

23-1 放 射 性



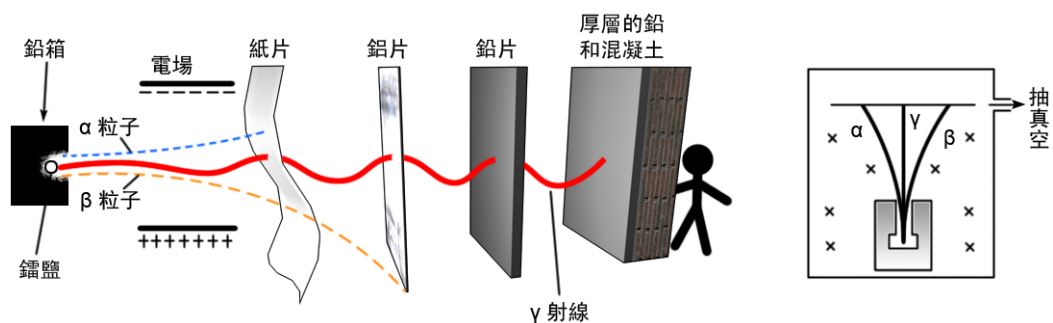
近代物理→放射性元素發現歷史

230101 發現歷史：

1. 1896 年法國貝克勒 (A.H. Becquerel, 獲得 1903 年諾貝爾獎) 發現鈾礦 (晶體) 有放射性—放出一種可使照像底片感光的一種「射線」。
2. 1897 年法國居里 (Pierre Curie, 1859 年-1906 年) 和他夫人瑪莉-居里 (Marie Curie, 1867 年~1934 年) 發現釷和它的化合物亦有放射性 (他們創此放射性 radioactivity 名詞, 與貝克勒同獲 1903 年諾貝爾獎)。
3. 1898 年, 居里夫婦又發現瀝青礦中可提煉出一有效放射性的元素; 他命名為釷 (Po), 以紀念她的祖國波蘭。
4. 1898 年, 居里夫婦又發現鐳, 但費四年的艱苦工作, 始能由一噸的瀝青鈾礦渣提出足量的鐳, 作原子量等的鑑定分析 (獲得 1911 年諾貝爾化學獎)。
5. 1898 年拉塞福鑑定鐳的放射性：
 - ①證明 α 射線是氦的原子核, 帶正電, 實驗發現 α 射線能游離所經過的空氣, 只能穿透數公分的空氣。
 - ② β 射線的荷質比與湯木生的陰極射線相同, 證實是電子, 其游離空氣的能力較 α 射線弱。
6. 1900 年威拉德發現 γ 射線。1913 年在利用晶體繞射測出X射線波長後, 證實 γ 射線是波長比X射線更短的電磁波。
7. 1902~1903 年, 拉塞福與索地研究放射性乃元素自然衰變的過程。
8. 放射線的效應
 - (1) 感光—能使包在黑紙的底片感光。
 - (2) 螢光—能使螢光物質發光。
 - (3) 電離—能使氣體游離帶電。
 - (4) 穿透—能穿透物質。

230102 放射線的種類：

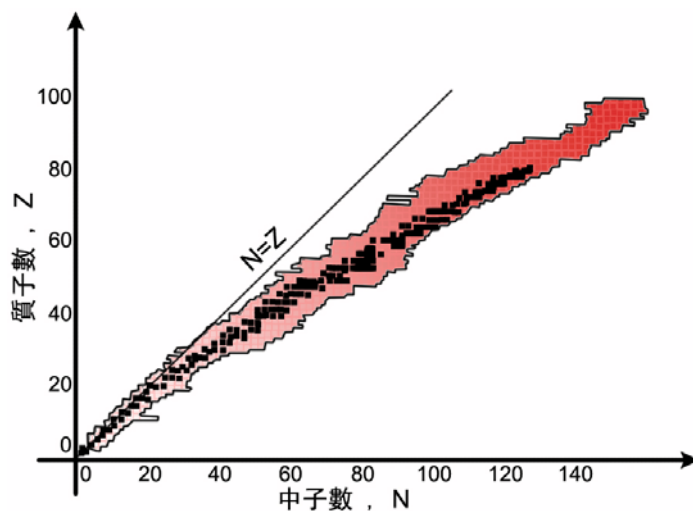
	α 射線/ α 衰變	β 射線/ β 衰變	γ 射線/ γ 衰變
本質	氦的原子核 (2 質子；2 中子)	核內電子	高頻電磁波
符號	${}^4_2\text{He}$	${}^0_{-1}e$	γ
質量數	4	0	0
質量	約 4 a.m.u.	約 0.00055amu	0
電量	+2	-1	不帶電
電場影響	向負極偏折	向正極偏折	不偏折
質量數 變化	放出一 α 粒子 質量數 -4	放出一 β 粒子 質量數 不變	放出一 γ 射線 質量數 不變
質子數 變化	放出一 α 粒子 質子數 -2	放出一 β 粒子 質子數 +1	放出一 γ 射線 質子數 不變
速度	0.05C~0.1C	0.4C~0.9C	C
運動質量	7360	1	100
能量	1,000,000eV	10, 000eV	1,000,000eV
電子碰撞 能量損失	約 1600eV	可能 10,000eV	可能 1,000,000eV
游離氣體 能力	大	中 (α 射線的 1/100)	小 (α 射線的 1/10000)
照相感光 能力	小	中	大
穿透力	最弱； 一張紙片即可擋住	中等， 2mm 厚的鉛板可擋住 (約是 α 射線的 100 倍)	最強； 1m 的混凝土可擋住 (約是 α 射線的 10000 倍)



