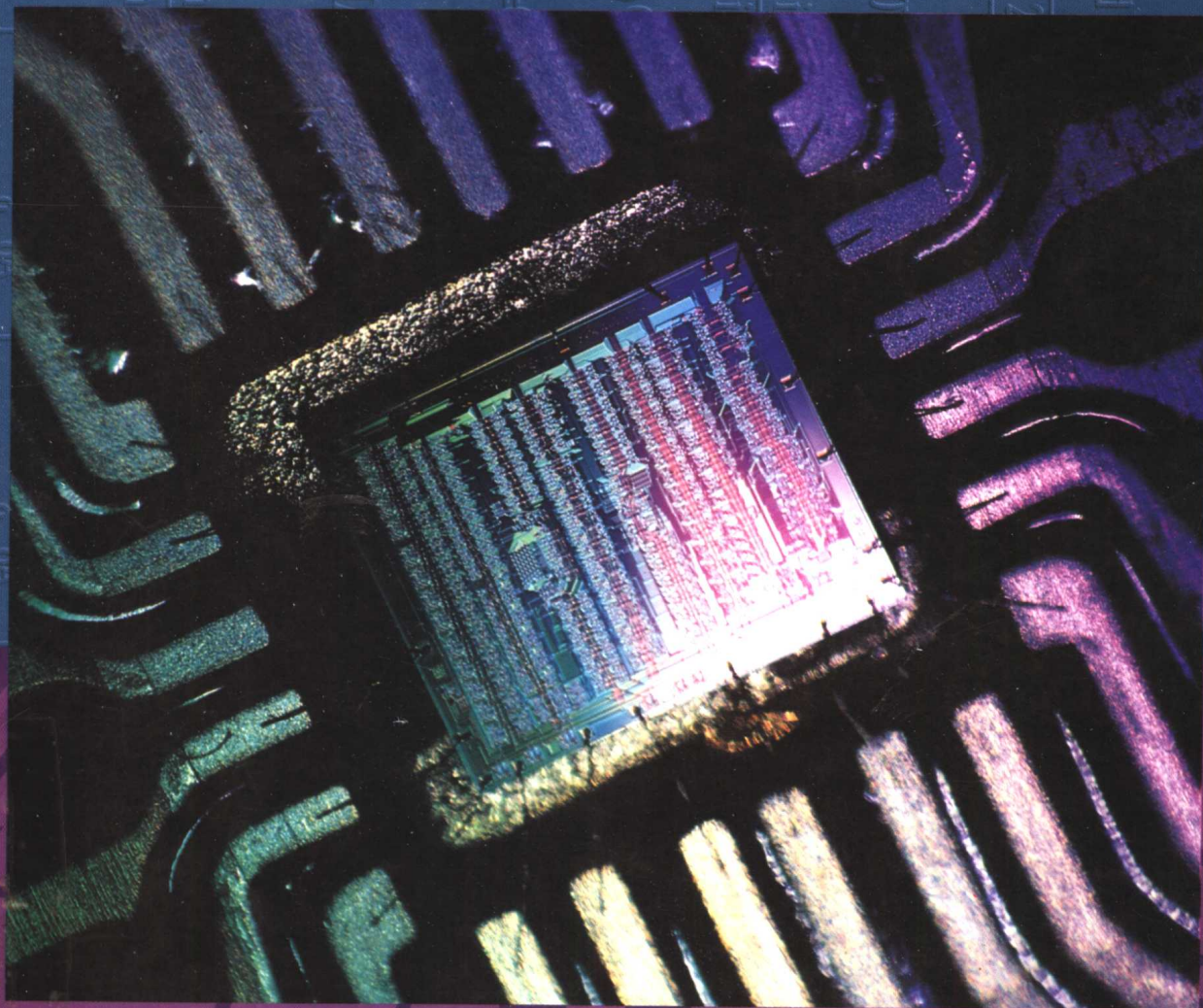


高級物理學

下册：場、波和原子

Tom Duncan 著
劉一貫、周顯光譯



高級物理學

下冊：場、波和原子

Tom Duncan 著

劉一貫、周顯火譯

PPC 導師出版社
PILOT PUBLISHING COMPANY

本書原著為

Advanced Physics For Hong Kong

(Hong Kong edition 1992, John Murray (Publishers) Ltd.)

