

1 天

2019 年國際單位制基本單位重新定義	2
氣味分子大解密	3
新冠病毒的演化與流感化	5
銀河系中心超大質量黑洞	7
哈伯與韋伯太空望遠鏡	9
葉綠體	11

2 澤

麥克風與喇叭揚聲器	15
水中重金屬離子之吸附探究	18
硝酸鹽對植物生長的影響	20
龜山八景：靈龜擺尾	21
比爾定律	25
馬祖藍眼淚之謎	26

5 風

渦流管冷卻器	59
空氣汙染減量與分析	61
淺海熱泉生態系：龜山島的烏龜怪方蟹	63
沒有颱風的七月！颱風為何銷聲匿跡？	65
血壓的計算原理	67
好臭氧 v.s. 壞臭氧	70

6 水

OLED 色彩精準又護眼！用過回不去	74
溶解度的測定	76
奇異果的 DNA 萃取實驗	77
羅賽塔號的彗星觀測任務	80
珊瑚的祕密	81
水波的反射與折射現象	84

3 火

熱導管的原理	30
自熱火鍋的科學原理	32
BMR 與 TDEE：基礎代謝率懶人包	34
臺灣的地熱資源與分布	36
2022 年東加海底火山爆發	39
血紅素與血氧飽和度	41

4 雷

單極馬達	44
豆漿的魔法	46
杯底不要養金魚，不然會喝醉？	48
聖嬰現象：聖嬰年與反聖嬰年	50
藍綠菌與疊層石	53
熱電效應	56

7 山

旋轉，還是不旋轉？	87
鋁箔包回收再利用	89
生長素的發現與歷史	91
蛇綠岩套	93
碳捕存	95
神奇的射水魚	97

8 地

福爾摩沙衛星五號	101
界面活性劑的性質探究	104
柔膜菌綱與比較基因體學	106
地震波的應用：地球內部探查	108
碳 14 定年法	110
蛋白質的運用與各級結構	112

1 天

八卦天地

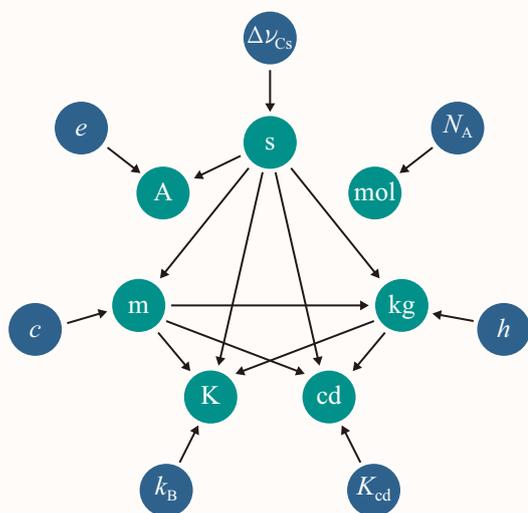
乾卦，大自然的象徵為「天」，代表頭腦、思想、君主，延伸至自然科學可為宇宙、天空、定律、規則、中樞神經等。

物理	自然界的尺度與單位、科學發展的歷史、物理學家的貢獻 (108 學測)
化學	物質組成與元素的週期性、物質的形態、物質的分離與鑑定
生物	生物學家的貢獻 (108 學測)、抗生素與細菌 (112 學測：生物 + 化學)
地球科學	宇宙與天體、視界望遠鏡 (110 試辦)、火星 (112 學測)

1-3 題為題組

2019 年 5 月 20 日，國際單位制基本單位的新定義正式生效。在重新定義秒 (s)、公尺 (m) 和燭光 (cd) 之前，這三個基本單位就已經以固定數值的「物理常數」定義，新的定義則是在舊定義的基礎上進行修正。另外，公斤 (kg)、安培 (A)、克耳文 (K) 及莫耳 (mol) 四個基本單位的新定義，改以固定「物理常數」的精確值定義，這些常數分別為普朗克常數 (h)、基本電荷 (e)、波茲曼常數 (k_B) 和亞佛加厥常數 (N_A)。

重新定義後，部分基本單位的定義僅依賴固定數值的「物理常數」。其餘基本單位的定義除了依賴物理常數外，還需要其他「基本單位」參與，彼此間的關係如右圖。



基本單位的新定義與關係圖

- 物理** 1 根據基本單位的新定義，溫度的基本單位克耳文與下列哪些基本單位有關？_____
- 甲、公尺 (m) 乙、秒 (s) 丙、公斤 (kg) 丁、波茲曼常數 (k_B) 戊、燭光 (cd)
- (A) 甲 (B) 甲乙 (C) 甲乙丙 (D) 甲乙丙丁 (E) 甲乙丙丁戊

物理 2 根據基本單位的新定義，下列敘述哪些正確？（應選二項）

- A 基本單位中，秒 (s)、公尺 (m) 和莫耳 (mol) 僅依賴物理常數即可定義
- B 基本單位中，僅燭光 (cd) 依賴物理常數即可定義
- C 七個基本單位彼此間均無關係，各自獨立定義
- D 基本電荷 (e) 的單位記為 $[e]$ ， $A = [e] \cdot s^{-1}$ ，因此可利用基本電荷的測定與秒 (s) 來定義安培 (A)
- E 國際單位制中，時間單位秒 (s) 的新定義是取鉍 -133 原子不受擾動的基態超精細能階躍遷頻率 $\Delta\nu_{Cs}$ 的固定常數值 9,192,631,770 (1 / 秒)，故秒和定義所用常數值的關係式為 $1 \text{ 秒} = \frac{9192631770}{\Delta\nu_{Cs}}$

物理 3 已知普朗克常數 (h) 的單位為 $J \cdot s$ ，可寫成 $[h] = J \cdot s$ 表示單位。

- (1) 請說明普朗克常數 (h) 的單位是 $J \cdot s$ 的原因。
- (2) 國際單位制的新定義以普朗克常數 (h) 重新定義公斤 (kg)，請以 $[h]$ 、 m 、 s 和適當因次表示 kg。

