

高等教育叢書

普通物理學

第一卷

力學底物理基礎
分子物理學
振動與波

蘇聯 C. Э. 福里斯 合著
A. B. 季莫列娃
梁寶洪 譯

由人民政府文化教育委員會主編

教育出版社出版

С. Э. ФРИШ и А. В. ТИМОРЕВА

КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ТОМ I

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Министерством высшего
образования СССР в качестве учебного
пособия для физических и физико-тех-
нических факультетов государственных
университетов



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

前 言

本書係梁寶洪同志根據福里斯 (С. Э. Фриш) 和季莫列娃 (А. В. Тиморева) 合著的普通物理學 (Курс общей физики) 第一卷 1951 年增訂版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為國立大學物理系及應用物理系教學參考書。

全書共三卷：第一卷論述力學底物理基礎，分子物理學，振動與波，第二卷論述電現象及電磁現象，第三卷論述光學及原子物理學。

讀者對本書如有批評和建議，請函投：「東北人民政府文化教育委員會」。

目 錄

緒 論

§ 1. 物理學; 物理學底內容, 物理學與其他科學和技術間的關係	1
§ 2. 物理定律	4
§ 3. 量度底單位	8

第一編 力學底物理基礎

第一章 運 動 學

§ 4. 總 論	13
§ 5. 等速直線運動	16
§ 6. 變速直線運動	19
§ 7. 等變速度直線運動。加速度	22
§ 8. 任意的直線運動底加速度	26
§ 9. 速度向量和加速度向量	27
§ 10. 曲線運動	30
§ 11. 曲線運動底加速度	34
§ 12. 固體運動學。角速度和角加速度	40
§ 12a. 角速度向量	45

第二章 動 力 學

§ 13. 牛頓第一定律	46
§ 14. 牛頓第二定律。力和質量	49
§ 15. 摩擦力	51
§ 16. 動量。力之衝量	54
§ 17. 力和質量底單位。例題	56
§ 18. 力學的相對性原理	62
§ 19. 牛頓第三定律。動量不減原理	64
§ 20. 曲線運動中的作用力	68
§ 21. 被加速度的系統。慣性力	72
§ 22. 重力與地域緯度的關係	77
§ 23. 科賴奧來力	78

第三章 功 和 能

§ 24. 功和功率	82
§ 25. 能。能底不減和轉換定律	90
§ 26. 力學的系統底能量。動能和位能	95
§ 26a. 能量底圖解表示	102
§ 27. 因次公式	105
§ 28. 經典力學底應用範圍	109

第四章 萬有引力

§ 29. 萬有引力	117
§ 29a. 慣性質量和引力質量	124
§ 30. 重力場中的功	124

第五章 固體底運動

§ 31. 固體底運動	127
-------------------	-----

§ 32. 固體底轉動。力矩和轉動慣量.....	129
§ 33. 幾種物體底轉動慣量.....	134
§ 34. 動量矩.....	136
§ 35. 迴轉儀.....	139
§ 36. 轉動的固體底動能.....	142

第六章 液體底運動

§ 37. 理想液體底運動。流線和流管.....	147
§ 38. 動量不滅定律應用於流動着的液體.....	152
§ 39. 粘滯液體底運動.....	155

第二編 分子物理學

第七章 氣 體

§ 40. 物質構造底原子—分子論.....	161
§ 41. 波義耳—馬略特定律和給呂薩克定律。溫度之測定.....	166
§ 42. 理想氣體狀態方程式。氣體底密度.....	173
§ 43. 氣體動力論底基本概念.....	178
§ 44. 混合氣體內的分壓力.....	185
§ 45. 氣體底內能。自由度數.....	187
§ 46. 氣體底熱容量.....	190
§ 47. 馬克士威速度分配定律.....	198
§ 48. 微粒按高度的分配.....	205
§ 49. 亞佛加德羅常數底測定.....	207
§ 50. 分子底自由路程底長.....	211
§ 51. 分子射線實驗.....	216

