

高等学校教学用书



理論力学教程

上册

И. М. 伏龙科夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



理論力学教程

上册

И. М. 伏龙科夫 著
吕茂烈 等 译

高等学校教学用书



理論力学教程

下册

И. М. 伏龙科夫著

呂茂烈等譯

本書是根据苏联国立技术理論書籍出版社 (Гостехиздат) 出版的伏龙科夫 (И. М. Воронков) 著的“理論力学教程” (Курс Теоретической Механики) 1953年第4版譯出, 原書經苏联文化部审定为高等工業学校教科書。

本書中文譯本分上、下兩册出版。上册包括靜力学及运动学兩部分, 下册是动力学部分。

中譯本上册曾于1955年1月起下册曾于1954年7月起由本社出过一版, 当时是由哈尔滨工業大学理論力学教研室根据第3版原書集体翻譯的。这次再版前, 由呂茂烈、童秉綱、尹昌言、談开孚、吳瑤华、黃文虎、陶城等同志根据第4版原書作了一次全面的修訂工作, 譯者名义亦有改动。旧版譯者中, 除呂茂烈等七同志外, 尚有李国樞同志。

理 論 力 学 教 程

上 册

И. М. 伏龙科夫 著

呂茂烈等 譯

高等教育出版社出版 北京琉璃廠170号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

新华印刷厂印刷 新华書店發行

統一書号13010·87 開本850×1168¹/₃₂ 印張12¹¹/₁₆ 字數336,000 印數51001—71000

1955年1月新1版 1958年2月第2版(修訂本) 1959年6月北京第10次印刷 定價(6)¥1.40

本書系根据苏联国立技术理論書籍出版社 (Гостехиздат) 出版的伏龙科夫 (Н. М. Воронков) 著的“理論力学教程” (Курс Теоретической механики) 一書譯出。原書經苏联文化部审定为高等工業学校用教科書。

中譯本暫分上、下兩册出版。上册包括靜力学和运动力学部分，下册是动力学部分。

本書原由哈尔滨工業大學理論力学教研室根据原書第3版譯出，并由前东北工業部教育处出版，自1954年7月起改由本社出版，当初参加譯校工作的有呂茂烈、童秉綱、尹昌言、談开孚、吳瑤华、黃文虎、陶城、李国樞等同志。1957年由呂茂烈等同志根据1953年第4版原書作全面的修訂。

理 論 力 学 教 程

下 册

Н. М. 伏龙科夫著

呂茂烈等譯

高等教育出版社出版 北京琉璃廠170号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第054号)

新华印刷厂印刷

新华書店發行

統一書号 13·10·53 開本 850×1168 1/32 印張 6 3/16 字數 167,000 印數 44201—61200
1954年7月新1版 1955年3月第2版 1955年6月北京第13次印刷 5(5·6) 0.35

第四版序言

本“理論力学教程”第四版,就其内容和篇幅來說,与前一版几乎沒有差別。在第四版中所作的重大修改在于: 1) 重新写了較为詳細的緒論; 2) 按照苏联科学院工程技术名詞委员会的最近規定,更換了某些符号和名詞; 3) 在靜力学和运动学中内容稍有增添,包括增加十个新的例題。

此外,在准备这一版时,本書全部内容都經過仔細的审閱,以消除前几版中所存在的个别缺点和印刷錯字,而主要的是为了使材料的叙述能有更大的准确性。

著者認為应向 I. H. 斯維什尼科夫教授致深切的謝意,他所提的許多重要而寶貴的意見,著者在准备將手稿付印前,曾尽可能地予以考虑。

依·伏龙科夫

· 1953年8月于莫斯科

上册目录

緒論	1
靜 力 学	
第一章 靜力学的基本概念和公理	24
§ 1. 剛体。質点。参考系	24
§ 2. 力的概念	26
§ 3. 靜力学公理	30
§ 4. 約束与約束反作用力	34
第二章 匯交力	38
§ 5. 作用于一点的諸力的合成	38
§ 6. 力的分解	43
§ 7. 矢在軸上的投影	46
§ 8. 矢量与标量的相乘。單位矢	49
§ 9. 矢沿坐标軸的分解	51
§ 10. 力合成的解析法	53
§ 11. 匯交力系的平衡	58
§ 12. 力对于一点之矩。杠杆平衡的条件	64
第三章 平行力	69
§ 13. 两个平行力的合成	69
§ 14. 分解一个力为与它平行的兩力	72
§ 15. 諸平行力的合成。平行力系中心	74
§ 16. 杠杆在平行力作用下的平衡	81
第四章 力偶理論	85
§ 17. 力偶矩	85
§ 18. 等效力偶。力偶矩是矢量	86
§ 19. 力偶的合成	92
第五章 平面力系	97
§ 20. 力对于一点之矩	97
§ 21. 平面力系向給定中心的簡化	98
§ 22. 平面力系的合力。伐里农定理	102
§ 23. 平面力系簡化成一个力偶的情形	106