© T. Duncan 1973, 1981, 1987, 1992

Hong Kong edition printed 1992 by

John Murray (Publishers) Ltd

50 Albemarle Street, London W1X 4BD

England

高級物理學（下冊）（中譯本）

© 導師出版社有限公司1993

ISBN 962-397-114-X

版權所有。本書任何部分之文字及圖片，如未獲本出版社的書面允許，不得作任何方式抄襲、節錄或翻印。

1993年第一版（中譯本）

1995年重印

出 版：導師出版社有限公司

香港九龍中央郵箱73810號

總發行：導師圖書發行有限公司

香港九龍土瓜灣道86號地下

印 刷：美雅印刷製本有限公司

封面照片由 Paul Brierley 提供。



高級物理學

<下冊>：場、波和原子

作者：Tom Duncan BSc

(Formerly Senior Lecturer in Education
University of Liverpool)

譯者：劉一貫

(華南師範大學物理系副教授)

周顯光

(華南師範大學物理系講師)

審訂：熊鈺慶

(華南師範大學物理系教授)

李永寧

(華南師範大學物理系副教授)



前言

從1992年起，在高級程度會考中考生可選用中文作答，本出版社為配合此一新措施，以及進一步推動母語教學，特選取Tom Duncan, *Advanced Physics for Hong Kong* (Hong Kong edition 1992, John Murray (Publishers) Ltd.) 一書翻譯為中文版，供教師講課及學生學習之用。

本書分為兩冊共二十五章。上冊包括「材料」和「力學」兩部分；下冊則分「場」、「波」和「原子」三方面論述。在每一篇章的結尾部分，作者都安排了一些習題，同學可利用這些習題來測試自己對課文的理解程度。在每一部分之後，更附有測驗複習題，務求進一步加深學生對課文的認識。

由於考慮到本書內容可供選擇性的使用，某些課題（例如幾何光學和表面張力）雖然沒有被大多數考試機構列入高級程度課程考試範圍，但我們仍為某些需要這些材料的學生而加以保留，以供他們參考。

至於本書的翻譯工作，我們邀請了華南師範大學物理系副教授劉一貫先生和講師周顯光先生擔任。本書的翻譯手法以直譯為主，以求達致忠於原文的本意、文字淺顯易懂為目的。我們亦邀得了華南師範大學物理系教授熊鈺慶先生和副教授李永寧先生為本書進行審訂工作，務求使本書精益求精。此外，我們亦得到香港數理教育學會協助，代為邀請了資深的物理科老師——陳允武先生及鄭自良先生為本書作最後的評閱工作，進一步提高本書的翻譯質素。

關於書中詞彙的翻譯，主要是依據香港教育署印製的《中學物理科常用英漢辭彙》（1991年版）。由於製作時間急促，本書雖已力求準確，惟疏漏及不當之處恐難避免，歡迎教師及讀者來信指正，以便在再版時加以修訂。



Acknowledgements

I am much indebted to Dr J.W. Warren and to Mr J. Dawber, both of whom read the original manuscript and made many helpful comments and suggestions. My sincere thanks are also due to Mr B. Baker, who constructed and tested the objective-type questions, and to my son-in-law and daughter Drs B. L. N. and H. M. Kennett, who checked the answers to the numerical problems. Thanks are also due to my wife for preparing the typescript.

For permission to use questions from their examinations, grateful acknowledgement is made to the various examining Boards, indicated by the following abbreviations: A. E. B. (Associated Examining Board); C. (Cambridge Local Examinations Syndicate); H. K. A. L. E. (Hong Kong Advanced Level Examinations, by permission of the Hong Kong Examinations Authority); J. M. B. (Joint Matriculation Board); L. (University of London); O. L. E. (Oxford Local Examinations); O. and C. (Oxford and Cambridge Schools Examinations Board); S. (Southern Universities Joint Board); W. (Welsh Joint Education Committee).

