

高等学校教学用书

理論力学教程

下册 第一分册

Л. Г. 洛強斯基
А. И. 路尔叶 著

高等教育出版社

13.321/6-2

高等学校教学用书



理 論 力 学 教 程

下册 第一分册

Л. Г. 洛強斯基 著
А. И. 路尔叶
吳 礼 义 等 譯

高 等 教 育 出 版 社

本書系根据苏联國立技術理論書籍出版社 (Государственное издательство технико-теоретической литературы) 出版的洛強斯基 (Л. Г. Лойцанский) 与路尔叶 (А. И. Лурье) 合著的“理論力学教程” (Курс теоретической механики) 下冊 1948 年第四版增訂本譯出。原書經苏联高等教育部審定为高等工業学校教学参考書。

本書中譯本分兩分冊出版, 下冊第一分冊由北京航空学院吳礼义、張开敏、陈亞洪、馬宗祥、王元彬、鄭元熙等同志合譯, 並由鄭元熙、高为炳、黃克果等同志校訂。

理 論 力 学 教 程

下冊 第一分冊

Л. Г. 洛強斯基, А. И. 路尔叶著

吳礼义等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內原恩寺 7 号
(北京市書刊出版業營業許可証出字第 054 号)

上海市印刷四厂印刷 新华书店发行

統一書号 13010·195 开本 850×1168 1/32 印張 9 10/16
字數 307,000 印數 18,501—20,000 定价 (4) 50.95
1956 年 12 月第 1 版 1960 年 3 月上海第 7 次印刷

序 言

“理論力学教程”下册的内容包括質点、質点系及剛体动力学;在动力学專門問題中,特詳述系對於穩定平衡位置的振動理論,也講述了运动穩定性理論的初步概念。

本教程下册是基於拙著“理論力学”卷 II 及卷 III 中的材料而構成,並符合於現今高等工業学校的理論力学教学大綱。同时还考慮到本教程不应僅为大綱規定教材的重述,而应能成为不僅对初学者適用,而且对科学技術工作者也適用的手冊。所以本書中动力学的論述是以消弭普通教材与科技研究文献間的空隙为目标,这一空隙是高等学校畢業的工程师所常感到的。

在这一“理論力学教程”的第四版中有很多地方曾作了根本的改編,並有許多節是重寫过的。

引論中各節的敘述是經過修正与新編的。对下列几章曾作重要的改动,計有:动量定理,动能变化定理,达倫培尔原理,轉动慣量的研究,一自由度的振動理論等。

所补充的材料多是反映近年來對於飛行力学問題与日俱增的注意。於是又作出以下数節:關於应用动力学的方法於飛机的运动,附有尾翼的拋射体在鉛垂平面中的运动以及旋轉炮彈的穩定性等問題。

關於純方法性的补充,值得指出的有:应用直接变分方法(李茲方法)來解決动力学的問題,位相平面表示法在振動理論問題中的应用以及用动量定理研究連續媒質的运动等等。

由於对借反作用力推進的运动所呈現的普遍兴趣,我們覺得应及时地在本教程中作一關於变質量物体动力学基本原理的論述,在这領

域中苏联科学家的贡献非常巨大。

近來由於有关运动調節与自动化的若干技術問題的需要,运动穩定性的理論已經常成为工程应用上的对象。因此我們特別提出一章來对运动穩定性原理作一初步的論述,这一理論是偉大的苏联学者里亞普諾夫的天才貢獻。

