

圖解

三大特色

- 一單元一概念，迅速理解電磁學的精華及內涵
- 內容完整，架構清晰。適合做為高普考、國營事業、研究所考試的電磁學工具書
- 圖文並茂，容易理解，快速吸收

電磁學



溫坤禮
張簡士琨 / 著

閱讀文字

理解內容

觀看圖表

圖解讓
電磁學
更簡單

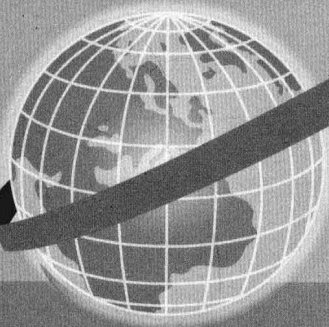


圖解

三大特色

- 一單元一概念，迅速理解電磁學的精華及內涵
- 內容完整，架構清晰。適合做為高普考、國營事業、研究所考試的電磁學工具書
- 圖文並茂，容易理解，快速吸收

電磁學



溫坤禮
張簡士琨 / 著

閱讀文字

理解內容

觀看圖表

圖解讓
電磁學
更簡單



五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

圖解電磁學／溫坤禮、張簡士琨著．——初
版．——臺北市：五南，2012.10

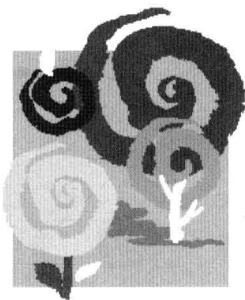
面：公分

ISBN 978-957-11-6774-9 (平裝)

1. 電磁學

338.1

101014857



5DE6

圖解電磁學

作 者 — 溫坤禮 張簡士琨

發行人 — 楊榮川

總 編 — 王翠華

主 編 — 穆文娟

責任編輯 — 楊景涵

圖文編輯 — 林秋芬

排 版 — 簡玲惠

封面設計 — 簡愷立

出 版 者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106 台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2012年10月初版一刷

定 價 新臺幣320元

序

在電機及電子領域中，電磁學是一們非常重要的學科，坊間已有許多不同的相關系列問世，但是在深入及廣度的教材上，並沒有看到一套有系列介紹，並且白話的教材存在。此外，對於電磁學而言，相關的教材及專書似乎太過於專門及艱深，使得欲學習此項科目的學生不能夠得心應手的加以學習及了解。

因此，本書主要鎖定在此一領域，分成兩大部分：

第一部分是針對基本電磁學的重要領域一向量分析、庫倫定律、靜電學、靜磁學及馬克斯威爾方程式，以深入淺出的白話及圖文並貌的說明的方式，將內容加以呈現。

第二部分是收集及整合基本電磁學相關的考題，內容從庫倫定律開始，涵蓋了電場、電位、電容、電流、電阻、磁場及電磁力等領域，總共160題，經由作者詳細的加以解析。提供學習者之實地練習之用。

完成了一套易懂及具有白話文說明的基本電磁學教學系統，並且更进一步發展成電機專業課程的輔助教材。

本書目錄

自序

第 1 章

電磁學的發展史及基本架構

Unit 1-1	電荷的介紹	002
Unit 1-2	電磁學的發展史-1	004
Unit 1-3	電磁學的發展史-2	006
Unit 1-4	電磁學的基本常識-1	008
Unit 1-5	電磁學的基本常識-2	010

第 2 章

座標與基本概念

Unit 2-1	座標系統基本概念-1	014
Unit 2-2	座標系統基本概念-2	016
Unit 2-3	座標轉換-直角坐標與圓柱座標	018
Unit 2-4	座標轉換-圓柱坐標與圓球座標	020
Unit 2-5	座標轉換-直角坐標與圓球座標	022

第 3 章

電磁學的向量單位

Unit 3-1	向量的基本概念	026
Unit 3-2	向量的內積	028
Unit 3-3	向量的外積	030
Unit 3-4	向量的演算子及其定理	032
Unit 3-5	梯 度	034
Unit 3-6	散 度	036
Unit 3-7	旋 度	038
Unit 3-8	廣義的向量公式	040

第 4 章

電 場

Unit 4-1	庫倫定律基本概念	044
Unit 4-2	電場的基本觀念	046
Unit 4-3	高斯定律的基本觀念	050
Unit 4-4	高斯散度定理	054

第 5 章

電 位

Unit 5-1	電位的基本觀念	058
Unit 5-2	電位的應用-電位差	060
Unit 5-3	電位的應用-電偶極	062

Unit 5-4	電位的應用-影像法	064
Unit 5-5	泊松方程式與拉普拉斯方程式-1	066
Unit 5-6	泊松方程式與拉普拉斯方程式-2	068
Unit 5-7	泊松方程式與拉普拉斯方程式-3	070

