中六生物練習卷：孟德爾遺傳、DNA 結構與複製、轉錄與轉譯、基因突變、基因工程與綜合應用

中六　生物　｜　時限：60 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

第一部分：孟德爾遺傳與機率（16 分）

回答下列遺傳學問題，須列出計算步驟及比例。

1. 一對基因型同為 Aa 的豌豆互相授粉，其後代共 800 株。假設完全顯性、各基因型生存率相同，求兩種表現型的理論株數。

答案：答案：後代基因型比例 AA:Aa:aa = 1:2:1，顯性表現型佔 3/4：800 × 3/4 = 600 株；隱性佔 1/4：800 × 1/4 = 200 株。（評分要點：比例 2 分，株數 2 分）

2. 以基因型 Aa 的植株與 aa 的植株進行測交，共得 240 株後代。求兩種基因型的理論數目，並說明測交的用途。

答案：答案：Aa × aa 的後代基因型比例為 1:1，即 Aa 120 株、aa 120 株；測交用於判斷顯性表現型的個體是否為雜合子。（評分要點：比例與數目 2 分，用途 2 分）

3. 兩對獨立分配的基因進行雜交 AaBb × AaBb，共得 960 株後代。按 9:3:3:1 比例，求四種表現型的理論數目。

答案：答案：總份數 9 + 3 + 3 + 1 = 16，每份 960 ÷ 16 = 60 株，故四種表現型為 540、180、180、60 株。（評分要點：比例 2 分，四個數目 2 分）

4. 父親血型為 A 型（基因型 I^A i），母親為 B 型（I^B i）。求子女四種 ABO 血型各自的機率，並求 4 名子女全部為 O 型的機率。

答案：答案：四種血型 AB : A : B : O = 1:1:1:1，各佔 1/4；4 名子女全為 O 型的機率 = (1/4)^4 = 1/256，約 0.39%。（評分要點：四種血型 2 分，1/256 2 分）

第二部分：DNA 結構與半保留複製（16 分）

回答下列有關 DNA 結構與複製的問題，數值須列式計算。

5. 某雙股 DNA 分子共有 2000 個鹼基，其中腺嘌呤（A）佔 30%。求 A、T、G、C 各自的數目。

答案：答案：A = T = 2000 × 30% = 600 個；G = C = (2000 − 1200) ÷ 2 = 400 個。（評分要點：A 與 T 2 分，G 與 C 2 分）

6. 一段 DNA 雙螺旋共有 1200 個鹼基對，其中 A–T 鹼基對有 400 對，其餘為 G–C 對。求該段 DNA 的氫鍵總數。

答案：答案：G–C 對 = 1200 − 400 = 800 對；氫鍵 = 400 × 2 + 800 × 3 = 800 + 2400 = 3200 條。（評分要點：G–C 對數 2 分，氫鍵總數 2 分）

7. 一個 DNA 分子在細胞週期中連續複製 3 次。求產生的 DNA 分子數目，以及其中含有原有（舊）DNA 鏈的分子數目，並指出這結果支持的複製模式。

答案：答案：分子數 = 2^3 = 8 個；含舊鏈的分子有 2 個（每個子分子保留一條舊鏈）；此結果支持半保留複製模式。（評分要點：8 個 2 分，2 個與模式 2 分）

8. 一段 DNA 含 1200 個鹼基對，每個鹼基對沿螺旋上升 0.34 nm。求該段 DNA 的長度，並解釋 DNA 能儲存大量遺傳信息的原因。

答案：答案：長度 = 1200 × 0.34 = 408 nm；遺傳信息儲存在鹼基的排列次序，四種鹼基的可能組合數目極大，故能編碼大量信息。（評分要點：408 nm 2 分，解釋 2 分）

