

第4章 物質間的基本交互作用

4-1 重力—萬有引力定律

4-2 電力與磁力

4-3 強力與弱力

本章教學理念

了解到物質之間的基本作用力有四種，物質之間的相互作用，都是由這幾種基本交互作用綜合而成。

物理學家發現自然界中物質間的交互作用，除了平常容易觀測到的重力與電磁力之外，還有可將原子核內的質子或中子結合在一起的強力，及出現在原子核反應中的弱力。物質間相互的作用現象，皆可由此四種基本作用力來描述。

4-1 教學理念

帶質量的物體之間有萬有引力，並了解到克卜勒行星運動定律可以由牛頓運動方程式及萬有引力公式演繹推導出來。

4-1 重力——萬有引力定律 萬有引力實驗室

約在西元前四百年開始，古希臘學者便相信，物體的上升或下落，由它們的本性決定。火、煙會上升，是因為它們的「輕物」本性所造成；石頭、鐵塊會下落，是因為它們的「重物」本性所造成。後來伽利略以實驗指出，對重物而言，無論重量多寡，在相同高度同時落下後，會在同一時刻抵達地面。伽利略認為此原因甚難理解，有待以後更聰明的科學家解決。大約四十年之後，針對此問題牛頓開始了深刻的思考，他從克卜勒行星的面積律與週期律獲得啟示，推導得出行星會受到指向太陽，並與至太陽距離平方成反比的力之作用。此外他還發現不僅如此，月亮繞著地球，木星與土星之衛星繞著木星或土星，也都滿足各自的面積律與週期律，所以月亮、木星與土星的衛星也會受到相同形式的力之作用。他因此推論在宇宙體系中，任意兩星體均會以與彼此距離平方成反比的作用力，相互吸引。

如果兩星體距離很遠時，其間的距離可以很自然地以兩星球之球心距離來表示，但在地球附近的物體，如蘋果，則它們所受地球作用力的距離，該如何決定？牛頓以精確的數學方法指出：質量 m 物體受到質量 M 的地球內部每一小部分 ΔM 之吸引，其受力之總合，相當於受到位於球心上質量為 M 的質點之引力量值（圖 4-1）。

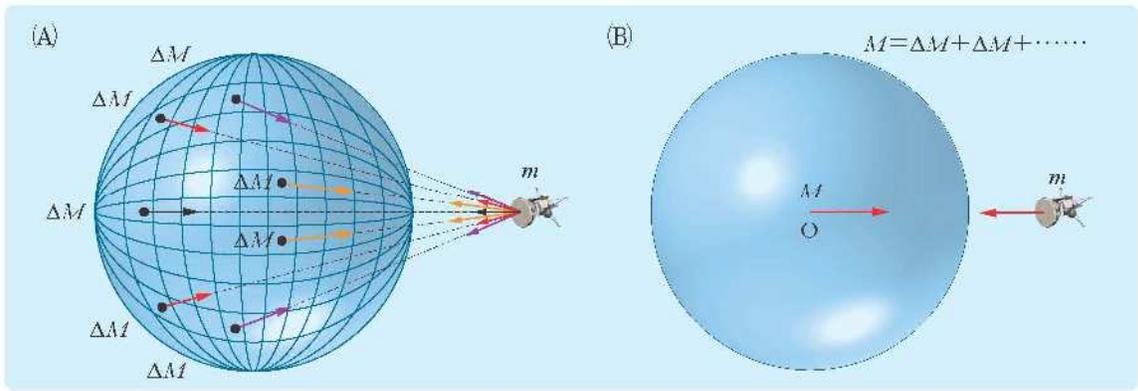


圖 4-1 (A)地球的每一小部分質量 ΔM 都會對質量 m 的物體產生吸引力。(B)所有每一小部分質量 ΔM 對質量 m 產生之吸引力的總合，等於將地球的質量 M 視為集中在球心 O ，對物體 m 所產生的吸引力，兩者的效果是一樣的。

有了這個結果，他計算與驗證出月球與蘋果均以相同的距離平方反比的力形式，受到地球的吸引（圖 4-2）。因此，宇宙間任何兩物體彼此間的引力，與蘋果的重力均來自於同一原因、同一形式，而可稱為萬有引力（universal gravitation）。

