

110 學年度全國高級中學
學科能力測驗雲端模擬考試

自然考科

—作答注意事項—

考試範圍：物理(全)上半冊、化學(全)上半冊、生物(全)上半冊、
地球科學(全)上半冊

考試時間：110 分鐘

選擇題計分方式：

- 單選題：每題有 n 個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項。各題答對者，得該題的分數；答錯、未作答或畫記多於一個選項者，該題以零分計算。
- 多選題：每題有 n 個選項，其中至少有一個是正確的選項。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得該題全部的分數；答錯 k 個選項者，得該題 $\frac{n-2k}{n}$ 的分數；但得分低於零分或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

祝考試順利



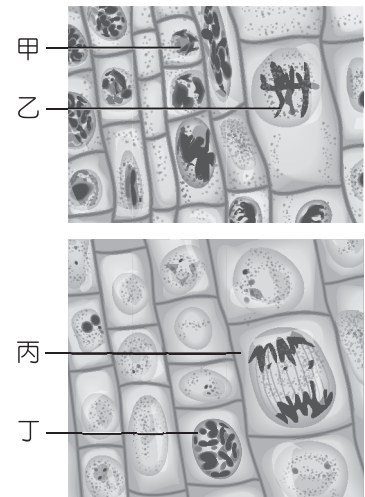
99362104-30

版權所有 · 翻印必究

第壹部分、選擇題（占 72 分）

說明：第 1. 題至第 36. 題，含單選題及多選題，每題 2 分。

1. 洋蔥根尖有一區域的細胞負責進行細胞分裂以產生更多根部細胞。如圖是新鮮洋蔥根尖細胞製備的玻片標本於 100 倍的顯微鏡下觀察到的現象，甲~丁細胞分別屬於細胞分裂的不同階段。下列與本實驗相關之敘述，哪一項正確？



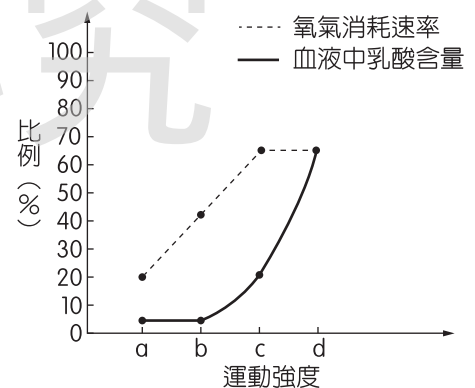
- (A) 此類玻片製作需染色後才能觀察
- (B) 減數分裂過程的順序：丁→乙→丙→甲
- (C) 細胞甲的染色體套數與細胞丁不同
- (D) 細胞乙中的深色桿狀構造為紡錘絲
- (E) 細胞丙的同源染色體開始分離

2. 有關細胞學說的建立，下列科學研究史的敘述，哪一項正確？

- (A) 微物圖誌的發表造就顯微鏡的發明
- (B) 布朗觀察蘭花花瓣發現細胞內有一個球狀構造，此構造為細胞膜
- (C) 許旺認為細胞的主要構造應為動、植物皆有的細胞核與圍繞在四周的物質
- (D) 許來登觀察植物細胞提出細胞皆由其他細胞產生的假說
- (E) 細胞學說規範了生物體具有共同的基本構造，因此細菌不是由細胞組成

3.、4. 題為題組

所謂運動強度是指身體活動消耗能量的速率，某研究單位想探究運動強度與人體代謝速率的相關性，實驗進行了 a~d 四種不同強度的運動各 30 分鐘，並於運動結束後立即測量氧氣消耗速率與血液中乳酸含量的比例。如圖為某選手的分析數據，請根據此數據回答下列問題。



3. 依據附圖數據，有關運動強度與能量產生或消耗的相關性，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 氧氣消耗的速率與運動強度成正比
- (B) 運動強度 b~d 時血液中乳酸含量的比例與強度呈正相關
- (C) 運動強度 a~c 所消耗的能量僅由有氧呼吸產生
- (D) 運動強度 c~d 所消耗的能量由有氧呼吸和乳酸發酵產生
- (E) 運動強度 a 不會消耗能量

4. 關於氧氣消耗速率與血液中乳酸含量比例的說明，下列推論哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 氧氣消耗速率可推論有氧呼吸的速率，乳酸含量可推論發酵作用的速率
- (B) 運動強度 d 時每分鐘呼出的 CO₂ 量與血液中乳酸堆積的量相等
- (C) 運動強度 a 時行有氧呼吸的 ATP 產量與運動強度 c 時骨骼肌行發酵作用的 ATP 產量相等
- (D) 運動強度 c 的氧氣消耗速率已達本次實驗極限，運動強度 d 的氧氣消耗速率尚未達極限
- (E) 根據本次實驗結果，有氧呼吸產生的能量不足以提供運動強度 c 使用

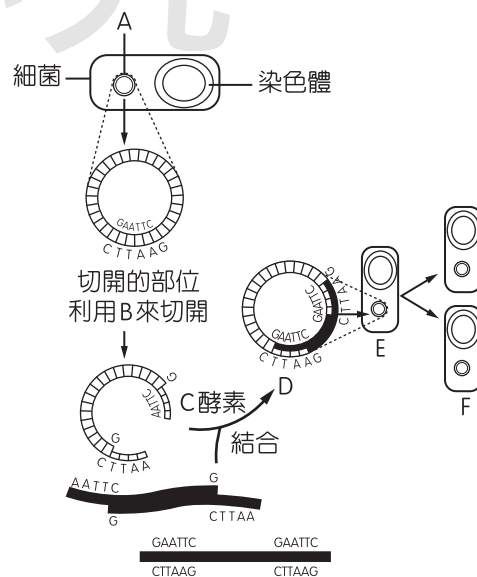
5. 有關 DNA 複製、轉錄及轉譯的說明，下列敘述哪一項正確？
- (A) DNA 複製的產物為 DNA，DNA 轉錄的產物是蛋白質
 - (B) DNA 的其中一股可作為模版進行轉譯
 - (C) 轉譯的過程需要 DNA、RNA 及胺基酸的參與
 - (D) 轉錄時，RNA 聚合酶會附著在 DNA 上，將雙股 DNA 分開
 - (E) DNA 的複製過程可能在細胞核或細胞質進行，轉錄與轉譯的過程皆在細胞質
6. 有關提出「遺傳的染色體學說」的實驗觀察與支持依據，下列相關論述哪些正確？（應選 3 項）
- (A) 科學家藉由觀察體細胞的減數分裂過程發現染色體有移動與分離的現象
 - (B) 「受精卵具有成對的染色體」與孟德爾所稱「控制豌豆性狀的遺傳因子是成對的」相符合
 - (C) 「細胞經減數分裂產生的配子，其染色體為原來細胞的一半」與孟德爾「配子中僅有成對遺傳因子中之一個」相符合
 - (D) 「有絲分裂時同源染色體互相分離」與孟德爾的「獨立分配律」相符合
 - (E) 減數分裂時同源染色體分離，形成受精卵又恢復為成對染色體，符合孟德爾的分離律

7、8. 題為題組

基因編輯（Genome Editing）是直接生物的染色體中插入、刪除或修改某一段 DNA 的技術，此方式與以往的基因轉殖技術不盡相同。基因轉殖技術是將重組 DNA 隨機插入寄主的染色體內，而基因編輯是在特定位置插入基因片段。許多遺傳性疾起因於基因突變，藥物無法根治，基因編輯技術可以利用特定酵素（如 Cas9）精準的刪除突變基因，由於細胞天生具有自動修補能力，因此只要把正確的基因送入細胞核，就有機會讓細胞拿來修補 Cas9 剪下的 DNA 斷口，連結正確基因、完成基因編輯。

