

人 人 物 理

下 冊

基 韋 楊 張 周	太 恩 哥	哥 恩 夫 桐 樑	羅 得 斯 斯 斯	基 坦 基 生 勳	俄 英 中	著 譯 譯
-----------------------	-------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------	-------------

人 人 物 理

下 冊

基 太 哥 羅 得 斯 基 俄 原 著
韋 恩 斯 坦 英 譯
楊 哥 夫 斯 基 中 譯
張 桐 生 勳
周 樑 勳

中山學術文化基金董事會編譯
臺灣商務印書館發行

中華民國七十七年二月初版

人 人 物 理 全二冊

基本定價八元正

原著者

L.D. Landau
A.I. Kitaigorodsky

英譯者

Martin Greendlinger,
Nicholas Weinstein
George Yankovsky

中譯者

張桐生 周樑勳

發行人

朱建民

印刷及
發行所

臺灣商務印書館股份有限公司

臺北市重慶南路一段三十七號

登記證：局版臺業字第〇八三六號

版權所有
翻印必究

校對人：吳瑞華 詹美賢

目次(下冊)

第三篇 電 子	373
序言	375
第一章 電	377
電流	377
駐立電	383
電場	384
什麼是基本的？	389
電學說的演進	392
第二章 物質的電結構	395
電的最小量	395
離子流	396
電子注	398
密立根實驗	400
原子模型	403
量子化能量	405
門德列夫的週期定律	407
分子的電結構	409
電介質	412
氣體導電	420
自續放電	424
在離子體狀態的物質	428
金屬	431
從金屬發射電子	434

熱電現象	436
半導體	437
p-n 接頭	442
第三章 電磁學	446
量度磁場強度	446
均勻磁場的效應	451
非均勻磁場的效應	455
安培電流	457
原子的電子雲	460
粒子的磁矩	462
電磁感應	466
感應電流的方向	469
發現電磁感應定律	471
感應渦電流	474
有感的神浪	475
鐵的磁化率	476
磁域	480
反磁性與順磁性物體	481
地球磁場	483
恒星的磁場	486
第四章 電機工程概述	488
正弦型 emf	488
變壓器	495
產生電流的機器	496
電動機	502
第五章 電磁場	507
馬克士威方程式	507
輻射的機械模型	512

電磁場的兩個方面	516
光電效應	519
赫茲的實驗	522
電磁輻射的分類	528
第六章 無線電	532
歷史	532
真空三極管與電晶體	539
無線電傳遞	542
無線電訊的接收	545
無線電波傳播	547
雷達	549
電視	552
微電子電路	554
第四篇 光子與原子核	557
序言	559
第一章 軟性電磁輻射線	561
經由輻射之能量互換	561
白熱物體的輻射	562
熱輻射理論	567
光譜	568
雷射輻射	574
冷光	581
第二章 光學儀器	583
稜鏡	583
透鏡	585
照像機	588
眼睛	590

偏光鏡	592
顯微鏡和望遠鏡	594
干涉儀	597
雷射裝置	604
光度測定	605
全像術	608
第三章 硬性電磁輻射	611
X射線的發現	611
X射線繞射分析	615
X射線譜	622
材料的X光照像術	625
第四章 力學的推廣	629
相對論力學	629
接近光速運動的粒子	638
波動力學	642
海森堡測不準原理	645
第五章 原子核的結構	649
同位素	649
放射性	652
放射性衰變	656
核子反應和中子的發現	659
原子核的特性	661
玻色子和費米子	662
原子核的質量和能量	665
核反應的能量	667
核子連鎖反應	669
第六章 我們周圍的能量	674
能源	674

燃料.....	677
發電廠.....	680
核反應爐.....	684
熱核能.....	689
太陽能.....	692
風力發電.....	695
第七章 宇宙物理學.....	697
星球距離的測量.....	697
膨脹中的宇宙.....	701
廣義相對論.....	704
各種年齡的星球.....	707
無線電天文學.....	711
宇宙線.....	713