第三部分：轉錄、剪接與轉譯（18 分）

回答下列有關基因表現的問題，密碼子與反密碼子須按 5′ →3′ 方向書寫（另有指明者除外）。

9. 某基因的模板股序列為 3′ -TAC CGG AAT-5′ 。寫出對應的 mRNA 序列（5′ →3′ ），並寫出翻譯所得的氨基酸序列。

答案：答案：mRNA 為 5′ -AUG GCC UUA-3′ ；氨基酸序列為 甲硫氨酸 — 丙氨酸 — 亮氨酸（Met-Ala-Leu）。（評分要點：mRNA 3 分，氨基酸序列 2 分）

10. 一個由 150 個氨基酸組成的多肽。求編碼該多肽的 mRNA 編碼區最少的鹼基數目，以及計入終止密碼子後的鹼基數目。

答案：答案：每個氨基酸由 3 個鹼基編碼，150 × 3 = 450 個鹼基；加上 1 個終止密碼子（3 個鹼基）共 453 個鹼基。（評分要點：450 3 分，453 2 分）

11. 某基因全長 900 個鹼基對，其中外顯子共 660 個鹼基對，其餘為內含子。求經剪接後可翻譯出的氨基酸數目。

答案：答案：密碼子數目 = 660 ÷ 3 = 220 個；扣除 1 個終止密碼子，氨基酸 = 219 個。（評分要點：220 個密碼子 2 分，219 個氨基酸 2 分）

12. 某 mRNA 上的一個密碼子為 5′ -GCA-3′ 。寫出與其配對的 tRNA 反密碼子（以 3′ →5′ 書寫），並說明兩者的配對方向。

答案：答案：反密碼子為 3′ -CGU-5′ （若按 5′ →3′ 書寫則為 5′ -UGC-3′ ）；兩者以反平行方式配對，mRNA 的 5′ 端對 tRNA 的 3′ 端。（評分要點：序列 2 分，方向 2 分）

第四部分：基因突變與遺傳病（16 分）

回答下列有關突變與遺傳病的問題，答案須說明機制。

13. 某基因的編碼區中間插入了一個鹼基對。指出這屬於哪一類突變，並解釋它對蛋白質的影響通常比鹼基取代嚴重的原因。

答案：答案：屬於移碼突變；插入一個鹼基使插入點之後的閱讀框全部移位，其後所有密碼子改變，氨基酸序列大為不同，蛋白質通常失去功能；鹼基取代只影響一個密碼子。（評分要點：名稱 1 分，機制 2 分，比較 1 分）

14. 鐮刀型細胞貧血症患者的血紅蛋白基因中，密碼子由 GAG 變為 GUG。寫出氨基酸的變化，並解釋一個鹼基的改變如何影響紅細胞的形態。

答案：答案：GAG 編碼穀氨酸，GUG 編碼纈氨酸，故氨基酸由穀氨酸變為纈氨酸；血紅蛋白的結構與溶解度改變，在低氧時聚合，使紅細胞變成鐮刀形並容易破裂。（評分要點：氨基酸變化 2 分，機制 2 分）

15. 某基因每次複製的突變率約為 1/100000。若實驗中該基因共複製 1000000 次，預計出現突變的次數為何？並解釋突變率低但突變仍常見的原因。

答案：答案：預計突變次數 = 1000000 ÷ 100000 = 10 次；基因組鹼基數目龐大、細胞分裂次數多，故即使突變率低，個體與族群中的突變仍常見。（評分要點：10 次 2 分，解釋 2 分）

16. 某隱性遺傳病在族群中帶因者（雜合子）的比例為 1/25。求：(a) 兩名帶因者結婚，子女患病的機率；(b) 隨機選兩名個體，其子女患病的機率。

答案：答案：(a) 雜合 × 雜合，子女患病機率 = 1/4；(b) 兩人皆為帶因者的機率 = $(1/25)^2 = 1/625$，再乘 1/4 得 1/2500。（評分要點：(a) 2 分，(b) 2 分）

