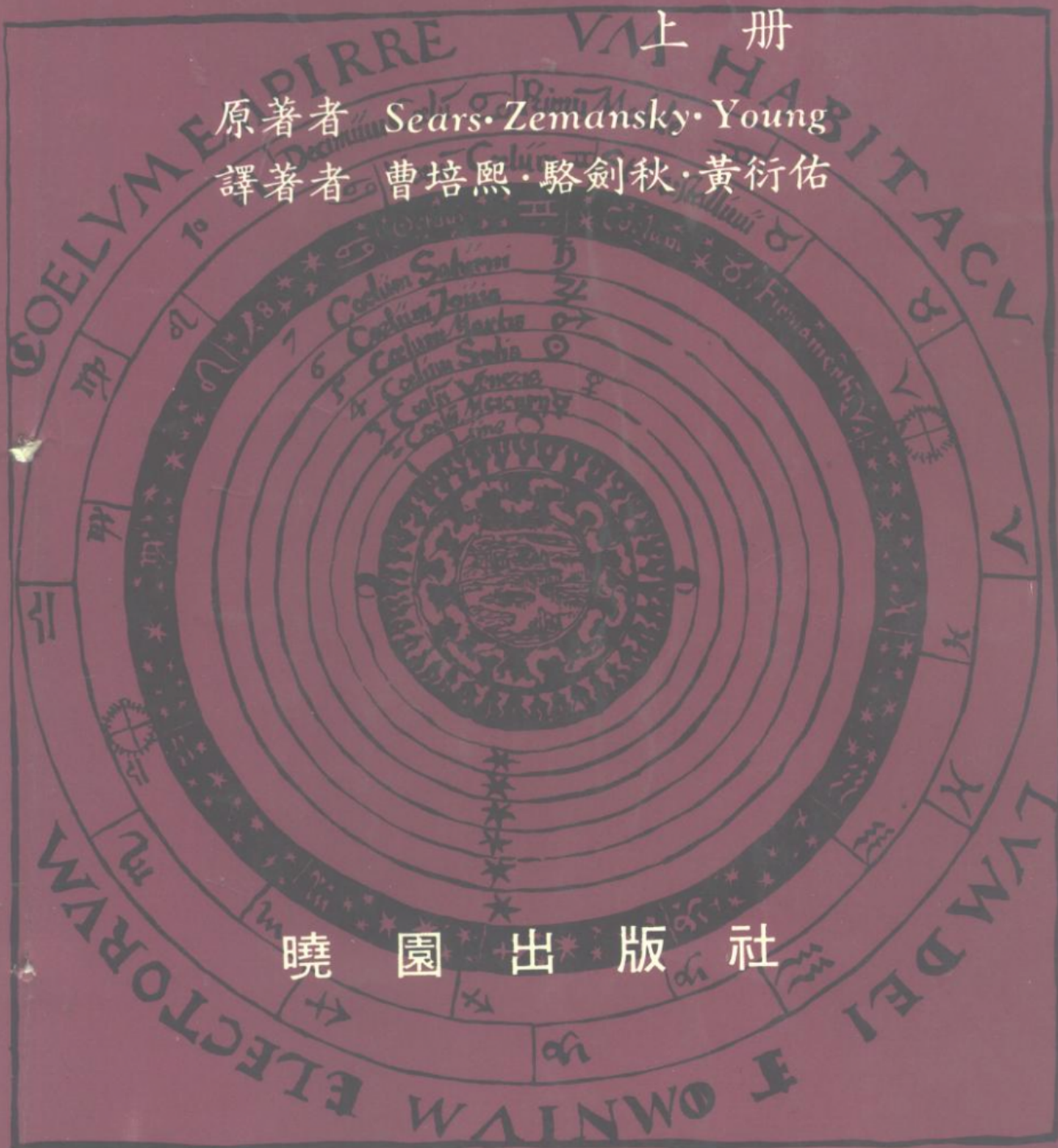


# 大學物理學

上册

原著者 Sears·Zemansky·Young

譯著者 曹培熙·駱劍秋·黃衍佑



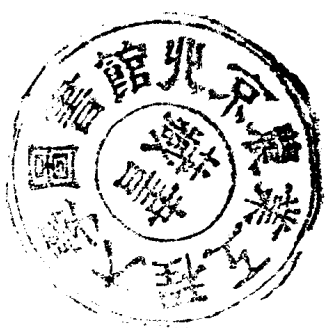
曉園出版社

04  
154

# 大學物理學

上 册

原著者 Sears·Zemansky·Young  
譯著者 曹培熙·駱劍秋·黃衍佑



389247

曉

贈閱  
 出版  
 北京農業工程大學圖書館  
 年 月 日

大學物理學 / Sears, Zemansky, Young 原著 ;  
曹培熙, 駱劍秋, 黃衍佑譯著. -- 再版. -- 臺  
北市 : 曉園, 1986  
上册(604面) : 17.2×23.2公分  
含索引  
譯自 : University Physics  
ISBN 957-12-0084-0(上册:平裝)...ISBN  
957-12-0097-2(下册:平裝)

1. 物理學

330



**書名** 大學物理學(上册)  
**原著者** Sears · Zemansky · Young  
**譯著者** 曹培熙 駱劍秋 黃衍佑  
**發行人** 黃旭政  
**發行所** 曉園出版社有限公司  
臺北市青田街7巷5號  
電話 3949931(六線) 傳真 3417931  
郵撥帳號 1075734-4  
**門市部** 北市新生南路三段96號之3  
電話 3627375 傳真 3637012  
**印刷行** 復大印刷廠  
新聞局局版台業字第1244號  
**版次** 1986年6月初版第一刷  
1991年10月初版第六刷  
版權所有·翻印必究  
