

類 科：核子工程

科 目：原子物理

考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)參考常數與參數詳背面。

- 一、(一)以 ^{14}C 對一古生物進行放射性碳紀年 (radiocarbon dating)。 ^{14}C 之半生期 (half-life) 為 5730 年。經分析，該古生物體中每單位質量之 ^{14}C 放射強度為天然碳的四分之一，估計該古生物距今之時間。(10分)
- (二)某原子中，其電子由基態被激發至受激態。電子於受激態停留一個生命期，約 30 ns 後，以自發性輻射方式重回到基態。請問經由自發性輻射所釋放出的光子，其方向為何？估計該光子之最小頻寬 (以 Hz 為單位)。(10分)
- 二、考慮下列之核反應 $^2_1\text{H} + ^9_4\text{Be} \rightarrow \text{X} + ^4_2\text{He}$ ，其中 X 為某一核素 (nuclide)。
- (一)該核素 X 之原子序 (atomic number) Z 及質量數 (mass number) A 為何？(6分)
- (二)計算該核反應有多少能量釋出？(7分)
- (三)估計該核反應之低限能 (threshold energy)？假設各原子核之半徑 R 可以近似為 $R = R_0 \cdot A^{1/3}$ ， $R_0 = 1.2 \times 10^{-15}$ 公尺。(7分)
- 三、當波長為 0.24 nm 之 X 光通過一塊碳材 (carbon) 後產生 40° 角的散射。
- (每小題 10 分，共 20 分)
- (一)計算被散射光子之波長。
- (二)計算反彈電子 (recoiled electron) 之動能。
- 四、銫原子 ^{133}Cs 之原子核自旋為 $I = 7/2$ ，其超精細結構 (hyperfine structure) 是由電子總角動量 J 與原子核自旋角動量 I 耦合成總角動量 $F = J + I$ 。
- (一)計算 ^{133}Cs 基態電子能階 $6^2\text{S}_{1/2}$ 之所有超精細結構。(6分)
- (二)詳列各超精細結構能階之簡併 (degeneracy)。(6分)
- (三)假設外加磁場強度為 B，且已知各超精細結構能階 F 之蘭德 g 因子 (Lande g-factor) 為 g_F 。在弱磁場條件下，計算各超精細結構簡併態之塞曼能移 (Zeeman shift)。(8分)
- 五、以波長為 207 nm 之紫外線照射某一材料，並造成光電子由材料表面釋出，該光電子之截止電壓為 2 V。(每小題 10 分，共 20 分)
- (一)計算該材料之功函數 (work function)，以 eV 為單位。
- (二)計算光電子之最大速度。

(請接背面)

類 科：核子工程
科 目：原子物理

參考常數與參數：

黎德堡常數 (Rydberg constant) : $R_{\infty} = 1.0973731 \times 10^7$ 1/公尺

普蘭克常數 (Planck's constant) : $h = 6.626 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒

波爾磁矩 (Bohr magneton) : $\mu_B = 9.274 \times 10^{-24}$ 焦耳/特士拉

原子核磁矩 (Nuclear magneton) : $\mu_N = 5.051 \times 10^{-27}$ 焦耳/特士拉

波茲曼常數 (Boltzmann's constant) : $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ 焦耳/克耳文

波爾原子半徑 (Bohr radius) : $a_0 = 5.292 \times 10^{-11}$ 公尺

光速 $c = 3 \times 10^8$ 公尺/秒

基本電荷 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫

電子質量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ 千克

質子質量 $M_p = 1.673 \times 10^{-27}$ 千克

中子質量 $M_n = 1.675 \times 10^{-27}$ 千克

庫倫定律常數 $1 / (4\pi\epsilon_0) = 8.99 \times 10^9$ 牛頓·(公尺)² / (庫倫)²

原子質量單位 (atomic mass unit) : $u = 1.66053873 \times 10^{-27}$ 千克

^1_1H 質量 = 1.007825 u

^2_1H 質量 = 2.014102 u

^3_1H 質量 = 3.016049 u

^4_2He 質量 = 4.002603 u

^6_3Li 質量 = 6.015122 u

^7_3Li 質量 = 7.016004 u

^9_4Be 質量 = 9.012182 u

$^{10}_5\text{B}$ 質量 = 10.012937 u