

科學圖書大庫

物理學自修叢書(四)

動力論與熱力學

譯者 鄧力夫

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

物理學自修叢書(四)

動力論與熱力學

譯者 鄧力夫

徐氏基金會出版

給教師序

爲期一年的物理計劃課程的課本合共五部書，這是其中第四部，第Ⅰ部**力學**，第Ⅱ部**電磁學**，以及第Ⅲ部**光學與波動**，取材普通以包括初等物理課程的項目爲主，第Ⅴ部**近代物理學選論**係對量子物理、原子物理和原子核物理作了個初步的簡介。

這計劃課本原定爲中學最高年級以及大學第一年的物理課程寫的，在大學水準，我們覺得它特別適合於初級課程以及主修文藝和社會組院系的學生，本叢書各部互相獨立，可分開來讀，實際上已出版的各部中已經有很多這樣用法的，各部的編寫以使讀時無需同時參考標準課本，僅需教師最少的指導爲原則，並經試用有效，當然每部亦可用作一些標準課本的補充讀物，無論如何，我們極力主張本書要盡可能加上教室示範表演、討論、影片，以及實驗練習等。

動力論與熱力學假設學生有力學的普通知識，且運用代數符號與方程式的能力，合乎已讀好中級代數課程的程度，我們把這些預備知識概括在第X—XIII頁的測驗中。

出版者爲應要求，將供給整套叢書的教師手冊，內有章末習題解答，附加測驗題，與標準物理課本的關聯，以及提示本計劃學習書在指定上下文內最有效的教學法。

最後，我們要感謝 John Wiley and Sons 公司所有幫助印製本冊計劃物理的先生們，特別感謝 Miss July Vantrease 核讀原稿，因她編寫本叢書另外的卷冊，在循序的計劃方面更提供了許多寶貴意見；Miss Dorothy Garbose 與 Miss Bryna Silverman 督印原稿；以及 Mr. George Flohn 與製圖部諸君精繪圖表

June 19/57

1966 年 9 月
於紐約市

亞歷山大、約瑟夫
丹尼爾、丁、李熙

學生學習指導

這本書是一計劃課本，意即(1)以一連串的簡短步驟來分析初等物理課程的題材和(2)以被發現為最能促進學習效果的方法與順序來編排這些步驟。

每個在書內呈現出來的步驟稱為**結構題**(frame)。每一結構題陳述些知識，並提出問題或計算題給學生解答，以便學生循序再讀下去之前考核其已了解的程度，你可將你對這些問題的答案填入結構題所留的空格內或寫在老師給你設計的另張答案紙上。

你寫下答案之後，可核對印在五個星號一行下面的正確答案。五星號指示每個結構題完了的意思，例如：

1. 米係一含有 39.37 吋的單位長度，2 米長含有 _____ 吋。

★ ★ ★ ★ ★

78.74

2. 米用來量度 (重量 / 長度 / 時間) 而相當於 _____ 吋。

★ ★ ★ ★ ★

長度; 39.37

參考的附頁在書後，每一附頁可翻出書外，以便學生使用時易於參閱。

遮蓋卡片是準備給你遮着正在作的那題結構題的答案，並遮着同頁上其他未作的小題，等你寫了答案之後，將卡片往下移，星號下面的答案露出來便可核對了。

動力論與熱力學預備知識測驗

將正確答案號碼填在所給空格內，若無正確答案可選，用“○”表示。

1. 加 10 牛頓向西之力於一 25 kg 之物體 12 sec 而產生 5 米向西之位移，所加衝量爲：

(1) 250 $nt \cdot sec$ 向西； (2) 120 $nt \cdot sec$ 向西； (3) 50 $nt \cdot m$ ；
(4) 60 $m \cdot sec$ ； (5) 300 $kg \cdot sec$

答：1 _____

2. 第 1 題中，此力所作之功爲：

(1) 120 $kg \cdot m / sec$ 向西； (2) 120 $nt \cdot sec$ 向西； (3) 50 $joules$ ；
(4) 50 $ergs$ ； (5) 60 $m \cdot sec$

答：2 _____

3. 在地球表面或其附近的重力加速度約爲：

(1) 98 ft / sec^2 (2) 98 m / sec^2 (3) 980 m / sec^2
(4) 9.8 ft / sec^2 (5) 9.8 m / sec^2

