

# 第7章 能量

7-1 能量的基本形式

7-2 能量間的轉換與能量守恆

7-3 核能

7-4 能源的有效利用與節約

## 本章教學理念

引導學生認識一個物體因為運動而具有動能，及因為高度有變動而出現重力位能，然後因重力做功的關係出現力學能守恆的情形，進一步再介紹其他形式的能量，及不同形式能量的轉換原理，討論現階段最重要的核能問題，與認識是否有無其他替代的能源，最後再教導學生必須養成有效利用能源與節約能源的習慣。

物理學最早發展出來的部分是力學，除了以力和運動來討論力學內容，物理學家發現，還可用另外一種觀點——能量——來描述力學。能量的觀念可將各種現象統合起來，並與工業、經濟息息相關。

## 7-1 教學理念

藉由生活中的各種例子，說明功的意義與動能、位能三者之間的互動關係，最後整理出力學能守恆定律。

## 7-1 能量的基本形式

### 一、功

工程師們很早就了解，要將一重物，如石塊、鋼筋等建材，移到高處是較困難且費力的工作（圖 7-1）。因此，施力對一物體所作的工作量大小，從工程上的觀點來看可以用

圖 7-1 在營建工程上，大部分的工作量得花費在將重物往上移動。

工作量 = 施力 × 物體向上的移動距離

來表示。

將此觀念推廣，十九世紀初科學家提出功的觀念，定義外力對物體所作的功為（圖 7-2）

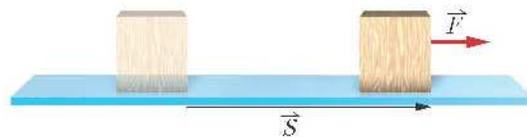


圖 7-2 定力與位移方向相同時，力對物體的功  $W = FS$ 。

$$\text{功} = \text{力的量值} \times \text{物體沿力方向的位移量值} \quad \text{或} \quad W = FS \quad (7.1)$$

功的 SI 單位為牛頓·公尺 (N·m)，也稱為焦耳 (J)。

### 範例 7-1

一質量為 0.5 kg 的蘋果自高處 10 m 的樓頂上釋放，求到著地期間，重力對蘋果作了多少功？

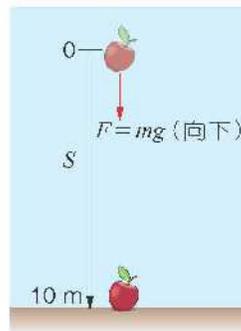
【相關練習：習題 1.、2.】

**分析** 功 = 力量值 × 物體沿力方向的位移量值，即  $W = FS$ 。

- 解**
1. 取樓頂 10 m 處為原點，並取方向向下為正。
  2. 重力  $F = mg$  (向下)
  3. 位移  $S = \text{末位置} - \text{初位置} = 10 - 0 = 10$  (m)

則重力對蘋果所作的功

$$W = FS = mgS = 0.5 \times 9.8 \times 10 = 49 \text{ (J)}$$



## 二、動 能

除了施加外力可對物體直接做功外，一個運動的物體也可達到做功的效果。例如：在平地上擺放一紙箱，以黏土朝紙箱投擲，黏土撞到紙箱後，黏土施力於紙箱，並將紙箱向前推動一段距離，表示運動中的黏土對紙箱作了功 (圖 7-3)。

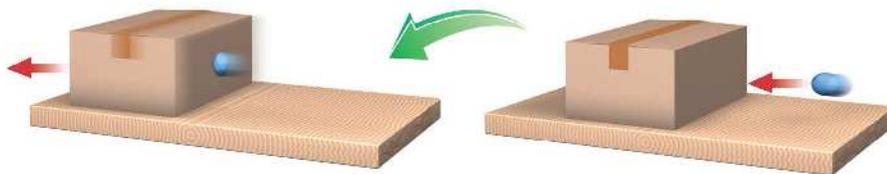


圖 7-3 將黏土投向紙箱後，紙箱會向前移動，代表黏土可對紙箱做功。

所以在運動中的物體，便具有做功的能力，此物理量稱為動能 (kinetic energy)。實驗顯示質量愈大或速率愈大的物體，具有愈強的做功能力，物理學家規定動能的量化關係為物體的質量與其速率平方乘積的一半，即

$$\text{動能} = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{或} \quad K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (7.2)$$

動能的單位與功的單位相同，均為焦耳（=牛頓·公尺=公斤·公尺<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup>）。

### 三、位 能

一位舉重員將重物舉高後，在高處的重物與原先靜止在地上的重物，具有什麼樣的不同性質？當舉重員雙手鬆開高處重物時，重力可對重物作功（圖 7-4），且

$$\text{重力對物體所作的功} = \text{重力} \times \text{物體沿著重力方向移動的距離} = mg \times h \quad (7.3)$$

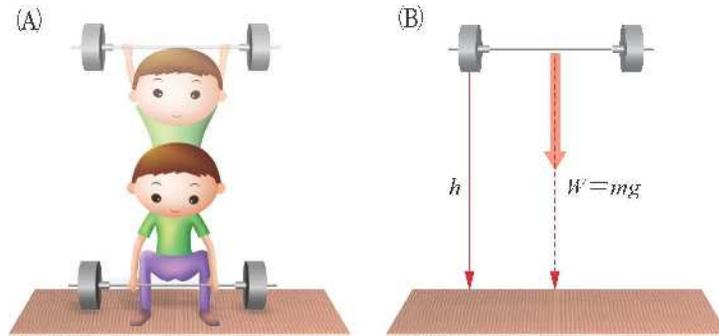


圖 7-4 重物在垂直高度  $h$  處釋放後，重力可對此物作功。

就好比運動物體有作功的效果，而可稱物體具有動能；同樣地，在高處位置的重物，釋放後，重力對此重物可產生作功效果，而稱此物體具有位能（potential energy）。由重力所作的功可看出，質量愈大的物體，所作的功愈大；兩個相同質量的物體，位置愈高者，重力所作的功則愈大（圖 7-5）。因此定義質量  $m$ ，離地面  $h$  高處之物體比在地面時多出的位能

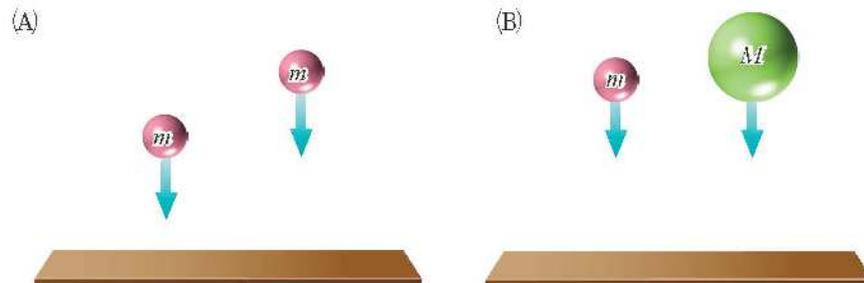


圖 7-5 (A)相同質量的物體，高度愈高，到達地面時，重力對此物所作的功愈大。(B)相同高度的物體，質量愈大 ( $M > m$ )，到達地面時，重力對此物所作的功愈大。

$$\text{重力位能} = mgh \quad \text{或} \quad U = mgh \quad (7.4)$$

位能的單位與功的單位相同，均為焦耳。

### 四、力學能守恆律

若質量  $m$  的物體自高處靜止釋放，則重力將對此物體作功。且因物體速度愈來愈快，動能會逐漸增加；並因物體高度愈來愈低，位能會逐漸減少（圖 7-6）。理論與實驗上均顯示，若不計空氣阻力，一物體在重力作用下運動時，它的動能與位能或它的速率與垂直高度，均會滿足

