



核能安全委員會

Nuclear Safety Commission

113年地方政府輻射災害防救講習

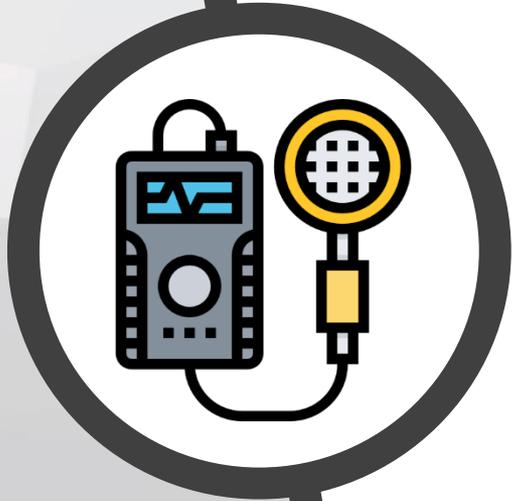


輻射偵檢儀器 操作要領與實作訓練

核能安全委員會

保安應變組

簡報大綱 **Outline**



- ① 偵檢儀器的重要性
- ② 儀器作用原理
- ③ 常用儀器介紹
- ④ 操作注意事項
- ⑤ 動手實作!

為何需要偵檢儀器？

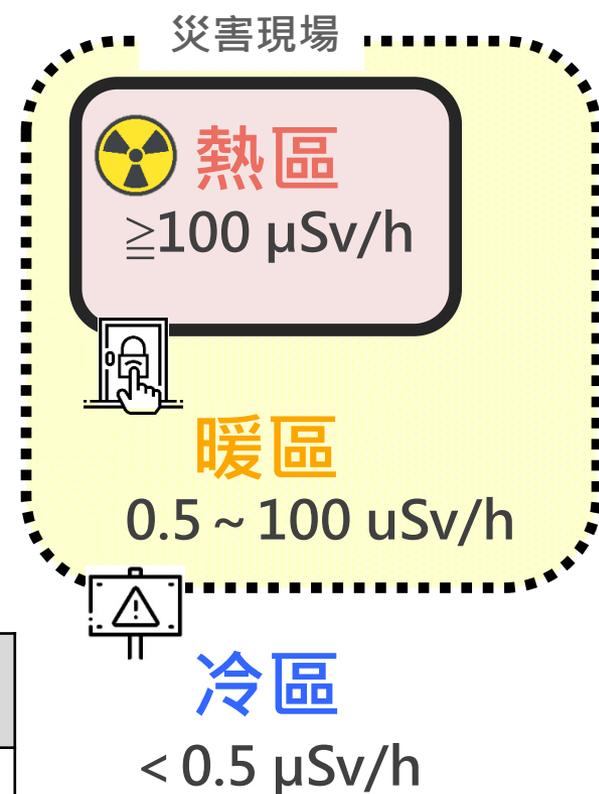


知己知彼，百戰百勝！

□ 瞭解災害現場輻射強度後，才能...

- 劃設管制區（冷、暖、熱區）
- 採取適當的應變措施
- 評估應變人員可以停留時間
- 災後追溯應變人員可能接受劑量

任 務	任一年內累積之有效劑量 盡量不要超過
搶救生命	500毫西弗（mSv）
減少大量集體有效劑量 防止發生災難	100毫西弗（mSv）
其他應變行動	50毫西弗（mSv）



