

# 2 物質的組成與交互作用



國中時我們曾學過「原子由原子核和核外電子所組成」，在此基礎上，第 1 節我們先討論所有物質都是由原子組成，再用原子的角度來解釋自然現象、光、熱、電等現象。第 2 節我們會回顧科學家發現原子結構的過程及結果，並介紹基本粒子，尤其是國中沒學過的「夸克」，非常精彩喔！

第 3 節是本章另一個重點，我們將會探討重力、電磁力、強核力、弱核力等四個基本交互作用。科學家發現，所有物質間的交互作用，皆可由此四種基本作用力來描述。

## 學習脈絡

✓ 國中學過

所有的物質都是由原子組成

從原子的觀點看三態

✓ 國中學過

拉塞福進行  $\alpha$  粒子散射實驗，提出行星模型

質子與中子各是由 3 個夸克所組成

基本交互作用 1 重力

$$F_g = \frac{GmM}{r^2}$$

基本交互作用 2 電磁力

$$F_e = \frac{kqQ}{r^2}$$

基本交互作用 3 強核力

夸克、中子及質子間的作用力

基本交互作用 4 弱核力

出現在  $\beta$  衰變中的作用力



## 2-1 物質的組成



### 重點 1 奇妙的原子

1. 所有的物質，從微觀的角度來看，都是**原子**所構成的。
2. 原子間不同的排列方式，便會造成物質間截然不同的性質。例如鑽石與石墨都是由碳原子所組成，但因原子的排列方式不同，造成鑽石是最堅硬的物質之一，而石墨卻是最軟的物質之一，如圖所示。

在**石墨**中，碳原子先排列成二維的蜂窩結構，然後再一層一層堆疊起來

在**鑽石**中，每個碳原子鄰接四個碳原子，形成十分穩固的立體結構



### 重點 2 原子的大小

1. 原子世界裡，最常用的單位為：**埃** (Å) 和**奈米** (nm)。
  - (1)  $\begin{cases} 1 \text{ 埃} = 10^{-10} \text{ 公尺} = 10^{-8} \text{ 公分。} \\ 1 \text{ 奈米} = 10^{-9} \text{ 公尺} = 10^{-7} \text{ 公分。} \end{cases}$
  - (2)  $\begin{cases} 1 \text{ 埃} = 0.1 \text{ 奈米。} \\ 1 \text{ 奈米} = 10 \text{ 埃。} \end{cases}$
2. 目前已知原子的種類共 **118 種** (含人工合成元素)，原子的大小不一，氫原子小一些，鈾原子大一些，但大約都在 0.1 ~ 0.3 奈米左右。因此，通常我們會說原子大小約 1 埃 (=  $10^{-10}$  公尺 = 0.1 奈米)。



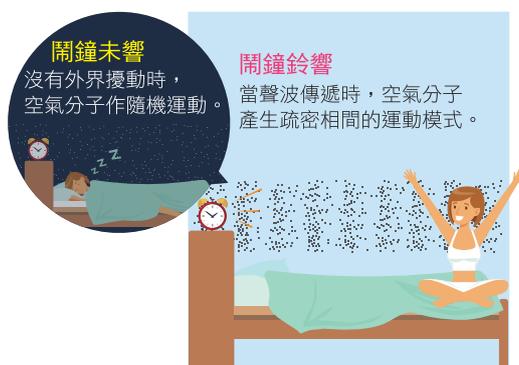
### 重點 3 從原子的觀點看三態

	性質	圖示	三態變化
固態	(1) 物體分子間的作用力很強。 (2) 具有一定的形狀和體積。		
液態	(1) 分子間的作用力較弱。 (2) 無固定的形狀，但仍具有一定的體積。		
氣態	(1) 分子間的作用力小到幾乎可以忽略。 (2) 沒有一定的形狀，也沒有一定的體積。		

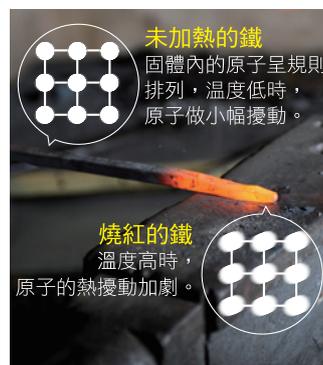


### 重點 4 從原子的觀點解釋巨觀的物理現象

現象	說明
聲波	當沒有外界擾動時，空氣分子隨機亂跑，並沒有特定的運動模式。當聲源擾動空氣分子時，空氣分子受到擾動產生疏密相間的運動模式，就是聽到的聲波，如圖 (a)。
熱	固體在低溫時，原子只能在平衡點附近做微幅擾動。但溫度上升後，微觀上原子的熱擾動加劇，正對應到巨觀上溫度的上升，如圖 (b) 所示。
電流	導線中流動的電流，是原子外層的自由電子流動所造成。
光	四處可見的光源，大多是利用原子放出光子而來。其原理與原子能階的躍遷有關，第 5 章才會教，同學先知道光也跟原子有關就好了。



▲圖 (a) 聲波



▲圖 (b) 熱

## 簡單觀念 基礎題

• 解析詳見解答本

- D 1. 在原子世界裡，最常用的兩個單位為埃 (Å) 和奈米 (nm)，試問 1 奈米等於多少埃？  
(A) 0.01 (B) 0.1 (C) 1 (D) 10 (E) 100。
- AD 2. 原子的大小不一，有的原子較小，有的原子較大，但大致的尺度約為下列哪些？（應選 2 項）  
(A) 1 埃 (B) 10 埃 (C) 1 微米 (D) 0.1 奈米 (E) 1 奈米。
- D 3. 我們主要是藉由控制下列何者，來使物質產生三態變化？  
(A) 體積與質量 (B) 溫度與質量 (C) 溫度與密度 (D) 溫度與壓力 (E) 密度與壓力。
- A 4. 物質三態中，組成物質的分子堆積較緊密，分子只能在固定位置做小幅度振動，不能任意移動的為何？  
(A) 固態 (B) 液態 (C) 氣態 (D) 三者皆是 (E) 三者皆不是。
- D 5. 下列關於三態變化的敘述，何者**錯誤**？  
(A) 三態指的是固態、液態、氣態 (B) 物質在三態中，以氣態存在時的能量最高  
(C) 溫度的微觀意義代表原子或分子運動的劇烈程度 (D) 液體的形狀與體積皆可隨意變化  
(E) 氣體的形狀與體積皆可隨意變化。
- BD 6. 煮開水時，我們常常可看到白色的雲霧，下列關於此雲霧的相關描述，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 雲霧即為水蒸氣 (B) 雲霧即為液態小水滴 (C) 雲霧即為固態小冰點 (D) 雲霧為水蒸氣遇到冷空氣時凝結的液體 (E) 雲霧為水蒸氣遇到冷空氣時凝華的固體。

## 主題探究 必考題

• 解析詳見解答本

### 概念 奇妙的原子

- D 1. 著名的物理學家理查·費曼曾提出一個假設性的問題：「如果發生世紀災難，摧毀了一切的科學知識，我們僅能留下一句話給後代智慧生物，哪一句話最簡潔有力，可以包含最多的資訊呢？」他給的答案是：「所有的物質都是由□□組成的。」下列何者為□□最合理的答案？  
(A) 質子 (B) 中子 (C) 分子 (D) 原子 (E) 電子。

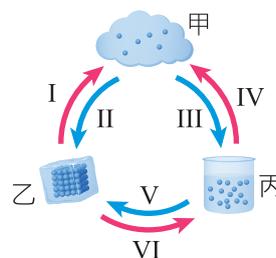
### 概念 原子的大小

- C 2. 花生是很多人喜歡吃的食物。請你估計一下，一顆長度 1 公分的花生米，其長度約為一個原子直徑的多少倍？  
(A)  $10^4$  (B)  $10^6$  (C)  $10^8$  (D)  $10^{10}$  (E)  $10^{12}$ 。

### 概念 從原子觀點看三態

#### 3-4 題為題組

如圖所示為一般物質三態變化時，分子狀態的示意圖，試回答下列問題：



C 3. 關於甲、乙、丙的三態，下列何者正確？

- (A) 甲：液態；乙：固態；丙：氣態 (B) 甲：氣態；乙：液態；丙：固態  
 (C) 甲：氣態；乙：固態；丙：液態 (D) 甲：液態；乙：氣態；丙：固態  
 (E) 甲：固態；乙：氣態；丙：液態。

AD 4. 下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) I 的過程稱為昇華 (B) II 的過程稱為熔化 (C) III 的過程稱為凝固 (D) IV 的過程稱為汽化 (E) V 的過程稱為凝結。

AE 5. 以原子與分子的觀點來看物質的三態，在一般的狀況下，下列哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 分子間的束縛力大小順序為：固態 > 液態 > 氣態 (B) 分子間的距離大小順序為：固態 > 液態 > 氣態  
 (C) 固體時分子間的吸引力極強，故分子完全靜止，分子間的距離保持固定 (D) 液體分子間因沒有束縛力，所以液體可以任意的改變形狀 (E) 氣態物質因分子的作用力極微弱，故形狀及體積會隨容器而改變。

BD 6. 下列關於水的三態變化的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 影響三態變化的主要因素是溫度，和壓力無關 (B) 溫度愈高，分子的動能就愈大，將液態水加熱到達沸點時，水分子的動能足以克服彼此間的吸引力，因此四散飛離，變成快速運動的氣體分子 (C) 在氣態水中，水分子以較快的速度運動，彼此間的距離大，造成密度大幅增加 (D) 當液態水的溫度低於凝固點時，水分子因彼此間的作用力，形成特定的晶格結構，水凝固成冰 (E) 原子與原子之間的作用力主要為重力。

### 概念 從原子的觀點解釋巨觀的物理現象

E 7. 下列有關原子和物理現象關係的敘述，何者錯誤？

- (A) 原子的排列方式不同，即可導致不同的物理與化學特性 (B) 聲波是利用介質的分子受外界作用後，形成疏密相間的縱波來傳遞 (C) 溫度是原子或分子振動狀況的表現，溫度低時，原子做小幅擾動；溫度高時，原子的熱擾動加劇 (D) 導線中流動的電流，是原子中的電子流動所造成 (E) 我們無法以原子的角度來解釋日光燈或螢光的發光原理。



## 本節大考試題精選

• 解析詳見解答本

D 1. 如果以原子為組成物質的單元，則直徑為 0.1 毫米的一粒細砂含有的原子數目約為 10 的幾次方？

- (A)  $10^6$  (B)  $10^9$  (C)  $10^{13}$  (D)  $10^{17}$ 。

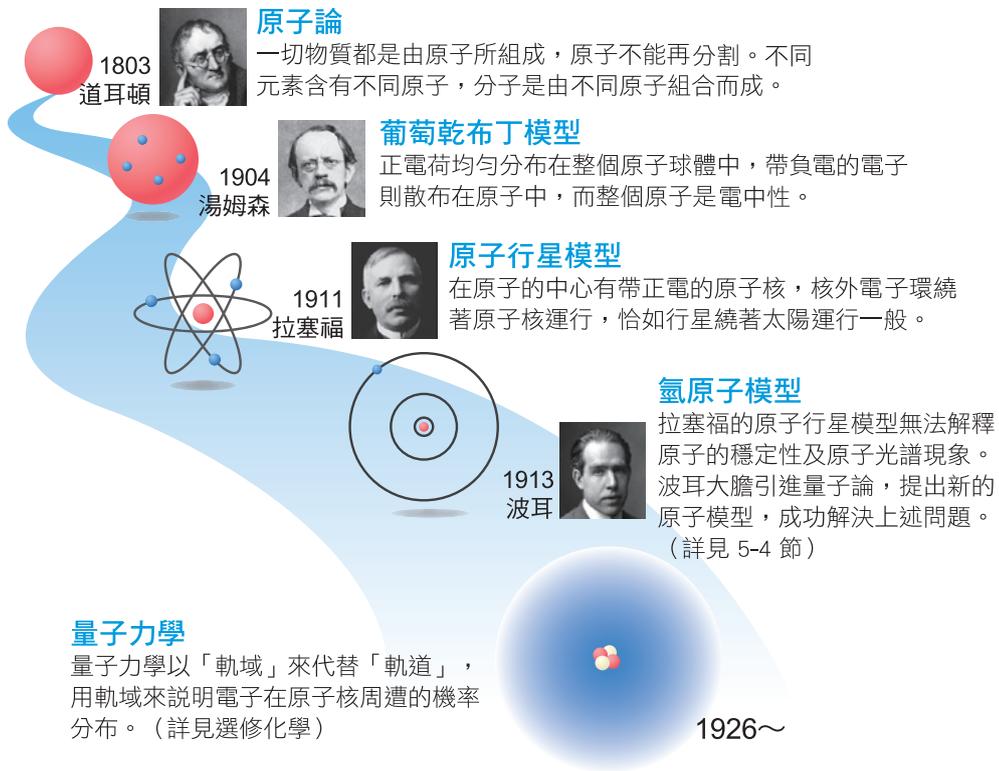
學測



# 原子的結構



## 重點 1 原子模型的發展歷史



## 重點 2 湯姆森的原子模型

	內容	圖示
電子的發現	1897 年，湯姆森在實驗中發現比原子更小且帶負電的電子，因此獲得了 1906 年的諾貝爾物理學獎。	
葡萄乾布丁模型	發現電子後，湯姆森推翻了道耳頓「原子不能再分割」的假設，他提出如圖所示的葡萄乾布丁模型：原子內的正電荷像布丁一樣均勻分布，帶負電的電子，則像葡萄乾一樣鑲嵌在內，而整個原子為電中性。因為也類似西瓜的果肉中鑲嵌有西瓜子，因此又稱為西瓜模型。	

