

3337

-

1016-2

■ 837972

熱力學題解

第二版

原著者：J. P. Holman

解題者：蔡鴻仁・彭冠玉



熱力學題解

第二版

原著者：J. P. Holmān

解題者：蔡鴻仁·彭冠玉

前言

霍爾門教授著「熱力學」曾由本公司委託鴻珍發碩士譯成中文行世多年，惟該書習題頗多，不易獲得原版題解以供參證，使讀者無法證實所解答是否正確，引為憾事。本公司鑒於本課程原供研習機械為主，化工、造船、航空、動力諸系為副，故再請蔡鴻仁、彭冠玉兩位機械研究所碩士代為編成解答，成稿有年迄未應世。現因中文本行暢銷廣，經常有人來函詢問解答，而蔡彭兩碩士早已去國深造，無由代為作答，不得已將該項原稿整理出版。由於此書全憑兩君自己能力作答，其正確度自不及由原作者或其門生自編的教師手冊內容為可靠。故希望讀者能自己對中譯本與題解內容多作一番努力，以資補救，如發現錯誤不合之處，請隨時通知以便糾正而免誤人，實深感謝。

科技圖書公司編輯部謹識

科技圖書股份有限公司

目 錄

前 言

第一章 引 言

綜合問答.....	1
習題題解.....	2

第二章 熱力學第一定律

綜合問答.....	11
習題題解.....	12

第三章 純質的巨觀性質

綜合問答.....	22
習題題解.....	23

第四章 能量分析原理

綜合問答.....	39
習題題解.....	40

第五章 統計熱力學原理

綜合問答.....	58
習題題解.....	59

第六章 熱力學第二定律

綜合問答	66
習題題解	68

第七章 狀態方程式與一般熱力的關係

綜合問答	91
習題題解	92

第八章 統計熱力學之應用

綜合問答	122
習題題解	123

第九章 動能理論與傳輸現象

綜合問答	139
習題題解	140

第十章 氣體混合

綜合問答	148
習題題解	149

第十一章 化學熱力學與化學平衡

綜合問答	180
習題題解	182

第十二章 動力與冷凍循環

綜合問答.....	205
習題題解.....	207

第十三章 壓縮流動的熱力性質

綜合問答.....	250
習題題解.....	252

第十四章 不可逆過程的熱力學

綜合問答.....	271
習題題解.....	272

第十五章 直接能量轉換

綜合問答.....	275
習題題解.....	276

第一章 引言

綜合問答

1. 試討論下列各項名詞：

- (a) 制 (system)
- (e) 外界 (surroundings)
- (b) 狀態 (state)
- (f) 類靜態 (quasistatic)
- (c) 性質 (properties)
- (g) 功和熱 (work and heat)
- (d) 過程 (process)