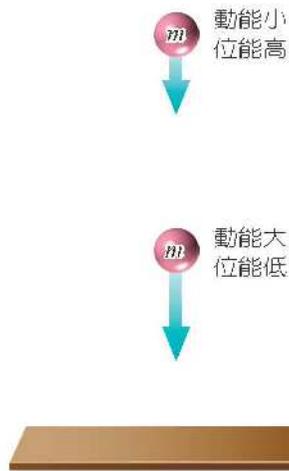


圖 7-6 物體自高處釋放，動能逐漸增加，位能逐漸減少。

$$\text{動能} + \text{位能} = \text{常數} \quad \text{或} \quad K + U = \text{定值} \quad (7.5)$$

由於動能與位能和物體的運動狀態與外力有關，故可將它們倆合稱為力學能，即力學能＝動能＋位能。而式(7.5)則表示在只受重力作用下的任何物體，不論處於何處，其力學能皆維持永恆不變的固定值，此為力學能守恆之一例。

### 範例 7-2

一質量為 2 公斤的鉛球在離地 20 公尺的位置處自由釋放。當鉛球離地 10 公尺時，

- (1) 它損失了多少位能？
- (2) 它獲得了多少動能？
- (3) 它的速度量值是多少？

【相關練習：習題 3. ～ 7.】

分析 (1). 位能  $U = mgh$ ，動能  $K = \frac{1}{2}mv^2$

(2). 力學能守恆律  $E = K + U = \text{定值}$

解 當鉛球自由釋放後，它僅受一外力——重力的作用，由力學能守恆律式

$$\text{總力學能} = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 \cdots \cdots \textcircled{1}$$

其中  $h_0$ 、 $h_1$  及  $v_0$ 、 $v_1$  分別代表在離地 20 公尺及 10 公尺處之高度及對應之速率。

$$(1) \text{ 損失位能} = mgh_0 - mgh_1 = 2 \times 9.8 \times (20 - 10) = 196 \text{ (焦耳)}$$

$$(2) \text{ 由式}\textcircled{1}, \text{ 獲得動能} = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = mgh_0 - mgh_1 = 196 \text{ (焦耳)}$$

$$(3) v_1 = \sqrt{\frac{2}{m}(mgh_0 - mgh_1)} = \sqrt{\frac{2}{2} \times 196} = 14 \text{ (公尺/秒)}$$

### 7-2 教學理念

介紹克氏溫度的定義與各種溫標的轉換關係，溫度愈高代表物體中原子的平均動能愈大。並簡介各種形式的能量，說明各種能量之間的轉換情形。

## 7-2 能量間的轉換與能量守恆 能量的轉換棉繩鋸水管

### 一、克氏溫度

十九世紀中葉開始，許多實驗逐漸顯示，組成物質內部粒子的運動能量，與物質本身所呈現出的冷熱情形有密切關係。我們先介紹，將物體冷熱狀況加以量化後的一個標準物理量——絕對溫度。

西元 1848 年，克耳文對溫度的量化建議採用絕對溫標，規定每度之間的大小與攝氏溫標相同，但取  $-273.15^{\circ}\text{C}$  為絕對溫標的零點。此絕對溫標也稱克氏溫標，其單位記為 **K**。絕對溫度  $T$  和攝氏溫度  $t$  之間的換算

關係為

$$T (\text{K}) = 273.15 + t (^{\circ}\text{C}) \quad (7.6)$$

絕對零度記為  $0 \text{ K}$ ，為方便起見，在一大氣壓下，純水的凝固點取為  $273.15 \text{ K}$ ，沸點取為  $373.15 \text{ K}$ 。

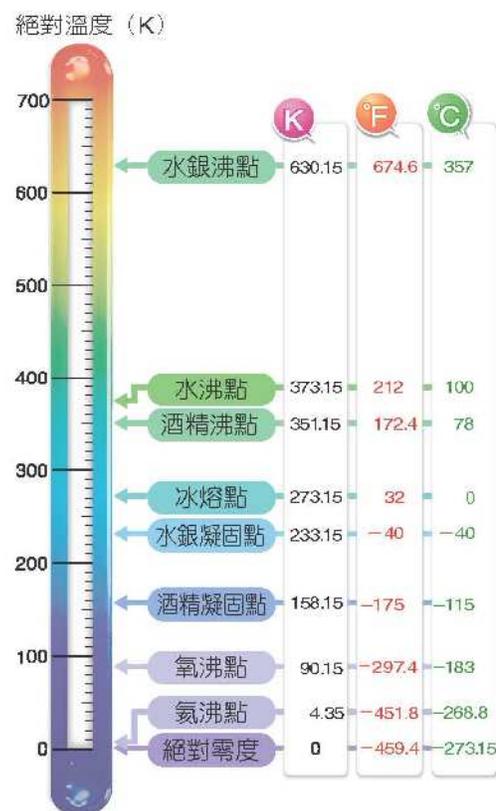


圖 7-7 常見的溫度及攝氏、克氏溫標之換算。

第 2 章中提到物質是由分子或原子組成的，無論物質的狀態是固態、液態或氣態，它們的分子或原子都會進行「無規律」的運動，所以分子或原子具有動能。

物質的粒子觀點告訴我們，溫度反映了分子或原子在「無規律」運動的激烈情形，溫度愈高，分子或原子的運動愈激烈，其平均動能就愈大（圖 7-8）。但溫度並不能反映物體內部分子的總動能，例如：含不同水量、水溫相同的兩杯子，相等的水溫表示兩者的分子平均動能相等，然而水量愈多代表所含分子數愈多，所以水量較多的杯子內部，所含水分子的總動能也較大（圖 7-9）。

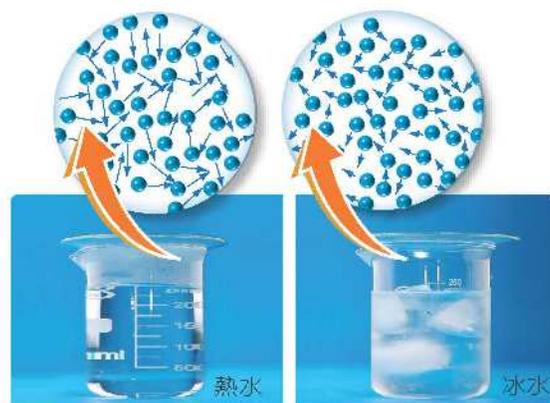


圖 7-8 熱水分子的平均動能比冰水分子大



圖 7-9 雖然兩杯子內的水溫度相等，但水量較多的杯子內部所含水分子之總動能，較水量較少的杯子內部所含水分子之總動能大。

## 二、熱能與能量守恆 能量滑板競技場、摩擦

數世紀以來，物理學家們分別探討了運動、熱量、聲、光與電等各種不同現象時，覺得自然世界豐富多變化，但也一直渴望能夠以一種簡單的概念，來統合這些複雜的自然現象。

西元 1843 年，焦耳跨出了第一步，他設計了一個實驗，如圖 7-10，當兩重錘下降時，帶動輪軸下的葉片，可使容器內的水溫上升。造成水溫上升或葉片轉動唯一的因素，是來自於重力對重錘的作功。經仔細地操作實驗，並測量重力對兩重錘所作之功，發現重力對重錘作 4.2 焦耳的功，可使 1 克的水溫度上升  $1^{\circ}\text{C}$ 。也就是說對一個系統（水）作功，也能產生自外界輸入系統熱量一般的效果，且

$$4.2 \text{ 焦耳的能量} \longleftrightarrow 1 \text{ 卡的熱量}$$

（力 學）                      （熱 學）

(7.7)