116	.....	總論
118	.....	第一章
120	.....	第二章
122	.....	第三章
124	.....	第四章
126	.....	第五章
128	.....	第六章
130	.....	第七章
132	.....	第八章
134	.....	第九章
136	.....	第十章
138	.....	第十一章
140	.....	第十二章
142	.....	第十三章
144	.....	第十四章
146	.....	第十五章
148	.....	第十六章
150	.....	第十七章
152	.....	第十八章
154	.....	第十九章
156	.....	第二十章
158	.....	第二十一章
160	.....	第二十二章
162	.....	第二十三章
164	.....	第二十四章
166	.....	第二十五章
168	.....	第二十六章
170	.....	第二十七章
172	.....	第二十八章
174	.....	第二十九章
176	.....	第三十章
178	.....	第三十一章
180	.....	第三十二章
182	.....	第三十三章
184	.....	第三十四章
186	.....	第三十五章
188	.....	第三十六章
190	.....	第三十七章
192	.....	第三十八章
194	.....	第三十九章
196	.....	第四十章
198	.....	第四十一章
200	.....	第四十二章
202	.....	第四十三章
204	.....	第四十四章
206	.....	第四十五章
208	.....	第四十六章
210	.....	第四十七章
212	.....	第四十八章
214	.....	第四十九章
216	.....	第五十章

第三篇 電 子

對午風興午光 徽四策

序 言

這套「人人物理」第一篇討論的是大物體的運動定律與引力。第二篇是關於物質的分子結構與分子運動。

現在這套書的第三篇是討論物質的電結構，電力與電磁場。

繼後的第四篇是討論光子，原子核的結構與核力。

於是，這套書的四篇遂包含物理學的全部基本觀念與定律。在這套書中所提示的特別事實，其選用準則在於以最明晰的方式闡述物理定律，在於表演物理學家最常用以研究現象的技巧，在於提供讀者一個物理學說進化的觀念，還有，在於以最普遍的方式強化物理學是所有一切自然科學與工程的基礎。

物理學在一個世代的時期中發生了激烈的變化。它的許多篇章已經成長為獨立的科學分支，有特別重要的應用。就著者的意見言，就今日言，一個人如祇是熟知物理學的基本原理，是不能認為他的教育是完備的。「人人物理」這套書在於使讀者能獲得物理原理的一些特定知識，並且在於揭示在最近數十年間物理科學有了些什麼新的進展。

當然，這套書將成為一重要的輔助教材，成為物理學生物理課本的重要補充讀物。

著者應再提醒讀者這不是一本正式的教科書。這套書是為常人而寫的，它的目的在於使非專家讀者了解物理學。在一教科書中，任何篇章所用篇幅的大小依據於學生了解該篇章內容的難易。而為一般讀者所撰寫的科學書本並不遵守這規則。所以，各頁讀起來並不是相同的難易程度。另一重要的差別是我們可以放心對某些傳統的篇章作比較簡略的敘述，凝縮較舊的材料讀出篇幅給新的發展。

關於這第三篇，電子，應予說明者。本書中比尋常公認的讀者的是用於描述電現象的最簡單觀念的定義。著者是致力於從現象進行

研究物理提供一觀念。

本篇六章中有四章是討論應用物理的。電機工程這一章是一概略。詳細的描述要求我們參閱圖畫與圖解。所以，著者認為可以將篇文限制於僅屬電機工程的基本原理與人人應當知道的重要事實。

至於無線電的這一章，著者也有此相同的認識與處置。這書的篇幅限制其材料於發現與發展的一扼要歷史，與無線電工程的基本原理的敘述。

基太哥羅得斯基

第一章 電

電 流

利用電的研究，可以（並且也必須）使得對物理學有興趣的讀者熟悉從現象進行 (phenomenological approach) 研究自然的方式。「現象 (phenomenon)」一字源自一希臘字，含意是「顯現」，在韋氏大字典 (Webster Dictionary) 中的定義是「任何事實、環境，或是經驗，使感官有顯著的反應，並且可以作科學的描述或是鑑定的」。以上所提到的進行 (approach) 在於以下的意義。研究人員的興趣不在「事物的本性」。研究人員用字遣辭祇是說明事實。他的目的不是「解釋」，而祇是描述現象。他所引用的名詞，幾乎全都是在他可以指出有某種方法可用數字估算出這相當觀念者，對他才有意義。