T. D.

Photo credits

The publishers are grateful to the following, who have kindly permitted the reproduction of copyright photographs:

Figs 13.3, Aerofilms; 13.8a, b, PSSC PHYSICS, 2nd ed., 1965, D. C. Heath & Company with Education Development Center, Inc., Newton, Ma. ; 14.25, 18.4, 23.27a, 23.45, 23.72a, Unilab Ltd; 14.37, 25.21, 25.30a, b, 25.31, United Kingdom Atomic Energy Authority; 15.23a, b, Leybold-Heraeus; 15.30b, National Physical Laboratory*; 15.35c, Walden Precision Apparatus Ltd; 16.2b, The Royal Institution; 16.14b, 23.9, 23.64a, d, Mullard Ltd; 16.16, Trustees of the Science Museum (London); 16.23a, GEC Turbine Generators Ltd, Stafford; 16.34a, GEC Power Transformers Ltd; 16.34b, Electricity Council; 16.35, Central Electricity Generating Board; 16.48, IBM; 16.51, Les éditions de physique (J. de Physique 1951 Vol.12, p. 308); 18.3a, A. M. Lock & Co. Ltd*; 18.8b, Griffin & George; 18.10b, 18.15b, 18.20a, b, c, W. Llowarch, Ripple Tank Studies of Wave Motion (Clarendon Press, Oxford) © Oxford University Press 1961; 18.19, Racal-Decca Marine Navigation Ltd; 18.21a, b, Education Development Center, Inc., Newton, Ma.; 18.34, Racal Marine Radar Ltd; 19.2, Charing Cross and Westminster Medical School; 19.4, 19.17, South Bank Board; 20.1a, 25.7a, b, Philip Harris Ltd; 20.3b, D. G. A. Dyson*; 20.12, Bausch & Lomb Optical Company Ltd*; 20.19, C.B. Daish*; 20.21, 20.24a, Richards, Sears, Wehr & Zemansky, Modern College Physics, © 1962, Addison-Wesley Publishing Co., Inc., Reading, Massachusetts, p. 695, Fig. 35.21 and p. 687, Fig. 35.16; 20.53a, b, Open University, from S100 Unit 28, © 1974 The Open University Press; 20.57, Barnes Engineering Company*; 20.67, 24.17, 24.18, TeleFocus; a British Telecom photograph; 21.8, BBC Publications, from Science Extra, Spring 1969; 21.20, Rolls-Royce Ltd; 22.11, 23.18c, RS Components Limited; 22.17a, b, Nuffield Advanced Physics (1971) Teachers' Guide, Unit 1 and Students' Book, Unit 1,

Longman Group Ltd; 22.22, Kratos Analytical - A division of Spectros; 22.30a, Professor H. Hill; 22.30b, G. Möllenstedt and H. Duker; 23.3b, c, © 1987, TEKTRONIX Inc.; 23.64e, f, Department of Industry*; 23.80, Thandar Electronics Ltd; 24.20a, 24.21b, STCPLC; 25.10, 25.11, C. T. R. Wilson; 25.22, United Kingdom Atomic Energy Authority, courtesy of the National Hospital; 25.24, AERE Harwell; 25.32a, b, Lady Blackett, photographs by Lord Blackett; A16.1, A. G. Gaydon*.

Page 247, The MIT Museum; page 365, W. Llowarch, Ripple Tank Studies of Wave Motion (Clarendon Press, Oxford), © Oxford University Press 1961; page 451, Mullard Ltd.

The following photographs, taken by the author, show equipment or experiments from these sources:

Figs 15.16, 19.30a, b, Philip Harris Ltd; 18.3b, A. M. Lock & Co. Ltd; 18.28, Unilab Ltd; 25.12, University of Liverpool.

*Every effort has been made to contact these copyright holders, who have given their permission for reproduction in previous editions; we apologise for any breach and will be pleased to rectify this in future impressions.



鳴謝

本書除獲得英國出版社——John Murray授予翻譯版權外，更獲得該出版社大力協助，謹此致謝。

負責本書翻譯工作的劉一貫先生、周顯光先生以及進行審訂工作的熊鈺慶先生、李永寧先生，以專業的精神在極短時間內為我們提供一份高質素的翻譯稿件，我們謹致誠摯的謝意。

本書籌備過程中，亦蒙 香港數理教育學會、陳允武先生、鄭自良先生及楊位平先生鼎力協助，謹此申謝。

導師出版社

目錄

前言

鳴謝

材料

第一章	材料及其應用	3
第二章	材料結構	17
第三章	機械性能	41
第四章	電性質	67
第五章	熱性質	117
第六章	光學性質	153
	測驗複習題	229

力學

第七章	靜力學和動力學	245
第八章	圓周運動和引力	289
第九章	機械振動	325
第十章	能量及其應用	349
第十一章	靜止流體	379
第十二章	運動流體	405
	測驗複習題	427
	附錄	437
	答案	451
	索引	461

