

原著第五版

# 大學物理

(下 册)

西 爾 著  
柴 曼 斯 基 格  
楊 斯 基 格  
張 桐 生 譯

臺灣中華書局印行

191/26/02

# 大學物理

張桐生譯

(下冊)

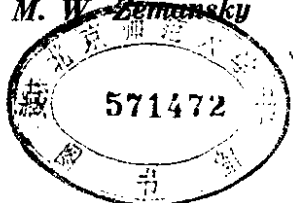
UNIVERSITY PHYSICS

Fifth Edition

By

*F. W. Sears and H. D. Young*

*M. W. Zemansky*



臺灣中華書局印行

中華民國六十六年二月初版

原著  
五版著

# 大學物理(下冊)

下冊基本定價五元伍角正

(郵運滙費另加)



譯者 張生  
 發行人 熊鈞  
 本書局登 臺北市重慶南路一段九十四號  
 記證字號 行政院新聞局版  
 印刷者 臺業字第捌叁伍號  
 發行處 臺灣中華書局印刷廠

張生 桐  
 臺灣中華書局股份有限公司代表  
 熊鈞 鈞  
 臺北市重慶南路一段九十四號  
 行政院新聞局版  
 臺業字第捌叁伍號  
 臺灣中華書局印刷廠  
 臺 灣 中 華 書 局  
 臺北市重慶南路一段九十四號  
 郵政劃撥帳戶：三九四二二號  
 Chung Hwa Book Company, Ltd.  
 94, Chungking South Road, Section 1,  
 Taipei, Taiwan, Republic of China

(臺總)乙書

# 目 錄

(下 冊)

## 電磁學·光學·原子物理學

第二十四章 庫侖定律 .....	1
24- 1 電 荷 .....	1
24- 2 原子構造 .....	2
24- 3 金箔驗電器與靜電計 .....	4
24- 4 導體與絕緣體 .....	5
24- 5 感應起電法 .....	6
24- 6 庫侖定律 .....	7
24- 7 電交互作用 .....	11
習 題 .....	13
第二十五章 電場。高斯定律 .....	15
25- 1 電 場 .....	15
25- 2 電場強度的計算 .....	19
25- 3 力 線 .....	25
25- 4 高斯定律 .....	27
25- 5 高斯定律的應用 .....	32
習 題 .....	42
第二十六章 電 位 .....	45
26- 1 電位能 .....	45
26- 2 電場的線積分 .....	48
26- 3 電 位 .....	49

26- 4	電位差的計算	52
26- 5	等位面	56
26- 6	電位梯度	56
26- 7	密立坎油滴實驗	58
26- 8	電子伏特	60
26- 9	陰極射線示波器	61
26-10	導體電荷的分配	65
26-11	凡得格拉夫發電機	67
	習 題	69
<b>第二十七章 電容, 電介質的性質</b>		<b>73</b>
27- 1	電容器	73
27- 2	平行板電容器	73
27- 3	電容器的串聯與並聯	76
27- 4	一個充電電容器的能量	78
27- 5	電介質的效應	80
27- 6	在電介質上感應電荷的分子學說	86
27- 7	電極化強度與電位移	89
	習 題	92
<b>第二十八章 電流, 電阻, 與電動勢</b>		<b>95</b>
28- 1	電 流	95
28- 2	電阻率	98
28- 3	金屬導電論	101
28- 4	電 阻	103
28- 5	電動勢	105
28- 6	電流-電壓關係式	113
28- 7	在一電路中的功與功率	115
28- 8	熱電學	119
28- 9	地球的電場	124
28-10	電流的生理效應	125
	習 題	127