**定價** 新臺幣330元 港幣100元  
ISBN 957-12-0084-0(上册)

## 第六版譯者贅言

由本書前一版開始，H.D. Young 加入撰寫的陣容。於是，這兩版的語氣、格調更貼近目前用得較廣的方式。本版第一章論及基本量時，不再用前幾版所稱之“無定義的量”，而改採“操作型定義”的觀點，便是一例。

這一版仍保持其傳統的平實風格，使讀者能自然地習得物理觀念、悟得其涵義，進而能掌握其要旨加以運用。但是，相對於第五版而言，本版所作的題材變動仍是頗為可觀的。近代物理部分大加擴充，包羅近代物理導論的主要內容。由於 Young 曾著有一本近代物理導論方面的好書：Fundamentals of Waves, Optics, and Modern physics，所以本書的近代物理部分頗具可讀性，內容也夠新。

如著者原序所講，本版與前版相比，古典物理部分有增有刪，其着眼點為更廣的實用性與時代性。例如，由於電子儀器的精密方便，電位計和惠斯登電橋均予刪去。其實，此二者在儀器校準及闡釋物理觀念方面仍頗有價值，未來或許會如重新回到本書中的一些題材一般，重現於更新的版本。所幸，此等刪剔不算多，而且對大多數學生而言並非絕對必要，何況仍有前一版可供參考。

本版新增的思考性問題，使讀者由常見常遇的現象、狀況中，體會並運用物理知識，亦可測試自己對物理觀念的掌握程度。這是很必要、很有益的新特色。這些題目中，頗多饒富趣味的，讀者們宜多予利用。

從事本版翻譯工作的人力，較前一版充沛許多。編審、校對工作，得吳允中、柯振根、陳順興等先生協助，減少疏漏之處。此外，採用與原著相同之套色印刷，使本書醒目適於閱讀。這些工夫可使本書愈接近理想，並表現原著之優點。我們樂於見到這中文譯本問世，使更多讀者們同享本書詳而不繁、廣而不膚淺的優點，從而得窺當代基本物理知識之美妙。

