

高等学校教学用书

理論力学教程

下 册

A. И. 涅克拉索夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



理論力学教程

下 册

A. И. 涅克拉索夫著

朱 广 才 译

高等教育出版社



本書系根據蘇聯技術理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的涅克拉索夫 (А. И. Некрасов) 著“理論力學教程”(Курс теоретической механики) 1953 年第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。

本書共兩冊，中譯本亦分兩冊出版。

本書原著的 1950 年版曾經朱廣才同志譯出，由商務印書館於 1953 年 9 月出版。

理 論 力 學 教 程

下 冊

A. И. 涅克拉索夫著

朱廣才譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海勞動印製廠印刷 新華書店總經售

統一書號 13010·233 開本 850×1168 1/32 印張 15 12/16 字數 460,000

一九五三年九月商務初版 (共印 11,500)

一九五七年四月新一版

一九五七年四月上海第一次印刷

印數 1—7,000

定價 (8) 元 1.80

下 册 目 录

第二版序	8
------------	---

虚位移原理

第二十四章 功与功率	9
------------------	---

§ 106. 历史略述	9
§ 107. 力的微分功与其经历有限路程的功	9
§ 108. 力系的功	13
§ 109. 功率	13
§ 110. 理想约束反作用的微分功	19
§ 111. 例题	23

第二十五章 虚位移原理	25
-------------------	----

§ 112. 虚位移的定义	25
§ 113. 虚位移原理举例说明	28
§ 114. 拉格朗日原理与逆定理	32
§ 115. 拉格朗日因数	33
§ 116. 拉格朗日的自由参数, 确定反作用的方法	44
§ 117. 例题	53

点的动力学

第二十六章 牛顿定律与动力学的基本问题	60
---------------------------	----

§ 118. 历史概略	60
§ 119. 牛顿第一定律, 惯性定律	61
§ 120. 牛顿第二定律, 质量, 力	64
§ 121. 牛顿第三定律	73
§ 122. 依据给出之力确定质点的运动	75
§ 123. 依据给出质点的运动确定加于质点之力	80
§ 124. 例题	81

第二十七章 质点运动的微分方程式的积分	85
---------------------------	----

§ 125. 动量积分	85
§ 126. 动量矩积分, 面积积分	88

§ 127. 能量积分	92
§ 128. 力函数与势函数	93
§ 129. 一些力的力函数之确定	98
§ 130. 例题	101
第二十八章 質点的自由直線运动	108
§ 131. 不变之力	108
§ 132. 依时间而变之力	109
§ 133. 依質点的坐标而变之力	113
§ 134. 依質点的速度而变之力	115
§ 135. 例题	116
第二十九章 受重力作用的質点之自由直線运动	122
§ 136. 真空中的运动	122
§ 137. 阻力与速度的一次幂成正比的运动	124
§ 138. 阻力与速度的平方成正比的运动	130
§ 139. 質点在正常大气中受到与速度的平方成正比的阻力时的降落	138
§ 140. 謝亞基的阻力定律	147
§ 141. 例题	150
第三十章 質点的直線振动	156
§ 142. 簡諧运动	156
§ 143. 擾扰的質点振动	160
§ 144. 質点的衰減振动	166
§ 145. 質点的衰減及擾扰振动	172
§ 146. 例题	176
第三十一章 質点在一平面內和在空間的自由运动	182
§ 147. 質点在正交坐标系和極坐标系內的运动微分方程式;运动的自然方程式	182
§ 148. 質点在真空中的运动	185
§ 149. 質点受到与速度的一次幂成正比之阻力时的运动	189
§ 150. 質点受到依平方定律的阻力时的运动	192
§ 151. 質点在水里有富余的浮力而且受到依平方定律的阻力时的运动	198
§ 152. 謝亞基定律之应用	201
§ 153. 例题	202
第三十二章 受約束的質点的运动	211
§ 154. 質点在一面上和一線上的运动	211
§ 155. 非自由运动的动能定理	217
§ 156. 数学圆周摆	219

§ 157. 例题	226
第三十三章 相对平衡与相对运动	232
§ 158. 相对平衡的方程式	232
§ 159. 相对运动的方程式	240
§ 160. 在注意到地球的自转时质点在地面上的平衡和运动	244
§ 161. 例题	251
第三十四章 拉格朗日方程式	258
§ 162. 达郎伯尔原理	258
§ 163. 惯性力	259
§ 164. 达郎伯尔原理与虚位移原理之结合	260
§ 165. 含自由参数的拉格朗日动力学方程式	262
§ 166. 质点的微小振动	269
§ 167. 例题	273