§ 52. 氣體內的遷移現象。擴散	219
§ 53. 氣體底內摩擦和熱傳導	223
§ 54. 壓力很低的氣體內的熱傳導和內摩擦	232
§ 55. 低壓底獲得及測定	235
§ 55a. 在極低壓力下氣體底性質	241
§ 56. 實際氣體。凡得瓦爾方程式	243
§ 56a. 凡得瓦爾改正數底性質底較精確的研究	249
§ 57. 凡得瓦爾等溫線。物質底臨界狀態	253
§ 57a. 臨界量底決定。簡化方程式	259
§ 58. 實在氣體底內能。焦耳—湯姆孫效應	262
§ 59. 氣體底液化	266

第八章 熱 力 學

§ 60. 過程底分子動力的及能量的描述	270
§ 61. 被傳遞的熱量與功之間的當量	272
§ 62. 熱力學第一定律	278
§ 63. 循環過程(循環)	280
§ 64. 絕熱過程。絕熱曲線底方程式	286
§ 65. 當氣體底體積作絕熱變化和等溫變化時所作的功	293
§ 66. 熱力學第二定律	298
§ 67. 噶爾諾循環。熱機底效率	299
§ 67a. 技術上的循環	306
§ 68. 可逆過程與不可逆過程	314
§ 68a. 熱力學第二定律底統計的意義	316
§ 69. 克勞修司不等式。熵	325

第九章 液體中的分子現象

§ 70. 液體底構造。分子壓力	332
§ 71. 表面張力	336
§ 72. 彎曲的液體表面下的壓力	340
§ 72a. 任意形狀的彎曲的液體表面下的壓力	343
§ 73. 液體與固體相接處的現象。毛細作用	345
§ 74. 滴在液體表面上的展布。單分子的薄膜	351
§ 75. 液體底汽化	354
§ 76. 溶液。滲透壓力	357
§ 77. 彎曲表面和溶液上方的飽和汽壓	362

第十章 固 體

§ 78. 晶體和非晶體	365
§ 79. 結晶格子底能量	370
§ 80. 固體底形變	373
§ 81. 彈性限度與極限強度。範性形變	381
§ 82. 從固體底結晶構造觀點研究形變	385
§ 83. 固體中的熱運動。固體底膨脹	389
§ 84. 固體底熱容量	392
§ 85. 固體底熔解和汽化	396
§ 86. 液體底準結晶構造	400
§ 87. 固體對於氣體的吸收作用和吸附作用	403

第三編 振 動 與 波

第十一章 諧 和 振 動

§ 88. 諧和振動	407
------------	-----

§ 89. 諧和振動底速度和加速度。例題	412
§ 90. 諧和振動底能量	417
§ 91. 在一直線上發生的振動底合成	419
§ 92. 互相垂直的振動底合成	424
§ 93. 衰減振動	429
§ 94. 強迫振動	434
§ 95. 用諧和振動表示非諧和的振動過程	441
§ 96. 用複數表示振動過程	447

第十二章 波

§ 97. 彈性介質內波底傳播	449
§ 98. 惠更斯原理	453
§ 99. 波底方程式	455
§ 100. 波底干涉	458
§ 101. 駐波	461
§ 102. 彈性介質中振動傳播底動力學	466
§ 103. 波底能量	470
§ 104. 都卜勒現象	474
§ 105. 羣速度	478

第十三章 聲學振動

§ 106. 聲振動及其傳播	481
§ 107. 聲波底干涉	486
§ 108. 聲音底感覺	488
§ 109. 聲源。超聲底獲得	494
§ 110. 聲波底反射和吸收	498

索引	503
----	-----

緒 論

§ 1. 物理學；物理學底內容，物理學與其他科學和技術的關係 物理學和其他自然科學一樣，同在研究我們周圍的物質世界底客觀性質。按希臘文， $\varphi\acute{\upsilon}\sigma\iota\varsigma$ 一詞底意義就是自然。

