

輻射安全與防護

高雄榮總 核醫部

醫事放射師、輻射防護師

吳忠順

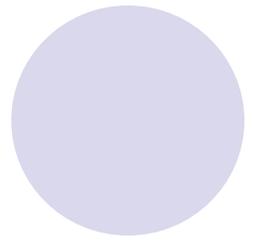
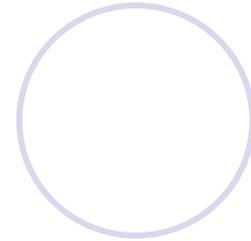
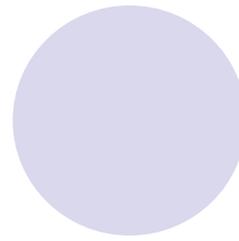
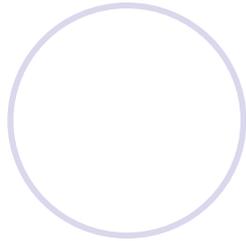
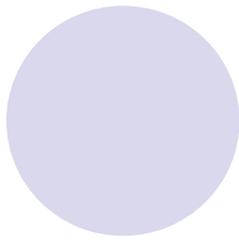


內

容

- 輻射簡介
- 輻射常用單位
- 輻射健康效應
- 輻射防護原則及方式
- 輻射安全守則
- 人員配章 (TLD) 介紹
- 游離輻射防護法規簡介---

輻射工作人員之權利與義務



輻射簡介

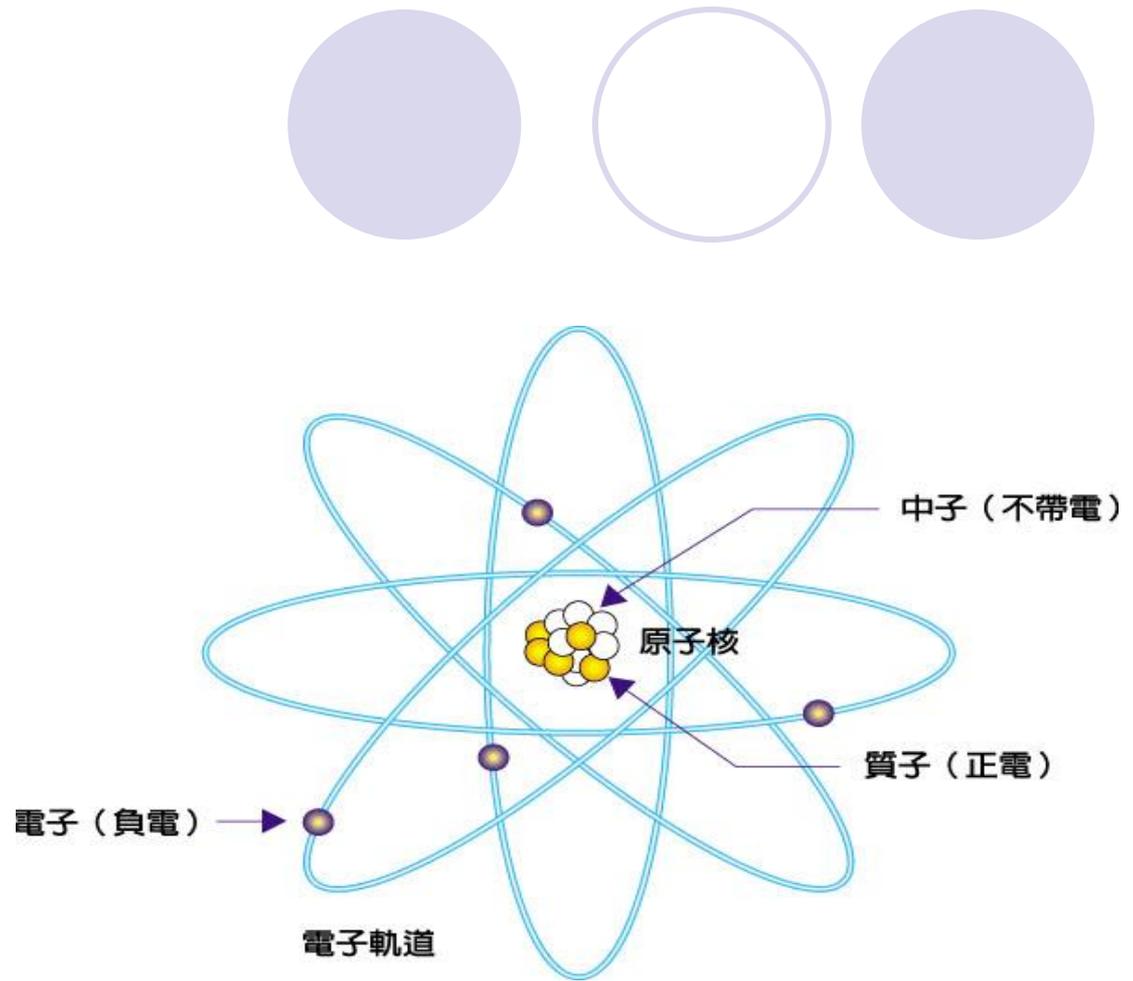
學習目標：知道輻射的定義及種類

原子的構造

中心為原子核，內含質子和中子，體積很小但質量很大。

外面有電子，像行星繞太陽一般，循著固定的軌道繞著原子核旋轉。

原子核內質子數和中子數的總和稱作質量數，例如鈷 60，記成 ^{60}Co ，它有 27 個質子(p)和 33 個中子(n)，其質量數為 60。

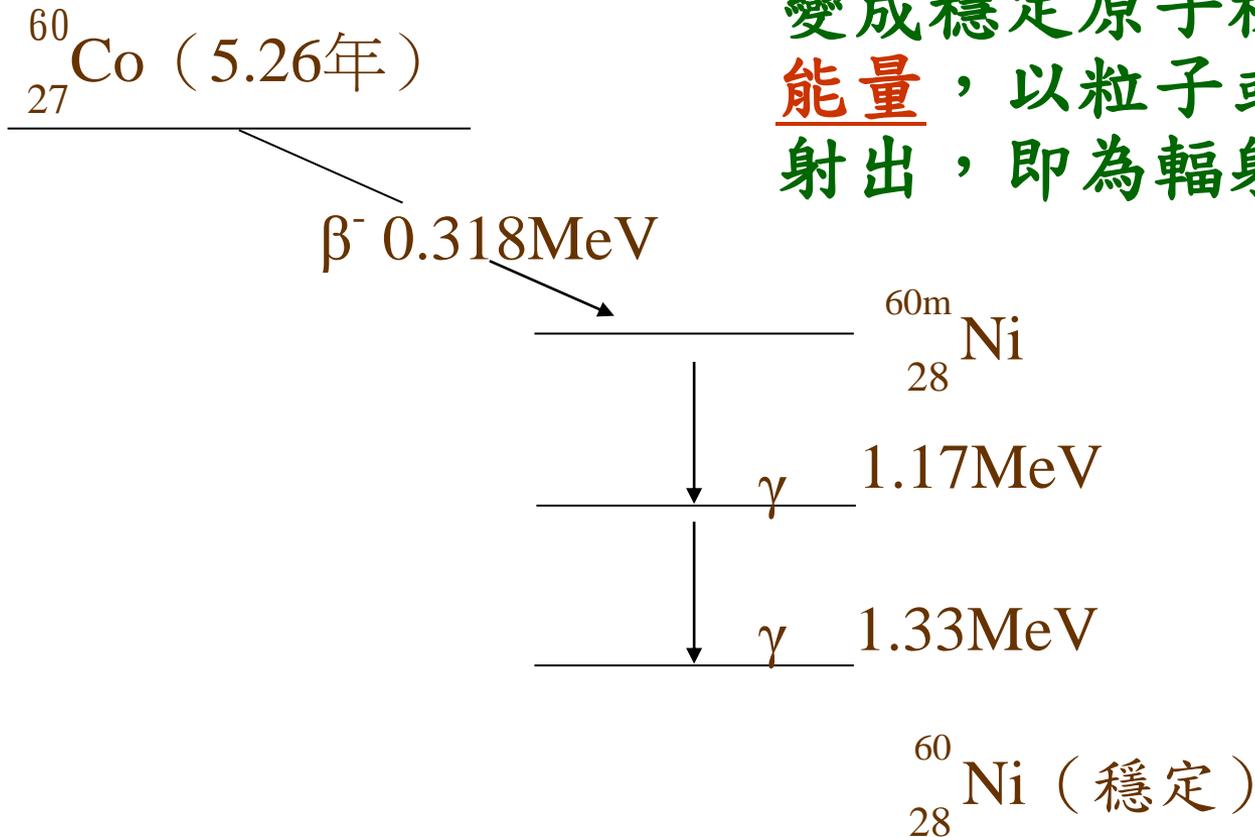


$Z = \text{原子序} = \text{質子個數} = \text{電子個數}$

$A = \text{質量數} = \text{質子個數} + \text{中子個數}$