西元 1687 年自然哲學的數學原理巨著出版，書中牛頓提出了有名的萬有引力定律（law of universal gravitation）（圖 4-3）：



圖 4-2 蘋果與月球均受到同一形式的地球吸引力作用

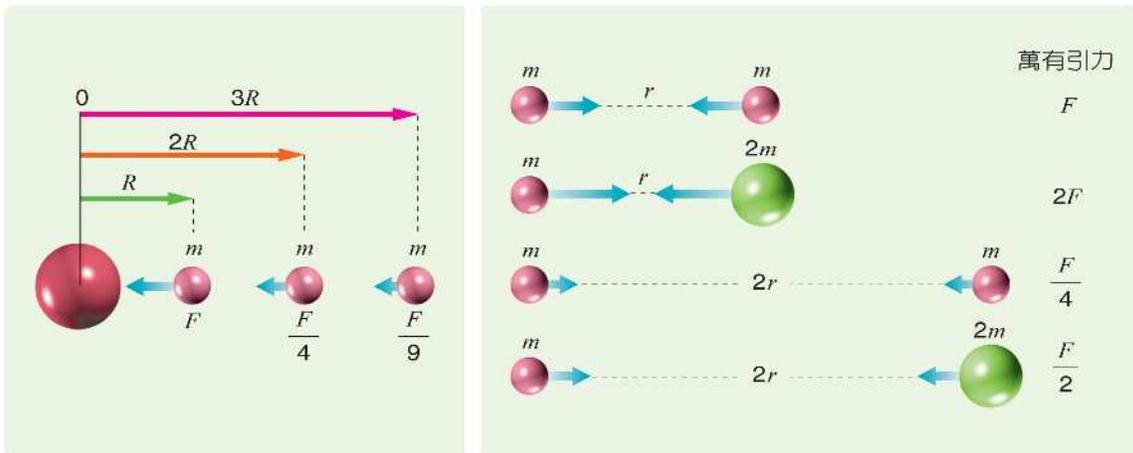


圖 4-3 兩物體間的萬有引力與質量乘積成正比，與其距離平方成反比。

任何具有質量的兩質點間，均有相互作用的吸引力。此吸引力的量值與兩者的質量乘積成正比，與兩者之間的距離平方成反比。

若兩質點的質量分別為 m_1 、 m_2 ，兩質點間的距離為 r ，則兩質點間的萬有引力量值 F 便可表為

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (4.1)$$

其中 G 稱為重力常數 (gravitational constant)，其值直到 1798 年，才由英國科學家經實驗首次測得 G 的量值，目前 G 的公認值為 $G=6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ 。由於重力常數 G 值太小，所以籃球與籃球之間的萬有引力微弱得察覺不到，籃球與地球或太陽與地球之間的萬有引力則較易呈現出來。

質量 m 之物體在近地球表面處自由釋放，僅受地球重力作用，所受加速度量值可由牛頓運動定律 $F=ma$ 及萬有引力定律得知

$$ma = F = \frac{GMm}{r^2} \quad (4.2)$$

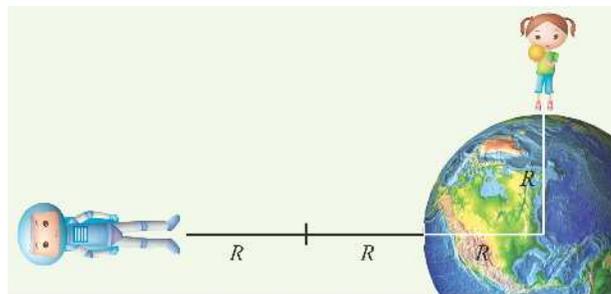
因此

$$a = \frac{GM}{r^2} \quad (4.3)$$

此處 M 為地球質量， r 為物體至地球中心距離，或近似於地球半徑，兩者均為定值，故加速度 a 值亦為定值，與物體質量 m 無關。所以不同質量的物體，均會以相同加速度落下，而回答了伽利略無法解決的問題。此固定的加速度值，亦稱為重力加速度，常以 g 值代表。

範例 4-1

質量為 27 kg 的小孩，在地表的重量約為 270 N，那麼質量為 81 kg 的大人，當其在距地表高度為 2 倍地球半徑處的太空梭裡，其重量約為多少？ 【相關練習：習題 3.】



分析 物體的重量即所受的地心引力，其與物體的質量成正比，和地心的距離平方成

$$\text{反比} \quad W = mg = \frac{GMm}{r^2}。$$

$$\text{解} \quad W_{\text{大人}} = \frac{GMm_{\text{大人}}}{(3R)^2} \cdots \cdots \text{①}$$

$$W_{\text{小孩}} = \frac{GMm_{\text{小孩}}}{R^2} \cdots \cdots \text{②}$$

$$\text{兩式相除} \quad \frac{\text{①}}{\text{②}} \quad \frac{W_{\text{大人}}}{270} = \frac{81}{R^2}$$

$$\text{得} \quad W_{\text{大人}} = 90 \text{ (N)}$$

此值為大人在地表處重量之 $\frac{1}{9}$

4-2 教學理念

說明帶電荷的物體之間有靜電力，且靜電力與距離平方成反比，因庫侖靜電力的作用，電子及原子核才會組成原子。並說明磁力、磁力線與磁場的概念。

4-2 電力與磁力

一、電力 氣球與靜電引力

把玻璃棒靠近靜止的氣球，氣球依然靜止不動（圖 4-4(A)）。但玻璃棒若以絲絹摩擦過後，靠近經衣服摩擦過的氣球，可觀察到氣球會被玻璃棒吸引（圖 4-4(B)）。若移近兩個分別經衣服摩擦過後的氣球，可發現氣球將彼此排斥（圖 4-4(C)）。這些原本不帶電的玻璃棒或氣球，經過摩擦後，在物體表面因為獲得或失去電子，而形成帶有不同電性的物體，彼此之間也就會呈現出吸引或排斥力，這種帶有電荷物體之間的作用力，稱為靜電力。

