

X光機防護屏蔽

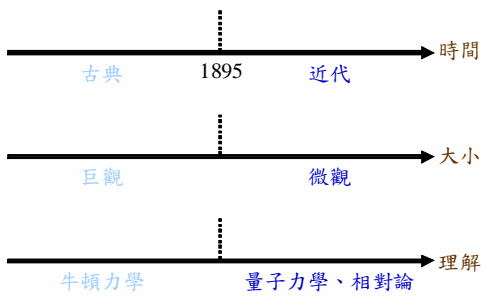


馬偕紀念醫院
放射腫瘤科
物理師：王朝興
2005/11/12

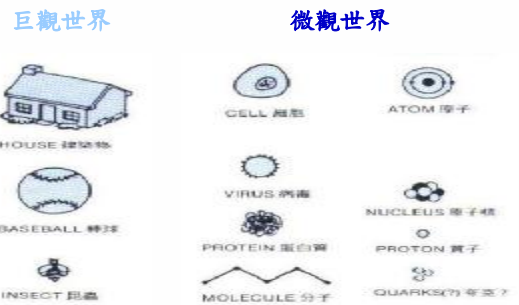
倫琴發現X光以後

- 1895年倫琴發現了X光，開啟了原子科學的時代。
- 此後，科學家利用X光做實驗，以獲取微觀世界的資訊。
- 實驗結果發現，諸多現象與牛頓力學的解釋相違背，導致量子力學及相對論的理論。
- 因X光可以穿透人體，且其衰減量與組織的原子序及電子密度有關，故開啟了放射醫學的領域。

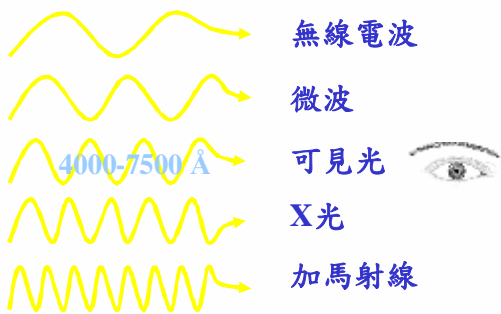
原子科學



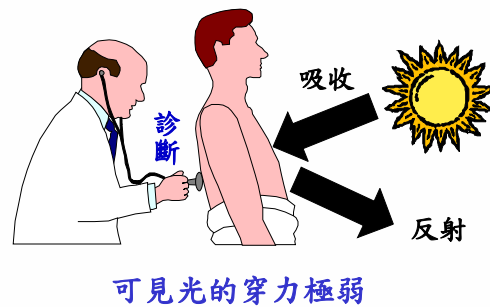
物體的大小



光波的長短



可見光的應用限制

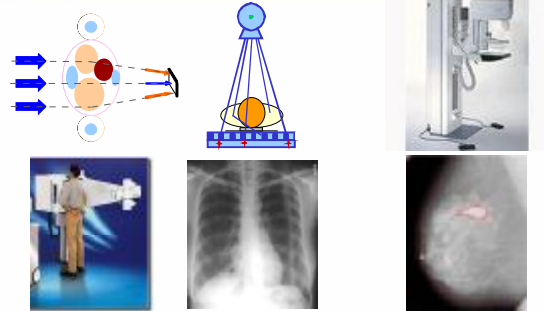


X光的特性

- X光的穿透力極強，可以貫穿人體。
- X光在人體中的衰減，與其穿透部位之組織的原子序與電子密度有關。
- 在低量X光照射下，不會造成影響人體健康的效應，故X光可用於診斷。
- 在高量X光照射下，X光可以殺死組織細胞，故X光可用於治療。
- 可利用X光機、加速器、放射性核種，產生所需之X光。