輻射是什麼？

- 當不穩定的原子核自發性地蛻變成穩定原子核時，所釋放的能量，以粒子或電磁波型態射出，即為輻射。

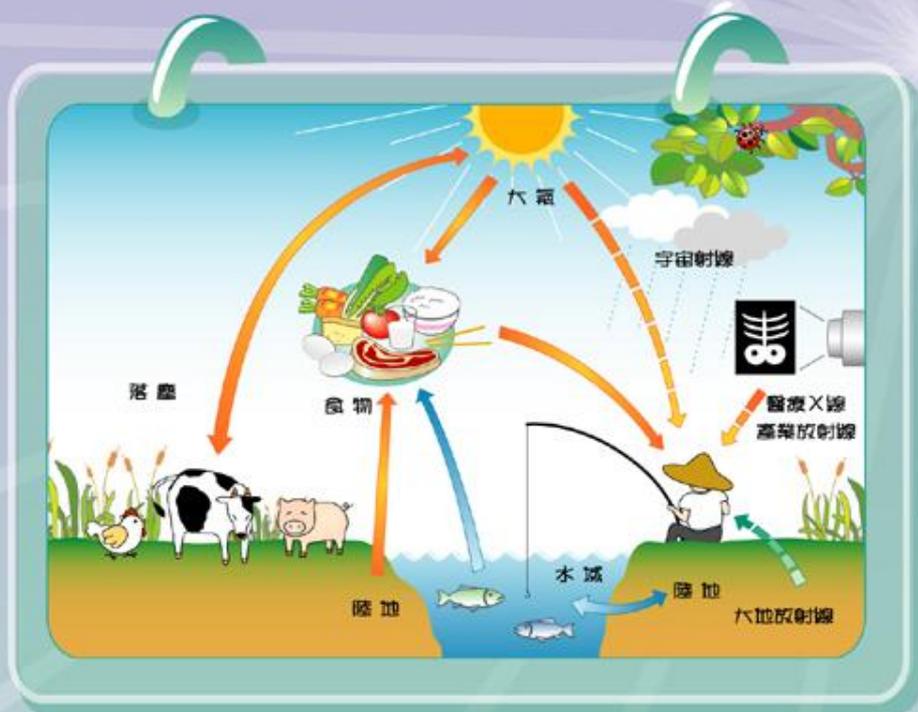


輻射的種類

輻射是一種能量，以波動或高速粒子的型態傳送。

依「能量高低」區分：

- ◎游離輻射：能量高，能使物質產生游離作用。
 - ▲電磁輻射：加馬射線、X射線。
 - ▲粒子輻射：阿伐粒子、貝他粒子、中子、高速電子、高速質子等。
- ◎非游離輻射：能量低，無法使物質產生游離作用，包括紫外線、可見光、紅外線、微波、雷達、FM無線電波、AM無線電波、電視無線電波等。



依「來源」區分：

- ◎天然輻射：
 - ▲宇宙射線
 - ▲氡氣
 - ▲NORM (天然放射性物質，如：各種原料或礦物)
 - ▲TENORM (經人為濃縮後的天然放射性物質，如：礦渣、爐渣)
- ◎人為輻射：
 - ▲醫療輻射
 - ▲核能設施
 - ▲地表輻射
 - ▲人體輻射
 - ▲核爆落塵
 - ▲職業曝露

游離輻射 & 非游離輻射



- **游離輻射**:當原子裡的電子，自輻射獲得的能量，**大於**原子核對它的**束縛能**，電子就會離開原子而射出，使原來呈中性的原子變成帶正電和一帶負電的離子對。
- **非游離輻射**:電子自輻射所獲得的能量，不足以使電子離開原子核的束縛，只能使電子在原位置振動或離開原位置跳到較高能階上去。這種作用稱為**激發** (excitation) 或**非游離輻射**。