7. 如圖是重組 DNA 與基因轉殖過程的示意圖，文章中所提到的 Cas9，其功能與圖中 A~E 物質的何者最接近？

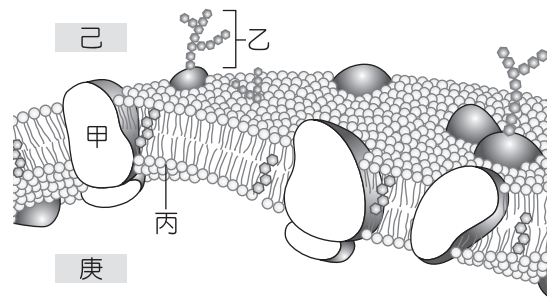
- (A) A
- (B) B
- (C) C
- (D) D
- (E) E



8. 有關以往的基因轉殖技術與現代的基因編輯技術之比較，下列敘述哪一項正確？

- (A) 基因轉殖技術會改變生物體的遺傳表徵，基因編輯技術不會
- (B) 理論上基因轉殖技術與基因編輯技術皆可治癒糖尿病
- (C) 基因轉殖技術 DNA 嵌入精準度較低，基因編輯技術精準度較高
- (D) 基因轉殖技術無法將外源基因插入寄主染色體內，基因編輯技術可以
- (E) 基因轉殖技術必須使用細菌質體作為重組 DNA 的材料，基因編輯技術不需要

9. 根據如圖動物細胞膜的示意圖，甲～丙為化學分子，己、庚代表相對位置，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）



- (A)甲為蛋白質，主要分布在細胞外側，提供細胞膜養分
(B)乙為醣類，附著於蛋白質或脂肪酸上，作為辨別自體或外來細胞的依據
(C)丙為磷脂，親水端向外、疏水端向內，區隔細胞內部與外在環境
(D)細菌細胞膜亦含有甲、乙、丙分子
(E)己的環境中可找到溶體與高基氏體
10. 2011 年國際度量衡局（BIPM）定義一莫耳：擁有與 12 克的 ^{12}C 所含原子數量相同的基本微粒。此數量隨歷年來測量的結果而略有修正，目前最新的數值是 2019 年國際度量衡委員會（CIPM）所訂定的 $6.02214076 \times 10^{23}$ ，而此數值即是亞佛加厥常數（ N_A ）。依據上述，則 5 莫耳 ^{16}O 的質量應為多少 amu？（原子量： $^{16}\text{O}=16$ ）
- (A) $80N_A$
(B) $120N_A$
(C) $\frac{80}{N_A}$
(D) $\frac{120}{N_A}$
(E) 80
11. 萃取是實驗室中用以分離物質常用的操作，今有一含碘的水溶液，欲以萃取法將碘自水中分離出來，所採用的萃取液應具有下列哪一特性？
- (A)萃取液與水不互溶，且萃取液必須具有顏色
(B)萃取液可與水互溶，且萃取液須具有揮發性
(C)萃取液可與水互溶，且萃取液成分須可與碘反應
(D)萃取液與水不互溶，且萃取液的密度應大於水的密度
(E)萃取液與水不互溶，且碘在萃取液中的溶解度須大於在水中的溶解度

12. 同學在報紙讀到以下文章，並查得相關資料：

空氣中存在許多污染物質，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒（Particulate Matter，簡稱 PM）。懸浮微粒有大小不同的粒徑，通常以微米（ μm ）作為粒徑大小尺度，如直徑小於 10 微米的微粒被稱為 PM_{10} ；當直徑小於或等於 2.5 微米就是被廣泛關切的「細懸浮微粒—— $\text{PM}_{2.5}$ 」。然而 99% 的空氣污染顆粒都是 $\text{PM}_{0.1}$ （又稱「奈米懸浮微粒」），如此細微的顆粒口罩則無法阻擋，胸腔科醫師提醒：經研究發現， $\text{PM}_{2.5}$ 能進入肺部，但 $\text{PM}_{0.1}$ 卻能穿透肺泡進入血液，其所造成的傷害更不能被忽略。

資料一： $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$

資料二：N95 口罩的標準為能阻擋 95% 直徑 0.3 微米與以上的非油性微粒。

根據上述資料，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) N95 口罩可阻擋大多數 $\text{PM}_{2.5}$ 的懸浮微粒
- (B) N95 口罩可阻擋大多數 $\text{PM}_{0.1}$ 的懸浮微粒
- (C) 顆粒愈小的懸浮微粒在人體中穿透力愈強
- (D) $\text{PM}_{0.1}$ 應是直徑小於或等於 1×10^{-9} 公尺的懸浮微粒
- (E) 乾淨的空氣若受到懸浮微粒污染，則空氣由純物質變為混合物

13.、14. 題為題組

已知甲、乙兩原子的原子序皆不大於 18，且電子數相差 2，價電子數相差 6，若甲的質子數大於乙的質子數，回答下列問題：

13. 下列關於此兩原子的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 甲原子必為第三週期元素
- (B) 甲原子必為第二週期元素
- (C) 乙原子必為第一週期元素
- (D) 乙原子必為第二週期元素
- (E) 甲、乙兩原子必為同週期元素

14. 下列哪些元素可能為乙原子？（應選 2 項）

- (A) C
- (B) Ne
- (C) F
- (D) S
- (E) B

15.、16. 題為題組

鈳是一種堅硬且可延展的過渡金屬，它主要用於製造高速工具鋼合金，在化學工業上，五氧化二鈳則是生產硫酸的催化劑。在實驗室中取鈳分別與 1.0 克的氧化合，當氧完全反應後生成三種不同的鈳氧化物：甲、乙、丙，已知三種氧化物中鈳的質量比依序為 20：15：12，試回答下列問題：

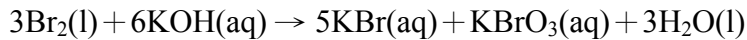
15. 由題幹所敘述的反應與結果之數據，可用以說明下列哪一個定律？

- (A) 亞佛加厥定律
- (B) 質量守恆定律
- (C) 定比定律
- (D) 倍比定律
- (E) 能量守恆定律

16. 若已知氧化物甲中鈮的質量百分比為 68%，則氧化物丙的化學式應為下列何者？（原子量：O=16，V=51）
- (A) V_2O (B) VO (C) V_2O_3 (D) VO_2 (E) V_2O_5

17.、18. 題為題組

在實驗室中欲製造溴化鉀與溴酸鉀，可利用溴與氫氧化鉀反應來製備，其反應式：



由反應式可知，溴化鉀與溴酸鉀仍須經由物理分離才能獲取純物質。故操作步驟如下：

- (1) 將過量的溴加於含 0.18 莫耳氫氧化鉀與 100.0 克水的溶液中。
- (2) 加熱使反應完全，並蒸去多餘的溴，直到溶液僅含 50.0 克水時停止加熱。
- (3) 將溶液冷卻並維持在 0 °C，析出結晶甲，達平衡後過濾可得結晶甲與濾液。
- (4) 將濾液加熱並維持在 60 °C，以抽真空方式蒸發濾液中的水，當 40.0 克水被蒸發抽離後，溶液析出結晶乙，過濾取出乙。

17. 在操作步驟(1)中，若 0.18 莫耳氫氧化鉀完全反應，則下列敘述何者正確？（式量：KBr=119，KBrO₃=167）
- (A) 溶液中含 17.85 克 KBr
(B) 溶液中含 21.42 克 KBr
(C) 溶液中含 35.70 克 KBr
(D) 溶液中含 10.02 克 KBrO₃
(E) 溶液中含 30.06 克 KBrO₃