答：3 _____

4. 一 25 kg 物以 12 m / sec 向東之速度運動，其動能爲：

(1) 300 $joules$ (2) 300 $ergs$ (3) 1800 $joules$
(4) 1800 $ergs$ (5) 300 $kg \cdot m / sec$ 向東

答：4 _____

5. 第 4 題中此物之動量爲：

(1) 300 $kg \cdot m / sec$ 向東 (2) 300 $joules$ (3) 300 $ergs$
(4) 1800 $joules$ (5) 1800 $ergs$

答：5

6. 一 5 gm 物以 10 cm/sec 向東運動碰撞一牆，並以 10 cm/sec 向西之速度反彈回來，此物動量變化之大小為：

- (1) 零 (2) $50\text{ gm}\cdot\text{cm/sec}$ (3) $100\text{ gm}\cdot\text{cm/sec}$
(4) 50 joules (5) 20 cm/sec

答：6

7. 作用於某 10 kg 物之淨力，在 0.5 sec 內使物產生 15 m/sec 向西之速度變化，此淨力的大小為：

- (1) 30 nt (2) 30 dynes (3) 20 dynes
(4) 300 nt (5) 75 nt (6) 7.5 nt

答：7

8. 一立方體邊長 $x\text{ cm}$ ，此立方體每面之面積為：

- (1) $x\text{ cm}^3$ (2) $x^2\text{ cm}^3$ (3) $x^3\text{ cm}$
(4) $x^2\text{ cm}$ (5) $x^2\text{ cm}^2$ (6) $x^3\text{ cm}^3$

答：8

9. 立方體邊長 $y\text{ cm}$ ，立方體之體積為：

- (1) $y\text{ cm}^3$ (2) $y^2\text{ cm}^3$ (3) $y^3\text{ cm}$
(4) $y^2\text{ cm}$ (5) $y^3\text{ cm}^3$

答：9

10. 已知 $pV = NkT$ ，則 $N =$ _____：

- (1) $\frac{kT}{pV}$ (2) $\frac{pVT}{k}$ (3) $pV - kT$
(4) $\frac{pV}{kT}$ (5) $\frac{k}{pV}$

答：10

11. 已知 $pV = NkT$ ，則 $\frac{T}{p} =$

- (1) NkV (2) $\frac{Nk}{V}$ (3) $\frac{V}{kN}$
 (4) $\frac{NV}{k}$ (5) $\frac{k}{NV}$

答：11.

12. 已知 $pV = NkT$ ，且 $pV = nRT$ ，則 $n =$ _____：

- (1) pV (2) k (3) $\frac{R}{k}$
 (4) $\frac{k}{R}$ (5) RT

答：12 _____

13. 若 $N = \frac{(6 \times 10^{24})(4 \times 10^{-5})}{(8 \times 10^{-12})}$ ，則 $N =$ _____：

- (1) 3×10^7 (2) 3×10^{-7} (3) 3×10^{31}
 (4) 3×10^{-10} (5) 3×10^{10}

答：13 _____

14. 25cm^2 的面積相當於：

- (1) 0.25 m^2 (2) 0.0025 m^2 (3) 2500 m^2
 (4) 2.5 m^2

答：14 _____

15. 25 cm^3 的體積相當於：

- (1) $2.5 \times 10^{-5}\text{ m}^3$ (2) $2.5 \times 10^7\text{ m}^3$ (3) 2500 m^3
 (4) 0.0025 m^3

答：15 _____

16. 用 x 代表的一物理量，求得與物理量 t 的平方成正比並與物理量 p 和 v 成反比，比例常數為 k ，下面那個是這關係的數學表示式？

$$(1) x = \frac{k (pv)^2}{t}$$

$$(2) t^2 = kpv$$

$$(3) x = \frac{kt^2}{pv}$$

$$(4) x = kt^2 - kpv$$

答：16 _____

目錄

學生學習指導 (ix)

預備知識測驗 (x)

第一章

動力論 (1)

1. 密度的量度；單位；比重；質量密度與重量密度 (2)
2. 壓力；定義： $p = \frac{F}{A}$ ；液體壓力： $p = \rho gh$ ；大氣壓力；氣壓計；壓力單位： cm 水銀柱，大氣壓， nt/m^2 ， $dyne/cm^2$ (10)
3. 溫度的量度；攝氏溫標；熱膨脹 (24)
4. 氣體的外觀性質 (32)
5. 氣體定律；波義耳定律 (39)
6. 氣體定律（續） (49)
7. 氣體動力論 (62)
8. 動力論（續）；亞佛加德羅定律與亞佛加德羅數；葛拉漢定律；氣體之 *RMS* 速率；溫度變化與張縮之關係 (77)
9. 理想氣體定律之偏差；動力論之修正；范德瓦斯狀態方程式；焦耳——湯森效應及其解釋 (91)
10. 複習與習題 (105)
- 習題 (111)