第 6 章

介電質

Unit 6-1	介電質中的靜電場	074
Unit 6-2	靜電場的界面條件	076

第 7 章

電容、電流與電阻

Unit 7-1	電容的基本觀念	080
Unit 7-2	恆定電流的基本觀念	082
Unit 7-3	廣義的電流定律	084
Unit 7-4	恆定電流下電場的界面條件	086
Unit 7-5	絕緣電阻與接地電阻	088

第 8 章

穩定的磁場

Unit 8-1	磁場基本觀念	092
-----------------	--------	-----

Unit 8-2	比爾-沙華定律	094
Unit 8-3	安培定律	096

第 9 章

磁位、磁通與磁路

Unit 9-1	磁位及磁位梯度	100
Unit 9-2	磁 通	102
Unit 9-3	靜磁場界面條件	104
Unit 9-4	磁 路	106

第 10 章

電感與電磁力

Unit 10-1	電感的基本觀念	110
Unit 10-2	電磁力的基本觀念	112
Unit 10-3	電磁力的應用-直流電動機	114
Unit 10-4	電磁力的應用-霍爾效應	116
Unit 10-5	電磁力的應用-噴墨印表機	118

第 11 章

法拉第定律

Unit 11-1	法拉第定律	122
------------------	-------	-----

Unit 11-2 拉第定律的應用-圓盤發電機 124

Unit 11-3 拉第定律的應用-電磁爐 126

第 12 章

附錄：範例解析

Unit 12-1 向 量 130

Unit 12-2 庫倫定律 132

Unit 12-3 電 場 139

Unit 12-4 電 位 161

Unit 12-5 電 容 178

Unit 12-6 電 流 194

Unit 12-7 電 阻 198

Unit 12-8 磁 場 205

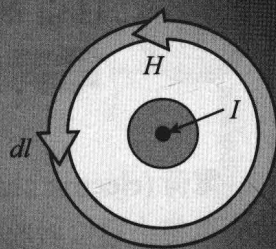
Unit 12-9 磁 通 215

Unit 12-10 電 感 230

Unit 12-11 界面條件 243

Unit 12-12 馬克斯威爾方程式 245

Unit 12-13 電 磁 力 247

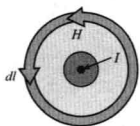


第 1 章

電磁學的發展史及基本架構

章節體系架構

- Unit 1-1 電荷的介紹
- Unit 1-2 電磁學的發展史-1
- Unit 1-3 電磁學的發展史-2
- Unit 1-4 電磁學的基本常識-1
- Unit 1-5 電磁學的基本常識-2



Unit 1-1 電荷的介紹

電荷 (electric charge) 是物質的一種物理性質，是由一堆稱為基本電荷的單獨小單位組成的，在物理上稱帶有電荷的粒子為帶電粒子。電荷的量稱為電荷量，在國際單位，電荷量的符號以 Q 為表示，單位是庫倫 (Coulomb)。而基本電荷 (elementary charge) 則以符號 e 表示，電量大小為 1.602×10^{-19} 庫倫。

電
荷
(e)

帶正電 (positive)：帶有正電荷的物質

帶負電 (negative)：帶有負電荷的物質

如果兩個物質都帶有正電或都帶有負電，則稱這兩個物質同電性，否則稱這兩個物質異電性。

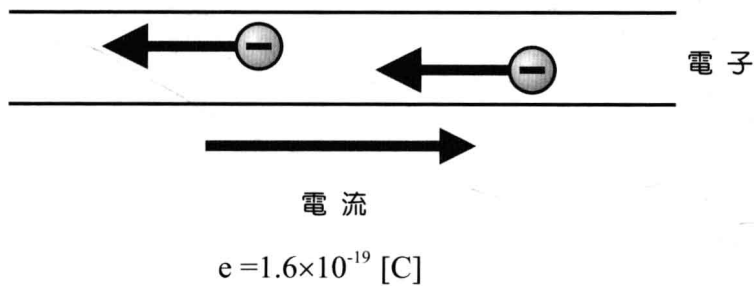
兩個帶電物質之間會互相施加作用力於對方，也會感受到對方施加的作用力，此一作用力稱為庫倫定律 (Coulomb's law)。經由實驗，靜止的電荷會產生電場 (electrical field)，等速移動的電荷會產生電流 (current) 及磁場 (magnetic)，而加速運動的電荷則產生電磁波 (electromagnetic wave)，此時帶電粒子與電磁場之間的交互作用所產生的力稱為電磁力 (electromagnetic force)。