自此以後，人們認識到熱量是能量的一種，可以用「焦耳」來表示。焦耳實驗顯示了力學能可以轉換為熱能。

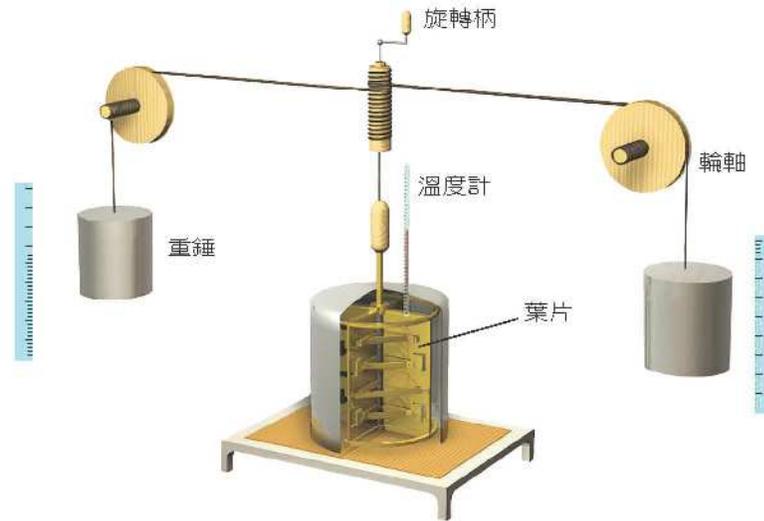


圖 7-10 焦耳實驗裝置顯示重力對重錘所作的功可以轉換成熱能，而使水溫升高。

### 三、各種形式的能量與轉換 能量轉換

#### 光 能

利用凸透鏡會聚太陽光，可讓薄木屑燃燒（圖 7-11）；蠟燭和燈泡發光的同時，也會讓我們感受到熱；陽光還可讓綠色植物進行光合作用，產生葡萄糖，提供養分，使其成長。這都代表著光具有能量。



圖 7-11 光通過凸透鏡可使薄木屑燃燒

#### 電磁能

電熱水器開啟後，所通過之電流可傳送熱量使水溫升高，可知電流攜帶能量。另外，磁鐵可吸引玩具鐵車，讓玩具鐵車運動（圖 7-12），故磁亦可產生能量。



圖 7-12 磁鐵吸引玩具鐵車，使玩具鐵車產生動能。

## 化學能

常用的燃料如木炭、酒精、瓦斯、汽油等，利用其物質內部化學結構的性質，在氧化燃燒後，均會產生放熱反應，所釋出的熱可供作取暖、烹調或驅動汽車（圖 7-13）。我們稱這些物質內部具有化學能。

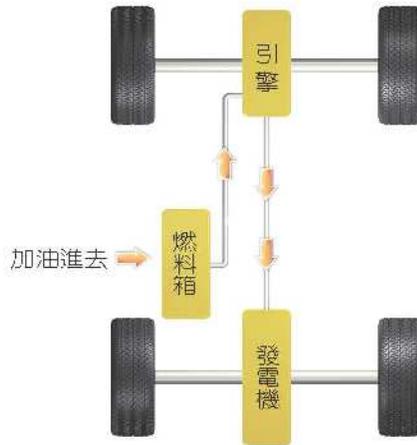


圖 7-13 引擎可將汽油內部的化學能轉換成動能，驅動汽車。

生活中常見的這些不同形式的能量，都可以相互轉換，如弓箭手把弓的位能轉換成箭的動能；用手將石頭向上拋，手對石頭做功後，石頭的初動能轉換成石頭的位能；煞車時，車的動能轉變成輪胎的熱能；手電筒將電池的化學能轉換成電能，再轉換成光能。

在火力發電廠內，燃燒煤炭加熱鍋爐中的水將水煮沸成水蒸汽，推動汽輪機的葉片，再帶動發電機組產生電力。在此過程中，儲存在燃料的化學能轉換成熱能，熱能轉換成水蒸汽的動能，再轉換成汽輪機的動能，發電機再將此動能轉換成電能（圖 7-14）。

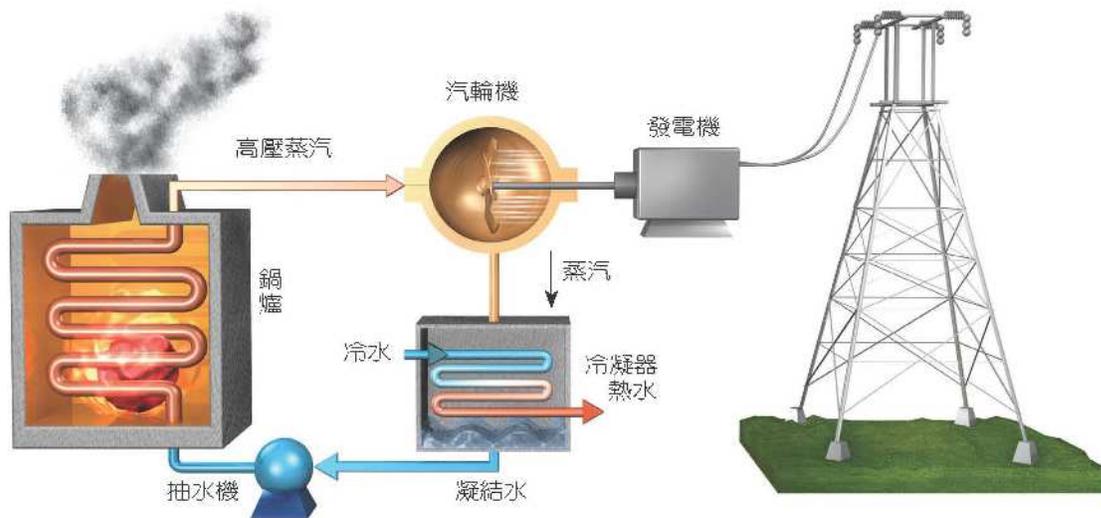


圖 7-14 火力發電工作原理

能量間彼此可互相轉換，使得物理學家掌握一全新的觀念，來描述和連繫各種不同物質領域的現象。焦耳的力學能與熱能的對等關係，更讓後繼者發現，能量不會無中生有地被創造出來，也不會被消滅，只是從一種形式轉換成另一種形式，整體的能量總和永遠維持不變，這種關係稱為能量守恆律（law of conservation of energy）。

能量守恆律是物理思想的基礎，如果能量的總和發生變化，則科學家會繼續去找尋可能

忽略或未知的因素，直到能量總和不變為止。這種信念也為科學發展帶來了許多重大的發現和突破。

### 7-3 教學理念

介紹核分裂的方式與核能的演算，提出質量及能量可以相互轉換的概念。並簡單介紹臺灣核能發電廠的發電方式，以及簡述原子核的熔合。

## 7-3 核 能

### 一、原子核的分裂

物質是由原子所組成，而原子則是由幾乎攜帶全部質量的原子核及外圍環繞著的電子所構成。當查兌克於 1932 年發現原子核內有不帶電的中子後，很自然地科學家便開始研究各種不同的原子核與中子作用後的效應。1939 年哈恩 (Otto Hahn, 1898 ~ 1968, 德國人) 發現，以中子撞擊鈾  $^{235}_{92}\text{U}$  會形成不穩定之原子核，然後再分裂成差不多各半的子原子核 (可以是鉍 Ba 和氪 Kr, 也可以是 銣 Rb 和銇 Cs, 圖 7-15), 並釋放出巨大的能量, 此種自質量較重的原子核分裂成較輕的原子核之程序, 稱為核分裂 (nuclear fission)。為何核分裂過程會放出大量的能量, 在愛因斯坦於 1905 年所發表之狹義相對論中, 已論及質量和能量是等價的, 此等價的質能關係式是

