

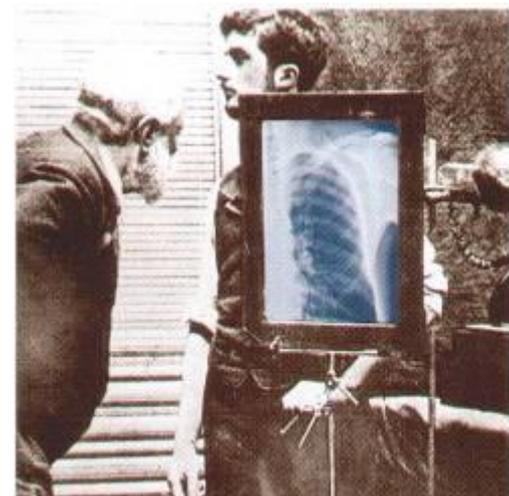
高雄榮總-18小時輻射防護 原理及應用訓練班

輻射防護原理與實習



講師：藍仁鴻

日期：**111.9.3**





大綱

游離輻射防護的目的與原理

體外曝露的防護原則

體內曝露的防護原則

結語

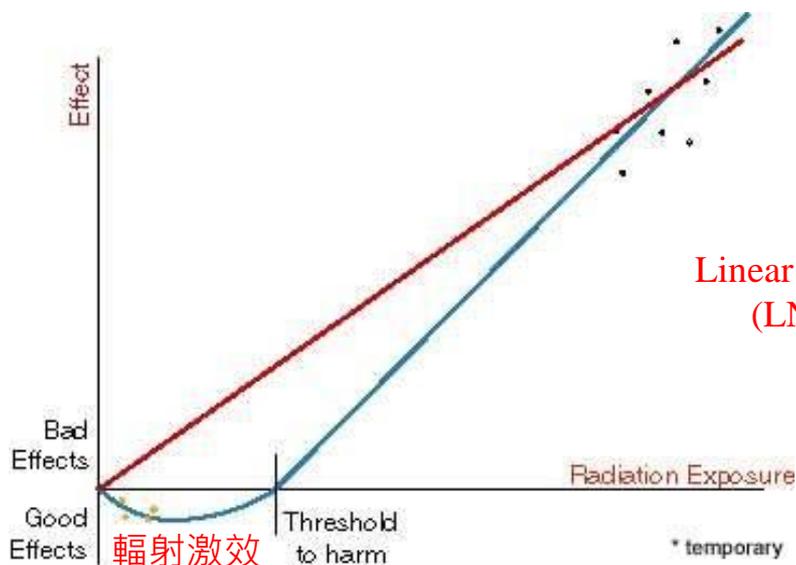


游離輻射防護的目的與原理

輻射防護的目的

- 防止非機率效應的發生。
- 將機率效應發生的機率降低至可接受的程度。
 - 此處所謂「可接受」是指與日常生活中或工作中所遭受到的危險度相比較，可以為大多數人接受之意。

考題



Linear and Non-threshold (LNT) Hypothesis

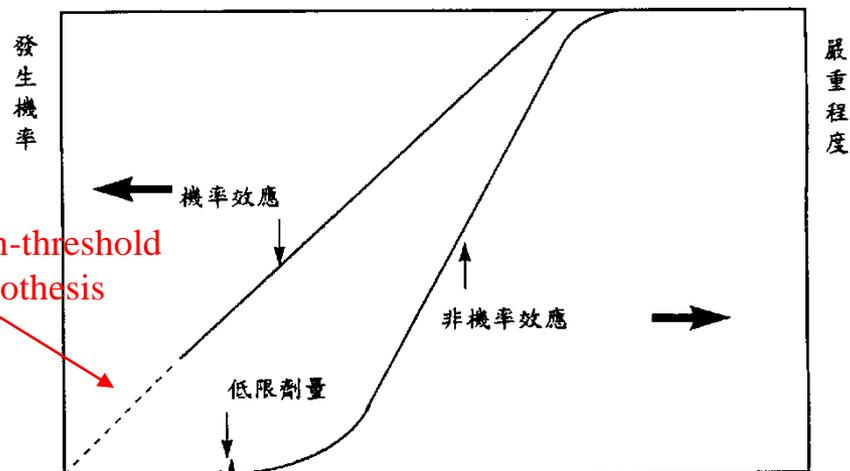


圖3.4 機率效應和非機率效應與劑量關係

輻射防護的目的(續)