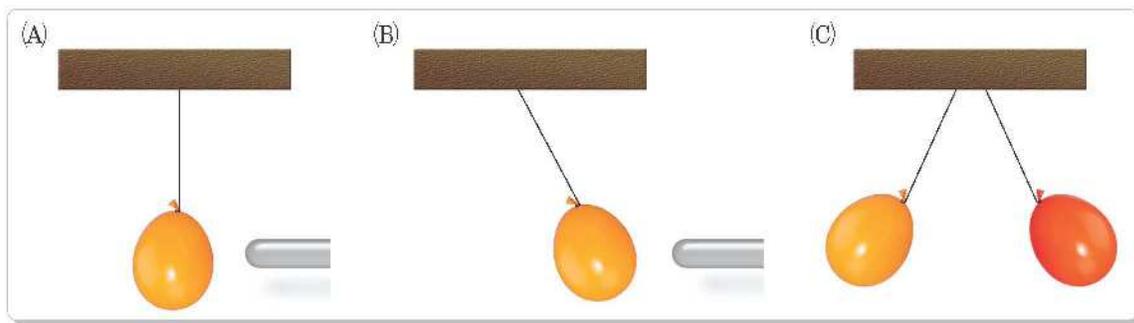


圖 4-4 (A)玻璃棒靠近氣球，氣球靜止在原來的位置。(B)絲絹摩擦過的玻璃棒，吸引以衣服摩擦過的氣球。(C)兩個經衣服摩擦過的氣球會互相排斥。

約翰屈伏塔

兩個氣球用同一件衣服依次摩擦後，氣球將帶同種電荷，再將兩氣球移近時會發生排斥作用。這代表帶有同性電荷的物體會互相排斥；反之，若兩個帶電體會互相吸引，則代表兩

者帶有異性的電荷。我們將這兩種不同的電性，分別稱為正電與負電。**靜電章魚**

庫侖 (Charles Coulomb, 1736 ~ 1806, 法國人) (圖 4-5) 對帶電物體間的吸引力或排斥力，做了進一步的量化研究，從實驗中他發現：若帶電量分別為 q_1 、 q_2 的兩個點電荷 (即帶電體的大小遠小於兩個帶電體之間的距離)，彼此相距 r ，則兩個點電荷之間的靜電力 F 與 q_1 、 q_2 的乘積成正比，並與距離 r 的平方成反比 (圖 4-6)，即

圖 4-5 兩帶電物體作用力關係的發現者 —— 庫侖

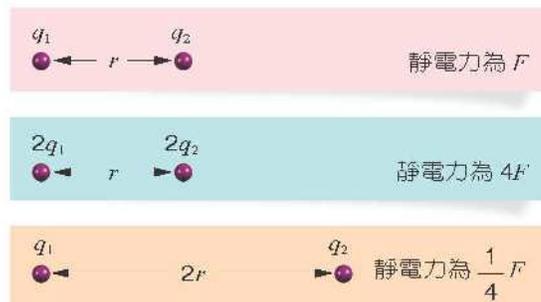


圖 4-6 兩個點電荷之間的靜電力與電量乘積成正比，與距離平方成反比。

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} \quad (4.4)$$

此處 k 為庫侖常數，後來稱此關係為庫侖定律 (Coulomb's law)。電量的單位為庫侖 (C)，一個電子所攜帶的電量約為 1.6×10^{-19} 庫侖。

第 2 章所介紹的原子結構中，原子核帶正電，電子帶負電，因電性不同，而可彼此互相吸引，形成原子 (圖 4-7)。其中帶相同負電的電子之間，或是帶相同正電的質子之間，因電性相同，而會互相排斥。

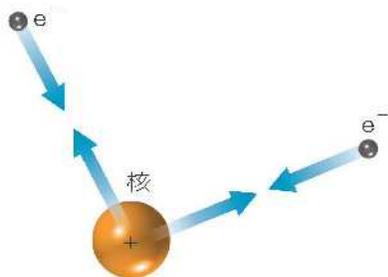


圖 4-7 原子內電子與原子核間帶不同之電性，彼此互相吸引而組成原子。

靜電接觸起電、靜電感應起電、金屬屏蔽效應

兩不同物體因彼此摩擦，使一物體表面的某些電子轉移到另一物體表面上，造成物體帶電，此現象稱為摩擦起電。互相摩擦過的兩物體，成為帶有等電量、不同電性的物體。至於物體所帶的電性，則與物質的特性有關 (圖 4-8)。