目錄

前言

鳴謝

場

第十三章	電場	3
第十四章	電容器	35
第十五章	磁場	77
第十六章	電磁感應	115
第十七章	交流電	171
測驗複習題		209

波

第十八章	波動	223
第十九章	聲波	257
第二十章	物理光學	297
測驗複習題		355

原子

第二十一章	分子運動論及熱力學	365
第二十二章	原子物理學	419
第二十三章	電子學	471
第二十四章	遠程通訊	547
第二十五章	核物理學	571
測驗複習題		609
附錄		619
答案		635
索引		646

Handwritten signature/initials

場

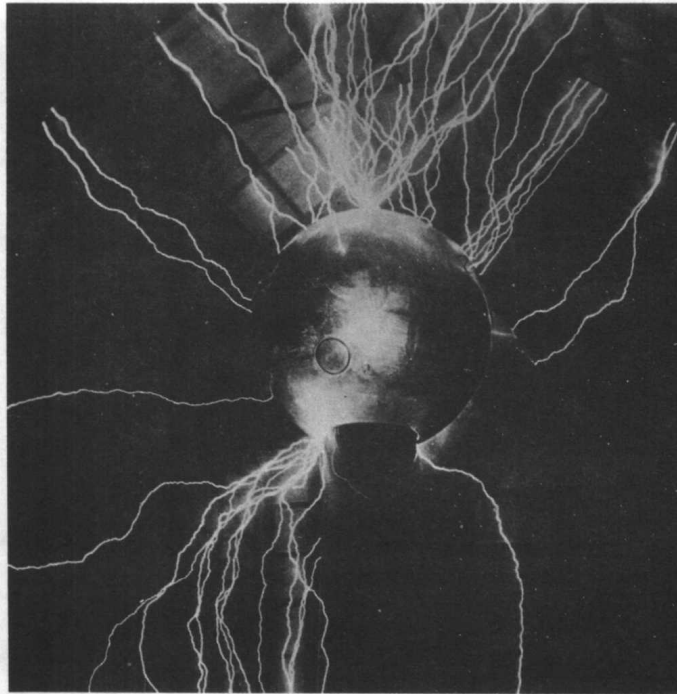
13 電場

16 電磁感應

14 電容器

17 交流電

15 磁場



▲ 范德格拉夫起電機

13 電場

靜電學簡介

今日靜電學

庫倫定律

電場強度

場力線

電勢

等勢面

點電荷的電勢

導體球的電勢

電勢差

E和V之間的關係

電場的引力類比

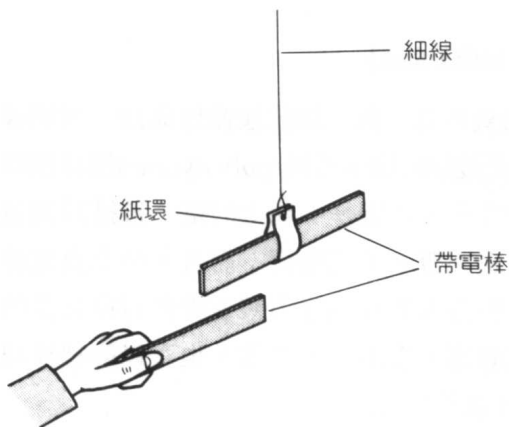
宇宙飛行的場處理方法

電勢及場強的計算

靜電學簡介

(1) 電荷

一般而言，當任何兩塊不同材料的物體相互摩擦時，都會向對方施力。這時我們說，它們兩者都獲得了「電荷」。靜電學所研究的，是處於靜止狀態中的電荷。實驗表明，有兩種不同類型的電荷存在著，且**同種電荷相互排斥而異種電荷相互吸引**。這兩種不同的電荷可以相互抵消，在這意義上，我們便可認為它們的符號是相反的。我們選定其中一種為「正」電荷，另一種則為「負」電荷。



電荷符號是在許多年以前相當任意地選定的。從前，人們分別用硬橡膠（與毛皮相摩擦）及玻璃（和絲綢相摩擦）來取得負電荷及正電荷。而現在，人們把羊毛摩擦過的**醋酸纖維素** (cellulose acetate) 或**有機玻璃** (perspex) 所帶的電荷定為「正」電荷，把羊毛摩擦過的**聚乙烯** (polythene) 所帶的電荷定為「負」電荷。兩條帶電棒間相互作用的力可用圖13.1中的裝置加以考察。