資料來源：
游離輻射防護安全標準（2003）

偵檢器外觀與作用原理

□ 基本結構：偵測探頭、電子電路、顯示裝置

偵測探頭：
與入射輻射產生
游離或激發作用



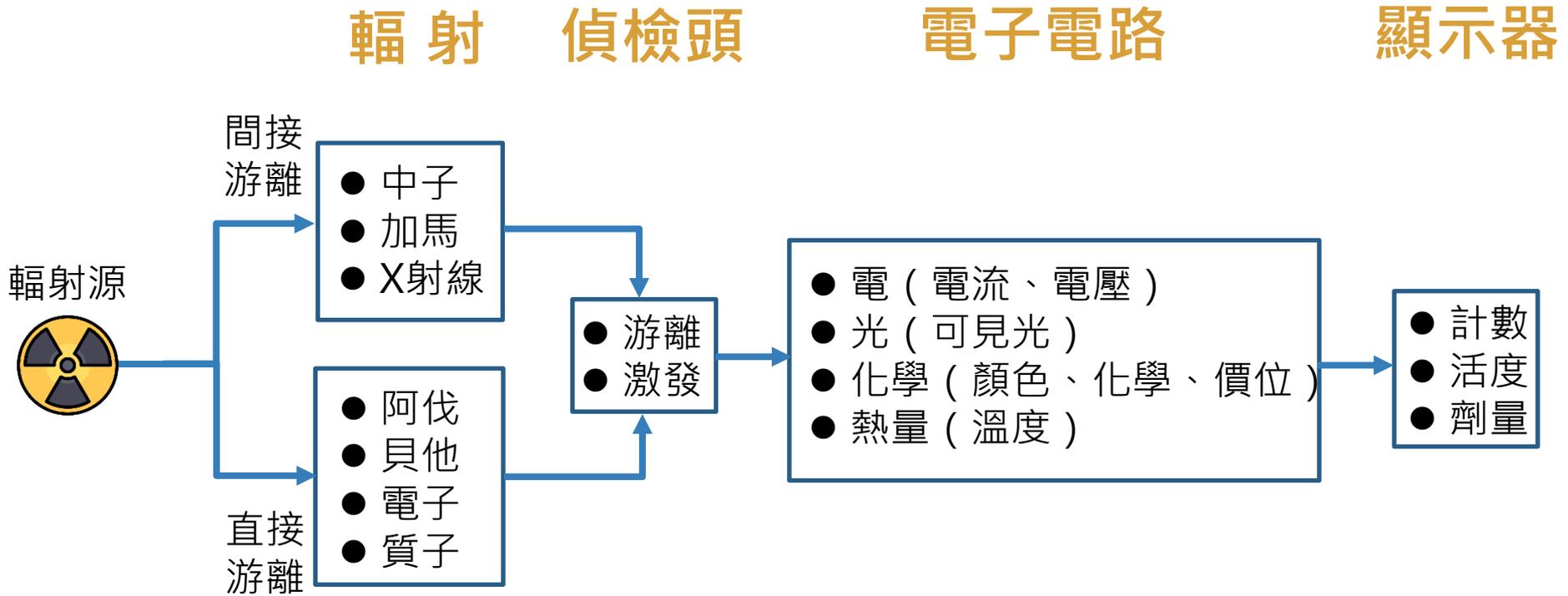
電子電路：
收集與分析探頭
訊號

- 電 (電流、電壓)
- 光 (可見光)
- 化學 (顏色、價位)
- 熱量 (溫度)