完整示意圖，  
教學很方便。



### 重點 3 $\alpha$ 粒子散射實驗

	說明	圖示
<p><b>實驗裝置</b></p>	<p>1911 年，拉塞福利用如圖 (a) 所示的實驗裝置進行 <math>\alpha</math> 粒子散射的實驗。</p>	<p>厚度僅約 <math>1\mu\text{m}</math> 的金箔 <math>\alpha</math> 粒子束 <math>\alpha</math> 粒子發射源 偵測 <math>\alpha</math> 粒子數目的偵測器</p> <p>▲圖 (a) <math>\alpha</math> 粒子散射實驗裝置示意圖</p>
<p><b>預期結果</b></p>	<p>根據湯姆森的葡萄乾布丁模型，<math>\alpha</math> 粒子於散射後偏折的角度都不會很大，如圖 (b) 所示。</p>	<p>所有 <math>\alpha</math> 粒子的偏折角度都不會很大</p> <p>▲圖 (b) 湯姆森的葡萄乾布丁模型預期的結果</p>
<p><b>實驗結果</b></p>	<p>大約每 8000 顆 <math>\alpha</math> 粒子會有一顆做超過 <math>90^\circ</math> 的大角度散射</p> <p>有少數的 <math>\alpha</math> 粒子會有較大角度的偏折</p> <p>大部分 <math>\alpha</math> 粒子幾乎都是直接通過金箔</p> <p>▲圖 (c) 實際的實驗結果</p>	
<p><b>行星模型</b></p>	<p>(1) 拉塞福假設在原子的中心，有帶正電的原子核，而且原子的質量幾乎都集中在原子核。當 <math>\alpha</math> 粒子接近原子核時，就會因靜電排斥力而被散射，如圖 (d) 所示。</p> <p>(2) 拉塞福進一步假設，電子環繞著原子核運行，恰如行星繞著太陽運行一般，稱為原子的行星模型，如圖 (e) 所示。</p>	<p>▲圖 (d) 拉塞福以原子核的觀念解釋 <math>\alpha</math> 粒子散射的結果</p> <p>▲圖 (e) 拉塞福的原子行星模型</p>
<p><b>遭遇的困難</b></p>	<p>(1) 不能解釋原子的穩定性，因為依據古典電磁理論，電子繞著原子核轉動時，會不斷地放出電磁波，將能量輻射出去，最後「墜落」於原子核，如圖 (f) 所示。</p> <p>(2) 無法說明為何特定元素的原子會產生特定的光譜。【註】第 5 章會有詳細的討論。</p>	<p>▲圖 (f) 拉塞福原子模型的缺陷</p>



拉塞福以  $\alpha$  粒子撞擊金箔，發現偶爾會有大角度的散射，因而提出電子繞原子核運行的假設，正如行星繞行太陽。下列關於拉塞福實驗與其原子模型的敘述，哪些正確？（應選 2 項） (A)  $\alpha$  粒子與原子的電子間沒有靜電力 (B)  $\alpha$  粒子與原子核間的靜電力為吸引力 (C) 原子中的電子若損失能量，可使電子更接近原子核 (D)  $\alpha$  粒子偶爾會有大角度的散射，主要是因為與多個電子發生碰撞 (E)  $\alpha$  粒子偶爾會有大角度的散射，主要是因為原子的正電荷集中於極小的原子核。答： (C)(E)

106學測，得分率48%

- 解** (A)×： $\alpha$  粒子帶正電而電子帶負電，故兩者間有靜電吸引力。  
 (B)×： $\alpha$  粒子與原子核皆帶正電，故兩者間的靜電力為排斥力。  
 (C)○：在拉塞福的原子模型中，電子的能量愈低時，軌道半徑愈小。故電子若損失能量，可使電子更接近原子核。  
 (D)×(E)○：因為原子的正電荷集中於原子核，而原子核僅約原子的萬分之一~十萬分之一，故  $\alpha$  粒子偶爾才会有大角度的散射。

- 馬解** (A)×：證實了「原子核」的存在，而非質子與中子的存在。  
 (C)×：拉塞福的散射實驗中， $\alpha$  粒子散射角有些甚至會有  $180^\circ$  的反彈。  
 (D)×：此實驗的結論為原子的質量是集中在原子中某個小區域（原子核）內。  
 (E)×：此實驗並無法得出電子的電荷量與質量的比值。

**馬上練習 1**

在拉塞福的「 $\alpha$  粒子散射實驗」中，下列敘述何者正確？ (A) 證實了質子與中子的存在 (B)  $\alpha$  粒子的入射方向與核心的垂直距離愈大，散射角愈小 (C) 所有入射的  $\alpha$  粒子之散射角恆小於  $90^\circ$  (D) 此實驗的結論為原子的質量是平均分散在整個原子內 (E) 此實驗得出電子的電荷量與質量的比值。答： (B)



## 重點 4 原子的結構

	說明	圖示
原子的結構	原子由 <b>原子核</b> 與核外繞原子核旋轉的 <b>電子</b> 所組成，附圖為其示意圖。	
原子核	<p>(1) 原子核由帶正電的<b>質子</b>與不帶電的<b>中子</b>所組成，故質子與中子合稱為<b>核子</b>。原子中的質子數目與電子數目相同（都等於原子序），其所帶的電量也相同，故原子呈<b>電中性</b>。</p> <p>(2) 原子的直徑約 <math>10^{-10}</math> 公尺，原子核的直徑約 <math>10^{-14} \sim 10^{-15}</math> 公尺，故原子核的直徑約只有原子直徑的萬分之一到十萬分之一而已，其比例關係約如圖所示。</p> <p>(3) 原子核極小，但整個原子的質量又集中於此，因此密度可高達水的 <math>10^{14}</math> 倍。</p> <p>(4) 如果把原子放大為直徑 200 公尺的運動場，原子核大約就如同一個直徑 20 毫米的新台幣 1 元硬幣大小。</p>	
<b>說明</b>		
電子	<p>(1) 電子帶<b>負電</b>，帶電量為 <math>-1.6 \times 10^{-19}</math> 庫侖。</p> <p>(2) 原子的體積決定於電子所存在的空間。</p> <p>(3) 原子的化學特性，主要由最外層的電子所決定。</p>	
質子	質子帶 <b>正電</b> ，其電量與電子相同（但電子帶負電），質子的質量約是電子質量的 <b>1836</b> 倍。	
中子	中子 <b>不帶電</b> ，中子的質量比質子的質量稍大一些，約是電子質量的 <b>1839</b> 倍。	



## 重點 5 原子核的表示法

	說明	圖示
原子序	<p>(1) 原子核中的質子數稱為<b>原子序</b>。原子序如同原子的座號，週期表即依據原子序來排列。</p> <p>(2) 原子序是判斷原子種類的主要依據，<b>同種元素的原子，其質子數必相同</b>；不同種元素的原子，其質子數必不相同。</p>	
元素符號	科學家以 ${}^A_Z X$ 來表示原子核，其中 X 代表元素符號，A 代表 <b>質量數</b> （或稱 <b>核子數</b> ），Z 代表原子序。	<p>質量數 = 質子數 + 中子數</p> <p><math>{}^A_Z X</math> — 元素符號</p> <p>原子序 = 質子數 = 核外電子數</p>



## 同位素

原子序相同，但質量數不同的元素稱為同位素。同位素也可以說是質子數相同，但中子數不同的元素，其化學性質相同，但物理性質不同。例如氫的同位素有：  
氫 ( ${}^1_1\text{H}$ )、氘 ( ${}^2_1\text{H}$  或  ${}^2_1\text{D}$ )、氚 ( ${}^3_1\text{H}$  或  ${}^3_1\text{T}$ )。



### 範例 2

### 《元素符號》

碳 -12 在世界現存碳元素中約占 98.89%，是最常見的碳同位素，以  ${}^{12}_6\text{C}$  表示。一個電中性的碳 -12：

- (1) 質量數為 12；(2) 核子數為 12；(3) 電子數為 6；  
(4) 質子數為 6；(5) 中子數為 6。

**解** 質量數 = 核子數 = 12。 電子數 = 質子數 = 原子序 = 6。  
中子數 = 質量數 - 質子數 = 12 - 6 = 6。

**馬解** 質量數 = 核子數 = 238。 電子數 = 質子數 = 原子序 = 92。  
中子數 = 質量數 - 質子數 = 238 - 92 = 146。

### 馬上練習 2

鈾 -238 在世界現存鈾元素中約占 99.28%，是最常見的鈾同位素，以  ${}^{238}_{92}\text{U}$  表示。一個電中性的鈾 -238：

- (1) 質量數為 238；(2) 核子數為 238；(3) 電子數為 92；  
(4) 質子數為 92；(5) 中子數為 146。



## 重點 6 夸克

	說明	圖示
夸克	<p>(1) 1964 年，物理學家蓋爾曼提出中子與質子可能由更小的粒子組成，他稱這種粒子為<b>夸克</b>。</p> <p>(2) 後來實驗物理學家用高速電子撞擊質子，發現其內部並不均勻而有<b>點狀結構</b>，證實了夸克的存在。</p>	<p>質子</p> $+\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +1e$
夸克的種類	<p>(1) 現在物理學家已經證實，夸克共有 6 種，其中上夸克（符號 <math>u</math>）帶正電，其電量為基本電荷的 <math>\frac{2}{3}</math>，下夸克（符號 <math>d</math>）帶負電，其電量為基本電荷的 <math>\frac{1}{3}</math>。</p> <p>(2) <b>質子與中子分別由 3 個夸克</b>所組成的，如圖所示。</p>	<p>中子</p> $+\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0$



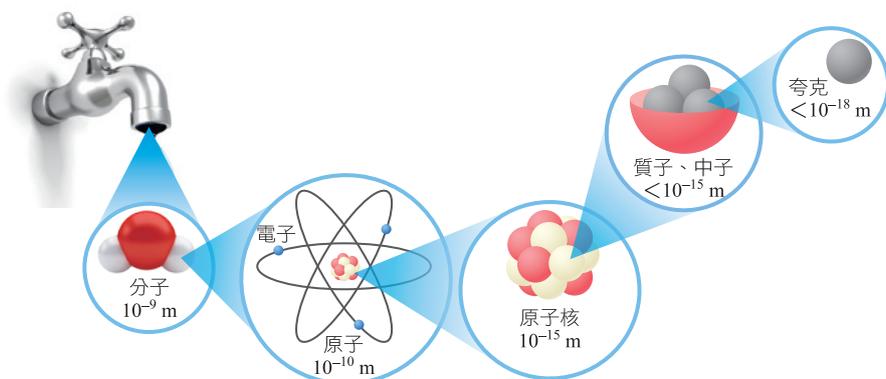
## 重點 7 基本粒子

1. 到目前為止，實驗並未發現夸克和電子是由更小的粒子組成，偵測不到其任何內部的結構。像夸克與電子這類粒子，並非由更小的粒子組成，稱為**基本粒子**。
2. 換言之，就算窮盡目前的任何技術與方法，**我們也無法再將基本粒子分割為更小的粒子**。
3. 從純物質到原子，原子到原子核，原子核到核子，核子到夸克，會不會隨著探索的能量變高，尺度變小，我們會再發現夸克有內部結構呢？確實有這樣的可能性，當那天來臨時，夸克就不再是基本粒子了。



