中六物理練習卷：放射現象、半衰期與核能

中六（S6）　物理　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：放射線的性質與核衰變方程

α、β、γ 射線與衰變方程

1. 解釋 α、β、γ 三種放射線的本質，並比較它們的電荷、穿透本領與電離本領。

答案：（a）α 射線是氦核，即兩個質子與兩個中子，帶正電（3 分）。（b）β 射線是高速電子，帶負電（2 分）。（c）γ 射線是高頻電磁波，不帶電（1 分）。（d）穿透本領由小至大為 α、β、γ，電離本領則由大至小（2 分）。

2. 鐳-226（質量數 226、原子序 88）放出一個 α 粒子。寫出核反應方程，並指出子核的質量數與原子序。

答案：（a）方程為 Ra-226 → Rn-222 + He-4（3 分）。（b）質量數由 226 減至 222（2 分）。（c）原子序由 88 減至 86，子核變成氡（2 分）。（d）方程兩邊的質量數與電荷均守恆（1 分）。

3. 碳-14 進行 β 衰變生成氮-14。寫出核反應方程，並解釋為何 β 衰變中質量數不變。

答案：（a）方程為 C-14 → N-14 + 電子（3 分）。（b）β 衰變時核內一個中子轉變為質子，同時放出電子（2 分）。（c）質子數由 6 增至 7，原子序加一（2 分）。（d）核子總數不變，故質量數維持 14（1 分）。

4. 某放射源的淨計數率初時為 8000 Bq，半衰期為 5 年。求（a）10 年後（b）20 年後的淨計數率。

答案：（a）10 年等於 2 個半衰期（2 分），計數率為 8000 ÷ 4 = 2000 Bq（2 分）。（b）20 年等於 4 個半衰期（2 分），計數率為 8000 ÷ 16 = 500 Bq（2 分）。

乙部：半衰期、定年與輻射防護

半衰期計算、碳-14 定年與背景輻射

5. 某放射源的計數率在 40 日後降至原來的 1/16。求該核素的半衰期。

答案：（a）$1/16 = (1/2)^4$，即經過 4 個半衰期（3 分）。（b）4 個半衰期共 40 日（2 分）。（c）半衰期 = 40 ÷ 4 = 10 日（3 分）。

6. 一塊古木樣本的碳-14 活性為現代活木的 1/8。已知碳-14 的半衰期為 5730 年，求該樣本的年齡，並說明此定年法的一項假設。

答案：（a）$1/8 = (1/2)^3$，即經過 3 個半衰期（3 分）。（b）年齡 = 3 × 5730 = 17190 年（4 分）。（c）假設大氣中碳-14 的比例在樣本存活期間保持不變，樣本亦無碳交換（3 分）。

7. 實驗測得某樣本每分鐘 400 次計數，背景輻射為每分鐘 40 次。求樣本的淨計數率，並解釋為何計數須重複多次。

答案：（a）淨計數率 = 400 − 40 = 360 次/分鐘（3 分）。（b）放射性衰變屬隨機過程，單次計數的波動較大（3 分）。（c）重複多次並取平均值可減小隨機誤差（2 分）。

8. 鈾-235 吸收一個中子後發生裂變：U-235 + n → Ba-141 + Kr-92 + 3n。（a）驗證方程兩邊的質量數與原子序守恆。（b）每次裂變的質量虧損為 0.215 u，1 u 相當於 931 MeV，求釋放的能量（以 MeV 及 J 表示）。

答案：（a）質量數：左邊 235 + 1 = 236，右邊 141 + 92 + 3 = 236（2 分）；原子序：92 = 56 + 36，兩邊守恆（2 分）。（b）能量 = 0.215 × 931 = 200 MeV（3 分）。（c）200 MeV = 2.0×10^{8} × 1.6×10^{-19} J = 3.2×10^{-11} J（3 分）。

丙部：核裂變、核融合與核能應用

質量虧損、反應堆與放射性廢料

9. 太陽內部四個氫核結合為一個氦核，質量虧損為 0.0287 u。求每次反應釋放的能量（以 MeV 表示），並指出這類反應的名稱。

答案：（a）能量 = 0.0287 × 931 = 26.7 MeV，取三位有效數字（4 分）。（b）此反應稱為核融合（2 分）。（c）融合須在極高溫高壓下進行，以克服質子間的靜電斥力（2 分）。

10. 解釋核反應堆中（a）連鎖反應（b）控制棒（c）慢化劑的作用。

答案：（a）每次裂變放出的中子再引發其他鈾核裂變，使反應持續進行，稱為連鎖反應（3 分）。（b）控制棒吸收中子，調節中子數目以控制反應速率（3 分）。（c）慢化劑使快中子減速為熱中子，提高引發鈾-235 裂變的機會（2 分）。

11. 舉出放射性同位素的兩項應用，並說明使用放射源時的三項防護原則。

答案：（a）鈷-60 用於癌症放射治療，鎇-241 用於煙霧探測器，銥-192 用於工業焊縫探傷（任答兩項）（2 分）。（b）縮短接觸時間（2 分）。（c）增加與放射源的距離（2 分）。（d）使用鉛或混凝土等屏蔽（2 分）。

12. 比較核裂變發電與燃煤發電的兩項優點與一項缺點，並簡述高放射性廢料的處理方法。

答案：（a）核電不排放二氧化碳及二氧化硫，空氣污染物較少（2 分）。（b）每單位質量燃料釋放的能量遠高於煤，燃料用量少（2 分）。（c）缺點是產生高放射性廢料，反應堆意外後果嚴重（2 分）。（d）廢料先於水池冷卻貯存，再經玻璃化後封存於深層地質處置庫（2 分）。