【答】 (a) 系統係用空間與速度座標定出，其可用與外界各種力的交互作用而得進一步的說明。

(b) 狀態係用空間座標、速度座標及其表現等而定。

(c) 性質：例如溫度、壓力、化學能等均屬於熱力座標，這些座標謂之性質。

(d) 當熱力系統由一狀態改變到另一狀態，則謂之過程。

(e) 在系統外面的物質，即為外界。

(f) 一個過程在物理上可用連續的平衡狀態來描述，這種由於包含一系列幾近於靜態的平衡，謂之類靜態過程。

(g) 一系統及其邊界交互作用的能量，亦即進入或放出系統的能量，可歸類為功與熱。

2. 在實驗工作上，溫度標度是如何被定義的？

【答】 溫度標度之定義，在表 1-1 及表 1-2 分別指出首要與其次要的固定標準點。

3. 作功的定義？

【答】 力作用經過一段位移所耗費的能量，用數學式表示如下：

$$\text{功} = \int_c \vec{F} \cdot d\vec{S}$$

4. 何謂熱力學第一定律？

2 熱力學習題解答

【答】 一個隔絕系統的能量是一常數。

5. 試描述一物理現象，是熱力學第二定律的結果。

【答】 電池可經由電阻器放出能量，但反向作用却不可能，即指加熱到電阻器上，並不能使電池充電。

6. 在SI單位制中，什麼是其基本單位？

【答】 米 (meter)、牛頓 (Newton)、公斤質量 (kilogram mass)、秒、攝氏度數、焦耳、瓦特。

7. 一磅質量與一磅力的分別何在？

【答】 1磅力是使1磅質量的物體獲得 32.174 ft/sec^2 的加速度。

8. 為什麼 g_c 不是重力加速度？

【答】 g_c 它是便於使用牛頓第二運動定律的因次常數，其在各種單位下有不同之值。

9. 何謂“連體”？

【答】 假定體積大得足將其內含的粒子，視為與時間沒有任何明顯的變動，吾人稱為該系統具連體。

10. 何謂“理想氣體”？

【答】 氣體具有 $p v = R T$ 之性質者，稱之為理想氣體。

11. “壓力”是什麼意思？

【答】 由邊界的流體對每單位面積施力的垂直分量，此受壓力的單位面積的大小，必須視為連體方可。

12. 什麼是摩爾？

【答】 摩爾是物質的量，其質量在數質上等於其分子重量，如一克摩爾的氧是32克；1磅摩爾的氧為32 lb_m。

習題題解

1.1 1牛頓力施於3 lb_m質量的物體上，試以 ft/sec^2 表出其加速度。同時又定出對此單位制的 g_c 值。

【解】 $1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lb}_m$ $3 \text{ lb}_m = 1.3536 \text{ kg}$

$$1 \text{ Newton} = \frac{1.3536 \text{ kg} \times a}{1.0 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{Newton} \cdot \text{sec}^2}$$

$$a = 0.733 \text{ m/sec}^2 = 2.405 \text{ ft/sec}^2$$

$$W = \frac{ma}{g_c} \quad 1 \text{ Newton} = \frac{3 \text{ lb}_m \times 2.405 \text{ ft/sec}^2}{g_c}$$

$$g_c = 7.215 \quad \text{lb}_m - \text{ft}/\text{Newton} - \text{sec}^2$$

1.2 兩個 1 lb_m 的物體，相距 4 吋。試計算其間的重力吸引力，又該力將產生多少 ft/sec² 的加速度？

【解】

$$F = K_G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$K_G = 6.673 \times 10^{-8} \text{ dyne} - \text{cm}^2/\text{g}^2$$

$$= 6.673 \times 10^{-8} \times 10^{-5} \times 10^{-4} \times 10^6 \quad \text{Newton} - \text{m}^2/\text{kg}^2$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \text{ nt} - \text{m}^2/\text{kg}^2$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \times (3.28)^2 \times \frac{1}{(2.2)^2} \text{ nt} - \text{ft}^2/\text{lb}_m^2$$

$$= 1.48 \times 10^{-10} \text{ nt} - \text{ft}^2/\text{lb}_m^2$$

$$\therefore F = 1.48 \times 10^{-10} \times \frac{1}{(1/3)^2} = 1.33 \times 10^{-9} \text{ Nt}$$

$$1.33 \times 10^{-9} = \frac{1 \times a}{7.215} \quad a = 9.63 \times 10^{-9} \text{ ft/sec}^2$$