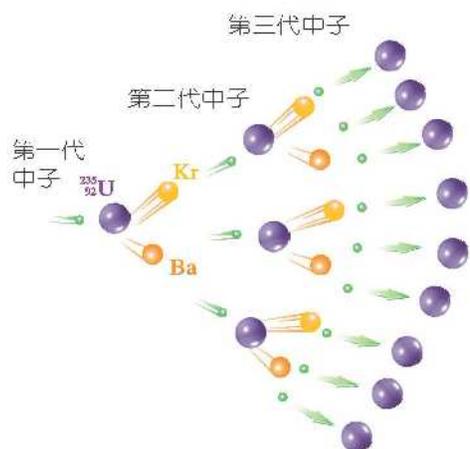


圖 7-15 核分裂連鎖反應：分裂後多出的中子，可再撞擊其他未分裂的鈾核，產生新的核分裂反應。

### 核分裂連鎖反應

$$E = \Delta mc^2 \quad (7.8)$$

上式  $E$  為能量,  $\Delta m$  為反應前後質點的質量差,  $c$  為光速。由於光速是一很大的值, 因此, 很小的質量差  $\Delta m$ , 就可對應產生巨大的能量  $E$ 。

在核分裂中, 生成物之總質量應小於反應物之總質量。例如：一顆鈾原子核之分裂反應, 質量約減少  $2.3 \times 10^{-28}$  千克, 而可釋放出約  $2.1 \times 10^{-11}$  焦耳的能量。

核分裂反應還有另一特色, 即分裂後可產生 2 至 3 個中子, 此中子會撞擊其他的鈾  $^{235}_{92}\text{U}$ , 再產生核分裂。如此可繼續不斷產生更多的中子, 與更多的核分裂反應, 這種持續

不斷的反應稱為連鎖反應 (chain reaction)。**核分裂**

## 二、核能發電

若是有 1 克的鈾  $^{235}_{92}\text{U}$ ，即約  $2.5 \times 10^{21}$  個鈾原子核) 參與此連鎖反應，則所有的核分裂合起來共可產生約 500 億焦耳的熱能。我們便可利用此熱能將水加熱成高溫、高壓的水蒸汽，用來推動汽輪機，以驅動發電機組 (圖 7-16、圖 7-17)。與傳統的火力發電比較，核能發電的優點為以少量核燃料便可產生大量能量。另一方面，它也不會如火力發電廠般產生二氧化硫與二氧化碳，避免造成空氣汙染、酸雨及全球增溫。

圖 7-16 臺灣 第三核能發電廠外貌



圖 7-17 核能發電工作原理

## 三、輻射安全

在核分裂反應時，通常會伴隨釋出高能量的輻射，這些輻射包括： $\alpha$  射線 (氦核)、 $\beta$  射線 (電子)、 $\gamma$  射線 (高能量電磁波)、中子及質子等 (圖 7-18)。質量愈大的粒子，愈不容易穿透物質，只要一張薄紙即可阻擋它，但它們若與人體接觸，在極短時間內會釋出很高的能量，從而改變細胞結構，對人體造成極大傷害。 $\gamma$  射線雖穿透力較大，但它對人體之傷害力，則較  $\alpha$  射線與中子為小。

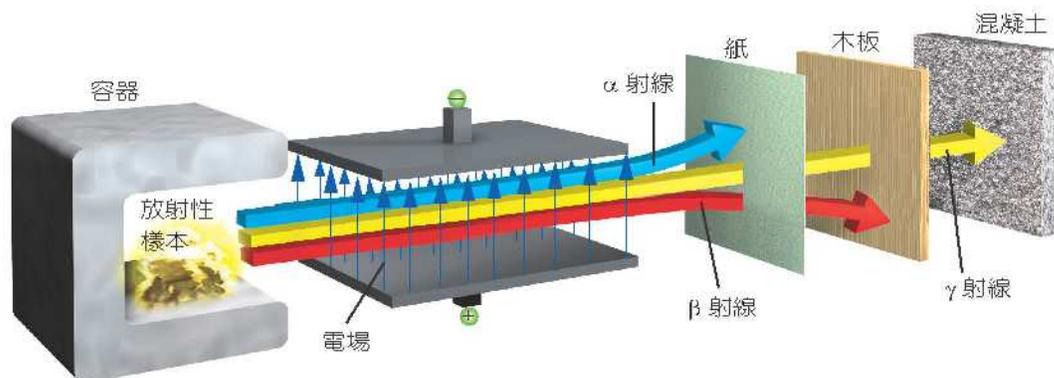


圖 7-18 伴隨核分裂反應中常見的三種輻射

為防止核分裂所產生之輻射外洩，核能發電廠設有三道防護層，第一道即是在鈾燃料棒外有一層護套，以防止  $\alpha$  射線外漏；第二道為原子爐槽，可防止  $\alpha$ 、 $\beta$  與  $\gamma$  射線穿透；最後一道則在整個反應器外，設計堅厚之鋼筋混凝土半圓頂建築，稱為圍阻體結構，縱使原子爐有輻射外洩也可封廠，而不會影響外界之生命安全。

我們每天都會接受到輻射，其中大多來自於岩石、石材或土壤所釋放出的氡氣(圖 7-19)，還有部分來自宇宙射線，但宇宙射線會穿透人體，而不會與細胞作用。測量人體輻射之吸收劑量的單位為西弗<sup>(註1)</sup>(sievert)，臺灣每人平均一年內吸收的天然輻射劑量(含宇宙射線)約為 2 毫西弗，一般人每年輻射劑量應維持在 5 毫西弗以下(圖 7-20)。



圖 7-19 美國日常生活中輻射的主要來源(資料來源：美國 明尼蘇達大學環境與職業復健中心)

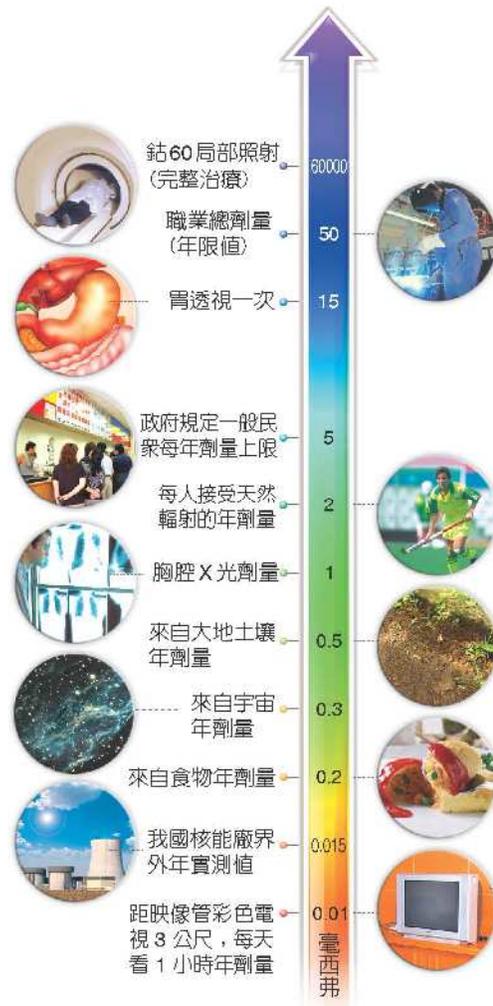


圖 7-20 日常生活中的輻射劑量(資料來源：行政院 原子能委員會)