## 重點 8 從巨觀到微觀

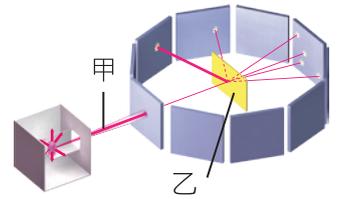
如圖所示，若我們將巨觀尺度的水，放大到微觀尺度上，會依序看到分子→原子→原子核及核外電子→質子與中子→夸克。



## 簡單觀念 基礎題

· 解析詳見解答本

- C 1. 如圖所示為拉塞福散射實驗的示意圖，甲為入射的粒子束，乙為靶，則甲、乙各為何種物質？  
(A) 電子、金箔 (B) 中子、金箔 (C) 氦原子核、金箔 (D) 氫原子、銀箔 (E) 碳原子、銀箔。



- AC 2. 下列關於電中性原子  $^{197}_{79}\text{Au}$  的敘述，何者正確？（應選 2 項）  
(A) 有 79 個質子 (B) 有 79 個中子 (C) 有 79 個電子 (D) 有 79 個核子 (E) 總質量約為 1 個中子的 79 倍。
- E 3. 美國物理學家蓋爾曼認為，質子與中子內部其實還存在著更小的基本粒子。他將這種粒子命名為？  
(A) 電子 (B) 微中子 (C) 反微中子 (D) 原子 (E) 夸克。
- CE 4. 就目前科學家所知，下列何者屬於基本粒子？（應選 2 項）  
(A) 原子 (B) 中子 (C) 電子 (D) 質子 (E) 夸克。

## 主題探究 必考題

· 解析詳見解答本

### 概念 原子模型的演進

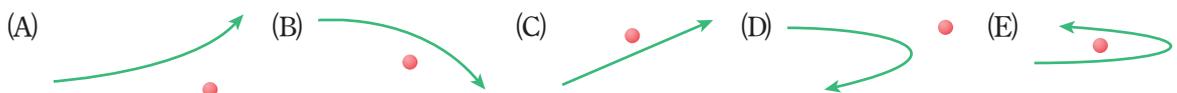
- CE 1. 下列關於人類對原子結構了解過程的科學史，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 湯姆森最早提出原子說 (B) 查兌克是最早發現電子的人 (C) 拉塞福利用  $\alpha$  粒子的散射實驗，發現了原子核 (D) 波耳首先提出原子的行星模型 (E) 現代的科學家以量子力學的角度來解釋原子的性質。

### 概念 湯姆森發現電子

- CD 2. 下列有關湯姆森所創立的原子模型，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 整個原子帶正電 (B) 整個原子帶負電 (C) 整個原子為電中性 (D) 原子內的正電荷像布丁一樣均勻分布 (E) 電子集中在原子核中。

### 概念 拉塞福的 $\alpha$ 粒子散射實驗

- AD 3. 在拉塞福的「 $\alpha$  粒子散射實驗」中， $\alpha$  粒子經過原子核附近受靜電力作用被散射時，下列哪些圖是可能的散射情形？（應選 2 項）



- CE 4. 下列關於拉塞福散射實驗及所得結論的敘述，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 大部分用來撞擊的粒子都被反彈回來 (B) 證實了質子與中子的存在 (C) 原子猶如小型太陽系，電子繞原子核運轉 (D) 電子繞原子核時只能在特定軌道上運行 (E) 無法說明原子光譜產生的原因。

**DE** 5. 下列哪些為拉塞福的「原子行星模型」無法解釋的現象？（應選 2 項）

- (A) 原子存在帶正電的原子核 (B) 原子核體積極小，卻占有大部分的質量 (C) 原子大部分的空隙都是空曠的 (D) 電子可以穩定地繞著原子核運動 (E) 特定元素的原子會產生特定的光譜。

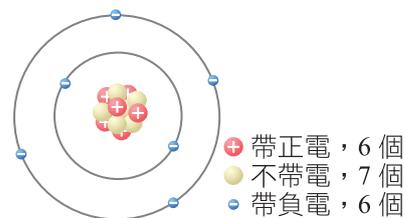
### 概念 原子的結構

**BD** 6. 下列有關原子的結構敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 原子的直徑約為  $10^{-12}$  公尺 (B) 原子核的直徑約為  $10^{-14}$  公尺至  $10^{-15}$  公尺 (C) 原子核的直徑約為原子直徑的千分之一 (D) 質子質量約為電子質量的 1836 倍 (E) 質子質量約略等於中子質量，但質子稍重。

**BE** 7. 某元素 X 的原子結構示意圖如圖所示，則下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A)  $\oplus$  為中子 (B)  $\ominus$  為電子 (C) 原子序為 7 (D) 質量數為 7 (E) 其元素符號可寫為  ${}^7_6\text{X}$ 。



**BD** 8. 下列有關電中性原子的敘述，何者**錯誤**？（應選 2 項）

- (A) 原子由原子核及核外電子所組成 (B) 原子核由質子及電子所組成 (C) 電子和質子的數目一定相等 (D) 質子和中子的數目一定相等 (E) 質子與中子的質量都遠大於電子。

**C** 9. 地球的半徑約為 6400 公里，如果把原子放大為地球的尺寸，依比例來估計，原子核的尺寸大約相當於下列何者？

- (A) 臺灣 (B) 高雄市 (C) 運動場 (D) 籃球 (E) 乒乓球。

### 概念 原子核的表示法

**AB** 10. 有關於「同位素」的敘述，下列哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 同位素之原子序相同，質量數不同 (B) 同位素之中子數不同 (C) 同位素之化學性質不同 (D) 同位素之物理性質相同 (E) 若元素符號記為  ${}^A_Z\text{X}$ ，則同位素的 A 值相同、Z 值不同。

**D** 11. 下列關於釷 ( ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ) 及鐳 ( ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ) 的敘述，何者正確？

- (A) 兩者的電子數相差 8 (B) 兩者的質子數相差 6 (C) 兩者的質量數相差 12 (D) 兩者的中子數相差 12 (E) 兩者為同位素。

### 概念 夸克

**BE** 12. 下列關於目前科學家對夸克的了解，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 一個質子由 2 個夸克所組成 (B) 一個中子由 3 個夸克所組成 (C) 一個電子由 2 個夸克所組成 (D) 夸克由更小的次夸克所組成 (E) 夸克已無法再分割為更小的粒子。

**E** 13. 一個氯 ( ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ ) 原子之中，共有幾個夸克？

- (A) 17 (B) 34 (C) 35 (D) 70 (E) 105。

## 概念 基本粒子

**DE** 14. 依照物理學家「目前」對基本粒子的了解，下列有關基本粒子的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 原子是構成物質基本的單位，故可稱為基本粒子 (B) 原子由原子核和核外電子所組成，故原子核可稱為基本粒子 (C) 原子核由質子和中子組成，故質子和中子可稱為基本粒子 (D) 質子和中子由夸克組成，故夸克可稱為基本粒子 (E) 電子可稱為基本粒子。



## 本節大考試題精選

• 解析詳見解答本

**C** 1. 下列有關原子構造的敘述，何者正確？

甲：原子的質量均勻分布於整個原子之中

乙：原子的質量絕大部分集中在原子核

丙：電子和質子的數目一定相等

丁：質子和中子的數目一定相等。

- (A) 甲丙 (B) 甲丁 (C) 乙丙 (D) 乙丁。

學測

**AD** 2. 下列為元素甲、乙、丙、丁、戊的原子核中所含的質子數 ( $p$ ) 與中子數 ( $n$ )，試問哪兩者是同位素？（應選 2 項）

學測

- (A) 甲： $6p, 6n$  (B) 乙： $7p, 7n$  (C) 丙： $8p, 8n$  (D) 丁： $6p, 7n$  (E) 戊： $9p, 10n$ 。

**DE** 3. 1998 年，俄羅斯科學家利用一個鈣原子與一個鍺原子熔合而成的  ${}_{114}^{289}\text{Uuq}$ 。下列有關此元素的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) Uuq 的原子序為 175 (B) Uuq 的電子數目為 289 (C) Uuq 原子核中有 423 個中子 (D) Uuq 原子核中有 114 個質子 (E) Uuq 核子數為 289。

學測補考修

**C** 4. 原子量為 1 的氫原子含有哪些粒子？

- (A) 電子、中子 (B) 質子、中子 (C) 質子、電子 (D) 質子、中子、電子。

學測修

**AEF** 5. 甲、乙、丙、丁為原子或離子，其所含的質子、中子與電子的數目如附表。試單就附表的數據，判斷下列相關的敘述，哪些正確？（應選 3 項）

- (A) 甲、乙為同位素 (B) 乙、丙為同位素 (C) 甲、乙、丙為同位素 (D) 乙、丁為離子 (E) 丙、丁為同位素 (F) 丙為離子。

學測

	甲	乙	丙	丁
質子數	2	2	3	3
中子數	1	2	3	4
電子數	2	2	2	3

# 2-3 基本交互作用

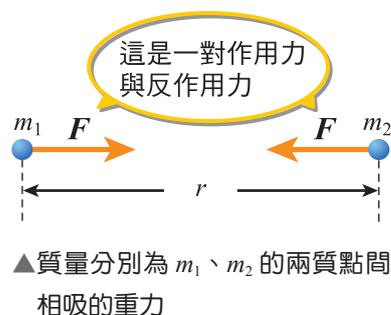
## 重點 1 萬有引力定律

1. 牛頓於《自然哲學的數學原理》一書中提出了萬有引力定律，指出兩質點之間都會有彼此互相吸引的力，稱為**萬有引力**或**重力**。兩質點間的引力量值，和兩質點的**質量乘積成正比**，和兩質點間的**距離平方成反比**。

2. 如圖所示，若  $m_1$ 、 $m_2$  是兩質點的質量， $r$  是兩質點間的距離，

則重力的量值我們通常以  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$  表示，式中的  $G$  稱

為**重力常數**，其值為  $6.67 \times 10^{-11}$  牛頓·公尺<sup>2</sup>／公斤<sup>2</sup>。



### 非試不可

若下圖左方所示的重力量值為  $F$ ，試在下列空格中填上答案。

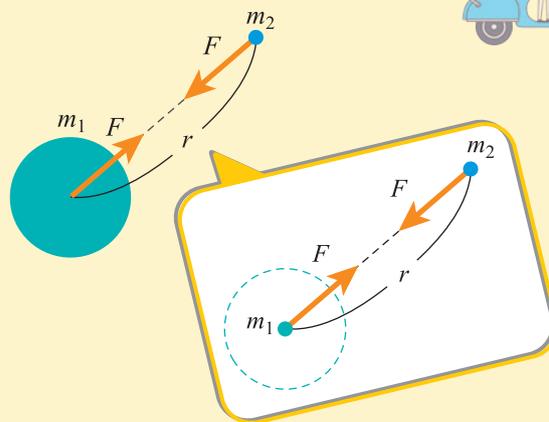
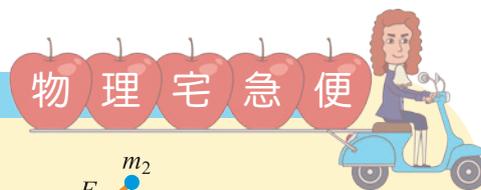
圖示				
重力	$F$	$2F$	$\frac{F}{4}$	$\frac{F}{2}$

