

(2) 關於黑色塑膠球的隔熱原理，與下列生活中何種情境相同？

- (A) 太陽能板多以深色為主
- (B) 棉被愈蓬鬆，保暖效果愈好
- (C) 墨鏡的鏡片多以深色為主
- (D) 冷氣機安裝於室內高處

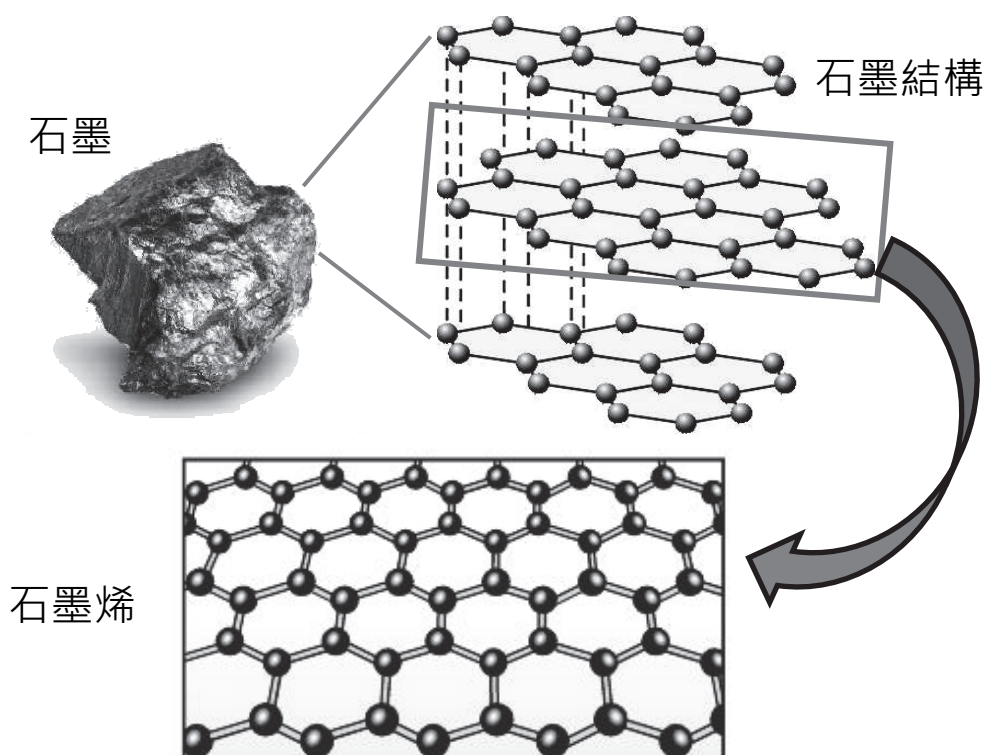
答：(B)。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學等方法，整理資訊或數據。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。 自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。
	學習內容	Aa-IV-5 元素與化合物有特定的化學符號表示法。 Cb-IV-1 分子與原子。 Mb-IV-2 科學史上重要發現的過程，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。		自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。

近來各種石墨烯相關應用產品大熱賣，究竟石墨烯是什麼呢？它與石墨有何關係？又為什麼被大家熱烈的討論呢？讓我們來一探究竟吧！

石墨為非金屬元素中，唯一一種可以導電的元素物質，其由碳原子以六角形蜂巢結構形成一層，並重疊而成，而石墨烯便是單一層石墨。石墨烯結構穩定，是目前最薄、最堅硬的奈米材料，且其具有極好的導熱、導電性能，只要添加一些就可以讓電池電容性能大幅提升，是目前最熱門的研究材料。那究竟是誰發現石墨烯的呢？



二十世紀初，自從發現石墨為層狀結構後，科學家便想探討單層原子厚度的石墨會有什麼性質，因此嘗試了許多方法，但是都失敗了。直到西元 2004 年英國的科學家海姆與俄國的科學家諾沃肖洛夫共同合作發現，若用膠帶黏在石墨薄片兩側，當撕開膠帶時，石墨便會被一分為二，那是否一直重複相同的動作，到最後就會獲得單層原子的石墨？使用這種方法後，他們確實分離出了單層石墨烯，並獲得西元 2010 年諾貝爾物理學獎。很多時候，找到真相的路途不需要迂迴婉轉，當初的科學家們，應該也沒料到獲取石墨烯的方法竟然只是一捲膠帶而已。

(1) 石墨烯在物質的分類上應歸類於元素、化合物還是混合物？試說明理由。

答：石墨烯為碳原子所組成，因此為元素。

(2) 同樣是由碳原子所組成，煤炭、鑽石無法導電，石墨、石墨烯卻可以導電，他們之間具有什麼差異呢？

答：碳原子的排列方式不同，所以物質的特性也不同。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要

學習重點	學習表現	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	自然科學領域核心素養具體內涵	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。
	學習內容	Aa-IV-4 元素的性質有規律性和週期性。		自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。

自然界萬物由元素構成，了解元素性質有助於解決科學問題及發展應用科技。元素週期表系統化地呈現元素性質的規律，無數的化學問題曾藉由週期表的指引而得到解決。

西元 1921 年 12 月，米基利發現了汽油抗震爆劑——四乙基鉛 ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$)。四乙基鉛合成容易，價格便宜，而且汽油中只要加入少量的四乙基鉛，就能顯著提高汽油的抗震爆性能，深受石油公司青睞。