為降低輻射所造成的危害，應盡量減少輻射的來源，如增加室內的通風，減少地面的裂縫，以避免氡氣的輻射，或採用屏障加以阻隔輻射源。若因工作必須接觸放射性物質時，應

與輻射源保持安全距離，穿戴防護衣及縮短曝露時間。

**註 1** 它是由所吸收的輻射線能量，與此輻射線對細胞傷害的強弱來表示。

#### 四、核熔合

前節提及重原子核的分裂會釋出巨大能量，另一方面若是使兩個輕原子核，合成為較大質量之單一原子核，過程前後的原子核也有質量差異，並釋出大量的能量，此種反應稱為核熔合 (nuclear fusion)。如氘 ( ${}^2_1\text{H}$ ) 與氚 ( ${}^3_1\text{H}$ ) 的核熔合反應



可釋放出  $2.8 \times 10^{-12}$  焦耳能量 (圖 7-21)。

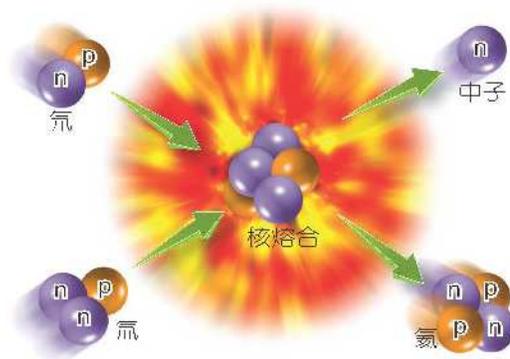


圖 7-21 核熔合反應圖

核熔合反應的最大好處在於其產物為穩定的氦原子核，不會釋出對人體有傷害的輻射(如  $\beta$ 、 $\gamma$  射線)，是一種非常乾淨的能源。同時，地球的水中含有 0.015% 之「重水 ( $\text{D}_2\text{O}$ )」，氘即可取自其中。1 公升水中所含的氘釋出的核熔合能量，約等於燃燒 300 公升的汽油能量。故核熔合是一種取之不盡、用之不竭之能源 (圖 7-22)。

圖 7-22 美國 普林斯頓大學核熔合實驗室圖

但核熔合有一技術上的困難，就是須提供近 1 億度 ( $10^8 \text{ K}$ ) 的溫度給反應核，才能克服它們的庫侖排斥力，讓它們接觸產生熔合反應。目前先進國家對核熔合的研究已有五十多年，雖然仍在實驗階段，尚無法付諸工業生產，但許多科技人員都將核熔合，視為開拓未來能源的重要方向。

#### 7-4 教學理念

簡介能源的有效利用及再生，並鼓勵節約能源。介紹未來可以極力發展的各種能源，使學生明瞭目前面臨的能源危機，如何才能保有幸福、安全的生活與家園。

#### 7-4 能源的有效利用與節約

## 一、再生能源 風力發電

由於煤、石油、天然氣等藏在地球上的天然資源是有限的，總有一天會耗盡，故積極開發和尋求其他能源便顯得非常重要。目前全球正在發展中的另外一些能源有風力、太陽能、生質能、海洋和地熱等。這些自然資源是大自然的產物，可生生不息，不斷循環再生，故稱為再生能源。

### 風力

利用固定風向之強風吹動大風車之葉片，進而帶動發電機來發電。離地面愈高之風力愈強愈穩定，因此葉片應盡量置於高處。

風力發電不會造成空氣或水的汙染，但會產生噪音，且需要每小時 20 公里左右的穩定強風，方能產生有效的電力，臺灣目前主要在澎湖 中屯、雲林 麥寮及新竹 竹北（圖 7-23）設置三個風力示範電廠，但因夏季時的風力不足，未能符合經濟效益。

圖 7-23 澎湖 中屯風力發電廠外觀

### 太陽能

在一般住家的屋頂上，可放置太陽能收集板，當太陽光照射到收集板時，可被板內塗黑的內壁吸收，加熱水管內的水以供使用（圖 7-24）。



圖 7-24 太陽能熱水器與原理示意圖

太陽能發電廠則利用拋物面鏡將太陽光反射聚焦至其焦點上，並在該處設置導熱管以產生水蒸汽進行發電。

太陽能在日常生活中較常使用的是太陽能電池，它是半導體裝置，利用光照使電子從電池的一端流向另一端，形成電流。澳洲於 1995 年發展出一種太陽能電池模組，利用鋪設在

屋頂上不到 20 平方公尺的太陽能裝置，所產生平均功率約為 10 千瓦，可讓每戶家庭自給自足。

### 範例 7-3

在墾丁國家公園全年（含陰雨及夜晚）接受到陽光的平均強度約為 300 瓦 / 公尺<sup>2</sup>，若太陽能板可將 15% 的這些能量轉換為電力，求太陽每天可提供多少度的電力，給擁有 5 平方公尺太陽能板的墾丁居民？ 【相關練習：習題 14.】

**分析** 1 度電力 = 1 千瓦小時

**解** 太陽每天的平均強度

$$300 \text{ 瓦 / 公尺}^2 \times 5 \text{ 公尺}^2 = 1500 \text{ 瓦} = 1.5 \text{ 千瓦}$$

轉換率為 15% 的太陽能板每天可供電

$$1.5 \text{ 千瓦} \times 24 \text{ 小時} \times 0.15 = 5.4 \text{ 千瓦小時} = 5.4 \text{ 度}$$

（臺灣每月每戶平均用電約為 300 度）

### 生質能

生質亦稱有機物，生質能泛指由生物產生之有機物質，包括沼氣、稻殼、牲畜糞便、農作物殘渣及垃圾等，可產生的能量，其主要成分為碳氫化合物，經過焚化、汽化、裂解及醱酵等技術，轉換成燃油、燃氣與電力等可用能源（圖 7-25）。

生質能僅靠簡單的光合作用生成，使用完後又變為二氧化碳及水。而且植物在生長過程中，吸收二氧化碳，轉換成生質能源，使用後所放的二氧化碳不會超過植物生長時所吸收的二氧化碳，故使用生質能源的淨二氧化碳排放量為零。

由於生質能兼具能源與環保雙重優點，是國際最廣泛使用的再生能源，約占世界所有再生能源應用的三分之二。且目前是全球第四大的能源，僅次於煤、石油及天然氣，提供全球約 14% 的初級能量需求。