7

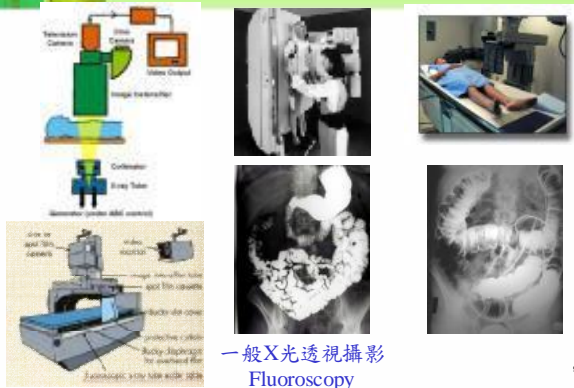
放射診斷的應用



一般X光照像
Radiography

X光乳房照像
Mammography®

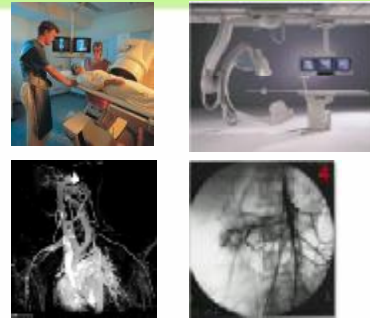
放射診斷的應用



一般X光透視攝影
Fluoroscopy

9

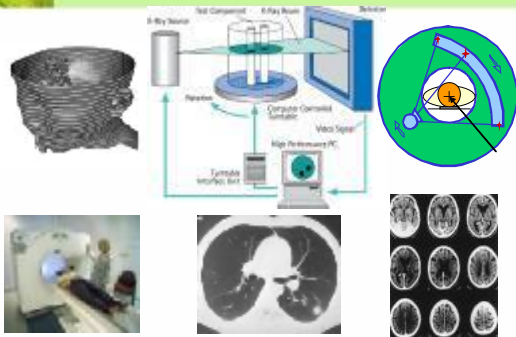
放射診斷的應用



X光血管攝影
Angiography

10

放射診斷的應用



X光電腦斷層掃描
Computed Tomography (CT)

11

游離輻射防護法用詞定義

- **曝露**：指人體受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質之過程。
- **職業曝露**：指從事輻射作業所受之曝露。
- **醫療曝露**：指在醫療過程中病人及其協助者所接受之曝露。
- **緊急曝露**：指發生事故之時或之後，為搶救遇險人員，阻止事態擴大或其他緊急情況，而有組織且自願接受之曝露。
- **干預**：指影響既存輻射源與受曝露人間之曝露途徑，以減少個人或集體曝露所採取之措施。
- **輻射工作人員**：指受僱或自僱經常從事輻射作業，並認知會接受曝露之人員。
- **西弗**：指國際單位制之人員劑量單位。
- **劑量限度**：指人員因輻射作業所受之曝露，不應超過之劑量值。

12

游離輻射防護安全標準用詞定義

- **體外曝露**：指游離輻射由體外照射於身體之曝露。
- **體內曝露**：指由侵入體內之放射性物質所產生之曝露。
- **活度**：指一定量之放射性核種在某一時間內發生之自發衰變數目。活度之單位為貝克。每秒自發衰變一次為一貝克。
- **合理抑低**：指盡一切合理之努力，以維持輻射曝露在實際上遠低於本標準之劑量限度。其要點為：
 - (一) 須與原許可之活動相符合。
 - (二) 須考慮技術現狀、改善公共衛生及安全之經濟效益以及社會與社會經濟因素。
 - (三) 須為公共之利益而利用輻射。
- **機率效應**：指其發生機率與所受劑量大小成比例增加，而與嚴重程度無關，此種效應之發生無劑量之低限值。
- **非機率效應**：指其嚴重程度與所受劑量大小成比例增加，此種效應之劑量低限值可能存在。

游離輻射防護安全標準用詞定義

- **劑量**：指物質吸收輻射之能量。
 - **吸收劑量**：指單位質量物質接受輻射之平均能量。吸收劑量之單位為戈雷。一公斤質量接受一焦耳能量為一戈雷。
 - **等效劑量**：指人體器官或組織之吸收劑量與射質因數之乘積。等效劑量之單位為西弗。用於輻射防護之射質因數。
 - 深部等效劑量：適用於包括頭部、身體軀幹、手肘以上手臂、膝蓋以上腿部等部位之全身體外曝露，指其一分深處之等效劑量。
 - 淺部等效劑量：適用於皮膚或四肢之體外曝露，指0.07公分深處組織之等效劑量。
 - 眼珠等效劑量：適用於眼珠水晶體之體外曝露，指0.3公分深處組織之等效劑量。
 - 有效等效劑量：指人體受照射之各器官或組織之平均等效劑量與其加權因數乘積之總和。
 - 約定等效劑量：指單位攝入放射性物質於體內後，對某一器官或組織在五十年內所累積之等效劑量。
 - 約定有效等效劑量：指體內受曝露器官或組織之約定等效劑量與其加權因數乘積之和。
- 本標準所稱個人劑量，指個人接受體外曝露與體內曝露所造成劑量之總和，不包括由背景輻射曝露及醫療曝露所產生之劑量。