鑒於例題計算對於闡明理論的重要性,这是我們一貫的觀點,作者在这一版中又增加了許多新的例題。

Л. 洛強斯基

A. 路尔叶

目 錄

序言

第三篇 动力学基本理論

第十五章 动力学的基本概念及牛頓定律	7
§ 84. 古典力学中的空間与時間	7
§ 85. 慣性定律,或牛頓第一定律.牛頓第二定律	10
§ 86. 动力学中作用与反作用恒等定律(牛頓第三定律).諸力作用彼此独立定律	14
第十六章 質点动力学的基本方程式及其積分法	17
§ 87. 質点运动的微分方程式	17
§ 88. 动力学第一类問題	19
§ 89. 动力学第二类問題.作用於質点上之力的性質.起始条件的作用	25
§ 90. 質点的自由振动	44
§ 91. 質点的強迫振动	54
第十七章 动力学基本定理.动量变化定理	62
§ 92. 动力学基本定理.質点系动量变化定理	62
§ 93. 动量定理對於連續媒質的应用.欧拉定理	68
§ 94. 冲量定理及其在碰撞理論上的应用	74
§ 95. 点与障碍物碰撞.牛頓假定.恢复系数	77
§ 96. 兩物体的正碰撞	82
§ 97. 系的慣性中心运动定理	85
§ 98. 慣性中心定理在計算兩物体的正碰撞与斜碰撞时的应用	101
第十八章 动量矩定理	104
§ 99. 一質点的动量矩定理	104
§ 100. 数学擺的振动	107
§ 101. 万有引力定律及行星运动	113
§ 102. 質点系的动量矩定理	116
§ 103. 剛体对轉动軸的动量矩.轉动慣量的概念	119
§ 104. 某些簡單几何形狀物体的轉动慣量.對於平行軸的轉动慣量定理	120
§ 105. 剛体繞靜止軸轉动的微分方程式	126
§ 106. 物理擺的振动	131
§ 107. 用实验方法求物体的轉动慣量	132
§ 108. 外碰撞冲量对質点系动量矩的影响	135

§ 109. 質點系在相對運動中對它的慣性中心的動量矩定理	138
§ 110. 對一軸的主動量矩守恆定理的應用	141
§ 111. 平面運動動力學	145
§ 112. 飛機及帶有尾翼的拋射體在鉛垂平面中的運動	158
第十九章 動能變化定理	165
§ 113. 歷史概述, 能的概念的起源	165
§ 114. 沿直線路程不變力所作的功	167
§ 115. 曲線路程上變力所作的功, 功率	168
§ 116. 某些特殊情況中作用力所作的功的計算	172
§ 117. 質點與質點系的動能, 柯尼克定理	177
§ 118. 剛體在簡單運動情況中的動能	179
§ 119. 動能變化定理	180
§ 120. 力場, 在力場中運動時所作的功, 勢力場	191
§ 121. 點系之勢, 勢力場的例子	195
§ 122. 機械能守恆定律	198
§ 123. 在碰撞情況下的能量損失	201
第四篇 非自由系動力學	
第二十章 可能位移原理	210
§ 124. 非自由質點系, 約束	210
§ 125. 運動約束的分類, 完整約束和非完整約束	213
§ 126. 約束對系中諸點的位移所加的限制, 可能位移	216
§ 127. 系的位置的確定和它的自由度, 廣義座標和廣義位移	220
§ 128. 約束的動力作用, 釋放原理, 約束反作用力	224
§ 129. 有摩擦的約束和無摩擦的約束, 約束反作用力的功, 理想約束	225
§ 130. 可能位移原理, 在廣義座標中原理的表述	232
§ 131. 應用可能位移原理導出剛體的平衡方程式	237
§ 132. 在簡單機器理論中的可能位移原理	239
§ 133. 茹考夫斯基慣性	247
第二十一章 達倫培爾原理	249
§ 134. 達倫培爾原理, 動力學普遍方程式	249
§ 135. 慣性力, 達倫培爾原理的靜態動力學說法, 在剛體平面運動中的應用	252
§ 136. 應用達倫培爾方程式推導動力學基本定理	261
§ 137. 第一類拉格倫日方程式, 乘子法	262
第二十二章 分析力學概論	267
§ 138. 從動力學普遍方程式導出第二類拉格倫日方程式	267
§ 139. 拉格倫日方程式的第一次積分, 能量積分和循環積分	272
§ 140. 哈密頓變分原理	288
§ 141. 力學正則方程式	297

