中六生物練習卷（第二份）：孟德爾遺傳與卡方檢定、Hardy – Weinberg 平衡、DNA 與蛋白質合成、酵素動力學、免疫與疫苗、生態系能量流動

中六　生物　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

甲部　孟德爾遺傳與卡方檢定（18 分）

假設各基因獨立分配、無連鎖、無致死基因，概率以最簡分數或三位有效數字表示。

1. Aa × Aa 自交，共得 800 株後代。求 (a) 顯性性狀、(b) 隱性性狀的預期數目。（6 分）
答案：分離比 3:1。(a) 顯性 = 800 × 3/4 = 600 株；(b) 隱性 = 800 × 1/4 = 200 株。

2. 測交 Aa × aa 得 400 株後代，求兩種表現型的預期數目。（4 分）
答案：測交分離比 1:1，各 = 400 ÷ 2 = 200 株（顯性 200 株、隱性 200 株）。

3. 雙基因雜交 AaBb × AaBb 得 1600 株後代，按 9:3:3:1 求四類表現型的預期數目。（4 分）
答案：1600 × 9/16 = 900；1600 × 3/16 = 300；1600 × 3/16 = 300；1600 × 1/16 = 100 株。

4. 若實際觀察數目為 890、310、290、110，用 $\chi^2 = \Sigma(O-E)^2/E$ 求卡方值（三位有效數字），並判斷是否符合 9:3:3:1（$\alpha = 0.05$ 的臨界值為 7.815）。（4 分）
答案：$\chi^2 = 100/900 + 100/300 + 100/300 + 100/100 = 1.778$；$1.778 < 7.815$，故不能拒絕虛無假設，觀察結果符合 9:3:3:1。

乙部　Hardy – Weinberg 平衡（18 分）

群體處於 Hardy – Weinberg 平衡，q 為隱性等位基因頻率，$p + q = 1$，帶因者為 $2pq$。

5. 某隱性遺傳病的發病率為 1/10000。求 q、p 及帶因者（雜合子）頻率（三位有效數字）。（6 分）
答案：$q^2 = 1/10000$，$q = 0.01$；$p = 1 - q = 0.99$；帶因者 $2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198$。

6. 若帶因者頻率為 1/25（即 0.04），解 $2q(1 - q) = 0.04$ 求 q（三位有效數字）。（4 分）
答案：$q^2 - q + 0.02 = 0$，$q = (1 - \sqrt{0.92})/2 = 0.02042$（另一根 0.98 為 p），故 $p = 0.9796$。

7. 承接上題，群體有 50,000 人，求發病者與帶因者的人數（四捨五入至整數）。（4 分）
答案：發病者 = $q^2 \times 50000 = 20.84 \approx 21$ 人；帶因者 = $0.04 \times 50000 = 2000$ 人。

8. 若所有發病者均不生育，一代之後 q 會增加、減少還是不變？並說明理由。（4 分）
答案：q 會減少。發病者為 qq 純合子，全部攜帶兩個 q 等位基因；他們被排除出繁殖群體，等於直接從基因庫移除 q 等位基因，故 q 下降（p 相應上升）。

丙部　DNA、基因表達與突變（16 分）

一個密碼子由 3 個鹼基組成並對應一個氨基酸；終止密碼子不編碼氨基酸。

9. 某基因的編碼區長 3000 個鹼基對，末端有一個終止密碼子。求 (a) mRNA 的密碼子數目、(b) 蛋白質的氨基酸數目。（4 分）
答案：(a) 3000 ÷ 3 = 1000 個密碼子；(b) 1000 − 1 = 999 個氨基酸（扣除終止密碼子）。

10. 承上題，若氨基酸平均分子量為 110 Da，求該蛋白質的近似分子量。（4 分）
答案：999 × 110 = 109,890 Da，即約 1.10×10^5 Da。

11. 某雙鏈 DNA 中腺嘌呤（A）佔全部鹼基的 30%。求鳥嘌呤（G）的百分比。（4 分）
答案：A = T = 30%，故 G + C = 100% − 60% = 40%，G = C = 20%。

12. 某雙鏈 DNA 有 1200 個鹼基對，A 佔 22%。求 G 的總數目。（4 分）
答案：總鹼基 = 1200 × 2 = 2400 個；G 佔 (100 − 44)/2 = 28%，G 數目 = 0.28 × 2400 = 672 個。