体系的动力学

第三十五章 体系运动的微分方程式和它们的积分	279
§ 168. 历史概略	279
§ 169. 外力与内力	280
§ 170. 体系的动量, 体系的惯性心的运动	281
§ 171. 质量变化着的质点之运动	287
§ 172. 体系的动量矩	291
§ 173. 动能定理	299
§ 174. 体系在对其惯性心的相对运动中的动量矩和动能	301
§ 175. 例题	306
第三十六章 惯性矩	313
§ 176. 导入惯性矩的物理理由, 惯性矩之确定法	313
§ 177. 对于二平行轴的惯性矩	316
§ 178. 对于任意方向的轴的惯性矩, 惯性椭圆	317
§ 179. 例题	325
第三十七章 刚体绕定轴的转动	333
§ 180. 运动方程式	333
§ 181. 刚体绕定轴转动的方程式的积分	336
§ 182. 反作用之确定法, 自由旋转轴	339
§ 183. 沿直线的平行移动与绕定轴的转动之相似	344
§ 184. 物理摆	345

§ 185. 物理摆的应用	350
§ 186. 例题	352
第三十八章 实质平面形在其平面里的运动	354
§ 187. 运动的方程式	354
§ 188. 动能定理	356
§ 189. 反作用之确定	358
§ 190. 例题	359
第三十九章 刚体绕定点运动的方程式	368
§ 191. 欧拉角度及刚体的角速度投影与欧拉角度的关系	368
§ 192. 绕定点运动之刚体的动能和动量矩	373
§ 193. 欧拉的动力学方程式	377
§ 194. 欧拉方程式的应用	379
§ 195. 例题	382
第四十章 欧拉情况	387
§ 196. 刚体在欧拉情况下的运动方程式和它们的初积分	387
§ 197. 刚体在欧拉情况下的运动方程式的积分法. 波安索法	389
§ 198. 例题	399
第四十一章 拉格朗日情况	405
§ 199. 刚体在拉格朗日情况下的运动方程式和它们的初积分	405
§ 200. 刚体在拉格朗日情况下的运动方程式的积分	408
§ 201. 迴轉儀的压力	411
§ 202. 拉格朗日情况的正規进动	417
§ 203. 似正規进动	418
§ 204. 迴轉儀的实际应用	418
§ 205. 例题	419
第四十二章 达朗柏尔原理与拉格朗日方程式	422
§ 206. 达朗柏尔原理	422
§ 207. 体系的拉格朗日普遍动力学方程式	425
§ 208. 拉格朗日的自由参数方程式或拉格朗日的二級方程式	428
§ 209. 能量积分	436
§ 210. 关于平衡的稳定性的勒若諾-笛利克雷定理	438
§ 211. 典型方程式	440
§ 212. 典型方程式的雅葛比积分法	444
§ 213. 例题	450

第四十三章 体系在平衡位置附近的微小振动	458
§ 214. 运动的方程式	458
§ 215. 运动方程式的积分	463
§ 216. 奥斯定理	469
§ 217. 例题	472
第四十四章 碰撞的理论	477
§ 218. 概论	477
§ 219. 碰撞的动力学方程式	481
§ 220. 嘴尔诺定理	484
§ 221. 碰撞对于有一个定轴的物体的作用	486
§ 222. 两个弹性球的正碰	490
§ 223. 例题	494
名词索引	499

高等学校教学用书



理論力学教程

下 册

A. И. 涅克拉索夫著

朱 广 才 译

高等教育出版社



本書系根據蘇聯技術理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的涅克拉索夫 (А. И. Некрасов) 著“理論力學教程”(Курс теоретической механики) 1953 年第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。

本書共兩冊，中譯本亦分兩冊出版。

本書原著的 1950 年版曾經朱廣才同志譯出，由商務印書館於 1953 年 9 月出版。

理 論 力 學 教 程

下 冊

А. И. 涅克拉索夫著

朱廣才譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

上海勞動印製廠印刷 新華書店總經售

統一書號 13010·233 開本 850×1168 1/32 印張 15 12/16 字數 460,000

一九五三年九月商務初版 (共印 11,500)

一九五七年四月新一版

一九五七年四月上海第一次印刷

印數 1—7,000

定價 (8) 元 1.80

下 册 目 录

第二版序	8
------------	---

虚位移原理

第二十四章 功与功率	9
------------------	---

§ 106. 历史略述	9
§ 107. 力的微分功与其经历有限路程的功	9
§ 108. 力系的功	13
§ 109. 功率	13
§ 110. 理想约束反作用的微分功	19
§ 111. 例题	23

第二十五章 虚位移原理	25
-------------------	----

§ 112. 虚位移的定义	25
§ 113. 虚位移原理举例说明	28
§ 114. 拉格朗日原理与逆定理	32
§ 115. 拉格朗日因数	33
§ 116. 拉格朗日的自由参数, 确定反作用的方法	44
§ 117. 例题	53

