

龍騰文化

# 113 學年度分科測驗全真模擬試卷

生物考科

請於考試開始鈴響起，在答題卷簽名欄位以正楷簽全名

龍騰生物科編輯小組

—作答注意事項—

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答題卷」上作答；更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。
- 除題目另有規定外，非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答題卷」上作答；更正時，可以使用修正帶（液）。
- 考生須依上述規定劃記或作答，若未依規定而導致答案難以辨識或評閱時，恐將影響成績。
- 答題卷每人一張，不得要求增補。

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、未作答或劃記多於一個選項者，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

版權所有・侵害者必究

龍騰文化

肯定自己 ▶ 肯定不同

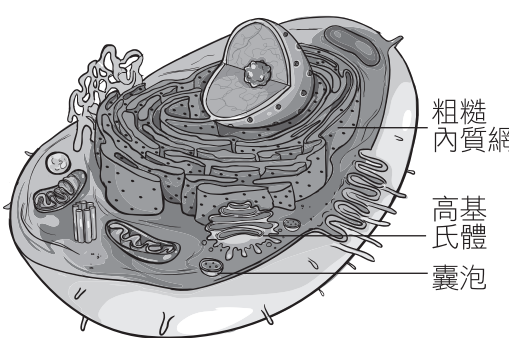
定價 25 元

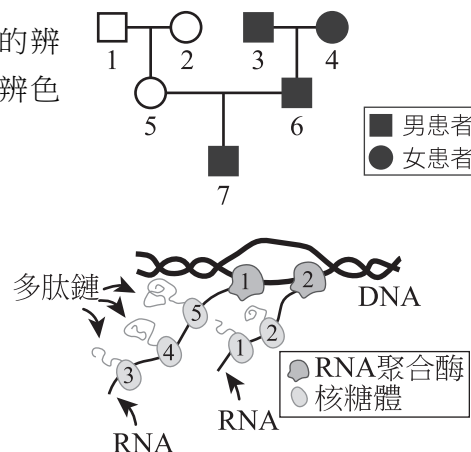
65001N11-E A

## 第壹部分、選擇題（占 70 分）

### 一、選擇題（占 38 分）

說明：第 1 題至第 19 題，包含單選題與多選題，單選題有 4 個選項，多選題有 5 個選項，每題 2 分。

- 下列哪些敘述符合早期地球環境的特性，才能有利於合成有機物？  
(A)溫度極低 (B)空氣中充滿氧氣 (C)大氣層不穩定常有閃電 (D)充滿太陽輻射能和宇宙射線 (E)空氣乾燥且缺少水蒸氣
  - 一個細胞具有發展成完整個體的潛能稱之為全潛能性細胞。下列哪一種哺乳類的細胞最可能具全潛能性？  
(A)神經幹細胞 (B)胚胎幹細胞 (C)臍帶血幹細胞 (D)血球幹細胞
  - 小腸絨毛細胞吸收腸道中葡萄糖的方式與下列哪種物質進出細胞的方式最不相同？  
(A)神經細胞的  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  幫浦運送  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ ，維持神經細胞的靜止膜電位 (B)玫瑰花根部細胞吸收土壤中礦物質 (C)腎小管再吸收葡萄糖 (D)小腸絨毛細胞吸收腸道中脂肪酸
  - 附圖為真核細胞，內含各種不同功能的胞器，下列敘述何者最能解釋指引線所指的三個胞器彼此之間的合作關係？  
(A)能夠將有毒物質轉換成對細胞無害的型式  
(B)合成、修飾、包裝蛋白質，並將其分泌出細胞外，或由細胞自行使用  
(C)代謝養分，製造 ATP，供給細胞能量  
(D)將 DNA 的訊息轉錄成 RNA，並帶至粗糙型內質網上的核糖體
- 
- 附圖為王同學一家的家族病史譜圖，而王同學患有天生的辨色力異常，為第 7 號家族成員。請問王同學性染色體與辨色力異常相關的基因型為何？  
(A) $\text{X}^{\text{A}}\text{X}^{\text{a}}$  (B) $\text{X}^{\text{A}}\text{Y}^{\text{a}}$  (C) $\text{X}^{\text{a}}\text{Y}^{\text{a}}$  (D) $\text{X}^{\text{a}}\text{Y}$
  - 附圖為某生物進行基因表現過程的示意圖。依附圖下列哪些生物的基因表現符合附圖所示？  
(A)被嗜菌體感染的大腸桿菌  
(B)感染流感病毒的人類細胞  
(C)產生青黴素的青黴菌  
(D)造成肺結核的結核桿菌  
(E)作為模式動物的線蟲
  - 研究液泡時，用下列哪些細胞當材料較合適？  
(A)植物的薄壁細胞 (B)人體的硬骨細胞 (C)雙子葉草本莖的髓 (D)洋蔥根尖的生長點細胞 (E)皮層細胞

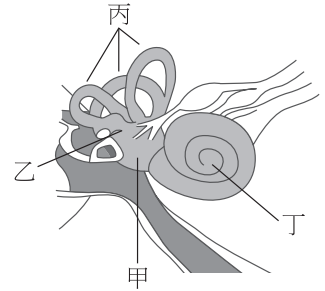


8. 電影「縮小人生」的劇情中，有 20 個人想要建立一個新的、與世隔絕的族群，靠自己的力量挖掘了一個地底世界。其中有 2 位新居民有「囊腫性纖維化(Cystic fibrosis)」遺傳疾病的異型合子基因，此種疾病要有兩個隱性的基因，才會致病。假設此族群符合哈溫定律的理想族群條件，以下敘述哪些正確？

(A)在此新族群之中，將有 0.25%的居民會患有囊腫性纖維化  
(B)在此新族群之中，將有 0.5%的居民會患有囊腫性纖維化  
(C)此族群中將沒有發生突變、沒有天擇，也無族群間的基因流動  
(D)異型合子基因可以用 aa 來表示  
(E)囊腫性纖維化為一隱性的遺傳疾病