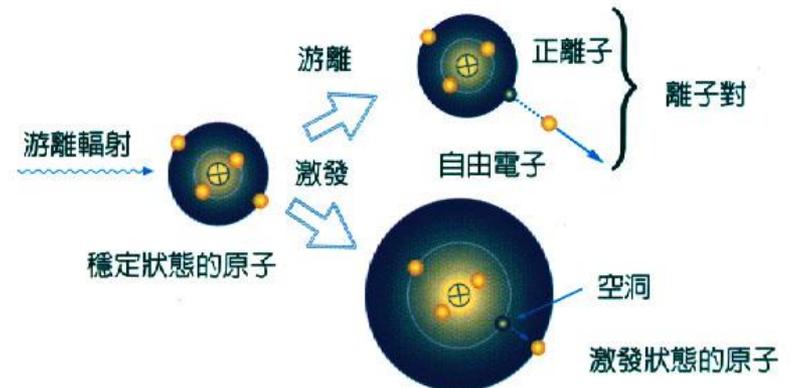
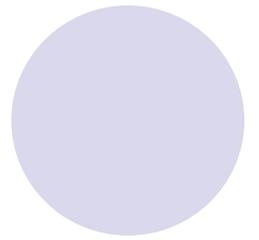
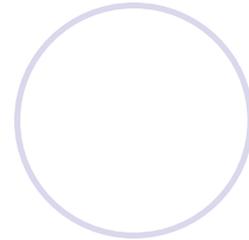
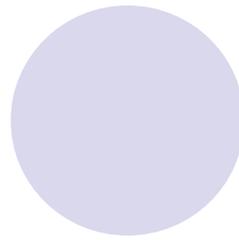
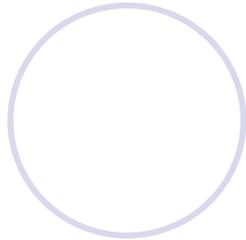
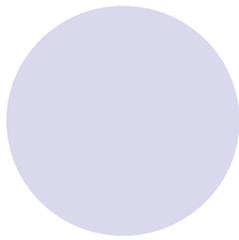


圖 1.10 原子的游離與激發



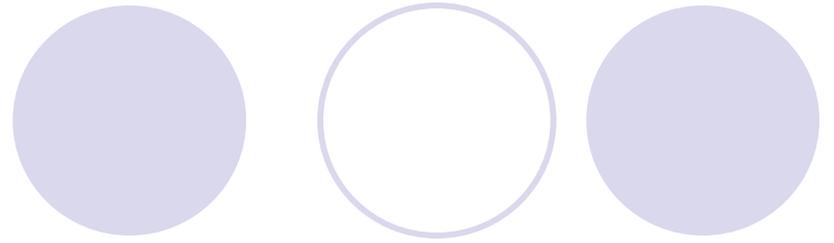
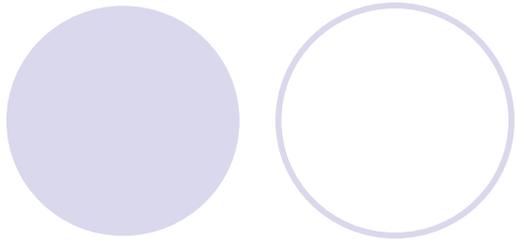
非游離輻射	游離輻射
電視 雷達 烤麵包機 吹風機 微波爐	核電廠的排放 自然界輻射 α 、 β 粒子 X射線、 γ 射線

- 能使一般物質產生游離的能量大概是 10 k e V ，故以 10 k e V 作為游離輻射與非游離輻射的分界點。

游離輻射的特性



- **游離輻射**，隨時隨地存在，看不到、摸不到、聽不到、無法察覺。
- 雖然輻射可能引起健康危害，但也不必過分擔心。流行病學的研究顯示，**高劑量的輻射對人體是有害的**，但**低劑量的輻射，對人體無害或風險甚低**。



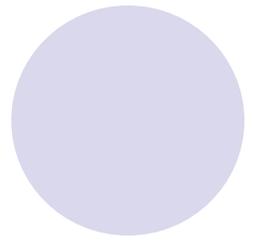
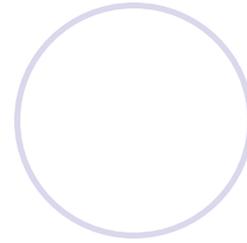
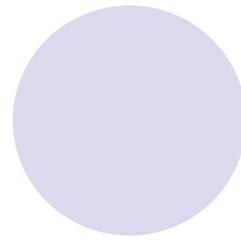
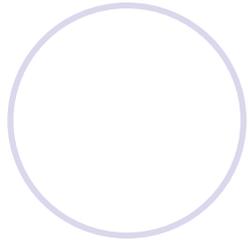
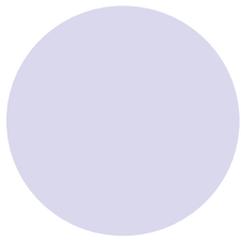
- **eV (電子伏特)** :

一個電子經電位差為1 伏特的電場加速所獲得的能量。

- $1 \text{ eV} = 1.6021 \times 10^{-12} \text{ erg}$
 $= 1.6021 \times 10^{-19} \text{ J}$

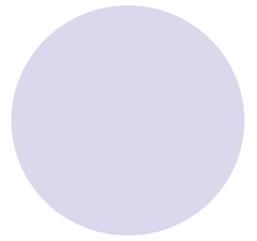
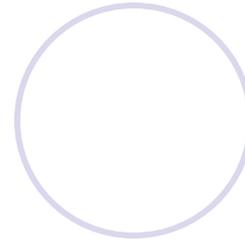
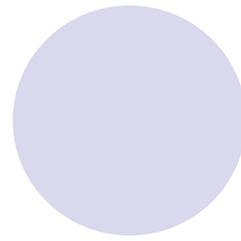
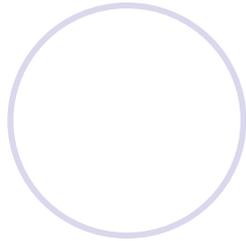
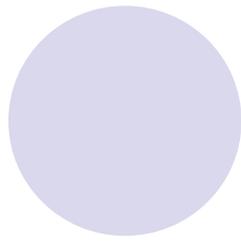
$$1 \text{ keV} = 1.6021 \times 10^{-16} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 1.6021 \times 10^{-13} \text{ J}$$



輻射常用單位

學習目標：可區分放射活度及人員輻射劑量的單位



活度：

指一定量之放射性核種在某一時間內發生自發衰變數目。活度的單位為貝克(Bq)。每秒自發衰變一次為1 Bq。

$$\underline{1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}}$$

$$\underline{1 \text{ mCi} = 3.7 \times 10^7 \text{ Bq}}$$

器官劑量：

指單位質量的組織或器官吸收輻射之平均能量，
單位為 戈雷。

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ kg}$$

等價劑量：

指器官劑量與對應輻射加權因數乘積之和，
其單位為 西弗。

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ kg}$$

輻射加權因數 (Radiation weighting factor)

輻射種類與能量區間	W_R
所有能量之光子	1
所有能量之電子及 μ 介子	1
中子能量 <10 keV	5
10 keV—100 keV	10
>100 keV—2 MeV	20
>2 MeV—20 MeV	10
>20 MeV	5
質子(回跳質子除外)能量 >2 MeV	5
α 粒子，分裂碎片，重核	20

