央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本

論力學

上册

Е. Л. НИКОЛАИ著

季文美 徐芝綸譯

商務印書館

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

理　論　力　學

上　册

E. Л. 尼古拉依著
季文美　徐芝綸譯

商　務　印　書　館

本書係根據蘇聯國營理論技術出版社(Государственное издательство технико—теоретической литературы)出版的尼古拉依(Е. Л. Николаи)著“理論力學”(Теоретическая механика)1952年第十六版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定爲高等工業學校教科書。

本書中譯本分上下兩册出版。上册包括剛體靜力學與運動學兩篇。原書正文前尙有“理論力學發展簡史”一文,由於譯者趕譯不及,而本書又急於出版,供各校教學需用,決定於下册刊出。

理　論　力　學

上　册

季文美　徐芝綸譯

商　務　印　書　館出版
上海河南中路二一一號

中國圖書發行公司發行

商務印書館上海廠印刷
(51048·1A)

1953年8月初版　版面字數245,000
印數1—6,000　定價¥15,000

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容爲基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：'蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是眞正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。'我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作爲現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認眞地提出修正意見，作爲該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

出版者的話

E. Л. 尼古拉依所著的理論力學上册，現在發行的第十六版，按照著者逝世後出版的第十四與第十五版重印，未加修改。

和前兩版一樣，爲配合當前教學大綱的要求——在理論力學課程中應多注意力學的歷史，——在本書前冠以序論：專講理論力學的歷史發展。這序論是由本社約請 Н. Д. 莫依謝耶夫教授爲本書第十四版編寫的。

第十三版原序

我的"理論力學"上册第十三版是經過一些改寫後付印的。

本書的基本內容並沒有改變；改寫的是在講解靜力學與運動學的若干部份中引用了(根據現行的高等工業學校理論力學教學大綱)矢量代數與矢量分析。

引用矢量方法可以使許多力學問題的講解大為簡化，不過也得承認,過份率直地引用這方法,有時候不僅不能減少反而會增加初學者掌握力學題材的困難。對於初學者,由於對矢量運算不夠熟悉,所以常常不容易瞭解問題的力學實質,因此我認為,在以初學者為對象的力學教本裏,矢量方法的引用是應該相當愼重的。

理論力學的講解可以用三種方法:幾何法、解析法(或坐標法)以及以矢量代數與矢量分析為基礎的矢量法。在本書這一版的編寫中，我以為這三種方法沒有一種是可以完全擯棄不用的。本書裏講解每一問題的時候,我選取了在我看來是達到目的的最簡捷的一種方法。當然,在每一種情形下,對於各種方法的取捨,主觀的因素是無可避免的。本書在這方面究竟成功到什麼程度,只有留待讀者來判斷了。

矢量代數最初步的原理,在靜力學的緒論裏就加以說明。矢量代數與矢量分析的其餘的必需知識,則根據需要,在本書有關部分加以講述。

關於本書的內容,在運動學(第二篇)裏有一些補充。第十八章(剛體的定點轉動)裏加上了角加速度(§ 114),剛體內各點的加速度(§ 117),剛體內某點的速度在與剛體固連的各坐標軸上的投影(§ 121)；第十九章(剛體的一般運動)裏加上了 § 124,提出了在任何牽連運動中的加速度合成定理。

本書以前的各版都稱為"理論力學講義"，本版改用比較簡短的名稱"理論力學"。

E. 尼古拉依

尼氏理論力學上册譯序

本書是根據尼氏原著第十六版(1952)翻譯的。正文前原來有一篇序論"理論力學發展簡史",長達二十四頁;我們一直想把它儘先譯出。可是這序論裏有好幾處,我們要等找到足夠的參考資料後才敢定稿;這不只是爲了慎重,也因爲如果照字面直譯而不加一些解释,對讀者的幫助可能是不大的。而且序論的內容,也只有在讀完理論力學之後才可能理解。因此,我們決定把序論留待下册譯完時一併付印。

我們分工譯出的初稿(第八章至十一章是徐芝綸譯的,其餘是季文美譯的),都經過互相核對。譯名是統一的,可是兩個人的文體很難做到完全一致。除例假之外,我們很少有整天的時間來做譯校的工作;所以,就是同一人譯出的部份,也可能有語氣不很連貫的地方。