機率效應：

- 此類傷害效應的發生機率與所受輻射劑量有正比例的函數關係。
- 指效應發生的機率而非嚴重性，無低限劑量存在。
- 接受的劑量愈高則傷害越大，但傷害的嚴重程度與劑量無關。
 - 例如輻射引發的**致癌效應**、**遺傳效應**。

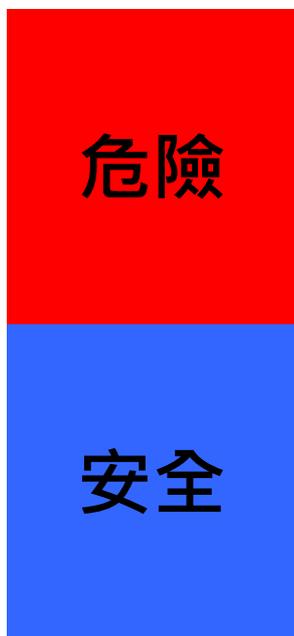
確定性效應(非機率效應)：

考題

- 指效應發生的嚴重性，且有低限劑量存在。
- 接受的劑量低於某下限，則此類效應傷害的嚴重性可忽略不計。
- 效應發生後嚴重程度(severity)與劑量呈比例
- 接受劑量大於低限劑量則傷害效應就會發生且劑量愈大傷害效應也愈嚴重。
 - 輻射照射引發的**皮膚紅斑**、**脫毛**、**眼球的白內障**、**不孕**等

考題

輻射防護的目的(續)



低限劑量

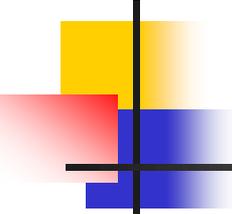
確定效應



機率大

機率小

機率效應



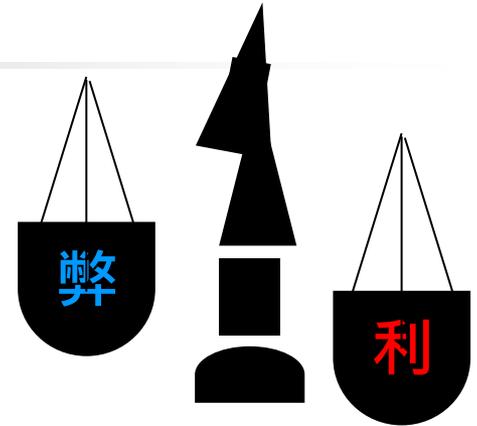
輻射防護原則

- 為了防止輻射確定效應的發生，同時也要抑低機率效應的發生率到社會能接納的程度，所以從事輻射作業必須符合以下三原則：
 - 利用輻射所獲得的效益必須超過它的代價(正當化)。
 - 在考慮到經濟與社會因素之後，一切輻射曝露必須保持合理抑低(最適化)。
 - 輻射作業人員與一般民眾接受輻射劑量均不得超過法規的限制(劑量限制)。

輻射防護的原理

正當化 (justification)

- 輻射作業應利大弊小 (benefit > cost)
- 應避免意外曝露 (accidental exposure)



最適化 (optimization)

- 輻射劑量應合理抑低 (as low as reasonably achievable, ALARA)
- 劑量約束 (dose constraint)

限制化 (limitation)

