

第 19 章 熱力學第一定律 本章習題 解答

1. 焦耳的葉片槳輪實驗有沒有傳送熱量到水中，若沒有，為什麼水溫會上升？

答：略

2. 為什麼在晴朗無雲的夜晚地面較容易結霜？

答：略

3. 是非題： $dW = PdV$ ，此式只適用於 (a) 理想氣體；(b) 準靜過程。

答：略

4. 理想氣體作自由膨脹時溫度不會改變，但若對於活塞作絕熱膨脹則溫度會降低，其差別在哪裡？

答：略

5. 孤立的系統中，哪些性質不會改變：(a) 溫度；(b) 壓力；(c) 體積；(d) 總能量？

答：略

6. 烹飪用的鋁箔一面較為光亮而另一面較不反光，欲烘烤馬鈴薯應如何使用鋁箔包紮？

答：略

7. 為什麼從輪胎噴出的空氣會感覺冷些？這是自由膨脹的例子嗎？

答：略

8. 壁爐能溫暖房間的機制為何？壁爐前面打開較好或以玻璃隔開較好？

答：略

9. 玻璃纖維隔熱棒有時會以鋁箔包住另一邊，目的為何？

答：略

10. 很冷的時候，手握住扳手會覺得它會黏住皮膚，為什麼？

答：略

11. (I) 一氣體在等壓 0.4 atm 下從 1.2 L 被壓縮至 0.8 L，共吸收了 400 J 的熱，找出 (a) 氣體所作的功；(b) 內能改變多少？

答：

$$P = 0.4 \text{ (atm)} = 0.4 \times 1.01 \times 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)} = 4.04 \times 10^4 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$(a) W = P\Delta V = 4.04 \times 10^4 \times (0.8 \times 10^{-3} - 1.2 \times 10^{-3}) = -16.2 \text{ (J)}$$

$$(b) \Delta U = Q - W = 400 - (-16.2) = 416.2 \text{ (J)}$$

12. (I) 將一個 400 J 的熱加於 150 g 的液體中，溫度上升了 2.5 K，其比熱值多少？

答：

$$Q = mc\Delta T = 400 = 0.15 \times c \times (2.5) \text{ , 故 } c = 1070 \text{ (J/kg)}$$

13. (I) 一個 80 g 的銅球溫度為 180°C，放入 90 g 的銅製卡計中，卡計內有 15°C 的水 500 g，最後溫度多少？

答：

$$[(0.090)(385) + (0.5)(4190)](T - 15) + (0.08)(450)(T - 180) = 0$$

計算可得 $T = 17.7 \text{ (}^\circ\text{C)}$

14. (I) 將 250 g、溫度 210°C 的鉛球放進 90 g 的鋁製卡計中，卡計內有 20°C 的液體 300g，最後溫度變成 30°C，求液體比熱多少？

答：

$$[(0.09)(900) + (0.3)(c)](30 - 20) + (0.25)(130)(30 - 210) = 0$$

計算可得 $c = 1680 \text{ (J/kg} \cdot \text{K)}$

15. (I) 輕度運動可使人以 600 kcal/h 的速率產生熱，若 60% 的熱會藉水分蒸發而散失，估計 2 h 所損耗的水分。設蒸發所需潛熱為 $2.45 \times 10^6 \text{ J/kg}$ 。

答：

$$Q = 0.6 \times 600 \times 2 = 720 \text{ (kcal)} = 3.014 \times 10^6 \text{ (J)}$$

$$m = Q/L = 1.23 \text{ (kg)}$$

16. (I) 一個 70 g 的銅製卡計中含有 300 g 的水，將 100 g、溫度 100°C 的鉛製子彈加入水中，欲使終溫等於室溫 20°C，水初溫應為多少？

答：

$$[(0.07)(385) + (0.3)(4190)](20 - T) + (0.1)(130)(20 - 100) = 0$$

計算可得 $T = 19.19 \text{ (}^\circ\text{C)}$

17. (I) 核能電廠產生 500 MW 的廢熱要由抽出的湖水帶走，設水溫將升高 10°C，則湖水流率應為多少 kg/s？

答：

$$5 \times 10^8 \text{ (J/s)} = (4190)(10)(dm/dt) \text{ , 計算可得 } dm/dt = 1.2 \times 10^4 \text{ (kg/s)}$$

18. (I) 太陽輻射到地球表面的能量約為 1 kW/m^2 ，有一台 $3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的太陽能

收集器被用來加熱水，若要使溫度上升 40°C ，水流率應為多少 kg/s ？設 80% 的輻射能被水吸收。

答：

$$dQ/dt = (6)(10^3)(0.8) = (dm/dt)(4190)(40)$$

$$\text{計算可得 } dm/dt = 0.0286 \text{ (kg/s)} = 28.6 \text{ (g/s)}$$

19. (I) 一輛 1200 kg 的車子由 100 km/h 的速度剎車停止。(a) 共損失多少動能？(b) 若 60% 的能量損失於 10 kg 重的鋼製剎車轂上，其溫度上升多少？

