中六物理練習卷：放射現象、半衰期與核能

中六　物理　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

第 1 題 半衰期與衰變常數（14 分）

某放射性核素的半衰期為 5.0 日，樣本原有活度 8.0 x 10^5 Bq。回答下列各項。

1. 求該核素的衰變常數，分別以每日及每秒表示。

答案：答案：衰變常數 = ln2 / 半衰期 = 0.693 / 5.0 = 0.139 每日；換算成每秒為 0.1386 / 86400 = 1.60 x 10^-6 每秒。（評分要點：公式 1 分，每日值 1 分，換算 1 分，單位 1 分）

2. 求經過 15.0 日後仍未衰變的原子所佔的比例。

答案：答案：15.0 日等於 3 個半衰期，餘下比例 = (1/2)^3 = 1/8 = 0.125，即 12.5%。（評分要點：算得半衰期數目 1 分，指數式 1 分，答案 1 分）

3. 求 15.0 日後該樣本的活度。

答案：答案：活度與未衰變原子數成正比，故 A = 8.0 x 10^5 x 0.125 = 1.0 x 10^5 Bq。（評分要點：比例推算 2 分，代入 1 分，答案連單位 1 分）

4. 活度降至原有的 1/16 需要多少日？

答案：答案：1/16 = (1/2)^4，需要 4 個半衰期，即 4 x 5.0 = 20.0 日。（評分要點：指數式 1 分，半衰期數目 1 分，答案連單位 1 分）

第 2 題 衰變方程與核素變化（16 分）

以下各項涉及 α、β 及 γ 放射。質量數與原子序的記法為上標質量數、下標原子序。回答下列各項。

5. 鐳 226（質量數 226、原子序 88）放出一個 α 粒子。寫出子核的質量數與原子序，並寫出核反應式。

答案：答案：α 粒子即氦 4（質量數 4、原子序 2），故子核質量數 226 - 4 = 222、原子序 88 - 2 = 86，即氡 222。核反應式：鐳 226 變成氡 222 加氦 4。（評分要點：α 粒子質量數與原子序 1 分，子核質量數 1 分，子核原子序 1 分，方程式平衡 1 分）

6. 碳 14（質量數 14、原子序 6）進行 β 負衰變。求產物的質量數與原子序，並說明質量數為何不變。

答案：答案：產物為氮 14，原子序 7、質量數 14。β 負衰變中，核內一個中子變成質子並放出電子和反微中子，核子總數不變，故質量數不變而原子序增加 1。（評分要點：產物 2 分，中子轉質子 1 分，質量數不變理由 1 分）

7. 某核素先放出一個 α 粒子，再連續放出兩個 β 負粒子。求原子序與質量數的淨變化。

答案：答案：原子序淨變化 = -2 + 1 + 1 = 0；質量數淨變化 = -4。即最終子核與原核原子序相同，質量數少 4。（評分要點：α 的變化 1 分，兩個 β 的變化 1 分，兩個淨值各 1 分）

8. γ 射線的發射如何影響原子序與質量數？為何 γ 發射常伴隨 α 或 β 衰變出現？

答案：答案：γ 發射不改變原子序與質量數。α 或 β 衰變後，子核常處於激發態，多餘能量以 γ 光子形式釋放，子核回到較低能態。（評分要點：兩項不變 2 分，激發態解釋 1 分，能量釋放 1 分）

第 3 題 質量虧損、結合能與穩定性（18 分）

某核的質量數為 56，質量虧損為 0.5284 u。已知 1 u 相當於 931.5 MeV，1 MeV 相當於 1.602 x 10^-13 J。回答下列各項。

9. 求該核的結合能，以 MeV 表示。

答案：答案：結合能 = 質量虧損 x 931.5 = 0.5284 x 931.5 = 492.2 MeV。（評分要點：公式 2 分，代入 1 分，數值 1 分，單位 1 分）

10. 求每核子的結合能。

答案：答案：每核子結合能 = 492.2 / 56 = 8.79 MeV。（評分要點：除以質量數 2 分，數值 1 分，單位 1 分）

11. 把該核的結合能換算成焦耳。

答案：答案：492.2 x 1.602 x 10^-13 = 7.89 x 10^-11 J。（評分要點：換算因數 1 分，乘法 2 分，有效數字與單位 1 分）

12. 鈾 238 的每核子結合能約為 7.57 MeV。比較該核與鈾 238，哪一個較穩定？說明理由。

答案：答案：質量數 56 的核較穩定。其每核子結合能 8.79 MeV 高於鈾 238 的 7.57 MeV，核子被束縛得更緊，要把它們分開需要更多能量。（評分要點：結論 1 分，數據比較 2 分，束縛解釋 2 分）