18. 溴酸鉀與溴化鉀溶解度與溫度關係如表所示，則下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

溫度 (°C)	溶解度 (克 / 100 克水)	
	KBrO ₃	KBr
0	3.10	53.50
60	22.70	85.50

- (A) 烘乾後的結晶甲質量為 4.21 克
(B) 烘乾後的結晶甲質量為 2.25 克
(C) 烘乾後的結晶乙質量為 9.30 克
(D) 烘乾後的結晶乙質量為 11.4 克
(E) 結晶甲為 KBrO₃

19. 請閱讀下列兩則敘述：

- (1) 廣義相對論解決了牛頓重力理論無法解釋水星繞日軌跡會變化的問題。
- (2) 廣義相對論預測光線在經過太陽附近時會產生彎曲，且英國天文學家愛丁頓爵士證實此預測。

由上述判斷，下列何者是成功的科學理論之必備要素？

- (A) 解釋觀測結果
(B) 推翻前人理論
(C) 得到普世認同
(D) 能預測尚未觀測的現象
(E) 永遠適用

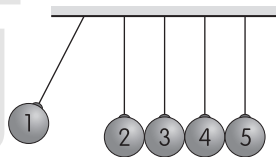
20. 萬有引力定律說明宇宙中任何物質粒子都能吸引其他物質粒子，吸引力量值與兩物質粒子的質量乘積成正比，而與它們之間距離平方成反比。下列關於萬有引力的敘述，哪些正確？
(應選 3 項)

- (A)地球的潮汐現象主要是因為太陽對海水的萬有引力所造成
(B)宇宙始能由混亂之大霹靂中，發展成今日的宇宙，萬有引力參與了作用
(C)自然界中的四種基本交互作用力，以萬有引力對天體運動的影響最大
(D)科學家利用萬有引力對太陽系中行星運動軌跡的影響，來發現新行星
(E)自然界中的四種基本交互作用力，作用強度以萬有引力最大

21. 下列選項中所列的科學理論，何者解釋了相同的自然現象？

- (A)哥白尼的日心說 / 托勒密的地心說
(B)德布羅意的物質波 / 愛因斯坦的光子論
(C)牛頓第一運動定律 / 克卜勒行星運動第一定律
(D)電流的磁效應 / 電磁感應
(E)萬有引力定律 / 庫侖定律

22. 如圖所示的牛頓擺，不計空氣阻力與摩擦力，若將 1 號球提起一小段高度後，使其自由落下敲擊到 2 號球，會發現 5 號球隨即向右彈起到原來 1 號球的高度，而 1 ~ 4 號球則靜止不動。五位學生利用課堂所學的牛頓運動定律，針對此現象提出自己的觀察與看法，如下：



甲生：1 號球撞到 2 號球後保持靜止，此過程適用牛頓第一運動定律，因為 1 號球最後是靜止的。

乙生：1 號球撞擊到 2 號球後保持靜止，可適用牛頓第二運動定律，因為 1 號球的運動狀態改變。

丙生：2 號球受到 1 號球撞擊的時候，同時受到來自於 1 號球與 3 號球的作用力，因此保持靜止。

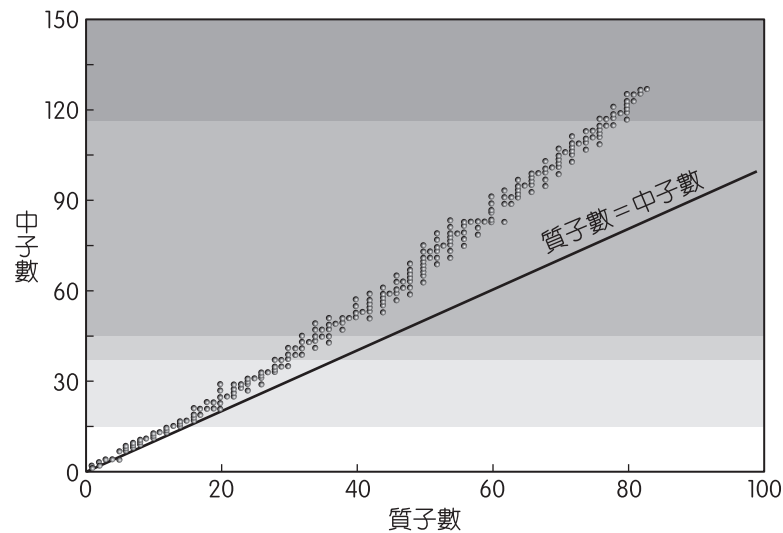
丁生：從 1 號球落下到 5 號球彈起的過程中，因 2 號球、3 號球與 4 號球都保持靜止，由牛頓第一運動定律可知這三顆球都沒有受到力的作用。

戊生：根據牛頓第二運動定律，5 號球彈起是因為 1 號球對 5 號球的作用力造成的。

試問上列五位學生的敘述，哪些正確？(應選 2 項)

- (A)甲生
(B)乙生
(C)丙生
(D)丁生
(E)戊生

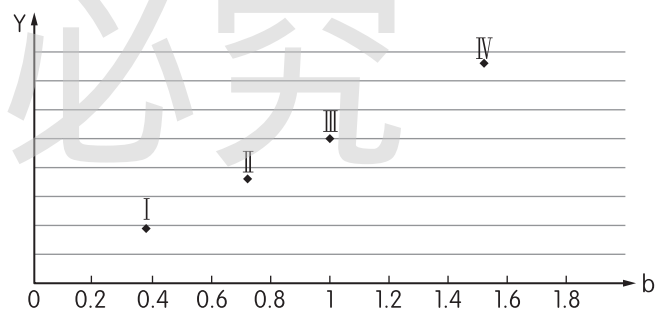
23. 對於造成放射性元素的原子核是否穩定的原因並不清楚，二十世紀初期科學家試圖找出規律性，將週期表中自然界存在穩定原子核的質子數與中子數製成關係圖，如圖所示，根據此關係圖可說明下列何者？



- (A) 原子序較小的原子核比原子序較大的原子核穩定
- (B) 質量數愈大的原子核愈穩定
- (C) 質子數與中子數相等的原子核比較穩定
- (D) 當原子序愈大，則中子數需大於質子數，原子核才能穩定
- (E) 穩定原子核的質子數必須等於中子數

24.、25. 題為題組

如表所示為繞太陽之甲、乙、丙、丁四個星球的兩個物理量之相對量（其中一項為星球繞太陽的平均軌道半徑，另一項則為星球繞太陽的週期）及其次冪之關係，小欣想探討某一物理量與物理量 b 之間的線性關係，因此繪製關係圖如圖。



星球	甲	乙	丙	丁
物理量 a	0.615	0.241	1.881	1.000
物理量 b	0.723	0.387	1.524	1.000
a^2	0.378	0.058	3.538	1.000
b^2	0.523	0.15	2.323	1.000
a^3	0.233	0.014	6.655	1.000
b^3	0.378	0.058	3.540	1.000
a^2 / b^2	0.724	0.388	1.523	1.000
a^3 / b^2	0.445	0.093	2.865	1.000
b^3 / a^2	0.999	0.998	1.000	1.000
a^2 / b	0.523	0.15	2.322	1.000
b^2 / a	0.85	0.621	1.235	1.000