### 均勻球體的距離

大小不可忽略的均勻球形物體，不可視為質點。但牛頓發現，計算質量均勻球體  $m_1$  對外部質點  $m_2$  所造成的重力時，可將  $m_1$  視為位於球心的質點。因此計算地球與地表物體間的重力時，重力公式中的距離，須代入球心到物體的距離，也就是地球半徑。

### 重量單位的換算

重力的量值（重量）有兩種常用的單位：公斤重（kgw）與牛頓（N），其關係為  $1\text{kgw} = 9.8\text{N}$ 。例如小龍的體重為  $50\text{kgw}$ ，可換算為  $50 \times 9.8 = 490$ （N）。





## 範例 1

## 《萬有引力定律》

小龍在放學的路上買了一杯 600 毫升的飲料，回家後發現爸爸買了一臺質量高達 90 公斤的 85 吋液晶電視，他興奮得站在電視前方 1 公尺處欣賞這臺龐然大物。萬有引力是質點間的作用力，為簡單起見，在生活情境中我們可暫且將電視和人都視為質點來估計。已知小龍的質量為 100 公斤，試估計此時小龍和電視間的重力約多少牛頓？多少公斤重？並說明為什麼小龍察覺不到他和電視間的重力。



答：  $6.0 \times 10^{-7} \text{N}$ ， $6.1 \times 10^{-8} \text{kgw}$

**解** 重力  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 90 \times 100}{1^2} \approx 6.0 \times 10^{-7} (\text{N}) \approx 6.1 \times 10^{-8} (\text{kgw})$ 。

這個引力的大小，大約是將小龍手上那杯 600 毫升飲料等分為一千萬份後每一份的重量，根本無法察覺。

**【註】** 600 毫升飲料約 600 公克重，等分為一千萬份後，每一份的重量約為  $\frac{600 \times 10^{-3}}{10^7} = 6.0 \times 10^{-8} (\text{kgw})$ 。

---

**馬解**  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.67 \times 10^{23} \times 98}{(6.67 \times 10^6)^2} = 98 (\text{N}) = \frac{98}{9.8} (\text{kgw}) = 10 (\text{kgw})$ 。

## 馬上練習 1

若外太空中某星球的質量約為  $6.67 \times 10^{23}$  公斤，半徑約為  $6.67 \times 10^6$  公尺，則質量為 98 公斤的外星人在該星球表面所受的重力量值約為 98 牛頓，等於 10 公斤重。



## 範例 2

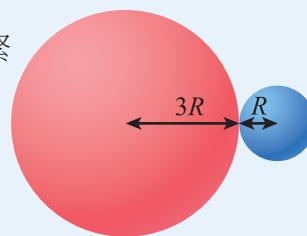
## 《萬有引力定律》

如圖所示，將密度相同且質量皆均勻分布的兩大、小實心球彼此緊靠。

已知半徑為  $r$  的球，其體積為  $\frac{4}{3}\pi r^3$ ，若小球的質量為  $m$ ，則：

(1) 大球的質量為  $27m$ 。(2) 兩球球心的距離為  $4R$ 。

(3) 兩球間的重力量值為  $\frac{27Gm^2}{16R^2}$ 。



**解** (1) 球的質量  $= Vd = \frac{4}{3}\pi r^3 \times d \propto r^3 \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{(3R)^3}{(R)^3} = 27 \Rightarrow M = 27m$ 。

(2) 兩球心的距離  $= 3R + R = 4R$ 。

(3)  $F = \frac{GMm}{(4R)^2} = \frac{Gm \times 27m}{(4R)^2} = \frac{27Gm^2}{16R^2}$ 。

**馬解** 大球的體積為小球的  $2^3 = 8$  倍，因兩球的密度相同，故大球的質量為  $8m$ ，

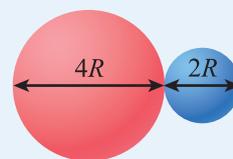
重力  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{Gm \times 8m}{(2R+R)^2} = \frac{8Gm^2}{9R^2}$ 。

## 馬上練習 2

如圖所示，將密度相同且質量皆均勻分布的兩大、小實心球彼此緊靠。

已知小球的質量為  $m$ ，則大、小兩球間的重力為何？

(A)  $\frac{Gm^2}{R^2}$  (B)  $\frac{2Gm^2}{3R^2}$  (C)  $\frac{8Gm^2}{9R^2}$  (D)  $\frac{4Gm^2}{9R^2}$  (E)  $\frac{5Gm^2}{27R^2}$ 。答： (C)





## 重點 2 重量與重力加速度

	說明	圖示
重量	<p>(1) 物體在地球表面上受<b>指向地心</b>的重力，此重力的量值就是物體所具有的<b>重量</b>。</p> <p>(2) 設地球的質量為 <math>M</math>，則地表外部質量為 <math>m</math> 的物體，距地心 <math>r</math> 時的重量為 <math>W = \frac{GMm}{r^2}</math>。</p>	
重力加速度	<p>(1) 物體由高處落下時，因受到重力的作用而有加速度，此加速度稱為<b>重力加速度</b>，以符號 <math>g</math> 表示，方向朝向地心。</p> <p>(2) 利用國中學過的牛頓第二運動定律 <math>F=ma</math>，可得 <math>W = mg = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow</math> 重力加速度 <math>g = \frac{GM}{r^2}</math>。</p> <p><math>g</math> 的值隨距離改變：一般使用的 <math>g=9.8\text{m/s}^2</math>，僅適用於地球表面附近。</p>	

貼心提醒，可運用國中先備知識。



### 範例 3 《重量與重力加速度》

火星是地球的近鄰，也是未來太空移民星球的候選星球，其質量約為地球質量的  $\frac{1}{10}$ ，半徑約為地球半徑的  $\frac{1}{2}$ ，則：

(1) 試計算火星表面的重力加速度為地表的若干倍？**答**：  $\frac{2}{5}$

(2) 若將來移民火星成真，試計算質量 50 公斤的物理老師，在火星表面的重量為多少公斤重？多少牛頓？（地球表面的重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ ）**答**： 20kgw，196N

**解** (1) 設火星的質量為  $M$ 、半徑為  $R$ ，則地球的質量為  $10M$ 、半徑為  $2R$ 。

$$\text{由 } g = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow \frac{g_{\text{火}}}{g_{\text{地}}} = \frac{\frac{GM}{R^2}}{\frac{G \times 10M}{(2R)^2}} = \frac{2}{5} \Rightarrow g_{\text{火}} = \frac{2}{5} g_{\text{地}}。$$

(2) 承 (1) 可知，在火星上的重量只有地球的  $\frac{2}{5}$  倍

$$\Rightarrow W_{\text{火}} = 50 \times \frac{2}{5} = 20(\text{kgw}) = 20 \times 9.8(\text{N}) = 196(\text{N})。$$

**解** (1) 在地球上的重量 =  $60(\text{kgw}) = 60 \times 9.8(\text{N}) = 588(\text{N})$ 。

#### 馬上練習 3

(2) 在月球上的重量 =  $60 \times \frac{1}{6}(\text{kgw}) = 10(\text{kgw}) = 10 \times 9.8(\text{N}) = 98(\text{N})$ 。

尼爾·阿姆斯壯，是第一個踏上月球的太空人，若月球上重力加速度值為地球上的  $\frac{1}{6}$ ，已知地表的重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ ，設阿姆斯壯的質量為 60 公斤，則他：

(1) 在地球上的重量 = 60 公斤重 = 588 牛頓。

(2) 在月球上的重量 = 10 公斤重 = 98 牛頓。

## 簡單觀念 基礎題

· 解析詳見解答本

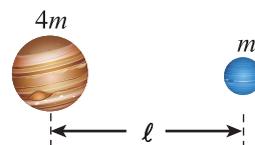
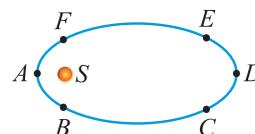
- B** 1. 甲、乙兩星球質量分別為  $m$  和  $10m$ ，已知乙星球受甲星球的吸引力量值為  $10F$ ，則甲星球受到乙星球的吸引力量值為  
(A)  $100F$  (B)  $10F$  (C)  $F$  (D)  $0.1F$  (E)  $0.01F$ 。
- B** 2. 質量均為  $m$  的兩金屬球，相距 1 公尺時，重力量值為  $F$ ；則兩個質量分別為  $2m$  及  $4m$  的金屬球，相距 2 公尺時，重力量值為何？  
(A)  $F$  (B)  $2F$  (C)  $3F$  (D)  $\frac{1}{3}F$  (E)  $\frac{1}{2}F$ 。

## 主題探究 必考題

· 解析詳見解答本

## 概念 萬有引力定律

- CD** 1. 下列關於「重力」的敘述，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 兩質點間的重力量值與兩者的質量之和成正比  
(B) 兩質點間的重力量值與兩者之間的距離成反比  
(C) 兩均質球體間的重力方向在兩者的連心線方向上，並指向對方  
(D) 此力可解釋蘋果從樹上掉下來的現象  
(E) 織女星離地球太遠，兩者間沒有重力作用。
- C** 2. 如圖所示為某行星繞著恆星  $S$  運行時的橢圓軌道，其中  $B$  與  $F$  及  $E$  與  $C$  均為對稱點。下列有關行星在各點所受重力量值的比較，何者正確？  
(A)  $A=B=C=D=E=F$  (B)  $A>B>C>D>E>F$  (C)  $A>B=F>C=E>D$   
(D)  $A>D>B=F>C=E$  (E)  $A<B=F<C=E<D$ 。
- E** 3. 當甲、乙兩均質球體的距離為  $d$  時，重力為  $F$ ，則當二者的距離拉近  $\frac{d}{5}$  時，兩球的重力為  
(A)  $5F$  (B)  $25F$  (C)  $\frac{1}{25}F$  (D)  $\frac{16}{25}F$  (E)  $\frac{25}{16}F$ 。
- D** 4. 地球半徑為  $R$ ，太空人小龍在地表上之重量為  $W$ ；當他坐火箭等速升空執行任務途中，在距地表  $\frac{1}{4}R$  的高空中時，他的重量為何？  
(A)  $\frac{1}{4}W$  (B)  $\frac{1}{16}W$  (C)  $\frac{4}{5}W$  (D)  $\frac{16}{25}W$  (E)  $W$ 。
- D** 5. 如圖所示，相距  $\ell$  的兩星球，質量分別為  $4m$  與  $m$ ，當太空船在兩星球連線間的某點發現所受兩星球的重力和為零，則此點距質量較大的星球多遠？  
(A)  $\frac{4}{7}\ell$  (B)  $\frac{3}{4}\ell$  (C)  $\frac{16}{25}\ell$  (D)  $\frac{2}{3}\ell$  (E)  $\frac{7}{4}\ell$ 。



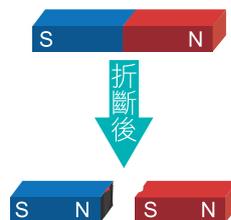
## 概念 重量與重力加速度

- BE** 6. 設地球質量為  $M$ ，重力常數為  $G$ ，下列有關地球「重力加速度  $g$ 」的敘述，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 沒有方向性 (B) 方向恆指向地心 (C)  $g=9.8\text{m/s}^2$ ，不會隨地點而變 (D) 地球外部距地心  $r$  處的  $g=\frac{r^2}{GM}$  (E) 質量  $m$  的物體所受的重力為  $mg$ 。
- B** 7. 設地球為正球體，半徑為  $R$ ，且密度均勻，地表的 gravity 加速度為  $g$ ，則距離地心  $2R$  處的重力加速度量值為  
(A)  $\frac{g}{3}$  (B)  $\frac{g}{4}$  (C)  $\frac{g}{6}$  (D)  $\frac{g}{9}$  (E)  $\frac{g}{27}$ 。
- D** 8. 承上題，在距離地表  $2R$  處的重力加速度量值為  
(A)  $\frac{g}{3}$  (B)  $\frac{g}{4}$  (C)  $\frac{g}{6}$  (D)  $\frac{g}{9}$  (E)  $\frac{g}{27}$ 。
- B** 9. 悟空發現在納美克星上，若一質量為 5 公斤的岩石靜置於該星球表面時，重量為 55 牛頓，則納美克星表面的重力加速度為多少公尺/秒<sup>2</sup>？  
(A) 10 (B) 11 (C) 55 (D) 60 (E) 275。