譯 者 謹 識  
中華民國七十五年五月

## 第五版譯者贅言

譯者在學習物理及講授物理課程的經驗中，看過和用過多種普通物理教科書，其中最適合做為入門課本，要算是這本書。原著者的序，介紹了本書的特點，譯者認為那是平實的敘述，而平實也是本書及其前身各版的特色之一。譯者很高興能有機會將此書譯為中文，使這本好書的讀者群增加。

本書所譯名詞，悉依國立編譯館於民國六十年公布的“物理學名詞”；但是人名部分，除了譯名已相當固定而且合理的（如牛頓，愛因斯坦，法拉第等）之外，都不譯出，因為有些別人用過的譯名（包括“物理學名詞”所列者）與原音相差太遠，甚至有些很滑稽，採用它們自有不妥，另撰一詞又恐被誤認為新出現的人物。正如名物理學家吳大猷教授在那套理論物理書的序言所說，“用中文音譯西人姓名，是極不需要且毫無好處之舉。“至於單位”也常不譯為中文，而以英文縮寫（如  $\text{kg ms}^{-1}$ ）表示，取其簡潔方便。

原書有若干漏誤之處，譯文已予改正。但因倉促寫稿，不合理想之處必不在少，若蒙各位讀者指正，當於再版時改進之。

本書第 21，22，23，37，等章為中山科學研究院吳修雲先生所翻譯，並由鄙人校訂。謹向吳先生致謝。

譯者 謹識  
中華民國七〇年九月

# 原著序

大學物理學的目的，是要給那些就讀科學或工程科系，而且正在修習初等微積分的學生們對物理學各方面有一般性的認識。強調的重點，在於物理定律及解題能力而不是歷史或專門的應用。本書內容，可供兩個學期密集式課程或三個學期的課程，也可以作為不同目的短期課程的教材。每一章中，均包含了許多範例及涉獵廣泛的習題。大學物理可分成兩部分。第一部分包含力學、熱學及聲學，而第二部分包括電學、磁學、光學及原子與原子核物理。

在這新版中，基本宗旨及大綱，以及深度、廣度上的取捨與舊版並無不同。我們保持了舊版中好的特色，但改變了一部分內容，以使本書的教學效果更佳。以下是一些重要的改變：

1. 採用新的單欄、雙色印刷格式，所有的圖均重畫成兩色圖。第二種顏色不是為了好看，而是為了使圖形更清楚。圖形中的向量、材料及重要特徵均著色印刷。

著色印刷也用以認明及襯托重要方程式及例題。所以第二種色彩之採用應該是本書一個主要的改進，使可用性大為提高。

2. 每一章後面附有許多和日常生活有關的思考性問題（全書共約 700 題），這些問題可使學生更深入了解物理定律，使物理學生活化，而且可以作為課堂中討論的題材。
3. 本書中的習題均仔細檢討過，同時也增加許多新題目，使涵蓋範圍更廣泛。其中有簡單、直接的問題，也有需用到微積分的應用物理題。本書中目前有 1600 個問題，比以前多了 140 題。正文中的例題也檢討過，增加了約 100 題。作者不願將習題按章節分開，因為看出該用那一條定理也是解題能力的一部分，更何況，有些問題需用到許多章節中的觀念。
4. 在首章有介紹了單位向量，並在適當之處略有用到。在以後各章中之應用是選擇性的，故希望忽略單位向量的老師，應不會有不連續之感。
5. 整個輪廓有些小改變。討論剛體平衡的一章移到了質點動力學之後，轉動之前。不過，若在質點平衡之後先研習這一章也可以。熱力學分成兩章，各講其第一及第二定律。光學的基本內容則濃縮成一章。相對論移到全書之末，和二十世紀物理置於一處。二十世紀物理增加了很多。本書現在一共四十七章，但全書的長度和前版相似。
6. 許多章節都經重寫，以增加其清晰可讀性及連貫性。幾乎每一章中均增加了入門教材。可使學生對該章有前瞻性的了解，便於吸收。第一章是全新的，討論了單位、單位

