

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，須詳列解答過程。

(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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、某一核廢料處置前以純銻偵檢器測量，發現其中兩個分裂產物 ^{137}Cs 與 ^{134}Cs 之活性比例為 1：0.01。假設此一核廢料離開核反應爐心時， ^{137}Cs 與 ^{134}Cs 兩種分裂產物核種數目相同，請問此一核廢料離開核反應爐心已經有多少時間了？（20 分）
 ^{137}Cs 半衰期為 11000 d (30.12 y)， ^{134}Cs 半衰期為 750 d (2.53 y)。

- 二、下列核子反應中 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ ，請問此一反應所產生能量為若干（以 MeV 為單位）？（10 分）
鋰離子於核反應後為激發態，並發射一個瞬發加馬射線，其能量為 0.367 MeV，請問所產生之阿爾發粒子與鋰離子分別之能量各為多少 MeV？（10 分）
假設各個粒子之靜止質量為
 $M(^1_0\text{n}) = 1.008665\text{u}$ ； $M(^{10}_5\text{B}) = 10.012937\text{u}$ ； $M(^7_3\text{Li}) = 7.016004\text{u}$ ； $M(^4_2\text{He}) = 4.002603\text{u}$
其中 $1\text{u} = 1.6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ；電子電量 $e = 1.602176487 \times 10^{-19} \text{ C}$ ；電子伏特 $\text{eV} = 1.602176487 \times 10^{-19} \text{ J}$ ；真空光速 $c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$ 。

- 三、鈾離子常為四價或六價，請寫出鈾原子之電子組態？（5 分）請亦寫出四價及六價鈾離子之電子組態，並解釋為何鈾離子多為四價或六價？（10 分）
鈾之原子序為 92 其它鄰近元素如 Rn(86), Fr(87), Ra(88), Ac(89), Th(90), Pa(91), Np(93), Pu(94), Am(95)，括弧內數字為原子序。其中 Rn 之電子組態為
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$
鈾原料俗稱黃餅，其化學成分為 U_3O_8 ，請問其中三個鈾離子之價數分別應該如何指定？（5 分）

- 四、有一個中子由核反應中溢出此核反應器之溫度為 200°C ，假設此中子最可能之能量 $E_n = k_B T$ ，其中 k_B 為波茲曼常數 $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ，請問此中子之能量 E_n 為何（請以 eV 表示之）？（5 分）並請計算該中子之波長？（5 分）我們將此能量之中子經中子束引出爐心，從事做中子繞射。若此一中子與矽晶片(111)面做中子繞射，則其繞射角度 θ 應該多少？（10 分）矽晶之晶格常數 $a = 0.357 \text{ nm}$ ，(111)面之晶格間距（lattice spacing） $d_{hkl} = a / (h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}$ 。
真空光速 $c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$ ；普朗克常數 $h = 6.62606896 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ；亞佛加德羅常數為 6.02×10^{23} 。

- 五、一個 5 MeV 阿爾發粒子與一個 0.1 MeV 之光子，穿過一片厚度為 0.01 mm 之鋁片。請問穿透鋁片後之阿爾發粒子與光子之能量分別為多少？（20 分）
假設此一鋁片對於 5 MeV 阿爾發粒子之阻擋本領（stopping power）， $-dE/dx$ ，為一定值 $120 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$ ，鋁的密度 2.7 g/cm^3 ；對於能量為 0.1 MeV 之光子，鋁的線性衰減係數（linear attenuation coefficient）為 0.432 cm^{-1} 。