

110年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：輻射安全
科 目：放射物理學
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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、有一顆帶有 5 MeV 動能的電子入射至體積 V 、質量 m 的介質，離開介質時帶走 1 MeV 的動能。電子在行經介質時產生出 2 MeV 的制動 x 射線，該 x 射線從介質中逃逸出去。已知克馬 (kerma) = $\frac{d\epsilon_{\text{tr}}}{dm}$ ，碰撞克馬 (collision kerma) = $\frac{d\epsilon_{\text{tr}}^n}{dm}$ ，吸收劑量 (absorbed dose) = $\frac{d\epsilon}{dm}$ ，試求下述物理量：(15 分)

(一) ϵ_{tr}

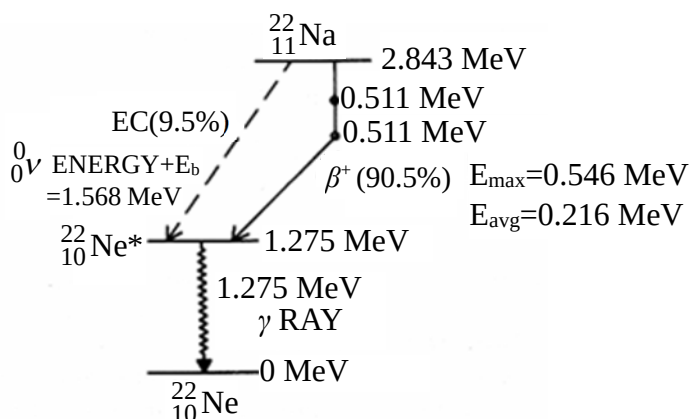
(二) ϵ_{tr}^n

(三) ϵ

二、有一道 6 MeV 的窄射束含有 10^{10} 個光子，垂直入射在厚度為 20 mm 的鉛板上，鉛原子序 (Z) = 82、鉛質量數 (A) = 207、鉛板密度 (ρ) = $11.3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$ 。已知光電效應、康普頓散射、成對發生與合調散射的每原子作用截面分別為 ${}_a\tau = 3.36 \times 10^{-25} \text{ cm}^2/\text{atom}$ 、 ${}_a\sigma = 6.02 \times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{atom}$ 、 ${}_a\kappa = 8.5809 \times 10^{-24} \text{ cm}^2/\text{atom}$ 、 ${}_a\sigma_R = 2 \times 10^{-26} \text{ cm}^2/\text{atom}$ ，試計算光子發生四種作用的次數各為何？(20 分)

三、假設 20 MeV 的某種帶電粒子與介質發生硬碰撞 (hard collision)，轉移給電子的最大能量為何？試討論當該帶電粒子是 (a) 電子，(b) 正子，(c) 質子，(d) α 粒子。(20 分)

四、假設有一個半徑為 4 cm 的水球，內盛均勻分布的 $^{22}_{11}\text{Na}$ ，每克每秒發生 10^6 次衰變。已知 $^{22}_{11}\text{Na}$ 發生 K 層電子捕獲機率为 90%，K 層電子束縛能 $(E_b)_K = 1.07 \text{ keV}$ ，K 層螢光產率 $(Y_K) \cong 0$ ； $^{22}_{11}\text{Na}$ 發生 L 層電子捕獲機率为 10%，L 層電子束縛能 $(E_b)_L = 0.06 \text{ keV}$ ，L 層螢光產率 $(Y_L) \cong 0$ 。請計算經由正子衰變與電子捕獲，在該球體中心處歷時一周所沉積的吸收劑量各為何？（10 分）



五、有一個 100 mg 的 $^{226}_{88}\text{Ra}$ 射源，與其所有子核種處於平衡，試求下述物理量：（15 分）

(一) $^{226}_{88}\text{Ra}$ 的衰變常數

(二) $^{226}_{88}\text{Ra}$ 平均壽命

(三)在長期平衡下， $^{222}_{86}\text{Rn}$ 的活度

(已知 $^{226}_{88}\text{Ra} \xrightarrow[\tau_{1/2}=1602 \text{ y}]{\alpha, \gamma} ^{222}_{86}\text{Rn} \xrightarrow[\tau_{1/2}=3.824 \text{ d}]{\alpha, \gamma} ^{218}_{84}\text{Po}$ ，1 g 的 $^{226}_{88}\text{Ra}$ 具有

0.988 Ci)

- 六、依照 ICRP 的生物動力學模型，無機汞進入體內後經由血液運輸會有 8% 被腎臟吸收，92% 均勻分布於全身。體內 95% 的汞含量具有生物半衰期 40 天，剩餘 5% 的汞含量具有生物半衰期 10000 天。如在一次意外曝露吸入 $^{203}_{80}\text{Hg}$ (物理半衰期 47 天) 標誌的水銀蒸氣，導致腎臟積存了 1 MBq 的 $^{203}_{80}\text{Hg}$ 。請計算(一)腎臟的累積活度 (cumulated activity)，以及(二)積存於腎臟內的 $^{203}_{80}\text{Hg}$ 對腎臟產生的劑量負擔 (dose commitment)。已知當射源器官 (r_s) 為腎臟，目標器官 (r_T) 為腎臟， $^{203}_{80}\text{Hg}$ 的單位累積活度之吸收劑量 $S(r_T \leftarrow r_s) = 8.1 \times 10^{-4} \frac{\text{rad}}{\mu\text{Ci} \times \text{h}}$ 。(10 分)
- 七、已知 $^{137}_{55}\text{Cs}$ 粒子具 $0.5 \mu\text{m}$ 活性中數空氣動力直徑 (AMAD)，肺吸收類別屬 F 類，劑量係數 (dose coefficient) 為 $6.7 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ 。如該 $^{137}_{55}\text{Cs}$ 粒子吸入體內後會分布於全身，請依據游離輻射防護安全標準之定義，計算(一)年攝入限度 (ALI) 以及(二)推定空氣濃度 (DAC)。(10 分)