

# 第二章 物質的組成

## (一)物質的組成：

### A、物質的定義：

- (1)佔有空間，具有質量的，稱為物質。
- (2)所有的物質都是由原子組成。
- (3)美國物理學家費曼認為概括人類有史以來獲得最重要的科學知識，應該是『所有物質都是由原子構成的』。
- (4)原子是微小的粒子，持續不斷地做運動(熱運動)，相隔很短的距離時會互相吸引；但是進一步擠壓時，卻又會互相排斥。

### B、原子的概念：

- (1)討論原子大小，一般最常用的單位是埃(Å)和奈米，一個原子大小約為 1 埃~數埃之間。
- (2)1Å(埃)= $10^{-10}$ 公尺= $10^{-8}$ 公分。
- (3)1nm(奈米)= $10^{-9}$ 公尺= $10^{-7}$ 公分=10Å(埃)。
- (4)目前已知的原子有 118 種。

### C、拉瓦節：

- (1)藉由化學實驗將物質分類，確認了元素和化合物的區分。
- (2)被尊為『現代化學之父』。

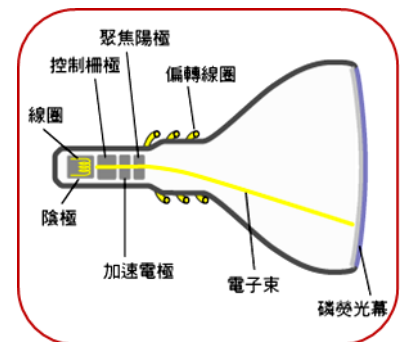
### D、道耳吞原子說(1803 年)：

- (1)元素是由不可分割的原子所組成。
- (2)每一種元素的原子有特定的質量；同種元素的原子質量和大小相同；不同元素的原子，其質量和大小不同。

## (二)原子構造的探討：

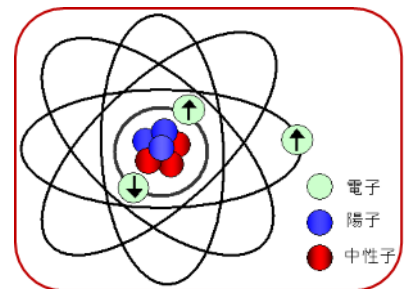
### A、發現電子：

- (1)湯木生研究陰極射線管，得出電子帶負電，同時測出荷質比(e/m)。
- (2)密立坎觀察油滴的運動，測出電子電量(e)，於是推算出電子的質量(m)。
- (3)湯木生提出『葡萄乾布丁模型』，認為電子均勻散布在正電荷中。



### B、發現原子核：

- (1)拉塞福以  $\alpha$  粒子撞擊金原子，發現原子內部大部分是空洞的。
- (2)少數  $\alpha$  粒子方向會偏折，甚至反彈折回，表示原子內部存在一個體積極小，但質量很大的原子核。
- (3)拉塞福提出『行星式模型』，認為電子受原子核的靜電力作用，繞原子核作圓周運動，電子環繞的空間就是原子體積。
- (4)1932 年，查兌克發現中子。



C、1932 年，海森堡提出原子結構的新模型：

- (1)原子核是由  $Z$  個質子和  $(A-Z)$  個中子所組成。
- (2) $Z$  是元素的原子序， $A$  為原子的質量數。
- (3)質子(P)與中子(n)皆稱為核子，總數為  $A$ 。
- (4)質子帶電量與電子相同，皆為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖，中子則不帶電。
- (5)同類元素的原子核所含質子數相同，但中子數可以不同。
- (6)同位素是指具相同質子數目，但具有不同數目中子的元素，同位素核外的電子數相同，因此通常具有相同的化學性質，在週期表上也在相同位置。

