

核能安全委員會
115 年度第 2 次「輻射防護員」測驗試題
游離輻射防護專業

一、單選題：(每題 2 分，共 30 分，答錯不倒扣)

1. 下列關於游離輻射生物效應的敘述，何者為真？

- A. 輻射造成癌症有其劑量閾值。
- B. 當 X 光照射細胞時，增加照射周圍硫氫化合物的濃度可提高細胞存活率。
- C. 當加馬輻射照射細胞時，提高細胞周圍氧氣的濃度可降低細胞存活率。
- D. 氧增強比值(OER)隨線性能量轉移(LET)增加而提高。

(1) 僅 ABC (2) 僅 ACD (3) 僅 BC (4) 僅 BCD

[解：]

(3)

2. Al 與 Cu 的密度分別為 2.7 與 8.9 g/cm³，若二者之質量衰減係數皆為 0.5 cm²/g，則 Al 與 Cu 的線性衰減係數分別為？

(1) 1.35、4.45 (2) 2.7、8.9 (3) 0.18、0.06 (4) 1.64、2.98

[解：]

(1)

3. 若以 μ/ρ 表示質量衰減係數，其單位為 m²/kg，以 N_e 表示每克的電子數，Z 表示物質的原子序數，則原子的衰減係數(μ_a)以 m²/atom 為單位時，其值為下列何者？

(1) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{N_e}$ (2) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{Z}{N_e}$ (3) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{1000N_e}$ (4) $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{Z}{1000N_e}$

[解：]

(4)

4. 若 1 MeV 質子在水中單位距離內發生作用的機率是 420 μm⁻¹，每次作用的平均能量損失為 70 eV，則其阻擋本領為多少 keV/μm？ (1) 0.006 (2) 29.4 (3) 70 (4) 29400

[解：]

(2)

阻擋本領 = 420 μm⁻¹ × 70 eV = 29.4 × 10³ eV/μm = 29.4 keV/μm

5. 有一工作人員使用計數效率為 10% 的偵檢器測定 ^{198}Au ($T_{1/2}=2.69\text{ d}$) 樣品，經過 5 分鐘測量，得到淨數值為 30,000 個計數，請問此 ^{198}Au 的樣品質量為多少 pg？(每次衰變僅產生一個輻射) (1) 0.11 (2) 1.1 (3) 39.7 (4) 397

[解：]

(1)

$$\text{偵測效率} = \frac{\text{量測的活度}}{\text{實際的活度}} \Rightarrow \text{實際的活度} = \frac{\text{量測的活度}}{\text{效率}} \therefore \text{實際的活度} = \frac{\frac{30000}{5}}{0.1} =$$

$$60000\text{dpm} = 1000\text{dps} = 1000\text{Bq}$$

$$A = N\lambda \Rightarrow 1000 = \frac{a}{198} \times 6.02 \times 10^{23} \times \frac{0.693}{2.69 \times 24 \times 3600} \therefore a = 1.1 \times 10^{-13}\text{g}$$
$$= 0.11 \times 10^{-12}\text{g}$$

6. 一放射性樣品經計測後計數為 2240 counts，計測時間為 5 sec，則其計數率及標準差為下列何者？(不考慮背景)

(1) $448 \pm 21.2\text{ s}^{-1}$ (2) $448 \pm 15.5\text{ s}^{-1}$ (3) $448 \pm 9.5\text{ s}^{-1}$ (4) $448 \pm 5.5\text{ s}^{-1}$

[解：]

(3)

$$2240/5=448$$

$$(S^{1/2})/t = 9.5$$

7. 下列哪個時期接受到高劑量之輻射照射造成胚胎死亡的機率最高？

(1) 著床前期 (2) 器官形成期 (3) 胎兒期 (4) 成長期

[解：]

(1)

8. 下列哪一項不是從原子核發射出來的輻射？

(1) α 粒子 (2) β^- 粒子 (3) X 射線 (4) 加馬射線

[解：]

(3)

9. 下列哪一種細胞類型對輻射最敏感？

(1) 肌肉細胞 (2) 神經元 (3) 精原細胞 (4) 骨細胞

[解：]

(3)

10. 化學劑量計每吸收 100 eV 能量產生的分子數稱為？

(1) W 值 (2) G 值 (3) Γ 值 (4) CF 值

[解：]

(2)

11. 現有一 100 mCi 的銫 137，距離其射源 2 公尺處的曝露率為多少 mR/h？(半化期 $T_{1/2}=30y$)
($\Gamma=0.32 \text{ R} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Ci}^{-1}$)

(1) 0.64 (2) 8 (3) 32 (4) 64

[解：]

(2)

$$\text{曝露率} = \Gamma A/d^2 = 0.32 (\text{R} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Ci}^{-1}) \times 0.1 \text{ Ci} / (2 \text{ m})^2 = 0.008 \text{ R/h} = 8 \text{ mR/h}$$

12. 在 20 °C，760 mmHg 條件下校正的游離腔，置於 28 °C，753 mmHg 的環境下使用，試問溫度及壓力的修正因子為多少？ (1) 1.67 (2) 1.04 (3) 0.99 (4) 0.95

[解：]

(2)

$$K = (273.2 + 28) / (273.2 + 20) \times (760 / 753) = 1.04$$

13. 若不慎攝入下列何種放射性物質，可能均勻分布於全身？

(1) 碘 (2) 銥 (3) 鈾 (4) 氫

[解：]

(4)

碘：集中於甲狀腺；銥及鈾：積滯於骨頭處；氫：可能隨體液均勻分布於全身。

14. 有效劑量最不受下列何者影響？

(1) 吸收劑量 (2) 輻射加權因數 (3) 組織加權因素 (4) 接受曝露的人數

[解：]