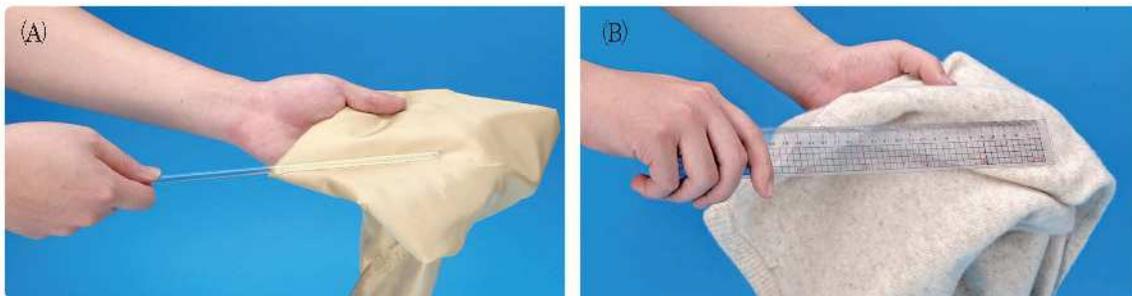


圖 4-8 不同物體摩擦後所帶的電性：(A)手拿玻璃棒與絲綢摩擦，玻璃棒帶正電，絲綢帶負電。(B)手拿塑膠尺與毛衣摩擦，塑膠尺帶負電，毛衣帶正電。

範例 4-2

兩個點電荷的斥力原為 F ，若其中一個點電荷的電量，增加為原來的兩倍，且兩個點電荷間的距離，也增加為原來的兩倍，則其斥力為何？

- (A) $4F$ (B) $2F$ (C) F (D) $\frac{F}{2}$ (E) $\frac{F}{4}$ 。

【90.學測】【相關練習：習題 6】

分析 由庫侖定律知，兩點電荷間的排斥力與兩點電荷帶電量的乘積成正比，與兩點電荷間的距離平方成反比。

解
$$\begin{cases} F' = k \frac{2q_1 q_2}{(2r)^2} = \frac{kq_1 q_2}{2r^2} \\ F = \frac{kq_1 q_2}{r^2} \end{cases}$$
 兩式相除，可得 $\frac{F'}{F} = \frac{1}{2}$ ，即 $F' = \frac{F}{2}$

故選(D)

二、磁 力 NN 相吸、磁化微觀磁化原理、磁性磁鐵小遊戲

將一棒狀磁鐵懸吊起來，最後靜止時磁棒會指南、北方向，指向北方的一端稱為指北極，或稱 **N 極**；指南方的一端稱為指南極，或稱 **S 極**。相同磁極間具有排斥力，相異磁極間具有吸引力（圖 4-9）。此現象與靜電力中的同性電相斥、異性電相吸很類似，而相異處為：正電荷或負電荷可以單獨存在，但磁鐵的 **N 極** 與 **S 極** 必定同時存在，即使將磁棒從中折斷，每一段也皆會各自產生新的 **N 極** 或 **S 極**（圖 4-10）。

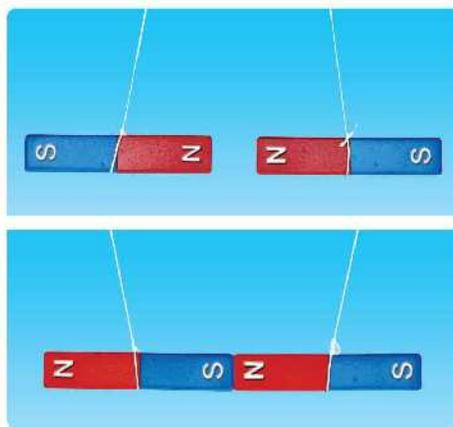


圖 4-9 磁棒間同極相斥、異極相吸。

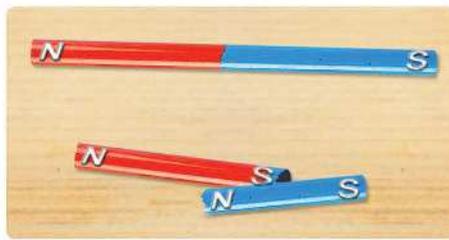


圖 4-10 磁鐵從中折斷後每一段都仍有 N、S 兩極，若靠近仍可吸在一起。

沒有磁性的鐵釘、迴紋針，當靠近磁鐵時，卻會被吸引，這是因為這些物體在磁鐵附近，會產生磁化現象：靠近磁鐵 N 極的一端會被磁化成 S 極，較遠的一端則被磁化成 N 極。所以當第一根迴紋針被磁棒吸引，其另一端還可以再吸引另一根被磁化的迴紋針（圖 4-11）。能被磁化的物質，稱為鐵磁性材料，鐵磁性材料通常含有鐵、鈷或鎳等物質。**暫時磁鐵**



