



第三卷

大學物理學

第一冊

張桐生譯

臺灣

52/1

局印行

中華民國六十五年十一月十七日版

大學物理學 (全二冊)

上冊平裝一冊基本定價叁元伍角正

(郵運滙費另加)

譯者

張桐

臺灣中華書局股份有限公司代表

發行人

熊鈺

臺北市重慶南路一段九十四號

本書局登記證字號

行政院新聞局出版

印刷者

臺灣中華書局印刷廠

發行處

臺北市重慶南路一段九十四號

郵政劃撥帳戶：三九四二一號

Chung Hwa Book Company, Ltd.
94, Chungking South Road, Section 1,
Taipei, Taiwan, Republic of China



(臺總) 平甲書

大學物理學第三版譯本序

西爾與柴曼斯基合作著述此大學物理學 (Sears and Zemansky: College Physics), 自1947年發行第一版, 至1953年發行第二版, 1960年發行第三版。於一十五年中隨時注意此書之內容, 能切合近代物理科學及其相關知識之進步與發展。以是此書能為世界各大學普遍採作教本, 歷久而益暢。

此第三版比較第二版之重要改進, 其一為內容有更切合時代之修訂(見原著第三版序), 二為其文字敘述, 更合宜允當, 改正第二版中許多不盡恰當之辭句, 使讀者更容易了解。

譯者本譯述此書第二版之同一旨趣, 與更佳經驗, 譯此第三版。用字用句, 力求其與原著靈犀貫通, 務使讀者在閱讀此書時, 不覺有文字上之障礙。惟此書上下兩冊, 都八十萬言, 疏漏之處, 在所難免, 尚希讀者賢達, 隨時指正, 而得於再版時更正之, 尤所企禱。

張 桐 生 謹識

中華民國五十年八月於成功大學物理系

原書第三版序

大學物理學有全一冊或分裝上下兩冊者。上冊包括力學、熱學、與聲學；下冊包括電磁學、光學、及原子物理學。討論主題儘量凝縮，使全書能在兩學期授畢。

此書所包括之全部材料，對於學生數學準備之要求，祇止於代數與三角，無需微積分。着重點在物理原理，至歷史背景與實際應用，則列為次要。

書中引用三種單位制度：一為英國重力制，因為此制為本國（指美國）工程界所通用者；一為厘米-克-秒制，因為熟悉此制，有裨於閱讀物理學之典籍；一為米-仟克-秒制，因為此制在電學與磁學上，正在逐漸採用，並且此制似將終為取代厘米-克-秒制者。引用之符號與名辭，除極少數者外，均採用美國物理教師聯合會符號縮寫委員會所制定推薦者，載於美國標準 ASA-Z10, 1947 年版。

第三版仍保留前兩版之主要特徵，原列第二版末之補充習題已移併於每章末之習題中。許多圖畫為更求一致與清晰，已予重畫，許多光線圖均改作黑底白圖。無數之例題，均在課文中有詳細演算；每題中全體物理量均以數字與適當單位表出。

在第三版中增加新材料如次：樂氏數(Reynolds number)，將柏努利方程式擴展至包括摩擦力，熱電學(thermoelectricity)，安培定律，電磁波速度算式之一簡單演算，及伽利略望遠鏡。拋射體運動與圓周運動均已移入“平面上之運動”一章中。在幾何光學中引用一新符號規定，使鏡與透鏡可以共用相同之公式。關於能之一章，已從一簡單觀點完全重寫，即使學生對以後更詭辯之處理有一準備。為簡單明白起見，前兩版中許多材料，均已重寫。

在修訂此版時，著者經常參酌同事與友人寄送出版公司之函件與評論。吾人已盡力採納基於教學經驗之大部份建議，所割愛者，僅為太佔篇幅或離正常路線太遠者。吾人謹以至誠感謝下列各物理教師之匡助：C. Adler, R. S. Anderson, B. Bederson and S. Borowitz, C.

J. Brasefield, A. Capecilatro, H. Conrad, F. S. C., L. H. Fisher, S. Freeman, Jr., N. S. Gingrich, S. Goodwin, L. E. Hammitt, C. D. Hodgman, M. Iona, R. Katz, S. W. Leifson, M. S. Livingston R. J. Maurer, L. O. Olsen, R. Pinkston, J. G. Potter, R. Resnick, F. A. Scott, C. P. Slichter, F. W. Thiele, F. Verbrugge, A. E. Werbrouck, L. Wolfenstein, 及 R. E. Worley.