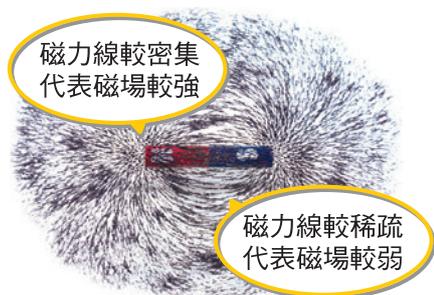
## 重點 3 磁的性質

- 磁棒兩端的磁性最強，稱為磁棒的兩磁極。懸掛的磁棒指向地球北方的磁極稱為**磁北極（N 極）**；指向地球南方的磁極稱為**磁南極（S 極）**。
- 磁鐵的 N 極和 S 極一定會同時存在，亦即**無磁單極的存在**。折斷後的磁棒依然有 N 極與 S 極，並不會只有單一磁極，如圖所示。
- 實驗上發現兩個同性磁極會相斥，而異性磁極則會相吸。



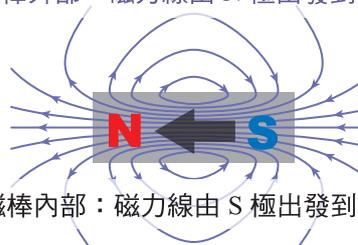
## 重點 4 磁場與磁力線

- 在空間中磁力所能作用的範圍稱為**磁場**。
- 法拉第在磁棒附近灑下鐵粉，發現鐵粉會形成如圖 (a) 的排列，因而提出磁力線的觀念。
- 鐵粉磁化後所串連成的曲線，即為磁力線，**磁力線代表的是磁場分布的情形**，圖 (b) 即為磁棒周邊的磁力線分布示意圖。



▲圖 (a) 利用鐵粉觀察磁力線

磁棒外部：磁力線由 N 極出發到 S 極



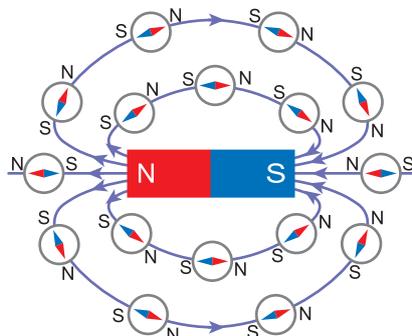
磁棒內部：磁力線由 S 極出發到 N 極

▲圖 (b) 磁棒的磁力線分布



## 重點 5 磁力線的性質

1. 磁力線是封閉的曲線（代表磁單極不存在）。
2. 在磁棒外部，磁力線由 N 極出發到 S 極，由於磁力線是封閉曲線，在磁棒內部由 S 極回到 N 極。
3. 磁力線上任一點的切線方向，即為該點的磁場方向（即磁針 N 極所指的方向），如圖所示。



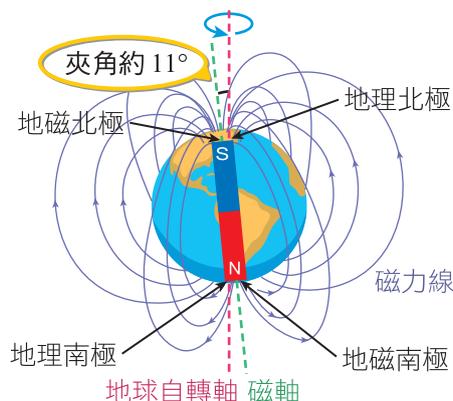
4. 磁力線永不相交（因為同一點不會有兩個磁場方向）。
5. 磁場強度正比於該處磁力線的密度。磁力線愈密集，則磁場愈強；磁力線愈稀疏，則磁場強度愈弱，如重點 4 圖 (a) 所示。

【註】磁力線的切線方向是磁性物質所受磁力方向，但受力方向不一定是運動方向，故磁力線僅代表磁場分布，不一定是磁性物質在磁場中運動的軌跡。



## 重點 6 地磁

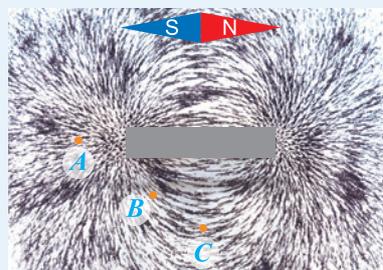
1. 地球本身就是個大磁體，地磁的 S 極在地理北極附近，N 極則在地理南極附近，因此磁針 N 極約指向地理北極。
2. 地球磁場如圖所示，磁力線發自地磁的 N 極而回到地磁的 S 極。由磁力線分布可以看出，在兩極的磁力線分布較密，磁場較強，而在赤道附近，磁力線分布較疏，磁場較弱。



3. 地磁軸的方向與地球的自轉軸（地理南北極連線）並不一致，兩者相交約  $11^\circ$ 。



老師在實驗課時，以磁鐵和鐵粉讓學生做「磁力線」的觀察。為了測出磁場方向，特地在磁鐵旁放置一小磁針，磁針的指向如圖所示。則：



(1) 下列敘述哪些正確？（應選 2 項） (A) 磁鐵的左端為 S 極 (B) 磁鐵的左端為 N 極 (C) 磁鐵的右端為 S 極 (D) 磁鐵的右端為 N 極 (E)  $B$  點的磁場比  $C$  點的磁場小。答： (B)(C)

(2) 圖中  $A$  點的磁場方向為 (A)  $\uparrow$  (B)  $\downarrow$  (C)  $\leftarrow$  (D)  $\rightarrow$  (E) 無法判斷。答： (C)

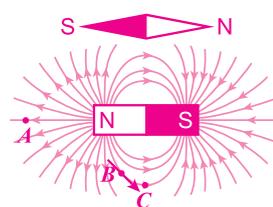
(3) 圖中  $B$  點的磁場方向為 (A)  $\nwarrow$  (B)  $\nearrow$  (C)  $\swarrow$  (D)  $\searrow$  (E) 無法判斷。答： (D)

**解** (1) ① 如圖所示，依小磁針的指向可知，磁鐵的左端應為 N 極，右端應為 S 極。

②  $B$  點處的磁力線較  $C$  點處的磁力線密集， $B$  點的磁場較大。故選 (B)(C)。

(2) 由通過  $A$  點的磁力線可知， $A$  點的磁場方向為  $\leftarrow$ 。

(3) 由通過  $B$  點磁力線的切線可知， $B$  點的磁場方向為  $\searrow$ 。



**馬解** (1) ① 磁鐵外部的磁力線由 N 極出發到 S 極，故  $A$ 、 $D$  為 N 極， $B$ 、 $C$  為 S 極。

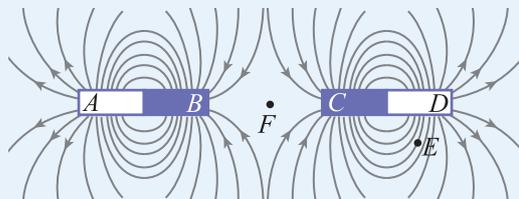
②  $E$  點處的磁力線較  $F$  點處的磁力線密集，即  $E$  點的磁場較大。故選 (D)。

(2)  $E$  點的切線方向為  $\swarrow$ ，故選 (C)。

(3)  $F$  點位於兩磁棒的正中間，故磁場彼此抵消，總磁場為零，故選 (E)。

#### 馬上練習 4

有 2 個相同的磁鐵棒  $AB$ 、 $CD$ ，兩者靠近時的磁力線分布示意圖如圖所示，其中  $F$  點位於  $B$  和  $C$  的正中間，則：



(1) 下列敘述何者正確？ (A)  $A$  端為 S 極 (B)  $B$  端為 N 極 (C)  $C$  端為 N 極 (D)  $D$  端為 N 極 (E)  $F$  點的磁場比  $E$  點的磁場強。答： (D)

(2) 圖中  $E$  點的磁場方向大約為 (A)  $\nwarrow$  (B)  $\nearrow$  (C)  $\swarrow$  (D)  $\searrow$  (E) 兩磁棒的合磁場為零。答： (C)

(3) 圖中  $F$  點的磁場方向大約為 (A)  $\nwarrow$  (B)  $\nearrow$  (C)  $\swarrow$  (D)  $\searrow$  (E) 兩磁棒的合磁場為零。答： (E)

## 簡單觀念 基礎題

• 解析詳見解答本

- C** 1. 下列有關「磁力線」的敘述，何者正確？  
 (A) 磁鐵外部的磁力線由 S 極出發到達 N 極 (B) 磁力線為非封閉的曲線 (C) 磁力線密度較大處，磁場也較強 (D) 當兩磁極非常靠近時，磁力線有機會相交 (E) 磁鐵內部沒有磁力線。
- ABE** 2. 磁力線之切線方向是（應選 3 項）  
 (A) 磁針 N 極在磁場中所受磁力之方向 (B) 磁針 N 極所指的方向 (C) 磁針 S 極在磁場中所受磁力之方向 (D) 磁針 S 極所指的方向 (E) 磁場方向。

## 主題探究 必考題

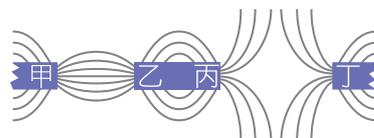
• 解析詳見解答本

### 概念 磁的性質

- A** 1. 有關「磁極」的敘述，下列何者是正確的？  
 (A) 磁極的種類共有兩種 (B) 磁鐵的 S 極指「由南極發出」之意 (C) 磁極可以單獨存在 (D) 同性磁極之間的磁力為吸引力 (E) 不同性的磁極接觸之後，其磁性就會消失。

### 概念 磁場與磁力線

- B** 2. 將三根磁鐵放置如圖（其中左、右兩根磁鐵僅畫出局部），根據甲端磁鐵所發出的磁力線示意圖，下列敘述何者正確？  
 (A) 甲端為 S 極 (B) 乙端為 S 極 (C) 丙端為 S 極 (D) 丁端為 S 極 (E) 資料不足，無法判斷。
- B** 3. 如圖所示，位於兩相同磁鐵正中央上方的 P 點處，其磁場方向為  
 (A)  $\uparrow$  (B)  $\downarrow$  (C)  $\leftarrow$  (D)  $\rightarrow$  (E) 無磁場。

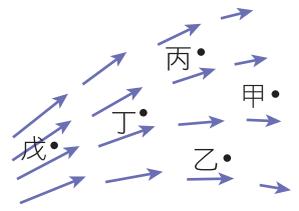


### 概念 磁力線的性質

- E** 4. 下列有關「磁力線」敘述，何者正確？  
 (A) 磁力線由磁針在磁場運動的軌跡所決定 (B) 磁力線由 N 極經外部到 S 極，為非封閉曲線 (C) 磁力線恆由 N 極到 S 極 (D) 磁力線是實際存在的線 (E) 磁力線彼此不會相交。

**AD** 5. 如圖所示為空間某區域的磁場分布狀況，則下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 圖中箭頭的方向即是磁場的方向 (B) 圖中箭頭的方向即為磁棒 S 磁極所受的磁力方向 (C) 圖中甲點的磁場量值最大 (D) 將一根磁棒放在圖中戊的位置，其磁極所受的磁力最大 (E) 將一根磁棒放在圖中丁的位置，其磁極所受的磁力最小。



**概念 地磁**

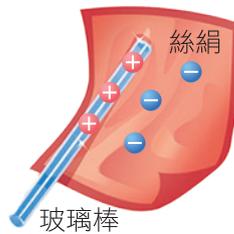
**D** 6. 下列有關地磁的敘述何者正確？

- (A) 地磁 N 極在地理北極附近 (B) 磁針 N 極約指向地理北極，但方向不完全一致，所夾角度稱為磁傾角 (C) 南北極附近的地磁最微弱 (D) 在赤道附近的地磁最微弱 (E) 地磁軸與地球自轉軸重疊。