1.3 若地球的直徑是 8000 英里，試用海平面的加速度為 32.174 ft/sec² 與牛頓萬有引力定律，計算地球的質量。

【解】

$$\frac{m_1 g}{g_c} = K_G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$1 \text{ mile} = 5280 \text{ ft} = 5.28 \times 10^3 \text{ ft}$$

$$\text{lb}_f = 4.45 \text{ Nt}$$

$$\frac{32.174}{32.174} = 1.48 \times 10^{-10} \times \frac{1}{4.45} \times \frac{m_2}{(4 \times 10^3 \times 5.28 \times 10^3)^2}$$

$$m_2 = 1.341 \times 10^{25} \text{ lb}_m$$

1.4 在重力加速度為 10 ft/sec² 的某地。試求質量為 1 斯勒 (slug) 的物體的重量。

【解】

$$W = \frac{mg}{g_c}$$

$$W = \frac{1 \times 10}{1} = 10 \text{ lb}_f$$

1.5 兩個 1 呎長的平行導線相距 1.5 吋，各通以電流 1000 安培。試以 lb_f 為單位，計算其間的吸引力。

【解】

$$F = K_A I I' \frac{LL'}{r^2}$$

4 熱力學習題解答

$$K_A = 10^{-7} \text{ nt/amp}^2$$

$$L = 1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

$$r = 1.5 \text{ in} = 0.0381 \text{ m}$$

$$F = \frac{10^{-7} \times (10^3)^2 \times (0.3048)^2}{(0.0381)^2} = 6.4 \text{ nt} = 1.44 \text{ lb}_f$$

1.6 在 $g = 1 \text{ ft/sec}^2$ 之處，某一質量的物體重 11 lb_f ，若受 1 牛頓的力作用，試求其加速度。

$$\text{【解】} \quad W = \frac{mg}{g_c} \quad 1 = \frac{m \times 11}{32.174} \quad m = 2.925 \text{ lb}_m$$

$$1 = \frac{2.925 \times a}{32.174} \quad (\text{由 1.1})$$

$$a = 2.47 \text{ ft/sec}^2$$

1.7 欲使 1 斯勒的物體，獲 1 ft/sec^2 的加速度，需多少牛頓的力？

$$\text{【解】} \quad W = \frac{1 \times 1}{1} = 1 \text{ lb}_f = 4.45 \text{ Newtons}$$

1.8 在 10 psia ， 500°F 下， 5 lb_m 的氮氣於某容器中。試計算該容器的體積與其中的分子數，並計算分子的 rms 速度。

$$\text{【解】} \quad pV = nRT$$

$$10 \times 144 \times V = \frac{5}{28} \times 1545.33 \times 960$$

$$V = 183.96 \text{ ft}^3$$

$$N = \frac{5}{28} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.075 \times 10^{23} \text{ molecules}$$

$$\overline{v^2} = 3RT = 3 \times \frac{1545.33}{28} \times 960 = 1.588 \times 10^5 \text{ ft-lb}_f/\text{lb}_m$$

$$V_{rms} = (1.588 \times 10^5 \times 32.174)^{1/2} = 2261 \text{ ft/sec}$$

1.9 空氣 ($M = 28.97$) 由標準大氣壓力、溫度 (14.7 psia 70°F) 增加到 300 psia ， 300°F 。而最初體積是 1.0 ft^3 。試計算在最高壓力下的體積為若干？

$$\text{【解】} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \frac{14.7 \times 1}{530} = \frac{300 \times V_2}{760}$$

$$V_2 = 0.07 \text{ ft}^3$$

1.10 某容器連到真空泵上，將其抽到絕對壓力 10^{-9} atm。試計算在此壓力與溫度 70°F 下，每單位體積的空氣分子數。

【解】 $pV = \eta RT$

$$10^{-9} \times 14.7 \times 144 \times 1 = \eta \times 1545 \times 530$$

$$\eta = 2.59 \times 10^{-12} \text{ mole}$$

$$2.59 \times 10^{-12} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.6 \times 10^{12} \text{ molecules/ft}^3$$

1.11 液體 (submerged object) 的浮力，等於所排開流體的重量。有一直徑 10 ft 的氣球，充滿 3 psig 壓力， 70°F 的氮氣。試計算當此氣球在 14.7 psia 與 70°F 的標準大氣中，所受的淨升力 (net lifting force)。(略去氣球本身的重量)

