

九十三年度第二次輻射防護師級測驗試題

專業科目

93.12.4

1. 詳述 β^- 射線與物質的相互作用機制。又在體外曝露時， β^- 射線對人體哪些部位會造成較高劑量？10%

答：

- ① β^- 射線穿過物質時，與原子或分子碰撞，使原子或分子失去軌道電子而成為離子即游離現象；假如軌道電子所獲得的能量，不足以使其擺脫原子核的束縛，只能從低軌道躍遷至高軌道，則為發生激發現象。
- ② β^- 射線和物質相互作用時，受到原子核或其他帶電粒子的電場作用，改變其運動速率或運動方向時，會產生制動輻射。
- ③ β^- 射線對人體水晶體、皮膚及淺部造成較高的劑量。

2. 請說明質量衰減係數(mass attenuation coefficient)，質能轉移係數(mass energy transfer coefficient)及質能吸收係數(mass energy absorption coefficient)，又三者之間有何關聯和區別？12%

答：

1 質量衰減係數 μ/ρ ：

此量描述不帶電粒子在物質中，經各種相互作用發生了能量或方的改變而衰減。其定義：

某物質對不帶電粒子的質量衰減係數 μ/ρ 是 dN/N 除以 ρdl 所得的商：

$$\mu/\rho = \frac{1}{\rho N} \cdot \frac{dN}{dl}$$

其中， dN/N 為粒子在密度為 ρ 的物質中穿行距離 dl 時經受相互作用的分數。

質量衰減係數的單位： $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$

②質能轉移係數 μ_{tr}/ρ ：

不帶電的游離粒子穿過物質時，和物質中原子（核或電子）發生相互作用，把能量的一部分轉移給二次帶電粒子，那麼它的總能量中平均有多少轉移給帶電粒子（成為帶電粒子的動能）了呢？這個轉移給帶電粒子的能量佔總能量的分數，即為質能轉移係數的含意。

其嚴格定義如下：

某物質對不帶電游離粒子的質能轉移係數 μ_{tr}/ρ 是 dE_{tr}/EN 除以 ρdl 所得的商，即

$$\mu_{tr}/\rho = \frac{1}{\rho EN} \cdot \frac{dE_{tr}}{dl}$$

其中， E 為每一粒子的能量（不包括靜止能量）； N 為不帶電游離粒子數；

dE_{tr}/EN 為入射的不帶電游離粒子在密度為 ρ 的物質中穿行距離 dl 時，其能量中由於相互作用而轉移為帶電粒子動能的那部分所佔的分數； dE_{tr} 實際上是由於不帶電粒子作用所釋放的所有帶電粒子初始動能的總和。

質能轉移係數的單位： $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ； $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。

③ 質能吸收係數 μ_{en}/ρ

由不帶電游離粒子轉移給二次帶電粒子的動能，其中有一部分可能轉變為制動輻射，而有一部分真正被物質所吸收了（通過游離和激發）。質能吸收係數就是扣除了制動輻射損失的能量後，真正被物質吸收的那部分能量所佔的分數，其嚴格定義如下：

某物質對不帶電粒子的質能吸收係數 μ_{en}/ρ 是質能轉移係數 μ_{tr}/ρ 和 $(1-g)$ 的乘積，即 $\mu_{en}/\rho = (1-g) \cdot \mu_{tr}/\rho$ 其中， g 是二次帶電粒子在物質中發生制動輻射而損失能量的分數。

質能吸收係數的單位： $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ； $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。

3. 請解釋蓋革計數器淬熄(quenching)的作用並說明內部淬熄及外部淬熄的方法。10%

答：在蓋革管中，當所有電子被陽極收集之後，由於部分原子由激態回到基態時會放出光子，光子經光電效應又會產生另一電子，故將發生一個接一個的突崩。因此只要有一個地方發生游離，即發生一次接一次的突崩，到最後因正離子在陽極絲附近的累積造成電場強度降低才停止。此時正離子則漸往陰極移動，若此正離子有多餘的能量，將於和管壁中和時，可使管壁材料游離後放出電子，此電子經氣體增殖後，將產生假訊號，為了防止這種現象，則必須採行加入淬熄(quenching)氣體的內部淬熄或控制電路的外部淬熄。

