

中學生必備的物理常識——熱力學第一定律

在中學的物理課程中，有我們所熟悉的牛頓三大運動定律、克卜勒行星運動三大定律，而在熱力學中也有一系列基本的定律，包括第零定律、第一定律、第二定律、第三定律。雖然曾有學者表示熱力學第二定律是國民基本的常識，但其實在中學的物理課，這些內容在課堂倒不一定有教到。

熱力學基本定律

既然為中學生必備的物裡常識，卻又不見得會學到，這不禁讓人滿腹疑惑，到底熱力學說的是什麼東西？以下就來簡介熱力學的基本定律，相信介紹完之後，大家會有一種「原來就是它呀！」的熟悉感。

1. 熱力學第零定律：

將兩個不同溫度的物體放入絕熱系統中，經過一段時間後，這兩個物體必會達到「熱平衡」的狀態，也就是溫度相同的狀態。

此一定律在國中小階段大家就已經廣泛應用，只是大部分的人不知道它是屬於熱力學的範疇而已。

2. 熱力學第一定律——能量守恆：

簡單來說，就是能量既不會無緣無故地消失，也不會憑空產生。只能從一種形式轉化成另一種形式，或者從一個物體轉移到另一個物體，而總量保持不變。

以我們經常使用的電器用品為例：要讓電器轉動，需要將電能轉換成動能作功，並有部分變成熱能逸散掉了。這作功的能量和逸散掉的熱能，就會等於原先的電力所提供的電能。

3. 熱力學第二定律：

在這裡引進了熵的概念，熵代表系統的狀態。當系統受到外界刺激時，總是往總熵增加的方向進行，且是單向不可逆的過程，若要回復原來的狀態，則需另外作功。

簡單來說，就是系統總是朝著最大亂度的方向進行。舉例而言，將隨身聽的耳機線井然有序地放進包包中但不綁住，經過一段時間再拿出來，會發現這些線會纏得亂七八糟，若置之不理也不會自動變回有條不紊的狀態，一定要花費很大的功夫才能讓它恢復。

4. 熱力學第三定律：

在絕對零度（0K， -273°C ）時，完美晶體的熵為零。

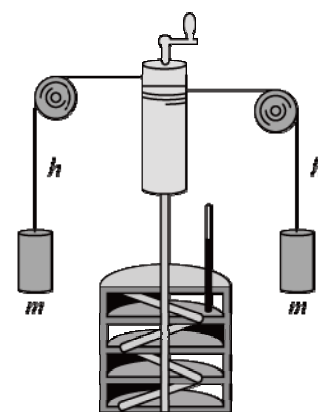
上述觀念，除了第三定律是目前科學家致力研究的方向之外，其餘三項定律都在日常生活中被廣泛運用。所以 97 學測試題中物理與地科試題部分就出現了有關熱力學第一定律的題目，雖然其部分相關的概念如熱的本質、內能等只在高二物理下學期的熱學單元中會約略地的介紹，但是既然這些題目會在學測中出現，就表示熱力學第一定律確實是中學生必備的物理常識之一。因此，雖然熱力學第一定律的完整內容不見得會在教材中清楚地呈現，但是就目前大家所面臨到的能源問題而言，充分了解熱力學第一定律所代表的意義，絕對是必要的。

熱力學第一定律的內涵

熱力學第一定律即為我們常說的能量守恆定律。較詳細地說法是：對一熱力學的系统而言，當其與外界有熱交換時，除了系統內能有變化之外，同時可能對外界作功，如各種熱機作功的情形。這些能量的變化與作功可依照能量守恆定律，知其關係為： $\Delta U = \Delta Q - W$ ，稱之為熱力學第一定律。以下說明其要點：