有效劑量：

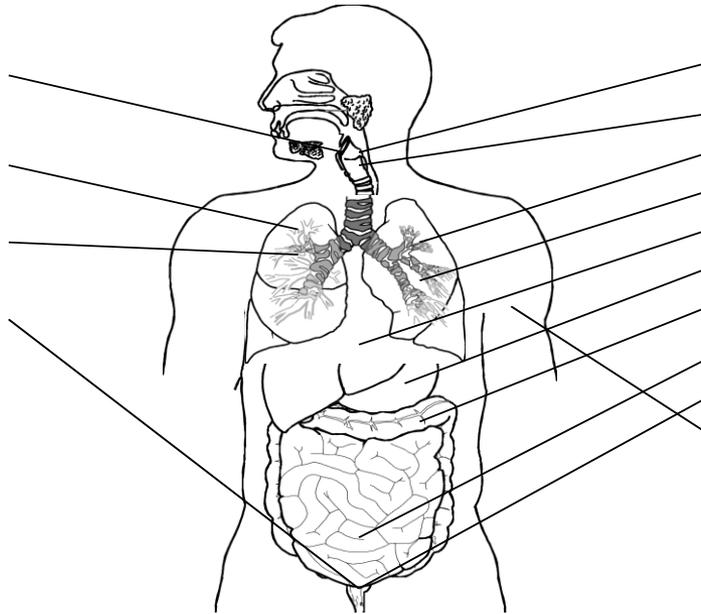
指人體中受曝露之各組織或器官之等價劑量與各該組織或器官之組織加權因數乘積之和，其單位為 西弗(Sv)

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ kg}$$

組織加權因數 W_T 指為輻射防護目的，用於以各組織或器官等價劑量HT 計算有效劑量之修正因數。此一因數係考慮不同組織或器官對輻射曝露造成機率效應之敏感度而訂定。

$(W_{T,26})$

- 甲狀腺 (0.03)
- 肺 (0.12)
- 乳房 (0.15)
- 性腺 (0.25)
- 骨表面 (0.03)
- 紅骨髓 (0.12)
- 剩餘器官 (0.30)

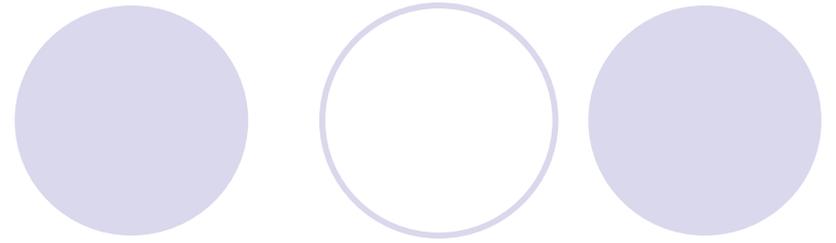
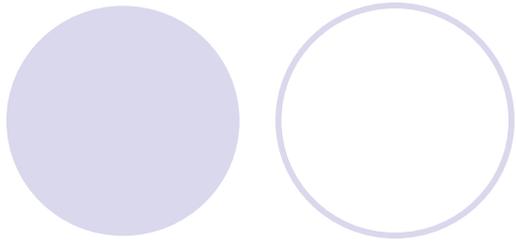


$(W_{T,60})$

- 甲狀腺 (0.05)
- 食道 (0.05)
- 乳房 (0.05)
- 肺 (0.12)
- 胃 (0.12)
- 肝 (0.05)
- 結腸 (0.12)
- 膀胱 (0.05)
- 性腺 (0.20)
- 皮膚 (0.01)
- 骨表面 (0.01)
- 紅骨髓 (0.12)
- 剩餘器官 (0.05)

劑量限度

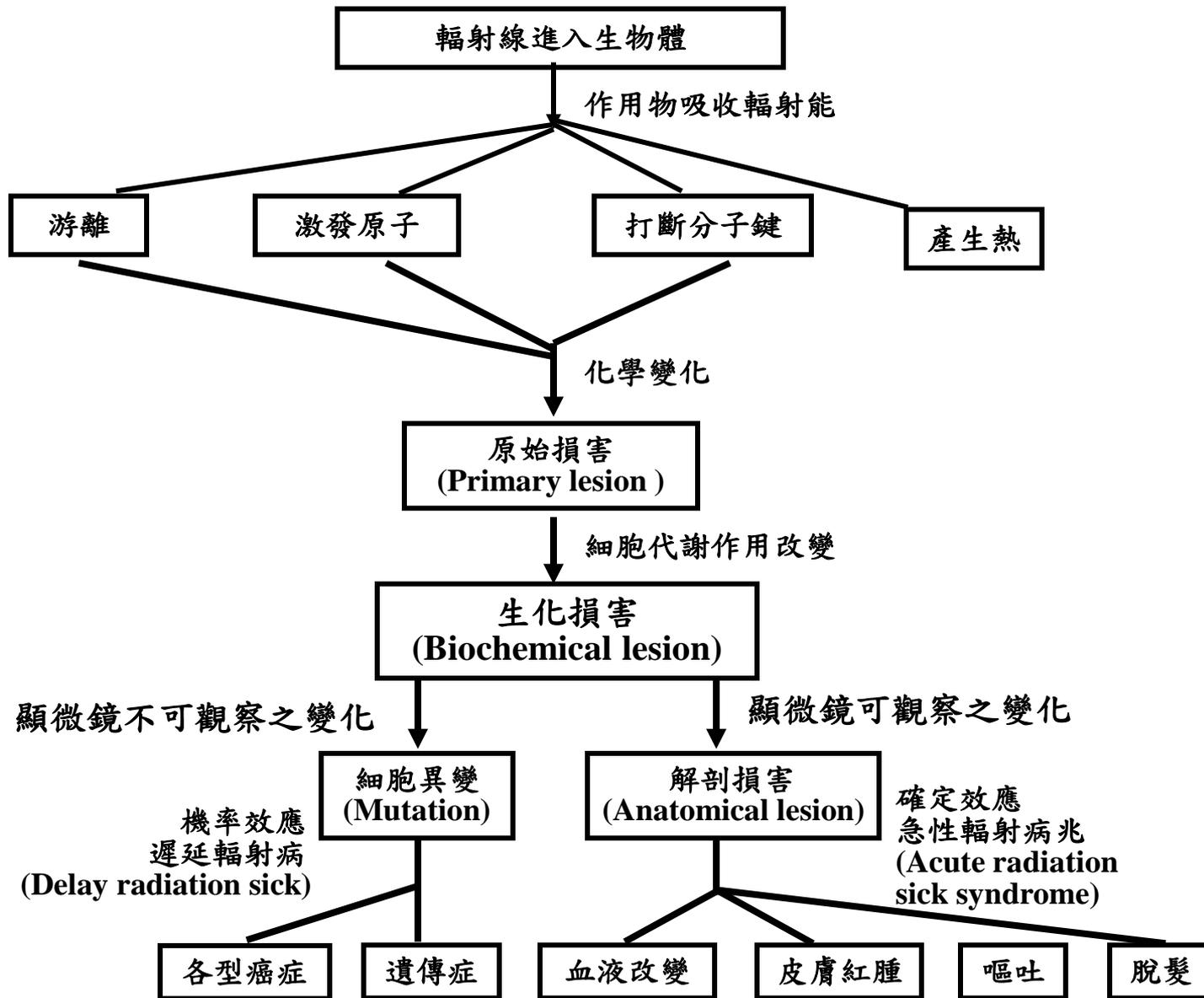
- ◆ 輻射工作人員每連續五年週期之有效劑量不超過**100**毫西弗，且任何單一年內不超過**50**毫西弗
- ◆ 眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過**150**毫西弗
- ◆ 皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過**500**毫西弗。
- ◆ 一般人一年內之有效劑量不超過**1**毫西弗



