

行政院原子能委員會
102 年度第 1 次「輻射防護師」測驗試題
專業科目

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. 已知鎢原子的K層能階為70 keV，L層為11 keV，M層為2.5 keV，若K層有一電子被移走，則不會出現下列那一個能量的特性X射線？ (1)8.5 keV (2)56.5 keV (3)59 keV (4)67.5 keV

[解：]

2

2. 試問從鈾-238(${}_{92}^{238}U$)開始，終止於穩定的鉛-206(${}_{82}^{206}Pb$)，其間總共發射多少個 α 粒子？ (1) 6 個(2) 7 個(3) 8 個(4) 9 個

[解：]

3

解： $(238-206) \div 4 = 8$

3. 游離輻射造成的生物效應中，何者傷害最早發生？ (1)DNA 傷害 (2)細胞死亡 (3)癌症形成 (4)遺傳疾病

[解：]

(1)

4. 下列有關蓋革計數器之敘述，何者正確？

- (1)可以分辨出不同種類的輻射，也可以分辨出不同的能量
(2)可以分辨出不同種類的輻射，但不能分辨出不同的能量
(3)不能分辨出不同種類的輻射，但可以分辨出不同的能量
(4)不能分辨出不同種類的輻射，也不能分辨出不同的能量

[解：]

4

5. 如果肺部受到阿伐粒子(如攝入鈾-235，鐳-226) 的曝露，接受 2 戈雷(Gy)的吸收劑量，則等價劑量為多少？ (1) 20 戈雷 (2) 20 西弗 (3) 40 戈雷 (4) 40 西弗

[解：]

4

6. 假設熱中子在 ${}^{10}B(n, \alpha){}^7Li$ 的反應中，硼-10的反應截面為1000 邦，則對於1 keV 的中子，硼-10的反應截面為多少邦？ (1) 10000 (2) 100 (3) 1 (4) 5

[解：]

(4)

$$\text{解：} \frac{\chi}{1000} = \sqrt{\frac{0.025 \text{ eV}}{1000 \text{ eV}}} = 0.005, \chi = 5$$

7. 在放射診斷上，何種效應發生較多時可使影像對比增加？ (1)成對發生 (2)康普吞效應 (3)光電效應 (4)合調散射

[解：]

3

8. 下列何種輻射之氧增比(oxygen enhancement ratio, OER)最大？ (1)X光 (2)質子
(3)快中子 (4)阿伐粒子

[解：]

(1)

解：低 LET 輻射 OER 較大，氧效應較顯著。

9. 全身接受加馬射線在 2 Gy 左右時的急性效應為何？

(1)呼吸系統症候群 (2)造血系統症候群 (3)中樞神經系統症候群 (4)胃腸消化道症候群

[解：]

2

10. 一充氣式游離腔校正於 22 °C 和 760 mmHg 大氣壓下。若在溫度 10 °C 和 650 mmHg 大氣壓時所測量到的讀數為 R，經修正為 22 °C 和 760 mmHg 大氣壓下的讀數為 R'， $R' = R \times k_p$ ，則 k_p 為 (1)0.53 (2)0.89 (3)1.12 (4)1.88

[解：]

(3)

$$k_p = \frac{273+10}{273+22} \times \frac{760}{650} = 1.12$$

11. 已知空間某一點之光子能量通量為 5 J/m²，且質量能量吸收係數為 0.02 m²/kg，在電子平衡條件存在之情況下，則該點之吸收劑量(cGy)為？ (1)0.1 (2)0.4 (3)10
(4)2500

[解：]

(3)

$$D = \psi \cdot \frac{\mu_{ab}}{\rho} = 5 \frac{J}{m^2} \cdot 0.02 \frac{m^2}{kg} = 0.1 Gy = 10 cGy$$

12. 511 keV 的光子與電子發生康普吞散射，請問散射光子的能量(keV)範圍？ (1)170~341
(2)170~511 (3)0~341 (4)341~511

[解：]

(2)

當夾角 $\theta=0^\circ$ 時，則交給電子的能量最大，散射光子的能量最小，

$$h\nu'_{\min} = \frac{h\nu}{1+2\alpha} = \frac{511keV}{1+2 \cdot \frac{0.511}{0.511}} = 170keV$$

當 $\theta=180^\circ$ 時，則交給電子的能量最小，此散射光子能量為

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1+\alpha(1-\cos\theta)} = \frac{511keV}{1+1 \cdot (1-\cos 0^\circ)} = 511keV$$