【解】

$$V = \frac{4}{3} \pi \times 5^3 = 523.6 \text{ ft}^3 \quad pV = MRT$$

$$(3 + 14.7) \times 144 \times 523.6 = M_1 \times \frac{1545.33}{4} \times 530$$

$$14.7 \times 144 \times 523.6 = M_2 \times \frac{1545.33}{4} \times 530$$

$$M_1 = 6.516 \text{ lb}_m$$

$$M_2 = 5.412 \text{ lb}_m$$

$$F = \frac{(6.516 - 5.412) \times 32.174}{32.174} = 1.104 \text{ lb}_f$$

1.12 試計算在 1000°K 下，氫分子的 rms 速度。

【解】

$$\frac{1}{V^2} = 3 RT = 3 \times \frac{1545.33}{2} \times (1000 \times \frac{9}{5})$$

$$= 4172310$$

$$V_{\text{rms}} = (\bar{V}^2)^{1/2} = (4172310 \times 32.174)^{1/2}$$

$$= 1.16 \times 10^4 \text{ ft/sec}$$

1.13 求在 $20 \times 20 \times 10$ 呎房間內的空氣分子數。

【解】 $V = 20 \times 20 \times 10 = 4 \times 10^3 \text{ ft}^3$

$$14.7 \times 144 \times V = \eta \times 1545.33 \times 530 \quad (pV = \eta RT)$$

$$\eta = 10 \text{ moles}$$

$$10 \times 6.02 \times 10^{23} = 6.02 \times 10^{24} \text{ molecules}$$

1.14 求 1 呎高汞柱所施的壓力。

6 熱力學習題解答

【解】

$$p = \rho \frac{g}{g_c} h = 13.6 \times 62.4 \times \frac{12}{12} \times \frac{1}{144} = 5.893 \text{ psi}$$

1.15 某一液體壓力計 (manometer)，其液體比重為 2.95，用以測量在某一處氣壓為 28.9 吋汞柱時，而容器內壓力為 17.5 psia 的壓力。試求液體壓力計所指的液體高度。

【解】

$$p = 13.6 \times 62.4 \times 28.9 \times \frac{1}{12 \times 144} = 14.2 \text{ psi}$$

$$17.5 - 14.2 = 3.3 \text{ psi g} \quad (p_{abs} = p_{atm} + p_{gage})$$

$$3.3 = 2.95 \times 62.4 \times h \times \frac{1}{12 \times 144}$$

$$h = 30.98 \text{ in}$$

1.16 某物體的質量為 3 公斤，加速到 20 ft/sec。試求欲達到此速度所需的功。分別用 (a) ft-lb_f，(b) joules，(c) Btu 所示之。

【解】 (a) 3 kg = 6.6 lb_m

$$K.E = \frac{1}{2g_c} m v^2 = \frac{6.6 \times 20^2}{2 \times 32.174} = 41.02 \text{ ft-lb}_f$$

$$(b) 1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft-lb}_f$$

$$1 \text{ nt-m} = 1 \text{ joule}$$

$$1 \text{ hp} = 0.746 \text{ kW} = 550 \text{ ft-lb}_f/\text{sec} = 746 \text{ joule/sec}$$

$$1 \text{ ft-lb}_f = 1.36 \text{ joule}$$

$$41.02 \times 1.36 = 55.63 \text{ joule}$$

$$(c) 41.02 \div 778 = 0.053 \text{ Btu}$$

1.17 設兩個大積物體，其質量各為 1000 公斤，在空中依牛頓萬有引力定律而自由作用。若它們由相距 300 呎處分開，依引力定律，在相距 50 呎處，其速度為若干？