**重點 7 電荷**

- 富蘭克林首先將電荷分為**正電**與**負電**兩類，他將與絲絹摩擦後的**玻璃棒**所帶的電稱為**正電**（故**絲絹帶負電**），而將用毛皮摩擦後的**塑膠棒**所帶的電稱為**負電**（故**毛皮帶正電**），此過程稱為**摩擦起電**。
- 電荷的單位是**庫侖**（C），一個電子或質子所帶電荷的大小為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖。

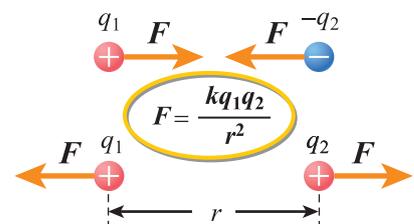


**重點 8 庫侖定律**

- 庫侖歸納他的實驗結果，提出有名的庫侖定律。兩點電荷間的靜電作用力，滿足下列的關係：
  - 量值與兩者**距離的平方成反比**。
  - 量值與兩者所帶**電量的乘積成正比**。
  - 作用力  $F$  在兩點電荷的**連線**上，**同性電為排斥力**，**異性電為吸引力**。

2. 如圖所示，以  $q_1$ 、 $q_2$  代表兩點電荷所帶的電量， $r$  代表兩點電荷間的距離，則兩點電荷間靜電力的量值 =  $\frac{kq_1q_2}{r^2}$ ，

式中之  $k$  稱為庫侖常數，其值由實驗得出為  $8.99 \times 10^9$ （實用上常採用近似值  $9.0 \times 10^9$ ），其單位為牛頓·公尺<sup>2</sup>/庫侖<sup>2</sup>（即  $N \cdot m^2/C^2$ ）。





## 範例 5

## 《庫侖定律》

甲、乙兩帶電小球的帶電量分別為  $Q$  和  $2Q$ ，已知相距  $d$  時（ $d$  遠大於兩球的半徑），甲受的庫侖靜電力為  $F$ 。今將兩球的電量分別增為 6 倍和 8 倍、距離增為  $4d$ ，則此時：

(1) 甲所受的靜電力量值為 3  $F$ 。 (2) 乙所受的靜電力量值為 3  $F$ 。

$$\text{解 (1)} \begin{cases} \text{相距 } d \text{ 時: } F = \frac{k \times Q \times 2Q}{d^2} \dots \text{①} \\ \text{相距 } 4d \text{ 時: } F' = \frac{k \times (Q \times 6) \times (2Q \times 8)}{(4d)^2} \dots \text{②} \end{cases} \Rightarrow \frac{\text{②}}{\text{①}} \text{ 得 } \frac{F'}{F} = \frac{6 \times 8}{4^2} = 3 \Rightarrow F' = 3F。$$

(2) 由牛頓第三運動定律可知，乙所受的靜電力量值亦為  $3F$ 。

## 馬上練習 5

**馬解** 由牛頓第三運動定律（作用力與反作用力定律）可知，質子所受靜電力的量值為  $F$  時，氦原子核所受靜電力的量值亦為  $F$ 。

氦原子核的電荷是質子電荷的 2 倍，而其質量則是質子質量的 4 倍。假設一質子和一氦原子核，彼此只受到來自對方的靜電力作用，則當質子所受靜電力的量值為  $F$  時，氦原子核所受靜電力的量值為何？ (A)  $\frac{1}{4} F$  (B)  $\frac{1}{2} F$  (C)  $F$  (D)  $2F$  (E)  $4F$ 。 101學測，答對率44%

答：(C)



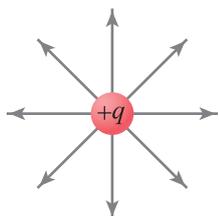
## 重點 9 電場與電力線

1. 在空間中電力所能作用的範圍稱為**電場**。
2. 如同之前用磁場與磁力線來描述磁力，也可以藉由電場與電力線，來描述電荷之間的電力。

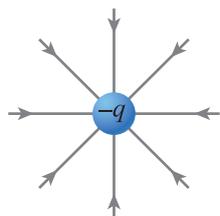


## 重點 10 電力線的性質

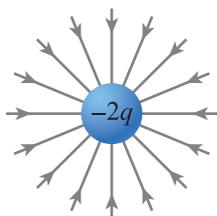
1. 電力線由正電荷出發，終結於負電荷，為非封閉曲線（代表單一電荷可存在）。一些常見的電力線如圖所示。
2. 電力線上任一點的**切線**方向，便是該點的電場方向。
3. 在電荷所在處之外，電力線永不相交（因為同一點不會有兩個電場方向）。
4. 電場強度正比於該處電力線的密度。電力線**愈密集**，則電場強度**愈強**；電力線**愈稀疏**，則電場強度**愈弱**。



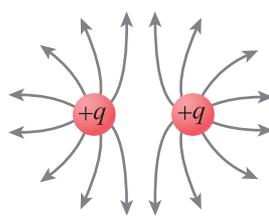
正電荷的電力線。



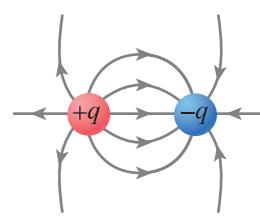
負電荷的電力線。



電量加倍時，電力線數量也加倍。



同性點電荷間的電力線互相排斥。



異性點電荷間的電力線互相吸引。

## 簡單觀念 基礎題

· 解析詳見解答本

- DE** 1. 已知一個電子所帶的電量為  $-e$ ，則某物體所帶的電量，**不可能**為下列哪些？（應選 2 項）  
(A)  $e$  (B)  $100e$  (C)  $-5e$  (D)  $2.5e$  (E)  $-1.6e$ 。
- B** 2.  $+6$  庫侖相當於多少個質子所帶的電量？  
(A)  $2.75 \times 10^{19}$  (B)  $3.75 \times 10^{19}$  (C)  $4.75 \times 10^{19}$  (D)  $5.75 \times 10^{19}$  (E)  $6.75 \times 10^{19}$ 。
- D** 3.  $2.5 \times 10^{20}$  個電子的帶電量為多少庫侖？  
(A) 10 (B) 20 (C) 30 (D) 40 (E) 50。
- AD** 4. 將毛皮摩擦塑膠棒讓二者帶電，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 塑膠棒帶負電，毛皮帶正電  
(B) 塑膠棒帶正電，毛皮帶負電  
(C) 電子由塑膠棒移向毛皮  
(D) 電子由毛皮移向塑膠棒  
(E) 兩者皆失去電子。
- B** 5. 兩點電荷皆帶正電，電量分別為 0.6 庫侖和 0.02 庫侖，相距 30 公尺，則兩點電荷間的庫侖靜電力量值為多少牛頓？  
(A)  $1.2 \times 10^3$  (B)  $1.2 \times 10^5$  (C)  $1.2 \times 10^7$  (D)  $3.6 \times 10^6$  (E)  $3.6 \times 10^8$ 。

## 主題探究 必考題

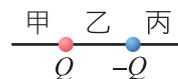
· 解析詳見解答本

### 概念 電荷

- AB** 1. 下列關於電荷與電力的相關敘述，哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 正、負電荷皆可單獨存在  
(B) 電荷帶電量的常用單位是庫侖  
(C) 靜電力為吸引力  
(D) 靜電力為排斥力  
(E) 電中性的物體，是因為不具有電荷，所以呈電中性。
- CD** 2. 電中性的絲絹和玻璃棒相互摩擦，做「摩擦起電」的實驗，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）  
(A) 摩擦後玻璃棒會帶負電  
(B) 摩擦後絲絹上僅有負電荷  
(C) 摩擦過後的絲絹和玻璃棒會互相吸引  
(D) 摩擦後絲絹和玻璃棒的電量總和為零  
(E) 將絲絹改為毛皮來摩擦玻璃棒，則兩者無法帶電。
- E** 3. 下列生活中常見的現象，何者主要原理是「摩擦起電」？  
(A) 影印機工作原理 (B) 電視機螢幕上總是很快就會蒙上一層灰塵 (C) 帶電的氣球被電中性的牆壁吸住 (D) 不帶電的小紙片被帶電的尺吸引過來 (E) 冬天脫毛衣，聽到霹啪聲。

### 概念 庫侖定律

- E** 4. 已知質子與電子所帶的電量大小均為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖，而質子的質量為  $1.67 \times 10^{-27}$  公斤、電子的質量為  $9.1 \times 10^{-31}$  公斤。則質子和電子之間的庫侖靜電力約為重力的幾倍？  
 (A)  $10^{-12}$  (B)  $10^{-2}$  (C) 10 (D)  $10^{12}$  (E)  $10^{39}$ 。
- E** 5. 如圖，兩個固定不動的小球，各帶  $+Q$  及  $-Q$  的電量 ( $Q > 0$ )。今在兩球連心線上的某位置再放一電量  $+q$  ( $q > 0$ ) 的小球，發現此小球受合力向左，則此小球所放的位置可能為  
 (A) 甲區 (B) 乙區 (C) 丙區 (D) 甲區或乙區 (E) 甲區或丙區。
- D** 6. 兩位置固定的帶電金屬小球  $A$ 、 $B$ ，若  $A$  金屬球帶電量為  $+9Q$ ，而  $B$  金屬球的帶電量為  $+4Q$ ，兩球心相距為 20 公尺，今在兩者連心線上置一點電荷，欲使其受力為零，則此點電荷距  $A$  多少公尺？  
 (A) 6 (B) 8 (C) 10 (D) 12 (E) 14。
- ABC** 7. 下列關於重力和靜電力的比較，哪些正確？（應選 3 項）  
 (A) 重力的量值和質量的乘積成正比  
 (B) 靜電力的量值和電荷量的乘積成正比  
 (C) 兩者皆滿足距離平方反比的數學式  
 (D) 重力為接觸力，但靜電力為超距力  
 (E) 在相同距離下，兩者強度的大小很接近。



### 概念 電力線與電力線的性質

- C** 8. 下列有關電力線的敘述，何者正確？  
 (A) 電力線由負電荷出發而終止於正電荷  
 (B) 電力線即為電荷的運動軌跡  
 (C) 電力線的切線方向即為電場方向  
 (D) 電力線的密度和該處電場的強弱成反比  
 (E) 靜止電荷所發出的電力線會形成封閉曲線。
- CD** 9. 下列有關磁力線與電力線的相關敘述，哪些正確？（應選 2 項）  
 (A) 磁力線是磁針在磁場中運動的軌跡；電力線則是電子在電場中運動的軌跡  
 (B) 磁力線與電力線都不是封閉的曲線  
 (C) 電力線與電力線彼此不會相交  
 (D) 磁力線與電力線兩者可以相交  
 (E) 磁力線與電力線兩者可以連接在一起。



## 重點 11 強核力

	說明	圖示
核子間的強核力	<p>(1) 原子核內的質子間距離極短，故彼此間排斥的電力很強，原子核為什麼可以穩定存在呢？</p> <p>(2) 日本物理學家湯川秀樹提出：<b>質子與質子間、質子與中子間、中子與中子間</b>有一種新型的力，在非常短的距離時，甚至強過電力，可將質子與中子緊緊綁在一起，形成穩定的原子核。由於這種新型的力是很強的吸引力，因此稱為<b>強核力</b>，也稱為<b>強交互作用</b>。</p>	
夸克間的強核力	<p>物理學家進一步地探究發現，<b>強核力來自夸克間的吸引力</b>。如圖所示，3 個夸克藉由強核力先形成核子，而核子間的強核力，事實上就是這些夸克間強核力的延伸而已。</p>	
強核力的作用範圍	<p>(1) 強核力作用範圍極短，大約僅有 <math>10^{-15}</math> 公尺，因此很難在日常生活觀察到。</p> <p>(2) 因為作用範圍短，當原子核很大時，就不是很穩定。如圖所示，鈾-235 原子核若是受到中子碰撞，會產生核分裂反應。也就是說，原子事實上是可以改變的。</p> <p>【註】核分裂在 6-4 節會有詳細的討論。</p>	