1. 熱的本質：

十九世紀以前，人們相信熱是一種無色、無味、無質量而且會流動的物質，稱為熱質（Caloric，卡路里），直到十九世紀時由侖福特（Count Rumford，美國，西元 1753~1814 年）及焦耳（James Prescott Joule，英國，西元 1818~1889 年）等人證實熱其實是能量的一種形式，熱能可由力學中的功轉換，也與其他形式能量（例如：電能）轉換。藉由焦耳熱功當量的實驗，我們可測定出 4.187 焦耳的功相當於 1 卡的熱。



2. 內能：

在一個系統中，從微觀的觀點來看，物質的分子間具有動能與位能，這種物質的內部的能量稱之為內能。

一般而言，當物質的內能增加時，如果增加的為動能時，系統的溫度會升高，如果增加的為位能時，系統的溫度並不升高，而是改變分子之間的結構，使其有較大的自由度，如使物質由液態變為氣態時，物質所吸收的潛熱。

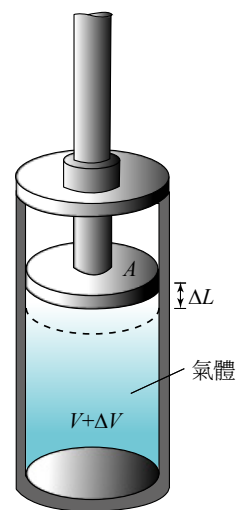
以單原子理想氣體為例，由氣體動力論的模型，可知分子之間的平均距離很大，分子之間的作用力可忽略，因此其分子間的位能可看成常數，故考慮其內能的變化時，就只要考慮

其動能的變化，即 $\Delta U = \Delta K = \frac{3}{2} k \Delta T$ 。

3. 熱與作功：

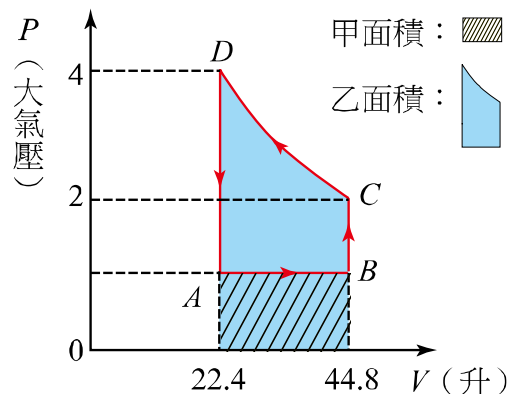
就一個熱力學的系统而言，當其與外界有熱交換時，除了系統內能有變化之外，同時可能對外界作功，以 W 來表示。例如當我們用打氣筒打氣時，在壓縮裡面空氣的過程中，同時會對其作功。此時因氣體受外界作功，所以 W 為負值；而且在此過程中因時間很短，所吸放的熱 ΔQ 可以忽略，而結果是打氣筒的內能 ΔU 增加，所以可以發覺裡面的溫度立即上升。

同樣地，考慮一具有可動活塞汽缸內的氣體，如右圖所示。在平衡狀態下，氣體占有體積為 V ，對汽缸壁及活塞施以一相同的壓力 P 。氣體若在等壓下膨脹，且其過程為緩慢而平衡，活塞的截面積為 A ，其移動的距離為 ΔL ，則可計算此時作功為正值， $W = F \times \Delta L = P \times A \times \Delta L = P \times \Delta V$ 。



熱力學第一定律的應用

舉一個例子來說：有一莫耳的理想氣體，經過下圖 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 為一個循環的 $P-V$ 狀態變化。從圖中可知，在此一循環過程中，由 $A \rightarrow B$ 為等壓膨脹， $B \rightarrow C$ 為等體積增壓， $C \rightarrow D$ 為等溫壓縮， $D \rightarrow A$ 為等體積降壓。可分別比較各階段系統的內能變化及對外界的作功，而得出各階段系統的吸、放熱情形。



1. 內能變化 ΔU ：

(1) $A \rightarrow B$ ： $\because T_A < T_B \quad \therefore$ 內能增加， $\Delta U > 0$

(2) $B \rightarrow C$ ： $\because T_B < T_C \quad \therefore$ 內能增加， $\Delta U > 0$