最初，只知道少量的碘與碘化物溶在汽油內可以增加抗震爆性，而米基利與他的合作者經過多次抗震爆測試無果後，認為需要借助「週期表」來推測可能有效的抗震爆物質。依據碘及碘化合物有抗震爆的特質，他推論週期表同為 VIA 族的 Se、Te 元素所形成的化合物應該也具有類似的性質。又因為含 N (屬於週期表的 VA 族) 的許多化合物大都有增加震爆性的趨勢，但「乙烷 (C_2H_5) 基」及「苯 (C_6H_5) 基」的 N 化合物卻有相當的抗震爆特性，因此聯想到「乙烷基」及「苯基」很可能也是有效的原子團。米基利便製備 $\text{Se}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 及 $\text{Se}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ 化合物，並測試它們的抗震爆效果，如他所預料，效果不錯。

米基利又想到碘的化合物有頗佳的抗震爆性，但溴沒有，是否週期表同一行下半部的元素要比上半部的元素有較佳的抗震爆特性呢？就以週期表的 VIA 族為例，含 Te 的化合物是否比 Se 更有效呢？於是米基利又製備 $\text{Te}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ 及 $\text{Te}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ 兩種化合物，結果顯示含 Te 化合物的抗震爆性確實比含 Se 化合物好四、五倍以上。米基利又製造及測試含 VA 族的 P、As、Sb、Bi 等元素的類似化合物，但它們的抗震爆性雖較 VIIB 族元素好，卻遠不及含 VIB 族元素的化合物。

米基利再度聯想到 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 的抗震爆效果比 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ 及 $(\text{C}_2\text{H}_5)\text{NH}_2$ 佳，很快預測週期表 IVA 族元素 Sn 及 Pb 的化合物可能有最大的抗震爆效果。首先製成的是 $\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ，後來滿懷信心地製造出 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ，它的抗震爆性比苯胺 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) 大了 120 倍，這個重要的化合物就如此被發現了。含有 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ 的汽油提高了引擎的效率，使汽油可以更有效利用。

(1) 根據文章敘述，可以得知米基利是利用元素週期表的什麼特性，成功研製出最具抗震爆效果的抗震爆劑？

答：元素性質的規律性，逐步推測出不同元素之間的抗震爆趨勢。

(2) 根據文章敘述，可以得知縱向的元素稱為族，性質具有趨勢性。以元素的抗震爆性而言，同族元素中，所居位置愈往下，抗震爆性通常愈佳。

國民中學 自然科學 2 上

素養 LEVEL UP

編務指導：陳宛非、謝智偉
領域主編：張博欽
編輯組長：陳韋民
責任編輯：黃鈺扉
編輯：王 絢、楊采玲、方惠齡、梁至希
美編經理：李博勝
美術組長：謝智鵬
美術編輯：陳美秀

出版／印製：翰林出版事業股份有限公司
營業總部暨營業所在地：[7][0][2][4][8] 臺南市新樂路 76 號（安平工業區）
電話：(06) 263-1188（代表號）
印刷者：翰林出版事業股份有限公司
客戶服務專線：電話／(06) 263-7923
傳真／(06) 264-5852
信箱／hlservice@hanlin.com.tw

郵政劃撥：31376678 翰林出版事業股份有限公司
法律顧問：北辰律師事務所 蕭雄淋律師、幸秋妙律師
翰林官網：<http://www.hle.com.tw>
翰林數位：<http://hanlindigi.hle.com.tw>
翰林書城：<http://books.hanlin.com.tw>
勘誤啟事：翰林官網／勘誤啟事
出版日期：民國 109 年 8 月初版，113 年 8 月再版三刷



本書所有著作內容之權利，除翰林擁有著作權之內容外，均依據著作權法規定取得授權，或依法合理使用。如仍有闕漏或資料錯誤，請著作權人撥打客戶服務專線與我們聯繫。

有著作權・請勿侵害

國中教科書全國服務中心

北區服務中心：（臺北、基隆、宜蘭、花蓮、金門）

地址：[2][3][5][8][5] 新北市中和區建一路136號9樓

電話／(02) 3234-4718 傳真／(02) 3234-4720

桃竹區服務中心：（桃園、新竹、苗栗）

地址：[3][2][0][6][0] 桃園縣中壢市內定二十街76巷55號

電話／(03) 451-5136 傳真／(03) 451-5305

中區服務中心：（臺中、南投、彰化）

地址：[4][0][8][5][4] 臺中市南屯區東興路一段480號

電話／(04) 2473-8515 傳真／(04) 2472-8505

雲嘉區服務中心：（雲林、嘉義）

地址：[6][0][0][8][5] 嘉義市西區國安二街31號

電話／(05) 281-2656 傳真／(05) 231-2415

南區服務中心：（臺南）

地址：[7][0][2][4][8] 臺南市南區新樂路76號（安平工業區）

電話／(06) 263-7923 傳真／(06) 264-5852

高屏區服務中心：（高雄、屏東、臺東、澎湖）

地址：[8][0][7][9][4] 高雄市三民區民族一路373巷15號

電話／(07) 397-2288 傳真／(07) 397-1199

●本書如有缺頁、倒裝、嚴重汙損等情形，請接受本公司誠摯的道歉；

並請撥讀者免費服務專線：0800-007-678告知，我們將迅速為您服務