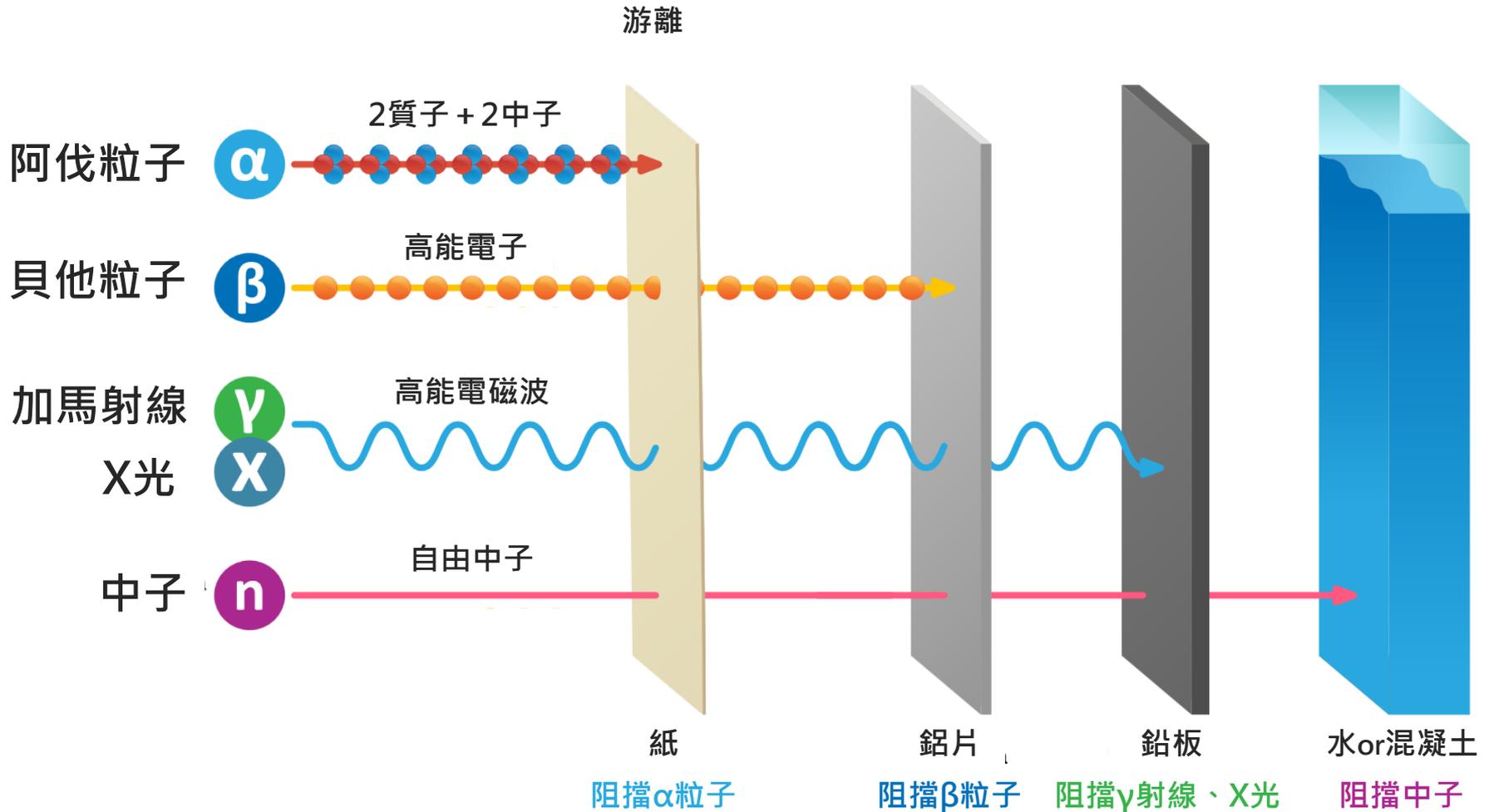
顯示裝置：
顯示偵測結果

- 計數
- 活度
- 劑量

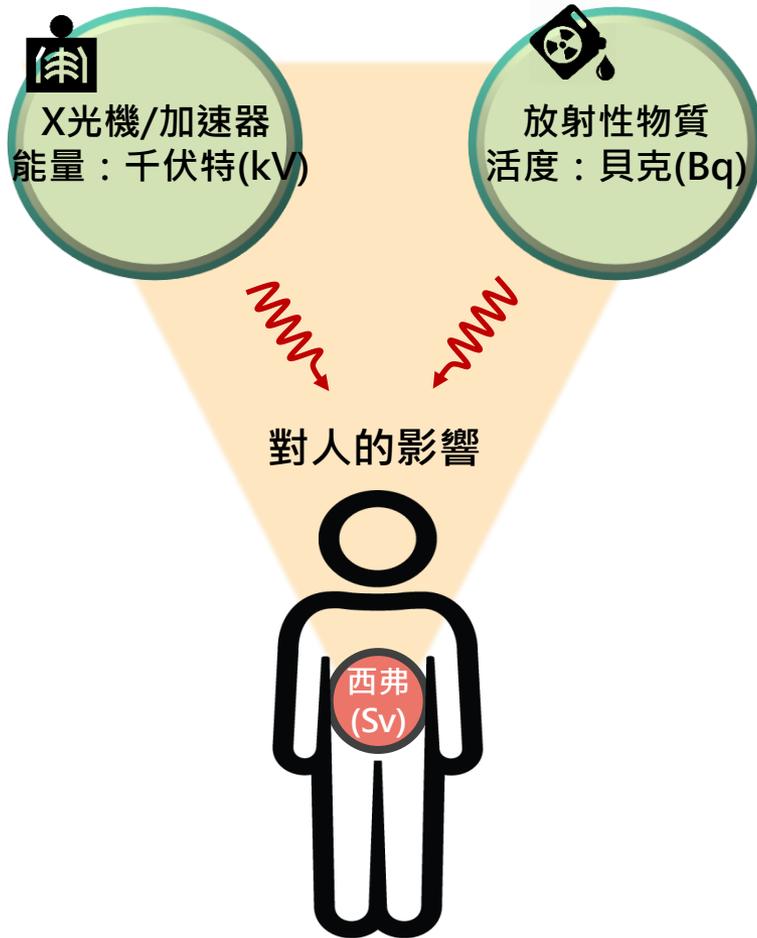
輻射偵測原理



輻射的類型



輻射的單位



- **X光機/加速器**：管電壓決定輻射能量大小，電壓越高，輻射能量越高，常用單位為**kV**。
- **放射性物質**：以其在一定時間內衰變的次數代表其活度，常用單位為**貝克 (Bq)**：每秒衰變的次數)或**居里 (Ci)**： 3.7×10^{10} Bq)。
- **對人體的影響**：
 - 不同輻射對人體的影響程度不同 (**輻射加權因數 W_R**)。
 - 人體不同組織對於輻射的敏感度也不同 (**組織加權因數 W_T**)。
 - 當描述輻射對人體影響時，會綜合考量以上因素，並用**西弗 (Sv)**作為劑量的單位。

輻射劑量單位的換算

西弗(Sv)：輻射劑量(dose)的單位。

毫西弗(mSv)=千分之一西弗($1/1,000\text{Sv}$)

微西弗(μSv)=百萬分之一西弗($1/1,000,000\text{Sv}$)

奈西弗(nSv)=十億分之一西弗($1/1,000,000,000\text{Sv}$)

微西弗/小時($\mu\text{Sv/hr}$)：輻射劑量率

輻射劑量率 x 時間 = 輻射劑量

1毫侖琴(mR)=
10微西弗(μSv)



瑞典科學家西弗(Sievert)

- 西弗(Sv)：表示人體吸收的輻射劑量。
(依照射的輻射種類、受照射的器官組織而不同)

如何挑選偵檢儀器

□ 輻射種類

- 電磁輻射：X射線、 γ 射線
- 粒子輻射： α 粒子、 β 粒子、中子(n)、質子(p)

□ 使用目的

- 核種辨識 (天然、人工)
- 劑量率量測 ($\mu\text{Sv/h}$ 、 mSv/h 、 Sv/h)、累積劑量 (μSv 、 mSv 、 Sv)
- 污染偵測 (cps 、 cpm 、 Bq 、 Bq/cm^2)
- 環境劑量、環測樣品分析、空浮偵測、全身計測...etc.

□ 能量範圍、反應時間...etc.

偵檢儀器的其他考量因子

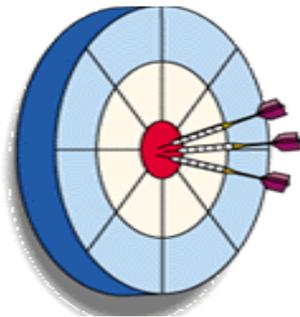
項目	說明
1. 偵測效率	效率高低主要取決於 偵檢頭的材質與大小 ；一般而言，固態偵測器效率 > 氣態偵測器。
2. 準確度	儀器讀值與標準值的比值。可藉由將儀器送往標準實驗室校正以取得校正因子，來改善儀器準確度的問題。 器示值 × 校正因子 = 參考值 (實際值)
3. 穩定度	每次量測結果的差異小 。穩定度高的儀器通常偵測效率也較高，比較能獲得穩定的量測結果。
4. 能量依持性	在 相同輻射劑量強度 ， 不同輻射粒子能量 的情況下，儀器準確度間的差異表現稱為能量依持性。
5. 角度依持性	在 相同輻射劑量強度 下，儀器 偵測探頭方向與輻射線入射方向角度不同 造成的讀數差異。
6. 低計數率情況的統計差異	低劑量率或是使用低偵測效率儀器的情況下，因 機率統計效應 造成儀器讀數的變動將相當顯著。

準確度 (accuracy)

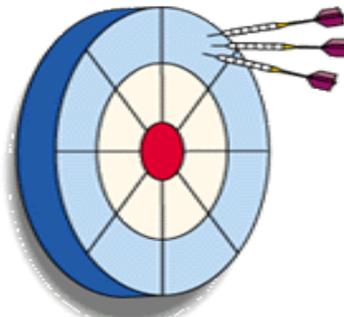
- 儀器讀數與真實劑量率之比值
- 校正因子 = 劑量(率)/讀值 → **越接近1越好！**

穩定度 (precision)