(1) 說明原因	
(2) 以 $[h]$ 、 m 、 s 表示 kg	

多元探索

和百年公斤原器說再見！七大國際單位制 520 (2019 年) 起換定義啦！

2018 年，國際度量衡大會以自然界的物理常數重新定義部分基本單位，並於 2019 年生效。在新定義通過後，各物理常數與基本單位之間的關係也明顯變化。



SI 國際單位制，新質量標準「公斤」重新定義

「公斤」的新定義由固定數值之普朗克常數決定，因此國家度量衡標準實驗室與德國 PTB 合作，藉由「X 光晶體密度法」，計算出矽晶球的質量。



4-6 題為題組

自然界中有許多分子具獨特氣味，當這些氣味分子與人體的嗅覺受器結合後，可能會讓大腦產生愉悅或不舒服的感覺，進而解讀成香味或臭味。

從下頁表一的四種常見氣味分子的化學結構來看，若分子具有孤電子對或雙鍵結構，則這一類型的分子通常與嗅覺受器的結合力較強，也相對較易引發嗅覺反應。另外，若分子的分子量小於 400，通常表示這些分子的揮發性較好，能與大量嗅覺受器接觸而產生足夠強的訊號刺激。

表一 常見氣味分子

名稱	氨	糞臭素	異戊酸	檸檬烯
結構式				
味道性質	尿騷味	糞便味	汗臭味	檸檬香味

由於臭味容易引起人體不適並涉及環保法規，一般藉由臭味強度 (Y) 加以量化，以便進行比較。臭味強度 (Y) 與臭味物質濃度 (X) 兩者之間並非正比關係，最常使用 Weber-Fechner 關係式進行量化，公式為 $Y = k \times \log X + a$ ，其中 Y 為臭味強度， X 為臭味物質濃度 (單位 ppm)， k 與 a 為常數，數值大小與物質種類有關。

臺灣參考日本的規定，依照臭味強度的大小，訂定六階段的臭味強度表示法，如表二。若是某物質的臭味強度超過 2.5，表示環境已受到惡臭汙染，需要採取防治措施。

表二 臭味強度分級表

臭味強度	內容
0	無臭
1	勉強可感知臭味
2	可知臭味種類的弱臭
3	容易感知臭味
4	強臭
5	難以忍受的劇臭

化學 4 由本文敘述推測，下列哪一種分子較**不可能**與人體嗅覺受器結合而產生嗅覺反應？

- A C_2H_6 B H_2S C NO_2
 D O_3 E $HCHO$

化學 5 已知兩種不同的臭味物質甲與物質乙，其 k 值與 a 值如右表。請根據 Weber-Fechner 關係式判斷，在「勉強可感知臭味」的前提下，哪一種物質所需濃度較低？請在下方作答欄中勾選一項，並說明判斷依據。（請務必於「判斷依據」的作答欄中，將甲與乙兩物質所需之最低濃度計算出來，以進行比較）

物質	k 值	a 值
甲	0.3	1.6
乙	1.5	5.5

所需濃度較低	判	斷	依	據
<input type="checkbox"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙				

【化學】6 「王同學發現廁所裡有很濃烈的尿騷味（氨氣），於是他在小便斗周圍噴灑少量鹽酸，並用清水沖洗後，發現氣味大幅下降」，以上敘述所涉及的除臭原理，與下列哪一項最為接近？

- A 在身上噴灑香水，覆蓋其他味道
- B 將有汗臭味（異戊酸）的衣服，浸泡於小蘇打水中，以去除異味
- C 在鞋子內放入含有活性碳的鞋墊，吸附臭味分子
- D 將衣物用漂白水浸泡，以殺死細菌，減少霉味產生
- E 將沾附尿液的鞋子用水反覆沖洗，以減少氣味

多元探索

為什麼我們對臭味避之唯恐不及？哈佛化學博士這麼說

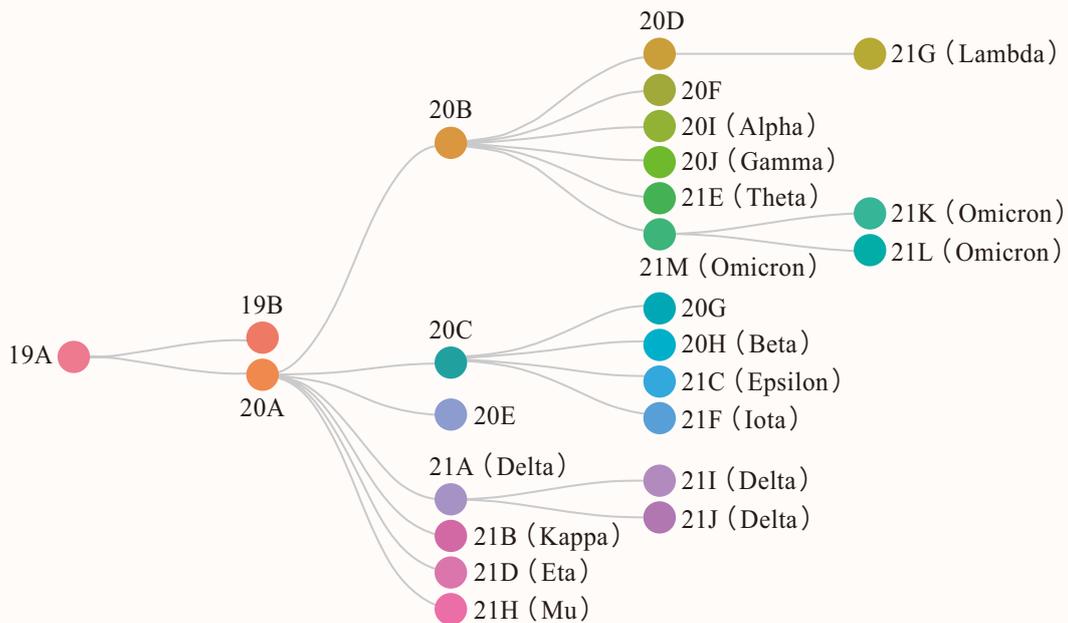
科學家是如何透過實驗來確定臭味分子的化學組成？排行在世界上最臭物質前五名內的「硫代丙酮」並不存在於大自然中，而是人工合成。