圖 4-11 磁鐵吸引被磁化的迴紋針，若移開磁鐵，則迴紋針磁性消失。

將磁棒平放在紙上，並在周圍均勻撒滿鐵粉，輕輕敲擊紙面，可發現鐵粉會排列成有如無數條互不相交的曲線（圖 4-12）。這是因為每一粒鐵屑在被磁化後，像是一個一個小磁鐵會受到磁棒吸引，並且沿著所受磁力的方向排列。這種因為磁力的作用，使附近的鐵粉彼此連結而成的圓滑曲線，稱為磁力線（line of magnetic force）。磁鐵不同的排列，其產生的磁力線也不盡相同（圖 4-13(A)、(B)）；若把小磁針排在磁鐵周圍，也可看到因磁力作用使磁針發生偏轉的現象（圖 4-13(C)）。磁力所能作用到的空間，稱為磁場（magnetic field）。磁力線愈密的地方，磁場的量值愈大，磁性物體在該處所受的磁力也愈大。如果磁力線的疏密程度都一樣，則為均勻的磁場（圖 4-14）。我們規定在空間某處磁場或磁力線的方向，為在該處磁針 N 極所指的方向。**磁性磁鐵吸鐵粉 立體磁力線**



圖 4-12 磁鐵周圍的鐵粉排成磁力線的形狀

長條型磁鐵的磁力線、馬蹄型磁鐵的磁力線

圖 4-13 (A)與(B)為 N-S 極及 N-N 極間的磁力線形狀。(C)放置多個小磁針也可排列出磁力線，同時可定出

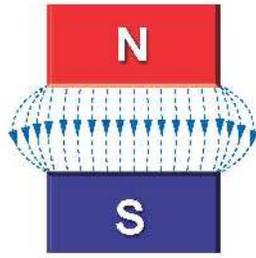


圖 4-14 大型磁鐵中間區域的磁力線疏密程度一樣，為均勻的磁場。

4-3 教學理念

原子核能穩定存在是因為有「強力」作用，但是因為其作用力範圍很短，所以只有在原子核大小的尺度內才有作用。而在中子衰變成質子或其他粒子的過程中，我們得知自然界中還有另外一種交互作用，稱之為「弱力」，作用的範圍比強力作用的範圍更短。

4-3 強力與弱力

一、強 力

第 2 章中曾提到原子核是由帶正電的質子與不帶電的中子所組成。依庫侖定律，原子核內任兩個帶正電的質子之間，雖有強大的靜電排斥力存在，但原子核卻不崩裂仍能穩定地存在，這表示核內應存有更強大的吸引力將核子（質子與中子的統稱）緊緊地結合在一起。此種存在於原子核內的作用力稱為強交互作用（strong interaction）、強力（strong force）或核力（nuclear force）（圖 4-15）。不管核子有無帶電，質子-質子、質子-中子與中子-中子間的核力均相同。強力是一種短程的作用力，當核子之間的距離小於 10^{-15}m 時，強力作用非常明顯；但距離大於 10^{-15}m 時，強力作用衰減非常快，甚至可以忽略。所以在日常生活中，我們無法察覺到強力的作用。

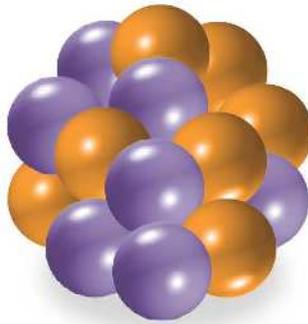


圖 4-15 原子核內的強力的量值約大於庫侖排斥力 100 倍左右，而可使原子核內之核子穩定結合在一起，不會崩潰。

二、弱 力

在原子核反應中，常可見到一個原子核 X 會釋放出電子，而變成另一個原子核 Y（原子序數較 X 多 1），此過程稱為 β 衰變（ β decay）（圖 4-16），即