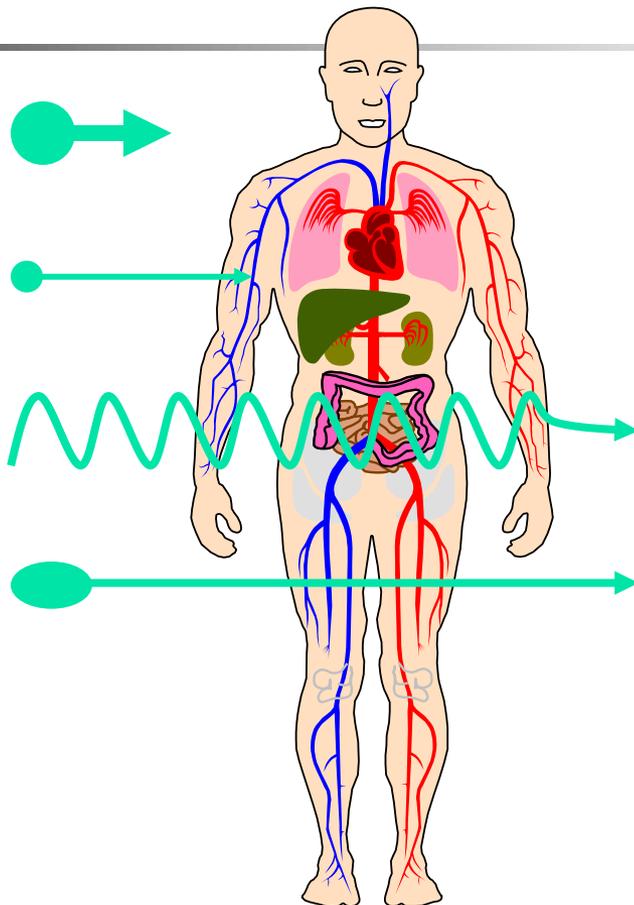
- 劑量限度 (dose limit)



體外曝露的防護原則

體外曝露

射源



α 粒子

β 粒子

x射線、 γ 射線

粒子(中子、
質子...等)

輻射源在身體外面，輻射由體外射入身體。

游離輻射的穿透力

α (無穿透力)



無法穿透角質層
0.007 cm

β (弱穿透力)



可穿透至淺部組織
< 1 cm

γ, x (強穿透力)



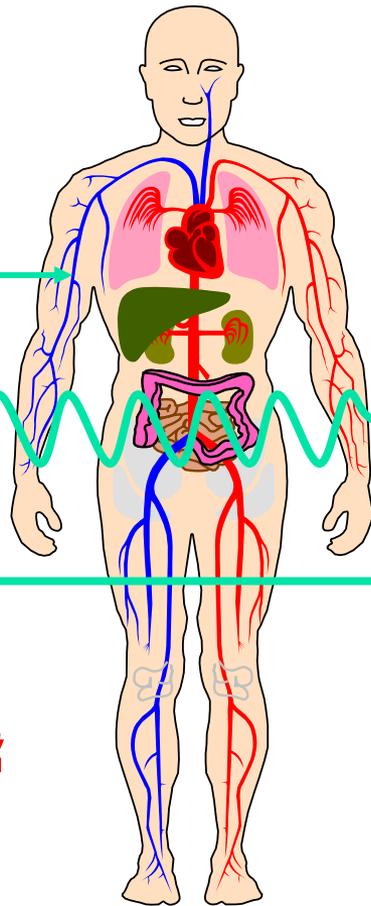
可穿透至深部組織
> 1 cm

n (強穿透力)



淺部組織器官(皮膚
及水晶體等)

深部組織器官(紅骨
髓及生殖腺等)



體外曝露：TSD原則

考題

時間(Time)：

- ▶ 曝露時間儘可能縮短。
- ▶ 針對射源或放射性物質考慮其衰變(等待活度衰減)

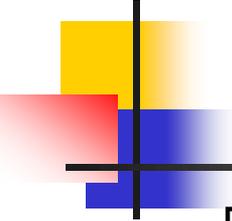
距離(Distance)：

- ▶ 儘量遠離射源。

屏蔽(Shielding)：

- ▶ 用屏蔽物質阻擋輻射。





輻射防護原則-時間

時間

- 儘量縮短曝露的時間
- 在輻射場中所受到的劑量 = 劑量率 X 時間

- 劑量 (mSv) = 劑量率 (mSv/h) x 時間 (h)