7-9 題為題組

2019 年底，新冠病毒（SARS-CoV-2）出現並席捲全球，由目前所知新冠病毒具有外套膜，遺傳物質為 RNA，在複製過程中容易出錯而產生突變，進而影響病毒的傳播力、致死率與疫苗防護力等特性。例如突變的位置若發生在套膜上棘蛋白的基因上時，會導致棘蛋白的結構改變，就可能影響棘蛋白與人體細胞膜表面受體 ACE2 的結合力。

目前我們常聽到的五大變異株，分別為 Alpha (α)、Beta (β)、Gamma (γ)、Delta (δ) 和 Omicron，均是由原始病毒株 19A 演變而來。圖(一)為新冠病毒的親緣關係樹，其中數字代表年份，英文字母代表出現順序。



圖(一) 新冠病毒的親緣關係樹

物理 17 承上題，若將地心到 L_2 的距離由 r 改為 $-r$ ，可以看出在日地連心線上，位於地球公轉軌道內側、距離地心 r 處，尚有一個能與地球同步繞日公轉的定點，稱為「拉格朗日點 L_1 」。從天文學的觀點，拉格朗日點 L_1 、 L_2 皆為週期運行軌道，若要讓飛行器穩定在 L_1 或 L_2 附近繞行，必須搭載推進燃料以隨時修正飛行器的位置，而飛行器的燃料使用量也是執行任務壽命的關鍵。請問飛行器在 L_1 、 L_2 哪一個位置繞行的執行任務壽命較長？請在下方作答欄中勾選一項，並說明原因。

任務壽命較長	說	明	原	因
<input type="checkbox"/> L_1 <input type="checkbox"/> L_2				

物理 18 已知地球的地心到「日地系統」的系統質心 C 之距離為 $\frac{MR}{M+m}$ ，則韋伯太空望遠鏡公轉週期的平方 T^2 為下列何者？（圓周運動向心加速度 $a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ ，其中 r 為圓周運動軌道半徑）_____

- A $\frac{4\pi^2 r^3}{G(M+m)}$
 B $\frac{4\pi^2 R^3}{G(M+m)}$
 C $\frac{4\pi^2 r^3}{Gm}$
 D $\frac{4\pi^2 R^3}{Gm}$
 E $\frac{4\pi^2 r^3}{GM}$

多元探索

MIT 科學家狂想將成真：幫地球裝上「太空泡泡」防護罩，擋掉太陽輻射！

麻省理工學院感知城市實驗正在進行「地球防晒」計畫，將以矽與其他材質構成薄膜球狀物，放在拉格朗日點上，阻擋太陽輻射，遏止地球暖化。



最新影像全解讀！韋伯望遠鏡強大在哪？宇宙新發現？天文迷必看！

2022 年 7 月，NASA 公布首批韋伯望遠鏡所拍攝影像，不論是清晰度、影像合成時間、捕捉微弱背景星系影像能力，都遠勝於哈伯太空望遠鏡。



19 - 24 題為題組

葉綠體是綠色植物和藻類等真核自營生物細胞進行光合作用的胞器，內含葉綠素、葉黃素與胡蘿蔔素等光合色素。

光合作用包括光反應與碳反應，光反應是利用光合色素捕獲太陽光能量，並將能量儲存在 ATP 和高能分子 NADPH 內，反應同時會將水分解而釋放氧氣。碳反應則是利用光反應所產生的 ATP 和 NADPH，將二氧化碳固定為醣類分子，此反應又稱為卡爾文循環。

化學 19 小景欲將葉綠體中的色素取出，以利進行後續的探究實驗。首先他將收集到的新鮮菠菜葉片放入研鉢內磨碎後，分別與定量的不同溶劑混合，再以不同方式過濾，完成實驗紀錄如下表。

實驗組別	實 驗 一	實 驗 二
植物碎片用量	3 g	3 g
溶劑種類	純水	乙醇
溶劑用量	10 mL	10 mL
過濾方式	以紗布包住混合物，擰出液體	以濾紙進行重力過濾
觀 察	得到淡綠色濾液以及少量植物碎片	得到深綠色濾液

下列相關敘述，哪些正確？（應選二項）_____

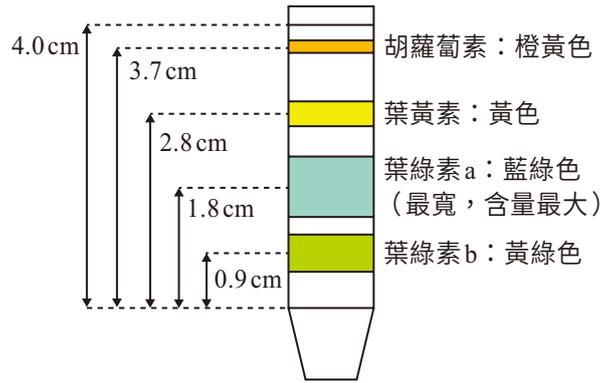
- Ⓐ 透過溶劑將葉片中的色素溶解出來，此操作過程稱為過濾
- Ⓑ 將葉片研磨的目的是加快細胞和葉綠體的破裂，使葉綠體中的色素更容易釋放出來
- Ⓒ 實驗二中的濾液顏色較深，可能是因為濾紙的孔洞較紗布大，可以過濾出較多的色素分子
- Ⓓ 由以上實驗可推測，乙醇對植物色素的溶解度較純水大
- Ⓔ 由實驗結果可知，採用何種方式過濾，會顯著影響自葉片中取出色素的效果