輻射的劑量與單位



15

輻射劑量的單位

曝露單位：侖琴Roentgen (R)

- 定義：1cm³的空氣裡釋放1靜電單位的電荷所需要的輻射
- SI單位：(1X單位)庫侖/公斤 (C/kg)
 - 1侖琴=2.58×10⁻⁴庫侖/公斤
 - 1X 約等於 3876 R

16

輻射劑量的單位

吸收劑量單位：格雷Gray (Gy) = (J/kg)

- 定義：單位質量物質接受輻射之平均能量
- SI單位：格雷 (Gy) = 1 J / kg
- 舊單位：雷得 (rad)
 - 1格雷=100雷得=1焦耳/公斤

17

輻射劑量的單位

等效劑量單位：西弗(Sv) = (J/kg)

- SI單位：西弗(Sv)
- 舊單位：侖目 (rem)
 - 1西弗 = 100侖目

- 國際放射防護委員會(ICRP)選擇了西弗作為等效劑量的單位，為了紀念ICRP前主席西弗(Rolf Sievert, 1895-1966)。
- 等效劑量H(Sv)=吸收劑量D(rad)*Q(射質因數)

射質因數

輻射類別	射質因數
X射線、加馬射線、貝他粒子及電子	1
中子 ¹ 、質子及靜質量大於一原子質量單位之帶一電荷粒子	10
阿伐粒子及帶多電荷粒子	20

註：1.對於熱中子，其射質因數為2.3

19

輻射劑量的單位

- 等效劑量 $H(\text{Sv}) = \text{吸收劑量} D(\text{rad}) \cdot Q(\text{射質因數})$
- 吸收劑量雷得 (rad)
 - 100雷得 rad = 1戈雷 Gy
 - 物質吸收的輻射能
- 等效劑量命目 (rem)
 - 100命目 rem = 1西弗 Sv
 - 表示人體受傷害的程度
- $1R \approx 10\text{mSv}$ 在人體
- X射線射質因數為1，軟組織的吸收劑量 (Gy) 值，即為其等效劑量 (Sv) 值。

輻射劑量的單位

有效等效劑量

$$H_e = \sum_i W_i \cdot H_i$$

- W_i 及 H_i 分別為任一被照射的人體組織或器官的加權因數及其所接受的等效劑量
- 對任何一次輻射曝露事件，所有被照射組織或器官的加權因數總和必等於 1.00

21

輻射劑量的單位

組織或器官	組織加權因數
性腺	0.25
乳房	0.15
紅骨髓	0.12
肺	0.12
甲狀腺	0.03
骨	0.03
其他器官	0.30

22

輻射工作人員職業曝露的輻射劑量限度

- 每連續五年週期之有效等效劑量不得超過一百毫西弗。(應自游離輻射防護安全標準生效之日起算，每連續五年為一週期。)
- 且任何單一年內之有效等效劑量不得超過五十毫西弗。
- 眼球水晶體之等效劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。
- 皮膚或四肢之等效劑量於一年內不得超過五百毫西弗。

(摘自游離輻射防護安全標準第六條) 23

一般民眾的輻射劑量限度

- 一年內之有效等效劑量不得超過一毫西弗。
- 眼球水晶體之等效劑量於一年內不得超過十五毫西弗。
- 皮膚之等效劑量於一年內不得超過五十毫西弗。

(摘自游離輻射防護安全標準第十一條) 24

X光機之曝露防護原則

- Time (時間)
- Distance (距離)
- Shielding (屏蔽)

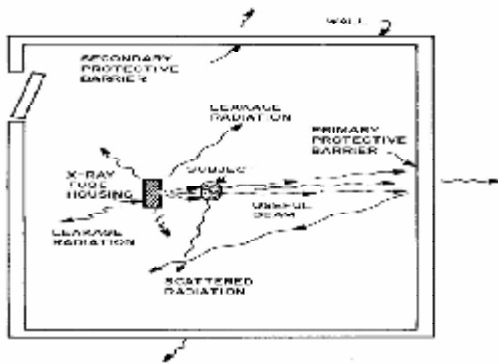
25

X光機之防護屏蔽

- X光室防護屏蔽之設計
- 限制X光室外人員的平均有效等效劑量率
 - 管制區不超過每週1毫西弗(1 mSv wk⁻¹)
 - 非管制區不超過每週0.1毫西弗(0.1 mSv wk⁻¹)
- 為了方便防護屏蔽的計算
 - 管制區與的最大許可曝露率每週0.1倫琴(0.1 R wk⁻¹)
 - 非管制區的最大許可曝露率每週0.01倫琴(0.01 R wk⁻¹)。