第三篇 动力学基本理論。

靜力学僅研究物体間所受力的相互作用而不涉及其运动；运动学則僅作物体运动的描述而不涉及其間相互作用力的关系；动力学与前二者不同，它的目的是建立物体的机械运动与物体間相互作用力之間的关系。在这种意义上，动力学可以說是力学中最普遍的一部分，和它相比較，靜力学与运动学二部則居於从屬的地位。在今日的实际問題中對於力学的要求絕大多数都是动力学問題，动力学的中心意义也可以由此看出。

在本篇中將敘述質点和質点系动力学的基本理論^①。

动力学的起源是和伽利略的名字分不开的，他曾在他著名的“談話”（已於运动学的引論中引用）中討論了在重力的影响下落体运动的規律。伽利略指出，重力迫使槍彈由其直線路徑偏向地球，這一直線路徑是槍彈由槍管發出時在慣性运动的情況下所應具有的。慣性定律（速度之大小及方向的守恆性）的概念也是首先由伽氏十分明確地指出的（在第三“談話”中）。在重力的特殊情況下，伽氏曾指出重力的不變性和落体加速度的不變性之間的密切連系；但只是牛頓在引入質量的概念之後，才作出力与加速度之間关系（第二定律）的明確陳述。我們應感激伽氏的還有由他首次指出後述觀念的重要性：這觀念以後（十九世紀初叶）才獲得功的名稱，伽氏曾定其值為重量与下落長度的乘積（在擺及斜面之研究中）。

在伽氏的前人中對他影响最大的是別尼傑蒂（別氏著有二書，其一

① 今後所謂質點是指十分微小的物体，對這些小物体可不計其繞某軸或某中心的轉動，亦即與其移動的运动学諸要素相比較，其轉動速度与加速度均可忽略不計。

於1553年出版於威尼斯,另一則於1585年出版於士林),他對古人(主要是亞里斯多德及其後繼者)的不正確动力学观点所進行的斗争,給伽利略日后的研究鋪平了道路^①。伽利略另一著名的前人是列奧那多·達·芬奇 (Leonardo da Vinci 1452—1519),但他不能對伽氏有任何的影響,因為他的著述直到1797年才由文邱利發表於世。與伽氏同時代的學者,笛卡兒(1596—1650)也曾研究過落體的規律,但是和伽氏不同,伽氏是從純粹現象性上來研究這一問題的,而笛氏所感興趣的問題則是關於由一物體傳遞運動到另一物體時的物理本質。顯然,運動的守恆定律(任一運動都是開始時由某處所傳來的;起始的動量是會減損的;若沒有傳遞運動到其他物體的情況,則運動無損失)是伽氏的貢獻。伽氏是當時的一個精密實驗家,他所定出的量的實驗關係式有較大的準確性,然而笛卡兒^②與伽氏不同,縱使他對哲理方面的造詣很深,而在數量方面的定律則常犯錯誤(例如由他所提出的在加速運動中路程與時間的關係就不正確)。

在力學領域中伽利略的傑出後繼者首推惠更斯 (1629—1695,在哲學方面他是承繼笛卡兒的)。惠更斯^③曾提出並解決了动力学中一系列的新問題;他的貢獻是引用了向心力與離心力、轉動慣量、復擺的擺動中心等重要概念於力學中。應特別指出,惠更斯研究擺的問題時,曾首次應用了一種原理,此原理本質上相當於今日我們所熟知的動能定理(復擺重心所能升起的高度等於其下落的長度)。應用這種原理,惠氏曾解決了復擺擺動中心的問題,在歷史上這是點系(繞定軸轉動的剛體)动力学的第一個問題。在哲學上,惠氏關於運動由一物體直接傳遞到另一物體的概念則與笛卡兒的意見極為接近。應用動量及活力(這

① 更早一些的伽氏前人如希巴赫,費勞邦等,僅以他們對當時(公元二到六世紀)存在的諸观点所作的批判而著名。

② Descartes. Principia philosophiae. Amsterdam, 1644.