第五部分：PCR 與基因工程（18 分）

回答下列有關分子生物技術的問題，計算須列式。

17. 一個長 5000 bp 的質體上有兩個 EcoRI 切位，分別位於第 1200 及第 3600 個鹼基之後。求以 EcoRI 切割後三段 DNA 的長度，並說明限制酶在基因工程中的用途。

答案：答案：三段為 1200 bp、3600 − 1200 = 2400 bp、5000 − 3600 = 1400 bp，合計 5000 bp；限制酶辨認特定序列並切割 DNA，用於切出目標基因及切開載體。（評分要點：三段長度 3 分，用途 2 分）

18. 以聚合酶連鎖反應（PCR）把一段 DNA 擴增 20 個循環。假設每個循環效率為 100%，求擴增倍數（以 2 的次方及數值表示），並說明高溫步驟的作用。

答案：答案：倍數 = 2^{20} = 1048576 倍；高溫（約 95 °C）使雙股 DNA 變性、兩鏈分開，之後降溫讓引子結合，再由 DNA 聚合酶延伸。（評分要點：2^{20} 與數值 3 分，高溫作用 2 分）

19. 凝膠電泳分析經酶切的 DNA，得到 4000 bp、1500 bp 及 500 bp 三個片段。指出哪個片段移動最快、哪個最慢，並解釋原因。

答案：答案：500 bp 移動最快，4000 bp 最慢；凝膠形成網狀結構，片段越短越容易穿過孔隙，故遷移距離越長。（評分要點：快慢判斷 2 分，解釋 2 分）

20. 要把人類的胰島素基因放入細菌中生產胰島素，為何技術上要使用由 mRNA 反轉錄而成的 cDNA，而不用含內含子的基因組 DNA？

答案：答案：細菌沒有剪接機制，不能移除內含子；cDNA 已去除內含子，只含外顯子，故在細菌中可正確轉譯成有功能的多肽。（評分要點：細菌無剪接 2 分，cDNA 只含外顯子 2 分）

第六部分：遺傳數據分析與生物科技應用（16 分）

回答下列問題，遺傳比例須列式計算。

21. 兩隻長翅果蠅雜交，後代共 960 隻，其中長翅 720 隻、短翅 240 隻。求後代表現型比例，並推斷親本的基因型及顯隱性。

答案：答案：比例 720 : 240 = 3 : 1；親本皆為雜合子（Aa × Aa），長翅為顯性、短翅為隱性，後代基因型比例 1 AA : 2 Aa : 1 aa。（評分要點：比例 1 分，基因型 2 分，顯隱性 1 分）

22. 某族群中白化病（隱性）的發病率為 1/10000，且族群符合哈代—溫伯格平衡。求隱性等位基因頻率 q、顯性等位基因頻率 p，以及帶因者的比例。

答案：答案：$q^2 = 1/10000$，故 $q = 0.01$；$p = 1 - 0.01 = 0.99$；帶因者 $2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198$，約 1.98%（約每 50 人中有 1 名）。（評分要點：q 與 p 2 分，帶因者比例 2 分）

23. 人類單倍體基因組約有 3×10^9 個鹼基對，其中只有約 1.5% 編碼蛋白質。求編碼蛋白質的鹼基對數目，並指出非編碼序列的其中一項功能。

答案：答案：編碼鹼基對 $= 3 \times 10^9 \times 1.5\% = 4.5 \times 10^7$ 個；非編碼序列可調控基因表現（如啟動子、增強子），或轉錄成 rRNA、tRNA 等。（評分要點：4.5×10^7 2 分，功能 2 分）

24. 基因編輯技術（如 CRISPR）可精確修改生物基因組。舉出一項應用例子，並說明使用此技術時的一項風險或倫理限制。

答案：答案：應用例子：修正導致遺傳病的突變基因，或改良農作物的抗蟲性；風險或限制：可能出現脫靶效應而誤改其他基因，或修改生殖細胞基因會遺傳給後代，引發安全與倫理爭議。（評分要點：例子 2 分，風險或限制 2 分）

TutorZone 中六生物練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。