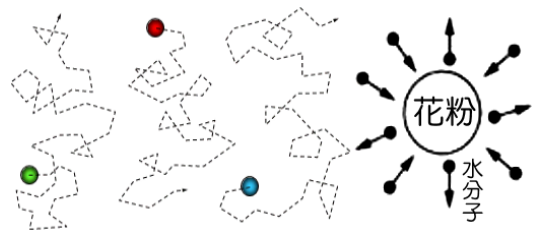
(三)布朗運動(1827 年)：

A、發現：

英國植物學家布朗以顯微鏡觀察在水中懸浮的花粉粒時，發現花粉粒作不規則的折線運動。

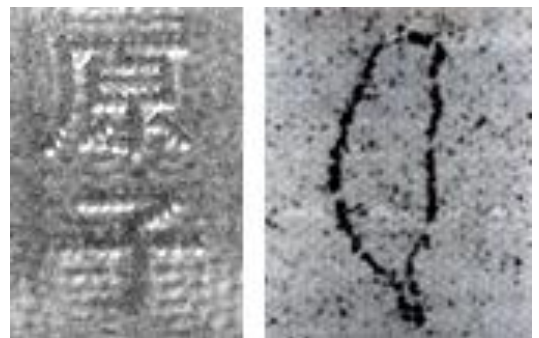
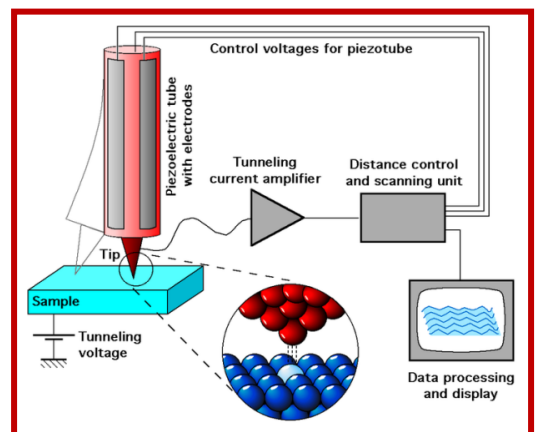
B、解釋：

- (1)造成不規則運動的原因，是因為花粉粒子受到水分子四面八方的推擠。
- (2)大部分情形下，花粉粒受各方向的碰撞機率相等，因此在短距離內作等速度運動。
- (3)1905 年愛因斯坦以數學方法，成功地計算出水分子對花粉碰撞的平均距離。



C、原子操縱技術：

- (1)科學家利用掃描穿隧式顯微鏡(STM)進行『原子操縱』。
- (2)掃描穿隧式顯微鏡，是一種利用量子理論中的隧道效應探測物質表面結構的儀器。
- (3)掃描隧道顯微鏡 (STM) 可以讓科學家觀察和定位單個原子，在低溫下(4K)可以利用探針尖端精確操縱原子，因此它在奈米科技上，是重要的測量工具，也是加工工具。
- (4)IBM 在蘇黎世的研究小組在低溫下:利用 STM 在銅表面將鐵原子排列成中文"原子"的圖案，成功完成表面原子的單原子操控技術。
- (5)中央研究院物理所 STM 將砷表面的原子抽出，畫出台灣的地圖，一個原子約 3 埃，一個晶格的邊長約 27 埃。



D、奈米科技：

- (1)研究奈米材料尺寸約 1 奈米至 100 奈米，此範圍和巨觀的原子分子性質有極大的不同。
- (2)電子元件奈米化：每隔 3 年，單位面積上的晶片電子元件數目增為 4 倍。
- (3)奈米碳管。

(四)物質的狀態：

A、一般物質的狀態分為：固態、液態、氣態、電漿(電離子態)。

(1)固態：

- 甲、每一個原子或分子有固定的位置。且具有一定的對稱性。
- 乙、原子(分子)呈緊密排列。

(2)液態：

- 甲、原子呈緊密但不規則排列。
- 乙、原子(或分子)間存在一種相互牽制的吸引力。

(3)氣態：

- 甲、原子或分子間的距離非常大。
- 乙、分子間除了偶而的彈性碰撞外，沒有其它任何的作用力。
- 丙、可以溫度、壓力、體積來描述氣態的特性。

B、物質的三態：

	體積壓縮性	體積固定性	形狀固定性	體積比較		密度比較		粒子間吸引力		粒子間距離	
				一般物質	水	一般物質	水	一般物質	水	一般物質	水
固態	×	○	○	小	中	大	中	大	中	小	中
液態	×	○	×	中	小	中	大	中	大	中	小
氣態	○	×	×	大	大	小	小	小	小	大	大