生物 20 小景想了解影響光反應的因子而進行以下探究與實作，他取用 A、B、C、D 四支離心管，如下表所示，分別加入 3 種溶液（蔗糖溶液、DCPIP 溶液、葉綠體溶液），A、B 兩組照光，C、D 兩組以不透光錫箔紙包覆模擬黑暗，經過 30 分鐘後，將四支試管離心，觀察上清液的顏色並記錄在下表的結果欄位。已知 DCPIP 為氧化還原指示劑，氧化態為藍色，接受 H^+ 及 e^- 之後，成為無色的還原態。下列相關敘述，哪些正確？（應選三項）

離心管	A	B	C	D
0.5 M 蔗糖溶液	3 mL	4 mL	3 mL	4 mL
0.1% DCPIP 溶液	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL	0.5 mL
葉綠體溶液	1 mL	—	1 mL	—
照光或黑暗	照光	照光	黑暗	黑暗
結 果	綠色	藍色	藍綠色	藍色

- Ⓐ 若「照光或黑暗」為操縱變因，則 A 離心管是 C 離心管的對照組
- Ⓑ DCPIP 的角色與功能相當於葉綠體內的 NADPH 分子
- Ⓒ A、B 兩組的實驗假設：葉綠體是進行光反應的必要條件
- Ⓓ C、D 兩組的結果推論：光反應需要有光照狀態才能進行
- Ⓔ A、C 兩組的結果呈現綠色是因為有葉綠素溶出

化學 21 承上題，為了進一步探討葉綠體溶液中的成分，小景將葉綠體溶液進行色層分析，發現主要有以下四個色帶，分別為胡蘿蔔素、葉黃素、葉綠素 a 以及葉綠素 b，如下圖。



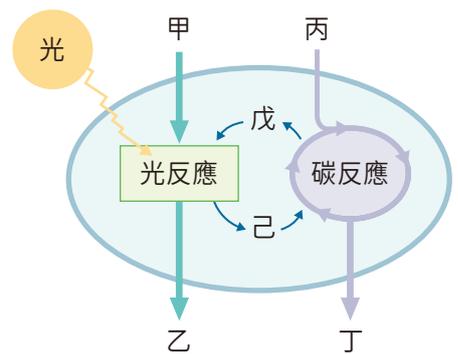
已知 Rf 值定義為 $\frac{\text{成分由起始線的移動距離}}{\text{同時間展開液由起始線至停止線的移動距離}}$ 。若各成分色素與濾紙間的作用力為 F_1 ，與展開液間的作用力為 F_2 ，請問此四種色素中：

- (1) 哪一種色素之 $(F_2 - F_1)$ 數值最大？請說明原因。
- (2) 承(1)，該色素之 Rf 值為何？請寫出計算過程。

(1) $(F_2 - F_1)$ 數值最大的色素	說 明 原 因
(2) 該色素的 Rf 值	計 算 過 程

生物 22 右圖為葉綠體內進行光合作用過程的示意圖，則下列相關敘述何者正確？

- A 光反應發生在葉綠體的內膜上
- B 碳反應發生在葉綠體的類囊膜上
- C 甲為水，乙為二氧化碳
- D 丙為二氧化碳，丁為葡萄糖
- E 戊為 ATP，己為 NADPH



生物 23 西元 1941 年，美國的魯賓 (Sam Ruben) 和卡門 (Martin Kamen) 利用同位素標記法進行探究，證明光合作用釋放的氧氣來自於水的分解，他們用氧原子的同位素 ^{18}O 來標定水分子 (H_2^{18}O)， ^{16}O 來標定二氧化碳 (C^{16}O_2)，請回答下列問題：

- (1) 請寫出光合作用的反應式並標示出氧原子的同位素，來證明光合作用所釋放的氧氣來自於水而非二氧化碳。(反應係數需正確平衡才全部給分)
- (2) 紫硫菌是一種會進行光合作用的原核生物，它不是以水而是以硫化氫 (H_2S) 作為原料，請問它是否會產生氧氣？請在下頁作答欄中勾選一項，並說明原因。

(1)光合作用 反應式			
(2)產生氧氣	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	說明原因	

化學 24 承上題，自然界中除了 ^{16}O 與 ^{18}O 外，還有 ^{17}O 存在。下列有關這三種元素的敘述，何者錯誤？

- A ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O 三者彼此互為同位素
- B 在基態時，三者電子排列方式均相同
- C 三者具有類似的化學性質
- D ^{16}O 在自然界中的含量為三者中最高，因此週期表中 O 的原子量是以 ^{16}O 之原子量為代表
- E 若氧之平均原子量為 15.9994，則 ^{18}O 之原子量必定大於 15.9994 amu

多元探索

研之有物：打開植物學課本，就像回到家啊！

一般人對葉綠體的印象都會先想到光合作用，但葉綠體需要由細胞質輸入蛋白質才能正常運作。由於葉綠體具有外膜和內膜阻隔外界，那麼蛋白質到底是如何順利的進入葉綠體內？



LIS 科學史：你吃牛、牛吃草、草吃……，草到底吃什麼？

植物是不會動的生物，它到底是吃什麼長大？難道真的是吃土就能長大？18 世紀瑞士的博物學家瑟訥比埃（Jean Senebier）藉由實驗，得出結論：「植物要產生氧氣，光和二氧化碳都是必備要素。」



詳細解說請參見詳解本 P.1

1 天

1. **C** 2. **D E** 4. **A** 6. **B** 8. **B D** 9. **C**
 10. **B** 11. **E** 13. **A C E** 14. **D** 16. **A B** 18. **B**
 19. **B D** 20. **A C E** 22. **D** 24. **D**