24. 依據表中資料推論，圖中 Y 軸物理量可能為下列何者？

- (A) b^3 / a^2
- (B) a^2 / b
- (C) b^2 / a
- (D) a^2 / b^2
- (E) a^3 / b^2

25. 圖中 I、II、III、IV 之數據點，依次可能是甲、乙、丙、丁四個星球的哪一個？

選 項	I	II	III	IV
(A)	甲	乙	丙	丁
(B)	甲	乙	丁	丙
(C)	乙	甲	丙	丁
(D)	丙	乙	丁	甲
(E)	乙	甲	丁	丙

26. 2020 年美國國家航空暨太空總署成功令太空探測車「毅力號」登陸火星，預計在火星上展開研究並最終帶泥土回地球分析。為求慎重起見，毅力號第一次移動時，於 30 分鐘內先直線前進 4 公尺，原地旋轉 180° 後，再倒退 2.5 公尺。看似極度緩慢移動，但從地球操控毅力號是一大挑戰，因從地球傳訊號到火星，單向要花約 15 分鐘，訊號延遲的問題需特別注意。根據毅力號第一次移動的描述，下列選項何者正確？

- (A) 位移量值為 9 公尺
- (B) 平均速率約為 0.22 公尺 / 秒
- (C) 路徑長為 6.5 公尺
- (D) 平均加速度量值為 $\frac{1}{1080000}$ 公尺 / 秒²
- (E) 從地球操控毅力號移動，至少需確認 13 公尺範圍內不存在使毅力號翻覆的地形

27. 兩質點間萬有引力量值與距離平方成反比，如何推得與距離平方成反比呢？牛頓在「月球試驗」中，分別計算月球繞地球的加速度量值為 a_1 、軌道半徑為 R_1 ，地球表面物體作自由落體時的加速度量值為 a_2 、地球半徑為 R_2 ，則同一物體在月球軌道上受地球引力 F_1 與在地表上受地球引力 F_2 ，計算後可發現：

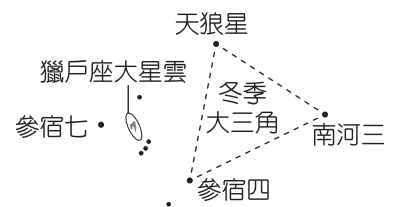
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{ma_1}{ma_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

，物體受引力與距離平方成反比！請問，在「月球試驗」中，已知地表重力加速度為 9.8 m/s^2 ，還需要求出哪些物理量？（月球繞地球加速度量值可由圓周運動加速度 $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ 求得，其中 R 為軌道半徑、T 為圓周運動週期）（應選 3 項）

- (A) 地球半徑
- (B) 月球半徑
- (C) 月球繞地球的軌道半徑
- (D) 月球繞地球的週期
- (E) 地球繞太陽的公轉週期

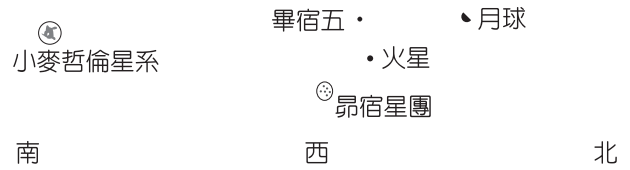
28.~30. 題為題組

阿翔於 2021 年 3 月 21 日於某地海邊仰望燦爛星空，當晚的夜空如圖，可見由三顆亮星組成的冬季大三角位於偏北方天空，在偏西南方天空還可見小麥哲倫星系，請依圖示回答下列問題。



28. 關於當晚所見天體的描述，下列何者正確？

- (A) 火星與畢宿五看起來相當靠近，兩者皆屬於太陽系的成員
- (B) 構成冬季大三角的三顆亮星，它們與地球之間的距離都十分相近
- (C) 圖中呈現的天體皆位於銀河系中
- (D) 這些天體中，火星與地球的距離最近
- (E) 這些天體中，小麥哲倫星系與地球的距離最遠



29. 阿翔對於這些閃耀的星星十分好奇，查詢相關的恆星資料如表。若不考慮星光經過太空與地球大氣中受到吸收的影響，關於這五顆恆星距離的敘述，下列何者正確？

恆星名	視星等	絕對星等
天狼星	-1.45	1.44
參宿四	0.45	-5.47
參宿七	0.15	-6.96
畢宿五	0.85	-0.7
南河三	0.4	2.68

- (A) 看起來最暗的畢宿五距離地球最遠
- (B) 看起來最亮的天狼星距離地球最近
- (C) 發光能力最強的天狼星距離地球最近
- (D) 五顆恆星中，僅參宿四及參宿七與地球間的距離大於 32.6 光年
- (E) 畢宿五與地球間的距離小於 32.6 光年

30. 阿翔發現，若傍晚前抵達海邊，還可看見非常明亮、顏色為黃白色的金星位於西沉的太陽附近，如表為天體的顏色，下列天體中，何者表面溫度最高？

天體名稱	金星	參宿四	畢宿五	南河三	地球
顏色	黃白色	紅色	橙色	黃白色	藍色

- (A) 金星
- (B) 參宿四
- (C) 畢宿五
- (D) 南河三
- (E) 地球

33. 阿波羅計畫 (Project Apollo) 是美國國家航空暨太空總署 (NASA) 在 1961~1972 年之間的登月計劃，阿波羅 11 號是人類第一次成功的登月計劃，阿姆斯壯則為第一位踏上月球表面的人。如圖是阿波羅 8 號在 1968 年 12 月 24 日所拍下的經典照片，圖中可見地球正從充滿隕石坑的月球地平線升起，關於此張照片，下列敘述何者正確？

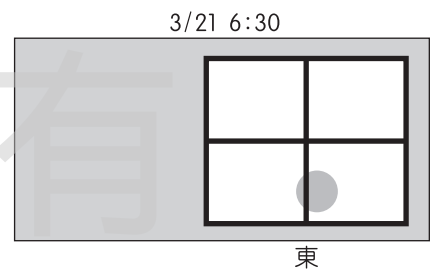


- (A) 地球上的白色區塊是雲層吸收太陽光的結果
- (B) 在月球表面如同在地球表面，僅能設立可見光與無線電波望遠鏡
- (C) 在月球表面可以設立 X 射線望遠鏡，以觀測宇宙天體發出的電磁波
- (D) 因為在月球的夜晚拍攝，所以天空呈現黑色
- (E) 與月球相比，金星表面可能有著更多隕石坑

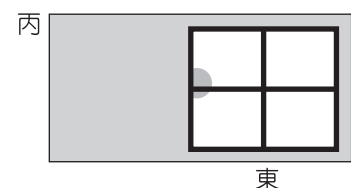
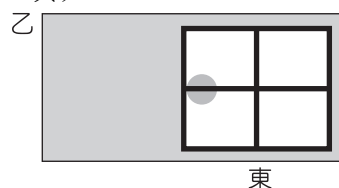
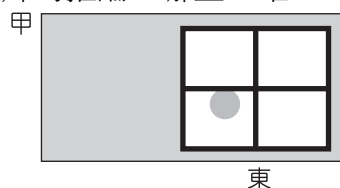
34.、35. 題為題組

住在臺中的小翊每天固定於 6:30 起床，他發現在某些日子陽光會照射到自己的臉而被提早喚醒，但有時即使天氣晴朗，到平常的起床時間也不會被太陽晒醒，小翊對於這個狀況十分好奇，於是做了一些觀察，得知以下事情：