26

有用射束、散射輻射、滲漏輻射



主防護屏蔽之設計

$$K = \frac{Pd^2}{WUT}$$

P : 最大許可曝露率,

- 管制區為0.1 R wk⁻¹
- 非管制區為0.01 R wk⁻¹

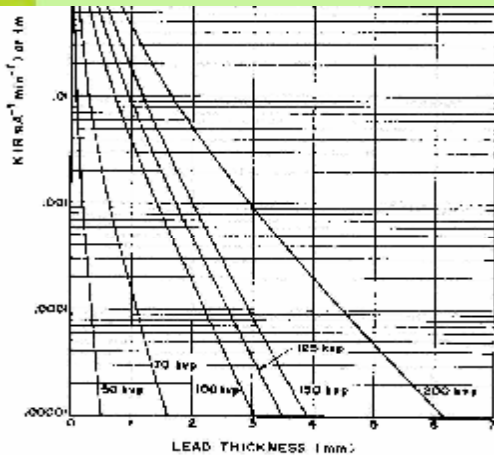
d : 屏蔽牆與X光管間之距離(m)

W : 工作負載, X光機管電流(mA) 與每週操作時間(min wk⁻¹)之乘積, 單位為mA min wk⁻¹

U : 使用因數, X光機有用射柱朝向主屏蔽方向的時間分率

T : 佔用因數, 屏蔽牆外人員平均逗留時間分率

28



佔用因數

完全佔用 $T = 1$	工作區域, 如辦公室、實驗室、商店、護理站等; 活動空間, 如兒童遊戲間; 臨近建築物的佔用空間等
部份佔用 $T = 1/4$	走廊、休息室、有操作員的電梯等
偶爾佔用 $T = 1/16$	等候室、廁所、樓梯、無操作員的電梯等

30

X光機屏蔽(Ex)

- 【1】X光機之射源屏蔽是用來防止那一種輻射超過安全規定限值？(• 滲漏輻射，散射輻射，原始輻射，互毀輻射)。【90.1.操作初級選試設備】
- 【2】計算X光機屏蔽時下列一種條件下需要較厚的屏蔽？(• 佔用因數愈小，使用因數愈大，工作負荷愈低，X光機的最大管電壓愈小)。【89.2.操作初級選試設備】
- 【2】X光屏蔽計算中的佔用因素與什麼有關？(• X光能量，作業場所，屏蔽厚度，屏蔽材質)。【88.1.輻防初級基本】

31

X光機屏蔽(Ex)

- 【2】X光管產生X光的量是由下列何者決定？(• 真空管玻璃材質，管電流(mA)和曝露的時間(s)的乘積，真空管內的真空程度，管電流(mA)和曝露的管電壓(kVp)的乘積)。【90.1.操作初級選試設備】
- 【1】X光屏蔽計算中的每週工作負荷(workload)，其單位為：(• mA-min, kVp-min, mA, kVp)。【90.1.輻防初級基本】
- 【4】計算X光機的屏蔽時，偶而佔用區的佔用因數等於多少？(• 1/2, 1/4, 1/8, 1/16)。【90.1.操作

32

X光機屏蔽(Ex)

- 【4】X光機室副屏蔽牆的功用主要在減少散射輻射及什麼輻射？(• 原始，特性，互毀，滲漏)輻射。【91.放射師專技高考】
- 【3】有關X光屏蔽，下列敘述何者正確？(• 佔用因數與屏蔽厚度有關，使用因數與X光機的工作負荷有關，佔用因數與屏蔽牆外場所的用途有關，使用因數與X光的能量有關)。【92.1.放射師專技高考】
- 【3】一X光機平均每天做骨盤照相24張(平均設定條件為80千伏特，100毫安培-秒)及胸部照相60張(平均設定條件為80千伏特，10毫安培-秒)，則此部X光機之工作負荷是多少？(• 20000, 15000, 250, 187.5)毫安培-分/週。【92.2.放射師專技高考】

33

主防護屏蔽之設計(Ex)

