

-行政院原子能委員會
九十七年度第二次「輻射防護人員」測驗試題

輻射防護師級：專業科目(解答)

一、填充題(每格二分，共三十分)

1. (a)正子蛻變反應中，母核原子質量必須比子核原子質量大___(1)___MeV?
(b)正子蛻變的母核和子核互為___(2)___素。

Ans: (1) 1.02 (2) 同重

2. 原子核蛻變時，若發射 β^- ，則子核的___(3)___數比母核多一個；若發射 β^+ ，則子核的___(4)___數比母核多一個。

Ans: (3)質子，(4)中子

3. 自然界中鈾系核種從Th-232出發終止於穩定的___(5)___核種。

Ans: (5)Pb-208

4. 動能為 200 keV的 δ 射線，其質量為靜止電子的___(6)___倍。

Ans: (6) 1.39

$$E = mc^2 = m_0c^2 + KE = 0.511 + 0.2 = 0.711MeV$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{mc^2}{m_0c^2} = \frac{0.711}{0.511} = 1.39$$

5. 細胞的間接作用是輻射先與___(7)___分子作用，產生自由基，自由基再造成DNA的傷害。自由基的帶電量為___(8)___庫侖。

Ans: (7) 水，(8) 0。

6. ICRP的腸胃道隔室模式(compartment model)中，可溶性物質經由那一隔室進入體液(body fluid)中?___(9)___

Ans: (9)小腸

7. 請寫出 ${}_{11}^{22}\text{Na}$ 核種電子捕獲(EC)衰變的反應式。 ${}_{11}^{22}\text{Na} + {}_0^{-1}\text{e} \rightarrow$ ___(10)___

Ans: (10) ${}_{10}^{22}\text{Ne} + {}_0^0\nu$

8. ${}^{35}\text{S}$ 的物理半化期為 87.1 天，生物半化期為 623 天，其有效半化期為___(11)___天。

Ans: (11)76.4

9. 加馬(γ)能譜上有一尖峰, 能量為 667 keV, 若其能量分解度為 2%, 則該尖峰的半高全寬度 (FWHM) 為____(12)____ keV。

Ans: (12)13.34

10. 寫出「國際輻射單位與度量衡委員會」的英文全名: ____ (13) ____。

Ans: (13)International Commission on Radiation Units and Measurements

11. β^- 衰變時, Q-value 等於子核、 β^- 粒子及____(14)____三者動能的總和。

Ans: (14)反微中子

12. 四種輻射(光子、電子、質子、中子)的放射治療, 劑量深度曲線(PDD)會產生 Bragg peak? ____ (15) ____

Ans: (15)質子

二、問答與計算題(每題十分, 共七十分)

1. 鉛的原子序為 82, 原子量為 207.2, 密度為 11360 kg/m^3 , 對 100 keV 光子的質量衰減係數(μ/ρ)是 $5.461 \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$, 試求直線衰減係數(μ)、電子衰減係數($e\mu$)與原子衰減係數($a\mu$)之值。

Ans

$$\mu = \frac{5.461}{10} \times 11360 = 6204 \text{ m}^{-1} = 62.04 \text{ cm}^{-1}$$

$$e\mu = \frac{5.461}{10} \times \frac{207.2}{1000} \times \frac{1}{82} \times \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} = 2.29 \times 10^{-27} \text{ m}^2 \text{ (或 } 2.29 \times 10^{-23} \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$a\mu = 2.7 \times 10^{-27} \times 82 = 1.88 \times 10^{-25} \text{ m}^2 \text{ (或 } 1.88 \times 10^{-21} \text{ cm}^2 \text{)}$$

2. 試述(a)何謂鄂惹電子(Auger electron)及(b) K 螢光產率(K fluorescence yield)?

Ans:

(a) 當 K 層殼有空位時, L 層電子躍遷填滿 K 層空位時, 並沒放出光子, 而是把 M 層殼的電子打出去, 此被打出去的 M 層電子, 稱為鄂惹電子。

(b) K 光產率的定義為 K 層殼中每單位空位發射的 K X 射線光子的數目。

3. 試求 ${}_{11}^{24}\text{Na}$ 核種每個核子的平均結合能(binding energy)為多少 MeV? 若 ${}_{11}^{24}\text{Na}$ 核種質量為 23.991 amu, 質子質量為 1.0073 amu, 中子質量為 1.0087 amu, 電子質量為 0.00055 amu, amu 為原子質量單位(atomic mass unit)。(忽略電子的結合能)

Ans:

$$11 \times (1.0073) + 13 \times (1.0087) + 11 \times (0.00055) = 24.199u$$

$$24.199 - 23.991 = 0.208u = 0.208 \times 931MeV = 193.6MeV$$

$$193.6 \div 24 = 8.07MeV / \text{核子}$$

4. 當 ${}^{226}_{88}Ra$ 蛻變成 ${}^{222}_{86}Rn$ 後，若 ${}^{222}_{86}Rn$ 處於基態(ground state)時，產生的 α 粒子的動能為 4.78MeV，若 ${}^{222}_{86}Rn$ 處於激態(excited state) 時，產生的 α 粒子的動能為 4.60MeV，則此激態回到基態時所產生 γ 射線的頻率與波長為多少?($c = 3 \times 10^8$ m/s, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js)

Ans:

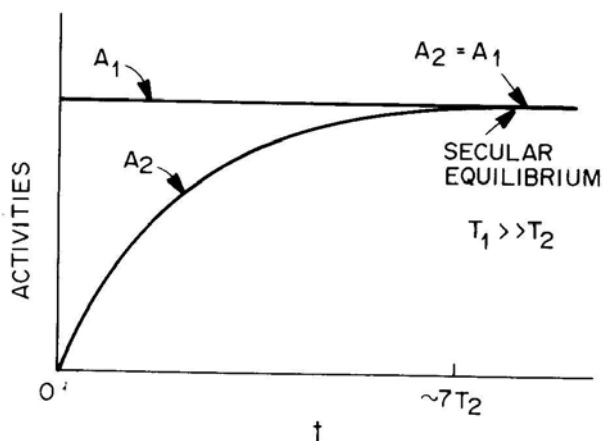
$$\gamma \text{ 射線能量} = 4.78 - 4.60 = 0.18MeV$$

$$\nu = E/h = (0.18 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}) / (6.63 \times 10^{-34}) = 0.043 \times 10^{21} (1/s) = 4.3 \times 10^{19} (1/s)$$

$$\lambda = (3 \times 10^8) / (0.043 \times 10^{21}) = 6.98 \times 10^{-12} \text{ m}$$

5. 試畫圖說明長期平衡(secular equilibrium)並寫出其構成條件以及平衡時母核及子核的活度關係。

Ans:



構成條件：母核半衰期遠大於子核半衰期 ($T_1 \gg T_2$)

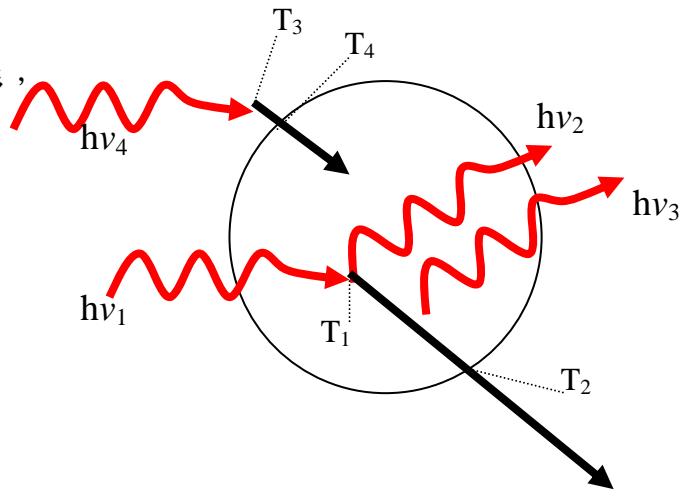
平衡時母核及子核的活度關係： $A_2 = A_1$

6. 右圖為 1kg 物質(圓圈中的體積)經光子輻射照射的能量傳遞情形, 若

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= 200 \text{ keV}, & T_1 &= 80 \text{ keV}, \\ h\nu_2 &= 120 \text{ keV}, & T_2 &= 20 \text{ keV}, \\ h\nu_3 &= 30 \text{ keV}, & T_3 &= 60 \text{ keV}, \\ h\nu_4 &= 60 \text{ keV}, & T_4 &= 40 \text{ keV}, \end{aligned}$$

試求

- (a) 吸收劑量 = keV/kg ?
 (b) 克馬 = keV/kg ?
 (c) 碰撞克馬 = keV/kg ?



Ans:

- (a) 吸收劑量

$$D_m = \frac{\Delta E_{ab}}{\Delta m} = \frac{T_4 + T_1 - T_2 - h\nu_3}{\Delta m} = \frac{40 + 80 - 20 - 30}{1} = 70 \text{ keV/kg}$$

(b) 克馬 $K = \frac{\Delta E_{tr}}{\Delta m} = \frac{T_1}{\Delta m} = \frac{80}{1} = 80 \text{ keV/kg}$

(c) 碰撞克馬 $K_{col} = \frac{\Delta E_{en}}{\Delta m} = \frac{T_1 - h\nu_3}{\Delta m} = \frac{80 - 30}{1} = 50 \text{ keV/kg}$

7. 若某 X 光診斷設備在 250 kV 的條件下操作(半值層為 2.8 cm 的混凝土), 經計算求得防護滲漏輻射所需要的混泥土厚度(t_1)為 9.83 個半值層, 而防護散射輻射所需的屏蔽厚度(t_s)為 34 cm 混凝土, 試問副防護屏蔽(secondary protective barrier)的厚度至少應大於多少公分?

Ans:

若 $|t_s - t_1| \geq 1 \text{ TVL}$, 則副防護屏蔽 = $\max(t_s, t_1)$

若 $|t_s - t_1| < 1 \text{ TVL}$, 則副防護屏蔽 = $\max(t_s, t_1) + 1 \text{ HVL}$

滲漏輻射所需要的混泥土厚度(t_1)為 $9.83 \times 2.8 \text{ cm} = 27.5 \text{ cm}$, 而散射輻射防護所需的屏蔽厚度(t_s)為 34 cm, 什一值層(TVL)厚度 = $3.32 \times 2.8 = 9.3 \text{ cm}$ 混凝土, $|t_s - t_1| = 34 - 27.5 = 6.5 \text{ cm} < 1 \text{ TVL} = 9.3 \text{ cm}$ 。

所以副防護屏蔽厚度 = $\max(t_s, t_1) + 1 \text{ HVL} = 34 \text{ cm} + 2.8 \text{ cm} = 36.8 \text{ cm}$