③ Huyghens. The law of motion on the collision of bodies. Phil., Trans., 1669.—Horologium oscillatorium. Paris, 1673.—Opuscula posthuma Leiden, 1703.

一名詞是以後由萊布尼茲 Leibnitz 所引進的)守恆的觀念,惠更斯在他的論著“關於碰撞後物体的運動”(De motu corporum ex percussione)中曾提出彈性球碰撞的完整理論。與惠氏同時,關於球的碰撞理論也曾由瓦利士(Wallis, *Mechanica sive de motu*, 即力學或有關運動之學說)及福倫(Врен)分別於1668年^①提出。瓦利士與福倫二人的理論也是由動量的觀念推出的,但所用的是物体的重量(而非質量)與其速度的乘積,這乘積他們稱之為矩(moment)。還應提到的是,瓦利士不僅研究了正碰撞而且還研究了偏心碰撞,此外,撞擊中心的概念也是他首次引進的。

創建動力學的主要功績無疑的應該屬於牛頓^②(1642—1726)。他的著名著作“原理”(與將要提及的拉格倫日的“分析力學”)可視為近代動力學的基礎。

發揚了伽利略、笛卡兒及惠更斯的想法,牛頓推廣了力的靜性概念並連系了力與運動的改變,亦即力與加速度的關係。他還以“物質的量”的說法在當時的力學中引進“質量”這一新概念。這個力與加速度之間的關係即構成著名的牛頓第二定律。牛頓曾指出幾種新形式的力(萬有引力,媒質阻力,黏性力等等),並研究了這些力與物体的運動和位置的諸要素之間關係的規律;與笛卡兒及其後繼者不同,在這個問題上牛頓是個現象論者。實質上牛頓僅承認鄰近作用並否認通過真空之作用的可能性,同時他撇開物体間相互作用的物理本質之研究而只滿足於創立這領域中量的關係。

牛頓用這種純粹現象性的方法研究機械運動,就使他能夠推廣力之概念並創立適用於任何物理本質的力的動力學一般定律。在牛頓所創立的定律中,應特別提出作用與反作用定律,這個定律使得從質點動

① 伽利略同代人馬爾奇(生於1595)已曾研究球之碰撞(Marcus Marci, De proportionibus motus)。

② I. Newton. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. London, 1687. 自然哲學的數學原理(於1915年,由科學院士 A. H. 克雷洛夫譯為俄文)。

力学的研究轉入質点系动力学的研究变为可能。利用作用与反作用相等的定律,牛頓導出了动量定律和重心(慣性中心)运动定律。牛頓發展了笛卡兒的动量守恒观念並証明只有外力才能对全动量發生作用;而且外力對於动量改变的作用決定於所有外力的冲量。这个定律牛頓也曾用另一形式,即重心运动定律來表示。牛頓創建动力学基礎的偉大功績是無法估計的。由牛頓所創立的質点和自由質点系动力学基本方程式是这样的普遍,說实在的,十八世紀及十九世紀中絕大多數的繼續研究都只是牛頓想法的進一步数学發展而已。

在牛頓的时代还應該提一提萊布尼茲^① (1646—1716) 的成就,提到萊氏就会想到關於選擇力之作用的度量的有名爭論。笛卡兒認為力之效应的度量是动量,而萊布尼茲則認為應該是活力。這兩個度量之基本差別直到很多年以后才獲得清楚的解釋;後來發現,与动量的改变不同,活力的改变和能量由其机械形式轉变为其他物理形式之过程有密切的联系。