1959年7月, 柴曼斯基 (Chambers) 第二版, 由美国出版, 作者包括: 西尔 (Siler), 柴曼斯基 (Chambers), 等。

本书的出版, 是许多人的共同努力的结果。我们首先要感谢的是: 西尔 (Siler) 和柴曼斯基 (Chambers) 为本书提供了大量的材料。此外, 我们还想感谢: 米歇尔 (Michalek) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。最后, 我们还想感谢: 史密斯 (Smith) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。

本书的出版, 是许多人的共同努力的结果。我们首先要感谢的是: 西尔 (Siler) 和柴曼斯基 (Chambers) 为本书提供了大量的材料。此外, 我们还想感谢: 米歇尔 (Michalek) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。最后, 我们还想感谢: 史密斯 (Smith) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。

本书的出版, 是许多人的共同努力的结果。我们首先要感谢的是: 西尔 (Siler) 和柴曼斯基 (Chambers) 为本书提供了大量的材料。此外, 我们还想感谢: 米歇尔 (Michalek) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。最后, 我们还想感谢: 史密斯 (Smith) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。

本书的出版, 是许多人的共同努力的结果。我们首先要感谢的是: 西尔 (Siler) 和柴曼斯基 (Chambers) 为本书提供了大量的材料。此外, 我们还想感谢: 米歇尔 (Michalek) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。最后, 我们还想感谢: 史密斯 (Smith) 和史密斯 (Smith) 为本书提供了大量的材料。

二版譯本弁言

- 一、此譯本原書爲“Sears & Zemansky: College Physics” 1953 年修正版。
- 二、譯述之旨趣有二：
 - 第一、物理學課本之難寫，爲衆所週知，因此我國大學物理學課本，習尚採用英著。邇來大學課程繁重，學生閱讀英文原著，對於文字之瞭解，再曠費時間，則最爲可惜。譯者譯述此書，旨在擴清此一文字上之障礙。提高讀者之領悟能力，增加教學進度，使學生在大學一年物理課程之時間內，能讀完此書，庶幾對於今日物理學之全貌，有一清晰之了解。
 - 第二、物理學在最近數十年進步甚快，影響於技術發展者至大，本書爲戰後大學物理學之善本。不僅取最進步之物理學原理，對物理學作一澈底之整理；抑且將最新發明之器械設備，均在適當章節處，述其基本原理，使科學與技術融合一體。因此譯者以爲值得將此書向今日國內從事科學技術工作者廣泛推薦，作爲最新科學與技術發展之案頭常識讀物。
- 三、本書名辭翻譯，悉按教育部二十三年公布之物理學名辭，及此後公布之機械工程名辭與電機工程名辭等。其有非爲上述諸本所盡載者，譯者則悉按一般譯名之通則，試譯應用，而於此項譯名後，均附以英文原辭，以資參照。
- 四、譯者不憚謏陋，譯此數十萬言之近代科學巨著，疏漏之處，在所難免，至希海內賢達，隨時指正，俾於再版時更正之，毋任感荷。
- 五、此書能譯成，得力於吾師周鴻經先生及本院院長秦大鈞博士與航空研究院院長林致平博士之鼓勵甚多。此書能及時印行，得力於臺灣中華書局之合作，併此深致謝意。

張 桐 生 謹 識

四十三年十月於臺南工學院

目 錄

上 冊

力 學

第一章 向量之合成與分解	1
1-1 力學之基本不能下定義者	1
1-2 標準與單位	1
1-3 物理量之符號	3
1-4 力	4
1-5 力之圖示法，向量	5
1-6 分向量	7
1-7 合向量或向量和	9
1-8 用直角分解法求合向量	10
1-9 向量差	12
第二章 平衡	16
2-1 引言	16
2-2 平衡，牛頓第一定律	16
2-3 穩定、不穩定、與隨遇平衡	18
2-4 牛頓第三運動定律	19
2-5 平衡問題示例	21
2-6 摩擦	26
第三章 平衡，力矩	35
3-1 力矩	35
3-2 平衡之第二條件	36
3-3 平行力之合力	39

3-4 重心	41
3-5 力偶	44
第四章 直線運動	51
4-1 運動	51
4-2 平均速度	51
4-3 瞬時速度	52
4-4 平均加速度與瞬時加速度	54
4-5 定加速直線運動	56
4-6 自由落體	59
4-7 分速度，相對速度	62
第五章 牛頓第二定律，引力	69
5-1 引言	69
5-2 牛頓第二定律，質量	69
5-3 單位系統	72
5-4 質量與重量	73
5-5 牛頓萬有引力	74
5-6 地球之質量	76
5-7 “g” 值之變更	76
5-8 牛頓第二定律之應用	77
5-9 等臂分析天平	81
第六章 平面運動	90
6-1 拋射體之運動	90
6-2 圓周運動	94
6-3 向心力	98
6-4 在一垂直圓周上之運動	102
6-5 切線加速度	105
第七章 功與能	113
7-1 功	113