1. 溫度的基本單位克耳文 (K) 是由「物理常數」波茲曼常數 (k_B) 與三個「基本單位」公尺 (m)、秒 (s)、公斤 (kg) 來定義

破題關鍵 本文附圖外圈為七個「物理常數」，內圈為七個「基本單位」，指向某基本單位的箭頭就是構成該基本單位所依賴的物理常數與基本單位

測驗目標 找出文本、數據、式子或圖表等資料的特性、規則或關係

2. **A** 公尺 (m) 除了以「物理常數」光速 (c) 定義之外，還與「基本單位」秒 (s) 有關
B 秒 (s) 和莫耳 (mol) 皆只依賴物理常數即可定義
C 公尺 (m)、公斤 (kg)、克耳文 (K)、燭光 (cd) 與安培 (A) 還需要依賴其他基本單位才能定義

破題關鍵 由「單位」與「因次」推得各基本單位與「物理常數」及其他「基本單位」之間的關係

測驗目標 理解文本、數據、式子或圖表等資料的意義

3.	光子能量 $E = h\nu$ 故 $h = \frac{E(\text{J})}{\nu(\text{s}^{-1})} = \frac{E}{\nu} (\text{J} \cdot \text{s})$
----	---

破題關鍵 由光子能量 $E = h\nu$ 推得普朗克常數 (h) 的單位

測驗目標 根據事實或資料，進行表達與說明

評 分 標 準	
全部給分	寫出與普朗克常數 (h) 有關能量 (E) 之數學式，並由該數學式推導出普朗克常數的單位
部分給分	僅寫出與普朗克常數 (h) 有關能量 (E) 之數學式，但未推導出普朗克常數的單位
不給分	未寫出與普朗克常數 (h) 有關能量 (E) 之數學式，也未推導出普朗克常數的單位

(2)以 $[h]$ 、m、s 表示 kg	$\text{kg} = [h] \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^1$
-----------------------	--

說明

$$\begin{aligned} [h] &= \text{J} \cdot \text{s} = ([F] \cdot [S]) \cdot \text{s} \\ &= ([m] \cdot [a] \cdot [S]) \cdot \text{s} \\ &= (\text{kg} \cdot \text{ms}^{-2} \cdot \text{m}) \cdot \text{s} \\ &= \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \\ \Rightarrow \text{kg} &= [h] \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^1 \end{aligned}$$

破題關鍵 由作功 $W = FS$ 取代焦耳 (J)，並由 $F = ma$ 將力 F 改為質量與加速度的乘積，可得 $W = m \cdot a \cdot S$ ，

最後由「單位」與「因次」推得以 $[h]$ 、m、s 來表示 kg

測驗目標 根據事實或資料，進行表達與說明

評 分 標 準	
全部給分	正確寫出 $\text{kg} = [h] \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^1$
部分給分	寫出 $\text{kg} = [h]^x \cdot \text{m}^y \cdot \text{s}^z$ ，但因次 x 、 y 、 z 不完全正確
不給分	未寫出公斤 kg 與 $[h]$ 、m、s 的關係式

4. 從本文得知，能夠引發嗅覺反應的分子，通常分子量小於 400，且結構常含有孤電子對或雙鍵結構。已知 **A** 至 **E** 選項的路易斯結構如下表：

選 項	路 易 斯 結 構
A C_2H_6	
B H_2S	
C NO_2	
D O_3	
E HCHO	

僅 **A** 選項中各原子均無孤電子對，亦無雙鍵，故可推測 C_2H_6 分子與嗅覺受器結合的能力最弱，較不可能產生嗅覺反應

破題關鍵 從本文內容歸納得知，可引發嗅覺反應之分子的結構特性，也能畫出各選項分子之路易斯結構，並正確判斷分子中是否含有孤電子對或雙鍵，以判斷該分子能否與嗅覺受器結合

測驗目標 根據資料或科學探究情境，進行科學性分析 (包含：觀察、分類、關係或結論)

所需濃度較低	判 斷 依 據
<input checked="" type="checkbox"/> 乙	在「勉強可感知臭味」的前提下，表示此時臭味強度 (Y) 值為 1，甲、乙所需濃度分別如下： 甲： $1 = 0.3 \times \log X + 1.6$ 得 $X = 10^{-2} = 0.01 \text{ ppm}$ 乙： $1 = 1.5 \times \log X' + 5.5$ 得 $X' = 10^{-3} = 0.001 \text{ ppm}$ 故乙物質所需濃度較低

破題關鍵 能夠理解本文中 Weber-Fechner 關係式的意義，並能透過數據計算，實際進行比較

測驗目標 根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

評 分 標 準	
全部給分	勾選「乙」，並正確計算出甲、乙所需濃度作為判斷依據
部分給分	(1)勾選「乙」，但未能正確計算出甲、乙所需濃度 (2)正確計算出甲、乙所需濃度作為判斷依據，但未勾選「乙」（只勾選「甲」，或是「甲」、「乙」皆勾選，或皆未勾選）
不給分	勾選「乙」，也未能正確計算出甲、乙所需濃度（若僅計算甲、乙其中一者所需濃度，因無助於兩者比較，亦不給分）

6. 當氨氣與鹽酸接觸後，可進行中和反應形成氯化銨，其中氯化銨為離子化合物，因此能降低揮發性。又因氯化銨具有水溶性，所以可用清水沖洗將其去除

- Ⓐ 此法是藉由濃郁的香味覆蓋過臭味，為物理性除臭
- Ⓑ 汗臭味中的異戊酸為有機酸，可與小蘇打（碳酸氫鈉）水進行酸鹼中和，形成異戊酸鈉。其中異戊酸鈉為離子化合物，能降低揮發性。加上此種鈉鹽具水溶性，所以可溶於水中，進而去除衣物上的汗味
- Ⓒ 活性碳為多孔洞結構的物質，可吸附臭味分子，進而達到除臭效果，為物理性除臭
- Ⓓ 漂白水為強氧化劑，可將細菌氧化達到滅菌效果，進而減少細菌分解衣服上有機物所產生的異味，此除臭原理係利用氧化還原反應，為化學性除臭
- Ⓔ 水為良好的溶劑，可與尿液互溶，進而達到將鞋子上尿液去除的效果，為物理性除臭