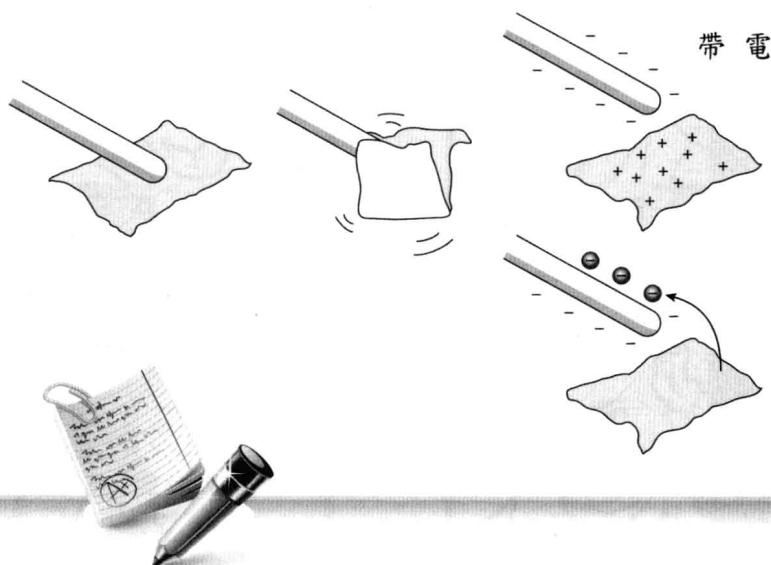
小博士解說

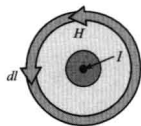
庫倫定律 (Coulomb's law)，法國物理學家查爾斯·庫倫於 1785 年發現，因而命名的一條物理學定律。庫倫定律是電學發展史上的第一個定量型規律。因此，電學的研究從定性進入定量階段，是電學史中的一塊重要的里程碑。

電子和電流的方向及大小



正負電荷的產生 (毛皮摩擦玻璃棒)





Unit 1-2

電磁學的發展史-1

1733 年 法國科學家杜菲 (C. F. Dufay, 1698~1739) 認識到兩種電性，亦即正 (positive) 和負 (negative) 兩種。

1745 年 德國學者克萊斯特 (E. G. Von Kleist, 1700~1748) 與荷蘭物理學家麻森·布洛克 (P. Van Musschenbrock, 1692~1761) 同時發明了萊頓瓶第一個容器。

1750 年 美國的科學家富蘭克林 (B. Franklin, 1706~1790) 探討了雷 (lightning) 的本性，提出了電量守恆原理的原始概念，利用風箏證明了雷擊只是一種氣體絕緣破壞的現象，後人也根據此一結果發明了避雷針 (lightning arrester)。

1785 年 法國科學家庫侖 (C. A. Coulomb, 1736~1806) 利用實驗法則及方法建立電學中最重要的定律：庫侖靜電力平方反比定律。

$$F = \frac{KQ_1Q_2}{R^2} \quad (1)$$

1813 年 德國科學家高斯 (K. F. Gauss, 1777~1855) 長期觀察電的現象，因而推導出有名的高斯定律，它的內容是：「通過某一封閉曲面上的總電力線數 (電通量) 和該封閉曲面內的總電荷數成正比」。

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad (2)$$

1820 年 丹麥物理學奧斯特 (H. C. Oersted, 1777~1851) 發現了電流和磁場的關係。

1822 年 法國物理學家安培 (A. M. Ampere, 1775~1836) 提出了安培定律。

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = NI \quad (3)$$

1827 年 德國物理學家歐姆 (G. S. Ohm, 1787~1854) 建立了歐姆定律。

$$R = \frac{V}{I} \quad (4)$$

重要人物介紹



杜 菲



麻森·布洛克



富蘭克林



庫 侖



高 斯



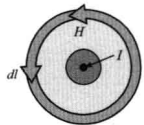
奧斯特



安 培



歐 姆



Unit 1-3

電磁學的發展史-2

1831 年

英國的物理學家與化學家法拉第 (M. Faraday, 1791~1867) 發現了電磁感應現象，並建立了目前變壓器的數學模式：法拉第電磁感應定律。

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (5)$$

其中的負號代表冷次定律 (Lentz's law) $\Rightarrow$ 維持現狀。

1864 年

英國物理學家馬克斯威爾 (J. C. Maxwell, 1831-1879) 集其大成而建立了以馬克斯威爾方程組為基本架構的完整電磁理論，且預言了電磁波的存在。

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}, \quad \nabla \times \vec{E} = 0, \quad \nabla \cdot \vec{H} = 0, \quad \nabla \times \vec{H} = \vec{J} \quad (6)$$

並提出四大方程式：

- i. $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$ (電場發散的程度和電荷所處在的環境有相當大的關係)
- ii. $\nabla \times \vec{E} = 0$ (電場只有發散沒有旋轉)
- iii. $\nabla \cdot \vec{H} = 0$ (磁場只有旋轉沒有發散)
- iv. $\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$ (磁場旋轉的程度和磁荷所處在的環境有相當大的關係)

1888 年

德國物理學家赫茲 (H. R. Hertz, 1857-1894) 經由實驗終於證明了電磁波存在的真實性，並且傳播速度和光速是相同的。

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (7)$$

1895 年

荷蘭物理學家羅倫茲 (H. A. Lorentz, 1856-1943) 將庫倫力和電磁力加以合成，就成為了運動電荷 Q 所受的總力大小。

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = Q\vec{E} + Q\vec{V} \times \vec{B} = Q(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) \quad (8)$$

重要人物介紹



法拉第



馬克斯威爾



赫茲



羅倫茲

電磁學之基本架構

