

物理學

第一冊

Sears 原著

王子昌譯

龍門聯合書局出版

物 理 學

Principles of Physics

第 一 冊

固 體 力 學

F. W. Sears 原著

王 子 昌 譯

門 聯 合 書 局 出 版

本書係美國 F. W. 席爾斯教授所編。原書共分三冊，第一冊包括力學、熱學和聲學，於 1944 年出版。本書內容是原書的第一冊固體力學部份：矢量的合成、靜力學、力矩和重心、直線運動、牛頓第二定律、拋射體運動、質心、功和能、衝量和動量、圓周運動、轉動慣量、轉動和平動、彈性學、諧運動、萬有引力等十五章。

本書可作理工大專同學以及中等學校、師範學校、中等技術學校教師的參考資料。

物 理 學

第 一 冊

F. W. Sears 原著

王 子 昌 譯

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

上海茂名北路 300 弄 3 號

新 華 書 店 總 經 售

新 中 央 印 刷 所 印 刷

上 海 康 定 路 158 號

開本：787×1092 1/23 印數：13,001—13,500 冊

印張：13 1/23 1951 年 9 月 第 一 版

字數：242,000 1955 年 8 月 第八次印刷

定價：(8) 一元八角六分

序

本書原著作者 Sears 教授，以其數十年來的經驗，編成此書，雖其觀點、立場不盡正確，但如能加以適當的批判，作為技術性的介紹，仍有裨益。本書經上海交通大學等試用數年，都認為對於理工大學尚不失為一本較完善的教學參考書。所以譯者不揣淺陋，集體翻譯出版，以供理工大專的採用及同學的參考。

本書的優點，就管見所及，有下列幾端：

(1) 選材新穎適當，且有一貫性。所選材料，關於物理學的基本理論和工程上的應用都有適當的分配，而且對於噴氣式飛機的原理、電子加速器等亦有簡明的介紹。內容上下呼應，緊密銜接，絕無支離破碎的情形。

(2) 系統合理。此點可用電磁學部份為例。比較陳舊的課本，多以靜電現象和磁現象分途討論，最後方將它們聯繫起來，這樣易使初讀者誤會，以為磁和電為並行的二種現象。本書直接由電流的作用來闡明磁的一切現象，使讀者確切明瞭，除電流外不能產生磁現象。

(3) 敘述及解釋，簡明清晰，且所用數學適可配合大學的一般程度。

(4) 例題解釋，不厭求詳，可使讀者無師自通，且習題豐富，而所用數據亦都切合實際情況。

(5) 插圖豐富，且大都富於表演性。尤以力學部份的多次閃光照片，最能幫助理解。

上列優點，據譯者的私見，認為在其他大學物理學課本中，似未全部具備。但本書力學部份所用單位，多處採取英制，是一缺點，因換算

困難，故譯本中未予更改。

原書中錯誤，已發現者均已改正，但譯者學識淺薄，譯文謬誤在所難免，尚祈讀者予以指正和批評。

內容分爲力、熱、聲、電磁、光、原子物理學等六篇。我們將力、熱、聲、電磁等篇譯出，分裝三冊。

第一冊 固體力學 王子昌譯

第二冊 流體力學、熱學、聲學 王子昌譯

第三冊 電磁學 吳逸瀚譯
趙富鑫

譯稿承殷大鈞、許國保、季文美、張鍾俊、俞魯達、屠善潔、朱鴻鶚、羅晉生諸先生分別校閱，並蒙指正，謹致深切的謝意。

譯 者 序

一九五一，九，十。

目 錄

第 一 章	矢量的合成和分解	1
1-1.	力	1
1-2.	單位和標準	1
1-3.	磅	2
1-4.	力的圖示。矢量	3
1-5.	分力	4
1-6.	力的合成	7
1-7.	先將各力正交分解後求合力	9
1-8.	非共點力的合力	11
1-9.	矢量的差	11
	第一章 習題	12
第 二 章	靜力學	14
2-1.	引言	14
2-2.	牛頓第一定律	14
2-3.	牛頓第三定律	16
2-4.	簡單結構	17
2-5.	其他平衡例題	19
2-6.	摩擦	21
2-7.	摩擦係數	22
	第二章 習題	25