230103 放射衰變/蛻變：

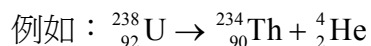
1. 穩定帶與衰變：如右圖，在穩定態以外的原子核具有放射性，放射出 α 、 γ 射線或 β 、 γ 射線，以轉變成更穩定的核種。

【進階討論】：隨著原子序的增加，中子數的增加比質子數的增加快。

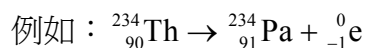


2. 衰變方式：

① α 衰變：當原子核放出一 α 射線，原子序少 2，質量數少 4：



② β 衰變：當原子核放出一 β 射線，原子序多 1，質量數不變；



【備 註】：(1) 中子可分解成更基本粒子：中子=質子+電子(+微中子)

故放出一核內電子，中子數_____，質子數_____，
故質量數_____。但多一質子，原子序會_____。

(2) β 射線是核內電子，一般所講的電子是核外電子。牽涉到原子外電子的是化學反應；牽涉到原子核內部的是核反應。

③ γ 衰變：當原子核釋放出 α 或 β 粒子後，新的原子核處於激態，它會把能量以電磁波釋放出來，變為基態原子核。

原子核(父核或母核) $\rightarrow$ 激態子核 + α 或 β 粒子 $\rightarrow$ 基態子核 + γ 射線

【備 註】：每一原子核的衰變過程中，每一次的衰變會同時放出 α 、 γ 射線，或 β 、 γ 射線，但不可能同時放出 α 、 β 、 γ 三種射線。

3. 放射性衰變的重要概念：

(1) 核反應遵守：

【質量數守恆($\neq$ 質量守恆)】、【電荷守恆】、【原子序守恆($\neq$ 質子數守恆)】

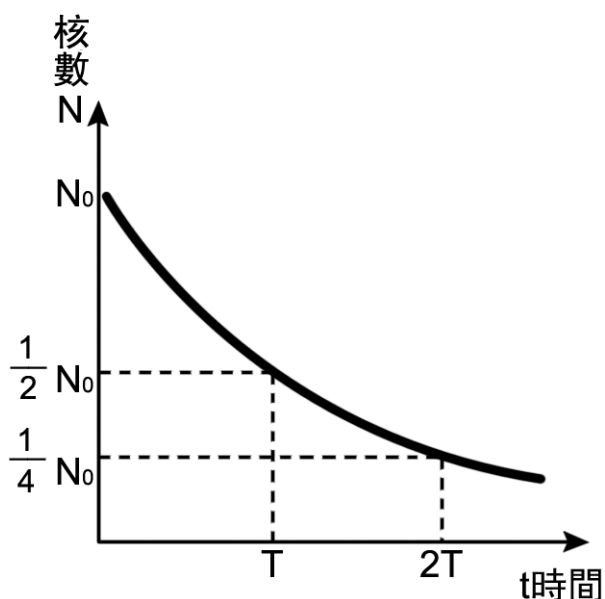
(2) 放射線必由原子核內放出，只與原子核內的結構有關，而與原子核外的電子結構無關。

(3) 放射性元素的放射強度，與實際所含放射性元素的質量有關，而與其物態、溫度、壓力、結合狀態(元素或化合物)無關。

230104 衰變方程式與半衰期：

1. **半衰期**(或稱**半生期**，Half-Life Period，Amount of time required for half of the mass of a radioactive substance to undergo radioactive decay)：衰減為原來總量的一半的時間