轉換、有效位數及向量加法（以位移向量為例），作為較抽象的力的加法的先導。向量的乘法也有介紹。所有關於磁場及磁力的部分均加重寫，使之不似舊版中那樣過於正式使人生畏。

7. 近代物理的內容增加了許多。量子力學是全新的一章。討論核聚變及核裂變的篇幅也有增加，其中包含了基本粒子及對稱原理。另外還有些新加的課題，如雷射、體積電路、超重原子核、夸克等。
8. 某些過時的或次要的內容則刪減；如惠斯登電橋（Wheatstone bridge）、電位計、熱電學及部分磁性材料。

本書內容適合各式各樣的課程安排。全書可用作兩學期的密集課程的教材，也可用作三個學期的教材。對於時數較少的課程，老師可省去某些章節以使本書合乎其個人的需要。本版有這種彈性；例如：任何或全部的相對論、流體靜力學、流體動力學、聲學、物質的磁性、電磁波、光學元件及其他等都可省去而不會有不連貫之感。此外，較深入或不是物理學主流的課題，在該章節之前均加一個星號的也可以省略。

反之，也有些幾年前認為次要而刪去的內容又加進來並成為重點；因為他們和生命科學、地球及太空科學、環境問題有關。希望強調這些方面的應用的老師在本書中可以找到許多可以討論其相關定理的材料。

無論如何，要強調的是，各位老師不必非把本書從頭到尾逐頁教完。當然，很多章都具有連貫順序，但是在一般性的限度以內，老師大可由各章中選出適合他們所需的內容，而把對某一特定調程的教學目標不相干的省略掉。

再次，我們要感謝對本版提供建議的同仁及學生。尤其是W.M. Cloud教授、J.R. Gaines教授及A. Lewis Ford教授，他們讀了所有的手稿，而且提供了重要及建設性的意見。此外，M.D. Cole及C. McFarland教授也讀了部分手稿並提供了有價值的建議。作者之一的H.D.Y.要特別感謝他在Carnegie-Mellon大學的學生及同僚，因他們提供了許多有益的註解。並向R. Eisenstein教授、R. Kraemer教授及F. Messing教授致意，因他們對本書及物理教學方面提供了啟發性的討論，而且感謝Kraemer教授在高能物理方面的貢獻。我由衷地感激他們的盛意及協助！

同時，歡迎任何讀者來信討論本書，尤其是本書中的錯誤及缺點。

紐約

匹茲堡

M.Z.

十一月，一九八一年 H.D.Y.

# 目 錄

## 第一部分 力學、熱學、聲學

### 1

#### 單位、物理量及向量

*1-1	緒 言	1
1-2	標準與單位	2
1-3	單位的一致性及變換	4
1-4	準確度及有效位數	6
1-5	向量與向量加法	8
1-6	向量的分量	11
*1-7	單位向量	14
*1-8	向量乘積	15
	問 題	19
	習 題	21

### 2

#### 質點的平衡

2-1	緒 言	23
2-2	力	23
2-3	平衡、牛頓的第一運動定律	26
2-4	對牛頓第一運動定律的討論	28
2-5	牛頓的第三運動定律	29
2-6	理想模型	31

2-7	質點的平衡	32
2-8	摩 擦	37
	問 題	42
	習 題	43

### 3

#### 直線運動

3-1	運 動	49
3-2	平均速度	49
3-3	瞬時速度	51
3-4	平均與瞬時加速度	53
3-5	等加速直線運動	57
*3-6	由積分求速度及座標	60
3-7	自由落體	62
3-8	相對速度	65
	問 題	67
	習 題	69

### 4

#### 牛頓的第二定律、重力

4-1	緒 言	75
4-2	牛頓的第二定律、質量	75
4-3	單位制	79
4-4	牛頓的萬有引力定律	81
4-5	質量和重量	83



4-6	牛頓的第二定律之應用	86
	問 題	95
	習 題	97

## 5

### 平面運動

5-1	平面運動	105
5-2	平均速度與瞬時速度	105
5-3	平均加速度和瞬時加速度	107
5-4	加速度的分量	108
5-5	拋射體運動	111
5-6	圓周運動	119
5-7	向心力	121
5-8	鉛直圓周上的運動	125
5-9	衛星之運動	128
*5-10	地球自轉對 $g$ 的影響	132
5-11	相對速度	135
	問 題	137
	習 題	139