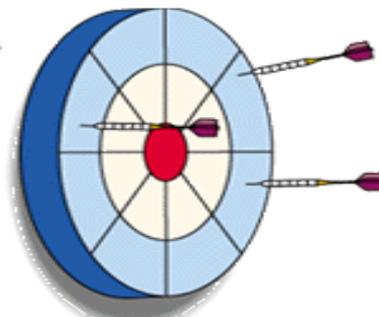
- 對固定輻射強度重複進行多次計讀
- 每一次的**讀值越接近越好！**



高準確度
高穩定度



低準確度
高穩定度



低準確度
低穩定度

校正報告

100/01/25

國立清華大學原子科學技術發展中心
輕便型輻射偵檢儀校正實驗室



Calibration Laboratory
0304

共 1 頁 第 1 頁

新竹市光復路二段 101 號

TEL: (03)5745157

FAX: (03)5722660

單位名稱: 國立中央大學

報告編號: 100-4047-001-0

單位代號: 4047

單位地址: 中壢市五權里中大路300號

儀器廠牌: SE

儀器型號: Inspector

儀器序號: 16359

偵檢器: 蓋革管

偵檢器型號: —

偵檢器序號: —

溫度: 18.7 °C

壓力: 100.5 kPa

相對溼度: 47 %RH

校正射源: 銻 137

校正日期: 100/01/24

單位: $\mu\text{Sv/h}$

射源活度: 111GBq, 18.5GBq, 1850MBq (July 1, 1996)

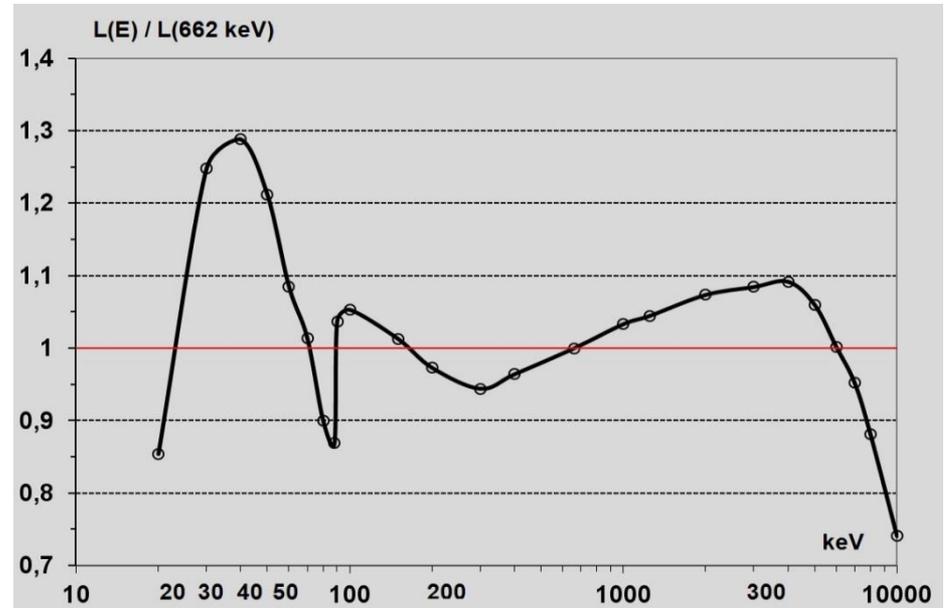
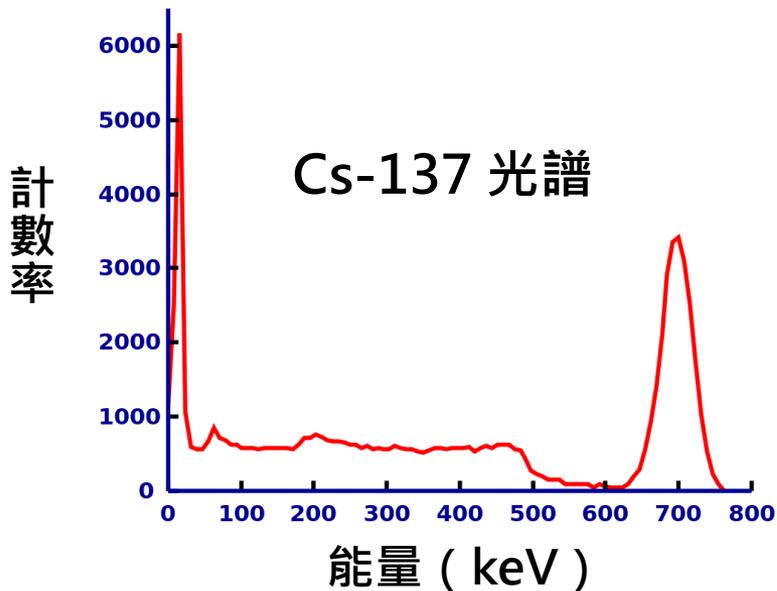
校正刻度	標準值 ($\mu\text{Sv/h}$)	計讀值 ($\mu\text{Sv/h}$)	校正因子
X1	10.00	9.37	1.06
X1	80.00	79.20	1.01
X1	200.00	203.80	0.98
X1	800.00	786.98	1.01

備註:

1. 校正因子 = $\frac{\text{標準值}}{\text{計讀值}}$

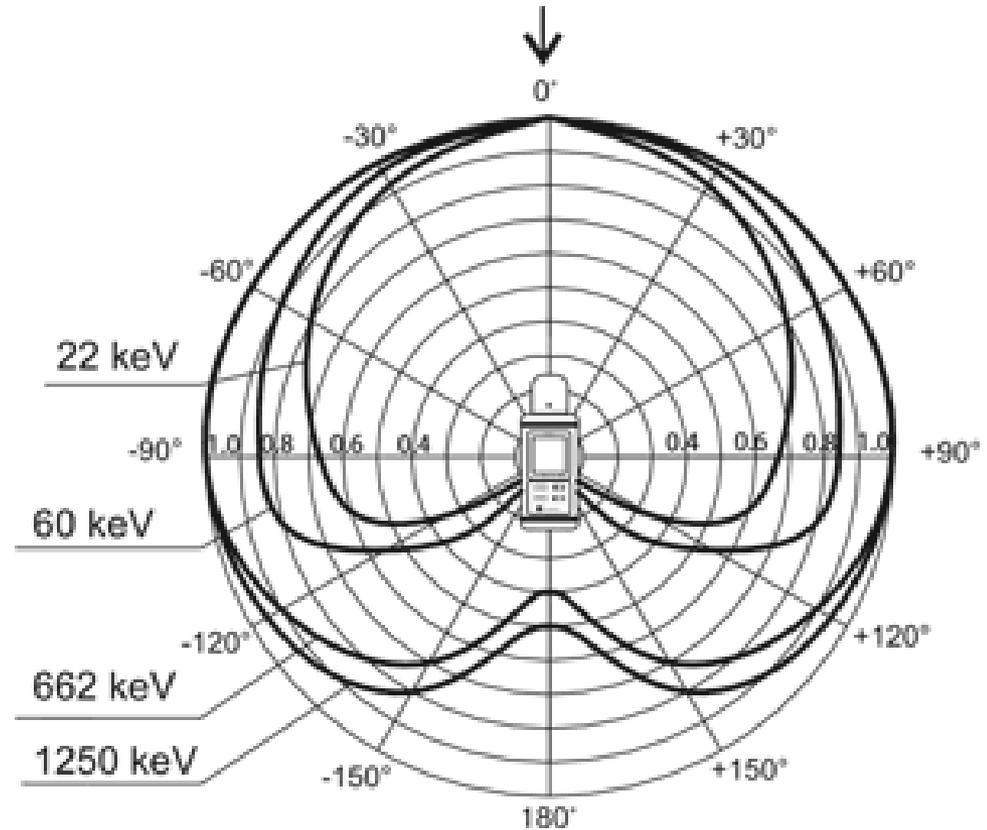
能量依持性

- 相同劑量率下，偵檢儀器讀值會隨輻射能量不同而改變。
- 鈷-60輻射場會**高估**，符合輻射防護原則！
- 範圍**越小越好**($\pm 30\%$ 內)

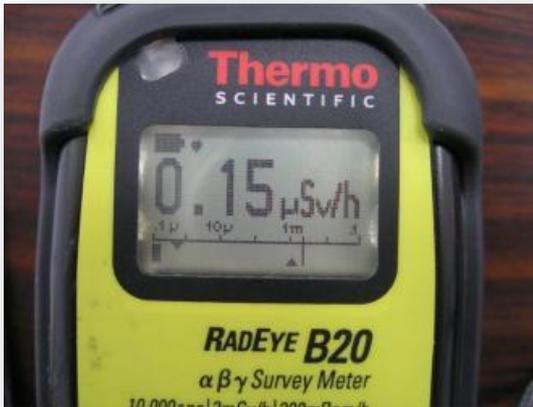


角度依持性

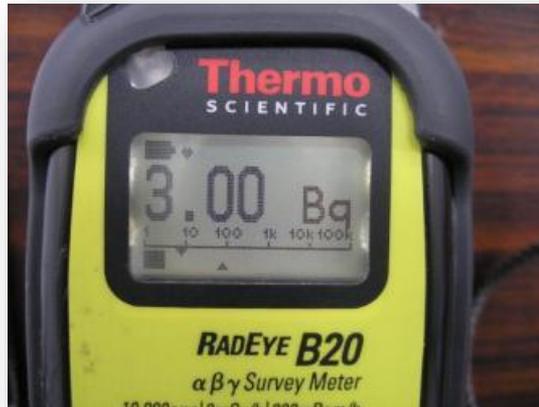
- 儀器因為幾何形狀非圓形，在**不同角度**會產生**讀值差異**。
- 開窗偵檢器，若偵測窗口未正對輻射源方向，讀數會明顯偏低。



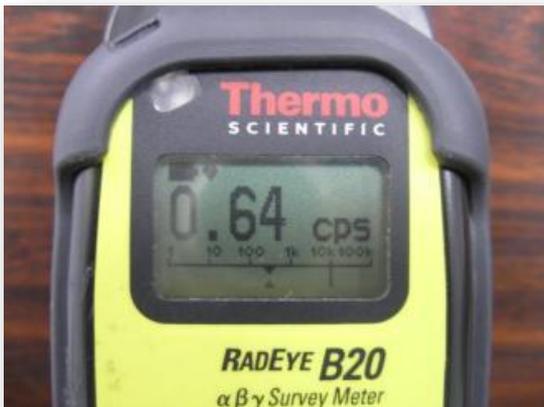
儀器模式好多～ 我到底要用哪一個？



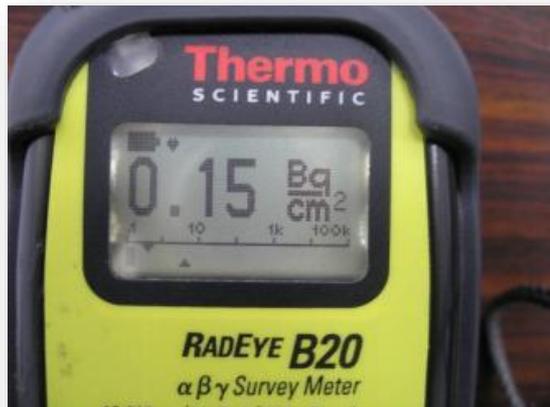
劑量率



污染活度



計數率



單位面積污染活度

對儀器而言，各種不同計量單位只是因應偵測目的的不同而已，事實上，都可相互轉換。

量到的讀值來自於？

儀器顯示的
輻射讀值



環境輻射
(天然、人造)