第三章	力矩——重心	29
3-1.	引言。長度的單位和標準	29
3-2.	力矩、轉矩	30
3-3.	轉動平衡	32
3-4.	穩定平衡和不穩定平衡	33
3-5.	一平行力系的合力	34
3-6.	重心	35
3-7.	力偶	42
	第三章 習題	43
第四章	直線運動	48
4-1.	運動	48
4-2.	平均速度和平均速	48
4-3.	瞬時速度	50
4-4.	平均加速度	52
4-5.	瞬時加速度	53
4-6.	等加速度直線運動	54
4-7.	等速度運動	56
4-8.	自由落體	57
4-9.	變加速度運動	60
4-10.	圖示法	61
4-11.	分速度、相對速度	64
	第四章 習題	65
第五章	牛頓第二定律	69
5-1.	引言	69
5-2.	質量	69

5-3.	牛頓第二定律.....	71
5-4.	單位制.....	74
5-5.	重量和質量.....	75
5-6	達蘭貝爾原理.....	81
5-7.	密度.....	82
5-8.	等臂分析天平.....	84
	第五章 習題.....	86
第 六 章	拋射體運動.....	91
6-1.	拋射體.....	91
6-2.	水平拋射體的運動.....	91
6-3.	物體斜向拋射.....	91
	第六章 習題.....	97
第 七 章	質心.....	101
7-1.	質心.....	101
7-2.	質心的坐標.....	102
7-3.	質心加速度.....	107
7-4.	純粹平動加速度.....	111
	第七章 習題.....	113
第 八 章	功和能.....	116
8-1.	能量守恆.....	116
8-2.	功.....	118
8-3.	能量和功.....	121
8-4.	能量的單位、量綱.....	123
8-5.	位能和動能的絕對值.....	125
8-6.	伸張彈簧的位能.....	126

8-7.	反抗摩擦力的功	128
8-8.	保守力和耗散力	129
8-9.	虛功原理	133
8-10.	功率	134
8-11.	功率和速度	135
	第八章 習題	136
第 九 章	衝量和動量	141
9-1.	衝量和動量	141
9-2.	動量守恒	143
9-3.	牛頓第三定律	145
9-4.	彈性相撞和非彈性相撞、恢復係數	145
9-5.	衝擊擺	148
9-6.	牛頓第二定律	149
9-7.	質量和能量	150
9-8.	噴射推進原理	153
	第九章 習題	155
第 十 章	圓周運動	158
10-1.	引言	158
10-2.	角速度	159
10-3.	角加速度	161
10-4.	等角加速度	162
10-5.	角速度和角加速度的矢量表示法	164
10-6.	切向速度	164
10-7.	一點作圓周運動時的加速度	166
10-8.	向心力和離心力	173
10-9.	彎曲路軌的傾斜	175

10-10.	錐動擺.....	176
10-11.	鉛直圓周運動.....	178
10-12.	地球自轉對於重量的影響.....	181
10-13.	離心分離器.....	182
10-14.	在圓周運動中的功和功率.....	182
	第十章 習題.....	183
第十一章	轉動慣量.....	188
11-1.	轉動慣量.....	188
11-2.	轉動慣量。普遍情形.....	191
11-3.	迴轉半徑.....	195
11-4.	平行軸線定理.....	196
11-5.	經過軸線的力.....	197
	第十一章 習題.....	199
第十二章	轉動和平動.....	203
12-1.	普遍的運動方程式.....	203
12-2.	滾動.....	207
12-3.	瞬時軸線.....	210
12-4.	角動量和角衝量.....	212
12-5.	角量的矢量表示.....	215
12-6.	旋進.....	216
12-7.	迴轉器.....	218
	第十二章 習題.....	220
第十三章	彈性學.....	225
13-1.	引言.....	225
13-2.	應力.....	225