- (1) 自己房間的窗戶面對正東方。
- (2) 小翊在春分 (3 / 21) 早晨 6:30，利用手機拍下太陽出現在自己窗戶範圍時的景象，如圖。

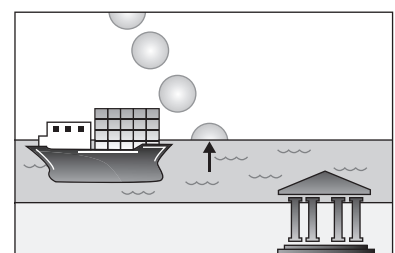



34. 後來小翊在 4~8 月份之間的 21 日早晨 6:30，用同樣的方式拍了數張照片 (如圖甲~丙)，照片皆為不同月份所拍攝，但他忘了這些照片的拍攝時間，請協助小翊判斷下列關於這些照片的推論，哪些正確？ (應選 2 項)



- (A) 甲是 4 / 21 的照片
- (B) 乙是 6 / 21 的照片
- (C) 丙是 8 / 21 的照片
- (D) 乙是 7 / 21 的照片
- (E) 丙是 5 / 21 的照片

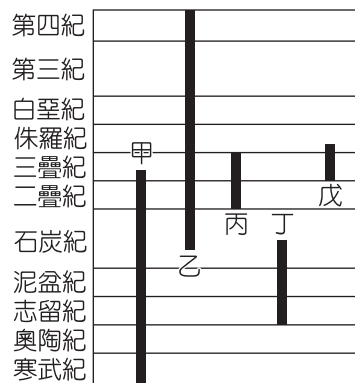
35. 2021 年 3 月 21 日小翊到某地旅行，他在早晨 6:30~8:30 利用相似的方式在同一天的不同時刻拍了多張照片，經過影像處理後如圖，關於此圖的敘述，哪些正確？ (應選 3 項)



- (A) 此張照片在北緯 33 度拍攝
- (B) 此張照片在南緯 33 度拍攝
- (C) 一個月後，太陽東升位置會更偏向圖中貨輪  的位置
- (D) 三個月後，此地太陽在正午時的仰角為一年中最大之時
- (E) 圖中箭頭所指之處為正東方

36. 化石是地質學當中相當重要的工具，地層中化石的興衰或滅絕可用來定出不同的地質時代，如圖為一些古生物在地質時間中的分布圖，關於此圖的敘述，下列何者正確？

- (A)若地層中同時找到甲、乙、丁化石，此地層很有可能在石炭紀沉積
- (B)在二疊紀沉積的地層中，一定可以同時找到甲、乙、丙化石
- (C)丙物種的消失可能與石炭紀末期的大滅絕有關
- (D)若地層中可以發現乙、丙、戊化石，則不可能發現甲化石
- (E)丁為標準化石，定年時間最為精準



第貳部分、混合題（占 56 分）

說明：本部分共有 6 題組，每一子題配分標於題末。限在標示題號作答區內作答。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。

37.~39. 題為題組

自然界中某一純品系玉米 A 具有高抗病力（顯性表徵），但是對除草劑敏感（隱性表徵），科學家找到另一具抗除草劑基因（G）的純品系玉米 B，此兩種玉米可雜交產生後代。育種人員想了解玉米 B 與玉米 A 雜交數代後，其子代仍具有抗除草劑能力的比例有哪些變化，因此作了以下兩組實驗：

實驗一：雜交的子代不篩選，子代繼續與玉米 A 雜交

	雜交	結果
親代 (P)	AxB	F ₁
第 1 子代 (F ₁)	F ₁ xA	F ₂
第 2 子代 (F ₂)	F ₂ xA	F ₃
第 3 子代 (F ₃)	F ₃ xA	F ₄

實驗二：雜交後去除不具抗除草劑的子代，僅留具抗除草劑能力的子代繼續與玉米 A 雜交

	雜交	結果
親代 (P)	AxB	F' ₁ 僅留下具有抗除草劑能力的子代 H ₁
第 1 子代 (F' ₁)	H ₁ xA	F' ₂ 僅留下具有抗除草劑能力的子代 H ₂
第 2 子代 (F' ₂)	H ₂ xA	F' ₃ 僅留下具有抗除草劑能力的子代 H ₃
第 3 子代 (F' ₃)	H ₃ xA	F' ₄ 僅留下具有抗除草劑能力的子代 H ₄

37. 依據文中提供的訊息，有關玉米 A 與玉米 B 遺傳學的敘述，下列哪一項正確？（2 分）

- (A)抗病力與抗除草劑屬於兩種表徵
- (B)玉米 A 與玉米 B 染色體數目應相同
- (C)玉米 B 屬於基因改造作物
- (D)玉米 B 具有高抗病力與抗除草劑的顯性表徵
- (E)玉米 B 抗除草劑性狀的基因型應為 GG 或 Gg

38. 下列有關實驗一、二中抗除草劑基因的敘述，哪些正確？（應選 2 項）（2 分）

- (A) F_1 、 F'_1 與 H_1 的基因型種類與數量比例皆相同
- (B) H_2 、 H_3 與 H_4 的基因型相同，但是各別在 F'_2 、 F'_3 、 F'_4 中的數量比例逐漸下降
- (C) F_4 與 F'_4 皆有抗除草劑玉米的存在
- (D) 實驗二的結果不符合孟德爾的遺傳法則
- (E) 實驗一的結果符合獨立分配律

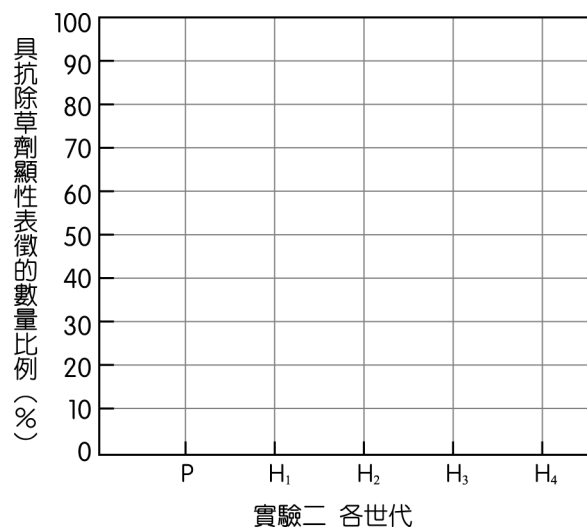
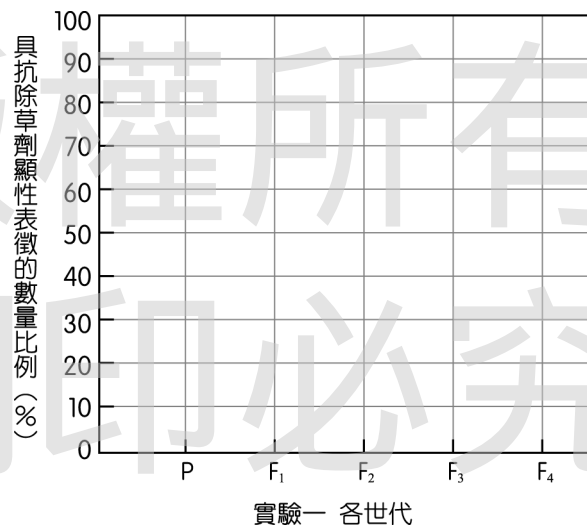
39. 假設實驗一與實驗二育種過程中，其他環境因子皆相同的情況下，請依據實驗設計的步驟，回答下列問題。

① 請計算實驗一與實驗二中各世代具有抗除草劑顯性表徵的數量比例，並將其結果繪製成折線圖。

請填入 Y 座標數字。（每格 0.2 分）

實驗一折線圖：(P, ①) → (F_1 , ②) → (F_2 , ③) → (F_3 , ④) → (F_4 , ⑤)。

實驗二折線圖：(P, ⑥) → (H_1 , ⑦) → (H_2 , ⑧) → (H_3 , ⑨) → (H_4 , ⑩)。



- ② 依據分析結果分別預測實驗一 F_5 與實驗二 F'_5 的子代中，基因型 $Gg : gg$ 的數量比例分別為多少？

F_5 : 【 ① 】 (1分)

