# 中六組合科學練習卷（第二份）：放射性半衰期與核能、變壓器與輸電損耗、免疫與疫苗、遺傳與基因工程、生態演替與多樣性、科學探究與誤差（100 分）

年級：中六 ｜ 科目：組合科學 ｜ 時限：75 分鐘 ｜ 總分：100 分 ｜ 題數：24 ｜ 答案版

## 第一部分　放射性與核能（半衰期、活度、質能互換）（16 分）

**全部題目須列出公式、代入數字及計算步驟。**

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 1 | 某放射源初始活度為 640 Bq，半衰期 8 日。求 24 日後及 40 日後的活度（Bq）。 | 24 日 = 3 個半衰期，活度 = 640 ÷ $2^3$ = 80 Bq；40 日 = 5 個半衰期，活度 = 640 ÷ $2^5$ = 20 Bq。 | 4 |
| 2 | 某樣本經 32 日後活度降至原本的三十二分之一。求半衰期（日）。 | 1/32 = (1/2)^5，即經過 5 個半衰期；半衰期 = 32 ÷ 5 = 6.4 日。 | 4 |
| 3 | 一次核分裂的質量虧損為 $3.2 \times 10^{-28}$ 公斤。以 c = $3.0 \times 10^8$ 米每秒計算釋放能量（焦耳，三位有效數字）及（百萬電子伏 MeV，以 1 MeV = $1.602 \times 10^{-13}$ 焦耳）。 | $E = mc^2 = 3.2\times10^{-28} \times (3.0\times10^8)^2$ = 2.88e-11 焦耳；換算 = 2.88e-11 ÷ $1.602\times10^{-13}$ = 180 MeV。 | 4 |
| 4 | 1.0 克鈾-235 全部發生核分裂（每核釋放 $2.88 \times 10^{-11}$ 焦耳，摩爾質量 235 克每摩爾，亞佛加德羅常數 $6.022 \times 10^{23}$）。求釋放總能量（焦耳），並換算等於燃燒多少公斤煤（煤的燃燒熱 30 兆焦耳每公斤），以噸表示。 | 核數 = (1.0 ÷ 235) × $6.022\times10^{23}$ = 2.563e+21；總能量 = 2.563e+21 × $2.88\times10^{-11}$ = 7.380e+10 焦耳；等於煤 7.380e+10 ÷ $3.0\times10^7$ = 2460 公斤 = 2.46 噸。 | 4 |

## 第二部分　電磁感應與變壓器（匝數比、效率、輸電損耗）（16 分）

**數值答案須寫出單位，並按題目要求取有效數字。**

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 5 | 一變壓器初級線圈 1200 匝、次級 60 匝，初級電壓 220 V。求次級電壓（V）。 | $V_2 \div V_1 = N_2 \div N_1$，$V_2$ = 220 × 60 ÷ 1200 = 11 V。 | 4 |
| 6 | 上述變壓器次級電流 5.0 A、效率 95%。求輸出功率（W）、輸入功率（W，三位有效數字）及初級電流（A，三位有效數字）。 | 輸出功率 = 11 × 5.0 = 55 W；輸入功率 = 55 ÷ 0.95 = 57.9 W；初級電流 = 57.9 ÷ 220 = 0.263 A。 | 4 |
| 7 | 輸電電纜總電阻 0.5 Ω，輸送電流 20 A。求電纜損耗功率（W）。若輸出功率不變而輸電電壓提高 10 倍，求新電流（A）及新損耗功率（W），並求損耗減少的倍數。 | 損耗 = $I^2R = 20^2 \times 0.5$ = 200 W；電壓升 10 倍則電流 = 2 A，損耗 = $2^2 \times 0.5$ = 2 W；減少 100 倍（即原來的 1%）。 | 4 |
| 8 | 一線圈 200 匝，所圍磁通在 0.05 秒內由 0.002 Wb 均勻增至 0.008 Wb。求感應電動勢（V）。若線圈電阻 8 Ω，求感應電流（A，二位有效數字）。 | EMF = N $\Delta\Phi/\Delta t$ = 200 × (0.008 – 0.002) ÷ 0.05 = 24 V；電流 = 24 ÷ 8 = 3.0 A（二位有效數字 3.0 A）。 | 4 |