第二章**熱和熱力學 (114)**

1. 溫度、熱和功；熱力學第一定律 (115)
2. 熱量單位、比熱；物相變化 (124)
3. 熱功當量；熱力學第一定律之應用；等壓、等容與絕熱過程 (139)
4. 熱傳導的方法：傳導，對流，輻射 (151)
5. 熱機；卡諾熱機；熱效率 (167)
6. 熵 (177)
7. 複習與習題 (193)
- 習題 (203)

第一章

動力論

【學習目標】

在學完本章之後，學生應該有能力去：

1. 定義及計算密度與比重。
2. 定義及計算壓力。
3. 描述水銀氣壓計。
4. 用厘米水銀柱、大氣壓、和牛頓/米²，以計算壓力。
5. 描述攝氏溫標的幾個定點；互相換算攝氏溫標和凱氏溫標的讀數。
6. 解些包含有固體、液體、和氣體熱膨脹的問題。
7. 描述氣體的外觀性質。
8. 定義擴散。
9. 區別定律與學說。
10. 陳述並應用波義耳定律、查理定律、和氣體普遍定律。
11. 描述氣體的動力論；陳述此理論的主要假設。
12. 以一般術語解釋，氣體定律怎樣能夠從動力論的假設推導出來。
13. 陳述由動力論推導出來的理想氣體狀態方程式。
14. 陳述亞佛加德羅原理。
15. 計算氣體分子的方均根速率。

16. 陳述葛拉漢氏擴散定律。
17. 引用動力論解釋，何以當氣體膨脹或受壓縮時溫度就變化。
18. 描述實際氣體行狀與理想氣體行狀有偏差的條件。
19. 描述動力論所必須作的修改以解釋實際氣體與理想氣體行狀的偏差。