(3) $C \rightarrow D$ ： $\because T_C = T_D \quad \therefore$ 內能不變， $\Delta U = 0$

(4) $D \rightarrow A$ ： $\because T_D > T_A \quad \therefore$ 內能降低， $\Delta U < 0$

2. 對外界的作功 W ：

(1) $A \rightarrow B$ ：因等壓膨脹，即 $\Delta V > 0$ ，故對外界作正功，功的大小 $W = P\Delta V = P-V$ 線下面積（圖形甲面積）

(2) $B \rightarrow C$ ：因等體積增壓，即 $\Delta V = 0$ ，故 $W = 0$ 。

(3) $C \rightarrow D$ ：因等溫壓縮，即 $\Delta V < 0$ ，故對外界作負功，功的大小 $W = P-V$ 線下面積（圖形乙面積）

(4) $D \rightarrow A$ ：因等體積降壓，即 $\Delta V = 0$ ，故 $W = 0$ 。

3. 吸收的熱量 ΔQ ： $\Delta Q = \Delta U + W$

(1) $A \rightarrow B$ ： $\because \Delta U > 0, W > 0 \quad \therefore \Delta Q > 0$ ，故為吸熱。

(2) $B \rightarrow C$ ： $\because \Delta U > 0, W = 0 \quad \therefore \Delta Q > 0$ ，故為吸熱。

(3) $C \rightarrow D$ ： $\because \Delta U = 0, W < 0 \quad \therefore \Delta Q < 0$ ，故為放熱。

(4) $D \rightarrow A$ ： $\because \Delta U < 0, W = 0 \quad \therefore \Delta Q < 0$ ，故為放熱。

這也可以解釋在大氣中降水的現象。水氣凝結時，空氣中的水氣需達過飽和狀態，而過飽和空氣的形成主要是由於空氣的上升運動，在空氣團絕熱膨脹的情形下，依照熱力學第一定律，內能降低，造成氣溫下降，而形成過飽和水氣；而另一個條件則是有吸濕性較強的凝結核，能使水氣凝結成雲。來自雲中的雲滴，因冰晶體積太小，不能克服空氣的阻力和上升氣流的頂托，從而懸浮在空中。當雲繼續上升冷卻，或者雲外不斷有水氣輸入雲中，使雲滴不斷地增大，以致於上升氣流再也頂不住時候，才能從雲中降落下來，形成雨、雪、雹等降水天氣。

學測上的應用

從以上有關熱力學第一定律的描述與實例，最後讓我們看看 97 年學測出現的這兩題是否可以加以應用。

33. 一空氣團在沿著山坡上升過程中，其溫度與體積可能改變。假設此空氣團在上升過程中，空氣團與周圍空氣間的熱交換很弱，可以忽略。則下列哪一項敘述最可能發生？
- (A) 體積縮小，溫度上升 (B) 體積膨脹，溫度上升
 (C) 體積縮小，溫度下降 (D) 體積膨脹，溫度下降
 (E) 體積不變，溫度不變
49. 依照氣體動力論，在絕對溫度為 T 時，理想氣體分子的平均移動動能為 $\frac{3}{2}kT$ ， k 為波茲曼常數。設絕對溫度為 T 時，在裝有活塞的密閉氣室內，有 N 個某種單原子的理想氣體分子，加熱使氣溫增加 ΔT ，而維持氣室內氣壓不變，則下列敘述哪一項正確？
- (A) 所加的熱能大於 $\frac{3}{2}kN\Delta T$ (B) 所加的熱能等於 $\frac{3}{2}kN\Delta T$
 (C) 所加的熱能小於 $\frac{3}{2}kN\Delta T$ (D) 所加的熱能等於 $\frac{3}{2}kNT$

以上兩個題目，其答案分別為(D)與(A)。如果沒有仔細想過這些現象與原理，可能在過程中會有許多疑問，但如果確實了解熱力學第一定律的意義，再看這兩題，不是就會覺得非常簡單呢？