- 事先明瞭工作要項，熟記工作步驟，熟練工作技巧；
或者先在非輻射的環境中做演練

輻射防護原則- 距離

距離

- 儘量遠離射源：輻射場的強度（針對射源）隨與輻射源的距離之增加而降低。
 - 小射源之加馬及中子均有劑量與距離之平方反比的關係。（範例）
- 距離一個小加馬射源一公尺處之劑量率為1.0 mSv/h，則在二公尺處之劑量率為何？
 - 解： $1.0(\text{mSv/h})/2^2=0.25 (\text{mSv/h})$  考題
 - 三公尺處之劑量率為何？ $1.0(\text{mSv/h})/3^2=0.11 (\text{mSv/h})$

輻射防護原則- 屏蔽

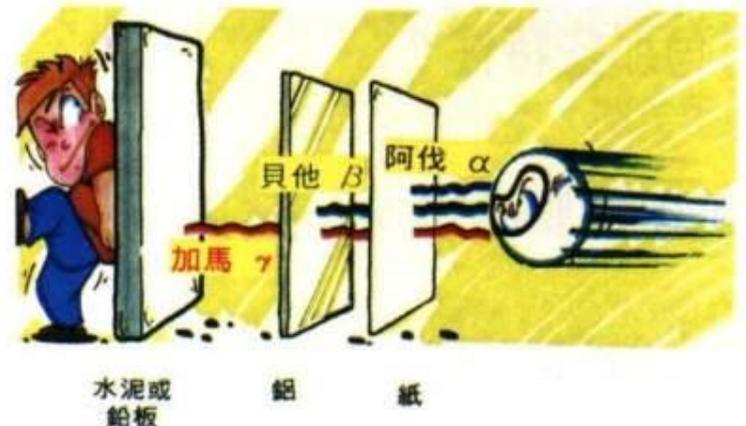
屏蔽

- 屏蔽是指用屏蔽物質把輻射擋住。如果因為工作需要，必須接近射源的話，應在射源與工作者之間加設屏蔽物質，以減少曝露。

- 屏蔽物質的選取：
- 除考慮經濟、重量、
- 體積等因素外，更應
- 注意所屏蔽的**輻射的**
- **種類與能量**。

輻射屏蔽

不同輻射粒子之屏蔽



輻射防護原則- 屏蔽

屏蔽之厚度：

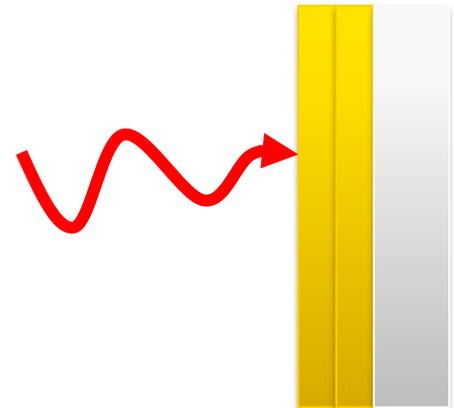
考題

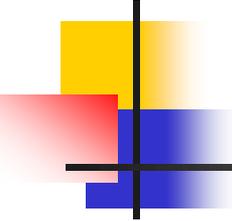
- **半值層**：將輻射強度減為一半所需之厚度。
- **什一值層**：將輻射強度減為十分之一所需之厚度。
 - 常用的屏蔽物質的半值層與什一值層均可在有關手冊中查表得知。
- 以二個半值層和一個什一值層作為屏蔽，可以將輻射劑量率減為原來的幾分之幾？

■ 解：

$$\left(\frac{1}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{10} \right) = \frac{1}{40}$$

即四十分之一





輻射防護原則- 屏蔽

屏蔽物質的選取：

- 阿伐粒子不足構成體外危害，毋需屏蔽。
- 貝他粒子因可能連帶產生制動輻射，所以宜用原子序數較低的物質屏蔽(例如壓克力)。
- 加馬宜用鉛等原子序數較大的物質作屏蔽。
- 中子的屏蔽，以含氫較多的物質(水、塑膠、石蠟等)最宜，石墨(碳)亦為常用者，水泥亦為中子的優良屏蔽，且堅固、便宜，可做成各種形狀。