13. 單靶模型(single target model)中，細胞生存曲線 $S = S_0 e^{-D/D_0}$ 中表示靶被擊中的機率為

(1) e^{-D/D_0} (2) $0.693 \times \frac{D}{D_0}$ (3) $(1 - e^{-D/D_0})$ (4) $0.37 \times (1 - \frac{D}{D_0})$

[解：]

(3)

14. 下列何種儀器為充氣式偵檢器的一種？ (1)個人電子劑量計(EPD) (2)電容器型袖珍劑量計(劑量筆) (3)熱發光人員劑量徽章(TLD) (4)光刺激發光人員劑量徽章(OSLD)

[解：]

(2)

(電容器型袖珍劑量計--劑量筆屬游離腔的一種)

15. 5 MeV 光子照射在人體肌肉組織上，光子通量為 10^{10} cm^{-2} ，已知 $\mu/\rho=0.030 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，平均轉移能量 $E_{tr}=3.21 \text{ MeV}$ ，平均吸收能量 $E_{ab}=3.16 \text{ MeV}$ ，試計算 kerma(MeV/g)？

- (1) 9.48×10^7 (2) 9.63×10^7 (3) 9.48×10^8 (4) 9.63×10^8

[解：]

(4)

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{\mu}{\rho} \times \frac{E_{tr}}{h\nu} = 0.030 \text{ cm}^2/\text{g} \times \frac{3.21}{5} = 0.01926 \text{ cm}^2/\text{g}$$

$$\text{kerma} = \psi \cdot \frac{\mu_{tr}}{\rho} = 5 \text{ MeV} \times 10^{10} \frac{1}{\text{cm}^2} \times 0.01926 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} = 9.63 \times 10^8 \frac{\text{MeV}}{\text{g}}$$

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 請說明光子輻射與介質的那一部分相作用？為何光子輻射與物質作用被歸為間接游離？請以學理的觀點說明為何一般都採用鉛作光子輻射的屏蔽？

[解：]

(a)光子輻射與介質組成元素的外層軌道電子相作用

(b)光子輻射先與軌道電子以光電吸收、康普頓散射或成對發生等作用機制，產生電子，這些帶著能量的電子才開始去游離或激發其他介質的原子，同時有一部分電子與介質的原子核作用產生制動輻射(X光)，故稱之為間接游離。

(c)由於光子與介質作用的機率(作用截面)非常小，比游離度很小，所以穿透很強，作屏蔽的材質以電子密度高的材質為佳，例如一個鉛原子含有 82 個電子，電子密度高，質軟易加工，可增加與光子作用的機會達到屏蔽光子的目的。

2. 氡-222 (^{222}Rn)為惰性氣體，不會停留在肺或氣管、支氣管太久，但為何它造成國民每年背景輻射劑量占很大的比例？試詳述其原因。另請說明氡-222 造成人員劑量會受那些環境因素的影響？

[解：]

(1)氡-222 是惰性氣體，瀰散於空氣之中，不易隨呼吸停留在人體肺內，但是它連續 4 個很短半衰期，且都放射阿伐射線的子核種： ^{218}Po ， ^{214}Bi ， ^{214}Pb ， ^{214}Po 卻全都是固態顆粒的性質，因此這些子核活度與 ^{222}Rn 呈平衡，又都沾附在空氣中的灰塵微粒或小水滴分子上(氣懸膠)，隨著呼吸沉降在肺的深部與呼吸道的表面，造成極大的等價劑量。

(2)人員受氡-222 造成體內劑量的影響因數包括房間之通風換氣率、空氣的溫度濕度、以及空氣中懸浮微粒的尺寸與濃度等因數的影響很大。

3. 某試樣中含 3.0 %的鈉，今以通量 $2.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 的熱中子照射該試樣 0.12 克，照射 12 分鐘，試問照射終了時 $^{24}\text{Na}/^{23}\text{Na}$ 原子數的比為何？ $^{23}\text{Na}(n, r)^{24}\text{Na}$ 反應截面積 $\sigma = 0.53 \text{ 邦}$ ， ^{24}Na 半衰期 = 15 小時。

[解：]