第二十九章 直流電路與儀器 .....	131
29- 1 電阻器的串聯與並聯 .....	131
29- 2 克希何夫規則 .....	134
29- 3 安培計與伏特計 .....	136
29- 4 惠士同電橋 .....	140
29- 5 歐姆計 .....	141
29- 6 電位計 .....	141
29- 7 $R-C$ 串聯電路 .....	142
29- 8 位移電流 .....	145
習 題 .....	148
第三十章 磁 場 .....	154
30- 1 磁 .....	154
30- 2 磁場 .....	155
30- 3 磁感應線。磁通量 .....	158
30- 4 帶電質點在磁場中的運動 .....	160
30- 5 湯木生的 $e/m$ 量度 .....	162
30- 6 同位素 .....	165
30- 7 質譜儀 .....	168
30- 8 迴旋加速器 .....	170
習 題 .....	174
第三十一章 帶電流導體上的磁力 .....	177
31- 1 作用於一導體上的力 .....	177
31- 2 哈耳效應 .....	178
31- 3 作用於一完全電路上的力與轉矩 .....	180
31- 4 電流計 .....	183
31- 5 支圈電流計 .....	184
31- 6 衝擊電流計 .....	185
31- 7 直流電動機 .....	186
31- 8 電磁抽機 .....	187
習 題 .....	189

第三十二章 一電流的磁場 .....	192
32- 1 一運動電荷的磁場 .....	192
32- 2 一電流基素的磁場。必歐定律 .....	194
32- 3 長直線導體的磁場 .....	195
32- 4 平行導體間的力。安培與庫侖 .....	197
32- 5 一圓圈的磁場 .....	199
32- 6 安培定律 .....	201
32- 7 安培定律的應用 .....	204
32- 8 磁場與位移電流 .....	208
習 題 .....	211
第三十三章 應電動勢 .....	214
33- 1 動生電動勢 .....	214
33- 2 法拉第定律 .....	218
33- 3 探察線圈 .....	222
33- 4 電流計阻尼 .....	223
33- 5 應電場 .....	224
33- 6 冷次定律 .....	226
33- 7 貝他加速器 .....	227
33- 8 渦電流 .....	230
習 題 .....	232
第三十四章 電 感 .....	237
34- 1 互 感 .....	237
34- 2 自 感 .....	238
34- 3 附隨於一感應器的能量 .....	240
34- 4 電阻-電感電路 .....	241
34- 5 電感-電容電路 .....	244
34- 6 電阻-電感-電容電路 .....	246
習 題 .....	249
第三十五章 物質的磁性 .....	252
35- 1 磁性材料 .....	252

35-2	磁導率.....	253
35-3	磁的分子學說.....	255
35-4	磁化強度與磁強度.....	256
35-5	磁化率與磁導率.....	259
35-6	鐵磁性.....	261
35-7	磁域.....	263
35-8	滯後現象.....	266
35-9	自 感.....	269
35-10	永久磁鐵.....	269
35-11	地球的磁場.....	272
35-12	磁 路.....	273
	習 題.....	278
第三十六章 交流電 .....		280
36-1	引 言.....	280
36-2	包含有電阻、電感、或電容的電路.....	280
36-3	$R-L-C$ 串聯電路 .....	285
36-4	平均與方均根值, $AC$ 儀器.....	288
36-5	在 $AC$ 電路中的功率.....	291
36-6	串聯共振.....	294
36-7	並聯電路.....	296
36-8	變壓器.....	297
	習 題.....	300
第三十七章 電磁波 .....		303
37-1	引 言.....	303
37-2	電磁波的速率.....	304
37-3	在電磁波中的能量.....	307
37-4	在物質中的電磁波.....	310
37-5	正弦波.....	311
37-6	從一天線的輻射.....	314



## 6 大學物理 (下冊)

37- 7 在一輸電線上的波.....	315
習 題.....	319
<b>第三十八章 光的本性與傳播</b> .....	<b>321</b>
38- 1 光的本性.....	321
38- 2 光 源.....	322
38- 3 波, 波陣面, 與射線.....	325
38- 4 光的速率.....	327
38- 5 反射與折射定律.....	330
38- 6 折射率.....	332
38- 7 吸 收.....	334
38- 8 照 明.....	335
習 題.....	338
<b>第三十九章 在一平面上的反射與折射</b> .....	<b>340</b>
39- 1 海更史原理.....	340
39- 2 從海更史原理演證反射定律.....	341
39- 3 從海更史原理演證司乃耳定律.....	342
39- 4 全部內反射.....	345
39- 5 稜鏡的折射.....	348
39- 6 色 散.....	350
39- 7 虹 霓.....	351
習 題.....	354
<b>第四十章 單一反射或折射的成像</b> .....	<b>357</b>
40- 1 引 言.....	357
40- 2 平面鏡的反射.....	358
40- 3 球面鏡的反射.....	361
40- 4 焦點與焦距.....	367
40- 5 圖解法.....	369
40- 6 平面上的折射.....	371
40- 7 球面的折射.....	373