破題關鍵 將學過的科學知識與概念應用於生活中，進而理解並比較各種不同除臭方法之原理及差異

測驗目標 ①認識、理解重要的科學名詞和定義
②根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

探究能力 發現問題：觀察現象

(1)親緣關係樹	① Omicron
	② δ (或 Delta)
(2)親緣關係較近的變異株	<input checked="" type="checkbox"/> α 變異株
(3)是否可能流感化	根據本文資料判斷為不可能，因為該演化樹與圖(三)非階梯化變異相似，無法預測下一次病毒株的變異，故還不能確認是否有可能流感化

破題關鍵 根據本文圖(一)的親緣關係樹，即可分析不同變異株的親緣關係

測驗目標 ①根據事實或資料，整理辨別各種觀點的異同
②根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

探究能力 論證與建模：解釋和推理

評 分 標 準	
全部給分	第(1)題：正確寫出①、②的變異株（①②各占一半得分）
	第(2)題：勾選「 α 變異株」
	第(3)題：針對是否流感化提出有疑慮（占一半得分），並以非階梯化變異作為解釋（占一半得分）
部分給分	第(1)(2)(3)題答對其中一至二題
不給分	第(1)(2)(3)題皆錯誤

8. Ⓐ 磷脂質：具有親水端的頭部（可溶於水）與疏水端的尾巴，形成脂雙層構造

Ⓒ 膽固醇：可以透過增加或降低流動性來調控細胞膜的穩定性

Ⓔ 細胞膜不具有核酸成分

破題關鍵 熟知細胞膜的構造、組成成分與功能

測驗目標 認識、理解重要的科學名詞和定義

9. Ⓐ 新冠病毒不屬於任何三域六界

Ⓑ 遺傳物質為 RNA，具有單股結構，容易被水解

Ⓓ 棘蛋白的基因由病毒本身的核酸所攜帶

Ⓔ 只有具有 ACE2 受體的細胞才可能被感染

破題關鍵 根據本文內容與必修生物課程，了解新冠病毒的構造與特性，並判斷病毒能否納入生物分類系統

測驗目標 ①理解文本、數據、式子或圖表等資料的意義
②根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

10. 從本文內容：「銀河系中心的人馬座 A 是由多重結構所組成，當中有一處釋放出特別明亮且緻密的無線電波，由於該位置為人馬座 A 最活躍的區域，因此被命名為『人馬座 A*』」，因此可以推論人馬座 A* 是被包含在人馬座 A 之內，而人馬座 A 則是在銀河系之內

破題關鍵 銀河系中心的人馬座 A，其最活躍的區域，被稱為人馬座 A*

測驗目標 根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

11. 表面溫度高達 1,000 萬 K 物體所發出的黑體輻射，其最強能量的波長座落在 X 光波段

破題關鍵 知道太陽的表面溫度約 6,000K，根據黑體輻射定律最強能量的波長座落在可見光波段，因此最強能量的波長座落在 X 光波段的物體，其表面溫度將遠超過 6,000K

測驗目標 認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律

12.	重	複	週	期
23 小時 56 分鐘				

說明

訊號源來自銀河系中心，天線隨著地球自轉 360 度（歷時 23 小時 56 分鐘）後又會指向人馬座 A* 而接收到最大的無線電波干擾

破題關鍵 干擾訊號來自銀河系中心，可視為遙遠恆星，因此地球自轉 360 度後，遙遠恆星就會回到天空中的原來位置

測驗目標 認識、理解各階段科學的進展

評 分 標 準	
全部給分	寫出 23 小時 56 分鐘
不給分	週期完全錯誤

13. **A** 低溫行星所發出之電磁波，以波長較長的紅外線波段為主，適合以韋伯望遠鏡進行觀測
- B** 表面溫度約為 5,800K 的太陽所發出的電磁波以可見光為主，由於太陽的位置非常靠近地球，亮度太大，有可能會造成望遠鏡的感光元件燒毀，因此哈伯望遠鏡與韋伯望遠鏡都不適合觀測太陽
- C** 遙遠星光所發出的可見光，經過百億光年的傳播會因宇宙膨脹而被拉長波長成為紅外光，適合以韋伯望遠鏡進行觀測
- D** 地球大氣層對於可見光的吸收度較低，而對於紅外線的吸收度較高，因此以觀測可見光波段為主的哈伯望遠鏡，所觀測到的影像更清晰
- E** 來自銀河系中心的星光需要通過銀河系盤面到達地球，途中會被許多星際氣體阻擋，因此選擇不易受到塵埃影響而發生散射的紅外線波段，以韋伯望遠鏡更適合進行觀測

破題關鍵 ①從文章中獲取哈伯望遠鏡主要的觀測波段為可見光波段，韋伯望遠鏡主要的觀測波段為紅外線波段，而紅外線具有較佳的穿透性

②應用所學知識進行判斷：不同溫度之黑體輻射波長分布、大氣層對不同電磁波波長之吸收度、宇宙膨脹造成之紅移現象

測驗目標 ①認識、理解重要的科學名詞和定義
②根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

14. 由集光力 \propto 口徑²，可算出韋伯望遠鏡的集光力是哈伯望遠鏡的 $\frac{6.5^2}{2.4^2} \approx 2.5^2$ 倍（實際為 2.7² 倍，取近似值 2.5² 倍），星等每相差 1 等，則亮度約相差 2.5 倍。星等每相差 2 等，則亮度約相差 2.5² 倍。由於哈伯望遠鏡可以看到最暗的星等為 30，因此韋伯望遠鏡能看到最暗的星等為 30 + 2 = 32

