

輻射與核能教育



內容介紹

- 核能、輻射安全該教甚麼？
 - 理念：為何要談這個？
 - 教育：主題有哪些？
- 輻射？如何進行輻射教育
- 甚麼是輻射？
 - 什麼是輻射教案設計範例
- 輻射的應用與對人體的影響
 - 輻射的應用與對人體的影響教案範例
- 輻射防護
 - 輻射防護教案範例
- 環境輻射監控
 - 核能電廠與輻射監控教案範例
- 核能教育的主題及教學理念
 - 主題一：捕鼠器和乒乓球－核能發電的原理
 - 主題二：知己知彼，百戰百勝－核能發電廠的種類
 - 主題三：套上韁繩的野馬－反應爐的控制
 - 主題四：為什麼要用核能發電？
 - 主題五：水能載舟亦能覆舟！
 - 主題六：核電廠爆炸－如何保護自己免於輻射傷害
- 補充資料
- 參考網站

核能、輻射安全該教甚麼？

災害特性就是不確定性與低發生率，也就因為這樣的特性讓民眾往往得過且過，往往忽略一連串的巧合就會造成毀滅式的災害，回顧過去幾次重大災難之後，全民皆致力於應變與復原，甚至會出現所謂的烏托邦世界情感，緊接著政策也致力於防災，最無奈的就是治標不治本，往往都是急就章而錯失了機會教育最佳的時機點，有鑑於此，該如何透過防災四階段來配套教育內容是值得思考的。

● 理念：為何要談這個？

※減災

減災可分為兩種，分別是結構式減災：堤防、抗震器等。非結構式減災：政策、法令等。減災階段一般民眾大多無法參與，此項目交給政府與專業者處理。

※整備

整備階段最需要民眾參與，常見的項目有：防空演習、防災社區地圖編制等，此階段最適合防災教育施行，並適當的將相關非營利組織的資源整合，共同提升民眾面對災害的應變能力。

※應變

應變階段的成功與否都建立在減災與整備是否完善，災難發生後，全民都是陷入恐慌，要如何把防災概念內化給民眾，使其在恐慌階段時依然能夠冷靜以對，社會上各救災單位也在此階段成為領導者，需思考各種方式來安撫民眾，並找到最快速的訊息管道來發送訊息，並且此階段非營利組織將扮演很大的協助角色。

※重建

重建階段的核心能力為政府能力與社會穩定性，若災難過後各項服務與制度都失效，將會造成非常恐怖的社會局面，也就無法順利重建，此階段較無教育角色，應著重於怎樣重建才能減少災民的脆弱度，此項目交給政府、專業者與非營利組織共同處理。

- **教育：主題有哪些？**

透過以上理念的介紹，教育應融入在整備階段，使民眾面對災害時能夠處變不驚，使用正確的應變技能來降低危險。

- ※**整備-教育**

- **核能發電的原理與價值**

原理：核能發電原理並不難懂，透過圖像式發電流程說明，教導燃料棒經反應會產生無法停止的核分裂反應，並告知核能發電與火力發電最大的差異性在哪即可。

價值：告知為何要使用核能發電，完善分析核能發電與其他發電方式的優缺點，並告知全世界約有 32 個國家的 480 座商用核子反應爐運轉，提供人類電力需求的 17%，透過這些數字來討論核能發電的價值在哪裡。

- **輻射的單位與影響**

單位：活度、活度吸收劑量、等效劑量、有效等效劑量，這四種單位僅需教導等效劑量與有效等效劑量即可，此兩種單位將做為民眾了解輻射影響力之基礎。

影響：輻射對人體的效應、游離輻射傷害、急性全身暴露與慢性暴露之傷害、對土壤的影響與對生態系的影響，以上這些傷害可告知相對應的有效等效劑量數值，如一天多少西佛(Sievert)會造成怎樣的傷害，讓民眾知道輻射單位西佛(Sievert)的意義。

- **教導災難發生後如何應變**

災難觀點：了解複合式災害的相關性，如地震→沿海地區海嘯→核電廠是否會受海嘯襲擊。豪雨→土石流→核電廠是否會受到土石流襲擊。了解複合式災害順序與特性，就可以在第一個階段做出應變反應，爭取逃生時間。

教育觀點：編撰逃生地圖、演練逃生方式、教育求生技巧、碘片服用時機、制定災害發生後的 SOP 等。此階段最重要的是透過訓練來讓各位民眾熟悉逃生流程，至少地震來的時候要知道快關瓦斯跟打開門，了解地震的逃生重點是水平式避難。沿海地區就知道地震來了之後要趕快往高處逃，來不及逃就找高樓層建築物垂直避難，了解海嘯的逃生重點是垂直避難，這種簡單的救災反應要訓練成直覺反應。

- **教育策略—紀錄片教學**

從 1954 年蘇俄建了第一座核電廠，時至今日世界上已經有 480 座核電廠，其中共發生了三起重大災難，1979 年美國三哩島核災、1986 年前蘇聯車諾比核災與 2011 年日本福島核災，目前三哩島與車諾比核災都已經有紀錄片，我相信之後也會有福島核災的紀錄片，這些紀錄片撥放的畫面都極具衝擊性，搭配適當的教學引導，即可從錯誤中學習，提升民眾對於輻射安全的防災概念，了解敵人才能降低恐慌。

輻射？如何進行輻射教育？

目前中小學防災教育包括地震、颱風、火災、水災，卻獨缺核安宣導，目前日本福島核電站爆炸產生的核輻射外洩問題，再掀核能安全問題，也讓台灣重新審視核安教育，主張展開輻射教育，並列入中小學課程裡，尤其對輻射、核能教育加強讓中小學生了解核能面貌、核安資訊。

這是一次全民最好的核能與輻射安全的教育機會，讓學生們普及輻射安全和核能利用的基本常識和安全防護的技能。就教學的主題和內涵而言，可以從下列幾方面著手：

一、核能是什麼：自然界中，除有機燃料外，核能、水力、風力、太陽能、地熱、潮汐能也都是可再利用的能源。水力是無污染的能源，應充分開發使用，但水力資源終究有限，且受地理條件限制，又隨季節變化很大。滿足不了日益增長的能源需求。風力、太陽能、地熱、潮汐能等，都因受多種條件的限制，只能在一定條件下有限開發，很難大量使用。目前，技術上已較成熟，且能大規模開發使用的，唯有核能。台灣已有了三座核能電廠，第四座正興建中。

二、輻射是什麼：小朋友可能已經知道了核能可以用為一種發電方式，也已經知道了支持或反對者各有哪些意見，然而對於為何大家都這麼強調安全問題，可能就會存在著一些疑問，例如：核能災害時有什麼危險？什麼是輻射？意外發生時該怎麼辦？

三、輻射的傷害：經過科學家的研究，一般況下我們接受的輻射量，是絕對不致引起病變的。但是核能意外，包括放射性物質處理不當，釋放出的輻射量可能會遠超過一般正常劑量（根據廣島、長崎的研究，全身急性曝露超過 250 毫西弗以上就會顯現傷害）。當人體接受過度的劑量時，許多細胞就會無法修復或死亡，因而產生疲倦、噁心、嘔吐、皮膚紅斑、脫髮、血液中白血球及淋巴球顯著減少等症狀。當接受的劑量更高時，症狀的嚴重程度就隨著加大，甚至會造成死亡。

四、核能災害時該怎麼辦：面對安全性問題時，務必以嚴肅的態度教育孩子，尤其核能意外發生的嚴重程度及影響久遠，FEMA 提供三個減少核災時曝露在輻射下的準則，

- 1、時間：大多數的放射線會隨著時間快速地減低強度，所以限制在放射源影響範圍的時間，就能減少曝露量。
- 2、距離：離放射源越遠，接受的輻射量越少，當核災事故嚴重時，當地政府會撤離居民，就是這個道理。
- 3、屏障：越厚重、密實的物質越能防護輻射的穿透，所以當地政府會建議居民留在家中，因為家裏的牆壁可以在短時間提供充分的保護。

在有三座核能電廠及能源資源短缺的台灣，輻射安全與核電能源政策絕對是全國民眾需要面對的課題，所以我們學校教育不僅不能避談核能與輻射，更有責任要進一步充實學生這方面的素養與知能。

甚麼是輻射?

石頭投到水池之後，你是否注意到石頭掉進水的地方會產生水波，並向四周移動；對沙子投出一顆棒球，你是否注意投球力量越大，棒球移動速度越大，沙子凹洞也越大。所以波動或高速粒子都屬於能量傳送的型態。

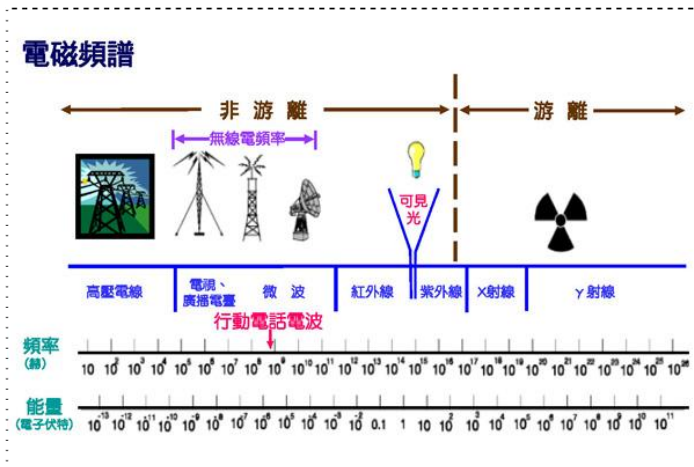
輻射也是一種能量，會以波或高速粒子方式進行傳送，因為輻射看不見、聞不到、摸不到，必須透過檢測輻射儀器材才可以測量到。

日活中常見的輻射根據能量高低分成兩種：

1. 游離輻射：能量高，能使物質產生游離作用，包括電磁輻射(γ 射線與 χ 射線)與粒子輻射(α 、 β 、中子、高速電子與高速質子等)。
2. 非游離輻射：能量比較低，無法使物質產生游離，包括紫外光、可見光、微波、雷達、FM無線電波、AM無線電波與電視無線電波。

我想進一步了解：

原子結構包括原子核與核外的電子(電子帶負電，就是通電的電線中，帶電的粒子，有了它使電燈發亮，風扇轉動)；原子核內包括帶正電質子與不帶電的中子。 α 粒子為 ${}^2_2\text{He}^{2+}$ ，由鐳(226)或鈾等衰變時產生， α 粒子穿透力不高，通常只要一張紙就會被擋下來。如果是被吸入或從傷口進入到身體，就會對經過的組織造成傷害。 β 粒子由放射性核種放射出來的粒子，可以是正電子，也可以是負電子。 β 粒子可以在空氣中傳送數公尺，會被鋁板擋下來。高速粒子撞擊原子核可能會釋放出中子，中子沒有電荷，會和原子核反應而釋放出 α 粒子、 β 粒子、 γ 射線。 γ 射線和 χ 射線都具有高穿透力，可以穿過好幾公分後的鋼板。