	粒子間距離	粒子間空隙	粒子的位置	粒子的運動
固態	非常緊密	很小	固定位置	在固定位置振動
液態	比固體鬆散	比固體大	不是固定位置	在固定範圍內運動
氣態	非常鬆散	很大	不是固定位置	在任意範圍內運動

【補充】：電漿態(電離子態)

- 甲、氣態物直持續吸收能量，其成分原子會失去電子，形成電子及正離子，此時的物質狀態，即稱為電漿態。
- 乙、電漿是部分或完全離子化的電中性導電氣體。
- 丙、宇宙間有 99% 以上的物質，處於電漿態；  
如恆星星系、星體周圍的大氣、地球的電離層、閃電以及極光。

(五)夸克(quark)：

A、夸克理論：

- (1)1963 年美國物理學家蓋爾曼提出。
- (2)主張質子和中子內部存在著更小的粒子，稱為夸克。
- (3)質子和中子是由三個夸克所組成；質子是由 2 個上夸克(u)、1 個下夸克(d)組成；中子是由 1 個上夸克(u)、2 個下夸克(d)組成。
- (4)質子可以表示成(2u + d)；中子可以表示成(u + 2d)。

(5) 1 個上夸克的電量 =  $+\frac{2}{3}e$ ，1 個下夸克的電量 =  $-\frac{1}{3}e$ 。

(6) 目前尚未發現電子有更小的粒子組成。

(7) 夸克與電子等構成原子最基本的東西，我們便稱為基本粒子。

(8) 夸克在自然界不會單獨存在。

#### B、基本粒子：

(1) 目前已知的的基本粒子包含夸克和輕子，構成我們已知的物質。

(2) 物質之間存在著電磁交互作用、弱交互作用、強交互作用、重力交互作用等四種交互作用力。

(3) 夸克有 6 種，包含包含上夸克、下夸克、頂夸克、底夸克、魅夸克、奇夸克等。

(4) 輕子也有 6 種，電子為其中之一。

(5) 受到強作用力的稱為強子，包含重子和介子。

甲、由三個夸克組成的稱為重子，例如：質子和中子。

乙、由兩個夸克組成的稱為介子，例如  $\pi$  介子。

例1. 下列的原子(1)  ${}_{5}^{10}\text{B}$ ；(2)  ${}_{6}^{13}\text{C}^{2+}$ ，分別含有多少質子、中子與電子？

	質子	中子	電子
${}_{5}^{10}\text{B}$	5	5	5
${}_{6}^{13}\text{C}^{2+}$	6	7	4

【解析】：

例2. 氯的原子序為17，自然界的氯有兩種同位素，其中一種質量數（質子數加中子數）為35，存量約佔所有氯元素的76%，另一種氯的同位素質量數為37，存量約佔24%。

(1) 週期表中氯的原子量應記為多少？

(2) 質量數35與37的氯離子 $\text{Cl}^-$ ，其電子、質子、中子的數目分別是多少？

【答案】：(1) 35.48； (2) 如表列。

【解析】：(1) 氯的平均原子量 =  $35 \times 0.76 + 37 \times 0.24 = 35.48$

(2)

	質子	中子	電子
${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$	17	18	18
${}_{17}^{37}\text{Cl}^-$	17	20	18

例3. 下列有關原子構造的敘述何者正確？(有二答)

(A) 原子質量均勻分布於整個原子之中 (B) 原子的質量絕大部分集中在原子核 (C) 電子和質子數目一定相等 (D) 質子和中子數目一定相等 (E) 電子和質子均勻分布於整個原子中。

【答案】：(B)(C)

【解析】：拉塞福的金箔散射實驗發現，原子內部大部分是空洞的，原子質量集中在體積很小但質量很大的原子核中，原子核帶正電，電子則在核外繞著原子核旋轉。

原子呈電中性，因此原子核內的質子數目及核外的電子數目會相等。

一般的原子中子數目大於或等於質子，原子序愈大時，中子數增加愈多。

例4. 下列關於原子結構的敘述，哪些正確？(有三答)