(1) 原子序大於 82(鉛)的元素，又於原子核內的質子數眾多，質子間強大的靜電斥力，使得原子核不安定，而產生衰變，這些具有天然放射性(natural radioactivity)元素的衰變，稱為自然衰變(spontaneous decay)。



(2) 同理，經過兩個半衰期，放射性強度剩下四分之一，經過三個半衰期，剩下八分之一，...依此類推。

【進階思考】：變為原來 1/2 的時間都會固定嗎？為什麼呢？[請參考高中物理進階 200 篇]

2. 公式：

$$(1) \frac{dN}{dt} = -\lambda N, \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{其中 } \lambda \text{ 稱為衰變常數}$$

(2)

【備 註】：\$N_0\$ 原有的原子數；\$N\$ 經 \$t\$ 時間後剩餘的原子數。

\$m_0\$ 原有的質量；\$m\$ 經 \$t\$ 時間後剩餘的質量。

3. 衰變特性：

(1) 一個具有放射性的原子核，我們無法確知何時衰變，公式只是算機率法則。

(2) 可以任何時刻的量為基準，經半衰期，都會減至原有量的一半。

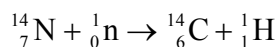
(3) 我們無法藉由物理或化學方法改變衰變速率。

4. 常見物質的半衰期：

元素	硼 12	氦 220	碘 128	氦 222	銻 89
半生期	0.02 秒	52 秒	25 分	3.8 天	28 年
元素	鐳 226	碳 14	銻 239	鈾 235	鈾 238
半生期	1602 年	5730 年	24400 年	7.1×10^8	4.5×10^9 年

5. 碳 14 定年法：

(1) 自然界中碳 14 與碳 12 的比值約為 1.3×10^{-12} ，雖然碳 14 會衰變，但宇宙射線會將空氣中的氮轉變為碳 14，使得碳 14 得以源源補充。



(2) 有機生物體，會藉由呼吸或食物，與外界交換，故碳 14 與碳 12 的比值不變。但生物體死亡後，碳 14 的含量因衰變而減少，因此可以估算出生物體死亡的時間。

(3) 由於碳 14 定年法在考古學、人類學與地球科學的廣泛應用，碳 14 定年法的設計人利比(Willard F. Libby)得到 1960 年諾貝爾化學獎。

230105 同位素：

一、同位素 (isotope, Nuclides with the same atomic number but different from neutron number are called isotopes of one another.)：原子週期表中占同一位置的原子。

1. 同位素的意義：

(1) 原子序相同而質量數不同的元素。

(2) 質子數相同而中子數不同的元素。

(3) 化學性質相同而物理性質不同 (故只能用物理方法分離)。

2. 同位素的實例：

(1) 氫的同位素：氫(${}^1_1\text{H}$)，氘(${}^2_1\text{H}$ 或 ${}^2_1\text{D}$)，氚(${}^3_1\text{H}$ 或 ${}^3_1\text{T}$)。