答：

$$(a) \Delta k = 0 - \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2} \times 1200 \times (100000/3600)^2 = -463000 \text{ J} = -463 \text{ (kJ)}$$

$$(b) 463000 \times 0.6 = 10 \times 450 \times \Delta T \quad \therefore 463000 \times 0.6 = 10 \times 450 \times \Delta T$$

$$\therefore \Delta T = 2.78 \times 10^5 / (10)(450) = 61.7 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

20. (I) 0.5 kg 的鎚頭以 2 m/s 的速率敲擊 6 g 的鋼釘 15 次，設鎚子動能的 20% 使釘子溫度上升，問釘子溫度上升幾度？

答：

$$\frac{1}{2} \times 0.5 \times 2^2 \times 15 \times 0.2 = 0.006 \times 450 \times \Delta T \quad \therefore \Delta T = 1.11 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

21. (II) 1847 年，焦耳在度蜜月時攜帶了一支溫度計去量法國阿爾卑斯山 Chamonix 瀑布頂部及底部的水溫，瀑布有 120 m 高，設水流到底下時動能完全變成內能，試估計溫度上升多少？你想其量出結果與估計相符嗎？

答：

$$mgh = mc\Delta T, \quad \Delta T = \frac{gh}{c} = 0.28 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

22. (II) 5 kg 的鉛彈從 40 m 高處丟到 50 kg 的水中，估計水溫上升多少？設鉛彈與水初溫相同，且 80% 的動能被用來使水溫上升。

答：

$$0.8 \times 5 \times 9.8 \times 40 = (50 \times 4190 + 5 \times 130) \Delta T \quad \therefore \Delta T = 7.46 \times 10^{-3} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

23. (II) 1 kg 的水在 0°C 及 1 atm 的狀態下結成 0°C 的冰，水共作多少功？水密度為 1000 kg/m^3 ，冰密度為 920 kg/m^3 。

答：

$$W = P\Delta V = (1.01 \times 10^5)(1/920 - 1/1000) = 8.8 \text{ (J)}$$

24. (II) 兩莫耳的理想氣體最初壓力為 150 kPa ，溫度為 20°C ，經準靜膨脹成原

來體積的兩倍，求所作的功與內能的變化。設其過程為：(a) 等溫的；(b) 絕熱的。令 $\gamma = 1.4$ ， $C_v = 20.9 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 。

答：更正

$$n = 2 \text{ (mole)}, P_1 = 150000 \text{ (Pa)}, T_1 = 293 \text{ (k)}, V_2 / V_1 = 2$$

(a) 等溫：

$$W = nRT \ln(V_2 / V_1) = 2 \times 8.314 \times 293 \times \ln(2) = 3377 \text{ (J)}$$

$$\Delta U = 0 \quad (\because \Delta T = 0)$$

(b) 絕熱：

$$150000V_1 = 2 \times 8.314 \times 293 \quad \therefore V_1 = 0.0325 \text{ (m}^3\text{)}, V_2 = 0.065 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$150000 \times 0.0325^{1.4} = P_2 \times 0.065^{1.4} \quad \therefore P_2 = 56839.4 \text{ (Pa)}$$

$$W = \frac{150000 \times 0.0325 - 56839.4 \times 0.065}{1.4 - 1} = 2951 \text{ (J)}$$

$$\therefore \text{絕熱} \quad \therefore Q = 0, \Delta U = -W = -2951 \text{ (J)}$$

25. (I) 某系統作了 11 J 的功，同時吸收了 35 J 的熱，(a) 設原來內能為 205 J，後來內能變成多少？(b) 此系統經不同之熱力學路徑到這同樣的末狀態，設其間作了 15 J 的功，問有多少熱轉移？

答：

$$(a) \Delta U = Q - W = 35 - 11 = 24 \text{ J}, \text{ 故 } U_f = 229 \text{ (J)}$$

$$(b) \Delta U = 24 = Q' - 15, \text{ 故 } Q' = 39 \text{ (J)}$$

26. (II) 氣體被裝在直立的汽缸中，上有一 2 kg 的活塞，其半徑為 1 cm，加入 5 J 熱後，活塞上升了 2.4 cm，求：(a) 氣體所作的功；(b) 內能改變多少？大氣壓力為 10^5 Pa 。

答：

$$(a) W = (mg + PA)h = (19.6 + 31.4)(0.024) = 1.22 \text{ (J)}$$

$$(b) \Delta U = 5 - 1.22 = 3.78 \text{ (J)}$$

27. (II) 某氣體經過三種過程循環回到原來狀態，如圖 19.18 所示，設 a 點的內能 $U_a = 600 \text{ J}$ ，而過程 abc 共吸收了 4500 J 的熱。(a) 算出 U_c 的值，若此循環共吸收 1000 J 的熱，找出 c 到 a 的過程中；(b) 氣體所作的功；(c) 轉移的熱。