儀器本身的輻射

儀器本身的電子雜訊

手持式輻射偵檢器

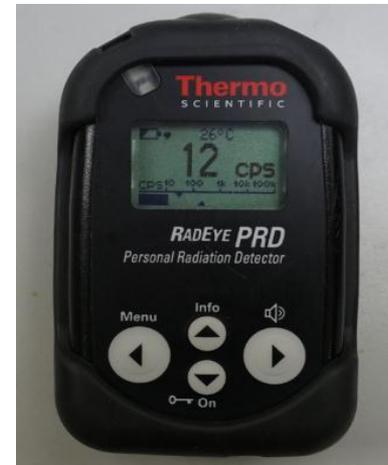
- 用以測量**所在環境的即時輻射劑量率**
- 單位：微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)、毫西弗/小時(mSv/h)
- 台灣天然背景輻射約為**0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)** 以下
- 部分輻射劑量計具有記錄累積劑量跟核種辨識的功能



INER-9200



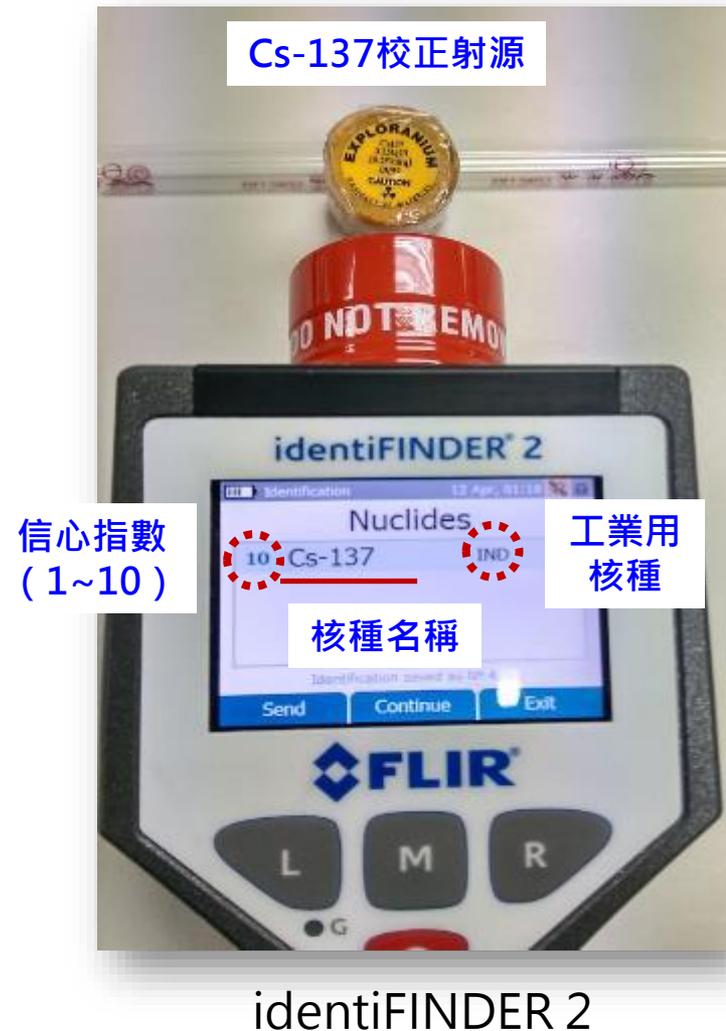
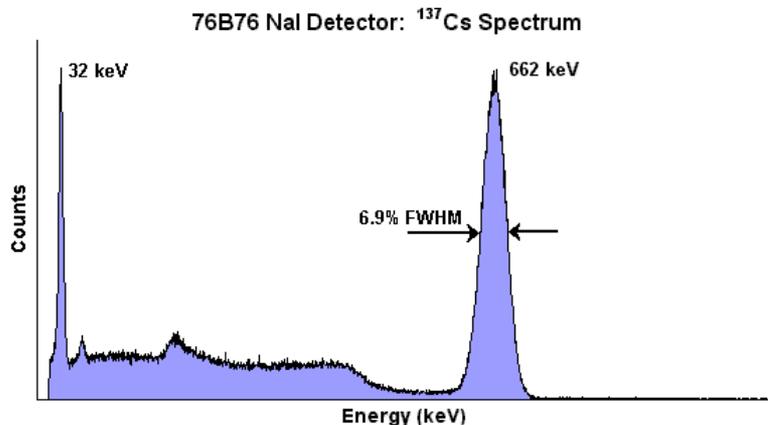
identiFINDER 2