【解】

$$Fd = \frac{1}{2g_c} mV^2$$

$$1000 \text{ kg} = 2205 \text{ lb}_m$$

$$k_G = 1.48 \times 10^{-10} \text{ nt-ft}^2/\text{lb}_m^2$$

$$= 1.48 \times \frac{1}{4.45} \times 10^{-10} \text{ lb}_f\text{-ft}^2/\text{lb}_m^2$$

$$1.48 \times \frac{1}{4.15} \times 10^{-10} \times (2205)^2$$

$$= \frac{1}{2 \times 32.174} \times 2205 \times V^2$$

$$V = 11.45 \text{ ft/sec}$$

1.18 兩條導線各長 6 呎，相隔 2 吋，各通以 10,000 安培的電流時，其吸引力為多少 lb_f。

【解】 $F = K_A I L' \frac{L L'}{r^2} \quad 6 \text{ ft} = 1.8288 \text{ m} \quad 2 \text{ in} = 0.0508 \text{ m}$

$$F = 10^{-7} \times (1 \times 10^4)^2 \times \frac{(1.8288)^2}{(0.0508)^2}$$

$$= 1.295 \times 10^4 \text{ Newton} = 2.91 \times 10^3 \text{ lb}_f$$

1.19 試計算一容器內的氧氣 O₂，在 80 psia，500°F 下，每單位時間向單位面積的容器壁上撞擊的分子數。

【解】 $\bar{V}^2 = 3RT = 3 \times \frac{1545}{32} \times 960 \times 32.174 = 4.47 \times 10^6 \text{ ft}^2/\text{sec}^2$

$$\bar{V} = 2.11 \times 10^3 \text{ ft/sec}$$

$$\frac{\dot{n}}{dA} = n V_r = \text{molecules/sec}$$

$$80 \times 144 = \frac{1}{3} \times n \times \frac{32}{6.02 \times 10^{23}} \times 4.47 \times 10^6$$

$$n = 1.45 \times 10^{20}$$

$$\frac{\dot{n}}{dA} = 1.45 \times 10^{20} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \bar{V}$$

$$= 1.45 \times 10^{20} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times 2.11 \times 10^3$$

$$= 1.766 \times 10^{23} \text{ molecules/ft}^2 \cdot \text{sec}$$

1.20 重複 19 題的計算。但其壓力改為 10⁻⁵ atm，而溫度改為 -100°F

【解】 $\bar{V}^2 = 3 \times \frac{1545}{32} \times 360 \times 32.174 = 1.6765 \times 10^6$

$$\bar{V} = 1.29 \times 10^3$$

$$10^{-6} \times 14.7 \times 144 = \frac{1}{3} \times n \times \frac{32}{6.02 \times 10^{23}} \times 1.67 \times 10^6$$

$$n = 7.15 \times 10^{14}$$

$$\frac{\dot{n}}{dA} = 7.15 \times 10^{14} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \bar{V}$$

$$= 7.15 \times 10^{14} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \times 1.29 \times 10^3 = 1.6 \times 10^{18}$$

1.21 日光常數 (solar constant)，是抵於大氣外緣的太陽能量通率 (energy flux)，其值為 444.2 Btu/hr-ft²。將此常數用 watts/cm²，cal/in²、joules/hr-in² 表示之。

【解】 1 ft-lb_f = 1.36 joule

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft-lb}_f = 1058 \text{ joule}$$

$$\frac{444.2 \times 1058}{(12)^2} = 3263.8 \quad \text{joule/hr-in}^2$$

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ watt-sec}$$

$$\frac{3263.8}{(2.54)^2} = 505.9 \quad \text{watt-s/cm}^2\text{-hr}$$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ joule}$$

$$\frac{3263.8}{4.18} = 780.83 \text{ cal/hr-in}^2$$

1.22 在能量系統的經濟計算上，我們通常以每百萬 Btu 多少錢作衡量標準。試用此單位來比較下列的能源：

來源	單位價格	所含的能量
天然氣	\$ 1.00/1000 ft ³	1000 Btu/ft ³
汽油	40 ¢ gal	140,000 Btu/gal
電	2.5 ¢/kwhr	