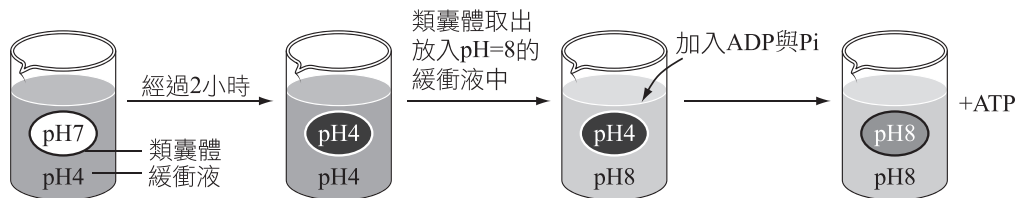
9. 推測「耳石脫落症」的可能起因為耳部的碳酸鈣結晶脫落，造成淋巴液流動混亂而導致暈眩，但此眩暈可因改變頭部角度而緩和或消失。內耳構造如附圖所示。下列何者最不可能是耳石掉落後沉積的位置？

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁



10. 化學滲透學說(chemiosmotic theory)是關於光合磷酸化原理的學說，是由英國的米歇爾 (Mitchell, 1961 年) 提出，在科學界被廣泛接受。某位研究員想要用類囊體做實驗，仿照化學滲透的原理，研究一些相關的特性。他將類囊體(pH = 7)從活的植物細胞分離出來，將之懸浮於裝有 pH = 4 的緩衝液燒杯中 2 小時，再將其放置於 pH = 8 的緩衝溶液中，緩衝液中也加入了 ADP 及磷酸根(Pi)，結果發現，燒杯中產生了 ATP，附圖為實驗流程示意圖。 註：此實驗全程在黑暗中進行

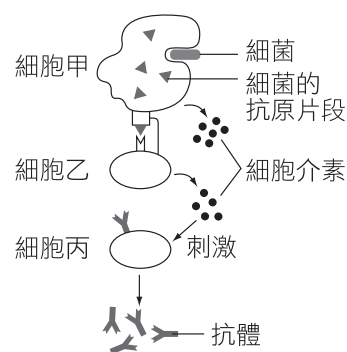
試問這位科學家的研究結果，可以用來支持以下哪一個生理現象？



- (A)類囊體在離開細胞之後，再也無法製造 ATP (B)電子傳遞鏈將電子由細胞質內幫浦至類囊體 (C)類囊體製造 ATP 需要膜內外氫離子的濃度差 (D)ATP 合成酶可以改變氫離子於膜內外的運動方向
11. 有關植物對於環境刺激的反應之相關敘述，哪些正確？
- (A)照光之後，莠苳種子多數會發芽，是屬於植物的向性反應 (B)傾性是植物受到碰觸等外在環境變化的刺激，或是由內在生理時鐘所引發的生理反應，此反應與刺激方向無關 (C)若以閃光中斷短日照植物的黑暗期，會促進植物開花 (D)植物面臨缺水逆境時，會促進吉貝素的產生 (E)多數植物在高溫逆境時，雖會抑制多數蛋白質的合成，但會合成熱休克蛋白，以保護細胞內的酵素、核酸和蛋白質等的分子結構

12. 哺乳類的免疫系統為許多不同功能的免疫細胞共同合作，以抵抗入侵者的攻擊，根據附圖及免疫學中習得的知識，下列敘述何者正確？

(A)細胞甲為抗原呈現細胞，能夠將入侵的細菌分解成小段，展示於自己的細胞膜上，啟動非專一性的防禦作用 (B)細胞乙為輔助型 T 細胞，能夠接受抗原呈現細胞的刺激，接著啟動體液免疫與細胞免疫 (C)細胞甲、乙、丙皆能產生記憶型細胞，為專一性免疫的記憶性功能 (D)細胞丙為胞毒型 T 細胞，能夠分泌抗體，殺死入侵的外來病原體



13. 果蠅的長觸鬚（等位基因 A）對短觸鬚（等位基因 a）為顯性，灰身（B）對黑身（b）為顯性。今取長觸鬚灰身異型合子親代進行試交（即  $AaBb \times aabb$ ），子代的表現型機率如表。下列敘述何者錯誤？

	長觸鬚	短觸鬚
灰身	20%	30%
黑身	30%	20%

(A)親代  $AaBb$  產生的配子  $Ab : AB : ab : aB = 3 : 2 : 2 : 3$  (B)子代出現長觸鬚灰身個體及短觸鬚黑身個體各占 20%，是因為減數分裂時染色體互換的結果 (C)親代  $AaBb$  的等位基因 A 與等位基因 B 連鎖 (D)若親代  $AaBb$  進行自交（即  $AaBb \times AaBb$ ），則子代出現  $aabb$  的機率為 4%

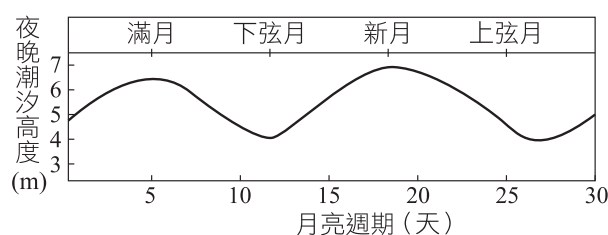
14. 有關人體呼吸運動的敘述，哪些正確？

(A)當人用力咳嗽時，肋骨架向內向下移動，肺臟、腹肌、橫膈肌急遽收縮 (B)吸氣時的胸腔是呈現正壓而引入空氣 (C)可協助靜脈血液回流到胸腔 (D)主動脈體與頸動脈體具有感受二氧化碳分壓的化學受器 (E)中腦為呼吸調節中樞

15. 關於激素對月經週期的作用與影響，下列敘述何者正確？

(A)卵巢釋出的動情素可促使黃體分泌更多的黃體素 (B)下視丘所分泌的促性腺素釋放素 (GnRH)可直接促進子宮內膜增厚 (C)高濃度的黃體素會抑制腦垂腺前葉分泌 FSH 與 LH (D)黃體素會抑制動情素的作用，故兩者間對黃體的成熟有拮抗作用

16. 「蟹」是常見於臺灣澎湖與金門海邊的生物，因與祖先形態相近，又稱為活化石，但近年來卻因為人類對環境的破壞，使得牠們的數量已經到了瀕臨絕種的危機。某學者為了復育「蟹」，於澎湖海岸研究夫妻