13-3.	應變.....	228
13-4.	彈性模量.....	229
13-5.	泊松比	233
13-6.	各彈性常數間的關係.....	235
13-7.	扭轉.....	236
13-8.	梁的彎曲.....	238
13-9.	力常數.....	240
	第十三章 習題.....	240
第十四章	諧運動.....	243
14-1.	引言.....	243
14-2.	彈性恢復力	243
14-3.	定義	244
14-4.	簡諧運動方程式.....	245
14-5.	簡諧運動中的能量關係	253
14-6.	單擺.....	254
14-7.	李薩如圖形.....	256
14-8.	阻尼諧運動.....	258
14-9.	受迫諧運動。共振.....	259
14-10.	角諧運動.....	262
14-11.	複擺	262
14-12.	振動中心.....	263
14-13.	打擊中心.....	265
	第十四章 習題.....	267
第十五章	萬有引力.....	270
15-1.	牛頓萬有引力定律.....	270
15-2.	地球的質量.....	271

15-3.	g 的變更.....	272
15-4.	萬有引力場.....	274
15-5.	萬有引力位能.....	281
15-6.	萬有引力位.....	282
15-7.	行星運動.....	285
	第十五章 習題.....	286
	附錄.....	288
	索引	

第 一 章

矢量的合成和分解

1-1. 力。 力學是物理學和工程學的一部份，討論力、物質、和運動三者的相互關係。現在先從力的研究開始。力學中的力是指日常生活中的推或拉。例如我們可運用筋肉，施力於物體；伸長的彈簧有力作用於和它的兩端相連接的物體；被壓縮的空氣有力作用於容器的四壁；機車有力作用於後面被拉動的列車。上述各例中，施力的物體均和受力的物體相接觸，故此種力稱為**接觸力**。地球吸引物體的力，地球不必和物體接觸，且可經過虛無的空間作用，此種力稱為**超距力**。地球作用於物體的引力，通稱為物體的重量，在力學中非常重要。電力和磁力，亦是超距力，這些力我們目前暫不論及。

所有的力不是接觸力，就是超距力，故以後欲求作用於某一物體的力時，我們僅須觀察有何其他物體和該物體相接觸。作用於該物體的力除重力之外，即為和它相接觸各物體所施的接觸力。

由其他物體作用於某一物體的力，對此物體而言，稱為**外力**。同一物體內，某一部份作用於另一部份的力，對整個物體而言，稱為**內力**。

1-2. 單位和標準。 在古希臘時代，許多哲學家對於自然界各種的現象，殫精竭慮去作種種臆測；希望由觀察所得的結果來符合宗教的教義。至於用科學的方法來研究大自然，可說自伽利略時代（1564—1642）才開始。伽利略在研究自由落體的定律時，並未涉及何以物體會下降，僅從事測定在某一時間內下降的距離如何遠，和下降得如何快。在今日，物理學一科可說是一種量度的科學，量的知識和量的推理，二

者的重要性可引愷爾文(1824—1907)的話爲證：“我常講，當你能量出你所講的東西，並能用數量來表示，那末你對於這東西已有所認識了；若不能用數量來表示，那末你所知道的是很微小，並不能令人滿足；可能僅僅是初步的認識，在你的思想上尚未能到達所謂科學的深入地步”。

欲測定某一物理量，首先必須選定此量的單位。經過長時期演變後，國際間各種物理量的單位漸趨統一。量的單位，既經規定，不能輕易改變。測定一物理量時，只須決定此量和其單位的比值即可得之，所以當我們說一細桿的長爲 10 厘米，即示此桿的長爲長度單位，厘米，的十倍。量的大小和其數值不可相混。量本有一定，而數值則視所用的單位而異。如桿長 10 厘米，若以米表示之，則僅爲 0.10 米。日常應用時，爲避免量值的數字太大，或太小，常採單位的倍數，或其分數，以輔助單位，如米之上，有千米（即公里）、光年等；米之下有厘米、毫米等。

