

九十三年度第二次輻射防護員級測驗試題

專業科目

93.12.4

1. 請說明游離輻射的直接作用及間接作用？並舉例說明之。10%

答案：

游離輻射的間接作用：當 X 光或 γ 射線照射到人體時，經由水或其他分子的游離產物（主要是自由基），再間接傷害細胞內重要標靶的方式，即稱為游離輻射的間接作用。如果受到傷害的大分子是 DNA，則導致基因突變，染色體變異或細胞死亡。

游離輻射的直接作用：當 X 光或 γ 射線照射到人體時，將分子或原子游離後，所產生的電子，直接作用在 DNA 上，即種為直接作用。

2. 國內目前皆使用 TLD 人員劑量徽章，請問它的作用原理及使用時應注意事項？10%

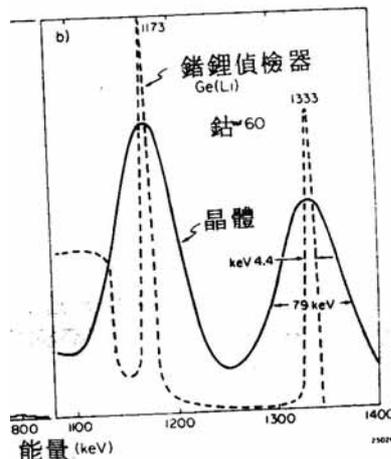
答案： TLD 作用原理：當游離輻射照射到熱發光劑量計上面時，劑量計中的電子受激由價帶躍遷至導帶，同時在價帶上產生電洞。這些電子與電洞被雜質或晶格缺陷所陷住，由此鎖住激發能在晶體內。將晶體加熱，激發能則以光的形式釋出。這些光經光電倍增管的轉換變成電子，而由電子儀器加以度量。

使用時應注意事項：(1)防止消光反應，防潮。

(2)計讀一次，就不能重新計讀，所以計讀時必須小心。

3. 試以 ^{60}Co 為例，說明碘化鈉偵檢器及鍺鋰偵器的解析度及偵測效率之區別？並畫出其能譜圖。10%

答案：鍺鋰偵檢器的分解度較佳，碘化鈉偵檢器的效率較大



4. 體內放射性污染常用的偵測方法有那兩種？試比較其優劣及使用區別。10%

答案：

全身計測法	生物鑑定法
(1) 可直接自體外計測體內所含核種及活度	(1) 藉分析人體的排泄物間接推算體內劑量
(2) 可自體外直接測到體內所含核種的位置	(2) 必須要具備核種體內排泄常數
(3) 接受檢查人員必須到特定的計測室	(3) 分析試樣的收集較麻煩
(4) 對體內污染 α 或加馬核種的測量甚為方便，高能量貝他核種也可能測量	(4) 可以測量阿伐、貝他、加馬等任何核種
(5) 設備比較昂貴	(5) 可以在一般設備的實驗室度量
(6) 評估體內曝露劑量較正確	(6) 推算體內曝露結果誤差稍大

5. 說明光子與物質作用的主要三種機制，簡述此三種效應的質量衰減係數(mass attenuation coefficient)，又電子動能及反應機率與光子能量($h\nu$)及介質之原子序數(Z)的關係為何？10%

答案：

光子與物質的作用機制主要有下列三種：光電效應、康普吞效應和成對發生。

光電效應是指光子射至物質以後，光子的能量被物質的原子完全吸收而讓原子中的電子(通常是內層軌道電子)游離出來，也就是自光子轉變成電子的一種變化。

康普吞效應是指光子射至物質以後，不僅有電子(通常是外層軌道電子)游離出來，同時還有能量較低的光子散射出來。

成對發生是指高能量的光子(至少在1.02 MeV以上)射至物質以後，光子完全消失，卻有一帶正電荷的電子(正子)和一帶負電荷的電子發射出來。當成對發生的正子的動能消失殆盡時，極易與負電子產生互毀作用(annihilation)而消失並產生兩個0.511 MeV的光子。

作用名稱	電子動能	反應機率與 $h\nu$ 及 Z 之關係
光電效應	$h\nu - B_k$	Z^{4-5} / E^3
康普吞效應	$h\nu - h\nu'$	Z/E
成對發生	$1/2(h\nu - 1.022\text{MeV})$	Z^2/E

6. 已知 ^{14}C 的半化期為 5730 年，試計算其平均壽命及比活度 (specific activity) ? 10%

答案：

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = 1.443T = 1.443 \times 5730 = 8268\text{y}$$

$$\begin{aligned} \text{S.A.} = \lambda A &= \frac{0.693}{5730 \times 365 \times 86400} \times \frac{1 \times 6.02 \times 10^{23}}{14} \text{ (Bq/g)} \\ &= 1.65 \times 10^{11} \text{ Bq/g} \times \frac{1\text{Ci}}{3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}} = 4.46 \text{ Ci/g} \end{aligned}$$