破題關鍵 ①從文章與題幹中獲取韋伯望遠鏡與哈伯望遠鏡的口徑大小、集光力與望遠鏡口徑的平方成正比，並計算其集光力相差幾倍

②應用所學星等與亮度之關係：星等每差 1 等，亮度約相差 2.5 倍

③望遠鏡集光力的觀測情境

測驗目標 選用適當的資料解決問題

15.	(1)可見光影像	(2)紅外線影像
	<input checked="" type="checkbox"/> 甲	<input checked="" type="checkbox"/> 乙
(3)說明理由		
紅外線具有較佳的穿透性，乙在星際氣體和塵埃區顯示的恆星數量比甲多，因此乙為紅外線影像		

破題關鍵 從文章得知紅外線波長較可見光長，不易受到塵埃的影響而發生散射，對於存在大量氣體與塵埃的區域具有較佳的穿透性，因此紅外線影像比可見光影像更能觀測到星際塵埃中或星際塵埃後面的星光

測驗目標 ①根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

②根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

評 分 標 準	
全部給分	可見光影像勾選「甲」，紅外線影像勾選「乙」，並說明照片乙星雲裡的恆星較多，以及解釋紅外線具有較佳的穿透性
部分給分	(1)可見光影像勾選「甲」，紅外線影像勾選「乙」，且說明照片乙星雲裡的恆星較多，但未解釋紅外線具有較佳的穿透性 (2)可見光影像勾選「甲」，紅外線影像勾選「乙」，且解釋紅外線具有較佳的穿透性，但未說明照片乙星雲裡的恆星較多
不給分	可見光影像未勾選「甲」，或紅外線影像未勾選「乙」，不論是否說明照片乙星雲裡的恆星較多，以及解釋紅外線具有較佳的穿透性，皆不給分

16. **A** 飛行器與地球「同步」繞太陽進行圓周運動，由於飛行器繞日半徑較地球大，路徑（圓周長）也較地球大，所以有較大切線速率

B C 承 **A**，因飛行器有較大的切線速率，改變速率時需要較「大」的向心加速度

D E $\vec{F}_C = \vec{F}_{\text{太陽}} + \vec{F}_{\text{地球}}$ ，飛行器的向心力由太陽和地球的引力提供

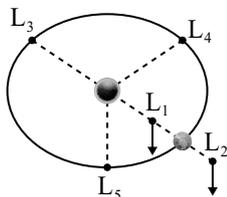
破題關鍵 已知在 L₂ 點的小物體，受到日地系統的重力作用，可與地球同步繞日地系統的質心公轉

測驗目標 選用適當的資料解決問題

17.	任務壽命較長	說明原因
	<input checked="" type="checkbox"/> L ₂	太陽引力遠大於地球引力，能造成較大的重力梯度，若飛行器在重力梯度較大的 L ₁ 附近進行軌道修正，必定較 L ₂ 消耗更多燃料

說明

太陽的引力遠大於地球的引力，太陽在空間中能造成較大的重力梯度（重力隨距離的變化率）。右圖中，若在重力梯度較大的 L₁ 附近進行軌道修正，必定較 L₂ 消耗更多燃料，因此將韋伯太空望遠鏡放置於 L₂ 點運行較能延長執行觀測任務的壽命



破題關鍵 列出本文內容的關鍵文字、數據或圖表分析，並說明原因

測驗目標 根據事實或資料，進行表達與說明

評 分 標 準	
全部給分	勾選「L ₂ 」，並正確說明原因
部分給分	勾選「L ₂ 」，但未正確說明原因
不給分	未勾選「L ₂ 」，不論是否正確說明原因皆不給分

18. 韋伯太空望遠鏡與地球公轉具有相同的週期
 ⇒ 由日地間萬有引力提供地球圓周運動的向心力

$$F_c = ma_c : \frac{GMm}{R^2} = m \times \left[\frac{4\pi^2}{T^2} \times \frac{MR}{M+m} \right]$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{G(M+m)}$$

破題關鍵 韋伯太空望遠鏡與地球具有相同的公轉週期

測驗目標 選用適當的資料解決問題

19. A 透過溶劑將葉片中的色素溶解出來，此操作過程稱為萃取

ⒸⒹ 與濾紙相比，若以紗布過濾，可發現濾液含有少量植物碎片，可知紗布的孔洞較大。實驗二中的濾液顏色較深，應是乙醇對植物色素的溶解度較純水大

Ⓔ 由實驗結果可知，採用何種溶劑進行萃取，才是造成自葉片中取出色素效果好壞的原因

破題關鍵 除了能理解萃取、過濾等分離物質的方法外，亦能由實驗數據，理解哪些因素才會真正影響萃取的結果，同時透過變因間的關聯性，提出合理的解釋與說明

測驗目標 ①根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

②根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

探究能力 論證與建模：解釋和推理

20. Ⓔ DCPIP 可以接受 H⁺ 及 e⁻，角色與功能相當於葉綠體內的 NADP⁺ 分子

Ⓓ 光照是進行光反應的條件之一，應是 A、C 兩組的結果推論

破題關鍵 根據紀錄表中數據判斷變因或結果

測驗目標 ①根據觀察現象或前導實驗結果提出假設，設計實驗以驗證假設

②根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

探究能力 規劃與研究：尋找變因或條件

21.	(1) (F ₂ - F ₁) 數值最大的色素	說明原因
	胡蘿蔔素	(F ₂ - F ₁) 數值最大者，表示該色素與展開液之間的作用力相對大，與濾紙之間的作用力相對小，因此可推測該色素在濾紙上的移動距離為四者中最遠，故為胡蘿蔔素
	(2) 該色素的 Rf 值	計算過程
	0.925	Rf 值 = $\frac{3.7}{4.0} = 0.925$