屏蔽材料

- 任何建築材料例如鐵、大理石、磚、灰泥、空心磚等皆可視為屏蔽材料甚至水或空氣也是。事實上，大多數的材料均可做為輻射屏蔽，只要其厚度足以將輻射衰減到合乎安全規定的程度即可。
- 最常用的兩種屏蔽材料為鉛與混凝土



選擇屏蔽材料考慮因素

- 所需材料的厚度與重量。
- 多重利用的可能性（例如材料可兼作屏蔽與結構雙重用途）。
- 屏蔽的均勻性。
- 屏蔽的耐久性。
- 材料花費；包括裝置與維護
- 外觀。



輻射屏蔽

- 阿伐粒子屏蔽考量
- 貝他粒子屏蔽考量
- 光子(gamma)屏蔽計算
- X光機（醫用）之屏蔽考量
- 中子屏蔽考量



α 粒子的屏蔽考量(體外曝露)

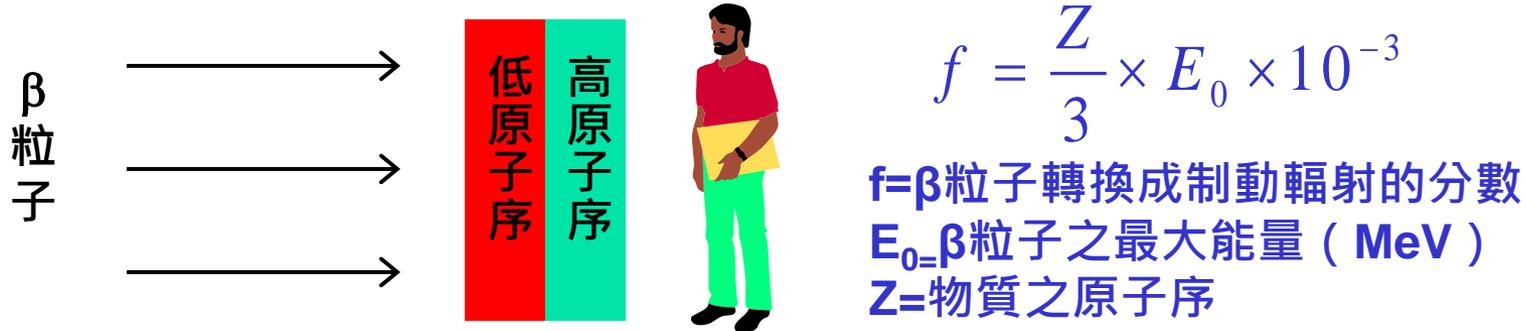
- 穿透力極弱（射程很短），只會在人體表皮之角質層（死組織層）造成劑量，故不構成健康威脅。
- 體外曝露可不必考慮屏蔽。
- 應小心防護 α 粒子進入體內（ $Q=20$ ）。



β 粒子屏蔽考量

- 穿透力雖較 α 強，但在組織中射程仍屬短，只會在人體淺部組織（皮膚、水晶體）造成劑量，非機率效應比機率效應重要。
- β 粒子之屏蔽物質及厚度，決定於：
 - 屏蔽物質的原子序必須很小，以減少制動輻射的產生。
 - 屏蔽物質的厚度必須大於 β 粒子的最大射程，以完全阻擋 β 粒子。