F'_5 : 【 ② 】 (1分)

40. ~ 42. 題為題組

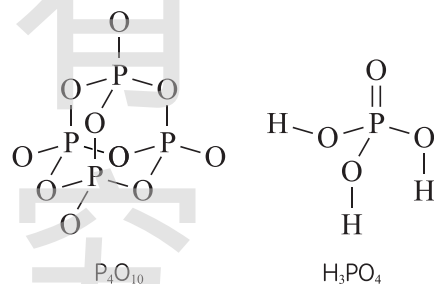
磷酸二氫鉀（化學式： KH_2PO_4 ）屬新型高濃度磷鉀二元素複合肥料，磷具有生根、促進花芽分化、為果實膨大提供能量；而鉀可以減緩植物衰老，提高光合作用、促進氮的吸收、使作物早熟、增加果實的糖分和水分、增強抗病蟲害和抗旱能力。

磷酸二氫鉀易溶於水且易解離出 K^+ 與 $H_2PO_4^-$ ，具有無毒、無害、無殘留的優點，一般農民將其配製成 0.1%（重量百分率）的水溶液，噴撒於葉面，其吸收利用率可高達 80%，整體而言可提高果實的產量與品質。

40. 一般市售促進開花的肥料所標示之成分為水溶性磷酸酐與水溶性氧化鉀，磷酸酐化學式為 P_4O_{10} ，溶於水可形成磷酸（ H_3PO_4 ）；氧化鉀化學式為 K_2O ，溶於水可形成氫氧化鉀（ KOH ）。以化學的觀點來看，此兩物質在水中相當於磷酸二氫鉀： $P_4O_{10} + K_2O + H_2O \rightarrow KH_2PO_4$ （係數未平衡）。此反應式平衡係數後，各係數之總和為下列何者？（2分）
(A) 11 (B) 10 (C) 9 (D) 12 (E) 16

41. 如圖為 P_4O_{10} 與 H_3PO_4 的結構圖，則下列與本題組相關物質之敘述，哪些正確？（應選 2 項）（2分）

- (A) KH_2PO_4 的結構中有離子鍵與共價鍵
(B) P_4O_{10} 為網狀固體
(C) K_2O 的結構中有金屬鍵
(D) KH_2PO_4 屬於離子化合物
(E) 1 個 H_3PO_4 分子中 P 共有 5 對孤對電子



42. 與鉀同一族的鈉原子可與磷原子結合形成化合物，試寫出兩原子的電子排列推測此化合物的化學式，並說明理由。（原子序： $Na=11$ ， $P=15$ ）（共 4 分）

- ① 化合物的化學式： Na_xP_y ，其中 $x=$ 【 ① 】、 $y=$ 【 ② 】。（①、②全對得 2 分）
② 說明理由：（電子排列輸入示範：2,8,8）【 ③ 】（2分）

43. ~ 47. 題為題組

古希臘哲學家德謨克利特提出原子論：認為世界萬物都是由不可再被分割的「原子」所組成的；西元 1811 年道耳頓提出了「原子論」：他認為任何化學反應只是各種不同原子的重新排列組合而已；西元 1869 年，門得列夫提出元素週期表說明原子排列的規律性質。之後物理學家開始覺察到原子並不是不可再被分割，且相繼發現了組成原子之電子、質子以及中子，並尋求進一步去了解這些微觀世界內部的可能現象。因此普朗克及愛因斯坦先後提出新的觀念，發展出「量子力學」及「光子論」，並逐漸清楚重力及電磁作用力不能夠解釋為何質子及中子可以聚在一起組成原子核，以及放射性元素的蛻變，進而引進新的解釋說明微觀世界裡應該還有兩種新的作用力量存在：強核力及弱核力。

隨著加速器技術的發展，證實了 1960 年代蓋爾曼提出中子與質子可能由更小的粒子「夸克」所組成，物理學家也不斷地發現其他許許多多生命期甚短的新粒子，並進而了解它們是如何相互作用，建立了基本粒子的「標準模型」。但就日常生活來看，我們常「接觸到」的基本粒子只有四種：u 夸克、d 夸克、電子及光子。如表是這四種粒子的資料，一般較重的夸克會通過一種稱為粒子衰變的過程，迅速地變成上夸克或下夸克。上夸克及下夸克一般來說很穩定，在宇宙中很常見，可以組成質子與中子。

種類	上夸克	下夸克	電子	光子
符號	u	d	e	γ
電量	$+\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$	-e	0
質量 (u)	0.003	0.005	0.0005	0

試回答以下問題：

43. 下列有關原子結構及發現的敘述，何者正確？（2 分）

- (A)原子的質量及電量均勻分布於整個原子中
- (B)原子構造的發現依序為電子、質子、夸克、中子
- (C)湯姆森改良了氣體放電管實驗而發現電子，提出電子繞原子核運轉的原子模型
- (D)所有物質的原子核中皆有質子與中子，質子與中子內皆含有三個夸克
- (E)拉塞福認為帶有正電荷的原子核位於原子的中央，電子則似行星般地環繞原子核運行

44. 較重的夸克會通過粒子衰變的過程變成上夸克或下夸克。請問粒子衰變的過程需要用哪一種基本作用力來解釋會比較合理？（2 分）

- (A)強核力
- (B)弱核力
- (C)電磁力
- (D)摩擦力
- (E)重力

45. 有關四種基本交互作用的強度比較，在 10^{-15} m 的尺度下，最強者為強核力，其強度約為電磁力的 100 倍。在此尺度下，計算兩質子間的電磁力量值，列式為 $\left[\frac{9.0 \times 10^9 \times (\textcircled{1})^2}{\textcircled{2}} \right]$ N，

請從下列選項中，將正確答案選填到①的空格內。（已知一個質子質量約為 $1 \text{ u} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ；電子質量 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ；電子電量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ；重力常數 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ；庫侖常數 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ）（1 分）

- (A) $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- (B) $9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- (C) $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- (D) $1.6 \times 10^{-17} \text{ C}$
- (E) $1.6 \times 10^{-11} \text{ C}$

46. 有關四種基本交互作用的強度比較，在 10^{-15} m 的尺度下，最強者為強核力，其強度約為電磁力的 100 倍。在此尺度下，計算兩質子間的電磁力量值，列式為 $\left[\frac{9.0 \times 10^9 \times (\textcircled{1})^2}{\textcircled{2}} \right]$ N，請從下列選項中，將正確答案選填到 $\textcircled{2}$ 的空格內。（已知一個質子質量約為 $1 \text{ u} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ；電子質量 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ；電子電量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ；重力常數 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ；庫侖常數 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ）（1 分）
- (A) 10^{-10} m (B) 10^{-15} m (C) 10^{-18} m (D) 10^{-20} m (E) 10^{-30} m

47. 有關四種基本交互作用的強度比較，在 10^{-15} m 的尺度下，最強者為強核力，其強度約為電磁力的 100 倍。在此尺度下，估算強核力量值的數量級為 $\left[10^{\textcircled{6}} \right]$ N。（已知一個質子質量約為 $1 \text{ u} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ；電子質量 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ；電子電量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ；重力常數 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ；庫侖常數 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ）（2 分）

48. ~ 50. 題為題組

住在西部的阿翔在手機上看到一則新聞：

2021 年 2 月 8 日臺灣西南部空氣品質十分不良，尤其是臺南地區，為近 3 年來空氣品質最差的一天，一度達到「紫爆」等級。一名臺南網友早晨 8 點貼出幾張自家窗外的照片，表示空氣品質真的很糟，能見度只剩幾公尺，連隔壁房屋的屋頂都已經看不到了。

