

中華科學叢書第十六種

形與流

帶阻力的流體力學

著者：Ascher H. Shapiro

譯者：曹家政



臺灣中華書局印行

形 與 流
—帶阻力的流體力學—

著 者：Ascher H. Shapiro

譯 者：曹 家 政

臺灣中華書局印行

中華民國七十二年一月四版

中華科學叢書第十六種

形與流——帶阻力的流體力學（全一冊）

基本定價：壹元伍角正

著者 Ascher H. Shapiro
譯者 曹家政

中華科學叢書編輯委員（以姓氏筆劃爲序）



發行者

熊鈍
臺北市重慶南路一段九十四號

本書局登記證字號

行政院新聞局局版
臺業字第捌叁伍號

印刷者

臺灣中華書局印刷廠

臺北市重慶南路一段九十四號

No. 7671

（實·版）

已出版之中華科學叢書

書名	著者	譯者	冊別	新臺幣
基本粒子	楊振寧著	林多樑錢相譯	全一冊	12.00
天文漫談	沈君山著		全一冊	16.00
雷射與雷射	李天培譯		全一冊	12.00
半導體裝置	李述中譯		全一冊	18.00
甚麼是相對論	李榮章王華譯		全一冊	12.00
物理定律的特性	林多樑譯		全一冊	18.00
火箭推動淺說	夏道師著		全一冊	12.00
現代物理	錢相林多樑譯		全一冊	21.50
分子軌道	丁陳漢蓀譯		全一冊	25.00
天文新語	沈君山著		全一冊	17.50
化學反應如何發生	易藩定可博譯		全一冊	22.50
漫談晶體	伍張法青岳譯		全一冊	17.00
強韌的材料	葉湘濤編譯		全一冊	14.00
反物質與宇宙論	韓建珊譯		全一冊	17.00
博戲的理論與應用	趙慎餘譯		全一冊	15.00

中華科學叢書序

近代物理學，可溯源於十九世紀末年之氣體導電，X光，放射性等之研究。六十餘年來，基本物理中劃時代之發展，如一九〇〇年之量子論，一九〇五年之相對論，一九一三年之原子結構理論，一九二四——一九二八年間之量子力學，一九三幾年之原子核物理，一九三九年之原子核分裂。一九四六年介子之發現，及近十餘年來之基本粒子物理及物理學中之對稱定律等。常言「一日千里」，實不足以形容物理學發展之迅速。即從事一部門物理研究工作之學者，對其他部門之新發展亦時感脫節。故各國各部門科學皆有專書及期刊，由各門專家著述，對各部門工作之結果及發展之情形，作綜合性之報告、檢討及分析。此類著作，不僅便利同儕而已。

年來國人對科學及技術於建國之重要，了解漸深，一般青年，對科學、工程技術之興趣亦日趨濃厚。然限於環境，時或有望洋興嘆之感。增強在臺學校中科學教程，固為一基本工作，但以中文著述，介紹科學之新發展，為學校課外之補充讀物實為一極重要、極有意義之事。

我國留美學耆：伍法岳、沈君山、沈慶春、李天培、林多標、吳京生、吳家瑋、吳錦鈺、夏道師、浦大邦、劉基、劉全生、錢致榕、瞿樹元諸先生有鑑於此，曾決定從事科學叢書之編譯，各就其專長，選定寫作部門，目前除計劃於近期內陸續出版關於基本粒子，天文漫談，量子電子學，液態氦，高能加速器等五種外，並擬擴大科學部門，廣邀各方面學者專家從事著述。

叢書編輯委員會諸君，皆年青學者，學有專長，茲能熱心從事著述，為我國科學教育及青年效勞；而中華書局亦以服務精神發行科學叢書。筆者年來對我國科學教育，未嘗忘懷，祇以力不從心，無善可述，茲聞此叢書行將陸續出版，謹向國人介紹，並致個人欽佩喜慰之感。

吳 大 猷

一九六六年十月

XXXXXXXXXXXX

作 者 序

XXXXXXXXXXXX

這本書是由一部電影中摘出，這部電影叫「帶阻力的流體力學」，由布朗官亭先生(Quentin Brown)導演，由麻省教育廳監製，本書與電影具有一個共同目的：即「簡明引出流體力學的基本概念，來闡述一些因運動而受阻力的種種疑難問題」。書中盡量保有電影中的實驗細節。

本書及電影的取材，表達方式，均依一般讀者興趣為主，即無高深理工訓練的人亦可閱讀。

本書承布朗官亭先生細心編排，布魯克菲公司(Brookfield Engineering Company)提供實驗設備，美國太空署(National Aeronautics and Space Administration)攝製影片，始得完成。其中不少參考已故薄蘭托教授(Ludwig Prandtl)的啓發方式和他三十年前攝製的若干影片。此外，對拉金先生在安排圖表上所表現的技巧與藝術匠心，以及達斯頓先生在出版事宜上的協助，在此本人一併深表謝忱。