物理學研究物質運動底最普遍的形態（力的、熱的、電磁的等等）和它們之間的相互轉換。物理學所研究的運動形態，存在於一切高級的和更複雜的運動形態（化學的過程，生物的過程等等）之中，因而不能夠和後者分割開，但是前者決不能夠完全包括後者。高級的和比較複雜的運動形態是其他科學（化學，生物學等等）底研究對象。例如，一切已知的地球上的物體或天體，不論它們在化學上是簡單的或複雜的，有生命的或無生命的，都遵從物理學所發現的萬有引力定律。一切過程，不論它們是否含有化學的，生物的或其他特殊性質，都遵從物理學所確立的能量不減定律。

物理學與其他幾門自然科學之間的界限，不能夠規定得很清楚，在物理學與化學之間存在着一個廣大的邊界區域，甚至也產生了一些特殊的科學：物理化學及化學物理學。應用物理學的方法去研究某些特殊問題的這樣一部分知識，也連貫起來形成一些特殊的科學：例如，產生了研究天體中物理現象的天體物理學，以及研究地球大氣及地殼中的物理現象的地球物理學，物理學上的發現曾屢次地推動了其他科學底發展。顯微鏡及望遠鏡底發明，加速了生物學與天文學底發

展。物理學所發現的光譜分析已經成爲天體物理學的主要方法，以及其他等等。

和其他的自然科學一樣，物理學及化學底發展，在唯物論世界觀的發展上，曾經起過重大的作用。

逐步發展起來的唯物論哲學（辯證唯物論是唯物論哲學底最高階段），曾經廣泛地利用物理學上的一些發現來論證自己的原理。物理學是用實驗和實踐這一直接的標準來檢驗自己的理論，一直是在走着揭露宇宙底客觀性質這條道路，以此也可以說明爲什麼絕大多數的物理學家都是盲目的唯物論者這一事實。然而，盲目的唯物論底弱點，就在於它底無意識和不能從哲學方面來理解科學底實驗事實，這個弱點就使一部分受了統治階級的反動思想影響的資產階級學者，曾經屢次地企圖利用物理學上的發現來論證唯心論的觀點。在每一重大發現出現的時期，當舊的原理受到修正而新的原理尚未被充分地闡明時，這種企圖就來得特別頻繁。例如，在十九世紀末與二十世紀初，當關於電子的學說已經發生，和作爲相對論底基礎的事實已被發現時，就出現了許多以新的物理學的發現爲基礎的唯心論底「論據」。列寧在他的「唯物論與經驗批判論」一書中，曾經把這些「論據」底謬誤，十分澈底地完全揭露出來。有一部分資產階級的哲學家，斷言物理學底新發現將引導到物質底消滅這一觀念，關於他們的這種說法，列寧寫道：「『物質在消滅着』——這就是說到現在爲止我們對於物質的認識所達到的界限的消滅，這表示我們底認識更加深入；從前看起來是絕對的、不變的、固有的那些物質底性質（如不可入性，慣性，質量等）是正在消滅，這些性質現在表現爲相對的，僅爲物質底某些狀態所固有的。因爲物質底唯一的『性質』——哲學唯物論是和承認這個性質具有連帶關係的——是客觀現實這一性質，也就是

存在於我們意識之外這一性質」(註)。

在四十年前，列寧關於當時的物理學的危機所講的這一段話，而今也完全可以用來說明現階段的物理學底發展，即說明現階段的原子內部的過程底研究正在迫使着人們不得不放棄舊的力學及電動力學底觀念，而過渡到新的量子力學底觀點。從辯證唯物論底觀點澈底地進行批判的分析，可以使我們把新理論底重要的物理內容從唯心論的外殼（作者們往往給它們蒙上這樣一層外殼）中分離出來。

人類底實際需要是物理學發展底推動力，對於其他科學來說也是這樣的。古時候的埃及人及希臘人底力學底發生，是直接和當時的建築技術及軍事技術所提出的問題有着連帶關係的。十七世紀末與十八世紀初的重大科學發現，也是受了正在發展着的技術及軍事底影響。