RadEye PRD

核種辨識

- 確認造成輻射災害的放射性核種，是否與**作業現場標示**、**交運文件**、**遺失射源**一致。
- 幫助應變人員控制及了解潛在危害。

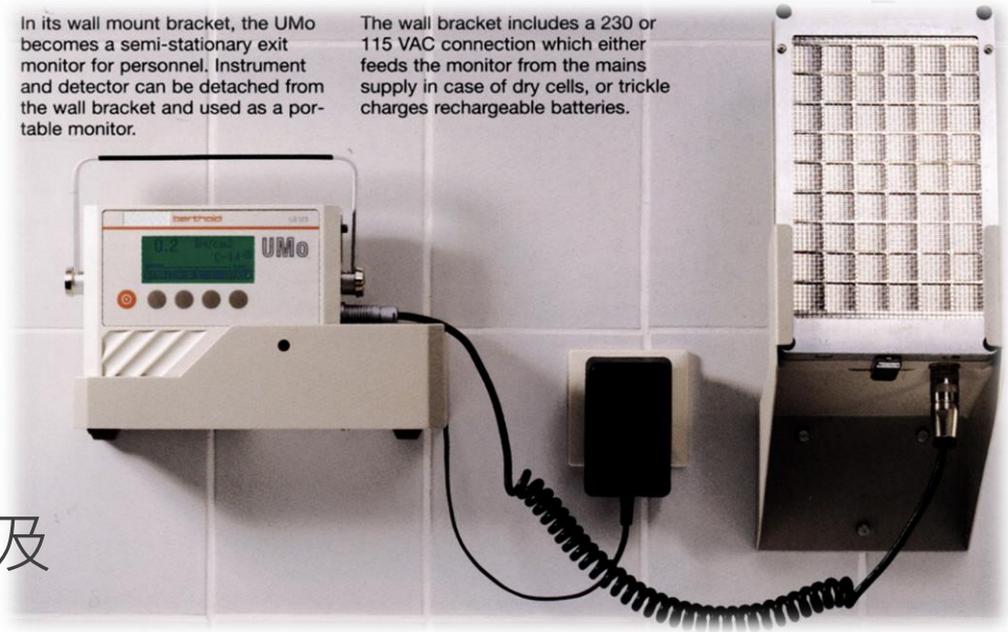


污染偵檢器

- 大面積偵檢器
(α 、 β 粒子為主)
- 儀器反應快速
- 可顯示污染總量 (cps) 及核種比活度(Bq/cm²)
- 固定式 (手、衣) 偵檢、手提式偵檢、地板大區域除污後之偵檢
- 可設定污染警報值及記憶存取列印

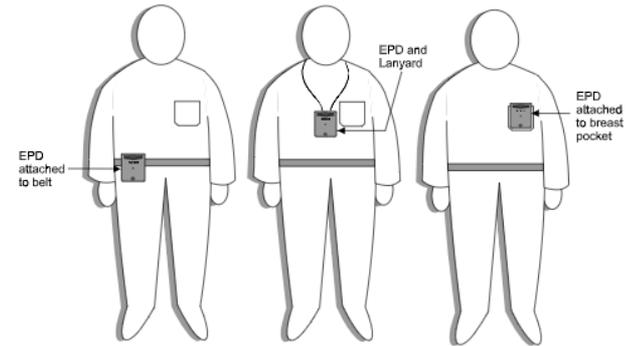
In its wall mount bracket, the UMo becomes a semi-stationary exit monitor for personnel. Instrument and detector can be detached from the wall bracket and used as a portable monitor.

The wall bracket includes a 230 or 115 VAC connection which either feeds the monitor from the mains supply in case of dry cells, or trickle charges rechargeable batteries.



電子劑量計EPD (個人警報器)

- 可偵測貝他、**光子**
- 體積小、方便攜帶
- 具**劑量值**與**劑量率**警告
(alert/warning)跟警報(alarm)
聲響功能
- 於緊急事件中，建議設定
10-30毫西弗作為人員累
積劑量警報值。
- 現場作業或第一線應變人
員的保障



⌵ $3.3\mu\text{Sv}_{\text{Hp10}}$	Dose
⌵ $0.1\mu\text{Sv/h}_{\text{Hp10}}$	Dose Rate
▲ $150.0\mu\text{Sv}_{\text{Hp10}}$	Dose Alarm
▣ $100.0\mu\text{Sv}_{\text{Hp10}}$	Dose Warning
▲ $75.0\mu\text{Sv/h}_{\text{Hp10}}$	Dose Rate Alarm
▣ $50.0\mu\text{Sv/h}_{\text{Hp10}}$	Dose Rate Warning
$3.6\mu\text{Sv}_{\Sigma\text{Hp10}}$ ⌵	Total Dose
$0.6\mu\text{Sv/h}_{\text{Pk Hp10}}$ ⌵	Peak Dose Rate

EPD : Electronic Personal Dosimeter

人員劑量佩章

□ 法定劑量計

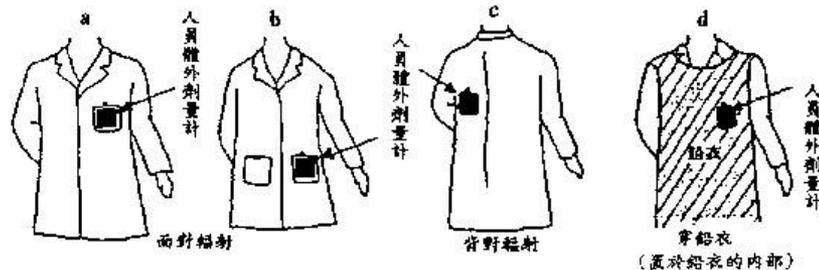
- 熱發光劑量計 (TLD) 、膠片劑量計、光刺激發光劑量計及其他經核安會公告之劑量計
- 評定機構須經實驗室認證及核安會認可



全身 (深部、淺部)

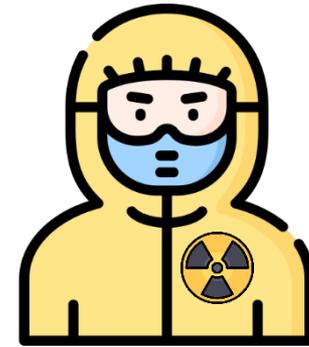
□ 正確使用3步驟

- ① 正確佩戴 1) 穿鉛衣時，應佩戴於鉛衣內 (非鉛衣外口袋) 。
2) 佩章如有開窗處，開窗面應朝前。
- ② 妥善保存 不使用時，應與背景佩章放置在一起。
- ③ 定期計讀 每月計讀、追蹤管理。