中子活化公式： $\lambda N = \phi \sigma n(1 - e^{-\lambda t})$

N 為照射後生成之 ^{24}Na 原子數目，

n 為未照射前 ^{23}Na 原子數目，

λ 為 ^{24}Na 的衰減常數 = $0.693/15 \times 3600$ 秒

照射10分鐘後原子數目之比 $^{24}\text{Na}/^{23}\text{Na} = N/n - N = 1/[(n/N) - 1]$

$$\frac{n}{N} = \lambda / \phi \sigma (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.693}{15 \times 3600 \text{秒}} \\ &= \frac{2.3 \times 10^{11} \frac{\text{中子}}{\text{cm}^2 \cdot \text{秒}} \times 0.53 \times 10^{-24} \text{cm}^2 \times (1 - e^{-\frac{0.693}{15 \times 60} \times 12})}{1.22 \times 10^{-13} (1 - 0.99)} \\ &= 1.28 \times 10^{-5} / 1.22 \times 10^{-13} (1 - 0.99) \\ &= 1.28 \times 10^{-5} / 1.22 \times 10^{-15} \\ &= 1.05 \times 10^{10} \end{aligned}$$

$$^{24}\text{Na}/^{23}\text{Na} = 1/[1.05 \times 10^{10} - 1] = \frac{1}{1.05 \times 10^{10}} = 9.5 \times 10^{-11}$$

4. 有一實驗用來計算無感時間，蓋革計數器所測得射源 A、射源 A 加射源 B、射源 B 之計數率分別為 1182 cps、2063 cps 及 1233 cps。若背景之計數率非常小而可忽略，計算無感時間及經過修正後之射源 A 的計數率。

[解：]

1. 無感時間： $\tau = \frac{N_A + N_B - N_{AB}}{2N_A \cdot N_B} = \frac{1182 + 1223 - 2063}{2 \times 1182 \times 1223} = 1.18 \times 10^{-4} \text{s}$

2. 修正後之射源 A 的計數率：

$$N_c = \frac{N_A}{1 - N_A \cdot \tau} = \frac{1182}{1 - 1182 \times 1.18 \times 10^{-4}} = 1374 \text{ cps}$$

5. 試舉例說明那些方法可以做為生物劑量計以評估人員接受輻射劑量的多寡。

[解：]

1. 白血球數目的測定：

輻射會造成人員血液血球數目的改變，通常 0.5 Gy 以上的全身劑量，血液才會明顯的變化。人體接受輻射曝露後前 2 天首先顯示淋巴球數的迅速下降，故測定淋巴球數目的變化可以推估人員接受劑量的範圍。

2. 生化學分析：

輻射造成生物體內大分子物質的分解，這些代謝產物進入血液循環再進入尿中，因此分析人員尿中某些生化學物質的量亦可推估人員接受的劑量範圍，但此方法誤差大、干擾大，劑量評估的正確性較差。

3. 染色體變異分析：

細胞中的染色體極易受輻射的傷害產生各種變異，因此分析血液淋巴球中染色體的變異率即可推估人員接受的輻射劑量。染色體變異包括雙中節、環形、碎片等，是目前最廣用的生物劑量計。

6. 假設已知 8 MeV 光子與電子間的康普頓碰撞截面為 $6.12 \times 10^{-30} \text{m}^2$ ，試計算水之康普頓散

射的線性衰減係數。

[解:]

水的分子量 = 18 克，含 6.02×10^{23} 個水分子，每個水分子含 $8 + 2 = 10$ 個電子，每

$$1 \text{ m}^3 \text{ 水} = 1 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3},$$

$$\begin{aligned} \text{水的電子密度} \left(\frac{\text{電子}}{\text{m}^3} \right) &= 6.02 \times 10^{23} \text{ 水分子} \times \frac{1 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{18 \text{ g}} \times 10 \frac{\text{電子}}{\text{水分子}} \\ &= 3.34 \times 10^{29} \frac{\text{電子}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

因此水的康普頓線性衰減係數為

$$6.1210^{-30} \frac{\text{m}^2}{\text{電子}} \times 3.34 \times 10^{29} \frac{\text{電子}}{\text{m}^3} = 2.04 \frac{1}{\text{m}}$$

7. 一 100 cm^3 的水，受到通量率為 $1500 \text{ 熱中子} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的照射，已知 ${}^1\text{H}(n, \gamma){}^2\text{H}$ 的反應截面是 $3.3 \times 10^{-25} \text{ cm}^2$ ，請問由於中子捕獲每秒產生多少光子？

[解:]

100 cm^3 水的質量 = 100 g。因為 1 個 H_2O 分子有 2 個 H 原子，

所以 100 g 的水有 $\frac{100}{18} \times 6.02 \times 10^{23} \times 2 = 6.69 \times 10^{24}$ 個氫原子(核)

$$\text{產生光子率: } 1500 \frac{1}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \times (3.3 \times 10^{-25} \text{ cm}^2) \times 6.69 \times 10^{24} = 3310 \frac{1}{\text{s}}$$

每秒產生 3310 個光子