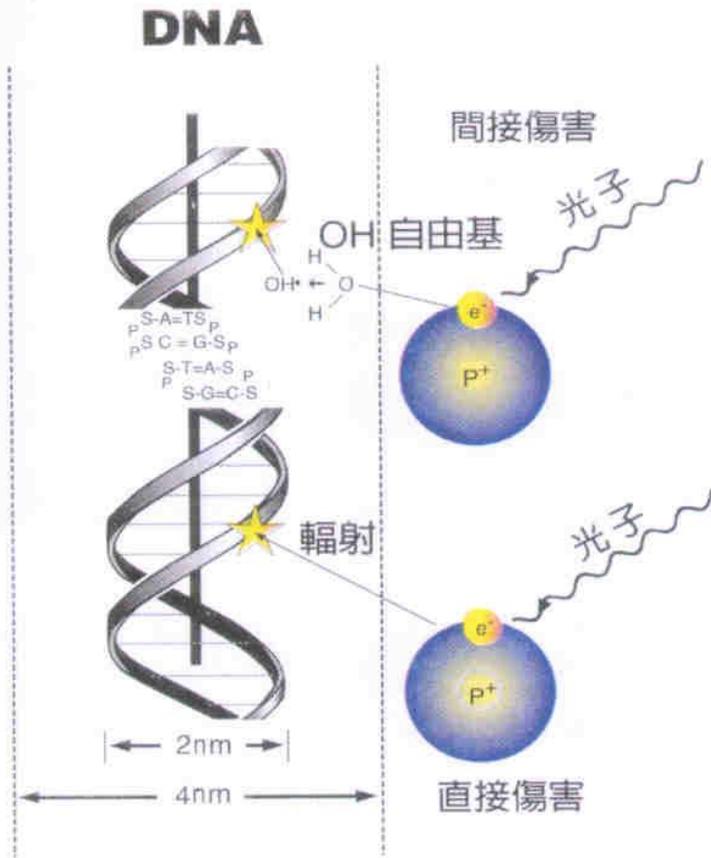
輻射健康效應

學習目標：可說明確定效應及機率效應之不同

輻射傷害解說圖



輻射之健康效應(一)



- ❖ 可能直接或間接傷害細胞中的DNA。
- ❖ 人體細胞受傷後有自行修復的能力。
- ❖ 接受低輻射劑量，大部分稍微受傷的細胞會恢復正常；接受高輻射劑量，細胞可能受損、死亡或修復錯誤，使身體健康受影響。

輻射的健康效應(二)

確定效應(非機率效應)：

- 短時間內曝露於大的輻射劑量所致。
- 細胞受輻射照射後被殺死
- 特性：
 - 超過低限劑量才會發生。
 - 誘發疾病的嚴重度隨曝露量的增加而增加。
 - 急性效應：局部急性輻射症候群
全身急性輻射症候群
 - 延遲效應：白內障及不孕症等

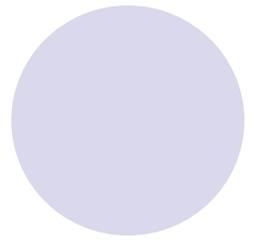
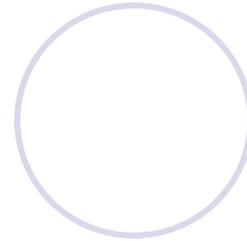
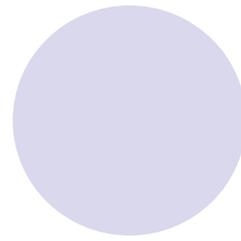
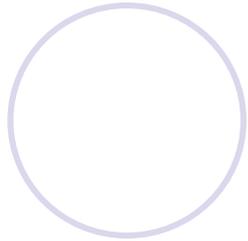
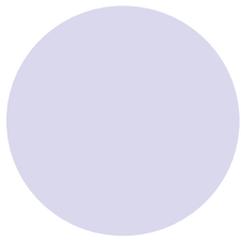
輻射的健康效應(三)

機率效應：

細胞受輻射照射後被 改變

特性：

- 發病潛伏期長。
- 無低限劑量，誘發疾病的可能性隨曝露量的增加而增加。
- 誘發疾病的嚴重程度與曝露量的多寡無關。
- 生物效應：致癌、遺傳基因突變。



輻射防護

學習目標：瞭解輻射防護之原則及方式

為什麼要輻射防護？

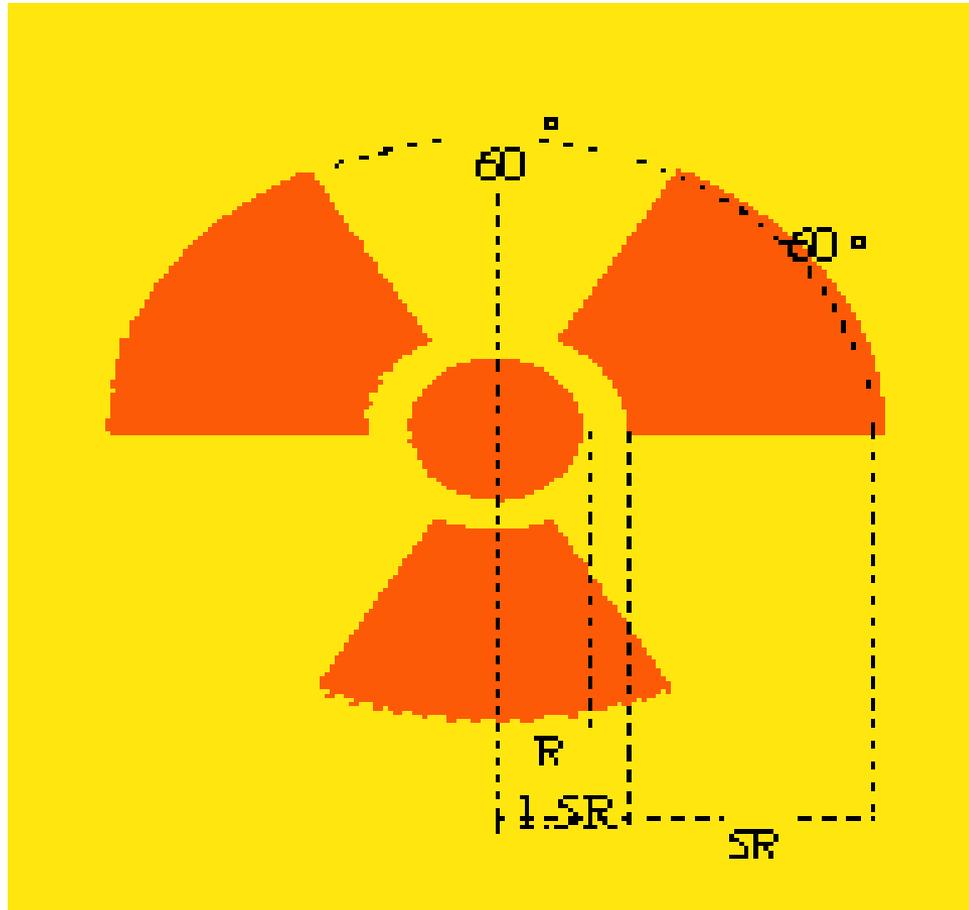
目的：

- 防止確定效應的發生
- 限制機率性效應的發生在可接受的程度
- ALARA
(As low as reasonably achievable)
儘可能降低輻射暴露至合理的低限