## 6

### 功和能量

6-1	功	145
6-2	變力之功	148
6-3	功和動能	152
6-4	重力位能	154
6-5	彈性能	161
6-6	保守力與耗散力	164
*6-7	內力之功	166
*6-8	內位能	167
6-9	功 率	168
6-10	功率與速率	169
*6-11	質量與能量	170

問 題	172
習 題	173

## 7

### 衝量與動量

7-1	衝量與動量	179
7-2	動量守恒	184
7-3	碰 撞	186
7-4	非彈性碰撞	187
7-5	彈性碰撞	189
7-6	反 衝	193
7-7	質心	194
*7-8	火箭的推進	196
*7-9	推 廣	199
	問 題	200
	習 題	207

## 8

### 平衡與力矩

8-1	力 矩	209
8-2	平衡的第二條件	210
8-3	重 心	214
8-4	力 偶	217
*8-5	力矩向量	218
	問 題	218
	習 題	219

## 9

### 轉 動

9-1	緒 言	225
9-2	角速度	225
9-3	角加速度	227

9-4	等角加速度轉動	228
9-5	角速度、角加速度與線速度、線加速度的關係	229
9-6	轉動動能、轉動慣量	231
*9-7	轉動慣量的計算	234
9-8	轉動之功及功率	237
9-9	力矩和角加速度	238
*9-10	繞移動軸的轉動	242
*9-11	平行軸定理	243
9-12	角動量及角衝量	245
9-13	角動量的守恒	246
*9-14	角量之向量表示法	250
9-15	線性運動與角運動的比較	254
	問題	254
	習題	255

## 10

### 彈性

10-1	應力	263
10-2	應變	266
10-3	彈性與塑性	267
10-4	彈性模量	269
10-5	力常數	273
	問題	274
	習題	275

## 11

### 週期運動

11-1	緒言	279
11-2	彈性回復力	280
11-3	基本觀念	280
11-4	簡諧運動的方程式	281

11-5	參考圓	290
11-6	懸掛在彈簧下端物體之運動	293
*11-7	角諧運動	294
11-8	單擺	295
*11-9	複擺	297
	問題	298
	習題	299

## 12

### 流體靜力學

12-1	密度	305
12-2	流體中的壓力	306
12-3	壓力計	308
12-4	抽機(泵)	311
12-5	阿基米得原理	312
*12-6	作用於水壩之力	315
12-7	表面張力	316
12-8	表面膜兩邊的壓力差	319
*12-9	接觸角及毛細現象	321
	問題	323
	習題	325

## 13

### 流體動力學

13-1	緒言	329
13-2	連續性的方程式	330
13-3	白努利方程式	331
13-4	白努利方程式的應用	333
13-5	黏滯性	338
13-6	帕醉定律	341
13-7	司托克士定律	343

13-8	雷諾數	344
	問題	346
	習題	347

## 14

### 溫度與膨脹

14-1	溫度的觀念	351
14-2	溫度計	353
14-3	溫標的制定	355
14-4	攝氏、阮氏和華氏溫標	357
14-5	熱膨脹	358
*14-6	熱應力	362
	問題	363
	習題	364

## 15

### 熱量

15-1	熱傳遞	369
15-2	熱量	370
15-3	熱容量	371
15-4	比熱的實驗值	374
15-5	相轉變	376
15-6	例題	380
	問題	382
	習題	383