許多物理方程式往往因單位選用適當而簡化。爲此目的而選定一組物理量的適當單位，合稱爲一單位系。本書內所用的單位系有三種制度：1. 英國重力制。2. 米-仟克-秒制，或 *m. k. s.* 制。3. 厘米-克-秒制，或 *c. g. s.* 制。以上各制度中的單位按其需要，先後在各章中定義之。

大多數基本物理量的單位均以一物體規定之，此物體稱爲標準。各國均設有度量衡局，其中保藏各種基本量的標準，以便校準各種度量儀器。

1-3. 磅。 目前所要用的力的單位是英國重力制中的單位，稱爲磅。力的其他單位留在第五章中討論。此單位是一由鉑鈹合金製成的圓柱體，即標準磅，規定之。一單位的力即定義爲此標準磅的重量，亦即爲地球施於此標準磅的引力。地球吸引物體的力，其值和物體在地面上的位置有關，故單位的力更嚴格地規定爲標準磅在緯度 45° 海平面上的重量⁽¹⁾。

(1) 更正確的定義在 15-3 節中。

力的大小，可將其所產生的某種可量的效果和單位力所產生的這種效果，比較而得。當力作用於某物體，使物體的形狀或大小改變，或使其運動狀態改變。這兩種效果都可用來量力。本章內先述前者；後者待第五章中再論述。

彈簧秤為一最簡單的量力器，一彈簧圈藏於金屬盒內，一端附有尖端指針，能自由沿一標尺運動。當一力作用於秤上，則彈簧拉長，而所受的拉力即由指針的變位顯示之。我們可如下法刻定標尺上的數字。先懸標準磅於秤上，記下指針尖端在標尺上的讀數為1磅，逐次將重量和標準磅相同的物體2個、3個、4個等同懸秤上，而各記標尺上的讀數為2、3、4磅等。此手續除指針在同處表示彈簧受到相同的力外，對於彈簧的彈性無其他任何假定。於是此已刻定數字的彈簧秤，可用來測定未知的力。

1-4. 力的圖示。 矢量。 若要使一物體沿地板滑動，可用一繩來拉它，或用一杖來推它，如圖 1-1 所示。此即以一力作用於物體，使之滑動，目前我們僅認為此物體的運動不是由推物體的杖或拉物體的繩

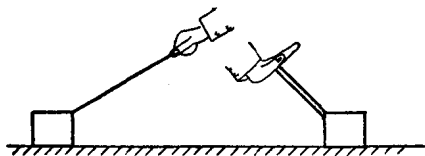


圖 1-1. 物體被繩拉或被杖推。

所致，而是由杖或繩所作用的力所產生。要表示一力，必需同時表示它的方向。設拉力或推力為10磅，若祇寫10磅二字於圖上，則不能完全表明力的性質。若寫10磅和水平方向成 30° 仰角向右，或10磅和水平方向成 45° 俯角向右，即似乎太冗繁。最簡明的方法是以一箭形符號表示力。箭的長度選用適當的標度表示力的數值；箭頭所指的方向即表示力的方向。圖 1-2(選取 $\frac{1}{8}$ 吋為1磅的標度)即係以箭形符號表示力的一例。亦稱為和圖 1-1 對照的力圖(此外尚有其他的力作用於物體，圖中暫不表示)。

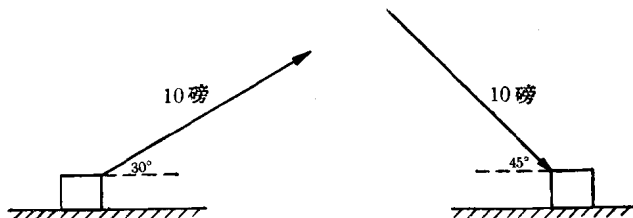


圖 1-2. 和圖 1-1 相對照的力圖。

物理量中須表明數值和方向的，不僅是力；例如飛機的速度，若只說明每小時 300 哩，而不論其方向，則不完全。但如密度這一個量，則無方向可言。此為另一類物理量。

力、速度等量有大小和方向，稱為有向量，或簡稱**矢量**。如密度等量，只有大小，稱為無向量，或簡稱**標量**。任何矢量均可用箭號來表示，此箭稱為**矢量**（若需要更肯定些，可寫為力矢量，速度矢量）。目前首先論述力矢量，其規則可適用於其他矢量。