輻射性物質放出輻射線後會變成另一種物質，這就是一般所說的輻射性物質的「衰變」。每一種射線元素的經過衰變後能量減成原來一半的時間叫做「物理半衰期， T_P 」。而這些核種進入生物體內經體內的新陳代謝排出體外，當體內能量減到一半時稱為「生物學半衰期， T_B 」都不相同，而把物理半衰期的倒數加上生物半衰期的倒數可以得到「有效半衰期」的倒數，這是核子醫學診斷與治療時一個重要的劑量依據。有效半衰期公式如下：

$$\frac{1}{T_E} = \frac{1}{T_B} + \frac{1}{T_P}$$

關於輻射劑量的國際單位分成三種：

第一種是**貝克(Bq)**：表示輻射的強度也就是一般稱的活度，指放射性核種於每單位時間內產生自發性蛻變的次數， $1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps}$ (蛻變/秒)。貝克取代原來的居里(Ci)。

第二種是**葛雷(Grey)**：表示物質吸收輻射的劑量，1 公斤物質吸收 1 焦耳能量的輻射稱為 1 葛雷。

第三種是**西弗(Sv)**：表示對生物體影響的等效劑量輻射。西弗是指人體組織的吸收劑量和射質因數(不同強度放射線)的乘積，它已含有輻射對組織器官傷害的意義了。1 西弗表示人體每公斤接受 γ 射線 1 焦耳的能量。

原來 葛雷 \times 射質因數=倫目

而 1 西弗=100 倫目

毫西弗就是千分之一西弗，千分之一毫西弗叫做微西弗，所以微西弗就是百萬分之一西弗。值得注意的是通常毫西弗與「每年」搭配，而微西弗則與「每小時」搭配。天然背景中就有來自宇宙的射線極地表岩石的輻射，但劑量非常低，例如台灣地區的天然背景輻射平均值大約在每小時 0.1 至 0.2 微西弗之間，一年約 1.6 毫西弗。依據我國的游離輻射防護安全標準規定，一般人每年接受劑量限度不得超過 1 毫西弗 (1,000 微西弗)。

一般輻射來源包括天然輻射與人為輻射，詳見下圖所示：



台灣每人接受天然背景輻射劑量

(1.6毫西弗/年)

圖一：輻射來源

貝克勒爾(1852-1908)Antonie

Henri Becquerel

1. 發現鈾元素的放射線，為帶電粒子會受磁場而偏轉
2. 榮獲 1903 年諾貝爾物理獎，
3. 以「貝克」為輻射活度的單位就是紀念他的貢獻

羅爾夫西弗(1896-1966)Rolf

Maximilian Sievert

瑞典有名的醫學輻射學家

貢獻：放射線在癌症診斷與治療上劑量的影響。1979 年起使用「西弗」做單位取代原先的倫目，就是紀念他的貢獻

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
- ▲核爆落塵
- ▲職業曝露

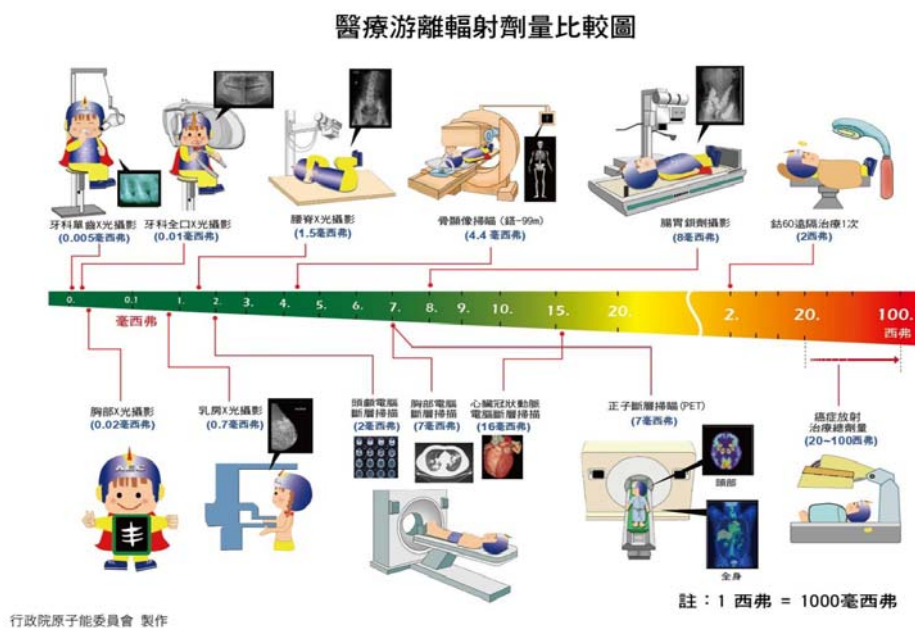
圖二、天然輻射

一、天然輻射的來源有

- (一)宇宙射線：來自外太空穿透力較強之高能粒子射入地球的稱為宇宙射線，而大氣層可以有效的阻絕宇宙射線，一般來說高緯度地區的宇宙射線強度高於低緯度地區，而高海拔地區高於低海拔地區。
- (二)地表輻射：地表的土壤、岩石或動植物中因含有微量的輻射物質，如：鈾、鈾、鉀 40 等，像花崗岩、千枚岩等都含有微量輻射。而台灣北部北投溫泉區也含有較高的輻射物質。
- (三)食物：因為人類的食物來自動植物，而動植物所處的環境含有天然輻射，這些輻射自然而然會存在動植物上，透過食物鏈攝取食物自然有微量輻射存在。
- (四)氡氣：氡氣是天然輻射的最大來源，主要為鈾系及鈾系元素衰變過程中的產物，由於土壤及岩石都含有少量的鈾及鈾，因此我們居住環境的周圍，亦不免有氡氣的存在。台灣地處亞熱帶，住宅辦公室通風良好，無重要鈾礦床，故不易發生高濃度氡氣聚積之情況。
- (五)天然放射性物質(NORM)：來自於天然工業原料或礦物
- (六)經人為濃縮後的天然放射性物質(TENORM)：礦渣、爐渣

二、人為輻射

- (一)醫療輻射：主要是醫院使用放射線在診斷與治療方面，醫院所使用的輻射劑量會因使用的放射線種類而異，也會因診斷或治療的嚴重程度與部位不同而異，關於醫療游離輻射劑量請參考下圖：



(二)核爆輻射：來自核子武器的核分裂或融合的具大能量的爆炸，通常核爆都會產生蕈狀雲並且伴隨大量的放射和放射性污染。在前蘇聯瓦解前，美國和蘇聯的核武競賽，就會有核子試爆的情形，今天少數國家仍在發展核子武器，對人類和平是一大傷害。

(三)核能設施：包括核能電廠事故與研究機構的輻射外洩。

(四)職業曝露：核子醫學的從業醫師、醫療技術人員、核能研究機構的研究人員、核能電廠的工作人員等都屬於職業曝露，國家規定一年的曝露值為 20 毫西弗。

蓋革(Han Geiger)(1882-1945)

德國物理學家

貢獻：

- 1.發明蓋格計
- 2.蓋革馬斯登試驗
- 3.他和馬斯登(Ernest G. Marsden, 1889-970)的實驗導致拉塞福提出太陽系原子模型理論

甚麼是輻射教案設計範例

一、單元名稱	甚麼是輻射?	二、設計者	陳錦雪
三、設計理念	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由日本核電廠輻射外洩引起動機。 2. 藉由圖片影片瞭解輻射的來源。 		
四、教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認識輻射的來源 2. 了解輻射的種類與發現 		
五、適用對象	國小高年級		
六、教學時間	40 分鐘		
七、教學用具	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教學簡報檔與影片 2. 電磁輻射能譜圖 (摘自環保署網站) 		
八、參考資料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 輻射與健康，原能會核研所。 2. 原子科學家列傳，原能會。 		
九、教學活動	<p>活動一：聞“輻”色變</p> <p>活動二：輻射哪裡來?</p> <p>活動三：放射物理科學家</p>		

活動一：聞“輻”色變

教學活動	活動說明
<p>活動一：聞“輻”色變</p> <p>一、引起動機：</p> <p>日本東北地區在 2011 年 3 月 11 日發生芮氏規模 9.0 的強烈地震，隨後引發海嘯與核能電廠輻射外洩事件，所以大家都聞“輻”色變。</p> <p>二、發展活動：</p> <p>(一)教師提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.只有核電廠會釋放出輻射嗎？有沒有其他東西也會釋放出輻射？ 2.輻射看得見嗎？聞得到嗎？摸得到嗎？有感覺嗎？怎麼知道呢？ <p>(二)讓學生自由發表意見</p> <p>(三)教師解說</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.輻射是什麼？ 2.輻射的種類與電磁波能譜 3.輻射的單位 <ol style="list-style-type: none"> (1)貝克：輻射活度的單位 (2)葛雷：物質吸收輻射的劑量 (3)西弗：對生物體影響的等效劑量輻射 	<p>* 以時事引起學生的學習興趣。</p> <p>* 學生自由發表，教師不加以評斷對或錯</p> <p>* 輻射是一種能量，看不見、聞不到、摸不到，沒有感覺，很容易可以透過儀器測量得到</p> <p>* 輻射依能量高低分成游離輻射(高能量)及非游離輻射(低能量)如下圖</p> <div style="text-align: center;"> <p>電磁頻譜</p> <p>← 非游離 ←————— —————→ 游離 →</p> <p> 無線電頻率 可見光 γ射線 </p> <p> 高壓電磁 電磁、廣播電磁 微波 紅外線 紫外線 γ射線 </p> <p> 行動電話電波 </p> <p> <small>頻率 (Hz)</small> 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} </p> <p> <small>能量 (電子伏特)</small> 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} </p> </div>

教學活動

活動說明

活動二、輻射哪裡？

輻射的來源分成天然與人為兩大類：

一、天然輻射

(一)宇宙射線：來自外太空穿透力較強之高能粒子射入地球的稱為宇宙射線，而大氣層可以有效的阻絕宇宙射線，一般來說高緯度地區的宇宙射線強度高於低緯度地區，而高海拔地區高於低海拔地區。

(二)地表輻射：地表的土壤、岩石或動植物中因含有微量的輻射物質，如：鈾、釷、鉀 40 等，像花崗岩、千枚岩等都含有量輻射。而台灣北部北投溫泉區也含有較高的輻射物質。

(三)食物：因為人類的食物來自動植物，而動植物所處的環含有天然輻射，這些輻射自然而然會存在動植物上，透過食物鏈攝取食物自然有微量輻射存在。

(四)氬氣：氬氣是天然輻射的最大來源，主要為鈾系及釷系元素衰變過程中的產物，由於土壤及岩石都含有少量的鈾及釷，因此我們居住環境的周圍，亦不免有氬氣的存在。台灣地處亞熱帶，住宅辦公室通風良好，無重要鈾礦床，故不易發生高濃度氬氣聚積之情況。

(五)天然放射性物質(NORM)：原料或礦物

(六)經人為濃縮後的天然放射性物質

依「來源」區分：

◎天然輻射：

- ▲宇宙射線
- ▲氬氣
- ▲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)
- ▲地表輻射
- ▲人體輻射