輻射防護三原則

- 正當化：利用輻射所獲得的效益必須超過代價。
- 最適化：考慮經濟與社會因素之後，一切輻射曝露必須保持合理抑低 (ALARA)。
- 劑量限度：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。

輻射示警標誌：圖底為黃色，三葉形為紫紅色。



IAEA(2007)輻射示警輔助標誌



「新游離輻射警示輔助標誌」為國際原子能總署(IAEA)與國際標準組織(ISO)於2007年2月15日聯合宣佈啟用的新標誌，此新標誌將作為傳統三葉型輻射警示標誌的補充說明(97/03/24)

注意事項 (本標籤請張貼於設備明顯位置)

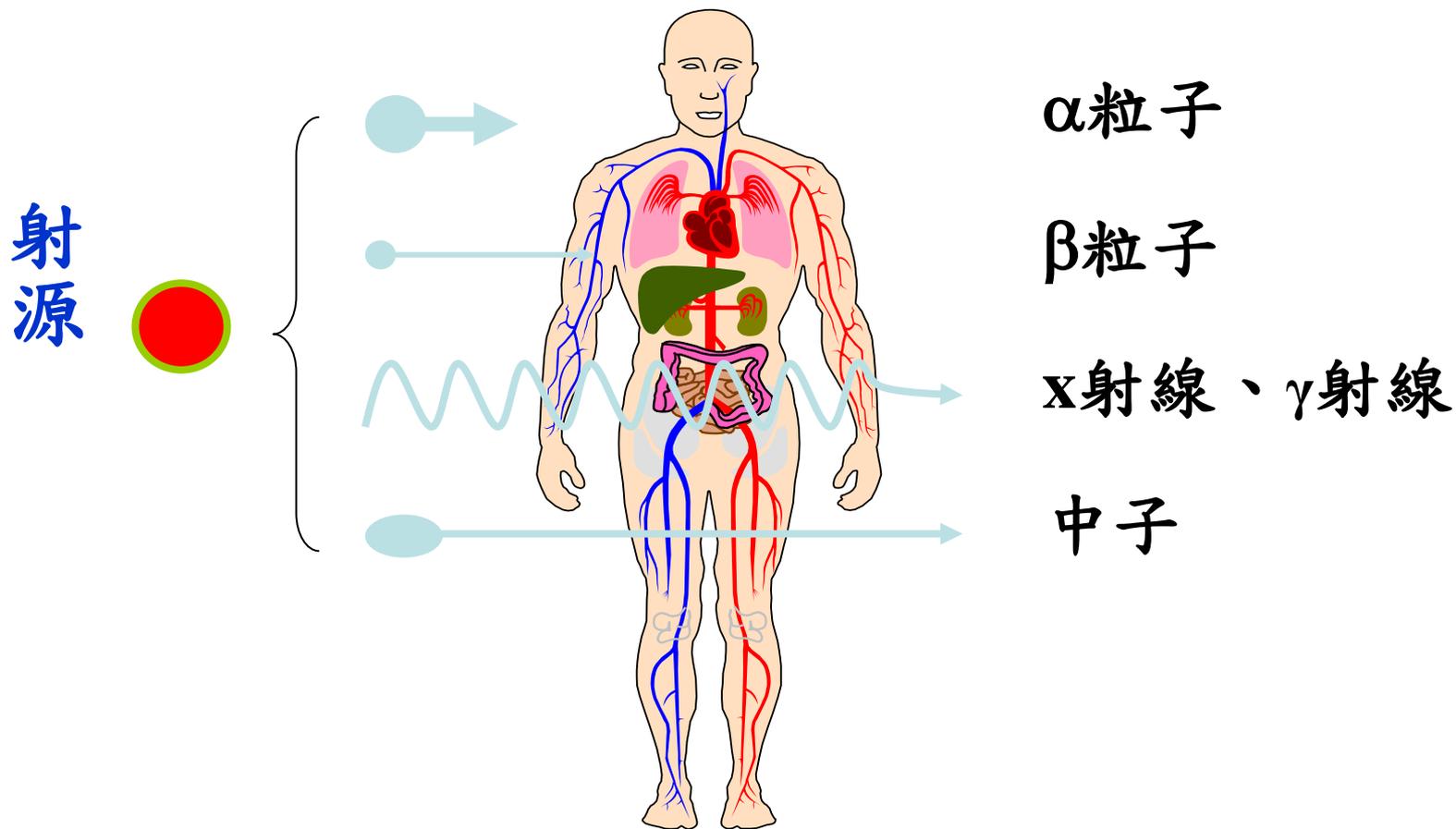
1. 本設備含有輻射源，其出口、轉讓、遷移、改裝、停用及報廢等輻射作業，均應取得原子能委員會許可，始得為之。