§24. 平面力系平衡的条件	107
§25. 作用于刚体的力在同一平面内时静力学解题举例	108
§26. 平面平行力系的平衡条件	113
§27. 静不定问题的概念	117
§28. 几个刚体组成的系统的平衡	118
第六章 摩擦	122
§29. 滑动摩擦	122
§30. 滚动摩擦	132
第七章 图解静力学基本知识	137
§31. 同平面内诸力的合成。平面力系平衡的图解条件	137
§32. 分解所给的力为与它平行的两力	143
§33. 求平行力系中心的图解法	144
§34. 在静力学平面问题中求反作用力的图解法	145
第八章 桁架	150
§35. 桁架的概念。桁架计算问题	150
§36. 节点截割法	154
§37. 克林蒙那法	158
§38. 桁架截断法	163
第九章 任意力系	167
§39. 力对于一轴之矩	167
§40. 力对于诸坐标轴之矩的公式	169
§41. 力对于一点之矩是矢量	171
§42. 力对于所给之点的矩与对于通过该点之轴的矩两者间的关系	173
§43. 两个矢量的矢积和标积	175
§44. 用矢积表示力对于一点之矩的公式	181
§45. 任意力系向给定中心的简化。主矢和主矩。力系的不变量	183
§46. 力系的合力。伐里农定理	190
§47. 力系简化成一个力偶的情形	192
§48. 力系简化成力螺旋。中心轴	193
§49. 在普遍情形下力系的平衡条件	200
§50. 非自由刚体的平衡	202
第十章 重心	210
§51. 重心坐标的普遍公式	210
§52. 对称物体重心的位置	212
§53. 古里顿定理	214
§54. 几种简单形状均质物体和图形的重心	218
§55. 复杂形状物体和图形的重心的求法	224

§59. 应用普遍公式计算重心的坐标	228
§67. 平面图形的重心的图解求法	231

运 动 学

第十一章 点的直线运动	233
--------------------------	-----

§58. 运动学绪论	233
§59. 点的运动方程式和运动图线	235
§60. 点的匀速运动	239
§61. 点在变速运动时的速度	243
§62. 根据给定的速度变化规律求点所走过的路程	248
§63. 点在直线运动中的加速度。匀变速运动	251

第十二章 点的曲线运动	257
--------------------------	-----

§64. 点的运动方程式	257
§65. 变矢量的微分法。矢导数的性质	260
§66. 点在曲线运动中的速度	263
§67. 点在曲线运动中的加速度	266
§68. 根据用笛卡儿坐标表示的点的运动方程式求速度和加速度	267
§69. 曲线的曲率和曲率半径的概念。自然轴	273
§70. 加速度在自然轴上的投影。切向加速度和法向加速度	276

第十三章 刚体运动的基本类型	283
-----------------------------	-----

§71. 平动	283
§72. 刚体绕固定轴的转动	289
§73. 角速度是矢量。用矢积表示线速度、切向加速度和法向加速度的式子	298

第十四章 点的复合运动	304
--------------------------	-----

§74. 相对运动、牵连运动和绝对运动	304
§75. 点的相对速度和相对加速度、牵连速度和牵连加速度、 绝对速度和绝对加速度	305
§76. 当牵连运动是平动时，速度的合成定理和加速度的合成定理	307

第十五章 刚体的平面运动	314
---------------------------	-----

§77. 刚体平面运动的方程式	314
§78. 平面图形的运动分解为平动和转动	316
§79. 平面图形的点的速度。速度瞬心和图形的瞬时瞬心	318
§80. 速度平面图	325
§81. 瞬心轨迹	328
§82. 平面图形的点的加速度。加速度瞬心	336
§83. 平面图形的运动的解析研究	343