俄國的物理學及化學底創始者M. B. 羅蒙諾索夫，當時就是把自己底科學研究工作和實際需要結合起來的。他底許多關於固體及液體底性質，關於光學、氣象學、大氣電學的各種各樣的研究，都是和某些實際問題有關的。

在十九世紀初，由於蒸汽機底應用，就迫切地要求解決熱底最有利的轉換為機械功這個問題。如果祇從狹窄的技術觀點來着眼，這個問題是不能够解決的。自從1824年法國的工程師沙地·噶爾諾一般地研究了熱轉換為功這個問題之後，實際提高熱機底效率才成為可能。噶爾諾底研究，同時也給建立關於能底傳遞與轉換的普遍的學問——以後叫做熱力學——打下了基礎。由此可見，實際的需要底結果就產生了新的物理上的發現，而新的物理上的發現又是技術底進一步的發

(註) 列寧著，唯物論與經驗批判論，1948，243頁（俄文版）。參看三聯書店出版的，陳曉時譯，唯物論與經驗批判論，287頁。

展底基礎，往往理論性極高的、並且乍一看來是極其抽象的物理學上的發現，隨着時代的前進也終於得到各種各樣的重要的技術上的應用。

1831年，由於法拉第發現了電磁感應現象，便使我們能夠實際上廣泛地來利用電現象。

1869年 D. И. 門得雷業夫所發現的週期律，不僅對於原子及化學現象底性質的研究底發展起了非常巨大的作用，而且也是解決化學及物理學上的許多實際問題時的主要規律。

在十九世紀七十年代，馬克士威創立了電磁過程底一般理論。從這個理論出發，他得到了下述的結論：電磁能能夠以波的形態傳播。1888年赫芝用實驗證實了馬克士威底理論底正確性。數年之後，馬克士威——赫芝底發現就被 A. C. 波波夫用來製成無線電報。反過來，無線電技術的發展又在物理學家面前展開了空前新穎的研究自然界底性質的實驗方法。

A. Г. 斯托列托夫在「輻射電」(актино-электрический)現象（即光電效應——譯者註）方面的研究（1888——1889），對於光電效應底性質底闡發（光電效应在近代技術上的應用範圍是很廣泛的，例如，電視、自動機械等等），起了很重要的作用。

技術與物理學在它們底發展過程中相互影響的例子是很多的，在此無需一一舉出來。我們祇指出這一點，即為了解決現代的特別重要的問題——這些問題能夠從根本上改變技術，例如太陽能底直接實際利用或原子內部的能的利用——就要求人們更進一步深入地研究物理現象。

§ 2. 物理定律 物理定律底建立是用概括實驗事實這一方法，而物理定律底正確性，是根據這種定律所推出的結論是否和實驗

結果一致，而進行驗證的。物理定律表示物理現象之間的客觀的內在聯系，表示物理量之間實際存在着的關係。

所有的科學部門，包括物理學在內，它們底基本任務都是確定某些現象和另外一些現象之間的關係。斯大林同志在他的天才的著作「辯證唯物論與歷史唯物論」一書中指出：「辯證法認為自然界中任何一種現象，如果把它孤獨拿來看，把它看作是與其周圍現象沒有聯系的現象，那它就會是不可瞭解的東西，因為自然界任何部分中任何一種現象，如果把它看作是與周圍條件沒有聯系的現象，看作是與它們隔離的現象，那它就會是毫無意思的東西；反之，任何一種現象，如果把它看作是與周圍現象密切聯系而不可分離的現象，把它看作是受周圍現象所制約的現象，那它就是可以瞭解，可以論證的東西了」(註)。

大部分的物理定律底內容，都是以數學的形式表示為物理量 A 與 B 底數值 a 和 b 之間的關係。由此可見，為要確立物理定律，物理量底量度是有着原則上的重要性的。

量度某一物理量，這就是說用一定的方法將這物理量與一被取作單位的同類的量相比較。例如，我們量度某一物體底長度時，是用一定的另一物體(取這物體底長度作長度單位)連續地截取於這物體上。