▲ 圖 13.1

按符號慣例，電子帶有一個「負」電荷，質子則帶有一個「正」電荷。根據現代理論，一個原子中的電子和質子數目通常是相等的，這將使原子處於電中性狀態。只要假定電子可從一種材料中轉移到另一種材料中，我們便能解釋摩擦起電的現象。例如，用羊毛摩擦醋酸纖維素時，電子從醋酸纖維素的表面走到羊毛中去，因而在醋酸纖維素內留下了電子的空缺位，即讓它帶上了正電荷；同時也使羊毛帶上了負電荷。於是，等量而符號相反的電荷就這樣產生了（見頁65）。

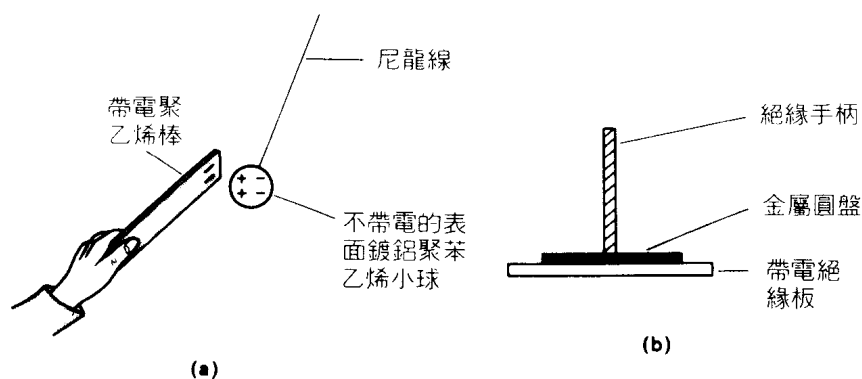
(2) 絕緣體和導體

根據電子論，**電絕緣體**（如聚乙烯、醋酸纖維素、甲基丙烯酸甲酯、硬橡膠、玻璃等）原子中的所有電子都受到各自原子核的緊密束縛，在某一區域內電子的遷移或增加將不會在別處引起電子流動。也就是說，電荷將被局限於其所產生（例如借助摩擦）的區域內或其原來置身的區域內。然而，**電導體**（例如金屬）的電子相對於各自所歸屬的原子而言卻是相當自由的（儘管就總體而言，這些電子仍被較穩固地束縛在金屬體內）。一旦這些金屬獲得了電子，電子就會在金屬內部移動；而導體中電子的損失，則會導致導體內剩餘電子的重新分佈。因此，導體上的電荷將分佈在整個導體的表面上。就我們目前的實際應用而言，這種「自由」電子論已相當足夠。但以後我們會看到，這一理論應用更先進的「能帶」理論加以擴充。借助能級的概念，能帶理論將能更令人滿意地解釋絕緣體、半導體和導體的各種行為。

人體和大地是較優良的導體。如果要讓一條金屬棒帶上電荷，棒就必須加以良好絕緣，且不能拿在手中，否則所產生的全部電荷都會通過人體而進入大地。水也是一種導體，常常吸附於許多材料（例如玻璃）的表面。儘管這些材料可能是絕緣體，但也經常因為水的存在而出現電荷泄漏現象。因此，許多現代塑料材料（如聚乙烯、甲基丙烯酸甲酯、醋酸纖維素）都是抗水的。

(3) 靜電感應(electrostatic induction)

如圖13.2a所示，我們用一條帶負電荷的聚乙烯棒緩慢地靠近一個絕緣良好的不帶電導體，例如一個表面鍍鋁的聚苯乙烯(polystyrene)泡沫塑料小球。這時，小球將會受到棒的吸引，原因是：球上的電子被排斥到遠離棒的一邊，而球上靠近棒的一邊則帶上了正電荷；而且，棒上負電荷與感應所產生的正電荷之間的吸引力大於棒與球上較遠處負電荷之間的排斥力，這一實驗效應稱為**靜電感應**。應用同一原理，也可以解釋梳理過頭髮而帶電的塑料梳子能吸引小紙屑的現象。



▲ 圖13.2

(4) 起電盤(electrophorus)

圖13.2b所示的起電盤是利用靜電感應產生電荷的一種裝置。它是一個帶有絕緣手柄的金屬圓盤，放置在一塊絕緣板上（例如聚乙烯板）。事先須用摩擦的方法讓絕緣板帶上負電荷，用手指接觸金屬圓盤使之接地，然後移開手指，這將使圓盤帶上與絕緣板上電荷符號相反的大量電荷。這些電荷可被輸送到另一導體上。之後，又可以如前再次讓起電盤帶電，不斷獲得所需電荷。