關於活力定律的發展我們應該感激約翰·柏努利(Johann Bernaulli 1667—1748)和丹尼尔·柏努利(Daniel Bernaulli 1700—1782)二人,他們几乎賦予這一定律以現今的形式,稍不同的是他們沒有用“諸力所作之功”的名詞;這名詞直到十九世紀才在玻斯萊等人的著作中出現(J. V. Poncelet 1788—1867)。歐拉(L. Euler 1707—1783)及丹尼尔·柏努利曾証明:有这样的情况存在,即活力的改变与运动的路徑無關;这就为以后拉格倫日作好准备,他在“分析力学”中曾提出力函数(Hamilton之名詞)的概念。而勢的概念則是格林(Green)在1828年所引進的。

力矩定律(面積定律)几乎同时(1746)由歐拉及丹尼尔·柏努利^②

① Leibnitz. Acta eruditorum (1680—1695). 以及与柏努利的通信, (Johann Bernaulli (1745 年於洛桑及日内瓦出版)。

② 對於力矩定律的建立,著名的开普勒(1571—1630)實驗定律(Keppler, Astronomia nova, Prag, 1609)具有重大的意义;这就是關於行星扫过的面積速度守恒的定律。

所創立。達爾西於1747年將力矩定律與牛頓的基本方程式取得連系。力矩定理對於轉動剛體之應用是由歐拉^①及略先於他的達倫倍爾^② (Jean le Rond d'Alembert 1717—1783) 所提出的。古典動力學的繼續發展主要是與非自由系之概念的引進有關。

對於理論力學的發展及應用，十九及廿世紀中俄羅斯偉大學者的貢獻具有特殊的重要性，他們的研究主流趨向於分析力學，剛體力學及運動之穩定性等方面。

在分析力學的歷史中，М. В. 奧斯特羅格勒斯基院士 (М. В. Остроградский) 居有重要的位置，他提出了作為導出力學變分法原理之基礎的公式。П. А. 伐龍茨 (Воронц) 及 С. А. 却潑累金院士 (Чаплыгин) 對於非完整系統運動理論的卓越研究曾獲得國際的聲譽。

在歐拉及拉格倫日之後，剛體力學中最重要的一步進展是由偉大的俄羅斯數學家 С. В. 柯法列夫斯卡婭 (Ковалевская 1850—1891) 所給出的。此後在這一領域中 Д. А. 哥利亞契夫 (Горячев)，Д. К. 巴比略夫 (Бобылёв)，В. А. 斯切克洛夫 (Стеклов)，Г. В. 柯羅索夫 (Колосов) 等人也都曾獲得新的巨大成果。

由天才院士 А. М. 里亞普諾夫 (Ляпунов) 所創立的運動穩定性理論是世界科學上的最偉大成就。А. М. 里亞普諾夫是對這異常艱難問題作出清晰理論的第一個人，雖然在里氏之前已有偉大的數學家如拉普拉斯 (Laplace)，波桑 (Poisson)，克耳文 (Kelvin)，勞斯 (Routh) 等致力於同一問題的研究。

近代流體力學創始者之一，天才蘇聯學者 Н. Е. 茹考夫斯基 (Жуковский) 也曾解決理論力學中的一系列新問題：如關於剛體的運動、摩擦、機構的平衡及運動和“運動的堅固性”等問題。

① L. Euler. *Mechanica sive motus scientia, analytice exposita* 彼得堡 1763; *Theoria motus corporum solidorum*. 1765。

② Jean le Rond d'Alembert. *Traité de Dynamique*. Paris, 1743。

在苏联的力学界大师中还應該提出以下几个人：A. H. 克雷洛夫 (Крылов 1863—1945)——苏联造船力学学派的創始人，И. В. 密歇尔斯基 (Мещерский)——有关变質量动力学的一些有名著述的作者，A. A. 費立特曼 (Фридман)——苏联可压縮性流体动力学及动力气象学的泰斗，Г. К. 苏斯洛夫 (Суэлов)，Д. К. 塞利哥尔 (Зейлигер)，A. П. 克捷尼考夫 (Котельников)，Н. Е. 柯欽 (Кочин)，П. Ф. 巴普考維奇 (Папкович)，М. И. 阿基莫夫 (Акимов) 等。