夏 皮 諾

一九六〇年十二月於麻省理工學院



譯 者 序



本書作者，夏皮諾（Ascher H. Shapiro）博士的教育生涯一直是在麻省理工學院（M. I. T.），一九三八年大學畢業即留校任教，並繼續從事研究，一九四六年獲博士學位，現任該校機械系主任。

夏皮諾博士為美國國家科學院院士，太空署委員，原子能委員會顧問，以及多種榮譽學會的會員。二次世界大戰期間因研究高速氣體動力學有重大貢獻，曾獲有美國海軍武器研究榮譽獎，戰後因在工程上有卓越成就，一九六〇年又獲美國機械學會榮譽獎。作者並著有：“The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow”。

這本書於一九六〇年寫成，它代表在此以前的流體力學發展情形，作者有系統的介紹了基本流體力學概念，並引出一些有趣的常識。如：「為什麼我們看到羽毛比鐵球落的慢」？「高爾夫球為什麼是麻面的而不是光滑的」？「飛機在空氣稀薄的高空中飛行，好像是很粘的樣子，就像人在糖漿裏游泳覺得粘一樣，是什麼道理」？「大魚又為什麼會比小魚游的快」？等等。

雖然這本書很短，却包涵着豐富的基本流體力學知識。它好像是一個有淺有深的游泳池，一般對科學有興

趣的人即可看懂，彷彿初學游泳的人在淺水處會發覺樂趣；大學生，研究生和專事流體力學研究的人，彷彿是游泳選手和游泳教練，亦將會發覺它有足夠的深度。

曹 家 政

一九七一年四月於英國牛津大學

◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆
目 錄
◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

作者序

譯者序

第一章 導言

- § 我們的目的……………6
- § 阻力的形成……………7

第二章 一些似非而是的實驗

- § 風洞……………9
- § 實驗一：球的阻力與風速的關係……………11
- § 實驗二：光滑球與微粗糙球阻力之比較……………15
- § 實驗三：流線形在輕微粘滯流體中……………18
- § 實驗四：流線形在粘滯度很大的流體裏……………19
- § 似非而是的結論……………24

第三章 基本概念與流體力學定律

- § 連續流體的假設……………25
- § 作用在流體顆粒上的力……………27
- § 正應力——壓力式的面力……………29
- § 變形時因流體粘滯性而生的切應力……………34
- § 粘滯度的定義……………35

§ 不溜情況	36
§ 粘滯摩擦受壓力之影響	40
§ 牛頓的運動定律	41
§ 動力相似與雷諾係數	44
§ 雷諾係數的由來	47
§ 一個動力相似的實驗	48
§ 雷諾係數之其他重要性	51
§ 作用於物體上的力	53

第四章 雷諾係數小,粘滯力大的流動

§ 粘滯度大的物質	57
§ 非常粘滯形態的通性	60
§ 雷諾係數低時的史多克阻力定律	61
§ 流體密度之影響	67

第五章 雷諾係數大時之阻力定律

§ 速率對阻力之影響	70
§ 從阻力係數到雷諾係數的動力相似	74
§ 動力相似是模型測驗的基礎	76

第六章 粘滯介層

§ 雷諾係數大時,粘滯度之重要性	78
§ 介層	79
§ 雷諾係數對介層增大之影響	85

第七章 勻流與渦流

第八章 流線形可以減少阻力

§ 流線形的實驗	96
----------	----

§ 應用於毫無粘滯性流體的伯努利定律·····	104
§ 粘滯性對壓力分佈之影響·····	108
§ 壓力上升時介層的失速·····	109
§ 流線形及非流線形之壓阻力·····	112
§ 介層的觀察·····	115
§ 解釋流線形的實驗·····	119
§ 天然的流線形與人爲的流線形之比較·····	120

第九章 闡明是是非非諸現象

§ 雷諾係數小時，流線形的阻力較大的緣故	121
§ 速率增加，阻力減少的緣故·····	123
§ 粗糙可減少阻力的緣故·····	128

索 引

第一章 導 言

凡物體在流體中運動，或流體流過一物體，均產生一種與運動方向相反的力，吾人謂之阻力(Drag)。如第一圖中所示人和物——潛水夫、輪船、降落傘、颶風、火箭、潛水者，乃至在翻滾流水中的石頭——都有這種力。而且，在每一種情況中，還受有另外一種力量，用以克服阻力——譬如潛水者繩子的張力，必須大於水的阻力，否則潛水者就要慢下來，慢下來的現象稱謂減速 (Deceleration)。