看來有點令人費解的是，金屬圓盤並沒有在與絕緣板接觸的過程中從絕緣板上取得電荷，也沒有在接地後帶上與絕緣板上電荷符號相同的電荷。然而我們知道，甚至是兩個平面之間的接觸，也只能是少數點之間的接觸。因此，金屬盤事實上是借助靜電感應才帶電的。這就是接地後金屬盤會帶上與絕緣板上電荷符號相反的電荷的理由。

(5) 靜電學與電流電學

摩擦絕緣體（或孤立導體）所產生的靜電荷在運動的時候也能發生像來自電池組的電流那樣的作用。但是，靜電學中所研究的電荷量很小（若干微庫倫）而電勢差很高（數千伏特），在電流電學中則相反。

今日靜電學

靜電學是電學研究的第一分支，一直以來都被認為是一個無實用價值的課題。近年來，這種觀點已經改變。現在，靜電學在工業上有其重要應用。

對於從現代燃煤發電廠排放到大氣中的煙道塵，我們可使用靜電沉積法來降低它對環境所造成的污染。一個中等規模的發電廠每小時約產生30噸煙道塵。圖13.3中發電廠的煙道塵沉積器位於煙囪與主建築物之間，主

建築物包括煤倉、鍋爐房和渦輪機房。在煙氣到達煙囪之前，沉積器就把其中所含煙道塵的99%沉積下來。沉積器由大量金屬線和金屬板組成。金屬線帶有負電荷，並能使塵粒都帶上負電荷。於是，塵粒受帶正電荷的金屬板吸引而附在金屬板上。令金屬板作機械振動即可除去塵粒，而所收集的塵粒則成為副產品。



▲ 圖13.3

在產生大量煙道塵的鋼鐵工業、水泥工業和化學工業中，靜電沉積器的作用也十分顯著。此外，靜電噴塗工藝可用於油漆工業、塑料工業和粉劑工業中，並有助於這些工業部門實現自動化操作。

在核物理研究中，採用靜電起電機，例如范德格拉夫起電機（見頁68），可以得到加速亞原子粒子所需的高達1 400萬伏特的電勢差。它們的應用大大提高了靜電學在這一領域中的重要性。

靜電學知識也廣泛地應用於雷達及電視的陰極射線管設計、礦藏的電學勘探和大型建築結構的現場勘測等方面。另外，靜電揚聲器、靜電微音器及靜電印刷機械等也相當普遍。

飛行中的飛機和工業中的塑料薄膜都會因摩擦而產生電荷，若不採取預防措施，便有發生爆炸的危險。對於飛機，人們製成了略有導電性的橡膠輪胎，以便著陸時電荷可以消除而不會造成任何危險。

脫下尼龍外衣或踏出帶塑料座套的汽車時所聽到的爆裂聲，也是由靜電引起的，這是因為環境空氣的絕緣被擊穿了。而閃電則是自然界中最壯觀的靜電學現象。

庫倫定律(Coulomb's law)

(1) 定律的陳述

要了解原子及物質的結構，我們必須具備帶電粒子之間的力的知識。1785年，法國科學家庫倫首次研究了兩個帶電球體之間相互作用力的大小。他所發現的定律可陳述如下：

兩個點電荷之間的力與該二電荷之乘積成正比例，而與它們之間的距離的平方成反比例。

庫倫定律適用於點電荷。亞原子粒子例如電子和質子，可被近似地看作電荷。稍後我們將可看到，就其外部效應而言，「均勻」帶電導體球的作用就像它所帶的全部電荷都集中在球心一樣。所以，均勻帶電導體球有時也可以視為點電荷，但先決條件是附近沒有任何其它電荷而影響球上電荷的均勻分佈。也就是說，這必須是一個「孤立的」帶電導體球。事實上，當兩個小球相距甚遠時，它們就是點電荷的良好近似。與質點的概念相似，點電荷是一種便於應用的理論簡化。