(4)

15. 微中子常伴隨下列何種作用而產生？ (1) α 衰變 (2) 電子捕獲 (3) 內轉換 (4) γ 衰變

[解：]

(2)

二、計算問答題：(每題 10 分，共 70 分)

1. 一能量為 E 之單能光子的直線能量吸收係數為 μ_{en} ，直線能量轉移係數為 μ_{tr} ，靶物質密度為 ρ ，光子通量為 Φ ；請以上述符號表示此光子之：

(1) 質量能量吸收係數(3%)

(2) 質量能量轉移係數(3%)

(3) 克馬(4%)

[解：]

(1) 質量能量吸收係數： μ_{en}/ρ

(2) 質量能量轉移係數： μ_{tr}/ρ

(3) 克馬： $K = \Phi (\mu_{\text{tr}}/\rho) E$

2. 波長為 2.8 pm 的 X 光，其頻率為多少赫茲(Hz)？ 其能量為多少焦耳(J)？

$$(c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}, h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})$$

[解：]

$$\nu = (3 \times 10^8) / (2.8 \times 10^{-12}) = 1.07 \times 10^{20} \text{ Hz}$$

$$E = h\nu = 6.626 \times 10^{-34} \times 1.07 \times 10^{20}$$

$$= 7.1 \times 10^{-14} \text{ J}$$

3. 某 10 GBq 的 ^{137}Cs 密封點射源正常操作時，工作人員位於距射源 2 公尺處，每次作業 15 分鐘，每週 4 次。已知 ^{137}Cs 的空氣克馬率常數 $\Gamma = 0.080 \text{ mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{GBq} \cdot \text{h})$ 。現欲加裝鉛屏蔽，使該工作位置的年體外曝露劑量不超過 5.0 mSv，以 50 週/年估算。鉛對該 γ 射線的第一 TVL 為 1.8 cm，平衡 TVL 為 1.5 cm，試問：

(1) 計算未屏蔽時工作位置的年劑量。(3%)

(2) 求鉛屏蔽之穿透因子(transmission factor, B)。(3%)

(3) 若不考慮增建因子，計算所需鉛厚度。(4%)

[解：]

(1) 劑量率 $= \Gamma A / r^2 = 0.080 \times 10 / 2^2 = 0.20 \text{ mGy/h} \approx 0.20 \text{ mSv/h}$ 。每週作業 1 h，因此 50 週為 10 mSv/yr。

(2) $B = 5 / 10 = 0.50$

(3) 若不考慮增建因子， $\text{HVL} = \text{TVL} / 3.3$ ，故所需鉛厚度為 0.55 cm

4. 將一 5.0 mCi 的 ^{198}Au (半化期=2.69 天) 放置於病患體內，並於 3 天後取出，試問：

(1) ^{198}Au 的平均壽命為多少天？(5%)

(2) ^{198}Au 於該段期間的總衰變次數為何？(5%)

[解：]

$$(1) \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{2.69}{0.693} = 3.88 \text{ (天)}$$

$$(2) \int_0^3 A_0 e^{-\lambda t} dt \Big|_0^3 = \frac{A_0}{-\lambda} e^{-\lambda t} \Big|_0^3 = \frac{5 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10}}{-(0.693/2.69)} \times 86400 \text{ s/d} \times (e^{-\frac{0.693}{2.69} \times 3} - 1) = 3.34 \times 10^{13}$$

5. ^{137}Cs 衰變會放出662 keV光子，使用某偵檢器測量 ^{137}Cs 的能譜，試問：

(1)若該偵檢器的能量解析度為3%，則其全能峰處的全寬半高(FWHM)為多少keV？(5%)

(2)若符合帕松(Poisson)統計分布，要使偵檢器的能量解析度 $\leq 3\%$ ，所測得的荷電載體數目(N)需大於等於多少？(5%)

[解：]

$$(1) \text{ 能量解析度 } R = \frac{\text{FWHM}}{H_0} = \frac{\text{FWHM}}{662} = 0.03$$

$$\text{FWHM} = 0.03 \times 662 = 19.86 \text{ keV}$$

$$(2) \text{ 能量解析度 } R = \frac{2.35}{\sqrt{N}}$$

$$N \geq \left(\frac{2.35}{R}\right)^2 = \left(\frac{2.35}{0.03}\right)^2 = 6136.11$$

6. 請說明蓋革計數器內部淬熄的機制。

[解：]

內部淬熄：在蓋革計數器內充入 5-10% 的淬熄氣體，通常是比主氣體分子游離能較低的氣體，例如乙醇、氯氣或溴氣。陽離子與淬熄氣體作用時，正電荷將傳遞給淬熄氣體，帶正電的淬熄氣體分子到達陰極後可獲取電子恢復電中性，陽離子的動能使淬熄分子分解，不使陰極表面再放出電子。

7. 某放射性廢液含兩種核種 X 與 Y。初始活度分別為 80 MBq 與 20 MBq，物理半化期分別為 6 h 與 30 h。存放 24 h 後，試問：

(1)分別計算 X、Y 的剩餘活度。(4%)

(2)求 Y 在存放前後總活度中所占比例。(6%)

[解：]

(1)

$$X: 80 \times 2^{(-24/6)} = 5.0 \text{ MBq} \quad Y: 20 \times 2^{(-24/30)} = \text{約 } 11.49 \text{ MBq}$$

(2)

暫存前：總活度 $\approx 100 \text{ MBq}$ 。Y 比例= 20 %。

暫存後：總活度 $\approx 16.49 \text{ MBq}$ 。Y 比例 $\approx 69.7 \%$ 。