7-2 變力所作之功	115
7-3 功與動能	117
7-4 重力位能	119
7-5 彈性能	123
7-6 保守力與散逸力	125
7-7 內功與內位能	126
7-8 功率	129
7-9 功率與速度	130
7-10 簡單機械	131
7-11 質量與能	133
第八章 衝量與動量	141
8-1 衝量與動量	141
8-2 線動量不滅	144
8-3 彈性與非彈性碰撞	146
8-4 牛頓第二定律	150
8-5 火箭	151
第九章 轉動	158
9-1 引言	158
9-2 角速度	158
9-3 角加速度	159
9-4 定角加速度轉動	160
9-5 角與線之速度與加速度間之關係	162
9-6 轉動之動能，轉動慣量	163
9-7 在轉動中之功與功率	166
9-8 轉矩與角加速度	167
9-9 角動量與角衝量	169
9-10 角動量不滅	171
9-11 角量之向量圖示法	173
9-12 陀螺與迴轉器	175

第十章 彈性學	185
10-1 應力	185
10-2 應變	188
10-3 彈性係數	189
10-4 力常數	193
第十一章 諧和運動	196
11-1 引言	196
11-2 彈性回復力	196
11-3 定義	197
11-4 簡諧運動公式	198
11-5 單擺	205
11-6 角諧運動	207
11-7 複擺	208
11-8 振動中心	209
第十二章 流體靜力學	214
12-1 引言	214
12-2 流體內之壓力	215
12-3 流體靜力學上之僻論	217
12-4 壓力計	218
12-5 阿基米得原理	220
第十三章 表面張力	227
13-1 表面張力	227
13-2 表面膜之內外壓力差	230
13-3 最小表面	232
13-4 毛細現象	234
第十四章 流體動力學與黏滯性	240
14-1 層流	240
14-2 柏努利公式	240

14-3 連續性方程式	243
14-4 柏努利公式之應用	243
14-5 黏滯性	247
14-6 層流與擾流	250
14-7 樂氏數	251
14-8 黏滯性流體在一管中流動	252
14-9 斯托克定律	253

熱 學

第十五章 溫度-膨脹	258
15-1 溫度之觀念	258
15-2 溫度計	259
15-3 溫度之量度	260
15-4 攝氏、郎肯、與華氏溫標	264
15-5 線膨脹	267
15-6 面膨脹與體膨脹	269
15-7 熱應力	271
第十六章 熱量	275
16-1 熱為能之一種形式	275
16-2 熱量	276
16-3 內能	277
16-4 熱功當量	277
16-5 熱容量，比熱	278
16-6 量熱學	280
16-7 燃燒熱	282
16-8 物態之變化	283
16-9 熔解熱與汽化熱之量度	286
16-10 物質溶解於溶劑中對於其凝固點與沸點之影響	287

第十七章 熱之傳播	292
17-1 傳導.....	292
17-2 對流.....	295
17-3 輻射.....	297
17-4 斯忒藩定律.....	299
17-5 理想輻射體.....	300
第十八章 熱力學第一定律	305
18-1 外功.....	305
18-2 體積變更時作功.....	305
18-3 功依據於路線.....	307
18-4 功與熱.....	308
18-5 熱力學第一定律.....	310
18-6 絕熱過程.....	310
18-7 等容過程.....	311
18-8 等壓過程.....	311
18-9 自由膨脹.....	312
18-10 節流過程.....	312
第十九章 固體、液體、與氣體之熱效應	316
19-1 理想氣體定律.....	316
19-2 理想氣體之性質.....	319
19-3 物質之分子說.....	322
19-4 理想氣體動力說.....	324
19-5 理想氣體之比熱.....	328
19-6 理想氣體之絕熱壓縮或膨脹.....	331
19-7 氣體之液化.....	332
19-8 壓力對於沸點與凝固點之影響.....	336
19-9 三相點.....	338
19-10 濕度.....	340
19-11 熱力面.....	342