## 第三部分　免疫與疫苗（效價、群體免疫、疫苗 efficacy）（17 分）

須寫出所用公式及假設，並說明計算結果的意義。

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 9 | 某血清樣本以 1:80 開始，再連續做 5 次 1:2 倍比稀釋。求最終稀釋倍數。 | 每次稀釋 ×2，共 5 次 = $2^5$ = 32；最終倍數 = 80 × 32 = 2560。 | 4 |
| 10 | 某傳染病的基礎再生數 $R_0 = 6$。求群體免疫所需接種百分比（一位小數）；若人口 750 萬，求需接種人數。若 $R_0$ 降至 3，求新的接種百分比（一位小數）。 | 接種比例 = $1 - 1/R_0 = 1 - 1/6 = 83.3\%$；人數 = 750 萬 × 0.8333 = 6.25 百萬；$R_0 = 3$ 時 = $1 - 1/3 = 66.7\%$。 | 4 |
| 11 | 某疫苗試驗：未接種組發病率 4.0%，接種組 0.8%。求相對風險（小數）及疫苗效力（百分比）。 | 相對風險 = 0.8 ÷ 4.0 = 0.2；疫苗效力 = (1 − 0.2) × 100 = 80%，即接種組發病風險降低 80%。 | 4 |
| 12 | 某抗體在血液中的半衰期為 21 日。接種後抗體濃度為 1200 單位／毫升。求 84 日後的濃度（單位／毫升），並解釋為何數月後需要加強劑（5 分）。 | 84 ÷ 21 = 4 個半衰期；濃度 = 1200 ÷ 2^4 = 75 單位／毫升。抗體濃度持續下降，低於保護水平後記憶 B 細胞需再次受抗原刺激才大量分泌抗體，故需加強劑。 | 5 |

## 第四部分　遺傳與基因工程（遺傳機率、PCR、凝膠電泳）（17 分）

機率與比例答案可用分數、小數或百分比表示，但要前後一致。

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 13 | 兩名都是帶病基因攜帶者（Aa × Aa）計劃生育。求子女患病的機率；若他們有 3 名子女，求 3 名全部正常的機率（百分比，一位小數）。 | 單基因雜交 Aa × Aa 得 1 AA : 2 Aa : 1 aa，患病（aa）= 1/4 = 25%；3 名全正常 = $(3/4)^3 = 0.4219$ = 42.2%。 | 4 |
| 14 | 某 X 連鎖隱性病的母親為攜帶者（$X^AX^a$），父親正常（$X^AY$）。分別求兒子及女兒患病的機率，並解釋女兒的情況。 | 兒子得母親的 $X^a$ 即患病（Y 無對應等位基因），機率 = 1/2；女兒必得父親的 $X^A$，故患病機率 = 0，但其中 1/2 為攜帶者（$X^AX^a$），不會發病。 | 4 |
| 15 | PCR 由 10 份起始 DNA 開始，每個循環倍增。求 30 個循環後的 DNA 份數（三位有效數字），並說明為何 40 個循環後再倍增對實務意義不大。 | 份數 = $10 \times 2^{30}$ = 1.074e+10 份（3 位有效數字 $1.07\times10^{10}$）。40 個循環已達 $10 \times 2^{40}$ = 1.100e+13 份，受引子、dNTP 及聚合酶耗盡與平台期限制，再倍增在實務上不可得。 | 4 |
| 16 | 凝膠電泳中，100 bp 片段遷移 60 毫米，1000 bp 片段遷移 20 毫米（遷移距離與 $\log_{10}$ 分子大小成線性）。求 600 bp 片段的遷移距離（毫米，三位有效數字），並說明如何用此法判斷 PCR 產物是否正確（5 分）。 | 斜率 = (60 − 20) ÷ (3 − 2) = 40 毫米／每 log 單位；$\log_{10}600 = 2.778$，距離 = 60 − 40 × 0.778 = 28.9 毫米。把 PCR 產物與 DNA ladder 同泳道比較，若條帶位置與預期大小相同即證實產物正確；若出現額外條帶表示非特異性擴增。 | 5 |