第 4 題 背景計數與統計不確定度（16 分）

在沒有樣本時，計數器在 100 秒內錄得 40 次計數。放上樣本後，計數器在 200 秒內錄得 1240 次計數（已包括背景）。回答下列各項。

13. 求背景計數率。

答案：答案：背景計數率 = 40 / 100 = 0.40 每秒。（評分要點：除法 2 分，數值 1 分，單位 1 分）

14. 求樣本的淨計數率。

答案：答案：樣本連背景的計數率 = 1240 / 200 = 6.20 每秒；扣除背景後淨計數率 = 6.20 - 0.40 = 5.80 每秒。（評分要點：原始計數率 2 分，扣背景 1 分，答案連單位 1 分）

15. 以樣本計數的平方根估計其統計不確定度，並以每秒表示。

答案：答案：計數的標準差約為 根號1240 = 35.2；換算成每秒為 35.2 / 200 = 0.18 每秒。故淨計數率可寫成 5.80 加減 0.18 每秒。（評分要點：平方根 1 分，除以時間 2 分，結果 1 分）

16. 若三日後再測，該核素的半衰期為 1 日，預期淨計數率為何？並解釋為何單次測量的結果會有起伏。

答案：答案：三日等於 3 個半衰期，預期淨計數率 = 5.80 / 8 = 0.73 每秒。放射性衰變是隨機過程，每個時間間隔內衰變的原子數目並非固定，故單次計數會偏離期望值，需以多次測量或較長時間降低不確定度。（評分要點：除法 2 分，數值 1 分，隨機性解釋 1 分）

第 5 題 核裂變反應堆的功率與燃料（18 分）

某核反應堆以鈾 235 裂變發電，每次裂變放出約 200 MeV 能量。反應堆的電功率為 600 MW，整體效率為 33%。已知亞佛加德羅常數為 6.02 x 10^23 每摩爾，鈾 235 的摩爾質量為 235 g/mol。回答下列各項。

17. 求每次裂變放出的能量，以焦耳表示。

答案：答案：200 MeV x 1.602 x 10^-13 J/MeV = 3.20 x 10^-11 J。（評分要點：換算因數 2 分，乘法 2 分，有效數字與單位 1 分）

18. 求反應堆的熱功率。

答案：答案：熱功率 = 電功率 / 效率 = 600 MW / 0.33 = 1.82 x 10^9 W，即約 1.8 GW。（評分要點：公式 2 分，數值 1 分，單位 1 分）

19. 求反應堆每秒的裂變次數。

答案：答案：每秒裂變次數 = 熱功率 / 每次能量 = 1.82 x 10^9 / 3.20 x 10^-11 = 5.7 x 10^19 次。（評分要點：除法 2 分，數值與數量級 2 分）

20. 若反應堆連續運行 1 日，求消耗的鈾 235 質量，以千克表示。

答案：答案：一日裂變次數 = 5.7 x 10^19 x 86400 = 4.9 x 10^24；摩爾數 = 4.9 x 10^24 / 6.02 x 10^23 = 8.1 mol；質量 = 8.1 x 235 = 1900 g，即約 1.9 kg。（評分要點：一日次數 1 分，摩爾數 1 分，質量 2 分，單位換算 1 分）

第 6 題 等效劑量與輻射屏蔽（18 分）

一名工作人員吸收 0.40 mGy 的 α 輻射，α 輻射的輻射加權因數為 20。另一方面，鉛對某 γ 射線的半值層厚度為 4.0 mm。回答下列各項。

21. 求該工作人員的等效劑量，以 mSv 表示。

答案：答案：等效劑量 = 吸收劑量 x 加權因數 = 0.40 mGy x 20 = 8.0 mSv。（評分要點：公式 2 分，代入 1 分，數值 1 分，單位 1 分）

22. 求穿過 12.0 mm 鉛後，γ 強度佔入射強度的比例。

答案：答案：12.0 mm 等於 3 個半值層，比例 = (1/2)^3 = 1/8 = 0.125，即 12.5%。（評分要點：層數 2 分，指數式 1 分，比例 1 分）

23. 若入射計數率為 640 每秒，求穿過 12.0 mm 鉛後的計數率。

答案：答案：計數率 = 640 x 0.125 = 80 每秒。（評分要點：使用比例 2 分，數值 1 分，單位 1 分）

24. 為何 α 放射源一旦吸入或吞入體內會特別危險，但在體外時風險相對較低？

答案：答案：α 粒子射程極短但游離本領強，在體外時皮膚角質層或一張紙已能阻擋，能量不會到達活組織；吸入或吞入後，α 粒子直接近距離照射呼吸道或消化道細胞，游離密度高，對細胞造成較大損傷。（評分要點：體外阻擋 2 分，近距離照射 2 分，游離密度 1 分）

TutorZone 中六物理練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。