第十五章 动力学的基本概念及牛頓定律

§ 84. 古典力学中的空間与時間

近代的理論力学——实际上应称之为牛頓力学——是基於自然界中有一絕對靜止空間存在这一假設上，或者說，有一絕對不动的座标系存在，对这个系統物体發生运动。这些运动也可以是相對於另一座标系統而作的，这个系統本身對於絕對靜止的空間具有一定的运动。在最后一情况中物体的运动称为**相对运动**，以着重表示这些运动是不同於对絕對靜止系統所作的**絕對运动**。

以后我們將看到在动力学中絕對运动与相对运动之間有根本的不同。不妨回想一下，相反的，在运动学中“絕對运动”和“相对运动”只是规定的名詞；这两个名詞，即对运动而言的“絕對”及“相对”座标系，在必要时是可以互换的。

在假設有一个絕對靜止空間存在的同时，动力学中还假設有絕對時間的存在。这絕對時間對於絕對靜止空間和任一个动座标系（与其运动之性質無關）中所有各点來說都是一样的。

以后將要敘述的牛頓力学的基本定律就是建立在这种假設上的，这就是，一質点的运动和它的运动学要素（速度、加速度等）都是对一个絕對靜止的基礎座标系而确定的，並且在确定这絕對运动的运动学要素时，所採用的是“絕對”時間。

古代学者將地球認為是絕對靜止的，並且將基礎座标系固連於其上（地心系）；哥白尼（N. Kopernikus 1473—1543）之后，基礎座标系才移到太陽上（日心系）。

對於“絕對靜止”空間中所有各点都相同的“絕對”時間，在某些情

況下是应用“太陽时”，它是由太陽的运动來决定的，在其他情况中則用“恆星时”，它決定於恆星的运动；現今則普遍应用一种“平均时”即由某些特制計时仪器所定出的時間，並由無線电播送到地球上各处。

根据古典力学中相对原理的論断，牛頓力学的基本定律不只適用於絕對靜止座标系，並且还適用於任一動座标系，只要这一動系是对絕對靜止系統作直線等速平動。这些系統称为“慣性系統”或“伽利略系統”。

今后關於座标系如果沒有特殊規定，則所选的座标系应理解為絕對靜止的或為對於絕對靜止系統而言的伽利略系統。

根据近代的觀念，絕對靜止的座标系統（絕對空間）实無客觀意义。所有的座标系統都是在运动着的，其中並沒有任何一个系統可以給予一种与其他系統相对比的优越性。因为古典力学中所創立的定律与座标系統的选择有密切关系，並且它們只適用於所选的基礎系統或任一对此系統而言的伽氏系統，因此否定“絕對”系統的存在就是否定力学的絕對定律。如對於某一坐标系，已确定的定律或其推論变为不正确，那就說明这个系統並非基礎系統亦非对之而言的伽氏系統。例如落体运动及擺之振动等現象的反常性即可証明地球對於太陽座标系（原点置於太陽中心，諸軸各指向某些恆星）的旋轉。在古典力学中，这系統通常被取為絕對靜止的基礎座标系統。建立一个古典力学所有基本定律都能完全適用的座标系的可能性乃是一种假設。

古典力学把欧几里德空間的几何性質都加在絕對空間上。在古典力学中時間被認為是与空間無關的：時間在空間（或在所有的座标系統）中所有各点都是同一的，並且和这些系統的相互运动無關；空間与時間密切匯合為一种不可分割並深刻結合的东西（“世界”）乃是当代人愛因斯坦在他所創立的相对論力学中給出的。