顯然，量度底結果決不會是絕對準確的；量度底準確度係由量度技術底發展和量度時的注意程度如何而定。因此，任何量度底結果祇能用下面的形式表示出來：這物理量底數值是在近似值 a_1 與 a_2 之間；差數 $\Delta a = a_1 - a_2$ 相對地愈小，則物理量 A 被量度得就愈準確。僅由這一點就可以知道，根據實驗而確定的物理的規律性不可能是絕對準確

(註) 聯共(布)黨史簡明教程，莫斯科，1949年中文版，135頁。

的。

由此可見，以數學的形式表示出物理量之間的量的關係的物理定律，並不是絕對準確的。它們底準確程度總是和當時的科學和技術底發展水平相適應的。

我們現在研究一下當溫度一定時一定量的氣體底體積與其壓力之間的關係。

假定我們有8〔升〕氣體，其壓力為 $P = \frac{1}{2}$ 〔氣壓〕，其溫度為一定。我們將壓力改變，使壓力有某一組數值，例如： $P = 1$ 〔氣壓〕， $\frac{4}{3}$ 〔氣壓〕， 2 〔氣壓〕，等等，並量度和這些壓力（在同一溫度之下）相對應的氣體底體積 V 。

在這種情形下，我們所得到的實驗結果可以寫作下表的形式：

氣體底壓力 P (氣壓)	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{4}{3}$	2	4	8
對應的氣體體積 V (升)	8	4	3	2	1	$\frac{1}{2}$

由這個表很容易看出，氣體底壓力與其體積之乘積為一常量：

$$PV = \text{常量。}$$

這個結果就是有名的波義耳——馬略特定律。但是這個定律底確立是根據測定底結果，而這些測定底準確度是有限的，並且是在一有限的壓力範圍內。因此我們可以預料到，如果我們作更精確的測定或者把測定底範圍擴大到更高的或更低的壓力，波義耳——馬略特定律就不正確了。實際上，更精確的測定的結果和波義耳——馬略特定律是有偏離的；而在上述實驗的有限的壓力範圍內，這偏離小；在很大的壓力下，這偏離大。能夠證明，在一定的溫度下，氣體底壓力與其體積之間的關係，是更好地被所謂凡得瓦爾公式表示出來：

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = \text{常量},$$

式中 a 及 b 為改正數。若氣體底體積 V 比改正數 a 及 b 大得很多， $\frac{a}{V^2}$ 及 b 這兩項和 P 及 V 相比較就可以忽略不計，於是我們就得到波義耳——馬略特定律： $PV = \text{常量}$ 。由此可見，凡得瓦爾公式不僅比波義耳——馬略特公式更好地反映出氣體底實在的性質，並且它同時也指出，在怎樣的範圍內波義耳——馬略特定律才是最佳近似，在什麼地方它將不能應用。

對於一切其他物理定律，包括力學定律在內（見 § 4），也可以進行同樣的論斷。

物理定律底近似的性質並不減少它們底客觀意義：物理定律雖然不是絕對準確地，但却是近似地，比較正確地表示出物質底客觀性質，並且它們底準確程度是在我們認識周圍的自然界底過程中日益提高起來。科學在自己的每一歷史發展階段上所指示給我們的僅是現實底近似的「模寫」，但這些模寫隨時都在改進，並且日益完善地更好地反映出世界底客觀性質，而世界底總體是不可窮盡的，「承認理論是模寫，是客觀現實底近似的複寫，——這就是唯物論」（註）。

忘掉了物理定律底近似性質，認為它們是絕對準確的，而把它們外推於它們的適用性在其中尚未被驗證的那些方面去，時常會引起很大的錯誤。例如，已經確定了這樣一個定律，按這定律，在室溫程度的溫度之下，任何氣體在一定壓力下當溫度減低 1°C 時，其體積底減小都等於這氣體在 0°C 時的體積底 $\frac{1}{273}$ （給呂薩克定律），這時若不

（註） B. И. 列寧著，唯物論與經驗批判論，1948，248頁（俄文版）。參看三聯書店出版的，陳曉時譯，唯物論與經驗批判論，13頁。