高能量、高通量β粒子的屏蔽



- 低原子序物質的厚度必須大於β粒子的射程，以完全吸收β粒子，並減少制動輻射的產生量。
- 後方高原子序物質可有效衰減前層所產生之制動輻射的量。

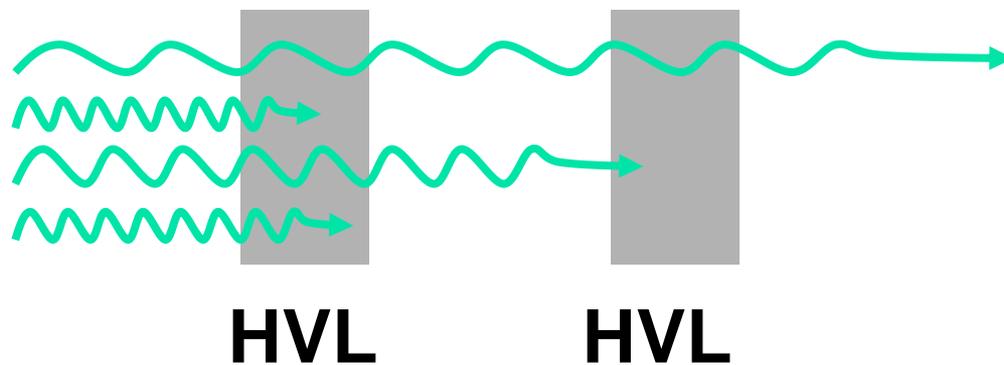


光子屏蔽考量

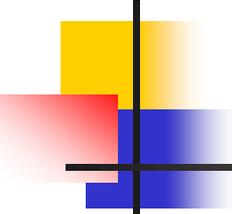
- 光子（ γ 或X射線）穿透力很強，找不到能完全將其阻擋的材料。
- 衰減光子，以密度較高的物質為佳（密度較高，每單位體積內的電子數較多）
 - 例：鉛的密度比水大，故光子能夠穿透鉛的數目遠比水少，因此鉛的屏蔽效果比水好。
- 屏蔽物質的原子序愈大、密度愈大，屏蔽效果愈好(鎢、鉛、鐵、混凝土等是良好的屏蔽材料)。

光子(加馬射線)屏蔽考量

- 屏蔽物質的原子序愈大、密度愈大，屏蔽效果愈好(鉛、鐵、混凝土等是良好的屏蔽材料)。
- 半值層(HVL) - 衰減輻射強度至原來一半所需的屏蔽厚度。
- 針對鈷六十而言，HVL(鉛)=1.2 cm，HVL(混凝土)=6.2 cm。



經過N個半值層，輻射強度衰減至原來的 $(0.5)^N$



常用屏蔽材質的半值層厚度

峰值電壓 (kv)	鉛(cm) HVL	混凝土(cm) HVL	鐵(cm) HVL
50	0.006	0.43	
70	0.017	0.84	
100	0.027	1.6	
125	0.028	2	
150	0.03	2.24	
200	0.052	2.5	
250	0.088	2.8	
300	0.147	3.1	
400	0.25	3.3	
500	0.36	3.6	
1000	0.79	4.4	
2000	1.25	6.4	
3000	1.45	7.4	
4000	1.6	8.8	2.7
6000	1.69	10.4	3
8000	1.69	11.4	3.1
10000	1.66	11.9	3.2
銻137	0.65	4.8	1.6
鈷60	1.2	6.2	2.1
鐳	1.66	6.9	2.2