2. 本設備應由取得合格資格之人員進行操作。

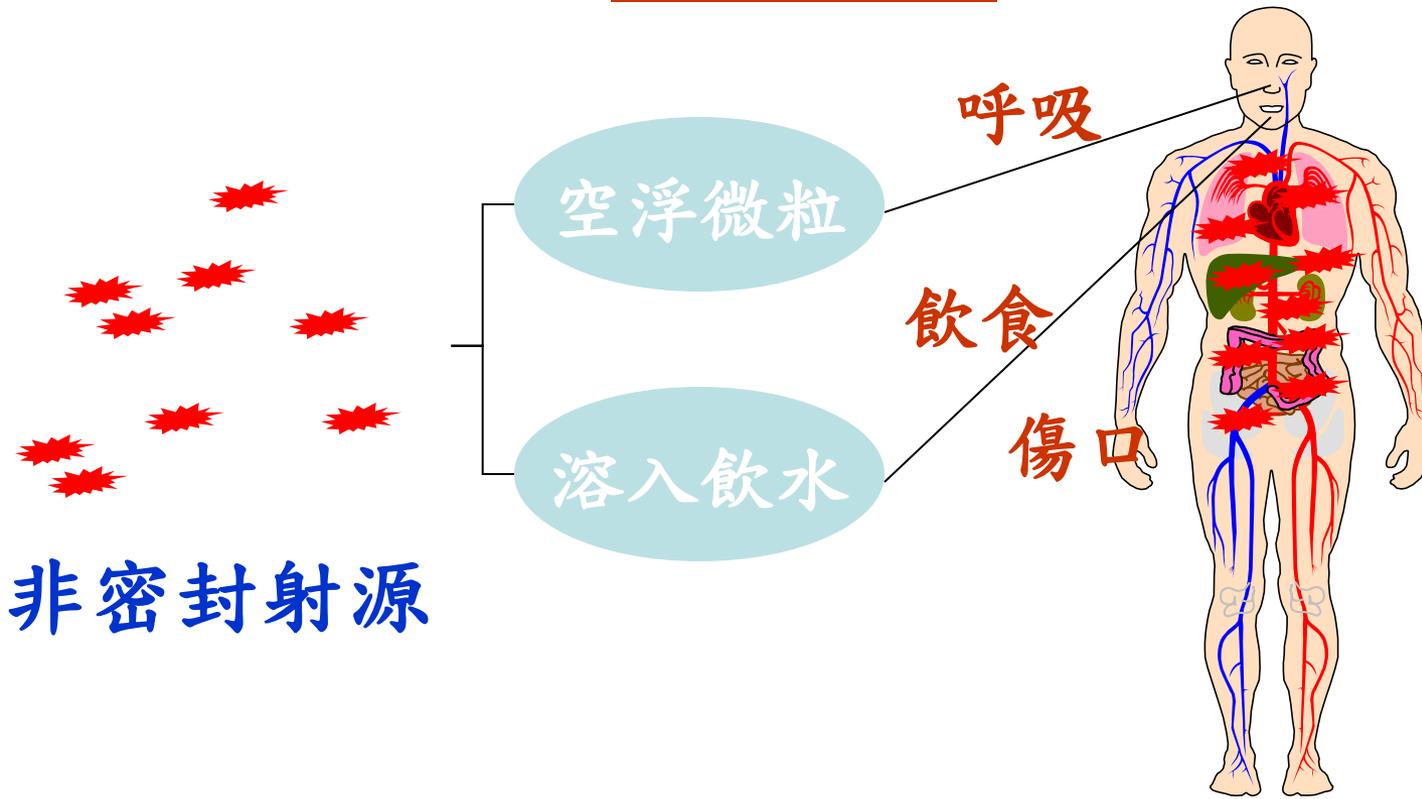
違反上述情事者，將依『游離輻射防護法』予以處分。

體外曝露



◆ 輻射源在身體外面，輻射由體外射入身體。

體內曝露



- ◆ 輻射源污染體內，輻射由體內射入組織器官。

輻射污染進入體內的途徑



體外曝露 防護法則



體內曝露 防護法則



屏蔽

- ✓ 鉛衣
- ✓ 鉛裙
- ✓ 鉛玻璃注射台
- ✓ 鉛筒
- ✓ 鉛磚
- ✓ 鉛頸
- ✓ 鉛手套
- ✓ 鉛眼鏡



輻射安全守則

學習目標：明瞭輻射安全守則

實驗室操作輻射源之安全守則(一)

- 佩帶人員劑量佩章。
- 進入實驗室須穿工作衣與套鞋，處理放射性物質時應戴橡皮手套。
- 在實驗室內不得吸煙、飲食或化妝。
- 非必要私人物品勿攜進實驗室內，操作所產生之廢料應按規定收集、處理。
- 輻射源需小心處理，並使用適當輔助工具。吸取液態放射性物質時，應使用安全吸球，嚴禁以口接觸、吸管吸取。

實驗室操作輻射源之安全守則(二)

- 操作鬆散的放射性物質或加熱處理過程，應在氣櫃內進行。
- 操作過程中如懷疑有可能污染時或不慎吸入放射性物質時，應即通知輻防人員進行除污及處理。
- 離開實驗室前，應偵測身體是否受到污染。如發現污染，應即通知輻防人員依人員除污步驟進行除污，確認無污染始得離去。

人員配章(TLD)介紹



偵檢器的種類

-目前使用最普遍的偵檢器可分為四種

充氣式偵檢器

閃爍偵檢器

熱發光劑量計

半導體偵檢器



第一造影室 - Siemens Symbia S



第二造影室 - Siemens Ecam



第三造影室-Siemens Symbia T



第四造影室 - Philips Bright view



正子中心- GE Discovery ST
PET/CT



放射免疫分析- γ counter



劑量校正器
(dose calibrator)



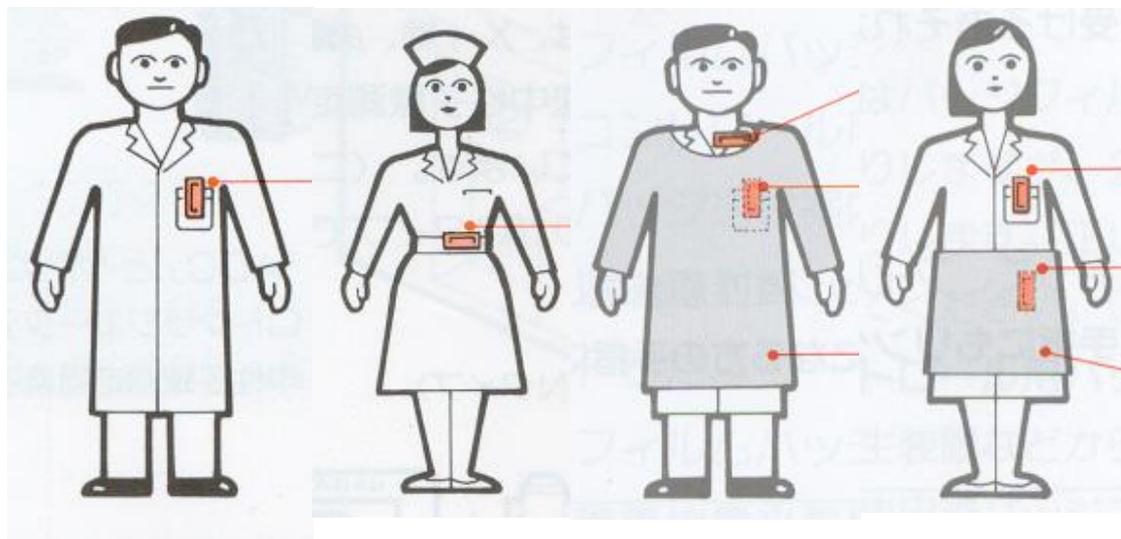
輻射警示偵測器
(radiation alert detector)