- 一診斷X光機，工作條件為125 kVp、220 mA，每週平均工作90秒，有用射束三分之一的時間水平射向一非管制區通道，其餘時間朝向地面，此非管制區通道距X光管15英尺，求需要多厚之鉛屏蔽作為主防護屏蔽？

34

主防護屏蔽之設計(Ex)

$$\begin{aligned}
 P &= 0.01 \text{ R wk}^{-1} \text{ (非管制區),} \\
 d &= (15/3.28) \text{ m, } T = 1/4 \text{ (通道), } U = 1/3, \\
 W &= 220 \text{ mA} \times 1.5 \text{ min wk}^{-1} \text{ (每週平均工作90} \\
 &\quad \text{秒)} \\
 &= 330 \text{ mA min wk}^{-1} \\
 \therefore K &= \frac{0.01 \times (15/3.28)^2}{330 \times 1/3 \times 1/4} \\
 &= 7.61 \times 10^{-3} \text{ R mA}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ at 1 m} \\
 &\text{查圖，主防護屏蔽需1.05 mm之鉛屏蔽。}
 \end{aligned}$$

35

不同建材間屏蔽厚度的換算

密度法：

- 原子序近似的二不同建材，可利用密度法作厚度的換算
- 例如：
 - 混凝土密度為2.35 g cm⁻³
 - 瓷磚密度為1.9 g cm⁻³
 - 10 cm混凝土的屏蔽能力，約等於10 cm × 2.35/1.9 = 12.4 cm瓷磚的屏蔽能力。
- 屏蔽阻擋光子的能力，約與其原子序成平方或立方成正比，當建材間原子序差異較大時，此法的換算方式則誤差太大，不宜採用。

36

商用建材的平均密度

商用建材	Density (g cm ⁻³)	原料	Density (g cm ⁻³)
混凝土 Concrete	2.35	鉛 Lead	11.4
軟磚 Soft brick	1.65	鉛玻璃 Lead glass	6.22
硬磚 Hard brick	2.05	泥沙 Sand plaster	1.54
土 Packed earth	1.5	鋼鐵 Steel	7.8
花崗岩 Granite	2.65	瓷磚 Tile	1.9

37

不同建材間屏蔽厚度的換算

半值層法：

- 原子序差異較大的二不同建材，可利用半值層法作厚度的換算
- 例如：300 kVp X光為例
 - 混凝土半值層為3.1 cm
 - 鉛半值層為1.47 mm
 - 10 cm混凝土的屏蔽能力，約等於 $10/3.1 = 3.23$ HVLs，即 $3.23 \times 1.47 \text{ mm} = 4.74 \text{ mm}$ 鉛的屏蔽能力。
- 常用建材的厚度，欲換算成鉛的厚度時，通常須先以密度法換算成混凝土的厚度，再以半值層法換算成鉛的厚度。

38

X光機鉛與混凝土的半值層

Peak Voltage (kVp)	HVL Lead (mm)	HVL Concrete (cm)
50	0.06	0.43
100	0.27	1.6
150	0.30	2.24
200	0.52	2.5
250	0.88	2.8
300	1.47	3.1

39

散射輻射防護屏蔽之設計

- 散射輻射與滲漏輻射均為全向性，故計算次防護屏蔽時，使用因數均訂為1。
- 距使用中之X光機輻射源一公尺處、有用射柱之垂直方向，散射輻射量通常約為有用射柱之 $f/1000$ 。
- X光機之kVp越高， f 值越大。

40

散射輻射防護屏蔽之設計

$$K = \frac{1000Pd^2}{fWT}$$

散射輻射的 f 值

kVp	f
≤500	1
1000	20
2000	300
3000	700

41

滲漏輻射防護屏蔽之設計

- 若 Y 為靶外1 m處之滲漏輻射曝露率限制值(R h⁻¹)
- 則靶外 d m處之滲漏輻射曝露率為 Y/d^2 (R h⁻¹)
- 若X光機每週工作 t min，即每週工作 $t/60$ h
- 則曝露率為 $Yt/60d^2$ (R wk⁻¹)
- 計入佔用因數 T 後
- 滲漏輻射曝露率為 $YtT/60d^2$ (R wk⁻¹)
- 法規規定曝露率限值为 P (R wk⁻¹)
- 故需設計一屏蔽將曝露率降為原來的 B (此值稱為降低因數)。