第一節 密度的量度

單位

比重

質量密度與重量密度

1. 有一個老謎題，可用 *MKS* 制陳述如下：那個具有較大的質量？（一仟克的鉛／一仟克的羽毛／都沒有）

★ ★ ★ ★ ★

都沒有（它們每個都具有相同的質量， 1 kg ）

2. 此謎題的要點是，雖則這兩種物質事實上具有相同的質量，它們之間總有些分別的。

立方厘米（ cm^3 ）是一種用來量度（質量／重量／面積／體積）的單位，那個具有較大的質量？（ 100 cm^3 的空氣／ 100 cm^3 的水／都沒有）

★ ★ ★ ★ ★

體積； 100 cm^3 的水。

3. 等體積的空氣和水具有（相同質量／不同質量）。

1000 cm^3 的鉛和 1000 cm^3 的水具有相同的（質量／體積）。

★ ★ ★ ★ ★

不同質量；體積

4. 經驗顯示如果我們在不同的物質中取出相等的體積，我們多半發現它們具有（相同的／不同的）質量。

★ ★ ★ ★ ★

不同的

5. 兩種不同物質體積間比較的結果（是／不是）多半就成為它們質量間良好的比較結果。

★ ★ ★ ★ ★

不是

6. 在通常環境之下（即羽毛沒有被壓縮），一仟克的鉛佔有體（大於／小於／等於）一仟克羽毛的體積。

★ ★ ★ ★ ★

小於

7. 一仟克的水比一仟克的硬鋼佔有（較大／較小）的體積。
等質量的不同物質（是／不是）多半聚合成不等的體積，這事實就是我們區別等質量的鉛和羽毛的關鍵。

★ ★ ★ ★ ★

較大；是

8. 參閱附頁 1，右上角的字母是 _____。

★ ★ ★ ★ ★

T（如果你的答案不對，那是找錯了附頁）

（譯註：本題用意在於開始先測驗你是否會按指定去找附頁）

9. 科學家量度不同物質在等體積中含有若干質量，用以比較這些

物質。附頁 1，在這表中每種物質被用作比較的體積是 _____ 立方米 (m^3)。

★ ★ ★ ★ ★

10^{-3}

10. 第二行列給我們的是對應於第一行所列物質中每 $10^{-3} m^3$ 的

_____。

★ ★ ★ ★ ★

質量

11. 附頁 1， $10^{-3} m^3$ 的酒精有質量 _____ kg ，而 _____ m^3 的金有質量 _____ kg 。

★ ★ ★ ★ ★

0.79； 10^{-1} ；19.3

12. 附頁 1，11.3 kg 的鉛與 13.6 kg 的汞有相同的 _____。附頁 1 列給我們含在等 _____ 中不同物質的 _____。

★ ★ ★ ★ ★

體積；體積；質量

13. 一種物質每單位體積的質量，科學家稱之為它的密度 (density)。

$10^{-3} m^3$ 酒精的質量是 0.79 kg ，酒精的 _____ 是 $\frac{0.79 \text{ } kg}{10^{-3} m^3}$ 或 7.9×10^2 _____ (填單位)。

★ ★ ★ ★ ★

密度； kg/m^3 。

14. $10^{-3} m^3$ 鐵的質量是 7.1 kg ，鐵的密度是 _____ (填數字和單位)。

★ ★ ★ ★ ★

$$\frac{7.1 \text{ kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 7.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

15. 令 m 代表某些物質樣品的質量而 V 代表其體積。

其密度，或每單位 _____ 的 _____ 便得為比值 _____（用 m 和 V 表示）。

★ ★ ★ ★ ★

體積；質量； $\frac{m}{V}$

16. 我們以後用希臘字母 rho (ρ) 來代表密度。

密度是物品的一種性質，定義為：用語文敘述，它的 _____
。用符號表示， $\rho =$ _____。

★ ★ ★ ★ ★

每單位體積的質量； $\frac{m}{V}$

17. 當一樣品的質量用 kg 量度而體積用 m^3 量度，計算得密度用 _____。
若一樣品的質量用 gm 量度而體積用 cm^3 量度，計算得密度用 _____。

★ ★ ★ ★ ★

kg/m^3 ; gm/cm^3

18. 790 gm 的酒精有體積 1000 cm^3 ，酒精的密度是 _____ gm/cm^3 。

★ ★ ★ ★ ★

$$\frac{790 \text{ gm}}{1000 \text{ cm}^3} = 0.79 \text{ gm/cm}^3$$

19. 附頁 1，由第二與第三行所給的數據計算汞的密度，用 gm/cm^3 表示。

★ ★ ★ ★ ★

$$13.6 \text{ kg} = 13600 \text{ gm}$$

$$10^{-3} \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{13600 \text{ gm}}{1000 \text{ cm}^3} = 13.6 \text{ gm/cm}^3$$

20. 我們用以描述一種物質密度的單位，是由我們用以量度該物質樣品的 _____ 與 _____ 的單位來決定的。

★ ★ ★ ★ ★

以下兩答案，可取任意次序：質量，體積

21. 一空氣樣品佔體積 1 公升 (1 liter = 1000 cm³) 且有質量 1.293 gm，它的密度是 1.293 _____ (填單位)。

★ ★ ★ ★ ★

$$\frac{m}{V} = \frac{1.293 \text{ gm}}{1 \text{ liter}} = 1.293 \text{ gm/liter}$$

22. 在不同的單位中，得知密度是會變化的，如密度這種物理量，用來比較兩種物質，並不適當，可以推廣出一種無單位的，具比較性質的密度標度如下：

假定我們比較鐵的密度 (ρ_{iron}) (用 gm/cm³) 與水的密度 (ρ_{water}) (用同單位)。

$$\frac{\rho_{\text{iron}}}{\rho_{\text{water}}} = \text{_____} \quad (\text{用附頁 1 的數據；消去可能的單位並化簡之})。$$

★ ★ ★ ★ ★

$$\frac{7.1 \text{ gm/cm}^3}{1 \text{ gm/cm}^3} = 7.1 \quad (\text{注意單位全部消去})$$

23. 附頁 1，比較鐵的密度 (用 kg/m³) 和水的密度 (用 kg/m³)

$$\frac{\rho_{\text{iron}}}{\rho_{\text{water}}} = \text{_____}。$$

★ ★ ★ ★ ★

$$\frac{7.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{10^3 \text{ kg/m}^3} = 7.1$$

24. 附頁 1，將一種物質的密度對水的密度 (兩者都以同單位量度