答案：8268 年， $1.65 \times 10^{11} \text{ Bq/g}$ (4.46 Ci/g)

7. 設單次攝入 $6.3 \times 10^3 \text{ Bq}$ 的某放射性核種，在其後 50 年期間身體的某器官接受了 0.20 mGy 的 β 射線的劑量和 0.5 mGy 的 α 粒子曝露的劑量。該器官的組織加權因數為 0.05。

- (1) 試計算對該器官的約定等效劑量 ? 5%
- (2) 如果這個器官是唯一受曝露的器官，試計算其約定有效等效劑量 ? 5%
- (3) 試求這種攝入途徑的年攝入限度 (ALI) ? 5%

解：(1) 下面計算對該器官的約定等效劑量：

$$\text{該器官的約定等效劑量} = 0.2 * 1 + 0.5 * 20 = 10.2 \text{ mSv}$$

(2) 如果這個器官是唯一受曝露的器官，下面計算其約定有效等效劑量：

$$\begin{aligned} \text{該器官的約定有效等效劑量, } H_E &= H_T * 0.05 = 10.2 * 0.05 \\ &= 0.51 \text{ mSv} \end{aligned}$$

(3) 下面求這種攝入途徑的年攝入量限度 (ALI)：

由(b)知該器官的約定有效等效劑量， $H_E = 0.51 \text{ mSv}$

攝入劑量限度為 50 mSv

$$\frac{0.51}{6.3 \times 10^3} = \frac{50}{X}$$

由此得出年攝入限度(ALI) $X = 6.17 \times 10^5 \text{Bq}$

答：(1) 器官的約定等效劑量 = $0.2 \times 1 + 0.5 \times 20 = 10.2 \text{ mSv}$ 。

(2) 該器官的約定有效等效劑量， $H_E = 0.51 \text{ mSv}$ 。

(3) 該核種這種途徑的年攝入限度 (ALI) 為 $6.17 \times 10^5 \text{ Bq}$ 。

8. 離鈷-60 點射源 1 公尺處的劑量率為 1mSv/h，則：

(1) 距離 10 公尺處劑量率為何?(空氣衰減因素忽略不計) 5%

(2) 若欲使上述位置的劑量率降低至 $0.03 \mu \text{Sv/h}$ ，需用多厚的鉛板作屏蔽?[鉛的 HVL(Co-60)=1.2 公分。] 5%

解：(1) $1/10^2 = 0.01 \text{ mSv/h}$

(2) $0.03/1000 = (1/2)^N$

$N = 15$

$15 \times 1.2 = 18 \text{ cm}$

答：(1) 0.01 mSv/h 。

(2) 18 cm 。

另解：部分考生將(1)的劑量率當作降低至 $0.03 \mu \text{Sv/h}$ 而計算，若計算正確亦給分。

$$\frac{0.03 \mu \text{Sv/h}}{0.01 \times 1000 \mu \text{Sv/h}} = \left(\frac{1}{2}\right)^N$$

$N=8.38$

$8.38 \times 1.2 \text{cm} = 10.05 \text{cm}$

答：10.05cm

9. 某核種物理半化期 100 天，生物半化期 25 天，求其有效半化期？
 又若攝入後 2 個月經全身計測其活度為 800 Bq，問此次情況造成之
 體內劑量為多少 mSv？（設此核種造成全身有效等效劑量達到限度
 之 ALI 為 20000Bq）10%

解：(1) $1/100 + 1/25 = 5/100 = 1/T$

$$T = 20 \text{ 天}$$

$$(2) 800/20000 = X/50$$

$$X = 2 \text{ mSv}$$

答：(1) 20 天。

(2) 2 mSv。

10. ^{38}S 每次蛻變時，有 95 % 的機率放出 1.88 MeV 的 γ 光子，試估
 計在離活度為 2.7×10^{13} Bq 的 ^{38}S 點源 3 m 處的曝露量率？5%

解：已知 活度為 2.7×10^{13} Bq， $E = 1.88 \text{ MeV}$ ， $r = 3 \text{ m}$

$$\text{由曝露量率的公式 } \dot{X} = [(0.5 * CE) / r^2] \text{ (R/h)}$$

$$\text{代入數據，得： } \dot{X} = \frac{0.5 * 1.88 * 0.95}{3^2} * \frac{2.7 * 10^{13}}{3.7 * 10^{10}} \text{ R/h}$$

$$\dot{X} = 7.24 \text{ R/h}$$

答：在離活度為 2.7×10^{13} Bq 的 ^{38}S 點源 3 m 處的曝露量率為 7.24 R/h。