第十六章 刚体绕固定点的运动。在普遍情形下自由刚体的运动	344
---	-----

§84. 具有一个固定点的刚体的运动方程式	348
§85. 达朗伯-欧勒定理	350
§86. 绕固定点运动的刚体内速度的分布。刚体的瞬时转轴	352
§87. 绕固定点运动的刚体内加速度的分布	357
§88. 在普遍情形下自由刚体的运动方程式。刚体的运动分解为平动和 绕某点的运动	363
§89. 在普遍情形下刚体内速度和加速度的分布	365
第十七章 在普遍情形下的点的复合运动	370
§90. 速度合成定理	370
§91. 哥黎奥利斯定理	373
第十八章 刚体的复合运动	380
§92. 平动的合成	380
§93. 平动速度垂直于转轴时, 转动和平动的合成	381
§94. 刚体的螺旋运动	382
§95. 平动速度不垂直于转轴时, 转动和平动的合成	384
§96. 绕平行轴的两个转动的合成	384
§97. 绕相交轴的两个转动的合成	395

动力学

第十九章 动力学緒論	399	\$108. 質点的动能定理	430
§ 98. 动力学基本定律。絕對單位制 和工程單位制	399	\$109. 勢力場的概念	439
§ 99. 質点的运动微分方程式	406	\$110. 势能的概念	442
\$100. 質点动力学的兩类基本問題	407	\$111. 能量守恒定律	443
第二十章 質点的直綫运动	413	第二十二章 非自由質点的运动	445
§101. 質点直綫运动的微分方程式	413	\$112. 非自由質点的运动微分方 程式	445
§102. 質点在和時間有关的力作用下 的运动	414	\$113. 非自由質点的动能方程式	453
§103. 質点在和它位置有关的力作用 下的运动	416	\$114. 質点的达朗伯原理	455
§104. 質点在和速度有关的力作用下 的运动	419	第二十三章 質点的振动	461
第二十一章 質点动力学的普遍 定理	422	\$115. 質点在正比于距离的力作用下 的諧振动	461
\$105. 动量定理	422	\$116. 衰减振动	466
\$106. 动量矩定理	425	\$117. 受迫振动	471
\$107. 功	429	第二十四章 質点的相对运动	479
		\$118. 質点相对运动的微分方程式	479
		\$119. 在相对运动中質点的动能 定理	483

第二十五章 可能位移原理485	§125. 可能位移原理495
§120. 机械系統。約束485	§126. 用广义坐标表示的系的平衡
§121. 广义座标的概念。自由度	条件501
数目487	第二十六章 質动力学的普遍
§122. 作用在系統上的力的分类488	定理508
§123. 可能位移的概念489	§127. 系的运动微分方程式的普遍
§124. 理想約束493	形式508

§128. 系的动量定理	508	§140. 慣量主軸	549
§129. 冲量定理	512	第二十九章 剛体动力学	553
§130. 系的質心运动定理	513	§141. 剛体繞固定軸的轉动	553
§131. 系的动量矩定理	517	§142. 剛体繞它的中心慣量主軸轉动的 情形。轉动剛体的动 能方程式	559
§132. 系的动能定理	521	§143. 剛体的平面运动	564
§133. 系在势力場中的运动。能量守 恒定律	530	第三十章 碰撞理論	574
第二十七章 系的达朗伯原理	533	§144. 碰撞現象	574
§134. 达朗伯原理	533	§145. 碰撞力对質点的作用	574
§135. 动力学的普遍方程式	535	§146. 球对于固定面的碰撞	577
第二十八章 轉动慣量	538	§147. 兩球的正碰撞	581
§136. 轉动慣量的普遍公式	538	§148. 兩物体碰撞时动能的损失	585
§137. 轉动慣量的計算举例	540	§149. 在碰撞时系的动量变化	588
§138. 对于平行軸的轉动慣量間的 关系	544	§150. 在碰撞时系的动量矩变化	590
§139. 对于相交在一点的軸的轉动慣 量。慣量橢球面	546	§151. 碰撞力对繞固定軸轉动的物 体的作用	593
		§152. 撞击中心	595

緒 論

理論力學是高等工業學校中所學習的最重要課程之一；理論力學的定律和結論被廣泛地應用在一系列別的課程中，以解決各種各樣複雜的工程技術問題。在建造各種建築物時，在設計機器時，在研究炮彈飛行時，以及其他類似情況下，所有的技術計算都以理論力學的定律作為基礎。