流體包括氣體和液體。流體力學是探討流體流動的科學。當氣體和液體流動，它對臨近的事物產生怎樣的力呢？或者說，流體在物體作用力下產生怎樣的運動呢？氣體與液體充塞我們四週環境每一角落裏。在工業社會裏，上述種種基本問題形成了流體力學的主題，而它們又都與日常生活和技術的細節有着密切的關係。

伽利略*(Galileo) 在比薩** (Pisa) 斜塔上試驗地心引力以前，哲學家們一致公認羽毛比鐵球在空氣中降落的速度慢是因為羽毛較輕的緣故。如今我們知道不是如此，羽毛落的慢乃是，以它們的本身重量來說，空氣給

* Galileo Galilei, 1564-1642, 意大利天文學家及物理學家。

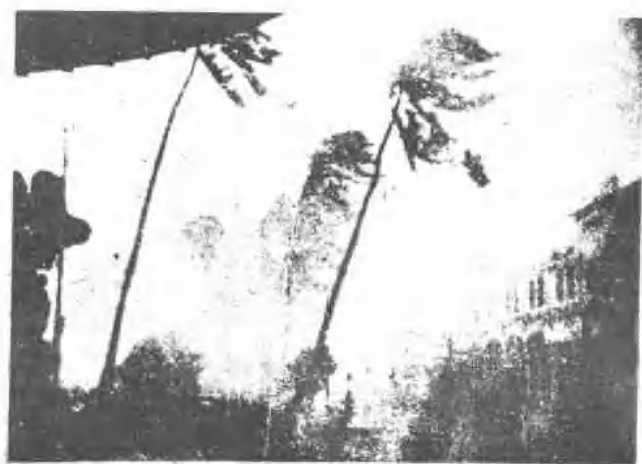
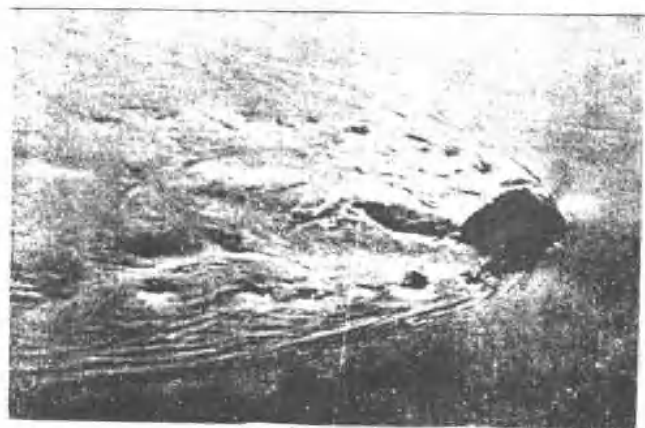
** Pisa, 意大利西北部之一城市，以其斜塔聞名於世。

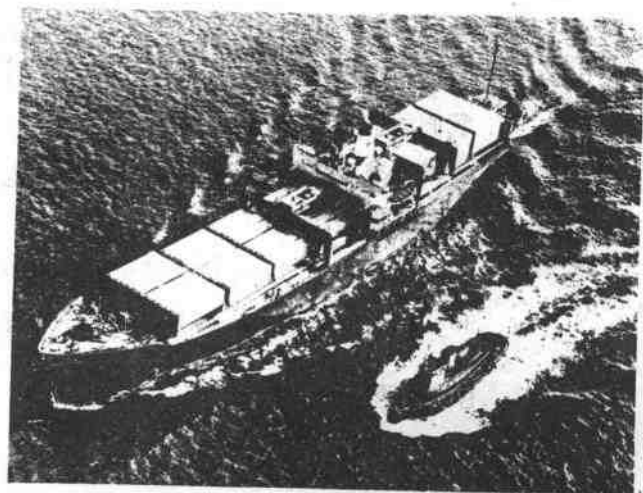


圖一 流體力學——探討液體、氣體的運動和力的關係
——是無數實際變化的核心。









予羽毛的阻力比給予鐵球的阻力大的緣故。

我們要證明這件事，可以在一個真空的容器裏同時讓一隻鐵球和一根羽毛一齊下落，如果它們兩個是同時釋放的，則它們兩個也將同時着底。

事實上，在真空裏物體受地心引力而下降的速度是不受物體的大小、形狀、物質種類和重量的影響的。如果將空氣除去，也就是將阻力除去以後，羽毛與鐵球以同樣的地心重力加速度 (acceleration of gravity) 降落。很遺憾的是古希臘人當時沒能造成一個真空容器，否則力學早在牛頓發現萬有引力以前一千五百年就發現了。希臘人以為必須對物體作用以「力」(force)，才能使它保持等速運動 (constant velocity)。可是牛頓在他的第一大力學定律裏告訴我們說，如果一個物體作等速運動時，那麼作用於該物體上力的總和等於零。希臘人見於飛石、飛箭在空氣中飛行，因沒繼續作用以「力」，所以