

## 九十五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

#### 一、填充題(每格 2 分，共三十分)

1. 經輻射曝露後，會在 60 天內造成 50%個體致死的輻射劑量，通常會用何種縮寫符號表示？(1)
2. 將一張光密度(OD)值為 1 之膠片(Film)與另一光密度值為 2 之膠片疊在一起時，光的總穿透率等於多少%？(2)
3. 輻射度量的總計數為  $200 \pm 5$ ，背景計數為  $20 \pm 12$ ，若其淨計數為  $180 \pm N$ ，則 N 為：(3)
4. 已知某一輻射半值層(HVL)為 0.1 cm 的鉛，什一值層(TVL)厚度為 0.32 cm 的鉛，今欲將此輻射強度衰減為八萬分之一，試問所需鉛屏的厚度為多少 cm？(4)
5. 請問鈷-60(半衰期為 5.27 年)之比活度約為多少 Bq/g？(5)
6. 質能吸收係數 $(\mu_{en}/\rho)=(\mu_{tr}/\rho)(1-g)$ ，式中 g 代表：(6)
7. 假如放射性核種每小時衰減 1%，則該核種活度衰減至 1/2 所須的時間為若干小時？(7)
8. 請寫出以下輻射相關專有名詞的英文全名：電子捕獲(EC)=(8)；ICRP=(9)；ALARA=(10)
9. 一個  $^{238}\text{U}$  開始衰變，在經過 8 次的  $\alpha$  decay 及 6 次的  $\beta$  decay 後，變成穩定的(11) (請將元素符號與質量數標明)
10. 能量為 1MeV 的光子射束與 100 公克的物質作用，並轉移 0.3 焦耳的能量給游離電子，其中 0.25 焦耳的能量被物質吸收，則克馬(kerma)=(12)
11. 比例計數器常填充 P-10 的氣體，它是由 90%的 Ar+10%的(13)所組成。
12. 當半衰期為  $10^5$  年的母核與半衰期為 0.1 年的子核達到活度穩定平衡時，則母核原子數÷子核原子數=(14)
13. 已知鎢(W, Tungsten)之 K 層束縛能=-70keV；L 層之束縛能=-11keV；M 層的束縛能=-2.5keV，請問鎢靶的 KLL Auger 電子能量=(15)

解答：

- (1)  $LD_{50/60}$
- (2) 0.1%
- (3) 13
- (4) 1.58 cm
- (5)  $4.23 \times 10^{13}$
- (6) 二次電子動能轉為制動輻射之能量分率
- (7) 69
- (8) Electron Capture
- (9) International Commission on Radiological Protection
- (10) As Low As Reasonably Achievable
- (11)  $^{206}\text{Pb}$
- (12) 3 Gy (或 3 J/kg、或 300 rad)
- (13) 甲烷 (或  $\text{CH}_4$ 、或 methane)
- (14)  $10^6$
- (15) 48 keV

## 二、問答與計算題(七十分)

1. 請簡述 $\beta$ 粒子所造成的(非機率、機率)效應之重要性及 $\beta$ 粒子屏蔽考量。(10%)

參考答案：

(1) $\beta$ 粒子穿透力雖較 $\alpha$ 強，但射程仍屬短，只會在人體淺部組織(皮膚、水晶體)造成劑量，非機率效應比機率效應重要。

(2) $\beta$ 粒子之屏蔽物質及厚度，決定於：

- 屏蔽物質的原子序必須很小，以減少制動輻射的產生。且屏蔽物質的厚度必須大於 $\beta$ 粒子的最大射程，以完全阻擋 $\beta$ 粒子。
- 高原子序物質可有效衰減所產生之制動輻射的量。

故屏蔽 $\beta$ 粒子時宜先用較低原子序數( $Z$ )物質以完全阻擋 $\beta$ 粒子，其後再接高原子序數物質，以有效阻擋 $\beta$ 粒子產生之制動輻射的影響。

2. 某一輻射計測系統，度量 10 分鐘後，其百分標準差為 2%，試問另需再計測多少時間，其百分標準差可減少為 1%？(10%)

參考答案：

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = 0.02, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.02, \quad \therefore N = 2500$$

$$\therefore \text{計數率} = 2500 / (10 \times 60 \text{s}) = 4.167 \text{ cps}$$

$$\text{如百分標準差減少為 1\%，則 } \frac{\sqrt{N}}{N} = 0.01, \quad \frac{1}{\sqrt{N}} = 0.01, \quad N = 10000$$

$$\therefore \text{需時 } T = (10000 / 4.167) \text{ s}^{-1} = 2400 \text{ s}, \quad 2400 \text{ s} - 600 \text{ s} = 1800 \text{ s}$$

