中六物理練習卷｜光電效應、半衰期、RC 電路、衛星軌道、都卜勒效應、能階光譜

中六　物理　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 24 題

第一題：光電效應（18 分）

光電效應

1. (a) 以波長 400 nm 的光照射金屬表面，該金屬的功函數為 2.20 eV。已知普朗克常數 6.63 × 10⁻³⁴ J s、光速 3.00 × 10⁸ m s⁻¹、1 eV = 1.60 × 10⁻¹⁹ J，求入射光的頻率、光子能量（以 J 及 eV 表示）及光電子的最大動能。

答案：頻率 f = c / λ = 3.00 × 10⁸ ÷ 400 × 10⁻⁹ = 7.5 × 10¹⁴ Hz。光子能量 E = hf = 6.63 × 10⁻³⁴ × 7.5 × 10¹⁴ = 4.97 × 10⁻¹⁹ J = 3.11 eV。功函數 = 2.20 × 1.60 × 10⁻¹⁹ = 3.52 × 10⁻¹⁹ J。最大動能 = 4.9725 × 10⁻¹⁹ − 3.52 × 10⁻¹⁹ = 1.45 × 10⁻¹⁹ J = 0.908 eV。

2. (b) 求該金屬的截止波長（臨界波長），並說明波長較長的光為何不能產生光電子。

答案：截止波長 λ₀ = hc / φ = (6.63 × 10⁻³⁴ × 3.00 × 10⁸) ÷ 3.52 × 10⁻¹⁹ = 5.65 × 10⁻⁷ m ≈ 565 nm。波長較長即光子能量低於功函數，單一光子無法提供足夠能量脫出電子，故無論光多強都不會有光電子。

3. (c) 求遏止電壓（截止電壓）。若入射光強度加倍而波長不變，遏止電壓會怎樣改變？

答案：遏止電壓 V_s = 最大動能 ÷ e = 1.45 × 10⁻¹⁹ ÷ 1.60 × 10⁻¹⁹ = 0.908 V。遏止電壓只取決於光子能量與功函數（即頻率），與強度無關，所以維持 0.908 V 不變；加倍強度只令光電子數目（光電流）加倍。

4. (d) 若改用波長 300 nm 的光，求光電子的最大動能（以 eV 表示），並指出動能增加了多少。

答案：E = hc / λ = (6.63 × 10⁻³⁴ × 3.00 × 10⁸) ÷ 300 × 10⁻⁹ = 6.63 × 10⁻¹⁹ J = 4.14 eV。最大動能 = 4.14 − 2.20 = 1.94 eV，比原本 0.908 eV 增加約 1.04 eV。

第二題：放射性衰變與半衰期（17 分）

放射性

5. (a) 某放射性樣本最初活度為 8000 Bq，半衰期為 6.0 小時。活度降至 1000 Bq 需時多久？寫出所用公式及步驟。

答案：用 $A = A_0 \times (1/2)^n$，1000 = 8000 × (1/2)ⁿ，所以 (1/2)ⁿ = 1/8，n = 3 個半衰期。時間 = 3 × 6.0 = 18 小時。

6. (b) 經過 4 個半衰期後，已衰變的原子核佔原有的百分之幾？

答案：剩餘比例 = (1/2)⁴ = 1/16 = 6.25%，所以已衰變 = 100% − 6.25% = 93.75%。

7. (c) 求該核素的衰變常數 λ（以 s⁻¹ 表示，準確至三位有效數字）。

答案：半衰期 = 6.0 × 3600 = 21600 s。λ = ln2 ÷ $T_{½}$ = 0.693 ÷ 21600 = 3.21 × 10⁻⁵ s⁻¹。

8. (d) 由最初開始計 24 小時後，樣本活度是多少？

答案：24 小時 = 4 個半衰期，活度 = 8000 ÷ 2⁴ = 8000 ÷ 16 = 500 Bq。

第三題：電容器與 RC 電路（17 分）

電與磁

9. (a) 一個 470 μF 的電容器接在 12 V 直流電源上。求電容器儲存的電荷。

答案：$Q = CV = 470 \times 10^{-6} \times 12 = 5.64 \times 10^{-3}$ C（即 5.64 mC）。

10. (b) 求該電容器在 12 V 時儲存的能量。

答案：$E = \tfrac{1}{2}CV^2 = 0.5 \times 470 \times 10^{-6} \times 12^2 = 0.0338$ J（33.8 mJ）。

11. (c) 電容器經一個 22 kΩ 電阻放電。求時間常數，並解釋其物理意義。

答案：$\tau = RC = 22 \times 10^3 \times 470 \times 10^{-6} = 10.3$ s。時間常數是電荷（或電壓）降至原值 1/e（約 37%）所需的時間。