內部淬熄的方法係在筒內充入5-10%的淬熄氣體，通常係比主氣體分子構造較為複雜而且游離能較低的氣體，例如乙醇(ethyl alcohol)和甲酸乙酯。正離子與淬熄氣體碰撞後，將使正電荷傳遞給淬熄氣體，帶正電的淬熄氣體分子到達陰極後可獲取電子恢復中性，但多餘的能量使分子本身分解而不使陰極表面再放出電子。由於氣體須被分解以完成其作用，故在有用壽命期間，氣體將慢慢被消耗，在 10^9 個計數之後就無效了。如果使用氯氣或溴氣為淬熄氣體，則因分解後能再自行結合，計數器的壽命較長。

外部淬熄一般以外加電路使高壓在每個脈衝之後自動降低到無法再產生進一步的氣體放大的強度，降低的時間約為幾百微秒。然其缺點是計數率會

偏低。

4. 設計 X 光機結構屏蔽，應須考慮那些因素？X 光機的主屏蔽計算

公式為 $K = \frac{Pd^2}{WUT}$ ，請說明各參數的意義並寫出其單位。10%

答：

(a) 最大管電壓、最大管電流、工作負荷、使用時間、佔用時間、最大許可曝露

(b) K: 距離 X 光機靶 1 公尺處每單位照射量(mA-min)的輻射劑量率。

單位為 $m^2 \cdot R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$

P: 最大許可曝露率，管制區 P = 0.1 R/W；非管制區 P = 0.01 R/W。

單位為倫琴/週

W: 工作負載(workload)，一周使用 X 射線的總量。

單位為 $mA \cdot min \cdot w^{-1}$

U: 使用因素(use factor)，X 光機之有用射束朝向所研究方向的工作負載分數。無單位。

T: 佔用因數(occupancy factor)，人員可能停留在屏蔽牆外區域的時間分數。無單位。

d: X 光機管靶到研究點的距離，單位為 m。

5. 某鈷 60 射源造成空間內某點處的吸收劑量率為 $150 \mu Gy/h$ ，請問該點處連續接受曝露 10.54 年累積的吸收劑量為何？[鈷 60 半化期為 5.27 年] 10%

答：

$$D = \int_0^t D e^{-\lambda t} dt$$

$$D = \frac{\dot{D}}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\lambda = \frac{0.693}{5.27 \times 365 \times 24} = 1.5 \times 10^{-5} h^{-1}$$

10.6 年

$$D = \frac{150 \times 10^{-6} Gy/h}{1.5 \times 10^{-5} /h} (1 - e^{-\frac{0.693}{5.27} \times 10.54}) = 7.5 Gy$$

6. 電子加速器運轉時，若手指被 5 MeV 的電子束照射 1 秒，此時被照射的部位平均吸收劑量為多少戈雷(Gy)？[電子射束： 10^9 個電子/秒，電子射束的直徑=5 mm，電子在手指中能量損失為 $2 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$]10%

答：

$$2 \frac{\text{MeV} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2 \text{MeV/cm}$$

$$\frac{5 \text{MeV}}{2 \frac{\text{MeV} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}}} = 2.5 \text{g/cm}^2$$

$$D = \frac{5 \text{MeV} \times 10^9 \text{s}^{-1} \times 1 \text{s}^{-1} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{J/MeV}}{2.5 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^2 \times \pi (0.25 \text{cm})^2}$$

$$= 1.629 \text{Gy}$$

7. 0.3MeV 的加馬射束，其光子通量率為每平方公分每秒 1000 個量子，試求射束中之任一點的曝露量率及在該點之軟組織的吸收劑量率。[$\mu_a = 3.46 \times 10^{-5} \text{cm}^{-1}$ (20°C)， $\rho_a = 1.293 \times 10^{-6} \text{kg cm}^{-3}$ ； $\mu_m = 0.0312 \text{cm}^{-1}$ ， $\rho_m = 0.001 \text{kg cm}^{-3}$ ，空氣中每產生 1 離子對需消耗 34eV]10%