【解】 天然氣 $\frac{1.00}{1000000/1000000} = 1.00 \text{ 元/百萬 Btu}$

汽油 $\frac{40/100}{140000/1000000} = 2.857 \text{ 元/百萬 Btu}$

電 $\frac{2.5/100}{3413} \times 1000000 = 7.32 \text{ 元/百萬 Btu}$

1.23 設一汽車的消耗汽油速率是 12 哩/加侖（此時車速為 60 哩/小時）利用 1.22 中題的數據，計算能量的消費額。

【解】 $\frac{60}{12} = 5 \text{ gal/hr}$

$$5 \times 140000 = 700000 \text{ Btu/hr} = 7.0 \times 10^5 \text{ Btu/hr}$$

$$\frac{7 \times 10^5}{10^6} \times 2.857 = 2 \text{ 元/hr}$$

1.24 氮在 25 atm，75°C 下置於容器中。試求容器體積為 1000 cm³ 時的氮氣質量。

【解】 $(75 + 273) \times \frac{9}{5} = 323.4^\circ \text{R} \quad 1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}$

$$25 \times 14.7 \times 144 \times 1000 \times \frac{1}{(30.48)^3} = m \times \frac{1545.33}{28} \times 626.4$$

$$m = 0.054 \text{ lb}_m$$

1.25 將 4800 lb_m 的汽車加速到 60 哩/小時。試求所需的功。

【解】 功 = $\frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{32.174} \times 4800 \times \frac{60 \times 5280}{3600}$
 $= 6564.3 \text{ ft-lb}_f$

1.26 約需 80 卡的熱量才能熔解 1 克的冰。“噸”通常用來作為冷凍能量（refrigeration capacity）的單位。其意義是指 24 小時中，冷凍 1 噸水所耗的能量。試將冷凍噸的單位表示成為 Btu/hr 與 kw。

【解】 $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ joule} = 4.18 \text{ watt-s}$

$$1 \text{ 噸} = 910 \text{ 公斤} = 9.10 \times 10^5 \text{ g}$$

$$9.10 \times 10^5 \times 80 = 7.27 \times 10^7 \text{ cal}$$

$$1 \text{ Btu/hr} = \frac{1}{3413} \text{ kw}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ ft-lb}_f = 778 \times 1.36 = 1058 \text{ watt-s} = 1058 \text{ joule}$$

$$\frac{7.27 \times 10^7 \times 4.18}{1058 \times 24} = 1.2 \times 10^4 \text{ Btu/hr}$$

$$1.2 \times 10^4 \times \frac{1}{3413} = 3.5 \text{ kw}$$

1.27 某大型電廠，必須排出的熱量為 2800 Mw（1 Mw = 10⁶ watts）

由鄰旁湖中的水將此熱量帶走。此時用以冷却的水允許的升高溫度是 12°F 。若1加侖的水重 8.33 lb_m ，1 Btu 的熱能可使 1 lb_m 的水升高 1°F 。試求每分鐘所需的冷去水為若干加侖？

【解】 $1 \text{ gal} = 8.33 \text{ lb}_m$ 設為 $m \text{ lb}_m/\text{sec}$

$$m \times 12 = 12 m \text{ Btu/sec} = 12 \times 1058 m \text{ watt}$$

$$= 2800 \times 10^6$$

$$m = 0.22 \times 10^6 \text{ lb}_m/\text{sec}$$

$$= \frac{0.22 \times 10^6 \times 60}{8.33} \text{ gal/min}$$

$$= 1.59 \times 10^6 \text{ gal/min}$$

1.28 與題 1.27 不同的冷却系統，改用大型冷却塔，將水蒸發以帶走熱量。若蒸發 1 lb_m 的水需 1040 Btu 。問散掉 2800 Mw 的熱量，每分鐘需蒸發幾加侖水。