第二十章 熱力學第二定律	347
20-1 熱力學第二定律引言	347
20-2 內燃機	350
20-3 狄賽爾機	351
20-4 蒸汽機	351
20-5 熱力學第二定律	352
20-6 發冷機	353
20-7 噶爾諾循環	356
20-8 愷氏溫標	357
20-9 絕對零度	359

聲 學

第二十一章 波動	361
21-1 一擾動在一介質中之傳播	361
21-2 橫向脈搏速度之計算	362
21-3 縱向脈搏速度之計算	364
21-4 波之運動	365
21-5 縱波之絕熱特性	367
21-6 波之數學式	369
第二十二章 振動體	374
22-1 絃線之邊界條件	374
22-2 一絃線中之駐立波	375
22-3 固結兩端絃線之振動	379
22-4 一振動絃線中諧音系之表演	380
22-5 共振	381
22-6 縱波之干涉	383
22-7 駐立縱波	384
22-8 風琴管之振動	385
22-9 桿與片之振動	387

第二十三章 聲音之現象	391
23-1 聲波中壓力之變化	391
23-2 強度	391
23-3 強度階與嚮度	392
23-4 耳朵與聽聞	394
23-5 音品與音調	397
23-6 拍	399
23-7 音之組合	400
23-8 都卜勒效應	401
23-9 音程與音階	405

學 習

381	第二十二章 波動
381	21-1 一維波之干涉
382	21-2 波之反射與透射
384	21-3 波之干涉
386	21-4 波之干涉
387	21-5 波之干涉
388	21-6 波之干涉
374	第二十三章 聲學
374	22-1 聲波之干涉
375	22-2 聲波之干涉
376	22-3 聲波之干涉
380	22-4 聲波之干涉
381	22-5 聲波之干涉
382	22-6 聲波之干涉
384	22-7 聲波之干涉
386	22-8 聲波之干涉
387	22-9 聲波之干涉

第一章 向量之合成與分解

1-1 力學之基本不能下定義者 物理學已被稱為量度之科學。凱爾文爵士 (Lord Kelvin, 1824-1907) 云：“我常說，當你對你所述之事物、能量度，能以數字表出，則你對此事物已知些許；如果你不能以數字表出，則你之知識乃為一貧弱不充分者；此容可視為知識之開端，不遜在你思想上，猶未踏上科學之台。”

在物理學中一量之定義，必須提供一套以其它量計算此量之法則，而此其它量為可以量度者。以是，當動量訂作為“質量”與“速度”之乘積時，則計算動量之法則即包含於此定義中，所必須知道者，即如何量度質量與速度。速度之定義，係以長度與時間命訂之，但是對於長度與時間，即再無更簡單更基本之量可表矣。長度與時間為力學之兩個不能下定義者。吾人已習知，力學中之諸量，用三個不能下定義者，即可盡表之。第三個可以取“質量”或“力”，兩者均對。吾人將選用質量為力學之第三個不能下定義者。

在幾何學中，基本不能下定義者為“點”。幾何學者令其門人在其腦海中，思構一點之圖案，祇須此圖案與幾何學者對於點之所述云云相符。在物理學中，其情況，並非如此不可捉摸。全世界之物理學者，均有國際性之委員會，在會議中協定採用此諸不能下定義者之量度法則，而以不能下定義者之量度法則，替代定義。

1-2 標準與單位 量度任何物理學之不能下定義者，乃包括一套簡單法則之運用。為避免抽象說明此諸法則，吾人試用此諸法則於“長度”之量。第一步為選用一長度之任意標準，此為一無生命，固體，耐久材料者。長度之國際標準為一鉑-鉍合金 X 形橫截面之棒（參閱圖 1-1），稱為標準米，藏於巴黎附近 Sevres 國際度量衡局。當此棒在熔冰之溫度時，棒兩端金塞上所刻劃兩線間之距離，稱為一米。原先對於米之要求，係使其代表穿過巴黎地球象限之一千萬份之一，但製成後精密量度結果，知與所期值略有差異，此事無關重要。長度之標準，原無任何理由必須與地球象限或任何其它長度有關。一標準為任意選定者，其價