◎人為輻射：

- ▲醫療輻射
- ▲航空設施
- ▲核電廠
- ▲核廢物
- ▲職業輻射

天然輻射來源



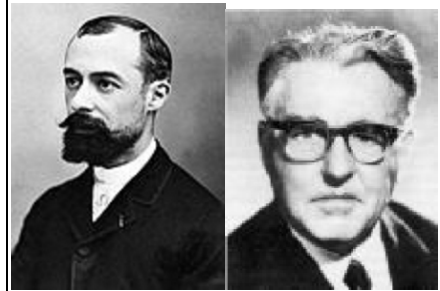
台灣每人接受天然背景輻射劑量
(1.6毫西弗/年)

3. 還有哪些放射物理界的科學家？

居禮夫人與居禮先生、貝克勒爾、格雷、
西弗、拉塞福、約理奧-居里夫婦。

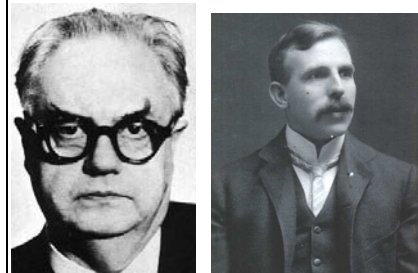


居禮夫人與居禮先生



貝克勒爾

格雷



西弗

拉塞福

三、總結活動

輻射與人類共同存在宇宙與大自然裡，不必過度
驚慌，只要我們善加使用及防護。



約里奧-居里夫婦約攝於1934年

單元名稱：輻射哪裡來？

_____年__班 組別：____姓名：_____

1、 輻射依能量與來源可以分成哪些種類？

2、 關係人體健康的輻射單位是什麼？

3、 請舉出兩位放射物理科學家及他們的貢獻。

輻射的應用與對人體的影響

輻射的應用

因為日本核電廠事故使得大家聞輻色變，因為輻射看不見、聞不到、摸不著，也沒有感覺，所以心理上會造成很大的恐慌。在前一單元已經談過自然環境裡存在許多的輻射源，如：宇宙射線、地表輻射、食物輻射、飲水輻射等，人類利用輻射在生活上的歷史從1895年德國科學家倫琴((Wilhelm Rontgen, 1845-1923)發現X光以來，已經超過100的歷史了。人類不但使用輻射在醫療診斷與治療方面，而且在許多方面應用輻射，讓生活更便利，輻射應用範圍廣泛，包括：

一、紫外線滅菌燈：利用非游離輻射中最強的電磁波—紫外光(Ultraviolet 簡稱UV，波長254-365nm)對醫療器材滅菌，已經使用很長一段時間了，近年來腸病毒流行期間，因感染人數達到停課標準的班級，教師會利用學生停課期間在學校進消毒工作，而在放學時間後使用紫外燈消毒是常見有效的方式。甚至食品包裝材料的滅菌也是採用紫外線滅菌燈，在適當的劑量與時間使用，可以達到滅菌的效果。

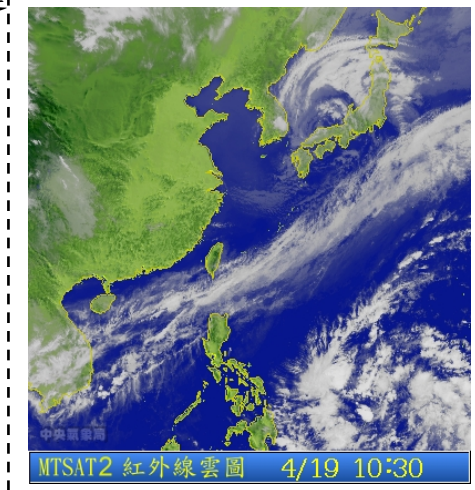
二、紅外線的應用：範圍包括醫療使用、生活上、氣象上、軍事上、天文觀測、流行病預防等方面都有，詳述如下：

(一)紅外線熱療照護燈：利用不同波長的紅外線，因為可以產生熱對於深層組織的修復有不錯的效果，對於背痛肩頸疼痛等文明病，具有舒緩的效果。

(二)紅外線或遠紅外線電暖器：冬天氣溫寒冷，老人與小孩對於溫度的適應能力較弱，所以需要快速、均勻的達到暖化目的，紅外線電暖器就是一種不錯的選擇。

(三)紅外線衛星雲圖：當白天光線不佳或晚上沒有陽光時，氣象衛星就會採用紅外線波段拍攝衛星雲圖，提供氣象相關專業人員預報天氣時使用，而中央氣象局也會將衛星雲圖公佈在氣象局的網站上供民眾參考。

(四)紅外線夜視鏡：包括軍事使用的夜視望遠鏡或天文觀測及攝影時使用的都是屬於紅外線的應用。



(五)紅外線體溫偵測儀：小型的紅外線溫度計到大型的紅外線體溫檢測儀，都是應用紅外線在流行病(SARS、新型流行性感)預防上扮演快速、有效的把關者。SARS及新流性感冒期間機場、百貨公司、大賣場，甚至有些學校啟用紅外線體溫檢測儀，替大家的健康把關。

三、微波爐：利用微波(家用微波爐的微波波長是122 mm，對應頻率為2450

MHz，選擇這個波長，主要是為了避免干擾通訊電波。)微波爐產生的微波可以輕易穿透絕緣體，使水分子產生相同頻率的振盪(即共振)，達到每秒 24.5 億次，所以微波可以在短時間內加熱食物達到可以食用的地步。



- 四、電磁爐：利用電磁感應加热的原理，也就是在爐具內的線圈通電後產生磁場，電流每秒 20000 次的變化，所以磁場也跟著改變，當磁場通過含有鐵磁的鍋具底部的時候，會產生感應電流這種電流又稱為「渦電流」(eddy current)，
- 五、行動電話：行動電話的使用在生活中的通訊聯絡佔有重要地位，使用基地台天線所發射頻率介於850-2200MHz (10^6 Hz)，而市面上行動電話分成 PHS、2G、3G乃是使用的電磁波頻段不同而已，可以參考下表：

頻段 類別	2G	3G	PHS
800 MHz		0.4 mW/cm ²	
900 MHz	0.45 mW/cm ²		
1800 MHz	0.9 mW/cm ²		
1900 MHz			0.95 mW/cm ²
2000 MHz		1.0 mW/cm ²	

- 六、廣播電視：分成調頻與調幅兩種，通常調幅的頻段為535~1606 kHz(千赫)之波長約為186至560公尺，因為波長太長，發射天線常設計為四分之一 \ 波長約46至140公尺。調頻(FM)廣播使用88~108 MHz 的頻段，收聽品質較佳。電視使用30~300 MHz 的頻段。
- 七、農業上的應用：農業上使用鈷-60 加瑪 (γ) 照射馬鈴薯，破壞芽點的蛋白質，抑制發芽，使得一段時間內不發芽。另外還有使用在木瓜延長保存期限、防治蟲害與去除病原菌之污染等(見表一、食品輻射照射處理標準)。

表一：食品輻射照射處理標準

88.9.29 衛署食字第 88057077 號公告

限用照射食品品目	限用輻射線源	最高輻射 限能量 (百萬電 子伏)	最高照 射劑量 (千格 雷)	照射目的
馬鈴薯、甘藷、分蔥、 洋蔥、大蒜、生薑	電子	10	0.15	抑制發芽
	X射線或 γ 射線	5		
木瓜、芒果	電子	10	1.5	延長儲存期限；防 治蟲害
	X射線或 γ 射線	5		
草莓	電子	10	2.4	延長儲存期限
	X射線或 γ 射線	5		
豆類	電子	10	1	防治蟲害
	X射線或 γ 射線	5		
其他生鮮蔬菜	電子	10	1	延長儲存期限；去 除病原菌之污染
	X射線或 γ 射線	5		
穀類及其碾製品	電子	10	1	防治蟲害
	X射線或 γ 射線	5		
生鮮冷凍禽肉及機械 去骨禽肉	電子	10	5	延長儲存期限；去 除病原菌之污染
	X射線或 γ 射線	5		
生鮮冷藏禽肉	電子	10	4.5	延長儲存期限；控 制旋毛蟲生長
	X射線或 γ 射線	5		
生鮮冷凍畜肉	電子	10	7	延長儲存期限；控 制旋毛蟲生長
	X射線或 γ 射線	5		

八、醫療的應用：進行醫療時有機會接觸到輻射，包括現在醫師經常使用的檢查與治療方式，有以下種類：

(一) χ 光攝影診斷： χ 光最常使用在骨折與肺部(胸腔)的檢查，一次胸部 χ 光攝影有 0.02 mSv (毫西弗)；近年常聽到的婦女乳癌篩檢也是使用 X 光，一次乳房 χ 光攝影 0.7 mSv，心臟冠狀動脈電腦斷層掃描 16 mSv。

(二) 核子醫學的檢查：將放射性藥物注射到體內，能夠將器官的型態與機

放射性核種	中文名稱	物理半衰期	核醫主要檢查項目
^{51}Cr	鉻 51	27.70 日	腎臟、血栓、胰臟
^{57}Co	鈷 57	271.7 日	肝臟
^{67}Ga	鎳 67	3.261 日	腫瘤、膿腫
^{75}Se	硒 75	119.8 日	胰臟、腎上腺
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	鎝 99m	6.01 小時	骨骼、腎臟、甲狀腺、肝臟、心臟、腦等
^{111}In	銦 111	2.805 日	膿腫、血栓、腦攝影
^{123}I	碘 123	13.27 小時	甲狀腺、腎臟
^{125}I	碘 125	59.41 日	血栓
^{131}I	碘 131	8.021 日	甲狀腺、腎臟、膽囊、腎上腺
^{201}Tl	201 鉍	72.91 小時	心肌

能表現出來，對於急病的診斷與後續治療有很大的幫助。核子醫學的檢查項目包括：

心導管檢查、腎臟、肝臟、胰臟及腫瘤、腦部的攝影等。一般核醫檢查所使用的放射性藥物的半衰期都非常短，見表二，這表示核子醫學檢查後短時間之內，放射性藥物會逐漸消失，因此醫療人員要詳細跟受檢測病患說明檢查的特色與優點。

表二、核醫檢查使用的放射性核種的物理半衰期

放射性核種	物理半衰期	核醫主要檢查項目
^{51}Cr	27.70 日	腎臟，血栓，胰臟
^{57}Co	271.7 日	肝臟
^{67}Ga	3.261 日	腫瘤，膿腫
^{75}Se	119.8 日	胰臟，腎上腺
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.01 小時	骨骼，腎臟，甲狀腺，肝臟，肺臟，心臟，腦等
^{111}In	2.805 日	膿腫，血栓，腦攝影
^{123}I	13.27 小時	甲狀腺，腎臟
^{125}I	59.41 日	血栓
^{131}I	8.021 日	甲狀腺，腎臟，膽囊，腎上腺
^{201}Tl	72.91 小時	心肌

(資料來源：日本同位素協會出版：同位素手冊第 10 版，2002 年)

