# 中六物理練習卷：原子物理、核能與放射現象

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

## 甲部：光子、光電效應與原子模型（24 分）

每題 6 分，須列式或說明推理。

**1. 某金屬的功函數為 2.3 eV，以波長 400 nm 的單色光照射。取 hc = 1240 eV · nm。(a) 求每個光子的能量；(b) 求光電子的最大動能；(c) 求截止電壓。**

答案：(a) E = hc/λ = 1240/400 = 3.10 eV。(b) KEmax = E − W = 3.10 − 2.3 = 0.80 eV。(c) 截止電壓 Vs = KEmax/e = 0.80 V。評分要點：三個數值各 1 分；說明最大動能只取決於光頻率而與光強無關（2 分）；單位正確（1 分）。

**2. 承上題，求該金屬的截止波長 λ0 與截止頻率 f0，並判斷 400 nm 的光能否產生光電子。**

答案：λ0 = hc/W = 1240/2.3 = 539 nm；f0 = c/λ0 = 5.56e+14 Hz ≈ 5.6×10^14 Hz。因 400 nm 短於 λ0，光子能量大於功函數，故可產生光電子。評分要點：λ0 2 分；f0 2 分；比較與結論 2 分。

**3. 某放射源的初始活性為 6400 Bq，半衰期 8 天。求 24 天後的活性，並說明活性與未衰變核數的關係。**

答案：(a) 24 天 = 3 個半衰期，A = A0/2^n = 6400/2^3 = 6400/8 = 800 Bq。(b) 活性與當時未衰變的核數成正比（A = λN），故衰變規律與核數相同。評分要點：半衰期數 2 分；除法運算 2 分；A = λN 關係 2 分。

**4. 一件木製文物的碳-14 含量為活體的 1/8。已知碳-14 半衰期 5730 年，估算該文物的年齡（取一位小數的數量級）。**

答案：1/8 = 1/2³，即經歷 3 個半衰期。年齡 = 3 × 5730 = 17,190 年 ≈ 1.7×10^4 年。評分要點：由比值判斷 3 個半衰期（3 分）；乘法（2 分）；有效數字與單位（1 分）。

## 乙部：放射性衰變、探測與輻射防護（36 分）

每題 9 分，注意題目各部分的配分。

**5. 氫原子的能階為 $E_n = -13.6/n^2$ eV。求電子由 n = 3 躍遷至 n = 2 時放出光子的能量與波長，並指出所屬譜系。**

答案：E3 = −13.6/3² = -1.51 eV，E2 = −13.6/2² = -3.40 eV。ΔE = E3 − E2 = 1.89 eV。λ = hc/ΔE = 1240/1.89 = 656 nm，屬巴耳末系，為可見紅光。評分要點：兩個能階各 1.5 分；ΔE 2 分；波長 2 分；譜系與顏色 2 分。

**6. 某原子核的質量虧損為 0.0304 u（1 u = 931.5 MeV）。求其結合能；若該核含 2 個核子，求每核子的結合能。**

答案：結合能 = Δm × 931.5 = 0.0304 × 931.5 = 28.3 MeV。每核子結合能 = 28.3/2 = 14.2 MeV。評分要點：換算常數 2 分；乘積 3 分；每核子 2 分；說明結合能代表把核完全分開所需能量（2 分）。

**7. 鈾-235 每次分裂放出約 200 MeV 能量。求 1.0 kg 鈾-235 完全分裂所放出的總能量（以 J 表示）。**

答案：核數 N = (1000/235) × 6.02e+23 = 2.56e+24 個。E = N × 200 MeV = 5.12e+26 MeV = 8.2e+13 J ≈ 8×10^13 J。評分要點：莫耳換算 3 分；核數 2 分；MeV→J 換算（1 MeV = 1.6×10^-13 J）2 分；數量級與單位 2 分。

**8. 電子經 2000 V 電位差加速後，求其德布羅意波長（電子質量 9.11e-31 kg，電子電荷 1.6e-19 C）。**

答案：p = √(2meV) = √(2 × 9.11e-31 × 1.6e-19 × 2000) = 2.41e-23 kg · m/s。λ = h/p = 6.63×10^-34 / 2.41e-23 = 2.75e-11 m ≈ 2.7×10^-11 m。評分要點：動能與動量關係 3 分；代入計算 2 分；波長 2 分；單位與有效數字 2 分。

## 丙部：核能、質量虧損與核融合（40 分）

**每題 10 分，須作完整解釋或評估。**

**9. 某樣本最初有 8.0e+20 個放射性核，半衰期 5 天。(a) 求 20 天後餘下的核數；(b) 說明為何 ln N 對時間 t 的圖象是直線。**

答案：(a) 20 天 = 4 個半衰期，N = N0/2^4 = 8.0e+20/16 = 5.0e+19 個核。(b) 放射性衰變是隨機過程，dN/dt = −λN，積分得 N = N0 e^(−λt)，故 ln N = ln N0 − λt，對 t 為直線，斜率為 −λ。評分要點：半衰期數 2 分；除 16 運算 3 分；指數規律解釋 3 分；直線與斜率描述 2 分。

**10. 某計數管量得某樣本加本底的計數率為 320 min⁻¹，而本底為 20 min⁻¹；樣本半衰期 8 天。求 16 天後計數管的讀數。**

答案：淨計數率 = 320 − 20 = 300 min⁻¹。16 天 = 2 個半衰期，淨計數率 = 300/4 = 75 min⁻¹。計數管讀數 = 75 + 20 = 95 min⁻¹。評分要點：先扣本底 3 分；兩個半衰期 3 分；再加回本底 2 分；本底來源（宇宙射線、天然放射性）2 分。

**11. 人體組織（質量 0.50 kg）吸收 3.0 mJ 的 α 粒子能量。求吸收劑量與等效劑量（α 的輻射加權因數 wR = 20）。**

答案：吸收劑量 D = E/m = 3.0e-03/0.50 = 0.006 Gy = 6.0 mGy。等效劑量 H = wR × D = 20 × 0.006 = 0.12 Sv = 120 mSv。評分要點：D 3 分；H 3 分；說明 α 粒子 LET 高、生物破壞力強 2 分；單位換算 2 分。

**12. 氘氚核融合反應放出 17.6 MeV。求 (a) 寫出反應式並解釋為何需要極高溫度；(b) 求質量虧損；(c) 求 1.0 g 等莫耳氘氚混合物完全融合所放出的能量。**

答案：(a) ²H + ³H → ⁴He + n + 17.6 MeV；帶正電的核需克服庫侖斥力，故要極高溫（~10^8 K）才有足夠動能靠近。(b) Δm = 17.6/931.5 = 0.0189 u。(c) 等莫耳 5.0 g 混合物 = 1 mol 反應，1.0 g 含 1.20e+23 對；E = 1.20e+23 × 17.6 MeV = 3.4e+11 J ≈ 3.4×10^11 J。評分要點：方程式 2 分；高溫理由 2 分；Δm 2 分；每對能量與總能量 4 分。

---