$\therefore$  另需再計測 1800 秒或 30 分鐘

OR 
$$c = \sqrt{\frac{r}{t}}$$

$$\therefore \frac{0.02}{0.01} = \frac{\sqrt{\frac{r}{10}}}{\sqrt{\frac{r}{t}}}, \quad t = 40 \text{ min}$$

$$40 - 10 = 30 \text{ min}$$

3. 已知  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ，其中  $A$  是時間  $t$  時的活度， $A_0$  是初始( $t=0$ )活度， $\lambda$  表衰變常

數(decay constant)。若以  $T_{1/2}$  表示半衰期，請證明  $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$ 。(8 分)

參考答案：

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{式 1})$$

當  $t$  經過  $T_{1/2}$  時，表示活度  $A = \frac{1}{2} A_0$

$$\text{則(式 1)可寫成 } \frac{1}{2} A_0 = A_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

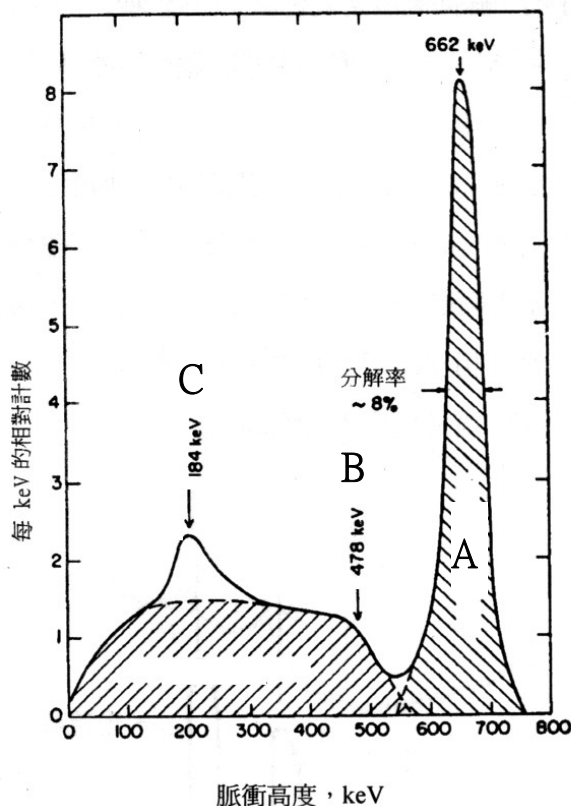
$$\text{即 } \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\text{二邊取 ln, 即 } \ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln(e^{-\lambda T_{1/2}})$$

$$\text{則 } -0.693 = -\lambda \cdot T_{1/2}$$

$$\therefore \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

4. 下圖為 NaI (Tl) 偵檢器度量到的能譜圖，請問此為那一種核種的能譜？請說明能譜標示 A、B、C 三處的名稱與物理意義？(12 分)



參考答案：

(1) 是  $^{137}\text{Cs}$

(2) A 處是全能峰(total energy)或稱光電峰(photo peak), 是 662keV 光子與 NaI 材料發生光電效應, 偵檢器度量到 662keV 光電子的所有能量。

(3) B 處是康普吞邊緣(Compton edge), 是光子(662keV)與 NaI 偵檢器發生康普吞作用, 轉交給電子最大可能的能量(發生在光子 180 度散射)。

$$\text{此電子可獲得之最大能量} = \frac{2 \cdot (0.662)^2}{0.511 + 2 \cdot 0.662} = 0.478 \text{ MeV}$$

所以光子若與 NaI 發生 Compton effect, 造成的散射電子(或康普吞電子)的能量從 0 到 478 keV, 而在 478 keV 處形成一較陡降之邊緣。

(4) C 處是回散射鋒(backscattered radiation peak), 因其能量為 662-478=184 keV, 是發生在回散射(180 度)的光子, 此光子若再發生光電效應將能量轉由光電子呈現則為回散射鋒。

5. 氡氣是鈍氣，不容易與其它分子結合，所以不容易停留肺、氣管與支氣管太久。但為何人類因氡氣造成的劑量佔每年背景輻射的最大比例？(10分)

