

行政院原子能委員會
九十八年度第一次輻射防護人員測驗試題
輻射防護員級：專業科目(解答)

一、填充題(每格2分，每共30分)

1. 醫用 X 光機產生的 X 光能量，呈現一 (1) 連續 能譜。
2. 碘化鈉偵檢器的解析度比鍍偵檢器的解析度 (2) 差。
3. 光子入射至物質以後，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，此種作用機制稱為 (3) 康普吞效應。
4. 理想的中子屏蔽方式是先將快中子緩速或減能，然後捕獲減能後的中子，最後再衰減所可能引起的 (4) 加馬 輻射。
5. 帶電粒子於飛行過程中受鄰近的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所產生的電磁輻射稱為 (5) 制動輻射(Bremsstrahlung)。
6. 放射性核種鈷-60 蛻變時，會釋出 β^- 及 γ 射線並蛻變成為 (6) 鎳-60 核種。
7. 若放射性核種每小時蛻變 2%，則該核種的半化期($T_{1/2}$)為 (7) 34.3 小時。
8. 當原子核內的質子數比中子數多時(氫原子核除外)易發生放射 (8) β^+ (正貝他粒子) 的蛻變，使核內的質子數少一個，中子數多一個。
9. 三個半值層 (HVL) 加上兩個什一值層 (TVL) 的屏蔽厚度，可使光子的穿透率降為原來的 (9) 1/800。
10. 一個 2.222 MeV 光子在原子核附近進行成對發生反應後，剩餘的能量由產生的正負電子均分，則正電子的動能為 (10) 0.6 MeV。
11. 在輻射度量中，為使標準差之百分比為 4 % 時，則需要的計數值應為 (11) 625。
12. 請問熱中子的平均動能= (12) 0.025 eV。
13. 某 NaI 偵檢器測量得 662 keV 能量處之 FWHM = 33.1 keV，請問此偵檢器的能量解析度 (energy resolution) 為 (13) 5 %。
14. 天然背景輻射對人體造成最大的輻射劑量，主要是經由呼吸將氡及其子核吸入體內，請問這「氡」主要是那一同位素 (14) ^{222}Rn 。
15. 對水而言，40 keV 的光子，其質量衰減係數(μ/ρ)為 0.24 cm^2/g ，則其半值層= (15) 2.9 cm。

二、計算題與問答題(每題10分，計70分)

1. 有一電子束打在一水假體上，電子束的通量是 10^4 el/cm^2 (電子/平方厘米)，每一電子的能量為 20 MeV 。求出假體表面往下第一個 1 mm (毫米)層裡因游離而積存的能量。已知：游離損失 $S_{ion} = 2.063 \text{ MeV/cm}$ ，輻射損失 $S_{rad} = 0.4097 \text{ MeV/cm}$

Ans :

$$\text{轉換成游離的能量} = 10^4 \frac{\text{el}}{\text{cm}^2} \times 2.063 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}} \times 0.1 \text{ cm} = 2063 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{故因游離而積存在假體表面往下第一個 } 1 \text{ mm 層裡的能量為 } 2063 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}^2}$$

2. 光子屏蔽計算，如果屏蔽相當厚，有些光子在吸收體中經過兩次或更多次散射後才到達偵檢器，在這種情形，散射光子並未移除，則對寬射柱而言，簡單的指數方程式所算出屏蔽外光子通量值有偏低的情況。這種屏蔽散射的影響可以用什麼因數做修正？又此因數的變化與屏蔽或射束的什麼因子有函數的關係？

Ans :

(1) 增建因數。(2) 增建因數是屏蔽材料、厚度、輻射能量及特殊觀測量的函數。

3. 將 1 g 的 ^{59}Co 作成的薄片試樣，在熱中子束通率為 $3.0 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 - \text{sec}$ 中照射 1 年 ，求產生放射性同位素 ^{60}Co 之原子數目。亞佛加得羅常數為 6.02×10^{23} ，而 ^{59}Co 的熱中子吸收截面 $\sigma_a = 37 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ ， ^{60}Co 之半化期為 5.26 年 。

Ans :

令產生放射性同位素 ^{60}Co 之原子數目為 N_{60} ，薄片試樣 ^{59}Co 之原子數目為 N_{59} ，熱中子束通率為 Φ ，照射時間為 t ，

$$\text{則 } N_{59} = \frac{1}{59} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.02 \times 10^{22}$$

$$\text{且 } \lambda N_{60} = N_{59} \Phi \sigma_a (1 - e^{-\lambda t}) = 1.02 \times 10^{22} \times 3.0 \times 10^{12} \times 37 \times 10^{-24} \times 0.12$$

$$\lambda N_{60} = 1.36 \times 10^{11}$$

$$N_{60} = \frac{1.36 \times 10^{11}}{4.17 \times 10^{-9}} = 3.26 \times 10^{19} \text{ 個 } ^{60}\text{Co} \text{ 原子}$$

4. 離鈷 60 射源 10 公尺 處受照射物，吸收劑量率為 $50 \mu \text{ Gy/h}$ ，如該物連續接受照射達 10 年 ，其累積的吸收劑量多少？鈷 60 半化期為 5.26 年 。

Ans :

$$D = \int_0^t \dot{D} e^{-\lambda t} dt = \frac{\dot{D}}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{5.26 \times 365 \times 24} = 1.50 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$$

經過 10 年

$$D = \frac{50 \times 10^{-6} \text{ Gy/h}}{1.50 \times 10^{-5} / h} (1 - e^{-\frac{0.693}{5.26} \times 10}) = 2.44 \text{ Gy} \dots \text{ 10 年累積的吸收劑量}$$

5. 一古木雕測得 ^{14}C 的活度為 400Bq/g，另取新木測得 ^{14}C 的活度為 600Bq/g，請問古木雕是數百年前的藝術品？ ^{14}C 的半化期為 5730 年。

Ans :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda t = \ln \frac{N_0}{N}$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{5730 \text{ y}} = 1.21 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

$$t = \frac{1}{1.21 \times 10^{-4}} \ln \frac{600}{400} = 3351 \text{ 年} \dots \dots \text{ 木雕是 3351 年前的藝術品。}$$

6. 某游離腔偵檢器在攝氏 20 度，大氣壓 760 毫米水銀柱情況下校正，若使用時，現場環境情況為攝氏 35 度，大氣壓 730 毫米水銀柱，且劑量讀值為 13，則修正後之讀值應為多少？

Ans :

$$13 \times \frac{760}{730} \times \frac{273 + 35}{273 + 20} = 14.2 \dots \dots \text{ 修正後之讀值}$$

7. 某工作人員意外受到 6000Bq 的 ^{32}P 溶液濺灑到 15 cm^2 的皮膚，請問受污染皮膚的劑量率為何？ $\text{DCF}(^{32}\text{P}, \text{皮膚}) = 3.47 \times 10^{-6} \frac{\text{Gy/h}}{\text{Bq/cm}^2}$

Ans :

受污染皮膚的劑量率為：

$$\dot{D} \frac{\text{Gy}}{h} = \text{DCF} \frac{\text{Gy/h}}{\text{Bq/cm}^2} \times C_a \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^2} = 3.47 \times 10^{-6} \frac{\text{Gy/h}}{\text{Bq/cm}^2} \times \frac{6000 \text{ Bq}}{15 \text{ cm}^2} = 1.39 \text{ mGy/h}$$