快中子與物質的作用

彈性碰撞，連續減能，最後減速為熱中子。

快中子

彈性碰撞

熱中子

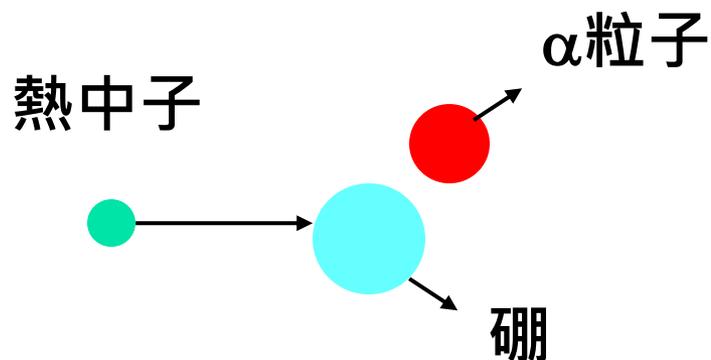


連續減能

含氫物質（水、塑膠、壓克力等）減速快中子最有效。

熱中子與物質的作用

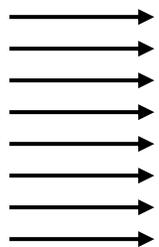
捕獲作用，包括 (n,γ) , (n,p) , (n,α) 等核反應。



硼吸收熱中子最有效。

中子屏蔽

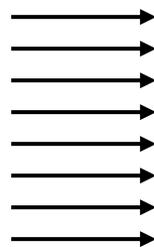
快中子



水
中含
硼

或

快中子



壓
克
力

硼

體內曝露的防護原則

考題

體內曝露 防護法則



避免食入



減少吸入



增加排泄

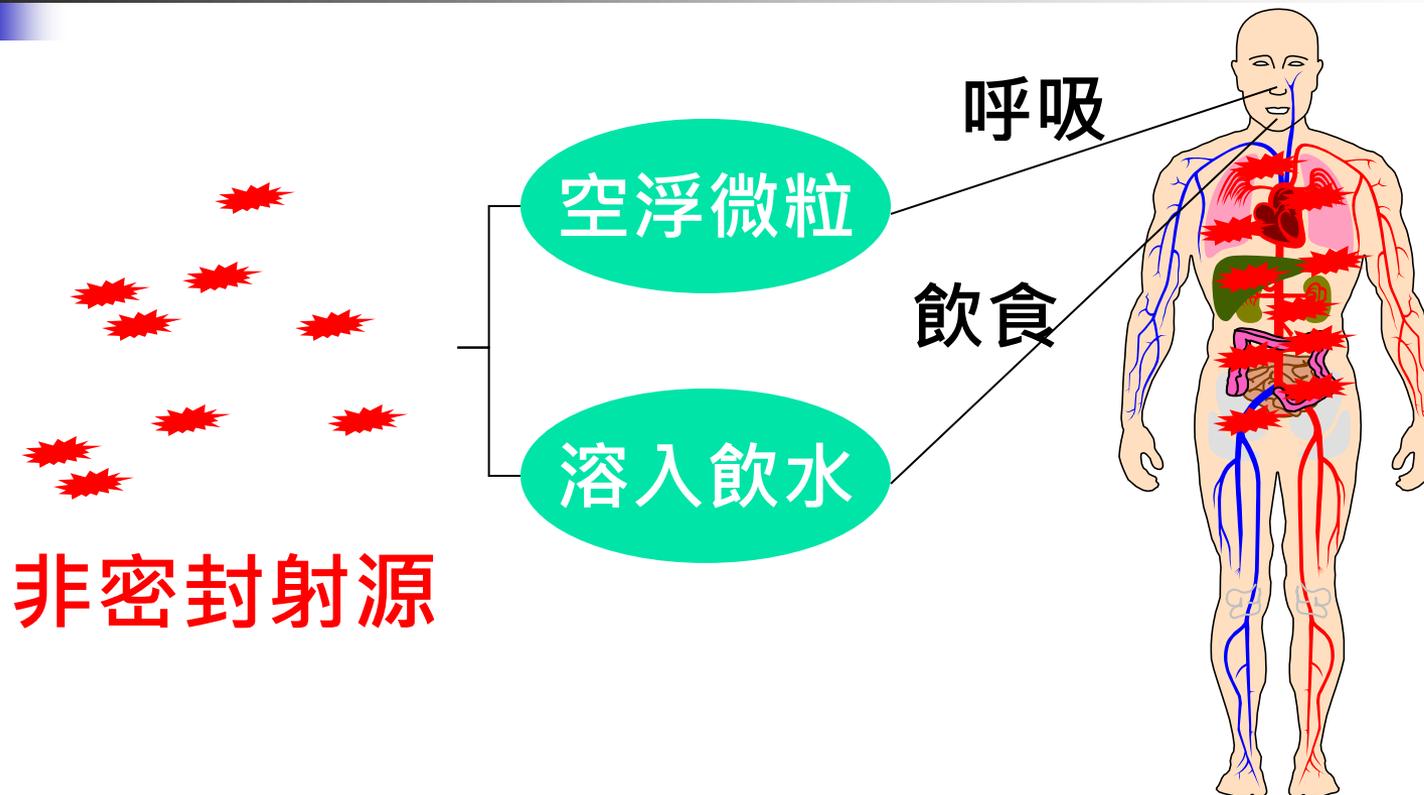


避免污染



加強除污

體內曝露



輻射源污染體內，輻射由體內射入組織器官。

體內曝露的輻射防護

■ 放射性物質侵入體內的途徑

- 飲食
- 呼吸
- 皮膚吸收
- 傷口侵入

■ 防護方法

- 避免食入
- 減少吸入
- 避免在污染區逗留
- 加強除污工作





體內曝露的防護-人員

- (1) 工作人員於工作時應按規定穿戴工作衣、手套、套鞋與人員劑量計，必要時應穿戴防護面具。
- (2) 嚴禁用嘴吸移溶液。
- (3) 嚴禁在實驗室內飲食、抽煙及使用化粧品。
- (4) 工作人員皮膚若有外傷，應避免從事非密封射源的操作，如必須操作，應將傷口妥善包紮。

體內曝露的防護 - 自行偵檢

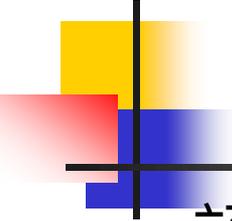
- 離開可能有污染的區域時，應自行仔細偵檢髮、膚、衣、褲、鞋、襪有否污染。
- 離開輻射管制區時，再利用手足監測器作最後校驗。如發現皮膚污染，應即用肥皂輕洗，切忌重力抓、刮，以免有傷皮膚。
- 如仍洗不掉，則至保健物理人員或醫師求助。





體內曝露的防範