那末，這門科學的基本內容是什麼？它所研究的是哪些問題？而在解決這些問題時，力學採用了怎樣一些方法？

理論力學是研究物體機械運動和平衡的普遍規律的科學。

運動，就其字面的廣義來理解，是物質不可分割的屬性，因此，它包括了宇宙間所發生的一切現象。在“自然辯證法”中，恩格斯寫道：“就最一般的意義來說，運動是物質的存在形式、物質的固有屬性，它包括宇宙中所發生的一切變化和過程，從簡單的位置變動起直到思維止”（恩格斯：“自然辯證法”，人民出版社，1955年版，第46頁）。

因此，物質的運動，不僅是指物體在空間的位移，而且还指物體在熱、電磁、化學以及其他過程中所發生的任何變化。最後，我們的意識和思維，也同樣應理解為物質的運動，它是物質運動的最高級形式。當然，在物質運動的所有這些形式之間，是存在着很大本質上的差別的：運動的形式在本質上的差別愈大，則在研究它們的方法上的差別也愈大。可是，物質運動的所有這些形式都是彼此聯繫着的，而且在適當的條件下，一種形式可轉變為另一種形式。運動之所以成為物質固有的屬性，是因為它不能和物質分割開。正如恩格斯所說：“沒有運動的物質是和沒有物質的運動同

样不可思議的”(恩格斯:“反杜林論”,人民出版社,1956年版,第61頁)。

弗·伊·列宁在揭露物理学中的唯心主义时写道:“世界上除了运动着的物質以外沒有別的任何东西,而运动着的物質除了在空間与時間之內就不能运动”(列宁:“唯物論与經驗批判論”,人民出版社,1953年版,第203頁)。接着又說:“……把运动同物質割离,就等于把思維同客观实在割离,把我們的感覺同外間世界割离,就是說,轉移到唯心論方面”(同上,第298頁)。所以,和物質一样,运动是永久存在的,既不能創造,也不能消灭。这里,不但要从量的意义上而且更要从質的意義上去理解运动的这种不灭性,就是說,物質运动的任何一种形式都是不可能消灭的。

理論力学研究物質运动的最簡單形式——机械运动。所謂机械运动,就是物体彼此間相对位置随時間的变化(也包括物体內各質点相对位置的变化,即物体的形变)。

因为物体的平衡状态是机械运动的一种特殊情形,所以,在理論力学的問題中,也包括物体平衡的研究。但是必須注意,在宇宙中絕对的平衡是沒有的,“一切平衡都只是相对的和暫时的”(恩格斯:“自然辯証法”,人民出版社,1955年版,第206頁)。

恩格斯在將自然科学分类时,注意到力学所研究的是运动的最簡單形式,所以他把力学放在分类的起始,并且指出,这样的次序是合乎自然科学發展的历史过程的:力学的發生和發展先于其他所有的自然科学。在“自然辯証法”中,恩格斯写道:“一切运动都是和某种位置变动相联系的,不論这是天体的、地球上的質量的、分子的、原子的或以太質点的位置变动。运动形态愈高級,这种位置变动就愈微小。位置变动决不能把有关的运动的性質包括無遺,但是却不能和运动分开。所以首先必須研究位置变动”(同上,第46頁)。

既然机械运动是我們在自然界和工程中随时随地所观察到的，那末理論力学对現代自然科学和現代工程技术所起的重大作用是很可了解的了。研究物体运动的普遍規律，使我們能解釋許多發生在我們周圍世界的現象。但是必須注意，由于理論力学只研究机械运动，它就不可能包罗全部科学；發生在宇宙中所有的过程和現象，决不是只以力学定律为基础或者借助于力学的模型所能解釋和研究。因为物質的各种运动形式之間存在着巨大的質的差別，我們不可能把自然界所有各种各样的現象都归結为机械运动。

本力学課程研究所謂古典力学，这門力学所根据的定律，首先是由伽利略和牛頓精确地写成完备的形式。

由于在十九世紀末叶和二十世紀前四分之一的期間物理学的輝煌成就，以及在电动力学、放射性、原子結構学說与关于構成原子的最小微粒的运动学說等各个領域內的新的重大發現，說明了古典力学定律的应用范围是有限的：这些定律不适用于微觀粒子的运动，也不适用于速度接近光速的物体的运动。因此，在二十世紀产生了以阿·爱因斯坦的相对論为基础的所謂相对論力学。这門新学科的产生是力学發展上一个新的重要阶段。