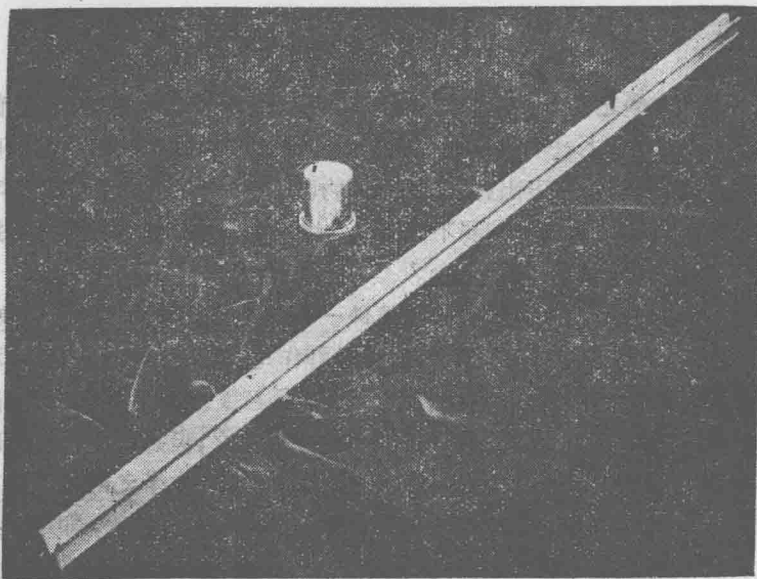


圖1—1 標準米與標準仟克

值在於世界上所有一切之科學家均接受之。

次一步驟，亦為國際同意者，即接受一機械或一方法，使其它長度可以與標準相等，或為其任意倍數或為其任意分數。為此目的之機械係一分劃機，機上有一顯微鏡，裝於一可動架上，而於螺旋轉動時，即可沿螺旋前進。用此機械，所謂兩個長度相等，即兩者須要有相同之螺旋轉數。如果一者須要一半轉數，則視為有一半長，等等。今日此種螺旋之轉數，已以鐳紅光波長數替代矣。此乃另須一光干涉計與分劃機合用。

標準之任意倍數或分數，有時為標準本體，均可為專門目的選用作一方便之單位。是則為量度物體如書或桌之大小尺寸時，常用一單位稱為厘米者，

$$1 \text{ 厘米} = 10^{-2} \text{ 米}$$

不過，為原子尺寸之量度，則用一單位稱為埃斯特稜單位 (angstrom unit)者，更較方便，

$$1 \text{ 埃斯特稜單位} = 10^{-10} \text{ 米}$$

在天文學中，一個方便之長度單位為光穿行一年之距離，即

$$1 \text{ 光年} = 9.45 \times 10^{15} \text{ 米}$$

碼，原先一如米而定作物理標準者，今訂定為

$$1 \text{ 碼} = 0.9144 \text{ 米(確值)},$$

是乃有相同之物理標準用作碼與米，呎係訂作碼之三分之一。

時間之標準為吾人轉動之地球，而標準時間間隔稱為平均太陽日，此即太陽在頭頂連續出現之平均時間間隔。決定兩個時間間隔是否相等，以及劃分標準時間間隔為任何數之相等小間隔，所選用之機械為擺。在第十一章中，將對擺作一充分之討論。此時祇須知道兩個時間間隔相等者，即在每一時間間隔中，擺動之數目相同。如果在一平均太陽日中，一擺共擺動86400次(即 $60 \times 60 \times 24$)，則每一擺動之時間間隔為一秒。為大多數之目的言，秒為一最方便之時間單位。

質量之國際標準為一鉑-鈱之柱體(閱圖1-1)稱為標準仟克(簡寫為 kgm)，原先對於此質量之要求，指望其等於在溫度 4°C 時 1000 厘米³純水之質量，之後亦如標準米之命運，經精密量度後，知其不完全正確。特別應當再強調者，標準仟克並不必要相當於水之質量或任何其它物件者。無論標準仟克何似，要在其必須為舉世科學家所共認。決定兩個質量是否相等，以及劃分標準仟克為任意數之相等部份或訂定仟克之任意倍數，所用之機械為一等臂天平。質量之觀念與等臂天平之操作，將在第五章中作一充分之討論。此時祇須知道兩個質量相等者，即為彼等在一等臂天平上可以平衡者。如果兩相等質量置於左盤，正與右盤之標準仟克成平衡，則在左盤中兩質量之每一質量，均等於一仟克之一半。適合許多目的之方便，所用之質量單位為千分之一仟克，即一克(1 gm)。

磅質量，一如碼，原先以之為一物理標準者，但今日標準長衡制磅在美國係訂作質量為 0.4535924277 仟克之物體。

1-3 物理量之符號 吾人將採用之默約，為：代表一個物理量之代數符號，例如 F, p ，或 v ，係代表一數值與一單位。例如， F 代表 10 磅之力， p 為 15 磅/呎²之壓力， v 為 15 呎/秒之速度。

當吾人寫