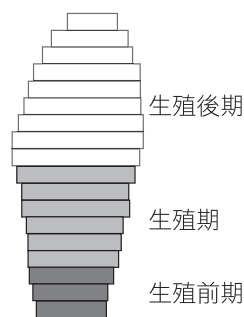


魚蟹的生殖行為的研究，他把月亮週期，與夜晚潮汐高度的關係繪製成附圖，並提出蟹的生殖行為發生於月亮週期中夜晚潮汐最高的時候。請問以下的敘述，何者可以支持此學者的推論？

(A)月光的強度，隨著月亮週期而改變 (B)每個月亮週期內有 1 個夜晚潮汐高潮 (C)蟹的生殖行為發生於夜間月光強度最為昏暗不明之時 (D)蟹的生殖行為於生殖季時，每月會有 2 次

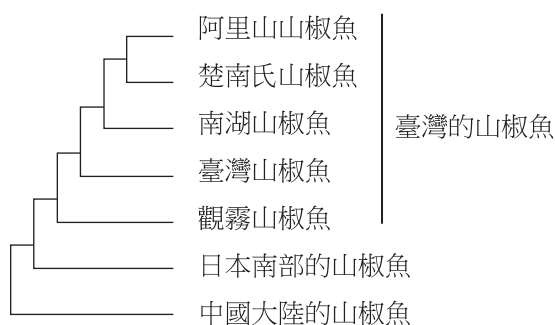
17. 若要依照附圖所表示的年齡結構，推測該族群的特性，下列哪項推論最為合理？

- (A) 族群中的幼年個體會有增長趨勢
- (B) 未來族群總數會有增加的趨勢
- (C) 族群中的死亡率偏低
- (D) 族群會有老年化的現象



**18-19 題為題組**

臺灣高海拔有五種棲息地幾乎不重疊的特有種山椒魚。學者以 DNA 序列建構不同山椒魚物種的親緣關係（附圖），推測臺灣的山椒魚祖先應源自日本南部，經冰河時期的陸橋播遷至臺灣。在之後的「間冰期」，臺灣本島內的山椒魚開始分歧演化成五種不同物種，這個假說稱為島內分化論。但至今仍沒有決定性證據，可證明臺灣本島內山椒魚的祖先是來到臺灣後才分化成不同物種，或是早在其他地方種化之後才各自拓遷來臺，稱為島外分化論。



18. 關於臺灣的山椒魚物種種化，下列哪一項觀察結果較支持島內分化論假說？
- (A) 山椒魚的遷徙能力不佳，活動範圍小，無法翻山越嶺
  - (B) 不同物種的山椒魚擇偶時對異性的體色有不同偏好
  - (C) 山椒魚對產卵的位置選擇偏好有種間差異
  - (D) 以人工授精雜交不同種的山椒魚後所得胚胎無法正常發育
19. 若想進一步驗證臺灣本島內的山椒魚起源假說，以下哪一項新發現最能反駁「島內分化論」並支持「島外分化論」？
- (A) 阿里山山椒魚和楚南氏山椒魚雜交所產生的後代能正常發育為成體
  - (B) 在中國大陸發現新種山椒魚的 DNA 序列與阿里山山椒魚最為接近
  - (C) 在韓國發現一新種山椒魚具有相當好的移動能力
  - (D) 在日本發現一新種山椒魚的棲息環境與臺灣的原生種山椒魚相似

**二、閱讀題（占 18 分）**

說明：第 20 題至第 28 題，包含單選題與多選題，單選題有 4 個選項，多選題有 5 個選項，每題 2 分。

**閱讀一**

大多數的哺乳動物在發育過程中，細胞越分化到後面的階段，細胞的功能會越來越窄化，因此只有在非常早期的一小段時間中，胚胎裡的所有細胞才具備成為人體 220 種細胞的能力，如果將此時的這些細胞取出並培養增殖，就可以得到胚胎幹細胞。而胚胎幹細胞具有所謂的「多能性」，也就是該細胞會持續保有製造任何類型組織細胞的能力。但是當到了胚胎發育的



後期，幹細胞會逐漸的特化，就只能成為特定幾種類型的細胞，而這些細胞具有的是「多效性」(multipotent)，就不再是多能性。

早期得到多能性幹細胞的方式，是利用「體細胞核轉移」(又稱為「複製」)的方法，將成體細胞內的遺傳物質 DNA，注入到已經被移除細胞核的卵細胞中，產生一種成體細胞 DNA 與卵細胞的嵌合體，而這個嵌合體細胞可發育成早期胚胎，也可以從中分離出多能性幹細胞，稱之為「誘導多能性幹細胞」(iPS 細胞)，但是這樣的實驗方式卻引起道德上的爭議。因此，後來在 2006 年首度由日本京都大學山中伸彌(Shinya Yamanaka)教授團隊，利用四個特別的編碼轉錄因子(transcription factors)，可以將成熟細胞轉變成多能性幹細胞，雖然多能性幹細胞無法形成個體，卻具有分化成身體內各樣細胞的能力。首先科學家找出在成體細胞緘默但是在多能性細胞卻活躍的基因-- Oct4, Sox2, Klf4 和 c-Myc，接著以反轉錄病毒做為載體，將這四個基因送進皮膚細胞，就足以製造 iPS 細胞。而該 iPS 細胞具有分化成各種細胞的能力，並且可以持續分裂增生，因此若可以經由誘導方式，讓細胞分化成為身體中其他的組織細胞，則可以人類病患自身細胞自製自己的 iPS 細胞，再培養出組織或器官並移植回原患者身體內，即可避免因器官移植產生的排斥作用。

20. 「iPS 細胞」具有下列何種特性？

- (A) 可以不斷分裂且不會老化
- (B) 具有分化成各種細胞的能力
- (C) 避免免疫細胞產生排斥反應
- (D) 抵禦病毒

21. 文中的 Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc，這四個基因的功能可能為何？

- (A) 增加多效性細胞的分裂能力
- (B) 使細胞可回復分化成其他細胞的功能
- (C) 可增加細胞的免疫功能抵禦病毒危害
- (D) 誘導多能性幹細胞轉變成多效性細胞