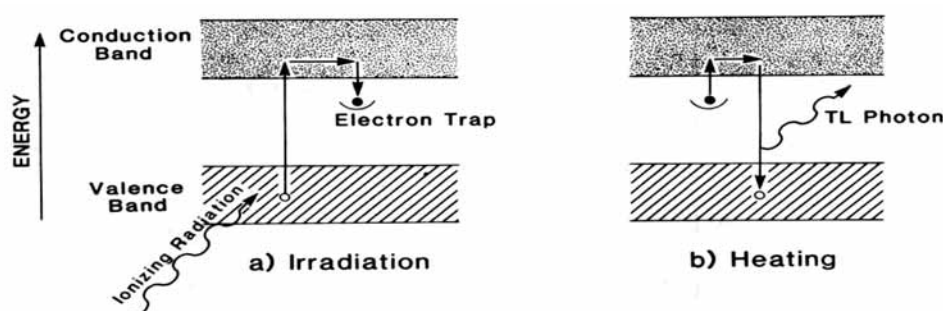
參考答案：

- (1) 人類需要不停地呼吸以維持生命，呼吸將氧氣吸入的同時，也將氡氣及其子核吸入，氡氣以氣體的方式存在空氣中；而氡子核則大多附著於懸浮微粒(或稱氣懸膠，aerosols)。人類吐氣時，雖可將氡氣呼出，但卻難以將吸入的懸浮微粒呼出，因懸浮微粒沉降在呼吸道的表面。
- (2) 氡氣的子核有  $^{218}\text{Po}$ 、 $^{214}\text{Bi}$ 、 $^{214}\text{Pb}$  等，每個子核均釋出阿伐粒子。所以一般所謂氡氣造成最大的劑量，實為氡子核之貢獻。
- (3) 阿伐粒子的射質因數 20，較其它輻射高；及肺的組織加權因數 0.12 亦高，導致有效等效劑量高。

6. 請繪簡圖並說明熱發光劑量計的工作原理？(10分)

參考答案：

熱發光劑量計=thermoluminescence dosimetry=TLD，可將一段時間所累積輻射，透過特殊的計讀機器，將由輝光的計讀將輻射量推算。TLD 具有體積小、攜帶方便的好處；唯輻射的度量值非能即時計讀出。其應用簡單的原理如下：



此為固態物理簡單示意圖，電子原處於 Valence band(價電子帶，或稱為基態)，經游離輻射照射後，電子將從 Valence band 跳到 Conduction band(傳導帶)。因此在 Valence 將留下一個電洞(vacancy)，它將在 Valence band 游動。而被激發的電子將在傳導帶游動，直到再掉落 Valence band(基態)，或掉入電子陷阱(trap)。此陷阱常為所額外加入的元素造成，例如： $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ，Dy 為造成 trap 的原因。若掉入電子陷阱內，將待在陷阱內一長段時間。將此受照射後的 TLD，加熱(約  $300^\circ\text{C}$ )，則在陷阱內的電子會吸收此能量而跳躍至傳導帶，接著大部份再降階釋能躍遷至價電子帶。而所釋出的能量我們稱為螢光(fluorescence)。如此加熱釋出螢光的過程，稱為「熱發光(thermoluminescence, TL)」。將加熱溫度與 TLD 釋出 TL 的數量，可繪製所謂的「輝光曲線」，分析輝光曲線可以反推算入射的輻射量，再推論有多少劑量。

7.請說明細胞的生命週期及各期之特徵、功能與對輻射敏感度?(10分)

參考答案：

細胞的生長分裂過程，將經歷：G1(gap 1)、S(DNA 合成期)、G2(gap 2)及M(分裂期，或稱 mitosis)四個時期，合稱為細胞週期(cell cycle)。

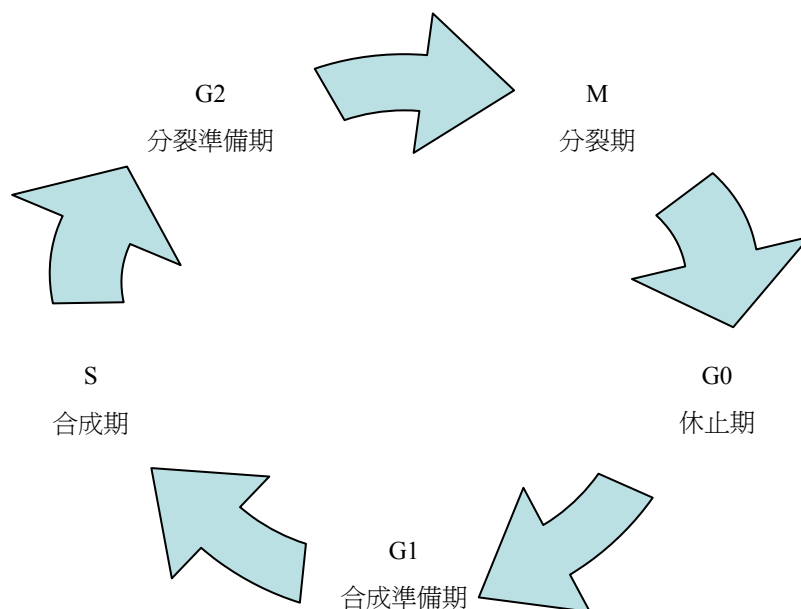
G1：細胞處於分裂期結束至 DNA 合成期之前的時期，稱為 G1 期。此時細胞合成 RNA 及各種蛋白質。

S：DNA 或染色體複製成原來的二倍。

G2：S 期結束到 M 期開始之前之時期，稱為 G2 期。

M：M 期結束時，母細胞分裂成二個子細胞，而且每個子細胞的染色體數量與母細胞相同。

其中 G2 與 M 期對輻射最敏感，G1 期次之，S 期晚期對輻射最不敏感。



G2 及 M 期對輻射最敏感，S 期最不敏感。