### 範例 6

### 《強核力》

質子和中子能組成穩定的原子核結構，下列哪些選項是其主要原因？（應選 3 項） (A) 質子和質子間的電磁力 (B) 質子和中子間的電磁力 (C) 質子和質子間的強核力 (D) 質子和中子間的強核力 (E) 中子和中子間的強核力 (F) 中子和中子間的弱核力。

答：(C)(D)(E)

102學測，得分率44%

**解** 質子與質子間、質子與中子間、中子與中子間的作用力稱為強核力，強核力將質子與中子束縛在一起，形成原子核，故選 (C)(D)(E)。

#### 馬上練習 6

**解** (C)×：強核力不遵守距離平方反比的關係。

下列有關原子核內強核力的敘述，何者**錯誤**？ (A) 當核子間的距離小於  $10^{-15}$  公尺時，強核力作用非常明顯 (B) 當核子間的距離大於  $10^{-15}$  公尺時，強核力作用非常微弱 (C) 強核力遵守距離平方反比之關係 (D) 原子核可以穩定地存在，是靠核內強核力的作用 (E) 原子核內的強核力，其強度比質子間的庫倫靜電力還強。答：(C)

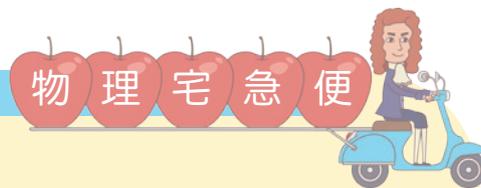


## 重點 12 弱核力

	說明	圖示
原子核的β衰變	<p>碳-14(<math>^{14}_6\text{C}</math>)的原子核有6個質子、8個中子，經過β衰變後，變成有7個質子、7個中子的氮-14(<math>^{14}_7\text{N}</math>)原子核，同時伴隨釋出電子與反微中子。</p> <p>⇒發生β衰變時，1個中子會變成1個質子，並釋放1個電子和1個反微中子。</p>	<p>圖示：碳-14 (6個質子, 8個中子) 衰變為氮-14 (7個質子, 7個中子)，並釋放電子和反微中子。</p>
自由中子的β衰變	<p>(1) 若中子脫離原子核的束縛，稱為自由中子。</p> <p>(2) 在原子核裡的中子可以很穩定地存在，但實驗發現自由中子的存在時間是有限的，會產生下述的β衰變，其平均壽命約為887秒。</p> <p>(3) 中子發生β衰變時，會釋放1個電子和1個反微中子而成為質子，稱為β衰變，如圖所示，即</p> <p>中子 → 質子 + 電子 + 反微中子</p> ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + {}^0_0\bar{\nu}$	<p>圖示：自由中子 (平均壽命887秒) 衰變為質子、電子和反微中子。</p>
弱核力	<p>(1) β衰變的過程，無法由強核力解釋，顯然也不是重力或是電磁力，是一種全新的交互作用，因為β衰變比電磁交互作用或強交互作用更弱，因此物理學家將此作用稱為<b>弱交互作用</b>，也稱<b>弱核力</b>。</p> <p>(2) 在弱交互作用的過程中，質量數守恆，電荷數也守恆。</p>	
弱核力的特性	<p>(1) 弱核力的作用範圍僅約 <math>10^{-18}</math> 公尺。</p> <p>(2) 雖然在日常生活中感覺不到弱核力的作用。但如果沒有它，太陽便無法利用核融合發光，我們就沒有陽光了，說起來弱核力和我們的生活也是息息相關呢！</p> <p>(3) 傳統的力如重力、電力只會改變受力物體的運動狀態，不會改變物體的本質。但是弱交互作用改變了物體的本質。</p>	

### 核反應式中粒子的表示法

電子： ${}^0_{-1}e$ ；正電子： ${}^0_{+1}e$ ；質子： ${}^1_1p$ ；  
 中子： ${}^1_0n$ ；微中子： ${}^0_0\nu$ ；反微中子： ${}^0_0\bar{\nu}$





### 範例 7

## 《弱核力》

太陽內部核融合的反應速率相當穩定，足以持續提供地球 100 億年的能源需求。根據研究，影響核融合反應速率的主要作用力，與中子衰變成質子、電子和另一個稱為反微中子的電中性粒子的過程，屬於同一種基本交互作用。由此可知下列何者為影響核融合反應速率的主要作用力？ (A) 靜電力 (B) 強核力 (C) 弱核力 (D) 重力 (萬有引力) (E) 電力與磁力。

答： (C)

103學測，答對率51%

**解** 中子 → 質子 + 電子 + 反微中子，此為  $\beta$  衰變，其作用力為弱核力。

**馬解** (C)×：弱核力作用的範圍比強核力短。

(D)×：弱核力比強核力更不容易發生。

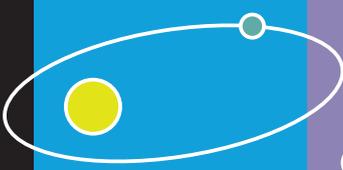
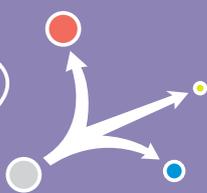
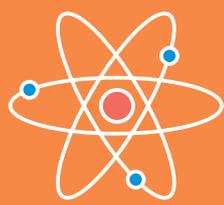
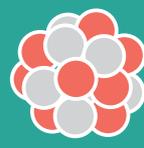
### 馬上練習 7

下列有關弱核力的敘述，哪些正確？（應選 3 項） (A) 能使中子衰變 (B) 能影響核融合發生 (C) 弱核力的範圍比強核力更長 (D) 弱核力現象比強核力更容易發生 (E) 弱核力過程中可產生新粒子。答： (A)(B)(E)

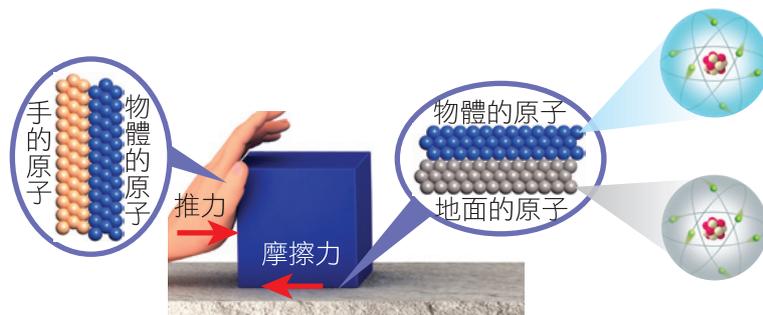


## 重點 13 四種基本交互作用

- 物質間因為交互作用彼此影響，上面我們討論了四種自然界的基本作用力：重力、電磁力（電力和磁力）、強核力與弱核力。雖然為了解釋方便，上面我們針對四種基本交互作用一一介紹，但所有物質間的力，皆可由此四種基本作用力來描述。
- 這四種力的特性不同，如圖所示，重力與電磁力的作用範圍是無遠弗屆，但是強核力與弱核力的作用範圍極短，大多發生在原子核內。而以力的強度來看，顧名思義，強核力最強，電磁力次之，弱核力相對就弱了許多，但相比之下，重力又比弱核力更為微弱。

	弱 <span style="float: right;">強</span>			
自然現象	 宇宙大尺度結構	 原子核 $\beta$ 衰變	 原子分子結構	 原子核結構
基本交互作用	重力	弱核力	電磁力	強核力
相對強度數量級	$10^{-38}$	$10^{-13}$	$10^{-2}$	1
作用範圍	$\infty$	$10^{-18}$ m	$\infty$	$10^{-15}$ m

- 實例 1：原子核的組成，涵蓋了強核力、電力與弱核力，若是吹毛求疵一點，當然也包括重力。
- 實例 2：提供整個地球能量最大的核電廠，就蓋在遙遠的太陽上。太陽藉由氫核融合反應，源源不絕送出能量，這其中除了無所不在的重力外，就是強核力與弱核力聯手，我們才有溫暖的陽光。
- 實例 3：放在餐桌上的蘋果、在空中快速移動的磁浮列車、在路上行走的人、吸附在白板上的磁鐵等等，都受到重力與電磁力作用。
- 實例 4：我們在日常生活中很容易經驗到的力，如各種物體間的摩擦力、各種「接觸力」（如手推車子的力、椅子撐住我們身體的力）、彈性力、氣壓所涉及的力（氣體分子碰撞容器壁所產生的力），若從原子的觀點來看，其來源其實都是電力與磁力的作用，如圖所示。



## 簡單觀念 基礎題

• 解析詳見解答本

- E 1. 強核力的作用範圍為多少公尺？  
(A)  $10^{-3}$  (B)  $10^{-6}$  (C)  $10^{-9}$  (D)  $10^{-12}$  (E)  $10^{-15}$ 。
- BC 2. 原子核內的中子與中子間，存在下列哪些基本交互作用？（應選 2 項）  
(A) 電磁力 (B) 重力 (C) 強核力 (D) 弱核力 (E) 摩擦力。
- E 3. 原子核發生  $\beta$  衰變時，必須以哪一種交互作用來解釋？  
(A) 重力 (B) 電力 (C) 磁力 (D) 強核力 (E) 弱核力。
- A 4. 弱核力的作用範圍約在多少公尺之內？  
(A)  $10^{-18}$  (B)  $10^{-15}$  (C)  $10^{-12}$  (D)  $10^{-9}$  (E)  $10^{-6}$ 。
- C 5. 目前所知自然界的基本交互作用，下列何者**不包括**在內？  
(A) 重力 (B) 電磁力 (C) 正向力 (D) 強核力 (E) 弱核力。
- B 6. 自然界物質間的作用可簡化為四種基本交互作用，試問當你去大賣場購物時，「用手推購物車，使車前進的力」主要應屬於哪一種基本交互作用？  
(A) 重力 (B) 電磁力 (C) 強核力 (D) 弱核力 (E) 以上皆非。
- BC 7. 四種基本交互作用中，作用距離極短的為（應選 2 項）  
(A) 電磁力 (B) 強核力 (C) 弱核力 (D) 重力 (E) 作用距離都很長。
- AD 8. 四種基本交互作用中，作用距離達無窮遠者為（應選 2 項）  
(A) 電磁力 (B) 強核力 (C) 弱核力 (D) 重力 (E) 作用距離都是無窮遠。

## 概念 強核力

**ACE** 1. 下列哪些粒子間可能存在著強核力？（應選 3 項）

- (A) 質子與質子間 (B) 質子與電子間 (C) 夸克與夸克間 (D) 電子與電子間 (E) 中子與中子間。

## 概念 強核力作用的範圍

**ABE** 2. 有關「強核力」的敘述，下列哪些正確？（應選 3 項）

- (A) 為湯川秀樹首先提出 (B) 又稱「強交互作用」 (C) 兩物體緊密結合（如牆壁中的鐵釘）時，其作用力即為強核力 (D) 強核力的作用範圍很大 (E) 原子核內質子之間的束縛須依靠強核力。

**DE** 3. 在氦 ( ${}^4_2\text{He}^{2+}$ ) 原子核中，有 2 個質子和 2 個中子，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 質子和質子間的距離短、庫侖靜電力大，此力足以將兩粒子束縛 (B) 質子和中子間的距離短、庫侖靜電力大，此力足以將兩粒子束縛 (C) 質子和質子間的距離短、重力大，此力便足以將兩粒子束縛在原子核內 (D) 質子和質子間具有強核力作用，可以束縛兩者 (E) 質子和中子間具有強核力作用，可以束縛兩者。

## 概念 $\beta$ 衰變

**BD** 4. 關於「 $\beta$  衰變」的敘述，下列哪些正確？（應選 2 項）

- (A)  $\beta$  射線為光波的一種 (B)  $\beta$  射線的本質為電子流 (C) 原子核發生  $\beta$  衰變後，原子序減 1 (D) 原子核發生  $\beta$  衰變後，質量數不變 (E)  $\beta$  衰變是因原子核內的中子衰變為質子、電子和微中子。

## 概念 弱核力

**ACE** 5. 關於「弱核力」的敘述，下列哪些正確？（應選 3 項）

- (A) 弱核力作用的範圍小於原子核的直徑 (B) 弱核力發生的機會比強核力高 (C) 又稱為「弱交互作用」 (D) 弱核力可以解釋原子核內中子相互束縛的現象 (E) 弱核力發生時，會改變物質的本質。