- (A) 原子呈電中性時，其原子序等於原子核外電子數 (B) 質子、電子電性不同、質量亦不同  
(C) 質量大小為中子 > 質子 > 電子 (D) 中子、電子、質子在電場中皆有偏折現象 (E) 原子內有質子、電子是道耳頓的原子說提出。

【答案】：(A)(B)(C)

【解析】：(A) 原子呈電中性，因此原子核內的質子數目及核外的電子數目會相等。

(B) 質子和電子的電性不同，質子帶正電，電子帶負電；質量不同，質子質量遠大於電子質量；但兩者的電量相等，皆為  $6 \times 10^{-19}$  庫侖。

(C) 中子質量略大於質子質量，因此原子結構內質量大小：中子 > 質子 > 電子。

(D) 中子不帶電，

例5. 某同位素符號以  ${}^A_Z X$  表示，則下列敘述何者正確？ (有二答)

- (A) Z是質量數 (B) A是質子數 (C) Z是原子核所帶之電荷 (D) Z是原子序 (E) A是原子核中之質子數與電子數之總和。

【答案】：(C)(D)

【解析】：  ${}^A_Z X$  其中Z代表原子序 = 質子數 = 原子核中正電荷的數目，A = 質量數 = 質子數 + 中子數，X代表核種，即原子核的種類，或是元素的種類。

例6. 下列有關原子的結構的敘述，何者正確？ (有二答)

- (A) 湯姆森利用質譜儀發現了電子的存在 (B) 拉塞福以α射線的散射實驗證實原子的質量並非均勻分布在原子中 (C) 拉塞福以α射線的散射實驗證實原子核具有原子的大部分體積與質量 (D) 密立坎油滴實驗中測出了電子的質量 (E) 查兌克發現原子核中尚有一不帶電的粒子存在。

【答案】：(B)(E)

【解析】：(A) 湯姆森利用陰極射線的研究，發現了電子的存在。(B) 拉塞福以α射線的散射金箔的實驗，證實原子質量集中在中心的原子核，並非均勻分布在原子中。(C) 拉塞福以α射線的散射實驗，證實原子核佔整個原子極小的體積，但卻是大部分的質量。(D) 密立坎油滴實驗，測得電子的電量，並進而推算出電子的質量。(E) 查兌克以α射線撞擊鈹原子  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$  (中子)，發現原子核中尚有一不帶電的粒子存在。

例7. 假設氦( ${}^4_2\text{He}$ )的原子核為半徑  $3 \times 10^{-15}$  m 的圓球，其原子核的密度為多少 g/cm<sup>3</sup>?

【解析】：質子質量 = 中子質量 =  $1.7 \times 10^{-24}$  克，原子核的半徑 =  $3 \times 10^{-15}$  m =  $3 \times 10^{-13}$  cm。

$$\text{原子體積約為} \left( \frac{4}{3} \pi \times (3 \times 10^{-13})^3 \right) = 1.13 \times 10^{-37} \text{ cm}^3,$$

$$\text{原子核的密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{4 \times 1.7 \times 10^{-24} \text{ g}}{1.13 \times 10^{-37} \text{ cm}^3} = 3.5 \times 10^{13} \text{ g/cm}^3$$

例8. 下列選項中，選配適當的科學家：

- (A) 波以耳 (B) 道耳頓 (C) 給呂薩克 (D) 湯姆森 (E) 查兌克 (F) 波耳 (G) 愛因斯坦  
(H) 亞佛加厥 (I) 拉塞福 (J) 密立坎 (K) 門得列夫

- (1)以原子量排列週期表\_\_\_\_\_。
- (2)利用陰極射線而發現電子\_\_\_\_\_。
- (3)利用「 $\alpha$ 粒子的散射」發現原子核\_\_\_\_\_。
- (4)利用實驗，發現中子的存在\_\_\_\_\_。
- (5)提出原子說\_\_\_\_\_。
- (6)提出「分子」的概念\_\_\_\_\_。

【解析】：(1)門得列夫(K)； (2)湯姆森(D)； (3)拉塞福(I)；  
(4)查兌克(E)； (5)道耳頓(B)； (6)亞佛加厥(H)。