丁部　酵素動力學（16 分）

依 Michaelis–Menten 方程 $v = V_{max}[S] / (K_m + [S])$ 計算，速率單位為 μmol min^{-1}。

13. 某酵素的 V_{max} = 120 μmol min^{-1}、K_m = 5 mM。求受質濃度 [S] = 15 mM 時的初速率。（4 分）
答案：$v = 120 \times 15 / (5 + 15) = 90$ μmol min^{-1}。

14. 求 [S] = Km 時的速率，並說明這一點在動力學上的意義。（4 分）
答案：$v = 120 \times 5 / (5 + 5) = 60$ μmol min^{-1}，即 Vmax 的一半；此點顯示 Km 是達到半最大速率所需的受質濃度，可反映酵素對受質的親和力（Km 越小親和力越高）。

15. 求 [S] = 2 mM 時的初速率（三位有效數字）。（4 分）
答案：$v = 120 \times 2 / (5 + 2) = 34.29$ μmol min^{-1}。

16. Lineweaver–Burk 圖（1/v 對 1/[S]）的斜率為 0.0417 min μmol^{-1} mM、y 截距為 0.00833 min μmol^{-1}。求 Vmax 與 Km。（4 分）
答案：y 截距 = 1/Vmax，故 Vmax = 1/0.00833 = 120 μmol min^{-1}；斜率 = Km/Vmax，故 Km = 0.0417 × 120 = 5.01 mM。

戊部　免疫與疫苗（16 分）

群體免疫閾值 = 1 − 1/R0；疫苗效力 = (未接種組發病率 − 接種組發病率) ÷ 未接種組發病率 × 100%。

17. 某傳染病的 R0 = 12。求達致群體免疫所需的接種率百分比（一位小數）。（4 分）
答案：1 − 1/12 = 91.67%，即需約 91.7% 人口具免疫力。

18. 某疫苗試驗中，未接種組發病率為 8%，接種組為 1%。求疫苗效力。（4 分）
答案：(8% − 1%) ÷ 8% × 100% = 87.5%。

19. 某人接種後抗體效價為 1:40，經 4 次效價倍增後，最終效價是多少？（4 分）
答案：$40 \times 2^4 = 640$，即效價 1:640。

20. 說明二次免疫反應比初次反應更快、更強烈的兩項原因。（4 分）

答案：① 記憶 B 細胞數目遠多於初次反應前的初始 B 細胞，能迅速被抗原活化並增殖分化；② 記憶 B 細胞已進行類別轉換及親和力成熟，可更快產生高親和力的 IgG，加上記憶 T 輔助細胞迅速提供協助，故抗體濃度升得更快、峰值更高。

己部　生態系能量流動（16 分）

生產量單位為 kJ m⁻² yr⁻¹；生態效率指相鄰兩個營養級之間能量傳遞的百分比。

21. 某生態系的總初級生產量（GPP）為 45,000 kJ m⁻² yr⁻¹，呼吸作用消耗 20,000 kJ m⁻² yr⁻¹。求淨初級生產量（NPP）。（4 分）

答案：NPP = GPP − 呼吸作用 = 45,000 − 20,000 = 25,000 kJ m⁻² yr⁻¹。

22. 若初級消費者攝取 NPP 的 10%，求初級消費者的同化能量。（4 分）

答案：25,000 × 10% = 2,500 kJ m⁻² yr⁻¹。

23. 某食物鏈中三級消費者的淨生產量為 25 kJ m⁻² yr⁻¹，各級生態效率均為 10%。求初級消費者的淨生產量。（4 分）

答案：25 ÷ 0.1 ÷ 0.1 = 2,500 kJ m⁻² yr⁻¹（與上題結果一致，可見每升一級能量約減至十分一）。

24. 說明為何食物鏈通常不超過 5 個營養級的兩項理由。（4 分）

答案：① 能量每傳一級大量流失（呼吸作用、排泄、未被攝食部分），生態效率一般只有約 10%，高營養級可用能量不足以維持可繁殖的族群；② 能量與生物量隨營養級上升而遞減，頂級捕食者所能獲得的總能量太少，難以支持另一個更高營養級。