(2) 氧的同位素： ${}^{16}_8\text{O}$ ， ${}^{17}_8\text{O}$ ， ${}^{18}_8\text{O}$ 。

二、同位素之鑑別：質譜儀。

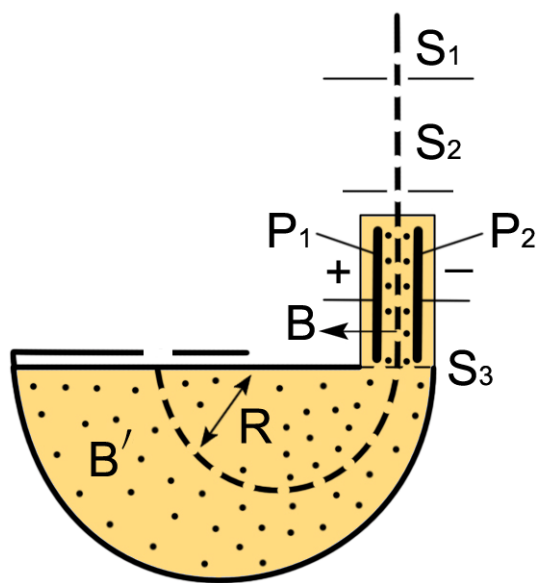
三、原子量：元素之所有同位素其質量數之加權平均值，權重為其在自然界的存量。



沒有知識也要有常識 1

為什麼週期表中有些元素後面的原子量要用括號呢？

原子量是指 "Average" atomic mass。加括號的原子量，僅是該元素中有最長半衰期的同位素質量，即該元素最穩定同位素的質量。



230106

**範例 01**

下列關於放射線的敘述何者正確？

- (A)放射性同位素都具有相同的衰變常數
- (B)冷凍低溫處理，可以改變鈾的放射性
- (C)讓鈾與氟結合成穩定的化合物，可以改變鈾的放射性
- (D)放射強度與當時元素的質量成正比
- (E)經過二個半衰期，放射性元素的質量必剩 1/4
- (F)每一個半衰期衰變的原子數量相等
- (G)每一秒鐘衰變的原子數皆相同
- (H)發生 β 衰變質量數會減少
- (I)發生 β 衰變質量會減少
- (J)1 克的Ra與 1 克的RaBr₂兩者的放射性強度相同
- (K)1 莫耳的Ra 與 1 莫耳的RaBr₂兩者的放射性強度相同
- (L)1 莫耳的Ra 與 2 莫耳的RaBr₂兩者的半衰期相同

230107

**範例 02**

(72 日大)原子核作一次 α 衰變時，其原子序減少 2，質量數減少 4；作一次 β 衰變時，原子核內一中子放出一電子後變成一質子，因此質量數不變，但原子序增加 1。— $^{238}_{92}\text{U}$ （鈾）原子核衰變成 $^{206}_{82}\text{Pb}$ （鉛）原子核。途中產生 α 衰變和 β 衰變的次數分別為？

- (A)8 次和 3 次 (B)3 次和 5 次 (C)5 次和 6 次 (D)8 次和 6 次 (E)5 次和 3 次

【牛刀小試】：鈾 238(92 個質子)原子核經過幾次的 α 衰變及 β 衰變，會變成鉛 210(82 個質子)原子核？【7、4】

範例 03

230108



下列敘述何者正確？

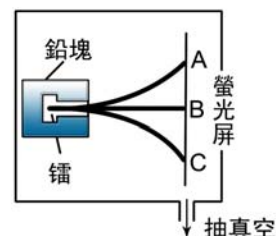
- (A) 鈾 238(92 個質子)原子核經過多次的 α 衰變及 β 衰變，會變成鉛 210(82 個質子)原子核 (83 日大)
- (B) 鈾 238(92 個質子)原子核經過多次的 α 衰變及 β 衰變，會變成鉍 209(83 個質子)原子核
- (C) 原子核衰變時，每放出一個 α 粒子，原子核的原子序減少 2；但每放出一個 β 粒子，原子序則增加 1(88 日大)

範例 04

230109



如圖裝置，已知外加磁場方向是垂直指出紙面，當放射線垂直通過磁場時，被分成三束射線，A、B、C 各為何？



範例 05

230110



- (79 日大) 設某放射性元素之半生期為 2 天，則該元素每一原子經過一天已行蛻變之機率為_____。
- 承上題，該原子存在的機率為_____。

【牛刀小試】：設某放射性元素之半生期為 4 天，則該元素每一原子經過一天已行蛻變之機率為_____。【0.159】

範例 06

230111



(87 日大)在活的生物體內，同位素 ^{14}C 與 ^{12}C 的含量比值為 10^{-13} ，現有一古生物，其 ^{14}C 與 ^{12}C 含量之比值為 1.25×10^{-14} ，已知 ^{14}C 的半生期為 5730 年，則此古生物距今約為_____年。

- 【牛刀小試】：1.某放射性元素，第一天衰變 1000 個原子，第二天衰變 900 個原子，則最初未衰變時，原子數為？【10000 個】
- 2.某放射性元素 1 克，經 10 分鐘後剩 0.8g，則經 30 分鐘，剩下幾克？【0.512 克】
3. 某放射性元素 32 克，半衰期 138 天，若剩 4 克，則經幾天？【414 天】

範例 07

230112



- 1.某放射性元素 81 公克，經放射 45 天，剩下 1/3，至其質量為 1 克，須時幾天？
- 2.某放射性元素 81 公克，經放射 45 天，剩下 1/3，則經 90 天剩幾克？

範例 08

230113



A 元素的半衰期為 45 天，B 元素的半衰期為 30 天，今發現礦石內 A、B 兩種元素的含量比為 3：2，則 90 天前的含量比為？

- 【牛刀小試】：A 元素的半衰期為 45 天，B 元素的半衰期為 30 天，今發現礦石內 A、B 兩種元素的含量比為 3：2，則 90 天前的含量比為？【3：4】