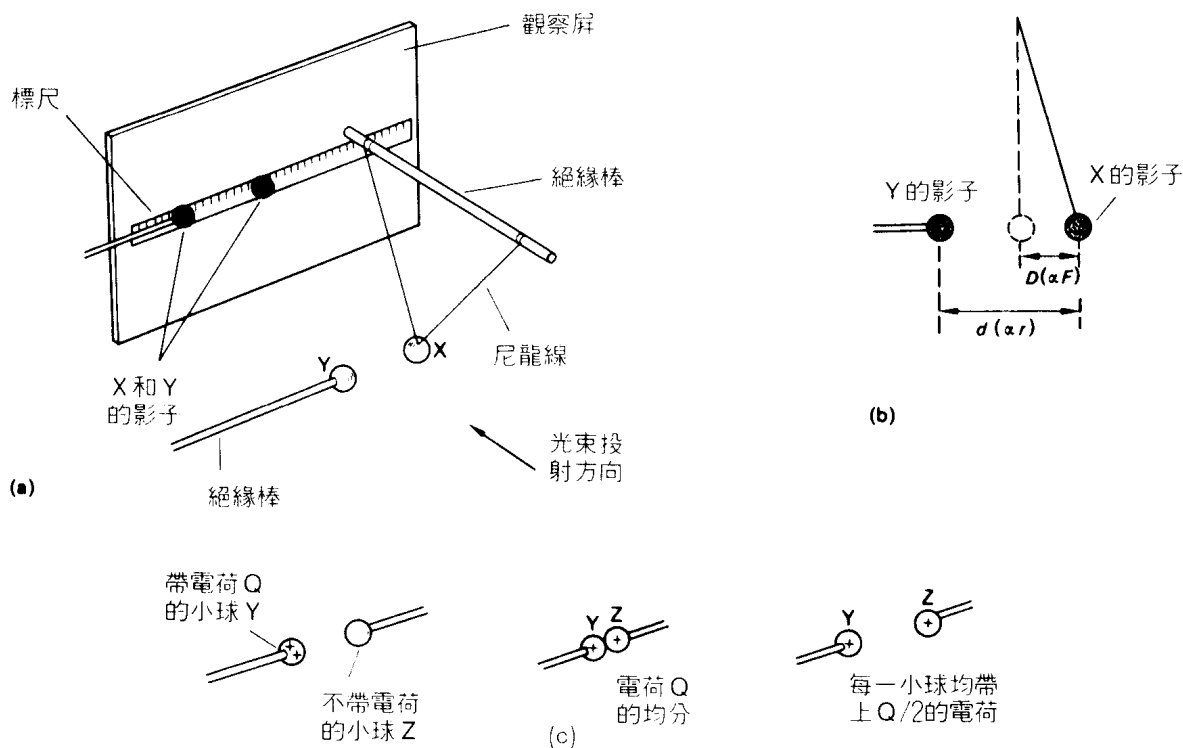
庫倫定律的數學表述為：

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

其中F是距離為r的兩個點電荷 Q_1 和 Q_2 之間的力，或稱為庫倫力。

(2) 實驗驗證

在圖13.4a所示的實驗中，X和Y是兩個鍍金屬小球。小球X被黏在細尼龍線中央，使尼龍線構成一個V字。懸掛用的絕緣棒和尼龍線的初始位置共同確定了一個平面，而小球只能作垂直於此平面的擺動。利用觀察屏上的標尺，可以讀出投射光束下小球X的影子（或邊沿）的水平位置，而小球Y則被黏在一條絕緣棒的末端。



▲ 圖 13.4

借助某種方法，例如與起電盤的接觸，可以使兩小球分別帶上符號相同的電荷。當小球Y接近小球X時，會發生圖13.4b所示的排斥現象。讀出X和Y的影子的中心（或邊沿）的位置。兩個影子間的距離 d 正比於兩個小球間的距離 r 。可以證明，兩小球之間的相互作用力正比於小球X的偏移量 D ，即X的影子中心（或邊沿）的第一和第二位置間的水平距離。若對 d 和 D 作若干次讀數並發現乘積 Dd^2 為常數，則表明 $F \propto 1/r^2$ 。

要驗證 $F \propto Q_1 Q_2$ ，可採用圖13.4c的裝置。用帶電小球Y觸及另一個不帶電荷的同樣的小球Z，兩球分離後Y所帶電荷應減半（另一半已被Z所帶走）；再把小球X和Y置在前一實驗中的位置上，即令兩個影子間的距離仍為 d ，則兩小球間的相互作用力應減至原來數值的一半。若再用同樣辦法使小球X的電荷減半，那麼X和Y間的作用力將會減為原來數值的四分之一。