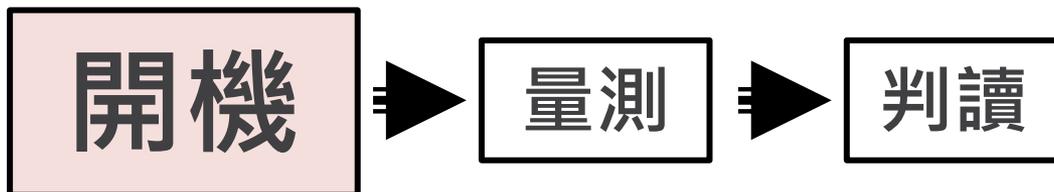
肢端

第一線應變人員 如何挑選偵檢儀器？



- 輕便好攜帶（手持式輻射偵檢器為主）
- 操作簡單
- 反應快
- 偵測輻射種類：加馬輻射為主
- 能量範圍：常見核種能量（60 KeV ~ 1.3 MeV）
- 有聲、光警報功能

1 輻射偵檢儀器操作要點

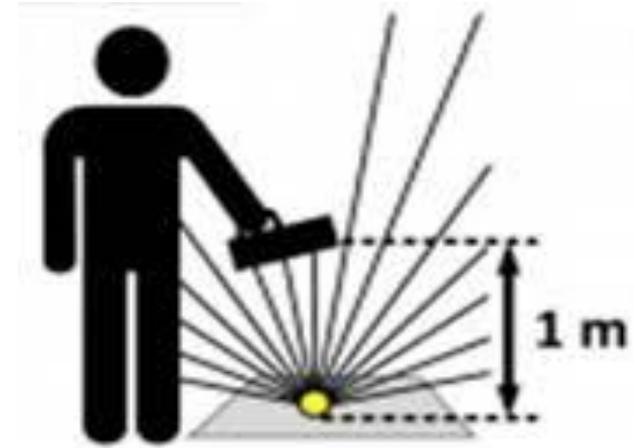


- 選擇未受異常輻射影響處。
- 開機後等待60秒：讓儀器穩定運作。
- 確認螢幕上顯示之單位。
- 記錄背景值。

(一般背景輻射值約0.2微西弗/小時 $\mu\text{Sv/h}$ 以下)

2

輻射偵檢儀器操作要點

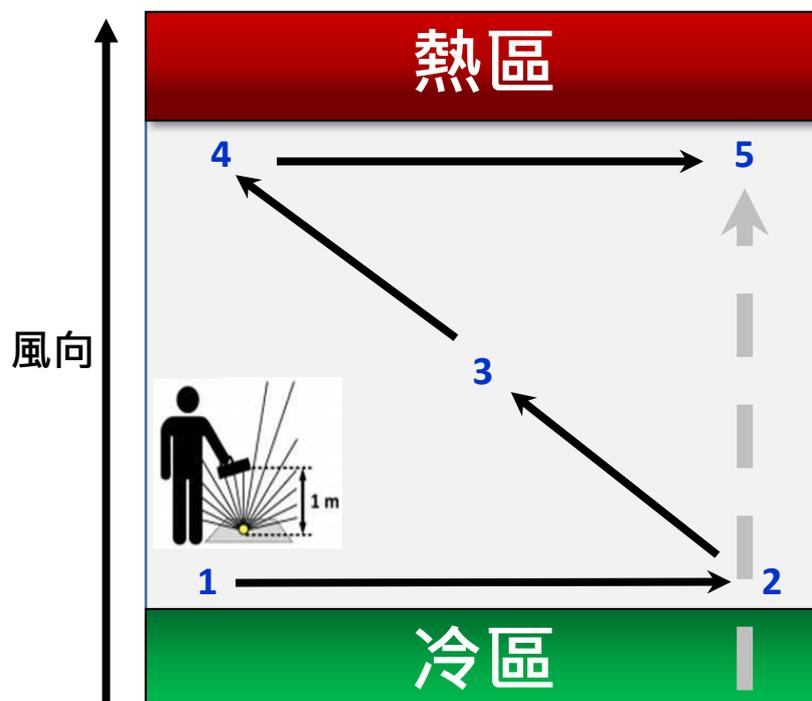


- 由遠至近，數值有無顯著變化？
- 各式儀器反應時間不同，計讀時應等數值穩定
- 高污染區偵檢：儀器建議包封處理
- 確認單位
- 記錄數值

第一線應變人員偵測原則

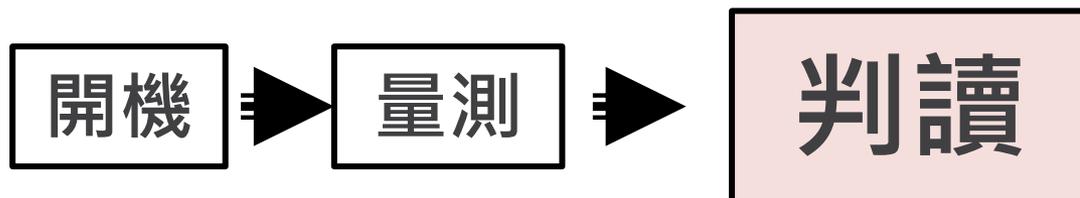
□ Z字形勘查

- 利用Z字形勘查確認災害現場是否有輻射異常情形，據以劃設管制區，執行相關應變作為。
- 原則從第1點至5點依序進行偵測。
- 偵測時應記錄包含偵檢儀器資訊、背景值讀值及至少5個以上的偵測點的讀值。



3

輻射偵檢儀器操作要點



- 現場有無異常輻射？
- 據以調整管制區：
 - 若無 → 毋須劃設管制區
 - 若有 → 依量測到的數值調整管制區範圍



結語

輻射偵測三部曲



Si
Selection

Do

Re

Detection

Reading

S : 選用適當儀器

D : 依程序偵測

R : 正確判讀



課程結束 敬請指教

Any questions ?