## 16

### 熱的傳遞

16-1	傳導	387
*16-2	徑向熱流	392
16-3	對流	393
16-4	輻射	396

16-5	史特凡-波子曼定律	397
16-6	理想輻射體	398
	問題	399
	習題	401

## 17

### 物質的熱性質

17-1	狀態方程式	405
17-2	理想氣體	406
17-3	理想氣體的 PVT 面	411
*17-4	真實物質的 PVT 面	412
17-5	相圖	415
17-6	三相點與臨界點	416
17-7	汽壓	419
*17-8	溼度	420
17-9	氣泡室	421
	問題	422
	習題	423

## 18

### 熱力學第一定律

18-1	熱力學之功與能	427
18-2	體積變化時的功	428
18-3	體積變化時的熱量	429
18-4	熱力學第一定律	431
18-5	絕熱過程	433
18-6	等容過程	434
18-7	等溫過程	434
18-8	等壓過程	435
18-9	節流過程	436
18-10	第一定律的微分型式	437
18-11	理想氣體的內能	437
18-12	理想氣體的熱容量	438

18-13 理想氣體的絕熱過程	441
問 題	444
習 題	445

## 19

### 熱力學第二定律

19-1 熱 機	449
19-2 內燃機	451
19-3 蒸汽機	453
19-4 發冷機	454
19-5 熱力學第二定律	455
19-6 卡諾循環	458
*19-7 克氏溫標	463
*19-8 絕對零度	465
*19-9 熵	465
*19-10 熵與第二定律	468
19-11 能量的變換	470
問 題	471
習 題	473

## 20

### 物質的分子性質

20-1 物質的分子理論	475
20-2 亞佛加厥數	477
20-3 物 性	478
20-4 理想氣體動力論	479
20-5 氣體的克分子熱容量	484
*20-6 分子速率的測量	486
20-7 晶 體	488
*20-8 晶體的熱容量	490
問 題	491
習 題	492

## 21

### 機械波

21-1 簡 介	495
21-2 週期波	496
21-3 波的數學表示法	498
21-4 橫波速率	501
21-5 縱波之波速	504
21-6 縱波的絕熱特性	507
*21-7 水 波	509
問 題	511
習 題	513

## 22

### 振動物體

22-1 弦的邊界條件	515
22-2 疊加與駐波	517
22-3 兩端固定弦的振動	519
22-4 縱向駐波	521
22-5 風琴管的振動	523
*22-6 棒及板的振動	524
22-7 縱波的干涉	525
22-8 共 振	526
問 題	527
習 題	528

## 23

### 聲的現象

23-1 聲 波	531
23-2 強 度	534
23-3 強度及響度	535

23-4	音色及音調	536	*23-8	活塞的聲波輻射	546
*23-5	音程及音階	538	23-9	聲學現象的應用	549
23-6	拍	540		問題	550
*23-7	都卜勒效應	541		習題	551
附錄A	國際單位制	555			
附錄B	常用之數學關係式	559			
附錄C	希臘字母	561			
附錄D	自然對數表	563			
附錄E	元素週期表	565			
附錄F	單位換算因素	567			
附錄G	數值常數	569			
	奇數習題答案	571			
	索引	577			

# 1

## 單位，物理量及向量

### 1-1 緒言

物理學是一門著重經驗觀察的學問。我們所知任何有關物質世界及主宰其行徑的原理都是經由觀察自然現象而得到的。物理學中的理論，最後亦必須能與所觀察及測量到的物理現象相符合才可算數。

所以物理學本質上就是一門測量的科學。最早開始研究熱量及熱學現象的一位先驅克耳文爵士 (Lord Kelvin, 1824 - 1907) 曾寫道：

我常說，當你能測量你論及的事項，而用數字表示出來的時候，你是對它有點認識了；但是如果你無法把它表成數字，你所知道的就是貧乏而令人不滿意的——那也許是知識的源起，但是在你的思維中不論那事項是什麼，你很難說已經進入科學的領域。

任何定量地描述物理現象的數字或是一組數字，就稱為物理量，要定義一個物理量，必須制定一套測量的步驟，或者由其他可以測量到的量去計算的方式。例如我們可以制定步驟來測量“距離”及“時間”作為這兩個物理量的定義，然後再定義“速率”這個物理量為所行的距離除以所用的時間。