他用到一些輔助的名稱，祇是爲了方便於對事實的描述。但是這些名稱所扮演的角色是絕對次級的，它們如改用別的名稱或是簡單的講「某事物」或是「那事那物」是一樣好的。

現象方法 (phenomenological method) 在自然科學中扮演一個無限的角色。電現象是用作向讀者解釋這方法要旨特別合適的事例。

在這章之末，我將扼要的複習些在電學說歷史中真實串列的事件。目前，我願意爲電現象的現象學說 (phenomenological theory) 的演化提出一個理想化的綱要。

第一，我們將同類的科學家如庫倫 (Charles Augustine de Coulomb, 1736-1806)、伏特 (Alessandro Volta, 1745-1827)、歐姆 (Georg Simon Ohm, 1787-1854)、安培 (André Marie Ampère, 1775-1836)、厄司特 (Hans Christian Oersted, 1777-1851)、冷次 (Heinrich

Friedrich Emil Lenz*, 1804-1865) 等人結合成單獨一個神話的人物。假設我們團體的研究人員 (corporate investigator) 賦有近代科學思想的能力，我們應提供他一全套的今日名詞。這位組合的科學家將在我們以後的討論中扮演主角。

他首先仔細檢驗一蓄電池以構想一電的現象學說。他注意到的第一特色是這蓄電池有兩個「極 (poles)」。以他的兩手接觸兩極，他瞬即了解這是件要避免的事（這震動可以十分激烈的）。但在這第一次實驗後，他可能想到是有什麼事物通過他的身體。我們將命名這「某事物」為電。

爲了特別留心不再遭到另一次震動，他開始用各種線、桿與繩來連接兩極〔實是兩端鈕 (terminals)〕。於是他發現以下的情節：與兩極接觸的物件，有些是變得很熱，有些祇是溫熱，剩下的那些，察覺不出有變熱的事。

爲了選用合宜的字彙以描述他的發現，我們的研究人講述如下：當我用一根金屬線連接兩極時，電流經這金屬線。我將稱這現象是一電流。這些實驗顯示不同材料的連接物，電流加熱的程度不同。那些祇略有加熱的，顯然是「導電」平劣或是對電流提出了高的電阻。它們可以稱爲絕緣體 (insulators)，或稱電介質 (dielectric)。

之後，我們的研究人員開始進行液體的實驗，他又發現不同的物質表現不同的行爲。最後，他獲得了一件重要的發現：用一硫酸銅的溶液，將碳極（如我們所稱，是連接到兩極的連接物）浸入槽中，我們的科學家發現在一支碳柱上有紅色的銅澱積。

在這階段，我們的研究人相信他在研究的現象與某種流體的流動有關。這顯然意識到流的方向。我們同意有銅澱積的電極記一負號而視另一電極爲正。由於每次講「負電極」與「正電極」太長與不便，乃建議用「陰極 (cathode)」與「陽極 (anode)」替代之。電流的通過是自正至負，此即，從陽極到陰極。

* 在他的本地俄國，名 Emil Christianovich Lenz。

但是這發現的價值並非止於此點。之後確定每秒鐘淤積在陰極的銅的質量是相同。顯然，銅原子攜帶電性流體。所以，這研究人引用兩個新名詞。第一，他假設銅的質量 M 是與流經電路的電量 q 成正比，此即，引進方程式：

$$q = kM$$

式中 k 是比例因子。其次，它建議在單位時間沿電路通過的電量稱為電流強度 (current strength)，或是簡稱電流 (current)：

$$I = \frac{q}{\tau}$$

我們的研究人員已經實質的更富足了。他現在可以用兩個可測定的量來描述電流：用電路上限定部分在單位時間內所發生的熱量，以及用電流，即單位時間內流過的電量。

這就導致一個新機會：他可以就不同電源所產生的電流比較之。他量度電流 I 與一件導線中以熱的形式所產生的能量 Q 。用各種不同導體重複這實驗，研究人發現各種不同電流源在這導線中所產生的熱對電線中電流之比不相同。對於這比率要發明一個名詞。這稱為電壓 (voltage)。電壓愈高，發生的熱愈多。