**CD** 6. 有關「強核力」和「弱核力」的比較，下列敘述哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 弱核力可束縛原子核內的粒子，而強核力則可束縛原子和原子 (B) 弱核力的作用範圍侷限於原子核內，而強核力可擴及原子外 (C) 強核力的作用強度大於弱核力 (D) 弱交互作用過程中可以產生新粒子 (E) 弱核力無法使物質的本質發生改變。

### 概念 四種基本交互作用

- E** 7. 下列有關四種基本交互作用的敘述，何者正確？  
 (A) 以微觀的觀點來看，接觸力是強核力和弱核力作用的結果 (B) 將物體置於桌面，桌面施予物體的正向力，其本質為重力，此時的力稱為弱核力 (C) 將質子和中子緊密束縛在原子核內的是電磁力 (D) 四種基本交互作用中強度最弱者為弱核力 (E) 四種基本交互作用距離最短者為弱核力。
- BC** 8. 科學家將自然界物質間的作用簡化為四種基本交互作用，選出下列現象中，主要作用力正確的敘述。（應選 2 項）  
 (A) 讓夸克結合成質子：弱核力 (B) 使原子核中的中子衰變成質子：弱核力 (C) 月球繞地球運轉：重力 (D) 電子繞原子核旋轉：重力 (E) 彈簧被拉長時的回復力：重力。
- A** 9. 有關「重力」和「電磁力」的比較，下列敘述何者正確？  
 (A) 兩者皆滿足距離平方反比的數學式 (B) 兩者的作用距離都極小 (C) 兩者強度量值的數量級很接近 (D) 重力強度量值的數量級遠大於電磁力 (E) 自然界所有力的作用都可化約為兩者的綜合結果。



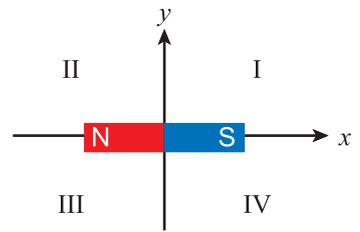
## 本節大考試題精選

• 解析詳見解答本

- B** 1. 下列關於電場特性的敘述，何者**錯誤**？  
 (A) 電場是向量場 (B) 電場中的帶電粒子必定沿電力線運動 (C) 電場的觀念和定義，與重力場相似 (D) 電場中的任何兩條電力線在中途必定不能相交 (E) 電場的電力線不一定是直線。 學測
- D** 2. 兩個點電荷間的斥力原為  $F$ 。若其中一個點電荷的電量，增加為原來的 2 倍，且 2 個點電荷間的距離，也增加為原來的 2 倍，則其斥力為何？ 學測  
 (A)  $4F$  (B)  $2F$  (C)  $F$  (D)  $\frac{F}{2}$  (E)  $\frac{F}{4}$ 。
- A** 3. 兩質點間的重力與其質量的乘積成正比，而與其距離的平方成反比。小君想從重力常數  $G$ 、地球表面的重力加速度  $g$  和地球半徑  $R$  去估算地球的質量  $M$ ，她寫出的正確計算式應為下列何者？  
 (A)  $M = \frac{gR^2}{G}$  (B)  $M = \frac{GR^2}{g}$  (C)  $M = \frac{Gg}{R^2}$  (D)  $M = \frac{R^2}{gG}$  (E)  $M = gGR^2$ 。

100學測，答對率32%

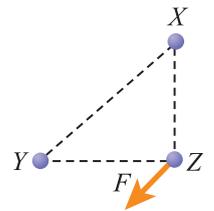
**BD** 4. 如圖為一根磁棒置於  $x$  軸上，它的兩個磁極分別位於  $y$  軸的左右兩邊並且和原點等距，而  $x$ - $y$  平面則由坐標軸劃分為 I、II、III、IV 四個區域。下列有關這磁棒所產生之磁力線分布與方向的敘述，哪些是正確的？（應選 2 項）



- (A) 若在  $y$  軸上直立一無限大的平面鏡，則區域 I 之磁力線所成的像，與區域 II 上的磁力線分布與方向完全相同 (B) 若在  $x$  軸上直立一無限大的平面鏡，則區域 II 之磁力線所成的像，與區域 III 上的磁力線分布與方向完全相同 (C) 若在  $y$  軸上直立一無限大的平面鏡，則區域 IV 之磁力線所成的像，與區域 III 上的磁力線分布與方向完全相同 (D) 若在  $x$  軸上直立一無限大的平面鏡，則區域 I 之磁力線所成的像，與區域 IV 上的磁力線分布與方向完全相同 (E) 若在  $x$  軸上直立一無限大的平面鏡，則區域 I 之磁力線所成的像，與區域 III 上的磁力線分布與方向完全相同。

100學測，得分率57%

**D** 5. 3 個點電荷  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  位於等腰直角三角形的三個頂點如圖所示， $Z$  所受  $X$ 、 $Y$  的庫倫靜電力之合力為  $F$ 。若  $X$  與  $Y$  的位置互換，而  $Z$  的位置不變，則下列何者為  $Z$  所受  $X$ 、 $Y$  的庫倫靜電力之合力方向？



- (A) ↘ (B) ↓ (C) ↙ (D) ↗ (E) ↖。

103學測，答對率54%

**A** 6. 一般認為銀河系中心有一個超大質量的黑洞。有些天文學家估計這黑洞的質量大約是太陽的四百萬倍，太陽離此超大質量黑洞的距離約為 28,000 光年。如果太陽、該超大質量黑洞與地球排成一直線，且二者對地球的主要影響只有重力，則這個超大質量黑洞和地球之間的重力，大約是地球和太陽之間重力的多少倍？（28,000 光年大約是  $1.8 \times 10^9$  天文單位）

- (A)  $1.2 \times 10^{-12}$  (B)  $2.5 \times 10^{-7}$  (C)  $2.2 \times 10^{-3}$  (D)  $4 \times 10^6$  (E)  $8.1 \times 10^{11}$ 。

103學測，答對率37%

**AE** 7. 下列選項中的示意圖，顯示在靜止狀態下，電荷、金屬球、磁鐵之間的交互作用力，圖中各箭號的指向與長度，分別代表受力的方向與量值。若 (A)(B)(E) 三選項中，兩箭號的長度相等，則哪些圖正確？（應選 2 項）

104學測，答對率56%

- (A) 帶正電點電荷  $\oplus$   $\rightarrow$   $\leftarrow$  電中性金屬球  
 (B) 帶正電點電荷  $\oplus$   $\rightarrow$   $\leftarrow$   $\oplus$  帶正電點電荷  
 (C) 帶正電點電荷  $\oplus$   $\rightarrow$   $\leftarrow$   $\ominus$  帶負電點電荷  
 (D) 磁鐵  $\text{N} \text{ S}$   $\rightarrow$   $\leftarrow$   $\text{N} \text{ S}$  磁鐵  
 (E) 磁鐵  $\text{N} \text{ S}$   $\rightarrow$   $\leftarrow$   $\text{N} \text{ S}$  磁鐵。

**D** 8. 相同的條件下，使用相同的光源照射相同的植物甲和乙，若甲在太空中，乙在地面上，藉此對照甲與乙的生長過程。此一實驗最主要可以辨識出下列哪一項作用對於植物的影響？

- (A) 強作用 (B) 弱作用 (C) 電磁作用 (D) 重力作用 (E) 光合作用。

105學測，答對率77%

**BC** 9. 下列關於物質間基本交互作用的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 原子核內兩質子間不存在重力交互作用 (B) 靜電力的作用範圍大於弱核力的作用範圍  
 (C) 原子核內兩質子間同時具有靜電力與強核力 (D) 原子核內的質子與在外環繞的電子間同時具有靜電力與強核力  
 (E) 四種基本交互作用的量值，均與兩物質間距離的平方成反比。

106學測，得分率53%

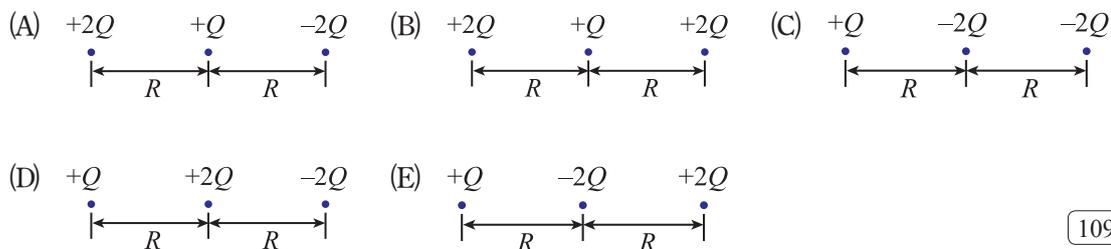
**E** 10. 下列四位同學對於「自然界的基本交互作用」之說法，哪一選項中同學的敘述是正確的？

- 甲同學：在原子核中的中子與質子間有強核力作用。  
 乙同學：在原子核中的中子與中子間也有強核力作用。  
 丙同學：弱核力雖弱，但是其作用範圍遠比電磁力的作用範圍更長。  
 丁同學：牛頓直接測量蘋果與地球之間的重力變化，進而推得重力與距離平方成反比的關係。

- (A) 僅有甲 (B) 僅有乙 (C) 僅有丙 (D) 僅有丁 (E) 僅有甲乙 (F) 僅有甲丁。

107學測，答對率53%

**B** 11. 三個點電荷排列成一直線，若  $Q$  為電量 ( $Q > 0$ )， $R$  為點電荷間的距離，且所有電荷皆固定不動，則下列選項中，位於左端的電荷所受到靜電力的合力量值何者最大？



109學測



# 科學 素養題



## 1-2 題為題組

科學家在發現  $\beta$  衰變後，卻一直為衰變過程無法滿足能量守恆而苦惱，有一部分能量憑空消失不見，卻無法解釋。1931 年物理學家包立提出一個嶄新的理論：原子核內有一「東西」在衰變時帶著多餘的能量、跟隨著電子被釋放出來！從電量不滅定律看來，此一「東西」應不帶電，因此他稱之為「中子」；從能量不滅定律計算，此一「東西」應比電子輕得多（現在已經有證據證明其具有質量）！所以後來費米把它稱為「微中子」，並提出從中子到質子的衰變過程，是由於自然界中某種新的力引起的。而這個力要比電磁力弱  $10^{11}$  倍，比重力要強得多，且作用距離非常短，接近零。這個力就是現在科學家公認的四種基本交互作用中的「弱核力」。

費米是近代最偉大的物理學家之一，他是 1938 年物理諾貝爾獎得主。原子核尺度常用的長度單位飛米（又稱費米，符號  $\text{fm}$ ， $1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$ ）就是為了紀念他。他也是美國曼哈頓計劃的主要領導者之一，成功地製造了人類第一批原子彈。費米是提出氫原子模型的物理學家波耳的學生，而波耳是發現原子核、提出原子行星模型，被譽為「原子核之父」的物理學家拉塞福的學生。一代傳承一代，寫下了科學史上的佳話。

根據上面短文，試回答下列問題：

**CE** 1. 下列關於費米的敘述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A) 最早提出「中子」的科學家 (B) 提出弱核力來解釋  $\alpha$  衰變 (C) 物理學家波耳的學生  
(D) 被譽為「原子核之父」 (E) 長度單位「飛米」就是為了紀念他。

**BDE** 2. 下列關於發現弱核力的科學史及弱核力性質的敘述，哪些正確？（應選 3 項）

- (A) 包立所提出的「中子」就是後來科學家所發現，質量和質子相近的中子 (B)  $\beta$  衰變的過程中，微中子帶走部分的能量 (C) 微中子不帶電，且不具質量 (D) 弱核力是現在科學家公認的四種基本交互作用之一 (E) 弱核力的強度介於電磁力與重力之間。

1. (A)×：應為包立。 (B)×：提出弱核力來解釋  $\beta$  衰變。 (D)×：「原子核之父」是拉塞福。

2. (A)×：是質量極輕的微中子。 (C)×：微中子不帶電，但帶有質量。