【解】 $2800 \times 10^6 = 1040 \times m \times 1058$

$$m = 2.54 \times 10^3 \text{ lb}_m/\text{sec}$$

$$\frac{2.54 \times 10^3 \times 60}{8.33} = 18.29 \times 10^3 \text{ gal/min}$$

1.29 每人的每天平均消耗食物能量 (food energy) 為 3000 kcal 。假設太陽能經過大氣的吸收、折射等，射到地表的速率是 $200 \text{ Btu/hr}\cdot\text{ft}^2$ ，每天計有 8 小時的日照時間。問需有多少 ft^2 的地表面積，其所吸收的太陽能，等於人體所耗的食物熱能？

【解】 $200 \times 8 \times A = 1600 A \text{ Btu}$

$$1 \text{ Btu} = 1058 \text{ joule} = 253.11 \text{ cal} = 0.253 \text{ kcal}$$

$$1600 \times 0.253 A = 3000$$

$$A = 7.4 \text{ ft}^2$$

第二章 熱力學第一定律

綜合問答

1. 如何定義功 (work) ?

【答】 一力作用經過一距離所消耗之能量

$$W = \int_c \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int F \cos \theta ds$$

2. 何謂膨脹功 (expansion work) ?

【答】 在活塞中，若氣缸中的壓力為 p ，氣體的體積為 V 則膨脹功為

$$W = \int_{v_1}^{v_2} p dV$$

3. 位能 (potential energy) 的意義為何？

【答】 位能是系統的狀態函數，與所考慮的特殊過程無關。

例如：動位能只與其高度有關與如何達到此高度無關。

4. 何謂熱力學第一定律？

【答】 $Q + W = \Delta E$

在隔絕系統中的總內能是不變的 $\Delta E_{isolated} = 0$

5. 內能 (internal energy) 的一般意義是什麼？

【答】 內能可寫成下列式子：

$$E = U + K.E + P.E + Ch.E + \dots$$

在需要時仍可包含電能、磁能、核能等。

6. 熱與功有何不同？

【答】 熱不能表示成力作用經過一段距離，功為力作用經過一段距離所消耗之能量。

兩者均為路徑函數 (path function)。

7. 為什麼不能說系統包含熱？

12 熱力學習題解答

【答】 熱只是系統中由一種狀態變到另一種狀態時，在系統與外界의 交互現象。

8. 何謂比熱 (specific heat) ?

【答】 比熱為 $C = \frac{d'Q}{dT}$

9. 什麼是循環過程 (cyclic process) ?

【答】 系統的循環過程，即由初始狀態經一連續變化又回到原有狀態

10. 如何定義焓 (enthalpy) ?

【答】 焓的定義為 $h = u + pv$

11. 你如何對外人解釋熱力學第一定律？

【答】 我們可以解釋為：一個系統中，加入的能量，等於系統中增加的能量。

12. 功 (work) 與功率 (power) 有何分別？

【答】 功率 = $\frac{\text{功}}{\text{時間}}$ 與功不同。

習題題解

2.1 壓力 342 psia 作用在直徑 7.5 cm 的活塞上。若活塞移動了 3 吋，試求所作的功。

【解】 $W = 342 \times 144 \times \left(\frac{7.5}{30.48 \times 2} \right)^2 \times \pi \times \frac{3}{12} = 4758 \text{ ft-lb}_f$

2.2 電壓 110 伏特，加於某電阻上，所得的電流為 12 安培。試求在 3 分鐘內所散出的能量。

【解】 $W = V_i \Delta t = 110 \times 12 \times 3 \times 60 = 2.376 \times 10^4 \text{ joule}$

2.3 一個火箭可產生推力 600,000 lb_f，速度為 600 哩/小時。試求火箭的馬力，與 1 秒內所發散出的能量 (用 Btu 表示)。

【解】 $600000 \times \frac{600 \times 5280}{3600} \times 1 = 5.28 \times 10^8 \text{ ft-lb}_f$

1 Btu = 778 ft-lb_f

$\therefore \frac{5.28 \times 10^8}{778} = 6.78 \times 10^5 \text{ Btu}$