12. (d) 由放電開始，經多久電容器電壓會降至原來的 10%？

答案：$V = V_0\ e^{(-t/\tau)}$，$0.10 = e^{(-t/\tau)}$，$t = \tau \ln 10 = 10.34 \times 2.303 = 23.8$ s。

第四題：衛星軌道與萬有引力（17 分）

力學

13. (a) 一枚衛星在離地面 400 km 的圓軌道運行。已知地球半徑 6.37×10^6 m、地球質量 5.97×10^{24} kg、$G = 6.67 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻²，求衛星的軌道速率。

答案：軌道半徑 $r = 6.37 \times 10^6 + 0.40 \times 10^6 = 6.77 \times 10^6$ m。由 $GMm/r^2 = mv^2/r$ 得 $v = \sqrt{(GM/r)} = \sqrt{(6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24} \div 6.77 \times 10^6)} = \sqrt{(5.88 \times 10^7)} = 7.67 \times 10^3$ m s⁻¹。

14. (b) 求該衛星的軌道週期（以秒及分鐘表示）。

答案：$T = 2\pi r / v = 2\pi \times 6.77 \times 10^6 \div 7.67 \times 10^3 = 5.55 \times 10^3$ s ≈ 92 分鐘。

15. (c) 求該高度處的重力場強度（重力加速度），並與地面數值比較。

答案：$g = GM / r^2 = 6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24} \div (6.77 \times 10^6)^2 = 8.69$ N kg⁻¹，比地面的 9.81 N kg⁻¹ 小約 11%。

16. (d) 若要衛星成為地球同步衛星（週期 24 小時），其軌道半徑必須較大還是較小？其速率會怎樣？簡要解釋。

答案：$T = 2\pi r/v$ 且 $v = \sqrt{(GM/r)}$，T 增大必須 r 增大（實際約 4.2×10^7 m，即離地約 3.6×10^7 m）；r 增大則 v 減小（約 3.1×10^3 m s⁻¹）。

第五題：都卜勒效應（16 分）

波

17. (a) 一輛車以 30 m s⁻¹ 駛近靜止的觀察者，響號頻率 500 Hz。已知聲速 340 m s⁻¹，求觀察者聽到的頻率。

答案：$f' = f \times v / (v - v_s) = 500 \times 340 \div (340 - 30) = 500 \times 340 \div 310 = 548$ Hz。

18. (b) 該車駛離觀察者後，觀察者聽到的頻率是多少？

答案：$f'' = f \times v / (v + v_s) = 500 \times 340 \div (340 + 30) = 500 \times 340 \div 370 = 459$ Hz。

19. (c) 求駛近與駛離時觀察到的頻率差。

答案：差 = 548.4 − 459.5 = 88.9 Hz（約 89 Hz）。

20. (d) 一遙遠星系發出的氫譜線靜止波長為 656.3 nm，地球上測得為 669.4 nm。求其紅移量及退行速率（以光速 c 的分數表示）。

答案：紅移 $\Delta\lambda = 669.4 - 656.3 = 13.1$ nm。由 $\Delta\lambda / \lambda = v / c$ 得 $v / c = 13.1 \div 656.3 = 0.020$，即 $v \approx 0.020c$。

第六題：原子能階與光譜（15 分）

原子物理

21. (a) 氫原子光譜中一條譜線波長 486 nm。求對應光子的能量（以 J 及 eV 表示）。

答案：$E = hc / \lambda = (6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}) \div 486 \times 10^{-9} = 4.09 \times 10^{-19}$ J = 2.56 eV。

22. (b) 氫原子能階 $E_2 = -3.40$ eV、$E_4 = -0.85$ eV。證明由 n = 4 躍遷至 n = 2 所發射的光子能量與 (a) 的譜線相符。

答案：能量差 = −0.85 − (−3.40) = 2.55 eV ≈ 2.56 eV，與 (a) 計算所得一致（差異來自取位）。

23. (c) 一群氫原子被激發至 n = 4。可能發射的譜線數目最多有多少條？

答案：由 n = 4 向下躍遷的組合數 = 4 × 3 ÷ 2 = 6 條（4→3、4→2、4→1、3→2、3→1、2→1）。

24. (d) 求由 n = 4 直接躍遷至 n = 1 所發射光子的波長，並指出它屬哪個波段。

答案：能量差 = −0.85 − (−13.6) = 12.75 eV = 2.04×10^{-18} J。$\lambda = hc / E = 1.989 \times 10^{-25} \div 2.04 \times 10^{-18} = 9.75 \times 10^{-8}$ m ≈ 97.5 nm，屬紫外線（Lyman 系）。

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。