点的动力学

第二十六章 牛顿定律与动力学的基本问题	60
---------------------------	----

§ 118. 历史概略	60
§ 119. 牛顿第一定律, 惯性定律	61
§ 120. 牛顿第二定律, 质量, 力	64
§ 121. 牛顿第三定律	73
§ 122. 依据给出之力确定质点的运动	75
§ 123. 依据给出质点的运动确定加于质点之力	80
§ 124. 例题	81

第二十七章 质点运动的微分方程式的积分	85
---------------------------	----

§ 125. 动量积分	85
§ 126. 动量矩积分, 面积积分	88

§ 127. 能量积分	92
§ 128. 力函数与势函数	93
§ 129. 一些力的力函数之确定	98
§ 130. 例题	101
第二十八章 質点的自由直線运动	108
§ 131. 不变之力	108
§ 132. 依时间而变之力	109
§ 133. 依質点的坐标而变之力	113
§ 134. 依質点的速度而变之力	115
§ 135. 例题	116
第二十九章 受重力作用的質点之自由直線运动	122
§ 136. 真空中的运动	122
§ 137. 阻力与速度的一次幂成正比的运动	124
§ 138. 阻力与速度的平方成正比的运动	130
§ 139. 質点在正常大气中受到与速度的平方成正比的阻力时的降落	138
§ 140. 謝亞基的阻力定律	147
§ 141. 例题	150
第三十章 質点的直線振动	156
§ 142. 簡諧运动	156
§ 143. 擾扰的質点振动	160
§ 144. 質点的衰減振动	166
§ 145. 質点的衰減及擾扰振动	172
§ 146. 例题	176
第三十一章 質点在一平面內和在空間的自由运动	182
§ 147. 質点在正交坐标系和極坐标系內的运动微分方程式; 运动的自然方程式	182
§ 148. 質点在真空中的运动	185
§ 149. 質点受到与速度的一次幂成正比之阻力时的运动	189
§ 150. 質点受到依平方定律的阻力时的运动	192
§ 151. 質点在水里有富余的浮力而且受到依平方定律的阻力时的运动	198
§ 152. 謝亞基定律之应用	201
§ 153. 例题	202
第三十二章 受約束的質点的运动	211
§ 154. 質点在一面上和一线上的运动	211
§ 155. 非自由运动的动能定理	217
§ 156. 数学圆周摆	219

§ 157. 例题	226
第三十三章 相对平衡与相对运动	232
§ 158. 相对平衡的方程式	232
§ 159. 相对运动的方程式	240
§ 160. 在注意到地球的自转时质点在地面上的平衡和运动	244
§ 161. 例题	251
第三十四章 拉格朗日方程式	258
§ 162. 达郎伯尔原理	258
§ 163. 惯性力	259
§ 164. 达郎伯尔原理与虚位移原理之结合	260
§ 165. 含自由参数的拉格朗日动力学方程式	262
§ 166. 质点的微小振动	269
§ 167. 例题	273

体系的动力学

第三十五章 体系运动的微分方程式和它们的积分	279
§ 168. 历史概略	279
§ 169. 外力与内力	280
§ 170. 体系的动量, 体系的惯性心的运动	281
§ 171. 质量变化着的质点之运动	287
§ 172. 体系的动量矩	291
§ 173. 动能定理	299
§ 174. 体系在对其惯性心的相对运动中的动量矩和动能	301
§ 175. 例题	306
第三十六章 惯性矩	313
§ 176. 导入惯性矩的物理理由, 惯性矩之确定法	313
§ 177. 对于二平行轴的惯性矩	316
§ 178. 对于任意方向的轴的惯性矩, 惯性椭圆	317
§ 179. 例题	325
第三十七章 刚体绕定轴的转动	333
§ 180. 运动方程式	333
§ 181. 刚体绕定轴转动的方程式的积分	336
§ 182. 反作用之确定法, 自由旋转轴	339
§ 183. 沿直线的平行移动与绕定轴的转动之相似	344
§ 184. 物理摆	345