40-8 撮 要	376
習 題	378
第四十一章 透鏡與光學儀器	380
41-1 像與物	380
41-2 薄透鏡	381
41-3 發散透鏡	385
41-4 圖解法	387
41-5 透鏡系統的像與物	388
41-6 薄透鏡公式的牛頓式	389
41-7 厚透鏡	390
41-8 透鏡像差	392
41-9 眼	393
41-10 視覺的缺點	396
41-11 放大鏡	398
41-12 照像機	399
41-13 幻 燈	401
41-14 顯微鏡	402
41-15 望遠鏡	403
習 題	407
第四十二章 干涉與繞射	412
42-1 干涉與同調源	412
42-2 楊格實驗與頗耳實驗	415
42-3 在干涉條紋中的強度分布	419
42-4 在反射中的相位變更	420
42-5 在薄膜中的干涉，牛頓圈	421
42-6 玻璃上塗膜	424
42-7 邁克生干涉計	425
42-8 夫瑞乃繞射	428
42-9 單狹縫的夫朗和斐繞射	431

42-10	平面繞射光柵	437
42-11	晶體對於 $x$ -射線的繞射	441
42-12	光學儀器的鑑別率	442
42-13	全像術	445
	習題	449
第四十三章 偏振		452
43-1	偏振	452
43-2	反射光的偏振	453
43-3	雙折射	455
43-4	起偏振鏡	457
43-5	百分偏振。馬呂士定律	460
43-6	光的散射	462
43-7	圓偏振與橢圓偏振	463
43-8	偏振光所產生的色	466
43-9	光學應力分析	466
43-10	用會聚偏振光以研究晶體	467
43-11	旋光性	469
	習題	470
第四十四章 光子, 電子, 與原子		472
44-1	光的發射與吸收	472
44-2	熱離子發射	473
44-3	光電效應	476
44-4	線光譜	477
44-5	波耳原子	480
44-6	原子光譜	485
44-7	雷射	487
44-8	$x$ -射線的產生與散射	490
44-9	波動力學	494
44-10	電子顯微鏡	497
	習題	499

第四十五章 原子,分子,與固體 .....	502
45- 1 不相容原理 .....	502
45- 2 原子結構 .....	505
45- 3 二原子分子 .....	508
45- 4 分子光譜 .....	511
45- 5 固體結構 .....	513
45- 6 固體的性質 .....	516
45- 7 半導體 .....	517
45- 8 半導體電件 .....	519
習 題 .....	523
第四十六章 原子核物理學 .....	524
46- 1 有核原子 .....	524
46- 2 核的性質 .....	526
46- 3 自然放射現象 .....	530
46- 4 核穩定性 .....	534
46- 5 放射性變化 .....	536
46- 6 核反應 .....	538
46- 7 原子核分裂 .....	541
46- 8 核聚變 .....	542
46- 9 基本粒子 .....	543
46-10 高能物理 .....	547
46-11 輻射與生命科學 .....	550
習 題 .....	552
<b>單數題答案 .....</b>	<b>553</b>
自然三角函數表 .....	562
常用對數表 .....	563
元素週期表 .....	565
國際單位制 .....	566
物理常數 .....	570
希臘字母表 .....	571

換算因子.....	572
索 引.....	574

## 第二十四章 庫侖定律

24-1 電荷 遠在西曆紀元前 600 年，古希臘人即知琥珀與羊毛摩擦後，能吸引輕物。今日敘述這一性質，稱琥珀起電，或稱琥珀帶一電荷，或稱琥珀帶電。這些名辭，均導源於一希臘字 elektron，這字的原意即是琥珀。任何固體物質，如果使之與其它物質摩擦，即可帶電。例如：汽車在行駛時，因與空氣摩擦而帶電；一張紙在印刷機上滑過時，而帶電；髮梳在梳篦乾燥頭髮時，而帶電。實質上，欲使一物體帶電，使之與其它一物體密切接觸即可。摩擦云者，不過在使兩者有更多點的密切接觸而已。