48. 阿翔查詢空氣品質指標（AQI）的狀態色塊（表(一)）及 2021 年 2 月 8 日臺南麻豆空氣品質測站的 AQI 資料（表(二)），下列關於阿翔對此 AQI 資料的解釋，哪些較為適當？（註：紫爆指空氣品質達到紫色警示）（應選 3 項）（2 分）

表(一)

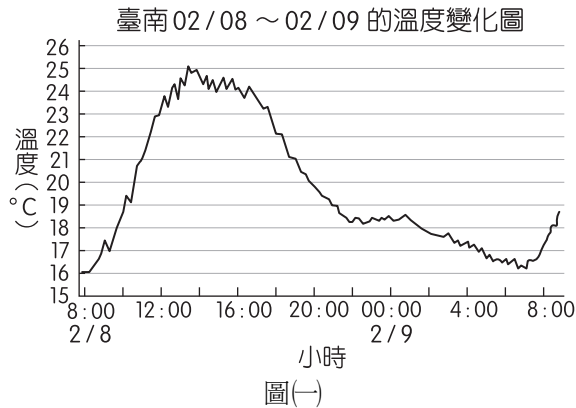
空氣品質指標 (AQI)	對健康影響與活動建議	狀態色塊
0~50	良好	綠
51~100	普通	黃
101~150	對敏感族群不健康	橘
151~200	對所有族群不健康	紅
201~300	非常不健康	紫
301~500	危害	褐紅

表(二)

時間 (時)	AQI	時間 (時)	AQI
0	154	12	155
1	154	13	156
2	154	14	156
3	154	15	156
4	154	16	154
5	154	17	149
6	155	18	141
7	155	19	129
8	155	20	128
9	154	21	127
10	153	22	126
11	155	23	124

- (A)全天的空氣品質對所有族群不健康
 (B)空氣品質於當天午後最不好
 (C)午後空氣品質一度達到「紫爆」等級
 (D)入夜後空氣品質有逐漸好轉的趨勢
 (E)全天皆建議敏感族群要減少外出

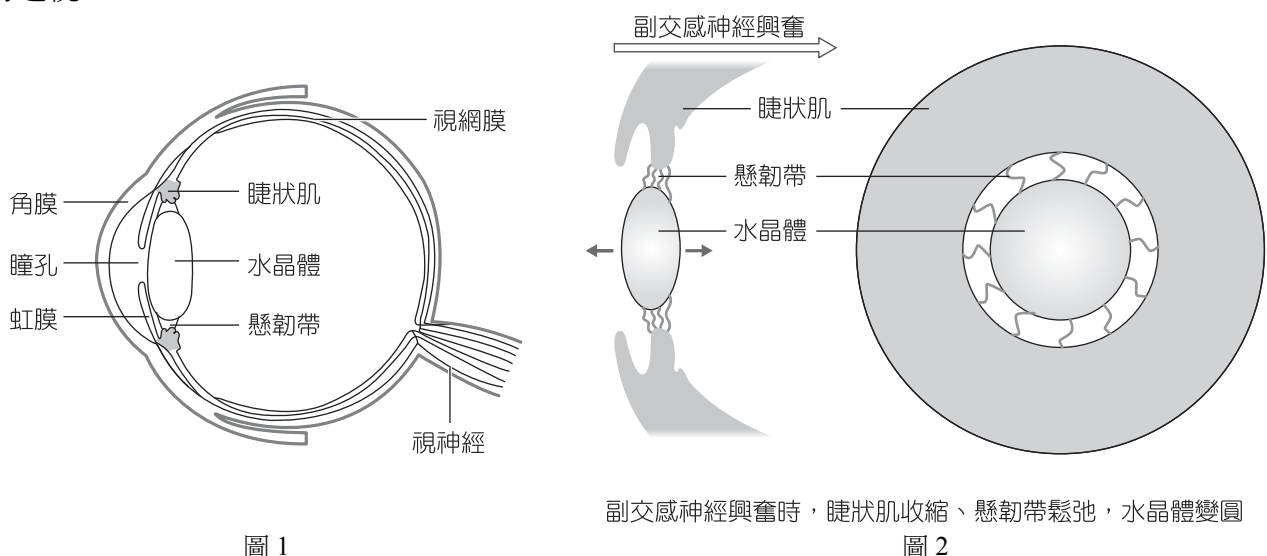
49. 阿翔又到中央氣象局網站查詢臺南麻豆於 2021 年 2 月 8 日的氣溫與相對溼度資訊（圖一）、圖二），關於阿翔對於這些資料的解釋，哪些較為適當？（應選 2 項）（2 分）



- (A)當日 12 時前氣溫與相對溼度之間略呈負相關
 (B)當日氣溫最高時為相對溼度最低之時
 (C)當日 8 時的露點溫度約為 16 °C
 (D)當日 12 時空氣中的飽和水氣含量最高
 (E)當日 16 時乾溼球溫度計的乾球與溼球溫度最接近
50. 新聞中指出「一名臺南網友早晨 8 點貼出幾張自家窗外的照片，表示空氣品質真的很糟，能見度只剩幾公尺，連隔壁房屋的屋頂都已經看不到了」，阿翔不同意這段新聞的說法，認為還有其他造成能見度不佳的原因。請利用本題組中提供的資料，協助阿翔找出造成早晨 8 點能見度不佳的其他可能因素。
- ① 說明使用了何筆資料？【 】。（1 分）
 ② 並詳細說明使用此筆資料的理由：【 】。（3 分）

51.~56. 題為題組

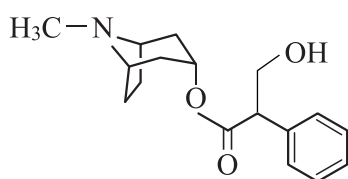
臺灣是世界上有名的近視王國，小學新生即約有 2 成近視。眼睛結構如圖 1 所示，當我們看近物時，副交感神經興奮，導致環狀的睫狀肌收縮縮短，懸韌帶鬆弛，造成水晶體曲率增加以便對焦，如圖 2 所示；看遠物時則相反。近視的主要因為近距離用眼過度，睫狀肌在長期用力、充血、僵硬後便會鬆弛無力，要再用力收縮時就會不舒服，最後無法適當對焦，形成所謂的近視。



副交感神經興奮時，睫狀肌收縮、懸韌帶鬆弛，水晶體變圓

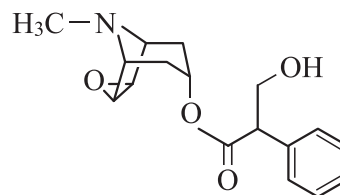
一般為了防止眼睛近視度數增加，大部分的醫師會開散瞳劑——阿托品（Atropine）眼藥水，可抑制副交感神經作用，使睫狀肌放鬆，減少其痙攣，從而預防近視或減緩度數增加，但使用阿托品有副作用，包括暫時無法看清近處、對強光極為敏感、易誘發青光眼及中暑等。

阿托品（分子式為 $C_{17}H_{23}NO_3$ ）是無色結晶或白色粉末，其結構如圖 3，圖中折線處或線的末端皆表示含一個碳原子。其無臭且味苦，熔點為 $114 \sim 116^\circ C$ ，熔融時分解，極易溶於水，易溶於乙醇，不溶於乙醚或氯仿，水溶液呈中性，遇鹼性藥物（如硼砂）時分解。顛茄、天仙子、曼陀羅及茄蓼等物質中含有左旋莨菪鹼（Scopolamine，圖 4），經提取處理後得到的消旋莨菪鹼即為阿托品。