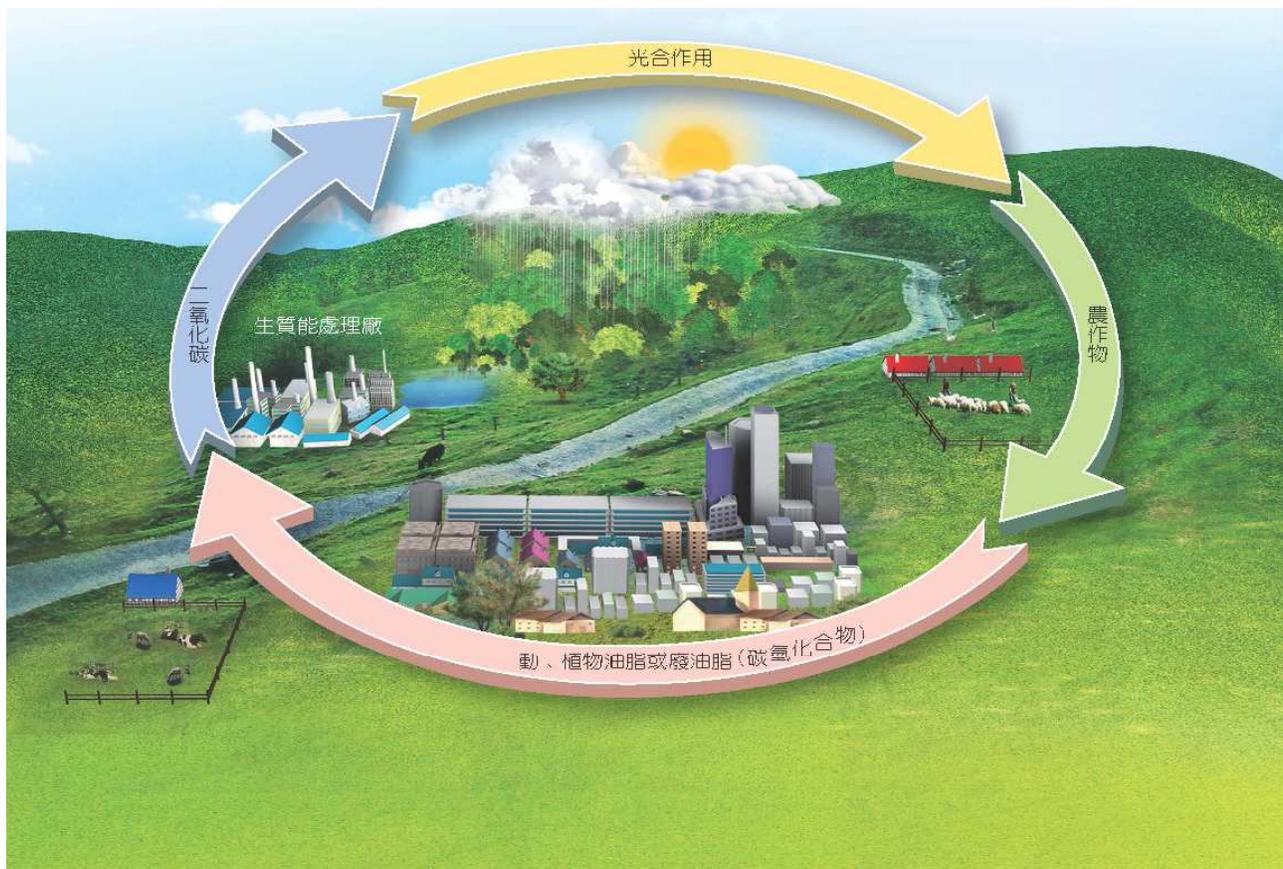


圖 7-25 生質能自植物行光合作用後所儲存的能量提取出來，為一低碳無污染的乾淨能源。

## 二、能源的有效利用

我們日常生活所需的能量，大部分來自燃燒煤、石油與天然氣等化石燃料（fossil fuel）（圖 7-26），它們是遠古生物殘骸在地底下歷經數百萬年高溫、高壓所形成。但化石燃料的蘊藏量有限，終有用盡的一天且非短期內可再補充，是一種不可再生能源。

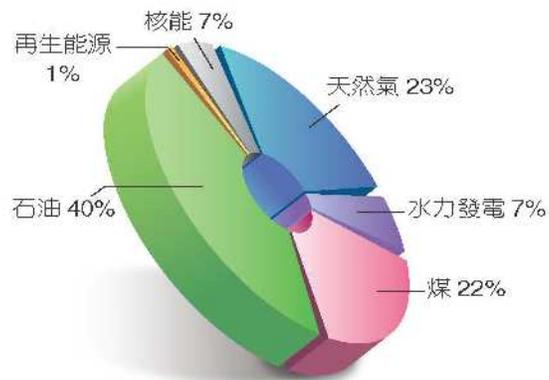


圖 7-26 全球發電來源分配圖

雖然能量守恆律指出能量可相互轉變，其總值不變，似乎代表能源永不匱乏。但是，如點亮燈泡時，同時會產生熱，被空氣所吸收；燃燒汽油使引擎轉動時，因摩擦所生的熱。這些熱能都無法回收再使用，所以能量經轉換後，可利用的部分只會愈來愈少，不會維持不變。

由於全球化石燃料蘊藏有限（表 7-1），而許多地區國家又過度消耗、大量使用能源，油

價於 2008 年自每桶 50 美元曾迅速漲至 140 美元以上,使物價飛漲、消費者產生心理恐慌,造成經濟與社會脫序的世界能源危機。

表 7-1 全球化石燃料的已知蘊藏量和每年使用量

化石燃料	全球已知蘊藏量	全球每年使用量
煤	$10^{12}$ 噸	$2.3 \times 10^9$ 噸
石油	$10^{12}$ 桶	$2.7 \times 10^{10}$ 桶
天然氣	$5.43 \times 10^{15} \text{ m}^3$	$8.7 \times 10^{13} \text{ m}^3$

臺灣缺乏自產能源,98% 以上的能源仰賴進口(圖 7-27),面對及處理這些能源危機,我們可採取的方法有:

1. 減少對不可再生能源的依賴,評估發展風力、太陽能等可再生能源。
2. 有效地利用能源。
3. 養成節約能源的習慣。

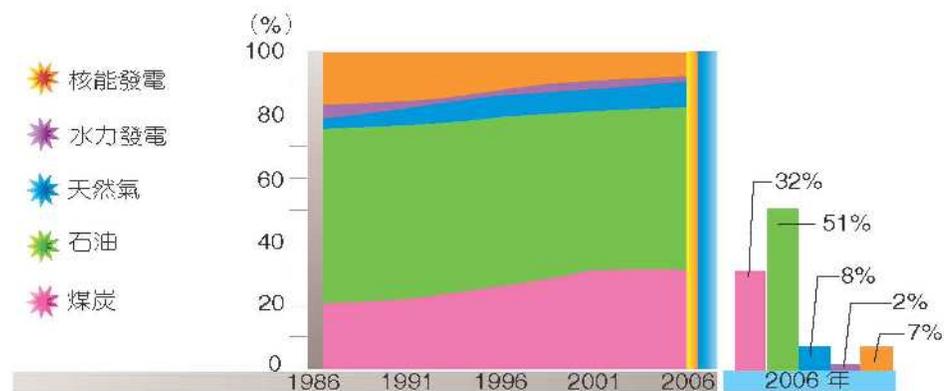


圖 7-27 民國 95 年臺灣的能源供應結構如圖,其中進口能源比例為 98%。

在工業上,發電廠若在不急需產生電力的離峰時段,可將它轉換和儲存為其他形式。例如:明潭下的大觀發電廠,在白天、傍晚及夜晚的尖峰用電時間,利用明潭放水發電並將水存在電廠旁的水壩中;在深夜離峰用電時,利用多餘的電能,將水壩中的水分段抽回到高 300 公尺的明潭中,供次日尖峰時使用。如此交替循環,達到有效地利用能源(圖 7-28)。在一些大型工廠內,可自行建造小型發電設備,利用生產過程中所產生的廢熱氣來發電,這種汽(熱)電共生系統(cogeneration system)可減少耗用能源,是另一種能源的有效利用方式(圖 7-29)。