由於時間和能力的限制,疏誤是難免的,希望讀者隨時指正。

譯者 1953 年 5 月

目　錄

第一篇　剛體靜力學

第二篇　運動學

理論力學

第一篇 剛體靜力學

緒 論

§1 靜力學.運動學.動力學

力學是關於物體運動的科學。

所謂物體的運動,我們理解爲物體隨着時間改變在空間的位置。比較廣義的運動(亦即指物體形態、生物組織、社會團體等等的所有各種變化)是其他各種科學(物理學、化學、生物學、社會科學等等)所研究的對象。物體位置的改變,爲區別於其他各種運動,有時稱爲機械運動。本書中的"運動",以後就專指機械運動。

理論力學研究物體運動的一般規律,並對於有關物體運動的各種問題,提供一般的解答方式與方法。把力學原理應用於解答專門的工程問題(例如應用於結構物強度的分析與機器運動的研究等等),則屬於應用力學各部門的範圍。

機械現象(亦即物體運動的各種現象)屬於物理現象的領域。在這種意義上,理論力學是理論物理學的一部門。

物體的平衡是運動的一個特殊情形。力學裏,研究物體平衡條件的這一部份,稱爲靜力學。平衡規律在本質上遠比一般的運動規律來得簡單;因此,靜力學自然也遠比力學的其他部份——研究物體運動現象的各部份——簡單淺易。所以,本書上册就從靜力學(第一篇)開始。

這樣的講解程序也和力學發展的歷史過程相符合。靜力學的基本定理從很古就已經發現，而運動現象有效的研究，只有在十七世紀發明了微量分析之後，才成爲可能。

其次將轉入物體運動的討論。在這裏，物體的運動先從純粹幾何觀點來研究（上册第二篇）。理論力學裏，研究運動的幾何性質的這一部份，稱爲運動學。在運動學裏，物體的運動被看爲與運動的物理原因無關。

然後進而研究物體由於物理原因所決定的運動（中册、下册）。理論力學裏，從事於這種研究的部份，稱爲動力學。在動力學裏，將建立物體運動最一般性的規律。

這樣，理論力學分爲三部份：靜力學、運動學、動力學。

§2 矢量.矢量的加與減

在力學的各部份裏，都需要處理這樣的量：不僅要說明它們的大小，而且要指出它們在空間的方向；例如：力、速度、加速度等等。同時，也將遇到這樣的量：只有大小，並無方向；例如質量、能量等等。這兩種物理量各有專門名稱，第一種量稱爲矢量或向量，第二種量稱爲標量或純量。

作爲本書的開場，下面先對於矢量稍加說明。❶

矢量與標量，最好在標記的方式上就加以區別。本書中，標量將用普通的字母代表；而矢量則將用粗體的字母代表。並且，設用粗體的某

❶ 關於矢量，在這裏只提出在靜力學開頭就必須用到的一些基本知識。矢量理論的詳細敘述，可參閱科欽所著的矢量計算與張量原理（Н. Е. Кочин, Векторное Исчисление и Начала Тенсорного Исчисление）第六版，1938（譯者註：此書已有第七版，1951）。

一字母代表矢量，則這一矢量的大小或模（這是標量）將用普通體的同一字母代表。因此，必須區別矢量 $\boldsymbol{a}$ 與它的大小 a。有時爲表示矢量 $\boldsymbol{a}$ 的大小，亦採用符號 $|\boldsymbol{a}|$。❶

取直線段 AB（圖 1）並註明這線段的明確方向，例如從點 A 到點 B；在圖上，這方向用加在點 B 的箭頭來表示。註明一定方向的這種線段，就是矢量的最簡單的實例。

任一矢量 $\boldsymbol{a}$，因具有一定的大小 a 與一定的方向，必可作圖表示：用線段 AB（圖 2），其長度包括 a 個長度單位（任意選擇的），而方向則與矢量的方向相同；在圖上，這方向用箭頭表示。點 A 稱爲矢的起點，點 B 稱爲矢的終點。有時亦將用兩個字母 AB 代表一個矢量，這時候，規定把註在矢的起點的字母寫在前面，註在終點的字母寫在後面。如

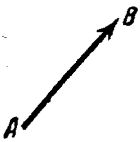

圖 1

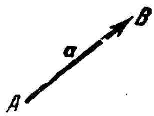

圖 2

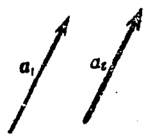

圖 3

果矢量 $\boldsymbol{a}$ 的方向是從 B 到 A，則須用 BA 代表這矢量。

兩個矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 與 $\boldsymbol{a}_2$（圖 3），設大小相等，互相平行而且指向相同，則稱爲相等。