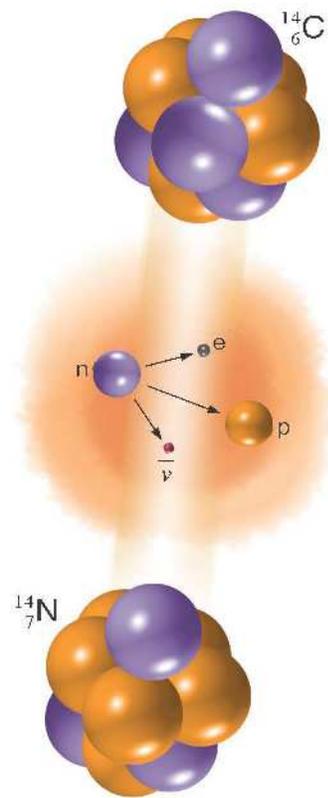


圖 4-16 β 衰變時，放出 β 粒子後，原子核質量數不變。



其中 $\bar{\nu}$ 為質量接近零、中性不帶電的粒子，稱為反微中子。最簡單的 β 衰變為中子 (n) 衰變成一個質子 (p) 的衰變，即



在核反應中，質子與質子碰撞後有時可形成氘核 (^2_1H) 與正電子 (圖 4-17)，即

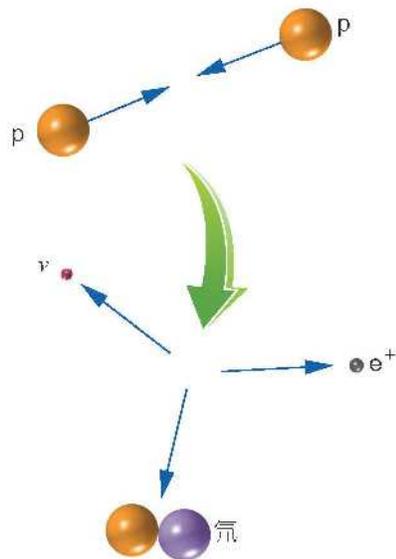
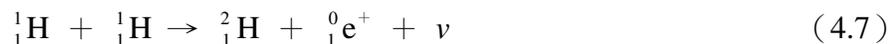


圖 4-17 質子與質子碰撞形成氘核的反應有如 β 衰變的逆程序

其中 ν 為質量接近零、中性不帶電的粒子，稱為微中子。此交互作用中，有一質子轉變為中子，基本上為 β 衰變的逆過程，兩者反應的行為非常類似，但都無法以重力、電磁力或核力來解釋這些反應現象，科學家因此認為自然界還存在有另一種短程的交互作用。由於在相同的質子與質子碰撞下，類似 β 衰變的反應式 (4.7) 所發生的次數，比強力之反應所發生的次數少很多，它的作用強度也就較強作用微弱，此種 β 衰變的作用，被稱為弱交互作用 (weak interaction) 或弱力 (weak force)。

由於弱力的存在，中子或原子核才會產生 β 衰變，而弱力作用的範圍比強力作用的範圍更短 (約為 10^{-18} m)。

三、自然界的基本力

平常生活中，可察覺出各種不同的作用力，如摩擦力、地板對物體的支撐力，這些接觸力，從微觀觀點來看，主要都是電磁力。而日月星辰的運轉、物體的墜落，則是受到重力影響。在原子尺度下，靜電力維繫電子和原子核的組成，強力則可將原子核內的粒子結合在一起，弱力則常出現在原子核反應中。

綜合而言，物理學家發現自然界的交互作用力都可歸類成此四種基本作用，即：重力、電磁力、強力與弱力 (圖 4-18)。

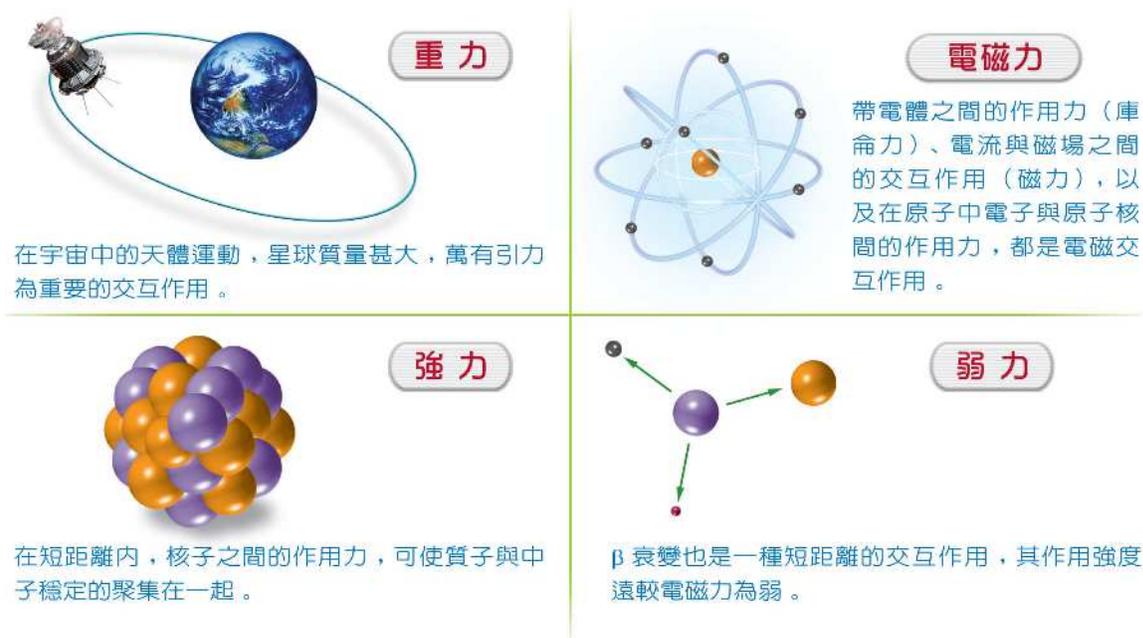


圖 4-18 自然界的四種基本作用力

西元 1960 至 1970 年間，科學家發現弱力和電磁力事實上是「電弱力」(electroweak force) 在不同情況下的不同表徵；也就是自然界中的四種力只剩重力、電弱力與強力三種。