1-5. 分力。 如圖 1-1 所示，當一物體受到斜向的拉力或推力而沿地板滑動時，很清楚地，使物體沿地板滑動的力的有效度是和其作用的方向有關。根據經驗的結果，可知任何一大小不變的力，其方向愈近水平，則使物體滑動的有效度愈大。我們更可知道，如圖 1-1 所示，當作用力和水平方向成一角度時，除使物體前進外，並產生另一效果：即繩的一部份拉力尚有欲使物體離開地板的趨勢；或杖的一部份推力尚有欲使物體陷入地板的趨勢。由此我們可以引入**分力**的概念；亦即力所產生的效果，不僅限於它所作用的方向，亦可在其他方向產生效果，例如上述的，使物體沿地板滑動和使物體欲離開地板等。

一力在任何方向的分力，可用簡易的作圖法求得。例如圖 1-1 中示明一和水平成 30° 仰角的 10 磅拉力，現欲求其使物體沿地板滑動的有效分力。令作用力以矢量 OA （圖 1-3）表示其方向和大小。 OX 線代表所欲求的分力的方向。從 A 作 OX 的垂直線，相交於 B ，由矢量 OB 的長度（ OA 的長代表 10 磅）算得其所表示的力的數值為 8.7 磅。此

即爲和水平方向成 30° 角的力,只有 8.7 磅是使物體產生沿地板向前運動。

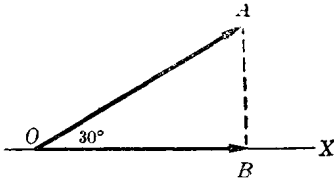


圖 1-3.

OB 矢量是沿 OX 方向的分矢量。

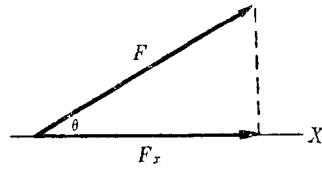


圖 1-4.

$F_x = F \cos \theta$ 是 F 的 X 分力。

OB 分力又可如下法算得之:因 OAB 是直角三角形,故

$$\cos 30^\circ = \frac{OB}{OA}, \quad OB = OA \cos 30^\circ.$$

OB 和 OA 的長均和其表示的力的大小成比例。故所求的 OB 分力,等於原力 OA 乘 OB 和 OA 間夾角的餘弦,所以

$$\begin{aligned} OB(\text{磅}) &= OA(\text{磅}) \times \cos 30^\circ \\ &= 10 \text{ 磅} \times 0.866 \\ &= 8.66 \text{ 磅}. \end{aligned}$$

此結果和以上由圖中所量得的相符合。但三角法的優點顯而易見,因爲,它的精密度和作圖的仔細與否無關,以及和測定矢量長短的準確度無關。

圖 1-3 內的 OX 線稱爲 X -軸,因之上述的分析可總述如下:若 F 力和 X -軸成 θ 角(圖 1-4),則沿 X -軸的分力 F_x 是

$$F_x = F \cos \theta. \quad (1-1)$$

顯然地,若 F 力和 X -軸成直角,則沿此軸的分力爲零(因 $\cos 90^\circ = 0$),但若 F 力沿 X -軸,則沿此軸的分力即等於 F 力(因 $\cos 0^\circ = 1$)。

斜向力 F 的鉛直向上分力可照圖 1-5 求得。 OY 線稱爲 Y -軸,係經過 O 點沿鉛直向,自 F 的箭端引一垂直

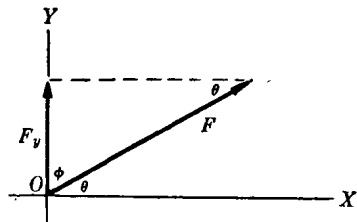


圖 1-5.

$F_y = F \cos \phi = F \sin \theta$ 是 F 的 Y 分力。