表示矢量的相等，將採用普通的等號：

$$\boldsymbol{a}_1=\boldsymbol{a}_2。$$

在矢量公式裏的某一矢量，設用兩個字母代表，則在這兩個字母的頂上將加一短劃。例如，爲表示矢量 AB 與 CD 的相等，將寫成：

❶ 在書寫時，用粗體很不方便。所以，在印刷裏矢量用粗體字母代表，在書寫時，仍用普通字母代表，但在字母頂上加一短劃（例如 $\overline{a}$）。

$$\overline{AB}=\overline{CD}。$$

設有若干矢量,例如 $\boldsymbol{a}_1$, $\boldsymbol{a}_2$, $\boldsymbol{a}_3$, $\boldsymbol{a}_4$, 等四個矢量(圖 4),並作圖如下。從任一點 A 作矢量 $\overline{AB}$, 等於矢量 $\boldsymbol{a}_1$;從畫出的線段的 B 端,作矢量 $\overline{BC}$, 等於矢量 $\boldsymbol{a}_2$;從這線段的 C 端,作矢量 $\overline{CD}$,等於矢量 $\boldsymbol{a}_3$;最後,從點 D 作矢量 $\overline{DE}$, 等於 $\boldsymbol{a}_4$。於是用直線連接第一矢量的起點 A 與最後矢量的終點 E。矢量 $\overline{AE}$ (從點 A 指向點 E)用字母 $\boldsymbol{a}$ 代表。這樣作出的矢量 $\boldsymbol{a}$ 稱爲原有矢量 $\boldsymbol{a}_1$, $\boldsymbol{a}_2$, $\boldsymbol{a}_3$, $\boldsymbol{a}_4$ 的和,而上述的作圖則稱爲矢量的合成或相加;矢量 $\boldsymbol{a}_1$, $\boldsymbol{a}_2$, $\boldsymbol{a}_3$, $\boldsymbol{a}_4$ 各稱爲分矢量。

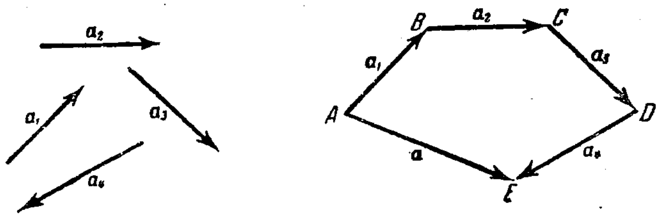

圖 4

表示矢量的合成或相加,將採用普通的加號:

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_1+\boldsymbol{a}_2+\boldsymbol{a}_3+\boldsymbol{a}_4。$$

設已知 n 個矢量 $\boldsymbol{a}_1$, $\boldsymbol{a}_2$,$\cdots$, $\boldsymbol{a}_n$, 它們的和等於 $\boldsymbol{a}$; 則將寫爲

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_1+\boldsymbol{a}_2+\cdots+\boldsymbol{a}_n。$$

取兩個矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 與 $\boldsymbol{a}_2$ (圖 5)。從任一點 A 作矢量 $\overline{AB}$ 與 $\overline{AC}$, 分別等於矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 與 $\boldsymbol{a}_2$,並用直線連接點 B 與點 C; 矢量 $\overline{BC}$ (從 B 指向 C)

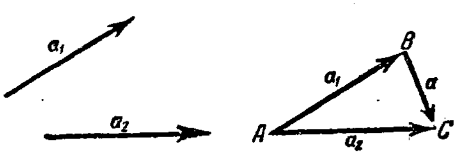

圖 5

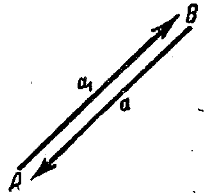

圖 6

用字母 $\boldsymbol{a}$ 代表。矢量 $\boldsymbol{a}$，設與矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 相加可得矢量 $\boldsymbol{a}_2$，稱爲矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 與 $\boldsymbol{a}_2$ 的差；而上述的作圖，稱爲矢量的相減。

表示矢量的相減，將採用普通的減號：

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_2-\boldsymbol{a}_1。$$

在 $\boldsymbol{a}_2=0$ 的特殊情形下，點 C 將與點 A 疊合，因而矢量 $\boldsymbol{a}$ 大小等於矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 但沿相反方向（不是從 A 向 B，而是從 B 向 A，圖 6）。同時，在這一特殊情形下，上面的公式將成爲

$$\boldsymbol{a}=-\boldsymbol{a}_1。$$

由此可見，$-\boldsymbol{a}_1$ 是一個矢量，與矢量 $\boldsymbol{a}_1$ 大小相等方向相反。

§3　矢量乘以標量．單位矢量

設已知某一矢量 $\boldsymbol{a}$ 與某一正值的標量 m。作一個新的矢量，與已知矢量 $\boldsymbol{a}$ 同方向，而大小則等於已知矢量的大小 a 乘以標量 m。所得的新矢量稱爲矢量 $\boldsymbol{a}$ 與標量 m 相乘的積，並用 $m\boldsymbol{a}$ 代表。