(三) 放射治療：所謂放射線治療是利用具有穿透力的高能波光束或粒子，現在使用的放射線治療是採用直線加速加速器產生的較高能量的放

射線。高能量的放射線可以殺死體內細胞，並防止細胞繼續生長與分裂，放射線治療癌症就是利用這個原理，使得癌細胞無法再分裂生長，讓癌症獲得有效的控制，最常用的是鈷-60治療每次病患接受到的輻射量為2Sv(西弗)。

九、工業方面的應用：利用輻射線進行各種儀器的使用，包括液位儀、密度儀、厚度儀、自動控制流量、測漏與磨損、滅菌、高分子聚合反應、環保(廢氣、廢水、污泥等)處理都會使用輻射線。

十、海關檢查貨櫃：海關大型貨櫃的檢查界要依賴可移動式的 γ 光機，這對於海關的海關走私或毒品查緝有很大的幫助。

十一、考古用途：透過量度古物內天然放射性物質的濃度，我們可以鑑定古物所屬的年代，常用的技術包括「碳-14定年法」和「熱釋光定年法」，對地質學、人類學及考古學的研究都有莫大的幫助。

十二、能源上的應用—利用核分裂的核能發電(下一單元會詳述)。

輻射劑量對人體影響：

輻射對人體的影響分成以下

一、影響受輻射者本人的軀體

(一)急性效應：一週內出現白血球減少

(二)慢性效應：例如白血病等，有的潛伏期甚至長達10或20年之久

二、影響受輻射者後代子孫的遺傳效應

乃指由遺傳基因的突變或染色體本身的斷裂、癒合等引起的染色體異常所造成的結果。正常情況下遺傳基因也會發生突變或異常，受到放射線的輻射後會增加發生機率，大約每西弗的劑量會增加自然發生機率的一倍，不過遺傳基因引發遺傳疾病的罹病率很低，直接受父母遺傳的影響僅約0.1%，而染色體引起的罹病率約為0.6%。

一次劑量 (毫西弗)	確定效應之症狀
250 以下	無可察覺症狀。可能引起血液中淋巴球的染色體變異。
250-1,000	可能發生短期的血球變化(淋巴球,白血球減少), 有時有眼結膜炎的發生, 但不致產生機能之影響。
1,000-2,000	有疲倦、噁心、嘔吐現象、血液中淋巴球及白血球減少後恢復緩慢。

2、000-4、000	24 小時內會噁、嘔吐、數週內有脫髮、食慾不振、虛弱及全身不適等症狀, 可能死亡。
4, 000-6, 000	與前者相似, 但症狀顯示的較快, 在 2-6 週內死亡率為 50%。
6, 000 以上	若無適當醫護, 死亡率為 100%
資料來源 : 原能會	

1. 輻射致癌的潛伏期:

輻射致癌的潛伏期 (年)			
癌種類	最小年限	平均期	最長年限
白血病	2-4	10	25-30
甲狀腺癌	5-10	20	>40
乳癌	5-15	23	>40
骨癌	2-4	15	25-30
其他造血組織癌	10	20-30	>40
資料來源 : BEIR 報			

參考資料

(一) 中華民國核醫學會

<http://www.snm.org.tw/>

(二) PHS、2G 及 3G 行動電話基地臺及手機電磁波皆應符合國家標準(臺灣法律網)

http://www.lawtw.com/article.php?template=article_content&area=free_browse&parent_path=,1,777,&job_id=110894&article_category_id=2043&article_id=50018

輻射的應用與對人體的影響教案範例

一、單元名稱	輻射的應用與對人體的影響	二、設計者	陳錦雪
三、設計理念	水能載舟亦能覆舟，輻射帶給人們許多益處，但是劑量太高時則會帶來害處。		
四、教學目標	1.輻射應用在農業、醫學、工業、生活用品、研究與發電等。 慎重使用輻射的益處。 2.認識輻射的害處。 3.安全輻射劑量的概念。		
五、適用對象	國小高年級		
六、教學時間	40 分鐘		
七、教學用具	教學簡報檔		
八、參考資料	認識輻射，原能會核研所。		
九、教學活動	輻射是“輻”不是“福”		

教學活動	活動說明
<p>一、引起動機：</p> <p>現代人聞”輻射”色變！輻射對人類只有害處，沒有益處嗎？自從放射物理學家們發現了各種輻射，那麼人類如何應用呢？</p> <p>二、發展活動：</p> <p>(一)教師提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.宇宙中與地球上都存在輻射線，今天人類將輻射應用在哪些方面？ 2.使用輻射線會帶來哪些好處與壞處？ <p>(二)讓學生自由發表意見</p> <p>(三)教師解說</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 紫外線滅菌燈： 	<p>* 學生自由發表，教師不加以評斷。</p>

2. 紅外線的應用：範圍包括醫療使用、生活上、氣象上、軍事上、天文觀測、流行病預防等方面都有，詳述如下：

- (1) 紅外線熱療照護燈
- (2) 紅外線或遠紅外線電暖器
- (3) 紅外線衛星雲圖
- (4) 紅外線夜視鏡
- (5) 紅外線體溫偵測儀

3. 微波爐：家用微波爐的微波波長是 122 mm，對應頻率為 2450 MHz，選擇這個波長，主要是為了避免干擾通訊電波。

4. 電磁爐

5. 行動電話

6. 廣播電視

7. 農業上的應用—具抑制發芽、殺菌、延長保存期限、防治蟲害、去除病原菌之污染、控制旋毛蟲生長等

8. 醫學上的應用—診斷與治療廣泛使用

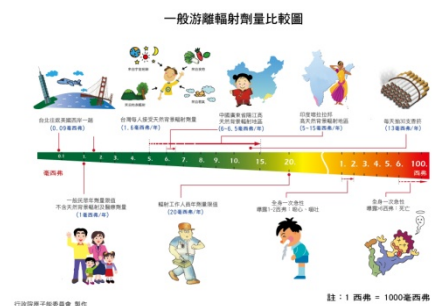
9. 工業上的應用—

10. 海關檢查貨櫃



農業上使用輻射

一、抑制發芽
如：馬鈴薯、洋蔥、甘藷、分蔥、大蒜、生薑等



目前國內使用貨櫃檢查儀的型式

高雄關稅局 半固定式X光貨櫃檢查儀 美國貨櫃安全計畫(CSI)提供

貨櫃碼頭 移動式X光貨櫃檢查儀

貨櫃碼頭 移動式X光貨櫃檢查儀

貨櫃碼頭 移動式X光貨櫃檢查儀

11.考古用途：透過量度古物內天然放射性物質的濃度，我們可以鑑定古物所屬的年代

12.能源上的應用—核能發電

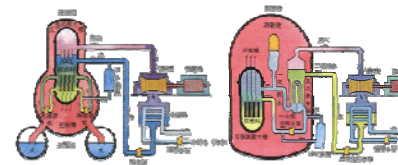
(三)教師解說

1. 輻射劑量—一般來說天然輻射致癌的機率極低，而討論輻射致癌都是以人造游離輻射，輻射劑量越高致癌比例越高即成線性正比關係，無低限劑量關係。在台灣地區，天然輻射佔了全部比例的 81.2%，人造輻射則僅佔了 18.8%。

2. 輻射造成的傷害有哪些?影響輻射造成傷害的因素有哪些?

一次劑量 (毫西弗)	確定效應之症狀
250 以下	無可察覺症狀。可能引起血液中淋巴球的染色體變異。
250-1,000	可能發生短期的血球變化(淋巴球,白血球減少),有時有眼結膜炎的發生,但不致產生機能之影響。
1,000-2,000	有疲倦、噁心、嘔吐現象、血液中淋巴球及白血球減少後恢復緩慢。
2,000-4,000	24 小時內會噁、嘔吐、數週內有脫髮、食慾不振、虛弱及全身不適等症狀,可能死亡。
4,000-6,000	與前者相似,但症狀顯示的較快,在 2-6 週內死亡率為 50%。
6,000 以上	若無適當醫護,死亡率為 100%

3. 劑量的高低、身體受曝露的位置、急性或慢性曝露等。



沸水式反應器
(以核一為例)

壓水式反應器
(核三)

我國現有核能電廠反應器型式

敏感 度	組織器官名稱
高	胎兒、淋巴組織、生殖腺。骨髓、脾臟
稍高	皮膚、水晶體、消化道
中等	肝臟、血管
低	肌肉、骨骼、神經

輻射致癌的潛伏期（年）			
癌種類	最小年限	平均期	最長年限
白血病	2-4	10	25-30
甲狀腺癌	5-10	20	>40
乳癌	5-15	23	>40
骨癌	2-4	15	25-30
其他造血組織癌	10	20-30	>40

資料來源：BEIR 報

三、總結活動

天然輻射對人體傷害極小，我們要防護的是人為輻射的傷害。

單元名稱：輻射的應用

_____年_____班 組別：____姓名：_____

1、請舉出兩個農業上應用輻射的例子及功能。

2、請舉出兩個醫學上應用輻射的例子及功能。

3.請舉出兩個其他方面應用輻射的例子及功能。

單元名稱：輻射對人體的影響

_____年_____班 組別：_____ 姓名：_____

1、當人體一次接受多大的輻射劑量後立即死亡？
(一次胸部 X 光的輻射劑量為 0.02 毫西弗)

2、 請問影響輻射傷害的因素是什麼？

輻射防護

核能事故與災變

核彈試爆會造成輻射塵也稱為放射性落塵，因為核子試爆、原子彈爆炸時或核分裂產生許多分裂產物大量散逸。這些放射性落塵，會隨著風向飄散到其他國家，因此各國對於放射性落塵偵測非常注意，因放射性落塵中含有許多放射性物質，剛逸出時就易偵測到的是碘 131、銫 137 等，因揮發性較強很容易跑出；其次逸散出來的是銪 89、銪 90 等。原能會環境輻射監測網路系統 24 小時全天候監測，每五分鐘更新監測數據一次，可在原能會全球資訊網查詢 (<http://www.aec.gov.tw/www/gammadetect.php>)。

因核能電廠發生意外事故又無安全屏蔽時，也會產生放射性落塵。國際針對核能事件分級制度將核能事件分成 7 個等級，

見下表：

級 別	名稱與現象描述
事 件	1 異常 安全組件出現輕微問題
	2 事件 員工暴露於超標的輻射量
	3 嚴重事件 員工暴露於超標 10 倍的輻射量
事 故	4 場外無顯著風險的事故 小量輻射物釋出反應爐芯有輕微熔化或損毀，導致超過 0.1%核物料釋放。事例：1999 年日本東海村事故，員工出錯導致核裂變，2 死 119 傷。
	5 具有場外風險的事故 釋出「數百萬至數千萬億貝克」輻射物，又或反應爐芯熔化「超過數過百分點」，屬有限度輻射物釋出。事例：1979 年美國三哩島事件(反應爐芯局部熔化)
	6 重大事故 釋出「數千萬億至數萬萬億貝克」的大量輻射物。事例：1957 年吉斯亭事故(高活躍度核廢料池爆炸)
	7 特重大事故