22. 根據文章敘述，以下何者錯誤？

- (A) Oct4, Sox2, Klf4 和 c-Myc 基因在一般已分化的細胞中不被啟動
- (B) 利用 iPS 細胞培養的組織移植回原患者體內可避免排斥作用
- (C) 將成體細胞 DNA 注入被移除細胞核的卵細胞中可產生多能性幹細胞
- (D) 胚胎幹細胞內的 Oct4, Sox2, Klf4 和 c-Myc 基因是處於緘默狀態

## 閱讀二

免疫系統過度反應稱為過敏，依過敏原及參與的白血球種類將過敏分為 4 個類型。

第一型過敏：又稱立即性過敏。過敏原例如動物皮屑首次入侵人體，會啟動 B 細胞產生 Y 型抗體以下端附著肥大細胞；當再次侵入時，附著在肥大細胞表面的抗體移動聚集並共同以 Y 型上端逮住皮屑碎片，釋出的組織胺可能導致呼吸困難、氣喘發作。

第二型過敏：抗體附著「自我細胞」，引發補體、吞噬細胞、自然殺手細胞攻擊，例如第一型糖尿病，患者胰島的  $\beta$  細胞遭受攻擊，阻礙胰島素的製造與分泌。

第三型過敏：抗體附著「非細胞表面抗原」，例如抗體附著曝露的 DNA，或與體液中其他抗體結合形成複合體，沉積在臉頰細胞分裂旺盛處或關節，前者稱為紅斑性狼瘡，後者稱為類風濕性關節炎。

第四型過敏：小分子物質活化皮下的抗原呈現細胞，吸引大量 T 細胞、巨噬細胞聚集，造成發炎部位紅腫堅硬，常見的如接觸性過敏及接種卡介苗後左上臂產生結痂疤痕。很多第二、三型過敏為自體免疫疾病。多數自體免疫疾病的根本原因尚未釐清，有的可能是病毒感染細胞後將抗原呈現在被感染的細胞表面，引起免疫系統攻擊。研究者發現類風濕性關節炎患者帶有血液病毒 HTLY-1 比一般人高出許多；Coxsackie-B 病毒已證實造成實驗動物糖尿病，半數第一型糖尿病患者也被驗出帶有此種病毒。

23. 下列何者不是自體免疫疾病？

- (A)氣喘 (B)第一型糖尿病 (C)紅斑性狼瘡 (D)類風濕性關節炎

24. 哪些是與本文相關的正確敘述？

- (A)第一型過敏又稱為立即性過敏，第一次接觸過敏原即刻產生過敏反應 (B)花粉、皮屑、海鮮、藥物造成的過敏，在第二次接觸過敏原時即刻產生症狀 (C)第一、二、三型過敏與 B 細胞不正常活化有關 (D)只有第三、四型過敏會產生發炎症狀 (E)自體免疫疾病經證實皆由病毒感染引起

25. 對化妝品過敏是屬於哪一型的過敏反應？

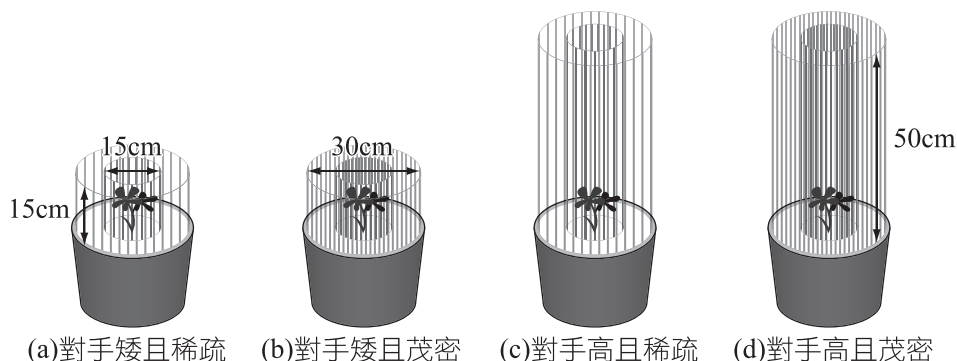
- (A)第一型 (B)第二型 (C)第三型 (D)第四型

### 閱讀三

當動物面對敵人時，頓了 1 秒，決定要打、要躲、還是要逃？也就是，評估自己在這場戰爭中的勝算。不會動的植物呢？讓人驚訝的是，科學家研究指出植物也有辦法根據競爭對手的體型高度以及枝葉疏密程度，來做出多元的決策以謀求生機。

舉植物感測光線為例：當光先通過其他植物的葉片再照到下層植物時，照光量以及紅光-遠紅外光的比例(R：FR)會降低。一般白光中都有紅光(R)與遠紅外光(FR)，植物葉片能吸收紅光但大多遠紅外光是穿透過葉片。不同的 R：FR 比例會對植物的生長型態、開花、葉綠素的合成等，都有影響。

科學家以匍匐委陵菜(*Potentilla reptans*)作為實驗對象，如附圖所示，實驗中布置的光競爭情境：植物是否能根據自己與對手的相對體型、枝葉疏密程度做出合宜的選擇？實驗中利用垂直透明的綠色濾光片，模擬植物競爭光源的實境，因為綠色濾光片的高度及疏密程度，類似旁邊有植物生長，遮住光線，以及有不同的紅光-遠紅外光的比例。實驗結果顯示，當模擬對手矮小且枝葉繁盛，限制了匍匐委陵菜的水平生長時，其產生了對抗性的垂直生長。而當對手長得又高又密集，使得匍匐委陵菜既無法在高度上獲勝也無法從橫向閃避，則植株大多會促進自身的陰影耐受度來掙扎求生。若旁邊的鄰居是高但生長稀疏，則匍匐委陵菜會選擇橫向躲避。



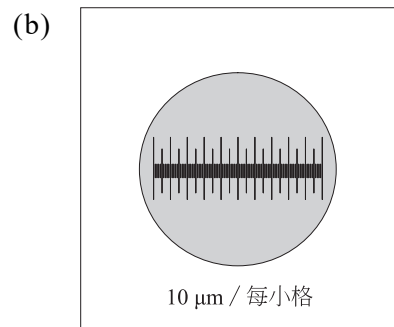
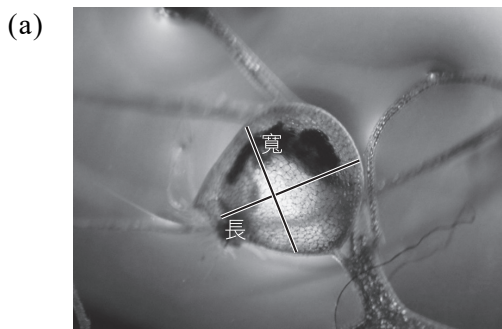
文章改編自：泛科學 <https://pansci.asia/archives/flash/145778>