圖 7-28 (A)明潭電廠上方的湖水。(B)明潭水庫旁的發電廠。

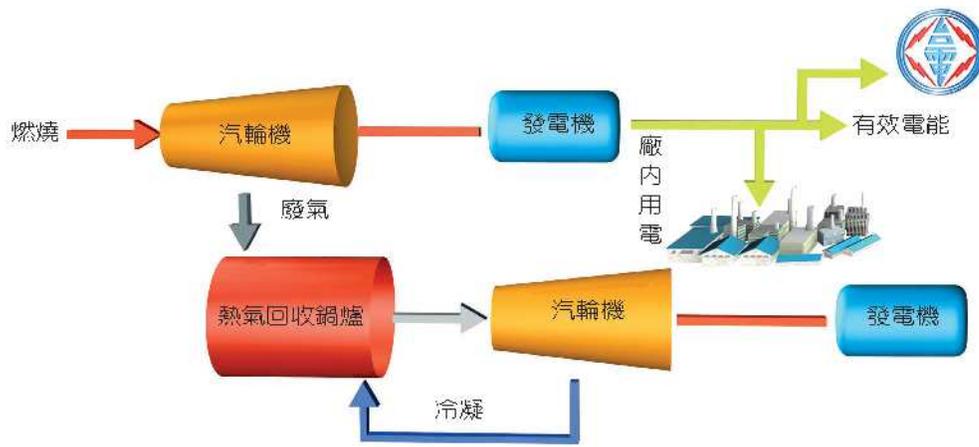


圖 7-29 汽電共生示意圖。一些大型工廠可利用生產過程所產生的廢熱氣來發電，除可以自給自足之外，甚至有多餘的電可供民眾使用。

一般民眾所使用的熱水爐，若採用瓦斯為燃料，能源使用的效率約為 65%，要比使用電力的效率 30% 為高。此外，應避免使用大型的煮食器烹煮少量食物、使用日光燈或其他省電燈具、每天僅煮沸適當的飲用開水等，都是有效利用能源的方法。

### 三、如何節約能源

在日常生活中，我們可以養成一些省電的習慣，來節約能源，如：



多利用太陽光和打開窗戶，少用電燈和冷氣機。



使用冷氣機時，調至適當溫度（ $26^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ ）並關閉窗戶。



外出或不需要使用電器時，關掉所有不必要的電器用品。



避免讓電冰箱的門打開太久，或將溫度調得太低。



累積足夠的衣物才使用洗衣機。



以淋浴代替盆浴。



多使用大眾交通工具。

這些舉手之勞的小動作，可以為能源的永續提供不少貢獻。

## 要點整理

### 重要概念

■功：功=力×物體沿力方向移動之位移 或  $W=F \cdot S$  (7.1)

■動 能：運動中物體可以對其他物體作功的一種物理量，且

$$\text{動能} = \frac{1}{2} mv^2 \quad (7.2)$$

### 基本原理

■力學能守恆律：質量為  $m$  之物體，若只受重力的作用，必有

$$\text{力學能} = \text{動能} + \text{位能} = \frac{1}{2} mv^2 + mgh = \text{固定值} \quad (7.5)$$

即只受重力作用下的任何物體，其力學能皆維持永恆不變的固定值，此關係式稱為力學能守恆律。

■熱量是一種能量，且力學能與熱能可以互相轉換，兩者之間的關係為

$$\begin{array}{ccc} 4.2 \text{ 焦耳的能量} & \longleftrightarrow & 1 \text{ 卡的熱量} \\ \text{(力學)} & & \text{(熱學)} \end{array} \quad (7.7)$$

■能量守恆律：系統在轉換過程中能量既不會憑空產生，也不會憑空消失，整體的能量總和永遠維持不變，這稱為能量守恆律。

■質能關係式：若物體質量改變，此消失的質量  $\Delta m$  可釋放出能量  $E$ ，且

$$E = \Delta mc^2 \quad (7.8)$$

### 分析應用

- 質量  $m$  距離地面高度  $h$  的物體所具有的重力位能為  $mgh$  (設物體在地面處之位能為 0)。
- 在火力發電廠內，燃料的化學能轉換成熱能，熱能轉換成水蒸汽的動能，再轉換成汽輪機的動能，發電機再將此動能轉換成電能。
- 核能發電的優點是以少量核燃料便可產生大量能量，且不會產生二氧化硫與二氧化碳，避免造成空氣汙染、酸雨及全球增溫。
- 核分裂反應皆伴隨和釋放出高能量的輻射，這些輻射包括： $\alpha$  射線 (氦核)、 $\beta$  射線 (電子)、 $\gamma$  射線 (高能量電磁波)、中子及質子等。愈重的粒子，愈不容易穿透物質，但對人體可造成極大傷害， $\gamma$  射線雖穿透力較大，但它對人體之傷害力，則較  $\alpha$  射線或中子為小。
- 核融合反應的最大好處在於其產物為穩定的氦原子核，不會釋出對人體有傷害的輻射 (如  $\beta$ 、 $\gamma$  射線)，是非常乾淨的能源，但由於技術上的困難，目前仍未能利用。
- 目前全球正在發展中的再生能源有風力、太陽能、生質能、潮汐及地熱等。
- 煤、石油與天然氣等化石燃料，是一種不可再生能源。能量經轉換後，可利用的部分，只會愈來愈少，不會維持不變。

### 名詞術語

功、動能、位能、重力位能、力學能守恆律、能量、能量守恆律、核分裂、質能關係式、 $\alpha$  射線、 $\beta$  射線、 $\gamma$  射線、核融合、化石燃料、再生能源

## 迷思概念辨析



## 概念錯誤

熱量與運動的能量屬於不同的領域，彼此沒有什麼關係。

能量守恆律可能有例外或不適用的情形。

$\gamma$  射線穿透力很大，所以對人體的傷害程度較  $\alpha$  射線為大。

核融合反應會釋放出強烈的輻射。



## 概念正確

運動的能量可使水溫上升，運動能量與熱量有精確的轉換關係，即熱量 1 卡 = 4.2 焦耳的能量。

若能量守恆律看似不適用時，是因為我們還未將各種完整的能量納入考慮所致。

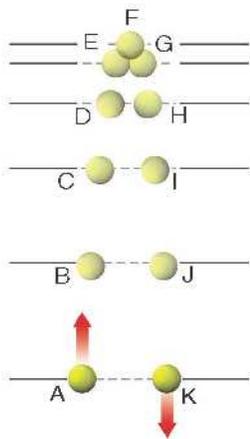
$\alpha$  射線與人體接觸後，可迅速釋放出所攜帶的高能量，對人體傷害度較  $\gamma$  射線大。

核融合反應，不會釋放出有傷害性的輻射，是一種非常乾淨的能源。

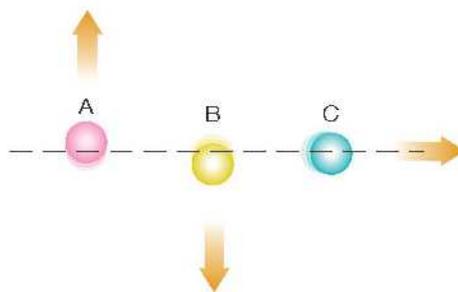
## 習題

## 7-1 能量的基本形式

- ( ) 1. 將一顆質量為  $m$  的球自地面垂直上拋，不計空氣阻力，如圖(一)所示。球上升至高度  $h$  的過程中，重力對球所作的功為何？  
 (A) 0 (B)  $mg$  (C)  $-mg$  (D)  $mgh$  (E)  $-mgh$ 。
- ( ) 2. 承第 1. 題，球自最高處下降  $h$  的過程中，重力對球所作的功為何？  
 (A) 0 (B)  $mg$  (C)  $-mg$  (D)  $mgh$  (E)  $-mgh$ 。



