中六物理练习卷｜光电效应、半衰期、RC 电路、卫星轨道、多普勒效应、能阶光谱

中六　物理　｜　时限：75 分钟　｜　总分：100 分　｜　共 24 题

第一题：光电效应（18 分）

光电效应

1. (a) 以波长 400 nm 的光照射金属表面，该金属的功函数为 2.20 eV。已知普朗克常数 6.63×10^{-34} J s、光速 3.00×10^{8} m s⁻¹、1 eV = 1.60×10^{-19} J，求入射光的频率、光子能量（以 J 及 eV 表示）及光电子的最大动能。

答案：频率 $f = c / \lambda = 3.00 \times 10^{8} \div 400 \times 10^{-9} = 7.5 \times 10^{14}$ Hz。光子能量 $E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{14} = 4.97 \times 10^{-19}$ J = 3.11 eV。功函数 = $2.20 \times 1.60 \times 10^{-19} = 3.52 \times 10^{-19}$ J。最大动能 = $4.9725 \times 10^{-19} - 3.52 \times 10^{-19} = 1.45 \times 10^{-19}$ J = 0.908 eV。

2. (b) 求该金属的截止波长（临界波长），并说明波长较长的光为何不能产生光电子。

答案：截止波长 $\lambda_0 = hc / \varphi = (6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}) \div 3.52 \times 10^{-19} = 5.65 \times 10^{-7}$ m ≈ 565 nm。波长较长即光子能量低于功函数，单一光子无法提供足够能量脱出电子，故无论光多强都不会有光电子。

3. (c) 求遏止电压（截止电压）。若入射光强度加倍而波长不变，遏止电压会怎样改变？

答案：遏止电压 V_s = 最大动能 ÷ e = $1.45 \times 10^{-19} \div 1.60 \times 10^{-19} = 0.908$ V。遏止电压只取决于光子能量与功函数（即频率），与强度无关，所以维持 0.908 V 不变；加倍强度只令光电子数目（光电流）加倍。

4. (d) 若改用波长 300 nm 的光，求光电子的最大动能（以 eV 表示），并指出动能增加了多少。

答案：$E = hc / \lambda = (6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}) \div 300 \times 10^{-9} = 6.63 \times 10^{-19}$ J = 4.14 eV。最大动能 = 4.14 − 2.20 = 1.94 eV，比原本 0.908 eV 增加约 1.04 eV。

第二题：放射性衰变与半衰期（17 分）

放射性

5. (a) 某放射性样本最初活度为 8000 Bq，半衰期为 6.0 小时。活度降至 1000 Bq 需时多久？写出所用公式及步骤。

答案：用 $A = A_0 \times (1/2)^{n}$，$1000 = 8000 \times (1/2)^{n}$，所以 $(1/2)^{n} = 1/8$，n = 3 个半衰期。时间 = 3 × 6.0 = 18 小时。

6. (b) 经过 4 个半衰期后，已衰变的原子核占原有的百分之几？

答案：剩余比例 = $(1/2)^{4} = 1/16 = 6.25\%$，所以已衰变 = 100% − 6.25% = 93.75%。

7. (c) 求该核素的衰变常数 λ（以 s⁻¹ 表示，准确至三位有效数字）。

答案：半衰期 = 6.0 × 3600 = 21600 s。$\lambda = \ln 2 \div T_{1/2} = 0.693 \div 21600 = 3.21 \times 10^{-5}$ s⁻¹。

8. (d) 由最初开始计 24 小时后，样本活度是多少？

答案：24 小时 = 4 个半衰期，活度 = $8000 \div 2^{4} = 8000 \div 16 = 500$ Bq。

第三题：电容器与 RC 电路（17 分）

电与磁

9. (a) 一个 470 μF 的电容器接在 12 V 直流电源上。求电容器储存的电荷。
答案：Q = CV = 470 × 10⁻⁶ × 12 = 5.64 × 10⁻³ C（即 5.64 mC）。

10. (b) 求该电容器在 12 V 时储存的能量。
答案：E = ½CV² = 0.5 × 470 × 10⁻⁶ × 12² = 0.0338 J（33.8 mJ）。