26. 本實驗的結論，下列何者為佳？  
(A)此研究證明了 R：FR 比例與植物光週期之間的關聯  
(B)這項研究提供了植物能夠整合環境中複雜資訊並做出應對的新證據  
(C)本研究證實植物可以物理性防禦機制對抗病原體  
(D)此實驗以綠色濾光片證明紅光對於植物生長的影響大於綠光
27. 王同學想了解植物所面臨敵人枝葉茂密對其的影響，應該選擇附圖中哪兩組做比較？  
(A) A、B 組 (B) A、C 組 (C) B、D 組 (D) A、D 組
28. 根據本實驗研究結果，當匍匐委陵菜周邊長滿比它高大且生長繁盛的植株時，以下說法哪些正確？  
(A)此情形對匍匐委陵菜而言是一種逆境 (B)針對此情形所產生的回應可能為促進自身的陰影耐受度 (C)匍匐委陵菜會以橫向生長，躲避其鄰居 (D)匍匐委陵菜會出現對抗性垂直生長，以快速生長來遮蔽鄰居 (E)匍匐委陵菜會吸收遠紅光多於紅光，調整自己對不同光的吸收比例以求生

### 三、實驗題（占 14 分）

說明：第 29 題至第 35 題，包含單選題與多選題，單選題有 4 個選項，多選題有 5 個選項，每題 2 分。

29. 在顯微測量技術的探討活動中，王同學在同一個倍率下，拍一張黃花狸藻捕蟲囊捕食子子的照片（圖(a)），以及載物臺測微器（圖(b)）。做實驗的當下王同學來不及使用目鏡測微器測量，可是有拍下載物臺測微器的相片，為了要標示顯微相片的比例尺。已知載物臺測微器 1 大格是 100  $\mu\text{m}$ ，1 中格是 50  $\mu\text{m}$ ，1 小格是 10  $\mu\text{m}$ ，1 個載物臺測微器共有 10 大格、20 中格、100 小格。試問，此黃花狸藻的捕蟲囊長×寬大小為多少？



- (A) 50 × 50  $\mu\text{m}$  (B) 90 × 80  $\mu\text{m}$  (C) 900 × 800  $\mu\text{m}$  (D) 500 × 500  $\mu\text{m}$
30. 藍色 DCPIP 在接收電子與質子後會還原變成無色。下列不同實驗步驟處理，何者使 DCPIP 呈現最淡的顏色？  
(A)葉片加入丙酮，研磨並過濾→離心，取上清液→加入蔗糖溶液及 DCPIP→照光 30 分鐘後離心 (B)葉片加入丙酮及 DCPIP，研磨並過濾→離心，取沉澱物→加入蔗糖溶液→包鋁箔 30 分鐘後離心 (C)葉片加入蔗糖溶液及 DCPIP，研磨並過濾→離心，取上清液→加入 DCPIP→照光 30 分鐘後離心 (D)葉片加入蔗糖溶液研磨並過濾→離心，取沉澱物→加入蔗糖溶液及 DCPIP→照光 30 分鐘後離心

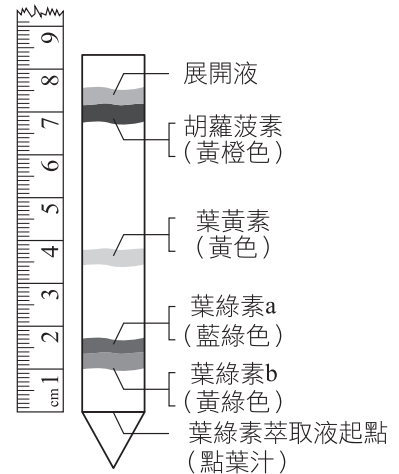


31-32 題為題組

在光合色素色層分析的實驗中我們以烘乾的菠菜做實驗，結果如附圖所示。

31. 以下有關色層分析的裝置及其可以用來分離色素分子的原理哪些正確？

- (A)以長條濾紙當作移動相 (B)以丙酮萃取菠菜光合色素  
(C)以石油醚及 90%丙酮比例為 1:9 的展開液將 4 種光合色素分離 (D)色層分析的原理為根據混合色素中不同色素對固定相的附著力和對流動相的溶解度而分離開來 (E)不同的色素分子結構有相同的極性



32. 依據附圖計算葉黃素的  $R_f$  值。

- (A)35/83 (B)35/71 (C) 35/75 (D)27/37

33-34 題為題組

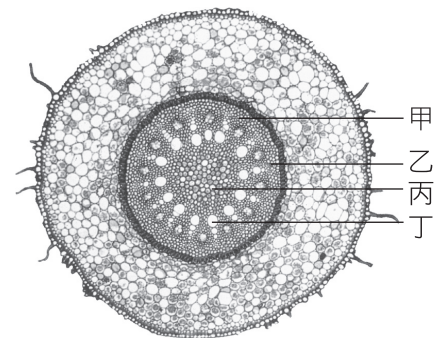
附圖為某生於複式顯微鏡下觀察到某植物橫切面，請依照圖示回答下列問題：

33. 此植物橫切面來自於下列哪些選項？

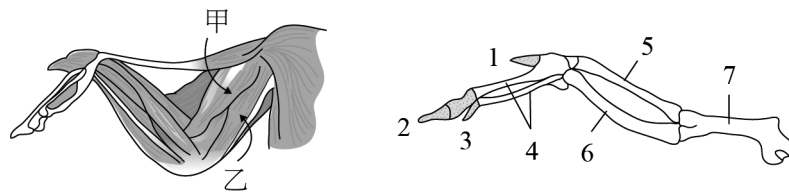
- (A)單子葉植物 (B)雙子葉植物 (C)根 (D)莖 (E)葉

34. 關於附圖，下列敘述哪些正確？

- (A)甲處~丁處均無法行光合作用  
(B)乙處與丙處均為薄壁細胞可以儲存養分  
(C)丙處運輸有機養分，丁處運輸水分與無機鹽  
(D)甲處細胞壁增厚整個細胞可防止水分進入  
(E)丁處的滲透壓大於乙處，因此水分自然由乙處流向丁處