§ 185. 物理摆的应用	350
§ 186. 例题	352
第三十八章 实质平面形在其平面里的运动	354
§ 187. 运动的方程式	354
§ 188. 动能定理	356
§ 189. 反作用之确定	358
§ 190. 例题	359
第三十九章 刚体绕定点运动的方程式	368
§ 191. 欧拉角度及刚体的角速度投影与欧拉角度的关系	368
§ 192. 绕定点运动之刚体的动能和动量矩	373
§ 193. 欧拉的动力学方程式	377
§ 194. 欧拉方程式的应用	379
§ 195. 例题	382
第四十章 欧拉情况	387
§ 196. 刚体在欧拉情况下的运动方程式和它们的初积分	387
§ 197. 刚体在欧拉情况下的运动方程式的积分法. 波安索法	389
§ 198. 例题	399
第四十一章 拉格朗日情况	405
§ 199. 刚体在拉格朗日情况下的运动方程式和它们的初积分	405
§ 200. 刚体在拉格朗日情况下的运动方程式的积分	408
§ 201. 迴轉仪的压力	411
§ 202. 拉格朗日情况的正规进动	417
§ 203. 似正规进动	418
§ 204. 迴轉仪的实际应用	418
§ 205. 例题	419
第四十二章 达朗柏尔原理与拉格朗日方程式	422
§ 206. 达朗柏尔原理	422
§ 207. 体系的拉格朗日普遍动力学方程式	425
§ 208. 拉格朗日的自由参数方程式或拉格朗日的二級方程式	428
§ 209. 能量积分	436
§ 210. 关于平衡的稳定性的勒若諾-笛利克雷定理	438
§ 211. 典型方程式	440
§ 212. 典型方程式的雅葛比积分法	444
§ 213. 例题	450

第四十三章 体系在平衡位置附近的微小振动	458
§ 214. 运动的方程式	458
§ 215. 运动方程式的积分	463
§ 216. 奥斯定理	469
§ 217. 例题	472
第四十四章 碰撞的理论	477
§ 218. 概论	477
§ 219. 碰撞的动力学方程式	481
§ 220. 嘴尔诺定理	484
§ 221. 碰撞对于有一个定轴的物体的作用	486
§ 222. 两个弹性球的正碰	490
§ 223. 例题	494
名词索引	499

第 二 版 序

“理論力学教程”下册的本版是照旧版加以如下的修改重印的。旧版里的錯誤在新版里均有更正；牛頓定律的敘述重新編过；动力学在基本上与物理学的联系更加密切；点的反动运动研究也予以較开展的方式；所有的例題一律編号，与上册里例題的号数相連；並在正文里給予了一些說明和补充，为了使本教程易於了解。本書不單包括高等工業学校一般的教程所应具有的教学材料，而且还夾入了一系列的补充資料，这些資料在借理論力学來解决种种实际問題时都是有用的。典型方程式虽然現在已有許多的应用，特別是在物理学方面，但在本教程里只給出它們在最簡單的情况下的証明；如欲深入學習，仍須参考較詳的理論力学教程。

在动力学的实际应用中，不單須用积分，还須求解微分方程式；大家知道，此种运算用解析法未必准能达到完成的形式；所以动力学的应用范围，不像靜力学和运动学那样，其中几乎遇不到积分运算，似乎应当很受数学的限制，因为有许多問題不可能用解析法推究到底。如在前版的序言中已經說过，这种看法是錯誤的。为了要把此种問題研究到底，惟有放棄用解析法求解微分方程式，而把課題化为求积，再用“数字法”來計算。这种作法在理論力学的实际应用上已經普遍地採用了。为了避免在运算时，数字在本教程里佔篇幅过多，我們不要求达到很高的精确程度；譬如，求积分时一律用梯形近似法；解微分方程式时，用近似积分法，將微小範圍內的差数从二級起皆行略去不計。讀者如對於近似运算法欲得其詳，仍須參考有关这个問題的專門書籍。

虛位移原理

第二十四章 功与功率

§ 106. 历史略述

虛位移原理为静力学的最广泛的原理；以此原理为基础的静力学，为了要与本力学教程上册所論的普通静力学有所区别，就称为解析静力学。因为在虛位移原理中，就其一般情形而言，只注意到無限小位移，而每一無限小位移又等於其速度与微分時間之乘积，所以虛位移原理可給予另一名称，叫作虛速度原理；这也就是法国人所習用的名称[⊙]。虛位移原理，就其全面一般性而言，是由拉格朗日首次建立的。它對於槓桿的应用，是由吳巴尔笛 (Терzio Voailexii 1645—1607) 首次提出的。伽利略發現了此原理對於斜面之应用。伽利略的弟子托里拆利發表了以其名为名的原理(静力学，§ 53)，那是虛位移原理的一种特殊情形。柏尔奴里 (1667—1748) 才是了解虛位移原理的異常普遍性和它對於解答静力学問題的意义的第一个人，这是由柏尔奴里於 1717 年致华利农的信中可以看出来的。拉格朗日曾在他的 1788 年出版的“解析力学”第一册里敘述了虛位移原理。

§ 107. 力的微分功与其經歷有限路程的功

以下理論力学的各部分皆將引用力的功概念：以虛位移原理为基础的解析静力学、点的动力学、体系的动力学、位能理論以及理論力学

⊙ 現在一般地改称虛功原理。——譯註