

第五單元 輻射劑量學

5.01 曝露

1. 早期 X-射線曝露單位稱為侖琴(roentgen, R)，定義為在 0°C 及 760mmHg 標準狀態下對 1 立方公分的空氣會產生 1 靜電庫侖電量的空氣離子對。
2. ICRU 定義曝露(exposure)X 為空氣受到光子游離，單位空氣質量產生的游離電量。設 dm 空氣質量，受到光子游離，產生 dQ 的電量，則曝露 $X = \frac{dQ}{dm}$ ，單位為 $\frac{\text{Coul}}{\text{kg}}$ 。

3. 侖琴與 $\frac{\text{Coul}}{\text{kg}}$ 之關係

$$1R = \frac{1\text{sC}}{1.293 \times 10^{-3}\text{g}} \times \frac{1}{3 \times 10^9} \frac{\text{C}}{\text{sC}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$$

$$\text{或 } 1 \frac{\text{Coul}}{\text{kg}} = \frac{1}{2.58 \times 10^{-4}} = 3876 \text{ R}$$

4. 使空氣游離 1 個離子對需要 33.85eV 的能量，也稱為游離功。1 個離子對所帶的電量為 $1.6 \times 10^{-19} \text{Coul}$ ，所以游離空氣產生 1 庫侖的電量所需要的能量為

$$W = \frac{33.85 \text{ eV}}{1 \text{ ion}} \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19} \text{ Coul}} \text{ ion} \times 1.6 \times 10^{-19} \frac{\text{Joule}}{\text{eV}} = 33.85 \frac{\text{Joule}}{\text{Coul}}$$

5.02 吸收劑量

1. 通量(flucence)：垂直通過單位面積之光子數，以 ϕ 表示。設垂直通過某截面積 da 之光子數為 dN，則 $\phi = \frac{dN}{da}$ 。
2. 能量通量(energy fluence)：通過單位面積的能量，以 ϕ_E 表示。設垂直通過某截面積 da 之光子數為 dN，光子能量為 $h\nu$ ，則 $\phi_E = \frac{h\nu \cdot dN}{da} = h\nu \cdot \phi$ 。
3. 通量率(flucence rate)：單位時間通過單位面積的光子數目，以 $\dot{\phi}$ 表示。設在 dt 時間垂直通過單位面積之光子數為 $d\phi$ ，則 $\dot{\phi} = \frac{d\phi}{dt}$ 。
4. 能量通量率(energy fluence rate)：單位時間通過單位面積的能量，以 $\dot{\phi}_E$ 表示。設在 dt 時間垂直通過單位面積之能量為 $d\phi_E$ ，則 $\dot{\phi}_E = \frac{d\phi_E}{dt} = h\nu \frac{d\phi}{dt} = h\nu \dot{\phi}$ 。
5. ICRU 定義吸收劑量 D 為介質單位質量所吸收的能量，設介質質量 dm 平均吸收能量為 $d\bar{E}_{ab}$ ，則吸收劑量可表示為 $D = \frac{d\bar{E}_{ab}}{dm}$ 。

6. 吸收劑量的舊單位稱為雷得(rad)，新單位稱為戈雷(gray, Gy)，分別定為：
1rad \equiv 100erg / g、1Gy \equiv 1J / kg。

$$1\text{Gy} = 1\text{J} / \text{kg} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{J}} \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{g}} = 10^4 \frac{\text{erg}}{\text{g}} = 10^2 \text{rad}$$

7. 空氣曝露 1R 相當於吸收的能量 $E_{ab} = 2.58 \times 10^{-4} \times 33.85 = 8.73 \times 10^{-3} \frac{\text{Joule}}{\text{kg}} = 8.73\text{mGy}$ ，

$$\frac{D}{X} = 8.73 \frac{\text{mGy}}{\text{R}} = 0.873 \frac{\text{cGy}}{\text{R}} = 0.873 \frac{\text{rad}}{\text{R}}$$

5.03 曝露-劑量關係