35. 附圖分別為雞翅的肌肉及骨骼的示意圖，下列有關圖中甲、乙肌肉的敘述，何者正確？



- (A)甲、乙為振翅使用的主要肌肉，雞飛行力不佳，故此兩塊肌肉不如其他鳥類發達  
(B)甲、乙兩肌肉同時收縮時，雞的翅膀收疊至最短  
(C)甲兩端的肌腱分別與骨骼 5 及骨骼 7 連接，甲收縮時可使翅彎曲  
(D)乙兩端的肌腱與骨骼 7 的近端及遠端連接，乙收縮時翅伸直

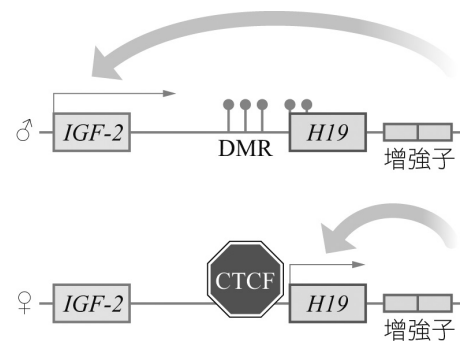
## 第貳部分、混合題或非選擇題（占 30 分）

說明：本部分共有 5 題組，選擇題每題 2 分，非選擇題配分標於題末。限在答題卷標示題號的作答區內作答。選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。非選擇題請由左而右橫式書寫。單選題有 4 個選項，多選題有 5 個選項。

### 36-38 題為題組

長久以來遺傳學家發現部分基因在遺傳的過程中，僅有來自特定親代的基因才能表現，若從另一親代遺傳所得到的基因則無法表現在子代，這個現象稱為基因印痕(genomic imprinting)，此現象已在開花植物、昆蟲與哺乳動物被觀察到。通常，基因印痕以不改變基因序列的方式來進行基因的調控，例如：DNA 甲基化與組蛋白修飾。DNA 甲基化指的是將 DNA 進行甲基化修飾，使該基因無法表現，組蛋白修飾則可能影響染色體結構，進而使基因表現效率發生改變。此外，精子或卵子生成時，舊的基因印痕狀態會被塗銷掉，所有的染色體將依據產生配子個體的性別而生成新的基因印痕，使得基因印痕不會再受到上一代的影響。

*IGF-2* (Insulin-like Growth Factor 2, 第二型類胰島素生長因子) 基因是一個常見的基因印痕例子，位於第七對染色體。此基因下游具有一段差異甲基化區域(DMR), *H19* 基因，以及一段可增強基因表現的 DNA 片段，稱為增強子(enhancer)。如圖所示，這些基因調控在不同性別會有差異。在老鼠研究中，雄性 DMR 區域與 *H19* 基因受到甲基化而不表現，此時增強子直接可作用於 *IGF-2* 基因使其大量表現出 IGF-2 蛋白。然而，雌性 DMR 區域被 CCCTC 結合因子(CTCF)結合，導致增強子無法增強 *IGF-2* 基因表現，反而使 *IGF-2* 蛋白不表現，但 *H19* 的基因產物表現量增加。



IGF-2 蛋白與個體生長發育及細胞增殖有關，並能抑制細胞凋亡，然而，個體若母系 *IGF-2* 基因因不明原因表現，使父母雙方 *IGF-2* 基因皆為活化狀態，可能會因過多的 IGF-2 蛋白而導致癌症。試根據上文回答下列問題：

36. 下列關於基因印痕的敘述，何者正確？

- (A)基因印痕會改變基因序列的方式來進行基因的調控 (B)配子形成時，舊的基因印痕狀態會被塗銷掉 (C)所有的基因印痕機制都是藉由 DNA 甲基化而造成的 (D)所有生物中，基因印痕現象僅在動物被發現

37. 下列關於 *IGF-2* 基因與 *H19* 基因調控的敘述，何者正確？

- (A)母系 *IGF-2* 基因會受到增強子影響而大量表現 (B)母系 *IGF-2* 基因會被刪除使 RNA 聚合酶無法轉錄 (C)父系 *IGF-2* 基因因 CCCTC 結合因子不會接在 DMR 上使之大量表現 (D)父系 *IGF-2* 基因與 *H19* 基因均會被甲基化

38. IGF-2 蛋白表現量會影響子代身高，過多會使身高較高，過低則可能使身高較矮。若一子代遺傳自母親高度甲基化的 *IGF-2* 基因，而來自父親遺傳到正常無甲基化的 *IGF-2* 基因，則不考慮其他因素情況下，此子代身高狀態應為何？（2 分）

39-41 題為題組

1990 年，科學家將全裸、無保護的 mRNA 注入小鼠肌肉，發現此外來 mRNA 被細胞轉譯為蛋白質，這個成果激發了無限的想像。1993 年，人類首次將流感病毒蛋白 mRNA 注入動物體內，誘發出能辨認該蛋白的 T 細胞，開啟了人類發展 mRNA 疫苗的研究。

但科學家很快地發現，mRNA 疫苗在理論上雖然可行，但在真實世界卻窒礙難行，因為人體非常討厭外來物。人體的防禦系統，會摧毀外來的 RNA、DNA，但奇怪的是，細胞自己也有 RNA，為什麼不會引起免疫反應呢？

其實人體內的 DNA 會被修飾以避開免疫系統的攻擊，最常見的修飾是在 DNA 複製後在胞嘧啶上加甲基。而細菌早就演化出利用核酸修飾來辨識敵我的機制，大約  $\frac{1}{4}$  的細菌都擁有一套或多套的「限制與修飾」系統，每 1 套都包含 1 個限制酶和 1 個修飾酶，能辨識同樣的標靶序列（通常 4~8 個鹼基對）。經修飾酶催化、被修飾過的序列就會被保護，反之，外來 DNA 在沒有修飾之下，就會被限制酶切割。