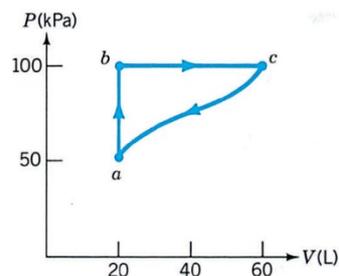


圖 19.18

答：

(a) 由過程 abc ， $U_c - U_a = Q - W = 4500 - (100000 \times 40 \times 10^{-3}) = 500 \text{ (J)}$

故 $U_c = 1100 \text{ (J)}$

(b) $Q_{abc} + Q_{ca} = 1000 = 4500 + Q_{ca}$

$Q_{ca} = -3500 \text{ (J)}$, $\Delta U = U_a - U_c = -500 \text{ J}$ ，故 $W_{ca} = Q_{ca} - \Delta U = -3000 \text{ (J)}$

(c) $Q_{ca} = -3500 \text{ (J)}$

28. (II) 一莫耳理想氣體經歷一循環過程如圖 19.19 所示， a 到 b 的過程為等溫膨脹，(a) ab 、 bc 、 ca 每一段各作多少功？(b) 在一次完整循環中的淨熱流多大？

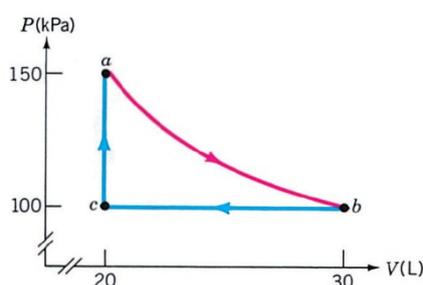


圖 19.19

答：

(a) $W_{ab} = nRT \ln\left(\frac{30}{20}\right) = P_a V_a \ln(1.5) = 1216 \text{ (J)}$

$W_{bc} = P\Delta V = -1000 \text{ (J)}$, $W_{ca} = 0$

(b) $\Delta U = Q - W = 0$, $Q = 216 \text{ (J)}$.

29. (II) 兩莫耳的理想氣體在 0°C 被等溫壓縮，使壓力由 100 kPa 變成 250 kPa ，求其所作的功。

答：

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 100 V_1 = 250 V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2.5}$$

$$W = 2(8.314)(273) \ln\left(\frac{1}{2.5}\right) = -4160 \text{ (J)}$$

30. (I) 理想氣體以絕熱膨脹成兩倍原來體積，此過程共作了 400 J 的功。問：

(a) 內能改變多少？(b) 多少熱轉移？

答：

(a) $\Delta U = Q - W = 0 - 400 = -400 \text{ (J)}$

(b) $Q = 0$

31. (I) 2 莫耳的理想氣體經準靜絕熱過程，從 15°C 升高至 90°C 共作多少功？

今設 $c_v = 12.5 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 。

答：

$$W = -nc_v(T_2 - T_1) = -1875 \text{ (J)}$$

32. (I) 半徑 2 cm，長 40 cm 的絕熱銅棒兩端保持 0°C 與 60°C，(a) 棒上的熱流率多大？(b) 當達到穩定狀態時，棒上離熱端 10 cm 處的溫度多高？

答：

$$(a) \frac{dQ}{dt} = \kappa A \frac{dT}{dx} = (400)(\pi r^2)(60/0.04) = 75.4 \text{ (W)}$$

$$(b) T(x) = T(0) + x(dT/dx) = 60 - (0.1)(60/0.4) = 45 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

33. (II) 兩根棒子，一銅製，一鋁製，各長 50 cm，半徑 1 cm，將一端靠在一起，如圖 19.20 所示，棒的周圍絕熱。銅的另一端為 80°C 而鋁的另一端為 10°C，問：(a) 接點的溫度多少？(b) 棒上的熱傳導速率多大？



圖 19.20

答：

$$(a) \frac{dQ}{dt} = \kappa_1 A (80 - T)/L = \kappa A (T - 10)/L, \text{ 故 } 400(80 - T) = 240(T - 10)$$

計算可得 $T = 53.8 \text{ (}^\circ\text{C)}$

$$(b) \frac{dQ}{dT} = 6.6 \text{ (W)}$$

34. (II) 一吋厚的保麗龍(Styrofoam) 之 R 值為 6。問需要多厚的混凝土(以 in 為單位)，才能具有相等的 R 值？

答：

From p. 19-17, $R = 0.14/\kappa = 0.14/0.9 = 0.156$, for 1 inch.

Thus, for $R = 6$ need $6/(0.156) = 38.5$ (in)

35. (I) 太陽可視為一 5800 K 的球體，令其半徑為 $7 \times 10^8 \text{ m}$ ， $e = 1$ 。總輻射功率多大？

答：

$$P = \sigma T^4 (4\pi R^2) = 3.9 \times 10^{26} \text{ (W)}$$