	<p>至少釋出「數萬萬億貝克」的極大量輻射物，對人體健康和環境造成廣泛影響必須有計畫長期抗戰。事例：1986 年前蘇聯車諾比爾事故，數千人受強輻射影響。2011 年日本福島事故(受影響人數與情況尚在發展中)</p>
--	---

放射性廢棄物處理

所謂放射性廢棄物是指廢棄物釋放出的輻射強度達到法規限制的，放射性廢棄物必須特別處理與貯存，以防止廢棄物的放射性物質對環境或人體造成危害。

放射性廢棄物可以區分為高放射性廢棄物及低放射性廢棄物兩類，

一、低放射性廢棄物：係指高放射性廢棄物以外之放射性廢棄物。放射性廢棄物的輻射強度會隨時間而減少。它的來源包括：

1. 核能電廠在維護及運轉過程中所產生受放射性物質污染的污泥、廢樹脂、濃縮廢液、防護衣物、手套、工具及廢棄的零組件、設備等物質。
2. 核能電廠運轉壽命終了後，拆除過程中所產生的放射性廢棄物。
3. 國內醫療院所、農業、工業及學術研究單位使用放射性同位素過程中，所產生的放射性廢棄物與不再使用之廢棄放射源。

二、高放射性廢棄物：指核能電廠的用過的核子燃料棒。目前台電公司用過核子燃料管理策略，係參照國際作法，採取水池冷卻、乾式貯存、最終處置 3 階段方式，但同時保留再處理與尋求國際合作（境外）處置機會。

1. 水池冷卻

用過核子燃料棒，自反應器退出時，還殘餘的衰變熱及放射性，因此必須先存放在電廠內用過核子燃料水池中一段時間，以冷卻移除衰變熱並供放射性強度自然衰減。

2. 乾式貯存

用過核子燃料在水池中經多年冷卻後，其殘餘熱及放射性強度已大幅降低，因此可將其自水池中移出，於廠內另興建貯存設施以進行乾式貯存，在乾式貯存期間可以隨時取出，進行再處理以回收鈾與鈾等可利用的物質，或直接送至最終處置場。台電公司核一、二廠運轉以來，用過核子燃料一直存放於用過核子燃料池中，於核一、二廠內興建乾式貯存設施，預計分別於民國 98 年、100 年開始接收經充分冷卻後的用過核子燃料棒。

3. 最終處置

最終處置場，以永久處置用過核子燃料或其經再處理後所產生的高放射性廢棄物。

醫療及職業輻射防護

因為核子醫學在今天的醫療體系中不僅是用來診斷病灶，同時也用來治療疾病，因此病患會接受到核子輻射，選用核子醫學診療時，醫師要把握以下原則，以確保病患的權益：

一、合理選擇診斷檢查對象

只有預期檢查結果能對疾病診斷和今後醫學處理起一定的作用，才值得進行。不是病情所需應避免檢查，或避免隨意地重複檢查。

二、嚴格控制診療劑量

利用放射線或放射性同位素治療，是以達到治癒或控制疾病為目的，但應注意人體的各種組織都具有不同的“耐受劑量”水平。應根據這些特點設計治療方案，

確定輻射劑量或放射性活度，以達到對腫瘤或其它病變有最好的治療效果，而使正常組織損傷最小。

三、診斷治療方案個別化：

放射線的生物效應因不同的生理狀態而有所不同。因此，應根據病人的不同特點確定診斷治療方案。男性女性治療方式並不一定完全相同，生育年齡的婦女進行下腹和骨盆檢查時，必須注意懷孕的可能性，婦女的乳腺在成年期對輻射的耐受性較高，而女童的乳腺輻射敏感性較高，如果在青春前期受到傳統的X射線分次治療時，當劑量超過10Gy時會影響乳腺的正常發育。

四、改進輻射診斷和治療的設備和技術

用短半衰期放射性同位素取代長半衰期同位素、體外放射免疫測定取代放射性同位素的攝入和部分診斷工作中的放射性同位素由穩定性同位素取代，都能有效地減少或避免受照劑量。衰老的螢光屏和核醫學儀器應及時更換，不能用加大電壓或增加放射性同位素活度的方法來達到保證照相質量的目的，因為這種方法將使受檢者受到額外的輻射量。

五、提高醫務人員素質

從事放射診斷、治療及核醫學的醫務人員必須掌握輻射防護的基本知識和技能，對患者持高度負責態度，應避免醫療事故的發生。

同時執行治療行為的醫師與醫療技術人員也會有機會接觸到輻射線，因此對病患妥善的輻射防護是醫院設備、醫師與醫療技術人員的責任，因為病患對診斷與治療相關的核子醫學器材並沒有認知的能力，更不知道該如何對核子醫學器材釋放出來的輻射進行防護，因為病患相信醫師的判斷與治療建議。所以醫療相關人員應教導病患如何安全接受核子醫學相關檢查與治療，並避免核子醫學相關輻射外洩，以保障病患的人身安全。

而輻射防護的另一大族群為職業防護，所謂職業防護是指核子醫學的從業醫師、醫療技術人員、核能研究機構的研究人員、核能電廠的工作人員等都屬於職業曝露，國家規定一年的曝露值為 20 mSv(毫西弗)。因此不論是醫療機構、核能研究機構、核能電廠等在硬體防護設施上都要做到合乎標準規範，這樣才能確保病人與相關工作人員的人身安全。

一般民眾輻射防護

非因醫療及職業因素而受到輻射污染的情形和核電廠發生事故輻射外洩、核子試爆放射性落塵有關。近來因日本福島核電廠事故造成輻射外洩，引起全世界人們的恐慌，主要原因輻射會隨著空氣、風向流動，飄向臨近的國家，甚至更遠的國家。如果海洋受到輻射污染，也會隨著洋流流動到世界各國。因為地球上的空氣與洋流是無國界的。

輻射防護的起因是曝露，也就是人體接受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質的過程。因接受輻射的方式不同，分成以下兩大類：

一、體外曝露：是指由體外照射於人體的輻射。

體外輻射防護的原則如下：

(一)距離

遠離輻射源，因為輻射的強度與距離平方呈反比，離開輻射源 2 倍的距離，輻射強度就會減為 1/4。

(二)屏蔽

輻射線強弱不同，穿透能力也不一樣， α 射線僅需要一張紙的厚度就可以阻隔，而 β 射線需要 0.5cm 厚的鉛板才能阻隔， x 射線、 γ 射線會穿透人體，中子射線會被人體吸收。因此要知道是屬於哪一種輻射線能才採取適當的防護措施。輻射線經過鉛板、鋼板或水泥牆來擋住或減低輻射，殺傷力都會大幅減少。

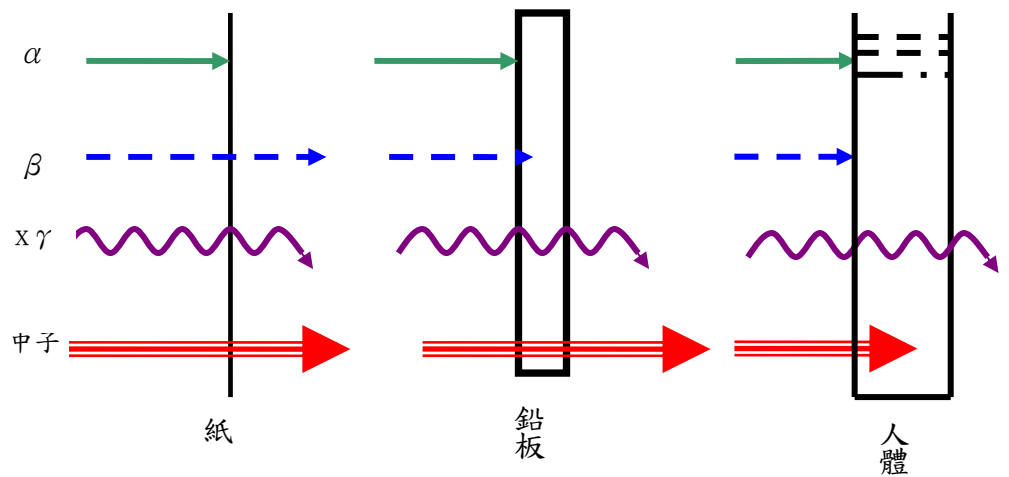


圖 1. 各種射線的強度

(三)時間

縮小曝露時間，因為輻射曝露是有累積性的，所以要儘量減少曝露時間。避免受輻射污染最好是儘量待在室內，關閉門窗及空調(避免與外界空氣交換的機會)。減少外出，若需外出一定要戴口罩、戴帽子、拿雨傘，都是可以減少輻射劑量污染的方法。

二、體內曝露：由體外進入人體內的放射性核種所產生的輻射是體內輻射。

(一)對口、鼻的防護

利用防毒面具效果最好，但是一般家庭不會準備防毒面具，可以用乾或濕的多層的棉質手帕可以達到除污的效果。不同層數手帕除污效果如下：

層數	棉質手帕				浴巾			衛生紙
	乾 16	乾 8	乾 1	濕 1	乾 2	乾 1	濕 1	
效果 %	94.2	88.9	27.5	62.6	85.1	73.9	70.2	91.4

(二)對皮膚防護

避免由皮膚進入體內，要穿長袖衣物儘可能用衣物遮蔽；防止從皮膚外傷的部位進入體內，傷口處要用多層紗布貼好，減少曝露危機，如果傷口已經被污染時，要立刻用大量清水清洗傷口，然後再用紗布貼好。

(三)對飲食的防護

食物也是放射性物質侵入體內的途徑之一，因此要避免食用直接受到輻射污染或受到核種污染的食物，

(四)食物鏈濃縮劑量

是指土壤、河川或海洋受到輻射污染，這些輻射核種吸附植物

一、單元名稱	輻射防護	二、設計者	陳錦雪
三、設計理念	輻射防護包括核子醫學輻射的防護與認識含有放射性廢棄物與用過的核子燃料，並建立正確的輻射防護。		
四、教學目標	1.了解輻射防護 2.認識放射性廢棄物與用過的核子燃料。		

或藻類上，而透過食物鏈一級消費者的小魚、小蝦吃這些藻類，輻射劑量就累積到魚蝦上，人類再食用這些生長在該土地上的植物或生活在河川、海洋裡的動植物或魚蝦，那麼輻射劑量的累積就相當驚人，要避免食用間接受到污染食物的方法，就是不購買來自受污染地區的農、漁業產品及加工食品。

五、適用對象	國小高年級
六、教學時間	40 分鐘
七、教學用具	1. 教學簡報檔 2. 防護圖(摘自台灣電力公司網站)
八、參考資料	1. 輻射與健康，原能會核研所。 2. 防護教學檔案(摘自台灣電力公司網站)
九、教學活動	活動一：認識放射線廢棄物 活動二：輻射防護知多少