11. (c) 电容器经一个 22 kΩ 电阻放电。求时间常数，并解释其物理意义。
答案：τ = RC = 22 × 10³ × 470 × 10⁻⁶ = 10.3 s。时间常数是电荷（或电压）降至原值 1/e（约 37%）所需的时间。

12. (d) 由放电开始，经多久电容器电压会降至原来的 10%？
答案：V = V₀ e^(−t/τ)，0.10 = e^(−t/τ)，t = τ ln10 = 10.34 × 2.303 = 23.8 s。

第四题：卫星轨道与万有引力（17 分）

力学

13. (a) 一枚卫星在离地面 400 km 的圆轨道运行。已知地球半径 6.37 × 10⁶ m、地球质量 5.97 × 10²⁴ kg、G = 6.67 × 10⁻¹¹ N m² kg⁻²，求卫星的轨道速率。
答案：轨道半径 r = 6.37 × 10⁶ + 0.40 × 10⁶ = 6.77 × 10⁶ m。由 GMm/r² = mv²/r 得 v = √(GM/r) = √(6.67 × 10⁻¹¹ × 5.97 × 10²⁴ ÷ 6.77 × 10⁶) = √(5.88 × 10⁷) = 7.67 × 10³ m s⁻¹。

14. (b) 求该卫星的轨道周期（以秒及分钟表示）。
答案：T = 2πr / v = 2π × 6.77 × 10⁶ ÷ 7.67 × 10³ = 5.55 × 10³ s ≈ 92 分钟。

15. (c) 求该高度处的重力场强度（重力加速度），并与地面数值比较。
答案：g = GM / r² = 6.67 × 10⁻¹¹ × 5.97 × 10²⁴ ÷ (6.77 × 10⁶)² = 8.69 N kg⁻¹，比地面的 9.81 N kg⁻¹ 小约 11%。

16. (d) 若要卫星成为地球同步卫星（周期 24 小时），其轨道半径必须较大还是较小？其速率会怎样？简要解释。
答案：T = 2πr/v 且 v = √(GM/r)，T 增大必须 r 增大（实际约 4.2 × 10⁷ m，即离地约 3.6 × 10⁷ m）；r 增大则 v 减小（约 3.1 × 10³ m s⁻¹）。

第五题：多普勒效应（16 分）

波

17. (a) 一辆车以 30 m s⁻¹ 驶近静止的观察者，响号频率 500 Hz。已知声速 340 m s⁻¹，求观察者听到的频率。
答案：f′ = f × v / (v − v_s) = 500 × 340 ÷ (340 − 30) = 500 × 340 ÷ 310 = 548 Hz。

18. (b) 该车驶离观察者后，观察者听到的频率是多少？
答案：f″ = f × v / (v + v_s) = 500 × 340 ÷ (340 + 30) = 500 × 340 ÷ 370 = 459 Hz。

19. (c) 求驶近与驶离时观察到的频率差。

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

20. (d) 一遥远星系发出的氢谱线静止波长为 656.3 nm，地球上测得为 669.4 nm。求其红移量及退行速率（以光速 c 的分数表示）。

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

第六题：原子能阶与光谱（15 分）

原子物理

21. (a) 氢原子光谱中一条谱线波长 486 nm。求对应光子的能量（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) 氢原子能阶 $E_2 = -3.40$ eV、$E_4 = -0.85$ eV。证明由 n = 4 跃迁至 n = 2 所发射的光子能量与 (a) 的谱线相符。

答案：能量差 $= -0.85 - (-3.40) = 2.55$ eV ≈ 2.56 eV，与 (a) 计算所得一致（差异来自取位）。

23. (c) 一群氢原子被激发至 n = 4。可能发射的谱线数目最多有多少条？

答案：由 n = 4 向下跃迁的组合数 $= 4 \times 3 \div 2 = 6$ 条（4→3、4→2、4→1、3→2、3→1、2→1）。

24. (d) 求由 n = 4 直接跃迁至 n = 1 所发射光子的波长，并指出它属哪个波段。

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