教室表演，常用硬橡皮棒與毛皮。硬橡皮棒與毛皮摩擦後，將此棒投入一盛有紗紙細屑的盤裏，許多紙屑即黏附其上，稍待數秒鐘，則又飛離。起初的黏附現象，待至第二十七章時闡述；之後的推斥現象，是由於一種力的作用。凡兩物體，以相同的方法而帶電的，均會有此力。假設有兩小而輕的通草球，以細絲線懸掛於一處，用上述帶電硬橡皮棒觸之，則兩球均黏附於其上，之後不久，此兩球即為棒所推斥，並且它們也相互推斥。

另一與此相似的實驗，是用一玻璃棒與絲絹摩擦，亦得同樣的結果。前述兩通草球經與帶電玻璃棒接觸帶電後，不僅為玻璃棒所推斥，它們也相互推斥。不過，如果將帶電硬橡皮棒所接觸帶電的通草球，與帶電玻璃棒所接觸帶電的通草球相接近，則又見此二球互相吸引。因此我們得一結論：即電荷有兩種——硬橡皮棒經與毛皮摩擦後所帶的電荷，稱為負電荷；玻璃棒經與絲絹摩擦後所帶的電荷，稱為正電荷。上述通草球的實驗，導出的基本結論是：(1)，同電荷相斥；(2)，異電荷相吸。

此項吸引與推斥的力，其本質是電的作用。兩物體間的萬有引力，當另有其引力。在我們將行討論的大多數問題中，此項電性的吸引與推斥的力，均比較它們間所發生的萬有引力大得多多，故後者可以完全免計。

電荷間除存在有這樣的吸引力與推斥力以外，還有因它們的相對運動所產生的力。這類的力就是發生磁現象的原因。多少年來，對於一對磁鐵棒間的吸引力或推斥力的學說，認為物質中另有一磁的實質與電荷相似，稱為“磁極(magnetic pole)。”不過，如所週知，磁的效應也發生在一條帶電流的電線四週。電流祇不過是電荷的運動，現在可知一切磁的效應是起因於電荷的相對運動。所以磁與電並不是兩種截然分別的項目，而是電荷性質所引起的相關現象。

假設一硬橡皮棒與毛皮摩擦後，即與一懸掛的通草球相觸，棒與球均帶負電。如再以帶電毛皮移近通草球，則球為之吸引，此乃示明毛皮是帶正電。由此可知當硬橡皮棒與毛皮摩擦後，兩物體所帶的電荷適為相反。此一現象乃是任何二物質相互摩擦後所共見。所以玻璃與絲綢摩擦後，玻璃帶正電，絲綢則帶負電。此足可使我們領悟：電荷也者，非可以產生或創生，起電的過程，乃將某物自一物體傳遞至它一物體；使某物在一物體中有多餘，而在另一物體中則不足。此所謂“某物”云者，直至十九世紀末，才經發現是一甚小甚輕的一點負電，今日稱之為電子(electron)。

**24-2 原子構造** 原子(atom)一辭，導源自一希臘字 atomos，乃不可分割之意。今日而挑剔此一名辭引用之確當與否，殊無必要。我們已知任何原子都是若干次原子質點(subatomic particles)的相當繁複組織，並且亦有許多方法，使此類次原子質點，從其單一原子或成羣原子中分裂而出。

造成原子的次原子質點有三：一是帶負電荷的電子，一是帶正電荷的質子(proton)，一是中性的中子(neutron)。電子所帶的負電荷，其大小恰與質子所帶的正電荷相等，而較此兩種電荷更小量的電荷則未有發現。故一質子或一電子所帶的電荷，成為最小量的電荷，這是電荷的最後的自然單位。

所有原子中的次原子質點，均依共同的方法排列。質子與中子均密結一團稱為原子核(nucleus)，並因所含質子而淨帶正電。若將核看作一球體，則此球直徑的數量級是  $10^{-12}$  厘米。在核之外方，相當遠距離處是電子，電子的數目，是等於核內質子的數目。如果原子未經擾動，未

有電子自核的周圍空間移出，則此原子，就其整體言，其電荷的效應是中性的。這就是說，核與電子的相等數目的正、負電荷，相加的和是零，正與相等的正數與負數的和是零一樣。如果有或多或少的電子移出，則此所留剩的帶正電荷的結構稱為正離子 (ion)；而負離子，即是一原子獲得或多或少的額外電子的。此走失或獲得電子的過程，稱為游離 (ionization)。