相对論和古典力学不同，它建立了空間与時間之間以及質量与能量之間的联系。但是，即使在今天，古典力学仍然完全保持它本身的意义，因为根据古典力学的定律和根据相对論力学的定律所得到的結果，只有在运动物体的速度接近于光速时，才有显著的差异；如果不是这样的速度，那末这种差异是極其微小的，以致可以完全忽略不計。所以，对宏觀物体小于光速之运动的研究还是屬於古典力学范围之內。

理論力学从它一誕生起就和工程技术联系了起来。工程实践經常向力学提出新的問題，这些問題促使着力学向前發展。同样

地，力學也推動了工程技術的進展，並且一直在推動着。現代工程技術正愈來愈多地向科學提出極端複雜的問題，這些問題只有靠精確的實驗和深奧的理論研究才能解決。蘇聯的工程師所接觸的是世界上最先進的工程技術，勝利了的社會主義國家的工程技術，對於他們，非但要十分精通這些技術，並且要推動技術向前發展，因此，作為現代工程技術的科學基礎的理論力學知識是十分必要的。蘇聯工程師必須具有廣闊的科學與技術眼界，因為科學的任務不僅在於解釋世界，而且更在於改造世界。在今天，如果沒有牢靠而足夠廣泛的理論力學知識，就不可能成為一個有學識的工程師。

每一門科學，按照它所研究的客觀現實世界之現象的範圍，在描述和研究這些現象時都有它自己的方法。那末，理論力學的方法是怎樣的呢？

像在其他任何自然科學中一樣，在力學中，研究的出發點是觀察、試驗和實踐。但是，當觀察某一現象時，我們是不可能一下子就完全抓住這現象的各個方面的。

因此，必須在所觀察到的現象中，抽出這現象的最重要的特徵，而撇開其他較為次要的東西（即用抽象化的方法）。

當初步近似於真實情形時，為了使研究簡化，在力學中常須將物質對象的某些性質撇開不顧，雖然這些性質與力學有關，但它們對所研究的力學現象或所考察的問題不起重大作用。這樣做的結果，使我們得到某些經過簡化的形象（簡化模型），力學上就利用這些簡化形象來建立實際物理對象之運動和平衡的近似理論。例如，從任何實際的物體中撇開它改變本身形狀的性質（形變），就得到剛體的概念。質點、理想流體等等概念也屬於這類簡化模型。當問題在所採用的簡化條件下初步近似地解決後，應該更進一步接近真實情形，就是說必須解決更複雜的問題，這時要考慮某些在

初步近似中沒有估計进去的实际物理对象的性質或因素。这种从簡單到复杂的研究途徑，在理論力学中被广泛地应用着。例如：研究了剛体的平衡規律以后，就轉到变形物体平衡的研究；研究了理想流体的运动規律以后，就进一步来解决考虑內摩擦时流体运动的更复杂問題。

由此可見，抽象化的方法在理論力学中起着非常重要的作用。在观察和研究个别对象和現象时，当撇开这些个别对象和現象中所具有局部的、偶然的、个別的性質后，我們就有可能建立普遍的規律，更深入到現象的本質。

列宁写道：“思維，从具体上升到抽象的同时，假如它是正确的話，就不是离开了真理，而是接近了真理。物質的抽象、自然規律的抽象、价值的抽象以及其他等等，一句話，一切科学的（正确的、严肃的、非瞎說的）抽象，都是更深刻、更真实、更完全地反映着自然”（列宁：“哲学筆記”，俄文 1947 版，第 146 頁）。

人們把抽象化方法加以应用，把許多世紀以来的經驗、直接观察和生产活动中得到的結果加以綜合，于是有可能建立起某些簡單的普遍原理或定律，作为整个古典力学建筑的基础。这些基本定律，在古典力学中起着公設或公理的作用，即起着最簡單的原理的作用，它們是以后全部推論的根本前提。牛頓在敘述古典力学的这些基本定律时，把它們定名为运动的公理。从这些公理出發，借助于严密的数字推导和計算，就得出后来古典力学的全部推論和結果；由此可知，在理論力学中，数学演繹法有广泛的应用。当着手學習理論力学时，必須注意，既然这門科学所討論的主要是数量上的关系，那么数学分析在理論力学中就起着很重要的作用。但是我們决不能忘記，理論力学的公理化理論，是和它所有的基本概念一样，有着經驗为依据。

在力学萌芽时期，产生力学的基本概念和基本定律的源泉，是