破題關鍵 能理解題幹中關於葉綠體和色層分析的介紹，並能與所學知識相互結合，做出正確判斷

測驗目標 根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

評 分 標 準	
全部給分	色素種類（含說明原因）與 Rf 值（含計算過程）皆正確
部分給分	色素種類（含說明原因）與 Rf 值（含計算過程）僅其中一項正確
不給分	色素種類（含說明原因）與 Rf 值（含計算過程）皆錯誤

22. A 光反應發生在葉綠體的類囊膜上

B 碳反應發生在葉綠體的基質內

C 甲為水，乙為氧氣

E 戊為 ADP、NADP⁺，己為 ATP、NADPH

破題關鍵 參考本文內容和所學的光合作用知識

測驗目標 認識、理解重要的科學名詞和定義

23.	(1) 光合作用反應式	$6C^{16}O_2 + 12H_2^{18}O \longrightarrow C_6H_{12}^{16}O_6 + 6^{18}O_2 + 6H_2^{16}O$
-----	-------------	---

(2)產生氧氣	<input checked="" type="checkbox"/> 否	說明原因	因為氧氣來自於水的分解，以H ₂ S為原料會產生S，反應式如下： $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{S} + 6\text{H}_2\text{O}$
---------	---------------------------------------	------	---

破題關鍵 題幹提到「光合作用釋放的氧氣來自於水的分解」

測驗目標 根據資料說明、驗證或詮釋重要科學原理

探究能力 論證與建模：分析資料和呈現證據

評 分 標 準	
全部給分	第(1)題：反應式、標示氧原子同位素、反應係數平衡皆正確（各占 1/3 分數） 第(2)題：回答「否」或「不會產生氧氣」且正確說明原因（各占 1/2 分數）
部分給分	第(1)題：反應式、標示氧原子同位素、反應係數平衡僅其中一至二項正確 第(2)題：回答「否」或「不會產生氧氣」，但未正確說明原因
不給分	第(1)題：反應式、標示氧原子同位素、反應係數平衡皆錯誤 第(2)題：未回答「否」或「不會產生氧氣」，不論是否正確說明原因皆不給分

24. **B** ¹⁶O、¹⁷O、¹⁸O 為同一種原子，故質子數相同（均為 8），在基態時，三者電子排列方式均皆為 (2, 6)

D 平均原子量是各同位素之原子量乘上其含量百分率後的總和，並非以含量最高者為標準

破題關鍵 了解同位素的基本概念，並理解何謂平均原子量

測驗目標 認識、理解重要的科學名詞和定義

2 澤

- | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|
| 1. C | 2. B C D | 4. B C E | 5. C | 7. A D E |
| 8. B E | 10. E | 11. B E | 13. E | 14. A B D |
| 15. B D E | 16. B | 19. B | 20. D E | 22. A E |
| 23. A C E | | | | |

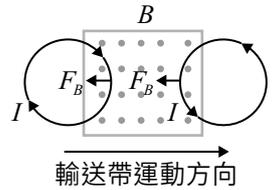
- A** 麥克風是「電磁感應」的應用
- B** 喇叭是「電流磁效應」的應用
- C** 動圈式麥克風與喇叭具有類似的結構，所以動圈式麥克風可當成喇叭使用
- D** 動圈式麥克風因為含有線圈和磁鐵，不像電容式麥克風來得輕便

E 由 $C \propto \frac{A}{d}$ ，當電容式麥克風接收到聲波時，金屬片的間距減少，電容值增加

破題關鍵 動圈式麥克風與喇叭具有相同的結構

測驗目標 找出文本、數據、式子或圖表等資料的特性、規則或關係

- A B** 如右圖，線圈靠近磁場區域過程中，會被磁場區域「排斥」向左。線圈離開磁場區域過程中，會被磁場區域「吸引」向左



C 若線圈不閉合，則無法產生應電流，即無法產生磁力作用

D E 因為 2 號線圈向左移動，保持與 1 號線圈等間隔，故為合格閉合線圈。因為 3 號線圈沒有向左移動而是縮小與 2 號線圈間的距離，故為不閉合線圈。同理，5 號、6 號線圈因沒有向左移動而是縮小與 4 號線圈間的距離，故 5 號、6 號線圈皆為不閉合線圈

破題關鍵 若線圈閉合，不論是進入磁場或離開磁場，均有磁通量變化而產生應電流，因此產生一向左的磁力作用，故線圈都會相對傳送帶向左移動一小段距離。若線圈不閉合，則無法產生應電流，故無法產生磁力作用，因此線圈相對傳送帶靜止不動

測驗目標 根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

電 容 式 麥 克 風	較 能 呈 現 原 始 聲 音
<input checked="" type="checkbox"/> 甲	<input checked="" type="checkbox"/> 甲

破題關鍵 ①動圈式麥克風的高低頻響應表現較差，故靈敏度較低

②理想的頻率響應曲線近似水平線，代表輸出訊號能真實呈現原始聲音的特性

測驗目標 根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

評 分 標 準	
全部給分	兩題皆勾選「甲」
部分給分	其中一題勾選「甲」，另一題未勾選「甲」或只勾選「乙」
不給分	兩題都未勾選「甲」

4. **A** 每次實驗中，「農業廢棄物的用量」均為 2.0 克，故為控制變因

D 由本文圖可知，花生殼對 Cu²⁺ 與 Ni²⁺ 離子的去除率差異為 42.3% (89.2% - 46.9%)，為五種廢棄物中差異最大，故對 Cu²⁺ 與 Ni²⁺ 之吸附效果差異最明顯

破題關鍵 根據圖表數據，進行解釋、比較與推論，同時根據資料進行科學性的分析

測驗目標 ①根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納