42

滲漏輻射防護屏蔽之設計

「醫用可發生游離輻射設備及放射性物質輻射安全審查項目」中規定：

- 診斷型X光防護管套其滲漏輻射空氣克馬在距靶一公尺處，每小時不得超過0.87mGy (0.1 R)。

43

滲漏輻射防護屏蔽之設計

$$P = B \frac{YtT}{60d^2} \quad B = \frac{60Pd^2}{YtT}$$

P ：最大許可曝露率，管制區為0.1 R wk⁻¹，非管制區為0.01 R wk⁻¹

B ：降低因數

Y ：距X光管1 m處滲漏輻射曝露率限制值

t ：X光管每週工作時間(min wk⁻¹)

T ：佔用因數

d ：屏蔽牆與X光管間之距離

44

滲漏輻射防護屏蔽之設計

W ：工作負載，X光機管電流(mA)與每週操作時間(min wk⁻¹)之乘積，單位為mA min wk⁻¹

$$I: \text{平均管電流(mA)} \quad B = \frac{60IPd^2}{YWT}$$

$$H = H_0 e^{-0.693(x/HVL)}, \quad B = H/H_0, \quad B = e^{-0.693(x/HVL)}$$

此處 H 為有效等效劑量， x 為屏蔽厚度，

$$\ln B = -0.693/(x/HVL),$$

$$N = (x/HVL) = \ln B / -0.693,$$

N 即為所需滲漏輻射之半值層數。

45

次防護屏蔽之設計

- 次防護屏蔽之設計
- 分別算出散射輻射與滲漏輻射所需HVL值後，必須決定一最適HVL值，方法為將此二HVL值相減，
 - ✓ 二者差小於3 HVLs：較大HVL值再加1 HVL即得。
 - ✓ 二者差大於3 HVLs：取較大HVL值即得。

46

次防護屏蔽之設計(Ex)

- 一治療用X光機，工作條件為300 kVp、26 mA，平均工作負載為24,000 mA min wk⁻¹，一列為管制區之實驗室距X光管10英尺
- (a)求需要多少HVL之屏蔽作為散射輻射之防護屏蔽？
- (b)求需要多少HVL之屏蔽作為滲漏輻射之防護屏蔽？
- (c)求需要多少HVL之屏蔽作為次防護屏蔽？

47

(a)散射輻射防護屏蔽之設計(Ex)

$$P = 0.1 \text{ R wk}^{-1} \text{ (管制區),}$$

$$d = (10/3.28) \text{ m,}$$

$$f = 1 \text{ (300 kVp之X光機),}$$

$$W = 24,000 \text{ mA min wk}^{-1}, T = 1,$$

$$\therefore K = \frac{1000 \times 0.1 \times (10/3.28)}{1 \times 24000 \times 1} = 0.0387$$

查圖需鉛2.5 mm(即1.7 HVLs)、需混凝土15.2 cm(即4.9 HVLs)

散射輻射防護屏蔽需4.9 HVLs

48

(b) 滲漏輻射防護屏蔽之設計(Ex)

$P = 0.1 \text{ R wk}^{-1}$ (管制區),
 $d = (10/3.28) \text{ m}$, $I = 26 \text{ mA}$,
 $Y = 1.0 \text{ R h}^{-1}$ (治療用X光機),
 $W = 24,000 \text{ mA min wk}^{-1}$, $T = 1$,

$$\therefore B = \frac{60 \times 26 \times 0.1 \times (10/3.28)^2}{1 \times 24,000 \times 1} = 0.0604$$

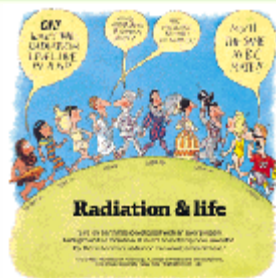
$$N = -\ln 0.0604 / 0.693 = 4.05$$

49

(c) 次防護屏蔽之設計(Ex)

- 由散射輻射之 K 值，查圖得需混凝土15.2 cm，換算得需4.9 HVLs。
- 由滲漏輻射之 B 值，求得需4.05 HVLs
- 二者之HVLs差小於3 HVLs，需取較大HVLs值再加1 HVL，得次防護屏蔽共需5.9 HVLs。

50



"Life on earth has developed with an ever present background of radiation.
It is not something new, invented by the wit of man:
radiation has always been there."

51

結束 謝謝收看



馬偕紀念醫院
放射腫瘤科
物理師：王朝興
2005/11/12