輻射防護教案範例

教學活動	活動說明
<p>活動一：認識放射線廢棄物</p> <p>一、引起動機：</p> <p>日本東北地區在2011年3月11日發生芮氏規模9.0的強烈地震，造成核能電廠輻射外洩事件，大家應建立正確防護方法。</p> <p>二、發展活動：</p> <p>(一)教師提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.核電廠含有放射線廢棄物有哪些？(有沒有其他東西也會釋放出輻射？) 2.放射線廢棄物包括高放射性廢棄物及低放射性廢棄物兩類，他們是怎麼產生的？ <p>(二)讓學生自由發表意見</p> <p>(三)教師解說</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.核電廠含有放射線廢棄物是什麼？ 2.放射線廢棄物包括高放射性廢棄物及低放射性廢棄物兩類，他們是怎麼產生的 3.台灣放射線廢棄物如何處理？如何儲存？ 	<p>* 以時事引起學生的學習興趣。</p> <p>如果廢棄物釋放出的輻射強度達到法規限制時，即稱為放射性廢棄物。放射性廢棄物必須特別處理與貯存，以防止廢棄物的放射性物質對環境或人體造成危害。</p> <p>放射性廢棄物可以區分為高放射性廢棄物及低放射性廢棄物兩類。高放射性廢棄物，最終處置之用過核子燃料或其經再處理所產生之萃取殘餘物，低放射性廢棄物係指高放射性廢棄物以外之放射性廢棄物。放射性廢棄物的輻射強度會隨時間而減少。</p>

教學活動	活動說明
<p>活動二：輻射防護知多少</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 甚麼是曝露在輻射環境中？ 2. 放射線物質如何進入人體中？ 3. 如何避免遭受到輕微的輻射污染？ 4. 受到輕微的輻射污染處理方式為何？ 5. 甚麼是放射性落塵？ 6. 如何進行放射性落塵的偵測？ 	<p>人體接受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質的過程叫做曝露。放射性物質侵入體內的途徑有飲食、呼吸、皮膚吸收及傷口侵入。</p> <p>避免受輻射污染最好是儘量待在室內，關閉門窗及空調。減少外出，戴帽子、雨傘，戴口罩都是可以減少輻射劑量污染。</p> <p>外部接觸到輻射污染物質，清洗並消毒外部皮膚。若衣服可能被污染，應馬上替換，並將汗衣放置於密封塑膠袋，盡快用肥皂和溫水徹底淋浴。</p> <p>放射性落塵：核子試爆或原子彈爆炸時，核分裂產生許多分裂產物大量散逸，叫做放射性落塵；核能電廠發生意外事故又無安全屏蔽時，也會產生。</p> <p>放射性落塵中含有許多放射性物質，剛逸出時就易偵測到的是碘-131、銫-137等，因揮發性較強很容易跑出；其次逸散出來的是銥-89、銥-90等。原能會環境輻射監測網路系統 24 小時全天候監測，每五分鐘更新監測數據一次，可在原能會全球資訊網查詢 (http://www.aec.gov.tw/www/gammadetect.php)。</p>

單元名稱：輻射防護

_____年__班 組別：____姓名：_____

1、 放射性廢棄物可以分成哪些種類？

2、 如何避免遭受到輻射污染？如何處理輕微的輻射污染？

參考資料

一、行政院原子能委員會

<http://www.aec.gov.tw/www/index.php>

二、行政院原子能委員會核能研究所

<http://www.iner.gov.tw/siteiner/wSite/mp?mp=INER>

三、行政院環境保護署非屬原子能游離輻射管制網

http://ivy1.epa.gov.tw/nonionized_net/default.aspx

四、行政院原子能委員會輻射偵測中心

<http://www.trmc.aec.gov.tw/big5/main.php>

五、核廢料的妥善處理具可行性(國政研究報告)

<http://old.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/089/R/SD-R-089-008.HTM>

六、中華民國核醫學學會(簡明核醫學)

http://www.snm.org.tw/nm-research/doctors/Concise_NM/title.htm

環境輻射監控

一、環境直接輻射

於廠界及環廠 50 公里範圍內設置 5 處高靈敏度之高壓游離腔及 45 處佈置硫酸鈣粉末之熱發光劑量計連續監測之。

二、空氣微粒與落塵

在核能廠附近設落塵監測站。對於空氣中放射性懸浮粒子之監測方式，係以低流量抽氣取樣器(主要設置分佈於廠外上下風向區域)連續取樣，監測空氣總貝他(週計測)及加馬能譜(季計測)，每站附設有空氣碘之取樣及分析(週計測)。

三、水樣

海水試樣之取樣以電廠出水口為中心，沿海岸向兩旁延伸，用以分析海水中放射性物質含量之消長變化，以及評估電廠運轉時放射性廢水排放至環境之影響程度。另參考當地氣象、人口及產物分佈之調查資料，設置雨水、地下水、飲水、池水及河水等取樣站。

四、陸域生物

參考當地氣象、人口、產物分佈之調查資料，設置稻米、蔬菜、家禽、根菜、莖菜、芋頭、果類及茶葉等取樣站，以評估電廠附近民眾食物鏈中放射性物質含量變化。

五、海域生物

設置海菜及海生物等取樣站，以評估電廠附近民眾食物鏈中放射性物質含量變化。

六、指標生物

應原能會之要求在核能廠附近增設指標生物[相思樹(陸地)]，另增加海藻(海域)取樣站。

七、土壤

為瞭解核電廠長期運轉之累積效應，於廠外各方位，特別在上、下風向區域，共計設置土壤取樣站，定期取樣分析之。

八、岸沙：沿出水口海岸邊設置岸沙取樣站，定期取樣分析之。

九、海底沈積物：在出水口附近設置海底沈積物取樣站，委託定期取樣。

(資料來源：台電公司核能一廠 96 年環境輻射監測年度報告核備版)

核能電廠與輻射監控教案範例

一、單元名稱	核能電廠與輻射監控	二、設計者	陳錦雪
三、設計理念	告訴學生如何利用核能進行發電，與政府如何進行核能電廠附近環境輻射監控。		
四、教學目標	1. 了解核能電廠的發電原理。 2. 了解核能電廠附近環境輻射監控。		
五、適用對象	國小高年級		
六、教學時間	40 分鐘		
七、教學用具	五、教學簡報檔與影片 六、核能電廠發電示意圖 (摘自原能會)		
七、參考資料	1. 輻射與健康，原能會核研所。 2. 核能發電，原能會。		
九、教學活動	活動一：核能發電廠 活動二：核能電廠附近環境輻射監控		

教學活動	活動說明
<p>活動一：核能發電廠</p> <p>一、引起動機：</p> <p>日本東北地區在 2011 年 3 月 11 日發生芮氏規模 9.0 的強烈地震，到之後核能電廠輻射外洩事件，所以大家都聞“輻”色變。</p> <p>二、發展活動：</p> <p>(一)教師提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 你們有沒有看過水力發電嗎? 2. 台灣哪裡有火力發電廠？它是如何發電的呢？ <p>(二)讓學生自由發表意見</p>	<p>* 以時事引起學生的學習興趣。</p>

(三)教師解說

- 1.火力發電廠發電方式簡述。
2. 核能發電廠發電方式簡述。
3. 比較火力發電廠發電方式與核能發電廠發電方式異同。

活動二：環境輻射監控

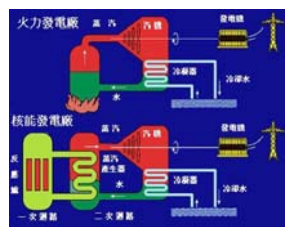
- 1.人類如何進行環境輻射監控？
2. 環境輻射監控項目有哪些？

三、總結活動

輻射與我們共同存在宇宙與大自然裡，只要我們善加使用不必過度驚慌。

* 學生自由發表，教師不加以評斷對或錯

* 發電原理



環境監測項目包括環境直接輻射、空氣樣、落塵樣、水樣、農漁牧產物及累積試樣等摘要說明如下：(台電公司核能一廠 96 年環境輻射監測年度報告核備版)

- 1、環境直接輻射:
- 2、空氣微粒與落塵
- 3、水樣
- 4、陸域生物
- 5、海域生物
- 6、指標生物
- 7、土壤
- 8、岸沙
- 9、海底沈積物

單元名稱：核能電廠與環境輻射監控

_____年__班 組別：____姓名：_____

1、 核能電廠發電原理並比較與火力發電的差異？

2、 輻射環境監控項目與方式有哪些。

核能教育的主題及教學理念

自從 2011 年 3 月 11 號在日本發生地震，發生海嘯之後，近海村落儼然成為一處荒城。不幸的，福島第一核電廠也因地震及海嘯造成破壞，反應爐因喪失主要冷卻水系統及熱沉，無法維持適當冷卻，部分爐心核燃料因高溫而損壞，而發生核能發電廠爆炸的事實，日本的重建、救護行動更是雪上加霜。

由於福島第一核電廠爆炸所產生的輻射問題成為國際注目的焦點，對於臺灣而言可說是他山之石，需要從中擷取防災經驗，降低和電爆炸的最大損失。臺灣現有三座核能發電廠運作（新北市石門區、新北市萬里區、屏東縣恆春鎮），另有第四座核能發電廠（新北市貢寮區）正在興建中，在核電廠的環繞下，臺灣絕不可能可以承受一座核電廠爆炸。因此，有鑑於日本這次的災難，來反觀臺灣在規劃核能教育、輻射教育中可以融入的主題。以下分為六個教學主題分別進行如何教學：

主題一：捕鼠器和乒乓球－核能發電的原理

<http://chinese.soifind.com/videoplayer.aspx?vid=8EK3J02v9AQ&title=%E6%A0%B8%E5%88%86%E8%A3%82%E5%8F%8D%E6%87%89>

➤ 教學理念

此階段主要讓學習者能在最快的時間瞭解複雜的核能發電系統。使用一密閉空間代表核電廠的反應爐，並放置大量的捕鼠器，且每個捕鼠器都夾住乒乓球，象徵不穩定的中子，最後將一個乒乓球投入密閉空間產生第一個撞擊，受到撞擊的捕鼠器就會將乒乓球彈開而觸發其它捕鼠器的反應，產生連鎖反應。

核能發電的原理就類似這樣的情況，由於中子受到撞擊後會產生 2-3 個新的中子，因此中子就會不斷分裂而誘發其它新中子的反應，釋放熱能，並將液態水加溫變成水蒸氣轉動發電機，是一種將熱能轉為電能的機制。

由於中子、不穩定、反應爐等相關名詞一般人不容易理解，因此搭配簡單的示範可以讓大家更具體地明白反應爐內的運作。

主題二：知己知彼，百戰百勝—核能發電廠的種類

核能發電是利用鈾-235 分裂反應所產生的能量（此分裂的能量即為上述的中子），將水加熱使其變成蒸氣，再推動汽輪機與發電機來發電，而核分裂產生的能量則來自分裂後損失的質量。目前世界上數量最多的是壓水式核電廠，其次是沸水式核電廠，而我國核一、二廠採用後者，核三廠則採用前者之設計。