細菌的 mRNA 基本上都沒有修飾，而哺乳類的 mRNA 在轉錄後通常會在特定鹼基加上超過 100 種的修飾，最常見的就是鹼基第 5 位置加上甲基的 5-甲基胞嘧啶(5mC)、第 6 位置加甲基的 6-甲基腺嘌呤(6mA)，還有核糖第 2 位置加甲基的修飾等等。這些修飾不會改變轉譯的產物，只會增強 mRNA 的穩定性和轉譯效率。

新冠肺炎的 mRNA 疫苗使用的材料是攜帶病毒表面棘蛋白的基因序列的人造 mRNA，進入人體細胞之後會被核糖體轉譯而產生棘蛋白，並呈現在細胞表面，扮演抗原的角色，激發人體的免疫反應，但這些 mRNA 必須經由修飾才能逃避人體免疫系統的攻擊。

39. 新冠肺炎的病毒 mRNA 在被注射進入人體之前，需要經由哪些修飾才能逃避人體的免疫系統？

- (A)在胞嘧啶上加甲基 (B)在核糖第 2 位置加甲基 (C)在鹼基第 5 位置加上甲基 (D)經修飾酶催化改變序列 (E)經限制酶催化改變長度

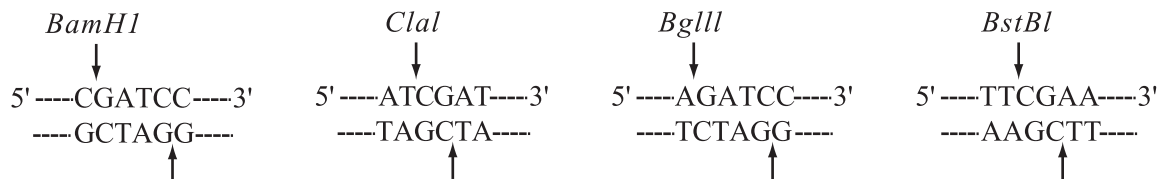
40. 根據上文與所學，修飾過後的新冠肺炎病毒 mRNA 進入人體細胞後，會發生下列哪一現象？

- (A)被限制酶切割 (B)被轉譯成蛋白質 (C)經修飾酶催化後與人體細胞共存 (D)扮演抗原角色並激發人體的免疫反應

41. 1962 年，科學家發現某些細菌含有「特殊的酶」可以抵禦病毒入侵，這些酶可以辨識病毒 DNA 上特定的核苷酸序列，並將 DNA 切斷，阻斷病毒的感染。」請問：

(1)上述特殊的酶是指什麼？（1 分）

(2)下列是 4 種常見的酶與其辨識的序列，請問這些序列的共同特性為何？（2 分）

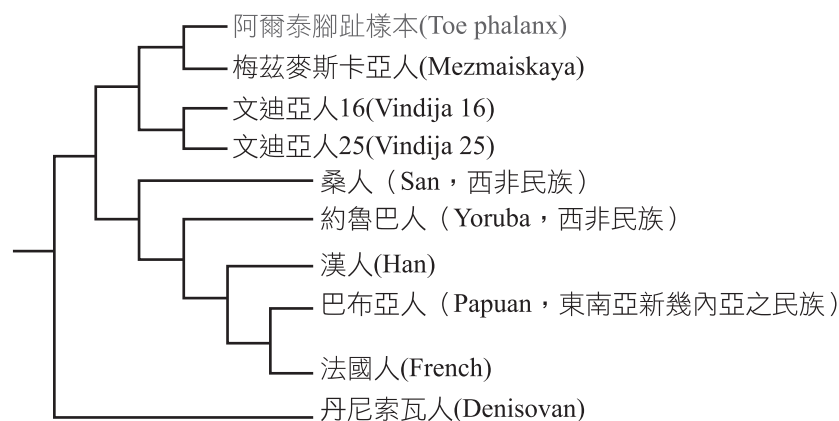


42-44 題為題組

現今地球上的人類，雖然分散在各大洲，但我們同屬人科、人屬、人種的現代智人(*Homo sapiens*)，也是現存唯一的人屬物種。然而，考古學家根據挖掘到的人類遺址，判斷過去曾存在智人以外的人屬物種（以下稱古代人種），例如：「尼安德塔人(Neanderthal)」可能就是過去存在於歐亞大陸上的古代人種。為了分析古代人種與現代智人間的親緣關係，古生物學家從遺址中的人類骨骸抽取殘存的 DNA，並以分子生物技術重建其序列。接著，再透過分析古代人種與現代智人的 DNA 序列差異程度，便能推估各種人類的演化歷史，甚至有機會推論現代智人祖先的遷徙途徑。

2008 年，考古學家在西伯利亞南方的阿爾泰山脈(Altai Mountains)的丹尼索瓦洞穴中，找到一塊人類的手指骨。經生物學家帕博(Svante Pääbo)及其團隊以分子生物技術比對 DNA 序列後，他們認為指骨屬於有別於尼安德塔人與現代智人的另一人種，後將這塊指骨所屬的古代人種稱為「丹尼索瓦人(Denisovan)」。

2010 年，考古學家又在丹尼索瓦洞穴中找到一塊人類的腳趾骨（以下稱阿爾泰腳趾樣本），帕博團隊分別從此樣本中萃取粒線體 DNA 與細胞核 DNA 進行定序，並將此樣本與現代智人、尼安德塔人與前述的丹尼索瓦人之樣本進行親緣關係分析。以粒線體 DNA 與細胞核 DNA 進行親緣關係分析的結果分別如圖甲、圖乙。其中，梅茲麥斯卡亞人與文迪亞人歸類為尼安德塔人的不同支序(clade)；桑人、約魯巴人、漢人、巴布亞人、法國人均為現代智人的樣本。