科學家認為自然界的基本作用力和宇宙的起源有密切的關係，對基本作用力進一步的了解與統合，一直是物理研究的主要方向之一。

補充資料 四種基本作用力之強度作用範圍與性質

概念延伸

四種交互作用力的相對強度、作用範圍、性質與主要角色，整理於下表：

交互作用力	相對強度	作用範圍	性質	主要角色
重力	10^{-38}	∞	兩質量間之交互作用	大尺度結構
電磁力	10^{-2}	∞	兩電荷間之交互作用	化學與生物作用
強力	1	約 10^{-15} m	兩核子間之交互作用	組成原子核
弱力	10^{-6}	約 10^{-18} m	與放射性衰變有關	原子核反應

要點整理

重要概念

- 靜電力：帶電荷物體之間的作用力。
- 磁極：將一磁針水平懸掛起來，磁針兩端恆指南北，指向北方的一端稱為指北極，或稱 N 極；指向南方的一端稱為指南極，或稱 S 極。
- 磁化：當鐵磁性物質靠近磁鐵時，靠近磁鐵 N 極的一端會被磁化成 S 極，較遠的一端則被磁化成 N 極。
- 磁力線：因為磁力的作用，使附近的鐵粉彼此連結而成的圓滑曲線。
- 磁場：磁力所能作用到的空間。
- 強力：核子（中子或質子）與核子之間的交互作用，有時也稱為核力。
- 弱力：出現在原子核 β 衰變中的一種作用力。

基本原理

- 萬有引力定律：具有質量的兩質點間，均有相互作用的吸引力。此吸引力 (F) 的量值與兩者的質量乘積 ($m_1 \times m_2$) 成正比；與兩者的距離 (r) 平方成反比。

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (4.1)$$

- 庫侖定律：兩個點電荷之間的靜電力 F 與兩個點電荷所帶電量 q_1 與 q_2 的乘積成正比，而與兩個點電荷之間的距離 r 平方成反比，即

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} \quad (4.4)$$

分析應用

■帶同性電的物體會互相排斥，帶異性電的物體會互相吸引。

■兩不同物體因彼此摩擦，使物體中原子核外的電子轉移，造成物體帶電，此現象稱為摩擦起電。

■基本作用力：自然界的基本作用力有四種，強度由大到小排列，依序為強力、電磁力、弱力、重力。

名詞術語

萬有引力定律、靜電力、庫侖定律、摩擦起電、磁化、磁力線、磁場、強力、核力、弱力

迷思概念辨析



概念錯誤

月球繞地球作圓周運動，蘋果墜落作直線運動，它們受到不同形式的作用力。

兩物體以靜電力相吸，此兩物必帶異性電荷。

強力、弱力和重力一樣，與距離平方成反比。



概念正確

月球與蘋果均受到地心引力作用，而產生加速度運動。

有可能是帶異性電；也有可能是一個帶電，另一物體不帶電。

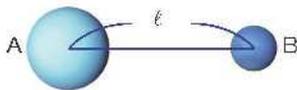
強力、弱力均屬短程力，不遵守距離平方反比關係，作用距離分別約為 10^{-15} m 及 10^{-18} m。

習題

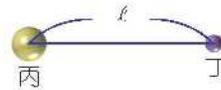
4-1 重力—萬有引力定律

- () 1. 如右圖，兩星球 A、B 的質量比為 9 : 4，兩星球相距 l ，則在兩星球連線上距 A 多少處放置一物體時，物體所受的重力為零？

(A) $\frac{4}{9} l$ (B) $\frac{9}{4} l$ (C) $\frac{3}{2} l$ (D) $\frac{2}{3} l$ (E) $\frac{3}{5} l$ 。