最後的陳述，就某小程度言，可以證明我們選用名詞的正當。拉一載有四輪貨車所需張力 (tension) 愈大者（張力有時用於表示電壓，例如，高壓 (high tension) 電流），我們就愈熱。照今日習慣，以 V 表電壓，我們得

$$V = \frac{Q}{q} \text{ 或是 } Q = V I \tau$$

於是，已採取了第一步驟。兩個現象已經發現。一電流在通過某液體時，有物質淤積，以及電流產生熱。熱是我們可以測量的事象。量度電量的方法已經想出，此即，已經知道這觀念的定義。導出 (derived) 觀念，電流與電壓的定義也就知道了。

許多簡單方程式已經寫下，但請注意它們不能稱為自然定律。例如，我們的研究人員稱 Q/q 之比為電壓，而不是發現 Q/q 等於電壓。

現在，我們開始尋找自然定律。就同一導體言，可以量出兩個量，電流與發生的熱，或是電流與電壓（這在原理上講，是含意相同的）。

研究電流與電壓的關係導致一個重要定律的發現。大多數的導體符合以下的定律：

$$V = IR$$

物理量 R 可以稱為電阻 (resistance)，這完全與起初的定性觀測相符。讀者，當然，已經認得這方程式，這是歐姆定律 (Ohm's law) 將歐姆定律的電流值代入我們以上的公式，我們得

$$Q = \frac{V^2}{R} \tau$$

我希望一導體以熱的方式發出能量用以下不同方法寫出算式，諸君不用攪亂：

$$Q = I^2 R \tau$$

從後兩公式的第一式得熱量是與電阻成反比例。如果我們加進一片語，在一定電壓時，這是真的。這是我們首先用這名詞「電阻」時在心目中的情況。第二公式言及熱與電阻成正比所要求的條件是：在一定電流的情況下。

這兩方程式讀者顯然認識是以焦耳 (James Prescott Joule, 1818-1889) 與冷次所命名的定律，此即焦耳冷次定律 (Joule-Lenz law)。

發現一導體的電壓與電流成正比，使這一導體的電阻可以定出，我們的研究人員自然的提出這問題：這重要的數量如何與導體的形狀、尺寸有關，以及導體的材料呢？

實驗導致以下的發現。據知

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

式中 l 是導體的長度， A 是它的截面積。這簡單方程式實用於一個在沿其全長有一定截面積的線性導體。如屬必要，再訴諸較複雜的數學演算，我們可以寫出一個任意形狀導體的電阻公式。試問此處因子 ρ 為何？這是描述製成這導體的材料，這物理量的名稱爲電阻率(resistivity)，有特別大的變更範圍，各物質的電阻率可以有十萬萬(10^9) 倍的變更。

我們現在進行幾個正式的轉換，當可以證明有更多一些用途，歐姆定律可以寫作

$$I = \frac{VA}{\rho l}$$

有一常用的量是一導體的電流對其截面積之比。此稱爲電流密度(current density)，常以字母 j 表之。於是這相同定律可以寫作

$$j = \frac{1}{\rho} \frac{V}{l}$$

於此，我們的研究人員似乎已經看到每一事物都與歐姆定律有關。如果他有無限數的已知電阻的導體，他就可放棄利用一量熱計以定出電壓的麻煩技巧：他現在知道電壓是等於電流與電阻的乘積。

不過，我們的研究人員迅即發現這種言辭是需要修正的。應用相同的電流源，他連接各電阻於兩電極間，在每一實驗中，電流是不同的。但是他發現，電流與電阻的乘積 IR 不是維持一定不變。當他研究這些迄今尚未解釋的這一現象時，這研究人員發現電阻愈增大，乘積 IR 趨於某一常數值。

將這極限以 $\mathcal{E}$ 表之，我們推證出一公式與由測定電壓與電流而建立者，不重合。這新公式是

$$\mathcal{E} = I(R + r)$$