在古典力学中，用長度与時間的單位所作的對於空間与時間的長度，也是基於空間与時間的絕對性質上；在同一座标系或相互之間有运

动的两个坐标系中的不同点，在不同的瞬时取同样量度单位（标准）的可能性，只是对空间与时间的假设的性质。

对于考虑一个绝对静止空间以作为研究所有运动的相关系统之可能性，欧拉在他的论文“对于空间与时间之研究”（柏林科学院论文，1748）中已曾怀疑。但是只有由于十九世纪末叶及廿世纪初叶理论物理及实验物理的迅速发展，才能促成爱氏相对论的创立（1916年）。相对论提供了完全与绝对运动概念无关的力学定律。

由相对论可推知，实际上，牛顿力学可以认为是广义物理力学的著名近似，这种近似对于工程中一般运动的描述是完全足够的，但对于接近光速的运动的研究则不够精确。因此，相对论在力学中所作的根本改革并不引起作为实际方法的古典力学的摒棄。这是很自然的，因为牛顿力学是不断结合实验而成长的，它的发展愈远，就愈能对力学现象作出较满意的描述。相对论以深奥的、原则性上的批判来攻击古典力学，是在古典力学发展的这样一个阶段上所作的，在这一阶段中古典力学对实际问题已给出充分良好的结果。由另一方面看，也只有在这一个阶段才能出现像相对论原理这样普遍而深奥的理论。

在古典力学的范围内，当应用古典力学于作为工程力学基本内容的地球上的运动时，由上述情况，我们应採用如下的原则：如果座标上各点（对于上述之静止的恒星系统）的加速度较所考虑的物体相对于该座标系的加速度甚小时，我们将认为牛顿力学基本定律对这样的座标系是实用的。换句话说，在相当准确的程度上这个系统可以看成是一种伽氏系统。

例如，考虑机器的运动时，我们将认定地球是静止基础座标系。这样，我们就可以得到在实际上充分准确的计算以及对所有作用力的解释。但是为了解释落体偏向东方及南方的现象，在著名的傅科实验（Foucault 于 1851 年所作）中摆动平面的转动现象，倍尔河岸冲刷定律以及若干其他气象学及地球物理学中的现象等，我们就必须将静止座

标系統移到太陽上。

如必須把地球的自轉計算在內(例如在迴轉式羅盤的計算中即發生此問題),則在某些工程問題中也必須引用日心系統。

所有这些在研究方法上不同的組合,即研究每一種現象時須用相應的特殊座標系,實為古典力學的缺點,因而剝奪了使力學在所有其他方面成為最準確的一種自然科學的一般性和原則性。從這一點來說,古典力學不能對自然現象提供單一而普遍的解釋,因此,比起相對論力學來說它是欠完善的。但是牛頓力學有它的優越地方——這就是,發展比較完善,實際運算比較簡單而且運算的結果也以充分良好的準確度與實驗相符合。

§ 85. 慣性定律,或牛頓第一定律。牛頓第二定律

牛頓曾作出慣性定律的明晰敘述,但在他之前伽利略就已經知道了這個定律。

現引述由牛頓所提出的慣性定律。

牛頓第一定律: 任一物體^①將保持其靜止狀態或作等速直線運動,如作用於其上之力不使它改變此狀態。

慣性定律在力學的發展中佔着很重要的地位。在牛頓時代,慣性定律常遭受煩瑣哲學家的反對,他們設想“完全靜止”應該是物質的自然狀態。依他們的見解,若由於某種原因的作用,一物體進入運動狀態,則當這個原因取消之後,物體應再恢復其靜止狀態(物質之“頑固性”)。這些見解在當時是很自然的,而根據牛頓慣性定律,如無其他物體的作用,一質點應保持它的原有等速直線運動狀態;作用力只能引起原有運動的改變。因而要使這一學說為其同代人所接受曾有不少困難。

我們來研究其他物體對於已知質點的運動所表現的作用是什麼。

① 此地所謂物體就是質點的意思(見第1頁附註)。