TLD作用原理

- TLD為Thermoluminescence dosimeter(熱發光劑量計)之縮寫。
- TLD內之化學物質為LiF，經放射線照射後會吸收能量，使LiF晶體中的電子提升到較高能階，這些電子大部份會立刻回到基態，但有少部份會陷在雜質的能階裏。
- 這些被捕陷的電子經加熱後會提升到更高能階回到基態並放出磷光。
- 所放出的磷光數量與被捕陷電子所吸收的輻射能量成正比，再利用**光電倍增管**將少量磷光轉換成電流，並將電流放大後再測量。

TLD 佩帶方法

- ▶ 人員劑量佩章應佩帶於身體軀幹前方衣服上(儘可能將佩章佩帶於軀幹中央)
 - 佩章前方(姓名處)面向輻射源
- ▶ 使用人員若穿著防護衣物(如鉛衣、鉛裙等), 則應將佩章佩戴於該衣物內, 切勿使佩章外露或半露。



使用TLD注意事項

- 背景TLD 佩章應存放於工作場所附近不易受潮處之佩章架上(與不使用之劑量佩章存放於同一處)。
- 任何時間內劑量佩章存放處不得受游離輻射之照射，否則將影響劑量計讀之正確性。
- 工作完畢後，應將佩章自動放回佩章架上或交還管理人員保管，不得帶離工作地點甚或帶回家。
- 劑量佩章，不得轉借他人或與他人交換使用。

” 0”或” B”的意義

- ▶ 每一種測量設備都會有其誤差，同樣的TLD計讀設備甚至TLD本身都有其誤差存在。
- ▶ 考量誤差的效果，把誤差的總合視為”最低可測值”，亦即我們的劑量要比背景值多了這最低可測值，才會在報告上看到劑量，當劑量與背景值相當接近時，通常報告上會顯示” 0”或” B”。

游離輻射防護法規簡介

--- 輻射工作人員之權利與義務

- ❖ 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。



(一) 劑量監測

雇主對輻射工作人員實施個別劑量監測，應記錄每一輻射工作人員之職業曝露歷史紀錄，並定期及逐年記錄每一輻射工作人員之職業曝露紀錄。

前項紀錄，雇主應自輻射工作人員離職或停止參與輻射工作之日起，至少保存三十年，並至輻射工作人員年齡超過七十五歲。

輻射工作人員離職時，雇主應提供其紀錄。

職業曝露之劑量限度

- ❖ 輻射工作人員每連續五年週期之有效劑量不超過100毫西弗，且任何單一年內之不超過50毫西弗。
(五年週期，自民國九十二年一月一日起算)
- ❖ 眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過150毫西弗。
- ❖ 皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過500毫西弗。

女性輻射工作人員懷孕

- 雇主於接獲女性輻射工作人員告知懷孕後，應即檢討其工作條件，使其胚胎或胎兒接受與一般人相同之輻射防護。
- 前項女性輻射工作人員，其賸餘妊娠期間下腹部表面之等價劑量，不得超過 **2 毫西弗**，且攝入體內放射性核種造成之約定有效劑量不得超過 **1 毫西弗**。



(二) 健康檢查

- ▶ 雇主僱用輻射工作人員時，應要求其實施體格檢查；對在職之輻射工作人員應實施定期健康檢查，並依檢查結果為適當之處理。
- ▶ 輻射工作人員因一次意外曝露或緊急曝露所接受之劑量超過 50 毫西弗以上時，雇主應即予以包括特別健康檢查、劑量評估、放射性污染清除、必要治療及其他適當措施之特別醫務監護。



(三) 教育訓練

- ❖ 雇主依規定對在職之輻射工作人員定期實施之教育訓練每人每年受訓時數須為三小時以上，並記錄備查。
- ❖ 紀錄中應記載參加訓練人員之姓名與參加訓練之時間、地點、時數、訓練科目及授課人員等相關資料，並至少保存十年。

罰則

第十八條

第 42 條：

七、違反第十八條規定，未對協助者施以輻射防護者，處新臺幣四十萬元以上二百萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業；必要時，廢止其許可、許可證或登記。

第 45 條：

一、依第十八條規定有告知義務，未依規定告知者，處新臺幣四萬元以上二十萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業。

醫療機構對於協助病人接受輻射醫療者，其有遭受曝露之虞時，應事前告知及施以適當之輻射防護。

第十四條

1.第 44 條：

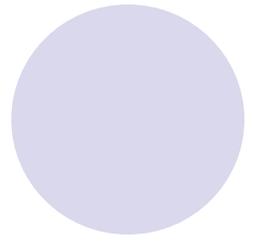
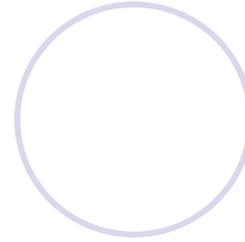
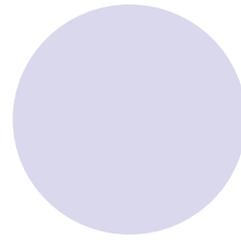
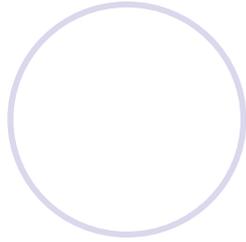
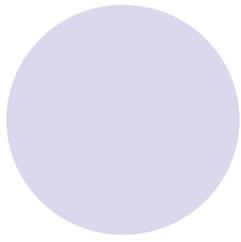
二、未依第十四條第四項規定實施教育訓練，處新臺幣五萬元以上二十五萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業。

四、雇主對在職之輻射工作人員應定期實施從事輻射作業之防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練，並保存紀錄。

1.第 46 條：

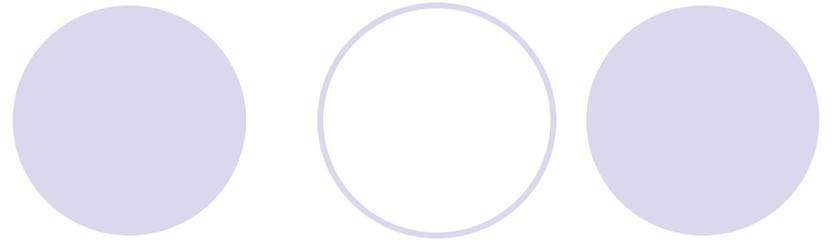
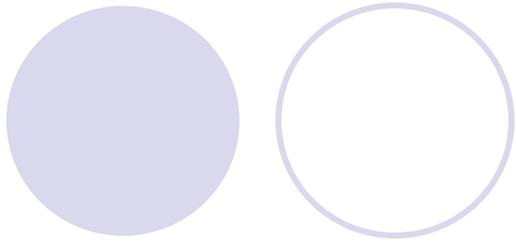
一、輻射工作人員有違反第十四條第五項規定，拒不接受教育訓練者，處新臺幣二萬元以下罰鍰。

五、輻射工作人員對於前項教育訓練，有接受之義務。



The End

Thank you for attention !



參考資料：

- 放射物理學
- 原子能委員會網站
- 游離輻射防護法