1913年，丹麥物理學家波耳 (Niels Bohr) 所設想的原子模型，是電子以圓形或橢圓形的軌道繞核而迴轉。今日我們相信此一模型並不完全確實，最近的研究表示比較正確的代表電子應是展布 (spread-out) 的電荷分布，這將在第四十四章的量子力學原理中討論。不過，波耳模型仍可有助於我們對原子構造的了解。電子的軌道，是決定原子大小的，其直徑的數量級是 2 或  $3 \times 10^{-8}$  厘米，約是核直徑的一萬倍。一波耳原子猶如一小型太陽系，而以電力替代引力。居中帶正電的核相當於太陽，電子由於電力的吸引，繞核迴轉，則相當於行星由於引力的吸引繞太陽迴轉。

質子與中子的質量約近相等，各該質量約是電子質量的 1840 倍。因此一原子的所有質量可以視為集中於核。因為一個克分子 (kilomole) 的單原子氫含有  $6.02 \times 10^{26}$  個質點 (亞佛加厥數)，其質量是 1.008 克。故單一氫原子的質量是：

$$\frac{1.008 \text{ 克}}{6.02 \times 10^{26}} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ 克。}$$

前述所有原子均是三種次原子質點所組成一事，惟有氫原子是唯一例外。氫原子核是一個質子，核外是一個電子。故氫原子的全體質量中，其中  $1/1840$  是電子的質量，餘者是一質子的質量。取三位有效數字，得

$$\text{電子的質量} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \text{ 克}}{1840} = 9.11 \times 10^{-31} \text{ 克。}$$

$$\text{質子的質量} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ 克。}$$

又因質子的質量與中子者極近相等，故

$$\text{中子的質量} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ 克。}$$

次於氫的元素是氦。其核中含有兩個質子及兩個中子，核外有兩個



電子。如果氫原子中缺少這兩個電子，則此帶兩個電荷的氫離子，亦即氫原子核，常稱作阿伐質點，或 $\alpha$ -質點。再次一元素是鎰，其核中有三個質子，故核中有三個單位的電荷。鎰在非游離狀態，其核外有三個電子。不同元素的核有不同數目的質子，是不同元素的核即具不同的正電荷。在本書末所附的元素表中，稱為週期表的，每一元素佔一方格，每一方格附一數字，稱為原子序數。原子序數代表該原子核內的質子數，或代表原子在非擾動狀態時，核外的電子數。

每一物質體均有大量的帶電質點，原子的核中是帶正電荷的質子，核外是帶負電的電子。當質子的總數等於電子的總數時，這整個的物質體就是電的中和體。

如果我們要以超額的負電荷加予一物體，這有兩種方法。一是以負電荷加予一個中性物體上；另一方法是從這物體中移出一些正電荷。同理，加添正電荷或是移出負電荷即引起超額的正電荷。在大多數情況中，是添加或移出負電荷（電子），於是一個“帶正電物體”是由它的正常電子數失去一些電子的物體。

一物體的“帶電”祇是指超額的電荷。超額電荷總是祇佔這物體總正電荷或負電荷的一個很少成份。

### 24-3 金箔驗電器與靜電計

一帶電的通草球可以用作檢驗決定它一物體是否有帶電的情事。比較靈敏的檢驗，則有賴金箔驗電器 (leaf electroscope) (圖 24-1)。兩片金葉或鋁箔  $A$  縛於一金屬桿  $B$  的端點，此桿通過一支持銷  $C$ ，銷為橡皮，琥珀，或硫磺所製。其外方罩一有玻璃窗的罩  $D$ 。可以察看金箔，並藉以遮風。當驗電器頂端小球與一帶電體接觸後，金箔乃獲得相同符號的電荷，於是互相推斥。金箔的開張程度，即可用以量度它們獲得電荷數量的多少。

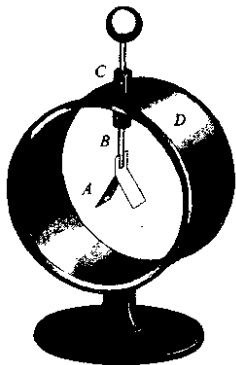


圖 24-1 金箔驗電器。