所以，要把已知矢量乘以某一正的標量，只須把矢量的大小乘以標量，矢量的方向不變。

上節裏已經證明，矢量 $-m\boldsymbol{a}$ 與 $m\boldsymbol{a}$ 的區別不過是方向相反。因此，矢量 $\boldsymbol{a}$ 設乘以負的標量 $-m$，結果將等於矢量的大小 a 乘以數值 m，而方向則與原來的矢量相反。

設 $\boldsymbol{a}_1$ 與 $\boldsymbol{a}_2$ 是兩個相等的矢量，則分別乘以任一標量 m 所得的新矢量 $m\boldsymbol{a}_1$ 與 $m\boldsymbol{a}_2$ 亦必相等。所以，設

$$\boldsymbol{a}_1=\boldsymbol{a}_2,$$

則

$$m\boldsymbol{a}_1=m\boldsymbol{a}_2。$$

可見矢量的等式，並不因兩邊各乘以同一標量而喪失其相等性。

取若干個矢量 $\boldsymbol{a}_1$，$\boldsymbol{a}_2$，$\boldsymbol{a}_3$，$\boldsymbol{a}_4$（圖 7），並將它們相加。爲此，作多

邊形 $MNPQR$，各邊分別代表各矢量。各矢量的和 $\overline{MR}$ 用 $\boldsymbol{a}$ 代表。於是得

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_1+\boldsymbol{a}_2+\boldsymbol{a}_3+\boldsymbol{a}_4。$$

將點 P,Q 用直線與點 M 相連；並沿線段 MN,MP,MQ,MR 分別作線段 $MN_1=m\cdot MN$, $MP_1=m\cdot MP$, $MQ_1=m\cdot MQ$, $MR_1=m\cdot MR$，各式中的 m 是任意一個正數。用直線順次連接點 N_1, P_1, Q_1, R_1，得新多邊形 $MN_1P_1Q_1R_1$，與多邊形 $MNPQR$ 相似。新多邊形的各邊，分別與多邊形 $MNPQR$ 的各對應邊平行，並各等於後者乘以正數 m。因此，矢量 $\overline{MN_1}$, $\overline{N_1P_1}$, $\overline{P_1Q_1}$, $\overline{Q_1R_1}$, $\overline{MR_1}$ 分別與矢量 $m\boldsymbol{a}_1$, $m\boldsymbol{a}_2$, $m\boldsymbol{a}_3$, $m\boldsymbol{a}_4$, $m\boldsymbol{a}$ 相等。

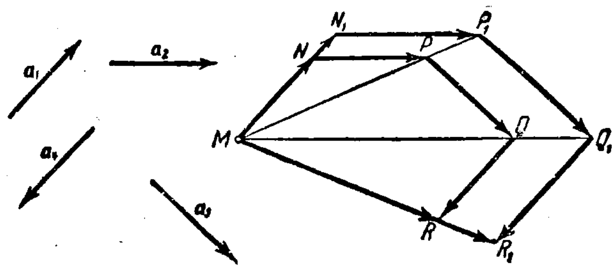

圖 7

但矢量 $\overline{MR_1}$ 是矢量 $\overline{MN_1}$, $\overline{N_1P_1}$, $\overline{P_1Q_1}$, $\overline{Q_1R_1}$ 的和，故

$$m\boldsymbol{a}=m\boldsymbol{a}_1+m\boldsymbol{a}_2+m\boldsymbol{a}_3+m\boldsymbol{a}_4。$$

上面所得的結論可以陳述如下：要把矢量和乘以某一正數，只須每一個分矢量各乘以這正數。

以上假定 m 是一個正數。設 m 是一個負數，可以用同樣的證明方法得到相似的結論。

大小等於一個單位值的矢量，稱為單位矢量。設有某已知矢量 $\boldsymbol{a}$。作單位矢量與矢量 $\boldsymbol{a}$ 同方向；這單位矢量用 $\boldsymbol{e}$ 代表（因此，$e=1$）。矢