

放射現象和核能

1 輻射與放射現象

1.1 放射現象

- 我們不斷會接觸到來自周圍環境的輻射。這種輻射稱為本底輻射。



- 常見的核輻射有三種，每種的本質與主要特性如下：

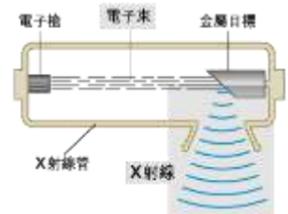
	α 輻射	β 輻射	γ 輻射
本質	氦核	高速移動的電子	電磁波 (高頻)
相對電荷	+2 (每個粒子)	-1 (每個粒子)	不帶電
速率	最高達光速的 10%	最高達光速的 90%	光速
致電離能力	強	弱	非常弱
穿透能力	弱; 被 1-2 張紙完全吸收	強; 被 5 mm 厚的鋁板完全吸收	非常強; 不會完全被吸收, 25 mm 厚的鉛板只能吸收一半輻射
空氣中的射程	數厘米	數米	超過 100 米
在電場中的偏轉幅度	非常小	大	不會偏轉
在磁場中的偏轉幅度	非常小	大	不會偏轉
雲室徑跡	短而直	長而曲折	無徑跡
探測器	照相底片、火花計數器、擴散雲室、蓋革-彌勒計數器	照相底片、擴散雲室、蓋革-彌勒計數器	照相底片、擴散雲室、蓋革-彌勒計數器

1.2 X 射線與核輻射

- 致電離輻射是高能粒子流或高能電磁波，能把分子內的電子擊出。致電離輻射的例子包括：
 - 電磁波：X 射線和 γ 射線
 - 粒子： α 粒子和 β 粒子



- X 射線可由高速電子撞擊金屬產生，是一種頻率高於紫外輻射的電磁波，具有很強的穿透能力。

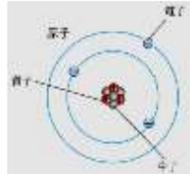


- 核輻射來自放射性原子核。這些原子核自發地放出高能量的輻射，這現象稱為放射現象。

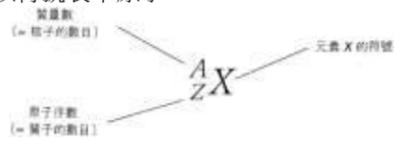
2 原子結構與放射衰變

2.1 原子模型

- 原子結構：



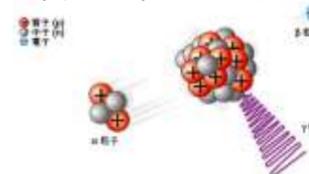
- 質子和中子統稱為核子。
- 以符號表示原子：



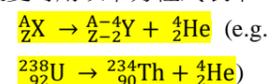
- 具有特定質量數和原子序數的原子核稱為核素，具有放射性的核素稱為放射性核素。
- 原子序數相同，但質量數不同的核數稱為同位素，具有放射性的同位素稱為放射性同位素。

2.2 放射衰變與放射性同位素的應用

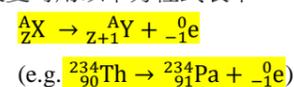
- 放射衰變 (或蛻變) 由不穩定的原子核引起。在這個過程中，原子核會放射 α 粒子、 β 粒子或 γ 輻射而變得更穩定。