- () 2. 不考慮空氣阻力，將質量為 m_1 、 m_2 的兩物體在同一高度，靜止釋放，若 $m_1 > m_2$ ，則何者先落地？為什麼？
- (A) m_1 物體受重力較大，所以 m_1 物體先著地
 (B) m_1 物體質量較大，所以 m_1 物體先著地
 (C) 雖然 m_1 物體質量較大，但 m_1 、 m_2 兩物體受重力相等，故兩者同時著地
 (D) m_1 、 m_2 兩物體的加速度相等，所以兩者同時著地
 (E) 雖然 m_1 、 m_2 兩物體的加速度相等，但 m_1 物體質量較大，故 m_1 物體先著地。
- () 3. 若地球的半徑為 6400 km，地球表面的重力加速度為 9.8 m/s^2 ，則在距地球表面上高度為多少 km 的地方，其重力加速度為 2.45 m/s^2 ？
- (A) 3200 (B) 6400 (C) 9600 (D) 12800 (E) 16000。
- () 4. 如下圖所示，甲、乙、丙、丁為四個大小可忽略的鋼珠，其質量比為 $m_{\text{甲}} : m_{\text{乙}} : m_{\text{丙}} : m_{\text{丁}} = 4 : 3 : 2 : 1$ 。若甲、乙的距離為 2ℓ ，丙、丁的距離為 ℓ ，甲、乙之間的萬有引力為 F_1 ，丙、丁之間的萬有引力為 F_2 ，則 $\frac{F_1}{F_2} = ?$ (A) 6 (B) 4 (C) 3 (D) $\frac{3}{2}$ (E) $\frac{1}{2}$ 。



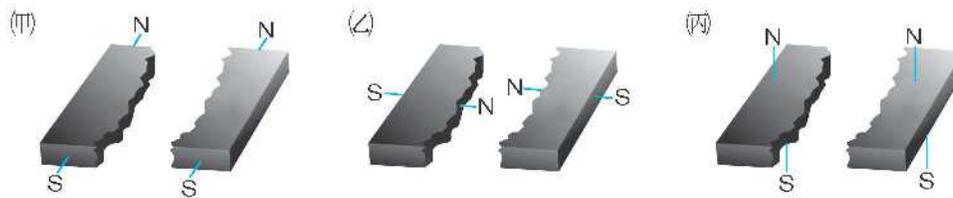
- () 5. 若月球的半徑為地球的 $\frac{1}{4}$ ，月球表面上之自由落體加速度量值約為地球表面的 $\frac{1}{6}$ ，求月球與地球的質量比值為何？
- (A) $\frac{1}{96}$ (B) $\frac{1}{36}$ (C) $\frac{1}{24}$ (D) $\frac{1}{16}$ (E) $\frac{3}{8}$ 。
- () 6. 承第 5 題，已知星球的體積和半徑的三次方成正比，試問月球與地球的密度比值為何？
- (A) $\frac{1}{16}$ (B) $\frac{4}{9}$ (C) $\frac{3}{8}$ (D) $\frac{2}{9}$ (E) $\frac{2}{3}$ 。

4-2 電力與磁力

- () 7. 兩個帶相等電量的點電荷之間的斥力為 F ，當距離增加為原來的兩倍，欲使其斥力仍為 F ，且兩點電荷仍帶相同電量的情形下，個別電量變為原來的幾倍？
- (A) $\frac{1}{2}$ (B) 1 (C) $\sqrt{2}$ (D) 2 (E) 4。
- () 8. 如右圖，方形的磁鐵被折斷之後，折斷後的兩片磁鐵互相排斥，試問折斷後兩片磁鐵各自的 N 極與 S 極的位置有下列幾種可能？



(A)(乙) (B)(甲)、(乙) (C)(甲)、(丙) (D)(乙)、(丙) (E)(甲)、(乙)、(丙)。



4-3 強力與弱力

- () 9. 下列關於自然界的四種基本作用力之敘述，何者正確？（應選三項）
- (A)弱力與 β 衰變有關
 (B)原子核內部不可能有電磁力產生
 (C)萬有引力與質量有關
 (D)強力為質子間的交互作用，中子間沒有強力作用
 (E)質子與電子間，同時具有萬有引力與電力的作用。
- () 10. 下列敘述何者正確？（應選兩項）
- (A)兩電子間有強力作用
 (B)兩質子間有靜電力作用
 (C)兩質子間沒有重力作用
 (D)兩中子間沒有靜電力作用
 (E)兩中子間沒有強力作用。
- () 11. 歐洲核子研究組織於 2012 年 7 月宣布探測到極可能是希格斯玻色子的新粒子。希格斯玻色子是「標準模型」可預測出的一種基本粒子，是一種不帶電荷且不穩定的粒子。根據希格斯假說，希格斯場遍布於宇宙，有些基本粒子因為與希格斯場交互作用而獲得質量，希格斯場就像是一池膠水，會黏著於某些基本粒子，使粒子具有質量。假若進一步的實驗確認了希格斯玻色子的存在，則可以支持「標準模型」的理論，也可給予希格斯假說極大的肯定，特別是對於解釋為什麼有些基本粒子具有質量。根據上文，下列敘述哪些正確？（應選兩項）
- (A)若希格斯玻色子存在，則可用來解釋強力的作用
 (B)希格斯玻色子是相對論中預測必然存在的一種基本粒子
 (C)若希格斯玻色子存在，則可用來解釋有些基本粒子何以具有質量
 (D)若希格斯玻色子經實驗證實存在，則可支持「標準模型」的理論
 (E)標準模型所預測的希格斯玻色子具有質量，帶有電量。

【修改自 102. 學測】