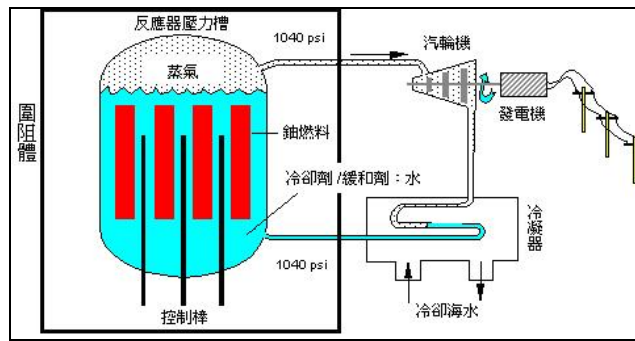


圖 1 沸水式核能電廠示意圖

圖片來源：<http://www.cv.nctu.edu.tw/~wwwadm/chinese/ts/activity/95template/team03/boil.html>

該圖與控制棒相間較粗的紅棒為燃料棒鈾-235，發生分裂的中子必須是低能量的中子，而新生中子的能量約為慢中子的四千萬倍，因此被稱為「快中子」；若想使快中子引發下一個鈾-235 原子核之分裂，則必須使其能量降低，而水中的氫原子質量與中子相近，故快中子與氫原子碰撞多次後能量會傳給氫原子而變成慢中子。燃料棒必須一直泡在水中，而水除了吸收核分裂反應產生的能量外，還兼做中子的「緩和劑」。因此水因有緩和快中子能量的作用而被稱為緩和劑，而也因有此種現象才能使核分裂反應得以持續發生。

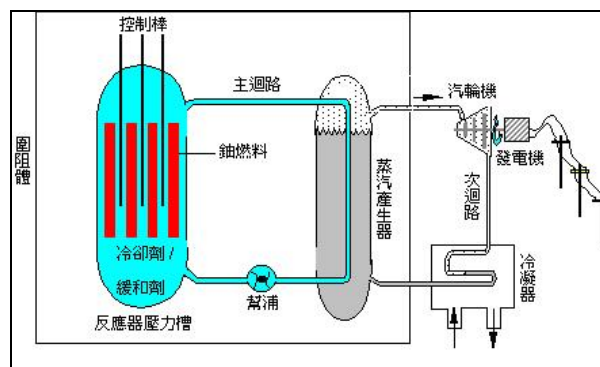


圖 2 壓水式核能電廠示意圖

圖片來源：<http://www.cv.nctu.edu.tw/~wwwadm/chinese/ts/activity/95template/team03/pressure.html>

壓水式核反應器流程如圖所示，其分裂反應原理，燃料棒設計，緩和劑功能，壓力槽與圍阻體之作用等都與沸水式核反應器類似；兩者間最大的差別是

壓水式反應器在水加熱成蒸汽的過程中採用了兩套迴路，在壓水式反應器中的「主迴路」裏冷水經過爐心加熱後只增加溫度但不變成蒸汽，熱水送至「蒸汽產生器」中把熱量傳給「次迴路」的水後變成冷水再送回爐心；而次迴路的水則會被加熱成蒸汽去推動汽輪機，用過的蒸汽再經海水冷卻後重複使用。

這種設計可以確保汽輪機使用的蒸汽絕無核分裂反應所產生的放射性物質，但因系統較為複雜，故運轉與維護也較沸水式反應器費事。此外，壓水式反應器的控制棒設在壓力槽上端，由上向下抽插，比起沸水式反應器由下往上的設計在運作與保養上較為方便。

➤ 教學理念

這個階段主要讓學習者知道核能發電廠的種類，壓水式和沸水式的最大不同，從以上來看，壓水式比較不容易產生輻射水，過程中蒸汽蒐集再觸發渦輪，冷卻水較不易漏出，多了一層防護。另一方面，瞭解在面對核電廠興建時，決定核能發電的方式是對於環境比較安全的。

主題三：套上韁繩的野馬－反應爐的控制

反應爐的控制宛如控制一匹野馬，若控制得當，野馬就能夠用最快到速度到達目的地，倘若韁繩斷裂，野馬就會不聽使喚，不僅無法到達目的，騎馬的人也有受傷的風險，最後演變成失控的地步。當然控制反應爐並非像控制野馬一樣簡單，它有許多的關卡嚴防反應爐的失控狀態，在核能發電廠中有下列關鍵。

一、控制棒

核能電廠停機時控制棒整個插在爐心裏，吸收絕大部份的中子，使整個爐心保持次臨界狀態，電廠起動時控制棒便被慢慢抽出來，一直到爐心達到臨界狀況時將控制棒固定，便可保持穩定而持續性的核分裂反應；若有異常狀況發生，控制棒便被迅速插入爐心，停止其分裂反應。目前核能電廠中常用的是鎳、硼或石墨，這些物質是構成「控制棒」的主要材料。

二、燃料棒

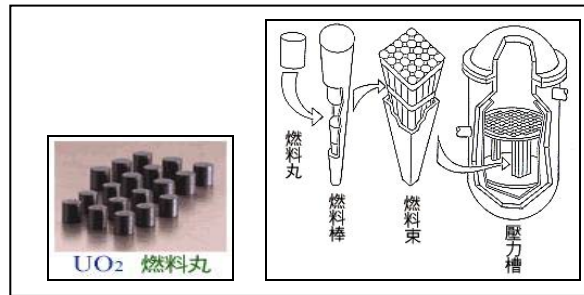


圖 3 燃料棒

圖片來源：<http://www.cv.nctu.edu.tw/~wwwadm/chinese/ts/activity/95template/team03/pressure.html>

核能發電用的是 3-5%濃度的核燃料，與原子彈使用濃度 90%的鈾-235，有很大的不同。核能電廠所用的燃料為了承受運轉時攝氏一千度以上的高溫，特別將鈾做成二氧化鈾的粉末，再做成直徑與高度均為 1.6 公分左右的柱狀「燃料丸」，然後再將燃料丸放入長約 3.86 公尺，厚約 0.8 公分的鋳合金管內，做成「燃料棒」。

三、冷卻系統

保持反應器水位，就可以防止反應器過熱而融化燃料棒及控制棒。所以在嚴重事故時，保持水位是最重要的行動。反應度是衡量反應器設計安全非常重要的參數。我國反應器就規定必須設計成負的反應度，所以系統溫度、壓力升高時，會自動抑制反應進行，比如「水盡火熄」。又如同車速過快時，系統透過自動減少燃料來減速。車諾比爾電廠的設計就完全不同，當系統溫度與壓力升高時，反應會更加快、更不受控制，就像「火上加油」一般。這就是車諾比爾電廠會釀成嚴重災害的原因。

➤ 教學理念

在這個階段主要是瞭解核能發電廠會爆炸的關鍵因素，釐清核能發電廠爆炸不等同於核子彈爆炸的印象連結。

核能發電廠的爆炸因素有：

1. 控制棒被抽離，分裂反應運作過快，能量囤積太多而失控爆炸。
2. 給水系統停止運作，冷卻系統失效，爐內溫度過熱融化控制棒，反應爐無法承受過多能量而爆炸。

核子彈爆炸和核電廠爆炸的規模有很大的不同，原子彈爆炸是屬於開放式型，且鈾料高達 90%以上，因此分裂反應相當迅速，影響範圍可達數公里之遠，而發電廠使用燃料棒所含的鈾料在 5%以下，分裂反應相較於核子彈爆炸來的緩

慢，然而這兩者所釋放出來的中子具有不穩定性，都會釋放出高度輻射，無論是否爆炸規模大小，輻射污染都是存在的。

主題四：為什麼要用核能發電？

台灣自產能源缺乏，98%以上的能源仰賴進口，為了確保國家安全，必須分散能源種類以及分散進口地區；在這個原則下，我國採用水力、燃煤、燃油、燃氣、核能、風力、地熱、燃燒垃圾…等發電方式。圖 5 是臺灣在 2008 年發電量的比例。

型式	裝置容量	發電量
核能	5,144MW，11.09%	40,827GWh，17.13%
燃煤	17,865MW，38.52%	123,969GWh，50.02%
燃氣	13,272MW，28.62%	48,364 GWh，20.29%
燃油	4,563MW，9.84%	13,367 GWh，5.61%
水力及抽蓄	4,540MW，9.79%	7772 GWh，3.26%
風力、太陽能、生質能、廢棄物	997MW，2.14%	4026 GWh，1.69%
合計	46,381.6MW 100%	238,326GWh 100%

圖 5 臺灣發電量比例

資料來源：http://www.wintaiwan.org/wintaiwan/data/npg_cht.html

在 1970 至 1992 的 22 年間，全球發生了 2 次重大核能事故，即美國三哩島事件與蘇聯車諾比爾事故，共有 31 人死於這些事故。然而同期，卻有超過 6,400 人、10,200 人、3,500 人與 4,000 人分別死於燃煤、燃油、燃氣與水力發電過程中的重大事故中，這些數字還不包括燃料開採、輸送過程中犧牲的人命。

表 1 各種發電過程所需付出的平均生命損失

發電種類	佔全球電力供應百分比	1970-1992年間重大事故		單位電力供應造成重大事故比例		
		案例	死亡人數	案例	死亡人數	為核電倍數
核能發電	18	2	31	0.12	1.72	1
燃煤發電	39	133	6,418	3.41	164.56	96
燃油發電	8	295	10,273	36.88	1,284.13	747
天然氣發電	15	165	3,492	11.00	232.80	135
水力發電	19	13	4,015	0.68	211.32	122
全部	99	607	24,229	6.13	244.74	142

資料來源：<http://www.chns.org/s.php?id=5>

目前全球最嚴重的環境議題，就是溫室氣體排放所造成的全球氣候變遷。如

何抑制二氧化碳產量，就是所有國家最優先的課題。以環保角度而言，核能是不排放CO₂的發電方式，在控制氣候變遷的要求下，核能、再生能源是最好的選擇。表2比較主要能源生命週期的二氧化碳產量。燃煤是核能的63倍，天然氣為核能多32倍。

表2 主要能源生命週期的二氧化碳產量

發電形式	g/度CO ₂ 產量				排放量為核能倍數
	日本	瑞典	芬蘭	平均	
煤	975	980	894	950	63
汽電共生	608	1,170	*	889	59
天然氣複循環	519	450	472	480	32
太陽能光電	53	50	95	66	4
風能	29	5.5	14	16	1
核能	22	6	10-26	15	1
水電	11	3	*	7	0.5

資料來源：<http://www.chns.org/s.php?id=7&id2=36>

➤ 教學理念

支持核能發電人是通常是秉持著下列的觀念：

1. 產生電力過程中，比起其它的發電方式更具人道，由於燃燒天然氣、燃煤、燃油通常一爆炸就會有喪失上百條人命，而核能發電的爆炸並不會直接造成眾多傷亡。
2. 在全球暖化議題發燒之下，溫室氣體的排放逐漸備受重視，核能發電也會產生排碳量，但它是發電選項中，產生最少溫室氣的方式。

瞭解核能發電的好處，不僅在選擇發電方式有更多的思考空間，即便是低排碳量，低死亡率，接下來的主題就是要探討核廢料的處理。

主題五：水能載舟亦能覆舟！

核電廠可能會因為海嘯、地震等自然災害的破壞，導致輻射物致外洩，此外核廢料經過最終處置，如果因設計或操作不良而洩漏至環境，即有可能經過食物鏈等生態作用而造成危害。另一方面，低強度核廢料其實並不代表低危害性。以美國的分類而言，即使最「無害」的低強度核廢料也需經二百至三百年才衰變遞減致其背景濃度。此外，遭受超鈾元素污染的結果，也令其長期的具有危害性。以下就以中華民國核能學會對放射性廢棄物的處理方式做介紹。