答：

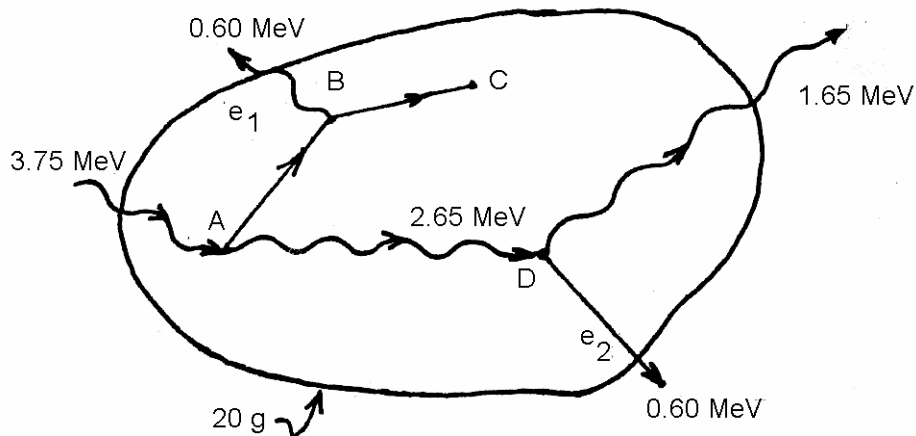
$$\dot{X} = \frac{\phi \frac{\text{photo}}{\text{cm}^2 \cdot \text{S}} \times E \frac{\text{MeV}}{\text{photo}} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \times \mu_a \text{cm}^{-1}}{\rho_a \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \times 34 \frac{\text{kg}}{\text{c}} \frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

$$= \frac{10^3 \times 0.3 \times 1.6 \times 10^{-13} \times 3.46 \times 10^{-5}}{(1.293 \times 10^{-6} \times \frac{273}{293}) \times 34}$$

$$= 4.05 \times 10^{-11} \frac{\text{C}}{\text{kg} \cdot \text{s}}$$

$$\begin{aligned} \dot{D} &= \frac{10^3 \times 0.3 \times 1.6 \times 10^{-13} \times 0.312}{0.001 \times 1} \\ &= 1.5 \times 10^{-9} \text{ Gy} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

8. 3.75 MeV 的光子衝擊 20 克的靶，產生 Compton 電子 e_1 為 1.10 MeV，如下圖所示。此 Compton 電子誘發 0.60 MeV 的 Bremsstrahlung 在 B 點處並行進至 C 點處靜止下來。此 Bremsstrahlung 逸出靶，而無任何之相互作用於靶內。在 A 點處散射的 2.65 MeV 光子於 D 點處又產生 1.00 MeV 的 Compton 電子 e_2 ，此電子釋放 0.40 MeV 的能量於靶內，請計算在此過程中靶內所造成的 Kerma 及 absorbed dose 為多少 Gy？10%



答：

克馬：

$$\begin{aligned} K &= [(3.75 - 2.65) + (2.65 - 1.65)] \text{ MeV}/20\text{g} \\ &= (2.10 \text{ MeV})/(20\text{g}) \\ &= 0.105 \text{ MeV/g} \\ &= 1.68 \times 10^{-11} \text{ Gy} \end{aligned}$$

吸收劑量：

$$\begin{aligned} D &= [(3.75 - 2.65 - 0.6) + (2.65 - 1.65 - 0.6)] \text{ MeV}/20\text{g} \\ &= 0.9 \text{ MeV}/20\text{g} \\ &= 0.045 \text{ MeV/g} \\ &= 7.20 \times 10^{-12} \text{ Gy} \end{aligned}$$

9. 一樣品連同背景一起被計數 5 分鐘，其計數為 10,000counts，在沒有樣品的情況下計數背景 5 分鐘，其計數為 900counts，請問此樣品的計數率和其標準差為多少?5%

答：

$$A_s = \frac{N_s}{t_s} = \frac{10000}{5} = 2000\text{min}^{-1}$$

$$A_b = \frac{N_b}{t_b} = \frac{900}{5} = 180\text{min}^{-1}$$

$$A = A_s - A_b = 2000 - 180 = 1820\text{min}^{-1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_s}{t_s^2} + \frac{N_b}{t_b^2}} = \sqrt{\frac{10000}{5^2} + \frac{900}{5^2}} = 20.9$$

答案為 :1820 ± 20.9 cpm

10. 已知 ^{137}Cs 的兩種貝他蛻變模式，其最大能量分別為 0.512 MeV (95%) 和 1.174 MeV (5%)，釋放的加馬射線能量為 0.662 MeV (85%)，內轉換電子的比例為 10%。若其子核 ^{137}Ba 的 K 層及 L 層電子的束縛能分別為 38 及 6 keV，試計算 K 層及 L 層內轉換電子的能量並畫出 ^{137}Cs 衰變的電子能譜。 13%
- 答：

K 層內轉電子的能量 = $662 - 38 = 624$ keV，

L 層內轉電子的能量 = $662 - 6 = 656$ keV