阿托品

圖 3



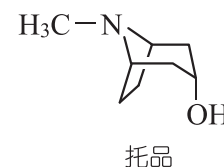
左旋莨菪鹼

圖 4

51. 有機化合物中含有官能基的稱為烴類衍生物，如含羥基（ $-OH$ ）的醇類、含羧基（ $-COOH$ ）的酸類、含胺基（ $-NH_2$ 、 $-NH-$ 或 $-N-$ ）的胺類、含醚基（ $-COC-$ ）的醚類、含醛基（ $-CHO$ ）的醛類、含酮基（ $-CCOC-$ ）的酮類、含酯基（ $-COOC-$ ）的酯類、含醯胺基（ $-CONH$ ）的醯胺類等，含相同官能基的有機化合物，若其化學式相差 CH_2 整數倍者，稱為同系物。有關阿托品的敘述，何者正確？（2 分）

- (A)阿托品結構中含有羥基與羧基
- (B)阿托品結構中含有酯基與胺基
- (C)與左旋莨菪鹼為同系物
- (D)與左旋莨菪鹼為同分異構物
- (E)阿托品亦可用於治療青光眼

52. 有機化合物中，酯類會產生水解現象，如乙酸乙酯水解成乙酸與乙醇：
 $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$ ，阿托品亦會水解產生托品與物質甲，托品結構如圖所示，其分子式為 $C_8H_{15}NO$ ，請寫出物質甲的分子式 $C_wH_xN_yO_z$ ，其中 w 、 x 、 y 、 z 分別為何？（全對得 2 分）



托品

53. 多細胞生物在受精卵發育為成體的過程中，會逐漸形成許多型態與功能各異的細胞（如睫狀肌、視網膜等），此種過程稱為什麼？（2 分）

- (A)新陳代謝
- (B)細胞分化
- (C)細胞潛能
- (D)細胞週期
- (E)細胞分裂

54. 請由文意推測阿托品的生理作用：阿托品可使水晶體的曲率變大或變小？（2 分）

- (A)變大
- (B)變小

55. 請由文意推測阿托品的生理作用：阿托品可使水晶體的焦距變大或變小？（2 分）

- (A)變大
- (B)變小

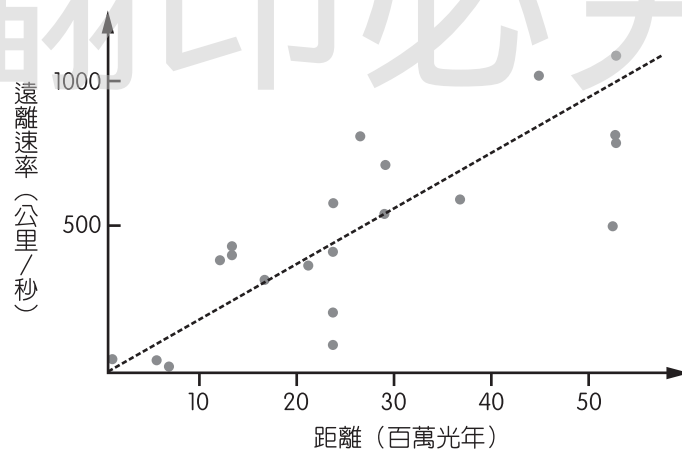
56. 請由文意推測阿托品的生理作用：使用阿托品後，看相同距離的物體，物體成像位置較使用前更接近或遠離視網膜？（2分）

- (A)更接近
- (B)更遠離

57.~61. 題為題組

大霹靂發生之後，當宇宙冷卻至近 3000 K 時，大約也是宇宙誕生 40 萬年後，電磁波不再跟其他物質有任何相互作用，這些早期的熱輻射就這樣殘存下來，稱作宇宙背景輻射，而這些電磁波隨著時間因宇宙擴張，即宇宙這個球體變大，但熱輻射總能不變，故使宇宙這個球體內單位體積的能量因而減少了，現在主要的能量約落在微波的範圍，因此又稱為「宇宙微波背景」。如果宇宙接下來再繼續膨脹 500 億年，主要能量離開了微波的範圍後，到時科學家可能就要改稱它為「甲」了。

除了上述宇宙微波背景外，要奠定宇宙膨脹理論，還有賴另一重要發現——由哈伯在 20 世紀初觀察遙遠星系光譜而得的哈伯定律，如圖所示： $V = H_0 \times D$ ，其中 V 為星系遠離速率（公里 / 秒）， D 為與地球的距離（百萬秒差距）， H_0 為哈伯常數（公里 / 秒 / 百萬秒差距）。從哈伯定律可知，若與地球相同距離的星系遠離速率愈快，代表宇宙的膨脹速率愈快，因此根據哈伯定律得到之哈伯常數，可用以推算宇宙膨脹速率，然而科學家近期發現，宇宙膨脹速率比預期的更快。其中利用宇宙微波背景得到的哈伯常數為 67.4 ± 0.5 公里 / 秒 / 百萬秒差距，而科學家黎斯的團隊使用另一種測量方式，得到的哈伯常數為 74.03 ± 1.42 公里 / 秒 / 百萬秒差距。如果宇宙膨脹的速度真的比原先預期的更快，代表有其他未知的物理作用提供膨脹加速的作用力，如此一來，將會需要重新修正我們對宇宙的認識。（1 秒差距 = 3.26 光年 = 3.1×10^{13} 公里）



57. 下列何者最適合填入「甲」？（2分）

- (A)宇宙紫外線背景
- (B)宇宙紅外線背景
- (C)宇宙可見光背景
- (D)宇宙 X 射線背景
- (E)宇宙無線電波背景

58. 兩種方式得到的哈伯常數分別為(a) 67.4 ± 0.5 公里 / 秒 / 百萬秒差距與(b) 74.03 ± 1.42 公里 / 秒 / 百萬秒差距。請問(a)或(b)哪一個哈伯常數推算的宇宙膨脹速率較快？(2分)

(A)(a)

(B)(b)

59. 兩種方式得到的哈伯常數分別為(a) 67.4 ± 0.5 公里 / 秒 / 百萬秒差距與(b) 74.03 ± 1.42 公里 / 秒 / 百萬秒差距。請寫出推斷哪種宇宙膨脹速率較快的判斷理由：【 】。
(2分)

60. 下列何者為哈伯常數的 SI 單位？(2分)

(A)秒

(B) 1 / 秒

(C)公尺² / 秒

(D)公尺 / 秒²

(E)公尺

61. 藉由觀察星系波長的變化，可以推算出其遠離速率，即當星系發出光譜線的波長為 λ' ，與地

球上觀察靜止光源發出同一光譜線的波長 λ 之關係為 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} \div \frac{v_t}{c}$ ，其中 $\Delta\lambda$ 為波長的

改變量、 v_t 為星系平行於觀察視線方向的遠離速率、 c 是真空中光速 (3.0×10^8 公尺 / 秒)。

若在地球上觀測到某一星系 A 的其中一條光譜線波長為 435.860 奈米，而靜止光源的同一光譜線波長為 434.046 奈米，試求星系 A 相對地球平行於觀察視線方向的遠離速率，利用公式代入 $\lambda' =$ 【 ① 】 (奈米) (請填寫題目給的數值)、 $\lambda =$ 【 ② 】 (奈米)

(請填寫題目給的數值)，最後可以知道 v_t 為 【 ③.④ $\times 10^6$ 】 (公尺 / 秒) (四捨五入至小數點後第一位)。(① 1 分，② 1 分，③~⑤ 全對得 2 分)

翻印必究