圖甲 粒線體 DNA 分析後所建立的演化支序圖

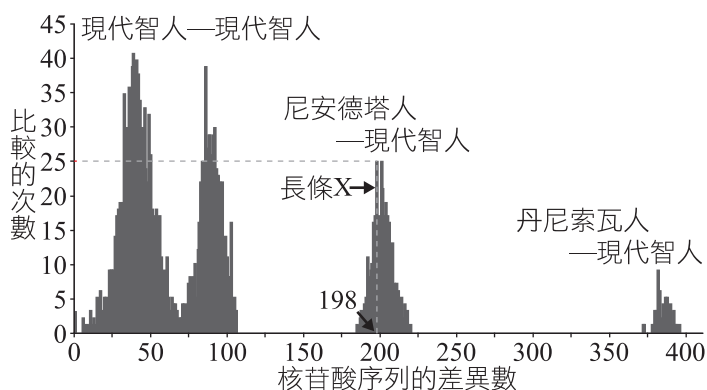


圖乙 細胞核 DNA 分析後建立的演化支序圖



42. 根據圖甲、圖乙，可以發現粒線體 DNA 與細胞核 DNA 分析後所建立的演化支序圖不盡相同。關於 2010 年所找到的阿爾泰腳趾樣本所屬的古代人類（以下阿爾泰人）與尼安德塔人、丹尼索瓦人、現代智人間的關係之描述，何者可以同時滿足粒線體 DNA 與細胞核 DNA 的分析結果？
- (A)阿爾泰人屬於現代智人的祖先  
(B)阿爾泰人屬於丹尼索瓦人的一支  
(C)阿爾泰人屬於尼安德塔人的一支  
(D)阿爾泰人為獨立於尼安德塔人與丹尼索瓦人的另一個古代人種
43. 根據考古學與古生物學之相關研究證據，現代智人的祖先約在 30 萬年前，存在於非洲地區。大約在 7 萬年前，現代智人族群遷入中東地區，接著進入歐亞大陸，並漸漸取代歐亞大陸上的古代人種。若根據各大洲地理位置，某研究者提出「假說 X」：智人祖先從中東（西亞）分支，一支往歐亞大陸的西側（歐洲）遷徙，另一支繼續往東進入東亞，最後再往東南亞海島遷徙。假設人類族群在古代遷徙的過程中，一旦分支，就不會再發生不同族群間通婚的現象。請問根據粒線體 DNA（圖甲）與細胞核 DNA（圖乙）所建立的演化支序圖中，何者較支持「假說 X」？（2 分）

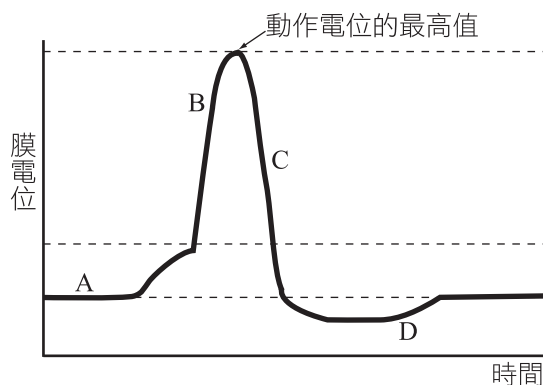
44. 圖丙為帕博團隊比較現代智人、尼安德塔人與丹尼索瓦人間的親緣關係之分析數據。研究團隊比較親緣關係的方式為：找 55 個現代智人（其中 1 個為化石樣本）、6 個尼安德塔人化石樣本以及 1 個丹尼索瓦人的化石樣本進行 DNA 定序，並「兩兩比較」各個人種與現代智人間，核苷酸序列中有多少個點位有不同的核苷酸種類。



最後統計兩兩配對之間的核苷酸序列差異數量，將差異數量的「分布」視覺化為圖丙。圖丙中的「長條 X」，代表在所有「尼安德塔人—現代智人」的比較資料中（共有 55 × 6 個比較資料），共有 25 個比較資料的核苷酸序列差異數為 198。對比圖甲、圖乙，你認為圖丙所採用的資料，是分析不同人種的粒線體 DNA，或是細胞核 DNA？（2 分）

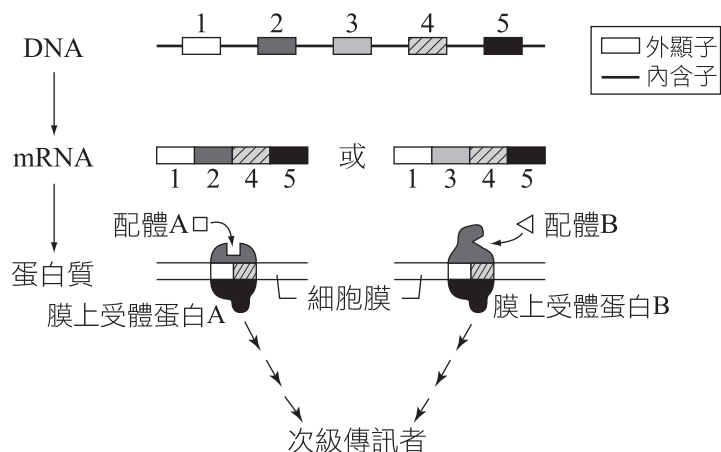
#### 45-46 題為題組

45. 一般神經細胞在引發神經衝動時，所產生的電位變化如右圖，請依照圖中所示回答下列問題：膜電位在 A 時期，鈉、鉀離子於細胞內外的濃度高低各為何？（2 分）
46. 請問在 B 時期神經元細胞膜上的哪一種電壓敏感的離子通道開啟，會造成 B 過程中的電位變化？（2 分）且該離子是進入還是離開細胞？（2 分）



47-48 題為題組

真核細胞的訊息傳導通常與位於細胞膜上的受體蛋白相關。在某些膜上受體蛋白合成的例子中，其基因是來自同一系列的基因家族，在轉錄時，細胞藉由裁剪相同的先驅 mRNA，去除內含子，連接外顯子，製作不同排列組合的成熟 mRNA，最後細胞轉譯不同的成熟 mRNA，製造出不同的膜上受體蛋白，如圖所示。圖中顯示了一個具有 5 個外顯子的基因，藉由選擇性裁剪，合成了兩種不同的膜上受體蛋白 A 及 B。



47. 配體 A 及配體 B 可以使細胞產生相同的反應，解釋其原因為何？（2 分）
48. 假如編碼股的膜上受體蛋白 A 的基因，4 號及 5 號外顯子間之內含子產生突變，缺失了 2 個核苷酸，試問此突變將對膜上受體蛋白有何影響？（1 分）原因為何？（2 分）