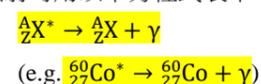
- α 衰變可用以下方程式表示：



- β 衰變可用以下方程式表示：



- γ 輻射可用以下方程式表示：



- 母核：發生衰變的原子核
- 子核：衰變後母核所變成的原子核
- 衰變產物：衰變過程中形成的所有原子/粒子
- 放射強度是每分鐘蛻變的次數，它的單位是貝克 (Bq)，或是每分鐘蛻變的次數 (s^{-1})。它與未衰變原子核數目的關係，可用以下方程式表示：

$$A = kN$$

其中 k 是衰變常數，代表每單位時間內衰變的概率，它的單位是 s^{-1} 。

- 放射性核素的半衰期是該核素的樣本有一半原子核衰變所需的時間，也相等於它的放射強度減半所需的時間。
- 未衰變原子核數目 N 與時間 t 的關係可以用以下數式衰變函數表示：

$$N = N_0 e^{-kt}$$

放射強度的變化也可以用以下方程式表示：

$$A = A_0 e^{-kt}$$

- 半衰期 $t_{1/2}$ 與衰變常數 k 的關係可用以下方程式表示：

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

- 放射性同位素應用廣泛，例如用於放射治療、示踪物、厚度計和碳-14 年代測定法。

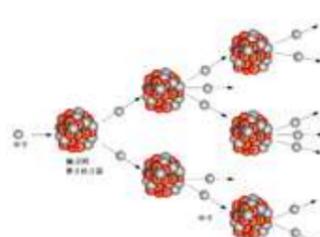
2.3 輻射安全

- 核輻射有極大的潛在危險它能損害或殺死活細胞，改變人體細胞的基因結構，導致癌症或無法治療的輻射疾病。
- 當量劑量的量度單位為希沃特 (Sv)。香港每年本底輻射的平均劑量約為 2 mSv。
- 放射源必須小心處置。

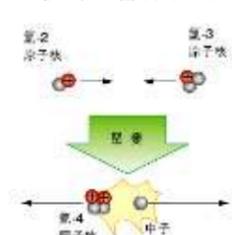
3 核能

3.1 核裂變及核聚變

- 核裂變：一個重的原子核分裂成較輕的原子核時 (如中子撞擊鈾-235)，會釋放出大量能量。
- 核聚變時，原子核釋放的中子可以引發其他原子核裂變，形成鏈式反應。



- 受控核裂變可用來發電。
- 核聚變：兩個輕的原子核結合成一個較重的原子核時，會釋放出大量能量。



- 核能有助解決地球未來的能源短缺危機，但同時也帶來嚴重的社會及環境問題。
- 核武 (原子彈、氫彈及中子彈) 都是由物理原理發展出來的。它們驚人的破壞力來自不受控的核裂變或核聚變，並對整個世界造成威脅。

3.2 質能關係

- 質量可轉化為能量，反之亦然。質量關係可以寫作：

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

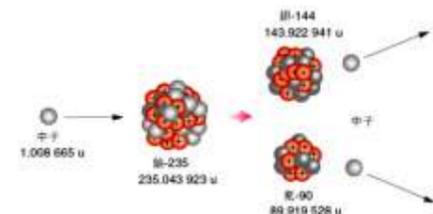
- 原子規模的質量通常用原子質量單位 (u) 來表示：

$$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

- 原子質量單位可用作能量的單位。

$$1 \text{ u} = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J}$$

- 於核裂變及核聚變中，反應後粒子的總質量通常較反應前小，失去的質量會轉化成能量。



應考心得

1. 放射物理學

- α 是很「重」的粒子 (有大的慣性)
- 緊記 α 、 β 和 γ 的特性質，包括其性質、質量、所攜電荷、穿透力、致電離能力等。
- α 所行的方向帶「正」電流、 β 則帶「負」電流； α 很「重」、 β 很「輕」。
- Z = 原子序數或質子數， A = 質量數 (質子數 + 中子數)，不要攪亂。

half-life	$T_{1/2}$	s, min, yr	半衰期
atomic number	Z		原子序數
mass number	A		質量數
equations of α , β and γ decay			α , β 及 γ 的衰變方程
α decay	${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$		
β decay	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} \text{e}$		
γ decay	${}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X$		
Activity	A	Bq	放射強度
$A = A_0 e^{-kt}$ or $A = kN$ ($k = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$)			
Number of undecayed atom			未衰變粒子數
$N = N_0 e^{-kt}$			