- 放射性物質一旦侵入體內後，即每分每秒一直影響著器官和組織，不可能增加距離或加設屏蔽，也不可能等候其衰變或以任何方法減短其放射半衰期。
- 如欲減低體內曝露，除可設法減少吸收外，應增加排泄或防止滯留，以減短其生物半衰期，從而減短其有效半衰期。



結論

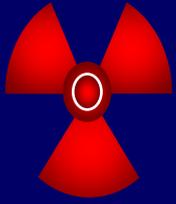
認識輻射

- 。生活中的輻射無所不在，水能載舟亦能覆舟，應建立正確的輻射安全與風險觀念，並善用它的特質，提昇生活環境的品質。

完善的訓練與作業

正確、小心、謹慎的工作態度

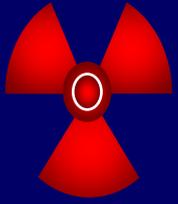
- 。輻射工作人員安全，雖應由其主管及保健物理人員負責監督，但主要還在自行主動遵守各項安全規章，養成良好的安全習慣。



胎兒與輻射劑量

- 每年有許多的懷孕婦女因醫療需要而接受到放射線照射。
- 由於一般婦女缺少放射線的認知，因此會造成過度的焦慮及可能非必要性終止懷孕的決策。
- 對於大部份懷孕婦女的病人而言，在醫療過程中能在完善的計劃下，接受到適當的輻射曝露，讓胎兒接受到最少的的輻射傷害。





胎兒受照射之風險

- 婦女懷孕過成中受到放射線照射產生的危險程度與懷孕的階段與受照射劑量有關。
- 在胚胎形成期放射線造成的危害是最嚴重的，其次是懷孕第二期再其次是懷孕第三期。

嚴重

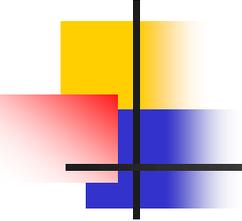


次嚴重



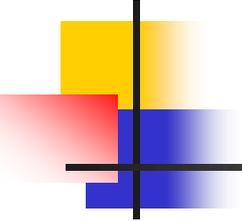
影響小





孕婦及胎兒可以接受輻射照射嗎？

- ICRP建議，依但確定懷孕，胎兒每月接受吃輻射劑量不可超過0.5毫西弗；在整個懷孕過程，母親腹部表皮的輻射劑量不可超過2毫西弗；
- 如上建議是為了減低嬰兒智能障礙、先天異常與降低癌症發生的風險；
- 沒有懷孕及還不確定有懷孕的生育年齡之輻射相關工作婦女，並無特別的管制要求。



後會有期！

- 善用輻射，全力防護，保衛自己，維護公眾；
- 快快樂樂去工作，健健康康過一生。