經由說明測量步驟而定義物理量的定義方式，稱之為

**操作定義。**某些基本物理量是只能由操作定義的方式來定義的。例如力學中的基本物理量通常定為質量、長度及時間三種。物理學的其他領域中，尚有溫度、電荷、以及光度等等基本物理量。這些在以後都會陸續提到。

### 1-2 標準與單位

測量物理量，通常要和某些選定的標準相比較。例如我們說一段繩子是 30 公尺長，我們的意思其實是說它的長度是某個我們選定為 1 公尺長的物體的 30 倍。像這些我們所選定的標準，就是該物理量的單位 (unit)。例如公尺是長度的單位，而秒則是時間的單位。

測量若要精確，則首先測量所使用的單位便必須有精確並可複現的定義。在 1791 年巴黎科學院 (Paris Academy of Science) 最初建立米制單位系統的時候，一公尺是定為從赤道到北極的千萬分之一，而一秒則定義為一公尺長的單擺從左邊擺到右邊的時間。隨着時代的進步，這些定義均迭經修改而愈加精確了。

從 1889 年起，基本單位都由世界度量衡大會制定。世界上的主要國家都派代表與會。該會所制定的單位系統，是基於米制單位系統，而且自 1960 年起就被稱為“國際制” (International System)，但是因為法文的關係，該系統之英文縮寫為 SI。

被定為單位的標準物體必須具備可複製，及恒久不變兩種特點。因此，在西元 1889 年的時候一根鉑銻合金棒被選為長度的標準，因為這種合金的化學構造特別穩定。但是把這種材料的棒子保存着做為世界性的標準需要附加一些累贅的條款，例如得製備大批的複製品分置於世界上的主要國家，並且每隔一段時間就要把這些複製品跟原標準比較一番。到了 1960 年的 10 月 14 日，該總會把長度的標準改採一種原子性的常量，也就是在保持着放電狀態的充有氬氣之管中，由個別氬 86 原子發出的橘紅色光之波長。這樣的標準比起用特定物體來制定的，在複製方面是要方便許多了。

質量的標準是一個鉑銻合金圓柱的質量，它被定為 1 千克並保存在巴黎附近塞弗爾 (Sevres) 地方的國際度

量衡局內。質量的標準之所以尚未採用原子的標準量，則是因為在目前尚無法如同巨觀物體般精確地測量原子質量的緣故。

在1960年之前，時間的標準是一年之中，太陽連續兩次出現於頭頂上方的時間段之平均值，它被稱為平均太陽日 (mean solar day)。1967年，時間標準採用了原子的標準量。銨原子的兩個最低能階，因為其外層電子的自旋角動量 (spin) 與原子核的自旋角動量同向或反向的差別，而有些微不同的能量。某個適當頻率的電磁輻射 (微波) 將會使原子從一個能階跳到另一個能階，一秒現在被定義為這個電磁輻射週期的9,192,631,770倍。圖1-1是銨原子頻率標準儀，其實也可看做是個標準鐘。

一旦基本單位定義好了之後，接着定義較大或較小的單位就容易多了。在長度系統 (SI) 中，衍生單位通常是基本單位的10倍倍增上去或者 $\frac{1}{10}$ 倍倍減下去。例如一公里 (km) 是1000公尺，而一公分 (cm) 是 $\frac{1}{100}$ 公尺等。這種倍數通常用10的冪次來表示最方便。例如 $1000 = 10^3$ ， $\frac{1}{1000} = 10^{-3}$  等等。在英文中，這些衍生單位的名稱都是在基本單位的名稱之前加字首 (prefix) 而得的。例如“kilo-”，簡寫作“k”，即代表某個單位的1000倍。例如：

$$\begin{aligned} 1 \text{ 千米} &= 1 \text{ km} = 10^3 \text{ 米} = 10^3 \text{ m,} \\ 1 \text{ 仟克} &= 1 \text{ kg} = 10^3 \text{ 克} = 10^3 \text{ g,} \\ 1 \text{ 仟瓦} &= 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ 瓦特} = 10^3 \text{ W.} \end{aligned}$$