圖(一)



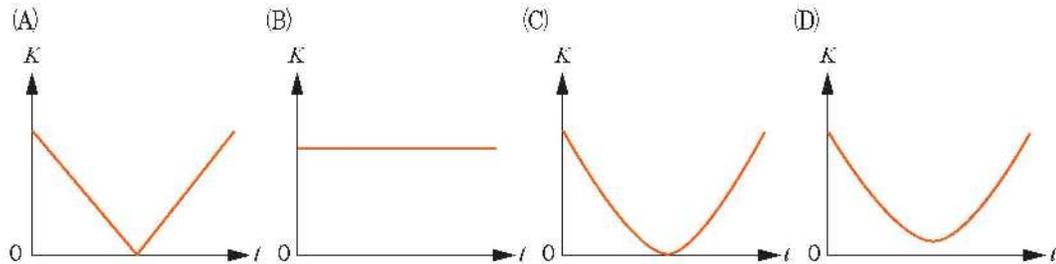
圖(二)

- ( ) 3. A、B、C 三顆質量相同的球，自同一高度，以量值相同、方向不同的初速拋出，如

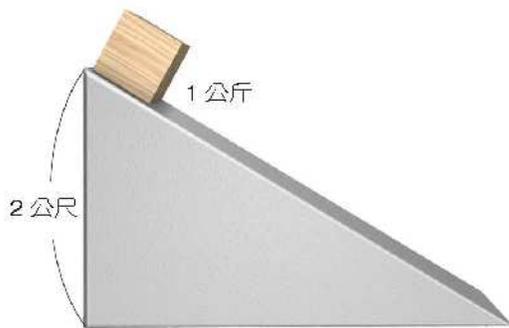
圖(二)所示。在落地時，三球動能  $K_A$ 、 $K_B$  與  $K_C$  之大小關係為何？

- (A)  $K_A > K_B > K_C$   
 (B)  $K_A = K_B > K_C$   
 (C)  $K_A = K_B < K_C$   
 (D)  $K_A > K_B = K_C$   
 (E)  $K_A = K_B = K_C$ 。

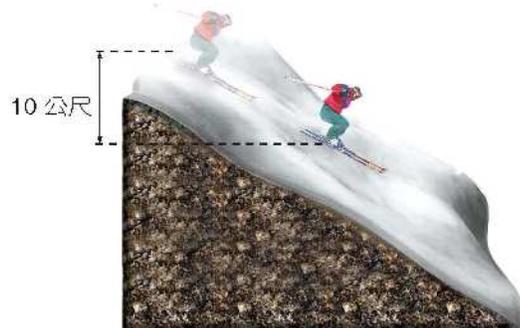
- ( ) 4. 將足球用力向斜上方踢，球向空中飛出，若不考慮空氣阻力，則下列哪一圖可以代表球的動能  $K$  與落地前飛行時間  $t$  的關係？ **【96.學測】**



- ( ) 5. 一質量為 1 公斤之靜止物體，自 2 公尺高處沿一固定的光滑斜面滑下，如圖(三)所示。則滑至地面時，物體動能為多少焦耳？  
 (A) 0 (B) 9.8 (C) 14.7 (D) 19.6 (E) 29.4。



圖(三)



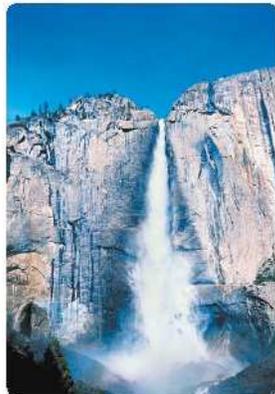
圖(四)

- ( ) 6. 一滑雪選手從小山坡的頂端，由靜止滑下，如圖(四)所示。若不計摩擦力及空氣阻力，則他滑至比原來高度低 10 公尺處之速率約為多少公尺 / 秒？  
 (A) 10 (B) 14 (C) 20 (D) 25 (E) 30。
- ( ) 7. 一球被斜向拋射到空中後落地，有關此過程之敘述，下列何者正確？  
 (A) 球在最高點時，力學能最大 (B) 球在最高點時，位能最大  
 (C) 球上升時，力學能持續增加 (D) 球著地時，力學能最小  
 (E) 球著地時，加速度最大。
- ( ) 8. 在水平地面上有一球落地反彈又落地，週而復始。前後兩次反彈又落地的過程之最大高度比為 1: 0.64。假設空氣阻力可以忽略，則下列有關前後兩次反彈又落地過程的敘述，哪幾項正確？(應選兩項)  
 (A) 最大動能的比例為 1: 0.64  
 (B) 「最大位能－最小位能」的比例為 1: 0.64  
 (C) 最大力學能的比例為 1: 0.8  
 (D) 最大速度量值的比例為 1: 0.64。

**【97.學測】**

### 7-2 能量間的轉換與能量守恆

- ( ) 9. 位於委內瑞拉的天使瀑布約高 1000 公尺，是全世界最高的瀑布。假設當流水從瀑布頂部下瀉至瀑布底部後，流水的位能全部轉換為熱能，則瀑布頂部和底部兩處的最大水溫溫差約為多少°C？  
 (A) 1.0 (B) 1.5 (C) 2.0 (D) 2.3 (E) 2.5。



### 7-3 核 能

- ( ) 10. 下列對  $\alpha$ 、 $\beta$  與  $\gamma$  射線的敘述，何者正確？  
 (A)  $\alpha$  射線不帶電 (B)  $\beta$  射線為一種電磁波 (C)  $\beta$  射線不會受電磁場影響而偏轉 (D)  $\gamma$  射線的運動會受電磁場影響 (E) 穿透力最強的是  $\gamma$  射線。
- ( ) 11. 經由核分裂與核融合反應所釋放出的能量，均可轉換用來發電。下列有關此兩種反應的敘述，何者正確？  
 (A) 核分裂使用氘核為燃料  
 (B) 核分裂不會釋放出對人體有傷害的輻射  
 (C) 核融合有嚴重的輻射性廢料問題  
 (D) 核融合要在高溫下才可進行反應  
 (E) 目前已可利用核融合反應提供工業用電。
- ( ) 12. 試估計核融合反應中，一個氘與氚的原子核結合後，所釋放之能量約多少焦耳？  
 (若  ${}^2_1\text{H}=2.014102\text{ u}$ ， ${}^1_0\text{n}=1.008665\text{ u}$ ， ${}^3_1\text{H}=3.016049\text{ u}$ ， ${}^4_2\text{He}=4.002603\text{ u}$ ， $1\text{ u}=1.66\times 10^{-27}\text{ kg}$ )  
 (A)  $2.8\times 10^{-12}$  (B)  $4.0\times 10^{-12}$  (C)  $6.0\times 10^{-11}$   
 (D)  $2.0\times 10^{-11}$  (E)  $2.0\times 10^{-10}$ 。

### 7-4 能源的有效利用與節約

- ( ) 13. 下列何者屬於再生能源？（應選三項）  
 (A) 風力 (B) 太陽能 (C) 煤 (D) 石油 (E) 生質能。
- ( ) 14. 一名工人正利用一臺電動滑輪裝置，把質量為 50 公斤的貨物在 10 秒內從地面吊起至離地 6 公尺的位置。假設在過程中，該裝置共消耗了 5880 焦耳的電能，則它的能量使用效率是多少？  
 (A) 25% (B) 30% (C) 50% (D) 60% (E) 75%。