## 第五部分　生態演替與多樣性（能量流、標記重捕、多樣性指數）（17 分）

生態與多樣性題須寫出指數公式，並比較兩組數據。

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 17 | 某生態系統生產者固定能量 45000 kJ，初級消費者 4500 kJ，次級消費者 450 kJ，三級消費者 45 kJ。求每一級的傳遞效率，並說明其意義。 | 每級效率 = 4500/45000 = 450/4500 = 45/450 = 10%。即約九成能量以呼吸、排泄及未食用部分流失，故食物鏈一般只有 4 至 5 級。 | 4 |
| 18 | 以林肯指數估算族群：首次捕捉標記 80 隻放回，第二次捕捉 60 隻，其中 12 隻有標記。求族群估計數量，並指出一個令估計偏高的因素。 | $N = (M \times n) \div m = (80 \times 60) \div 12 = 400$ 隻。若標記影響活動（令標記個體更易再被捕獲），m 偏大，N 會偏低；若標記脫落令 m 偏小，則 N 偏高。 | 4 |
| 19 | 兩塊樣地面積相同。樣地甲：物種 A 50 隻、B 30 隻、C 20 隻；樣地乙：A 80 隻、B 10 隻、C 10 隻。用辛普森多樣性指數 $D = 1 - \Sigma(n/N)^2$ 求兩地 D 值（二位小數），並判斷哪塊樣地多樣性較高。 | 樣地甲：$\Sigma(n/N)^2 = 0.5^2 + 0.3^2 + 0.2^2 = 0.38$，$D = 1 - 0.38 = 0.62$；樣地乙：$0.8^2 + 0.1^2 + 0.1^2 = 0.66$，$D = 0.34$。樣地甲 D 值較高，多樣性較高（個體分佈較均勻）。 | 4 |
| 20 | 某地演替調查記錄：0 年 3 種、10 年 9 種、50 年 18 種、100 年 22 種。求各時段物種數的平均變化率（種／年），指出變化最快的時段，並解釋原因（5 分）。 | 0–10 年 = (9–3)÷10 = 0.60；10–50 年 = (18–9)÷40 = 0.225；50–100 年 = (22–18)÷50 = 0.080 種／年。最快為 0–10 年（0.60 種／年）：裸地受擾動後先鋒草本與苔蘚迅速入侵，物種數急升；10 年後競爭與遮蔭加強，增速明顯放緩。 | 5 |

## 第六部分　科學探究與誤差（不確定度合成、有效數字、信度）（17 分）

**誤差題須先寫出百分比誤差或合成公式，再給最終不確定度。**

| # | 題目 | 答案 | 分數 |
|---|---|---|---|
| 21 | 一長度量度為 12.4 cm，儀器不確定度 ±0.05 cm。求百分比誤差（%，二位有效數字）。 | 百分比誤差 = $0.05 \div 12.4 \times 100 = 0.403\% \approx 0.40\%$（0.40%）。 | 4 |
| 22 | 質量 45.2 ± 0.1 克，體積 18.0 ± 0.2 立方厘米。求密度（克每立方厘米，三位有效數字）及其百分比不確定度與絕對不確定度。 | 密度 = $45.2 \div 18.0 = 2.511$ 克每立方厘米；百分比不確定度 = $0.221\% + 1.111\% = 1.33\%$；絕對不確定度 = $2.511 \times 1.33\% = 0.033$，故 $\rho = 2.51 \pm 0.03$ 克每立方厘米。 | 4 |
| 23 | 實驗以彈簧測力：伸長 0.02 m 時力 0.98 N、0.04 m 時 1.96 N、0.06 m 時 2.94 N、0.08 m 時 3.92 N。求彈簧常數（N/m），並說明這些數據如何支持虎克定律。 | 斜率 $k = (3.92 - 0.98) \div (0.08 - 0.02) = 2.94 \div 0.06 = 49$ N/m；四點連線成直線且通過原點附近（力／伸長每點均為 49 N/m），即力與伸長成正比，符合虎克定律 $F = ke$。 | 4 |
| 24 | 某長度真值 5.10 cm，四次量度為 5.02、5.04、5.01、5.03 cm。求平均值、樣本標準差（cm，三位有效數字）、與真值的百分比差異，並評論準確度與精密度（5 分）。 | 平均值 = 5.025 cm；標準差 = 0.0129 ≈ 0.013 cm；百分比差異 = $(5.10 - 5.025) \div 5.10 \times 100 = 1.47\%$。四次讀數非常接近（標準差僅 0.013 cm），精密度高；但平均值偏低 1.47%，顯示存在系統誤差（如零點誤差），準確度不足，需校正儀器。 | 5 |