表1-1列出標準SI字首的意義及其簡寫。注意一下即可發現它們大部分是以 $10^3$ 倍增加或縮小。

這些加字首的單位的英文讀音，重音一定在第一音節，例如 kil-o-gram, kil-o-meter, cen-ti-meter 以及

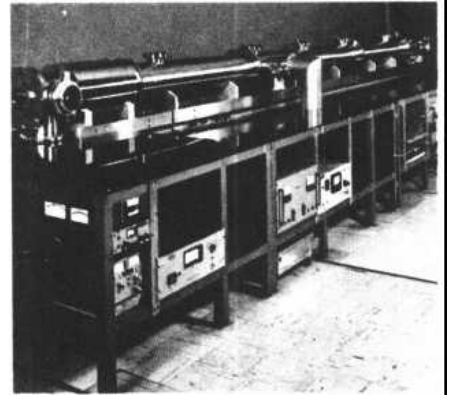


圖1-1 NBS-6是由國家標準局 (NBS) 製作的第六代主要原子頻率標準儀。它由一個六公尺長的銨原子束管組成，可以準確到 $10^{18}$ 分之一以上。當作鐘使用時，可以使一年的誤差少於百萬分之三秒。

表1-1 表示10的冪次的英文字首

10的冪次	$10^{-18}$	$10^{-15}$	$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$	$10^{15}$	$10^{18}$
字首	atto-	femto-	pico-	nano-	micro-	milli-	centi-	kilo-	mega-	giga-	tera-	peta-	exa-
縮寫	a	f	p	n	$\mu$	m	c	k	M	G	T	P	E



#### 4 第一章 單位、物理量及向量

mic-ro-meter ;把重音讀在第二音節是錯誤的。

以下是一些以 10 倍增減的單位及其字首，和一些時間單位。

1 毫微米	= 1 nm	= $10^{-9}$ m	( 光學設計上用 )
1 微米	= 1 $\mu$ m	= $10^{-6}$ m	( 生物學上常用 )
1 毫米	= 1 mm	= $10^{-3}$ m	和 } ( 最常用 )
1 厘米	= 1 cm	= $10^{-2}$ m	
1 千米	= 1 km	= $10^3$ m	( 歐洲常用的距離單位 )
1 微克	= 1 $\mu$ g	= $10^{-9}$ kg,	
1 毫克	= 1 mg	= $10^{-6}$ kg,	
1 克	= 1 g	= $10^{-3}$ kg.	
1 毫微秒	= 1 ns	= $10^{-9}$ s,	
1 微秒	= 1 $\mu$ s	= $10^{-6}$ s,	
1 毫秒	= 1 ms	= $10^{-3}$ s.	
1 分	= 1 min	= 60 s,	
1 時	= 1 hr	= 3600 s,	
1 日	= 1 day	= 86,400 s.	

最後，我們說明英制單位系統。這個系統目前只在美國及英國聯邦使用，但也逐漸被 SI 取代了。英制單位現在均由 SI 系統定義了：

長度：1 英吋 = 2.54 公分 ( 恰好 )

質量：1 磅 - 質量 = 0.45359237 公斤 ( 恰好 )

時間的英制單位是秒，與 SI 系統相同。在英制系統中，“磅”是力的單位，即是在特定的情況下，等於“一磅 - 質量”的重量的力。在本書中，將不使用“磅 - 質量”這個單位，而磅永遠代表力的單位。

在物理學中，英制單位只有在力學及熱力學中使用，在電學中，則沒有英制單位。為了示範英制單位起見，在本書上册中的某些例題中將使用英制單位，但在後半本書中則僅使用 SI 單位。

### 1-3 單位的一致性與變換

物理量之間的關係通常由方程式所表示。而方程式中