一、放射性廢棄物

放射性廢棄物是指具有放射性或受放射性污染的廢棄物，根據我國法規規定，放射性廢棄物依照放射性強弱，可分為高放射性廢棄物及低放射性廢棄物兩類。高放射性廢棄物即是指備供最終處置之用過核子燃料或其經再處理所產生的萃取殘餘物，除此以外的其他放射性廢棄物，均歸類為低放射性廢棄物。

(一) 低放射性廢棄物

我國低放射性廢棄物的來源包括：

1. 核能電廠在維護及運轉過程中所產生受放射性物質污染的污泥、廢樹脂、濃縮廢液、防護衣物、手套、工具及廢棄的零組件、設備等物質。
2. 核能電廠運轉壽命終了後，拆除過程中所產生的放射性廢棄物。
3. 國內醫療院所、農業、工業及學術研究單位使用放射性同位素過程中，所產生的放射性廢棄物與不再使用之廢棄放射源。

(二) 高放射性廢棄物

台電公司 3 座核電廠所產生用過核子燃料的數量，隨著反應器核心大小及燃料設計而異，各廠每年平均產量：核一廠約 40 公噸，核二廠約 50 公噸，核三廠約 45 公噸。台電公司用過核子燃料管理策略，係參照國際間的作法，採取水池冷卻、乾式貯存、最終處置 3 階段方式，但同時保留再處理與尋求國際合作（境外）處置機會。其處理過程如下：

表 3 高放射性廢棄物處理三階段

<p>第 1 階段：水池冷卻</p> <p>用過核子燃料自反應器退出時尚有殘餘的衰變熱及放射性，因此必須先存放在電廠內用過核子燃料水池中一段時間，以冷卻移除衰變熱並供放射性強度自然衰減。</p>
<p>第 2 階段：乾式貯存</p> <p>用過核子燃料在水池中經多年冷卻後，其殘餘熱及放射性強度已大幅降低，因此可將其自水池中移出，於廠內另興建貯存設施以進行乾式貯存，在乾式貯存期間可以隨時取出，進行再處理以回收鈾與鈾等可利用的物質，或直接送至最終處置場。台電公司核一、二廠運轉以來，用過核子燃料一直存放於用過核子燃料池中，因容量有限，不足以存放所有運轉期間所產生的用過核子燃料，因此正規劃於核一、二廠內興建乾式貯存設施。而核三、四廠用過核子燃料池之設計容量足以存放所有運轉期間所產生的用過核子燃料。</p>
<p>第 3 階段：最終處置</p> <p>最終處置場，以永久處置用過核子燃料或其經再處理後所產生的高放射性廢棄物。</p>

參考網址：http://wintaiwan.org/wintaiwan/data/rm_cht.html

➤ 教學理念

這個階段主要介紹核電廠可能面臨的潛在危機，在上個主題中可以看到死於核能發電的人是遠比其它發電方式來的低，但是核電廠一爆炸，將會變成隱形殺手，不僅造成生態上的浩劫，受到輻射污染的地區寸草不生，人類基因突變，畸形兒、不明病變增加。

此段也可以增加社會議題，例如蘭嶼設置的核廢料儲存場，即使臺電人員每年都會到蘭嶼監測，並將數據公開，但仍舊無法改變蘭嶼人對輻射線的恐懼，遑論蘭嶼人，其實一般人要是知道家園附近會變成掩埋場，相信一定也很多人也會有排斥的心態。

在介紹這個主題時，可以搭配一個價值澄清的活動，綜合前四個主題，提出自己的意見，並且以兩難情境讓學習者來診視自己的態度，學習別人的意見。

主題六：核電廠爆炸－如何保護自己免於輻射傷害

一、核電廠事故分級（圖 6）

（一）0~3 級－異常事件

這類事件稱為「異常事件」，與所謂的核子事故無關，通常是指廠內工作人員受傷、颱風來襲、以及電廠停機等情況。電廠遇到這種情況時，應將事件處理以及改善措施陳報行政院原子能委員會；由於並不會影響到民眾正常作息，所以不需要民眾採取防護行動。

（二）4~7 級－核子事故

這類事件即是所謂的「核子事故」，可能有放射性物質外釋，電廠應通知政府有關單位立即動員緊急計畫體系，採取應變措施。同時在事故漸漸惡化時，通知民眾並執行各種必要的防護行動。

二、得知核能事故的方式

如果電廠發生放射性物質外釋的核子事故時，將從下列管道得到通知：

- (一) 警察局等滅及應變單位的核能警報與廣播車的巡迴廣播
- (二) 廣播電台及電視台。

圖 6 國際核能事件分級制度

三、如何找「遮蔽」

核能警報發佈後，保護自己最好的方法，就是減少輻射接觸的機會。所以聽到事故警報或巡迴車廣播，必須採取下列「掩蔽」行動。

若在室內，盡可能不要外出並，並關緊門、窗，減少室外空氣流到室內。

- (一) 打開電視或收音機瞭解最新的狀況。
- (二) 電話掛好，以便隨時接聽緊急通知。
- (三) 暴露在外的食物和飲水不要食用。室內的飲水和食物，未受到污染，可以安全食用。

等級	準則1 廠外衝擊程度	準則2 廠內衝擊程度	準則3 安全防禦之衰減程度
7級 最嚴重意外事故	極大量放射性物質外釋：造成廣泛性民衆健康及環境之影響		
6級 嚴重意外事故	發生顯著放射性物質外釋：造成須全面施行區域性緊急計畫		
5級 廠外意外事故	有限度之放射性物質外釋：造成須部份施行區域性緊急計畫	嚴重之核心或放射性屏蔽毀損	
4級 廠區意外事故	輕微放射性物質外釋：造成民衆輻射曝露達規定限值程度	局部性核心或放射性屏蔽毀損之狀態或工作人員接受致命性曝露	
3級 嚴重事件	極少量之放射性物質外釋：民衆輻射曝露尚未達規定限值之程度	發生嚴重污染或工作人員超曝露導致急性健康效應	接近發生事故狀態，喪失安全防禦功能程度
2級 偶發事件		發生重大污染或工作人員超曝露	發生潛在安全影響之事件
1級 異常警示			發生功能上之偏差
0級 未達級數	無安全顧慮		

資料來源：http://www.aec.gov.tw/www/control/emergency/index_07_2.php

- (四) 如果您人正在室外，請回到家裡或進入附近的建築物內。
- (五) 如果您正在車上，請立刻關上車窗、打開收音機收聽廣播，瞭解最新的情況，離開事故地區或進入室內。
- (六) 學校的學生，聽到事故的警報或廣播，要迅速進入教室內，將教室的門窗關閉，聽從老師的指示。

➤ 教學理念

最後一個主題是屬於保護的概念。主要是讓學習者瞭解到當核電廠爆炸時，可以先做什麼樣的保護方法。整個主題的學習目的就是透過認識、了解核能發電機制，並在面對輻射危機的時刻可以做出正確的防護行動。

補充資料

美國能源教育發展計劃中，明確指出一般學生與資優學生在高中畢業後，所應具備核能的知識如以下所述：

一般學生所應具備之核能知識：

- 一、核能是一種較新的能源使用方式，同時也是較受爭議的製造能源方式。
- 二、核能是鎖在原子核內的能源，但可藉由核分裂或核融合反應釋放出來。
- 三、太陽內部的高溫及高壓，引發改變氫原子形成氦原子的核融合反應，這個反應過程產生巨大能量。
- 四、今日唯一能夠使用的核能是核分裂。
- 五、一些鈾原子很容易藉由中子撞擊而分裂，當鈾原子被撞擊時產生兩個較輕的原子還有更多的中子。
- 六、核反應所產生的熱可用來製造蒸氣和發電，和化石燃料電廠的發電方式相同。
- 七、現今核能提供美國電力需求的五分之一。
- 八、核能發電沒有空氣污染，但有許多放射性且危險的核廢料。
- 九、核能使用很少量的鈾燃料而能產生大量能源。
- 十、核能也用於檢查材料瑕疵及醫療的用途上。

資優學生所應具備之核能知識：

- 一、不是所有鈾原子燃料受到中子撞擊都能產生核分裂，只有鈾同位素鈾 235 才可以。
- 二、可分裂的鈾同位素鈾 235，在自然界的鈾礦中比例低於百分之一。
- 三、天然的鈾要經過濃縮，才能在核反應爐中產生連鎖反應。
- 四、鈾燃料在核反應爐內轉化成為熱和輻射能。
- 五、核能提供全球電力需求的八分之一。
- 六、制定法律及提供全國永久性核廢料儲藏所已經被延遲了。

資優學生應該具有以下能力：

- 一、討論核能對經濟、環境的優缺點及全球氣候變化的爭論性議題。
- 二、說明核燃料的循環。
- 三、說明核反應的運轉方式。
- 四、對核廢料的處置，從政治、社會、科學的角度來討論。

(Energy Information Administration, 2004)

核能教育的內涵應包含下列各項：

一、核能反應的原理：

包含核能發展的過程、核能反應所使用之燃料、核能的運用、核能發電的原理等等。

二、核能發電與安全：

核能電廠反應爐構造、核能電廠安全措施、核能相關法規問題、核能廢料處置等等。

三、核能發電與環境：

核能電廠設廠地點考量、核能廢料儲存場所、核能發電熱污染問題、核能發射對於當地生態的影響、核能發電後端處理問題、各種發電方式對溫室效應衍生議題等等。

四、核能發電與經濟：

各種發電方式的經濟利益比較、核能發電後端處理經費問題等。

五、健康與防護：

輻射的來源、輻射與人體健康、輻射的防護、輻射與遺傳影響。

六、緊急事故的處理：

核能災難時緊急處理計劃、緊急疏散及掩蔽措施、個人防護認知與訓練、輻射傷害之緊急醫療。

七、對相關議題做出批判與決定：

針對核能安全、核能與環境、核能與經濟、核能軍事及和平用途及其他相關議題，能充分了解及評估，做出成熟的決定。

參考網址

- 行政院原子能委員會 <http://www.aec.gov.tw/www/index.php>
- 中國核能學會 <http://www.chns.org/>
- 核子事故緊急應變民眾防護手冊 <http://webmail.iner.gov.tw/aec/menu.pdf>
- 中華核能學會婦女委員會 <http://www.wintaiwan.org/wintaiwan/index.html>
- 3月11日日本東北地區大地震福島第一核電廠輻射外釋事故簡報
下載點 www.aec.gov.tw/www/upload/news_file/201172154431.pdf
- K-12 能源教育電子書－核能電廠是如何運作的
下載點
<http://eeweb.tnc.edu.tw/k12/studentdata/%E6%A0%B8%E9%9B%BB%E5%BB%A0%E6%98%AF%E5%A6%82%E4%BD%95%E9%81%8B%E4%BD%9C%E7%9A%84.pdf>