

高等学校教学用书

# 物理学

(初稿)

第二册

高等工业学校物理学编写组编

高等教育出版社

高等学校教学用书



# 物 理 学

(初 稿)

第 二 册

高等工业学校物理学编写组编

高等教育出版社

本書係由高等教育部組織高等工業學校部分教師遵照175及216兩種類型的物理學教學大綱，本着“學少一些，學好一些”的精神，在蘇聯專家巴巴諾夫同志指導下集體編寫的，可作為高等工業學校105到135講授時數的普通物理課程的教材。

本書分三冊出版，第一冊包括力學、分子物理學和熱力學兩編，第二冊包括電學和磁學一編，第三冊包括波動過程、原子物理學和原子核物理學兩編。

本書適用於高等工業學校，但對一般綜合性大學、師範學院、農林學院等亦可作為參考教材。

# 物 理 學

(初稿)

## 第二冊

---

高等工業學校物理學編寫組編

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

上海春明印刷廠印刷 新華書店總經售

---

書號 13010·242 開本 850×1168 1/32 印張 713/16 字數 212,000

一九五六年二月上海新一版

一九五六年十二月上海第五次印刷

印數 80,001—132,000

定價 (8) 洋 0.90

## 序 言

1954年夏天，高等教育部召開高等工業學校基礎課程及基礎技術課程教學大綱審訂會議。在物理方面，會議審訂了175學時(其中講課佔105學時)及216學時(講課佔126學時)兩種類型的教學大綱。

在會議上，許多教師建議高等教育部組織人力按照教學大綱編寫一部物理學教科書，以利教學。因此，高等教育部在1955年二月組成了高等工業學校物理學編寫組。編寫組中參加全書編寫工作的有王謨顯、江之永、殷大鈞三人，參加部分編寫工作的有王志符、孫瑞蕃二人。

編寫組是在高等教育部領導下工作的，有關編寫原則等重要問題，都請示高等教育部決定。編寫組的指導是蘇聯物理專家巴巴諾夫(A. A. Бабанов)同志，全書目錄都經專家審定，系統、講法、深廣度以及單位制度等各種問題，主要參考專家所編物理學講義，並遵照專家指示決定。清華大學物理教研組徐亦莊同志等許多教師和各校在清華物理教研組進修的許多教師，均曾參加編寫組的討論。全國各高等工業學校的許多物理教師，也曾在口頭或書面上提供很多寶貴意見。上述許多同志都給編寫組以極大的幫助，編寫組謹在此致以衷心的感謝。

本書的內容，大體上按照216學時的教學大綱，同時也儘可能照顧175學時的教學大綱。對於後者說，採用本書的教師必須根據大綱規定，刪去書中若干大節和小節。從1955年秋季起，全國有半數以上高等工業學校改五年制，各專業的講課時數，稍有增加，為了適應這一情況，本書的內容也作了相當的擴大(部分用小體字排)。因此，本書可作為105到135講授學時的物理課的教材。

本書的目的，主要是供同學閱讀。編寫組希望貫徹“學少一些，學好一些”的精神，並注意科學嚴格性和可接受性。某些部分是講得不够

的,希望教師加以補充。某些部分和教師的習慣講法不一定相合,教師也可加以變更。還有一些不常見的講法是編寫組的一種嘗試。

由於編寫組主觀力量不夠,時間也不充裕,所以雖在蘇聯物理專家的指導和全國各高等工業學校物理教師的幫助下進行編寫工作,但本書的缺點仍然是很多的。編寫組誠懇地要求全國各校所有採用本書的教師和同學多多提出寶貴意見(由北京琉璃廠 170 號高等教育出版社轉交),使本書得以隨時改進。

高等工業學校物理學編寫組

1956 年 1 月於清華園

## 第二册 目錄

|          |     |
|----------|-----|
| 序言 ..... | iii |
|----------|-----|

### 第三編 电学和磁学

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| § 3-0-1. 电学和磁学在現代科学和工程技术上的重要性 ..... | 1 |
| § 3-0-2. 电学和磁学發展簡史 .....            | 2 |

#### 第一章 靜电場 .....

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| § 3-1-1. 电荷 导体和电介質 .....             | 6  |
| § 3-1-2. 电荷間的相互作用——庫侖定律 电介質的影响 ..... | 9  |
| § 3-1-3. 靜电場 电場強度 电偶極子 电介質內的場強 ..... | 13 |
| § 3-1-4. 电力線 .....                   | 18 |
| § 3-1-5. 电位移 电通量 .....               | 20 |
| § 3-1-6. 奧斯特洛格拉斯基-高斯定理 .....         | 22 |
| § 3-1-7. 奧斯特洛格拉斯基-高斯定理的应用 .....      | 24 |
| § 3-1-8. 靜电場力所作的功 .....              | 29 |
| § 3-1-9. 电荷在电場中的位能 电位 .....          | 31 |
| § 3-1-10. 等位面 .....                  | 34 |
| § 3-1-11. 电場強度和电位的關係 .....           | 36 |
| § 3-1-12. 电子电荷的測定 .....              | 38 |

#### 第二章 电場中的导体和电介質 .....

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| § 3-2-1. 靜电場中的导体 .....                     | 41 |
| § 3-2-2. 靜电感应 .....                        | 45 |
| § 3-2-3. 靜电屏蔽 靜电电位計 .....                  | 47 |
| § 3-2-4. 靜电場中的电介質 电極化現象 .....              | 49 |
| § 3-2-5. 矢量 $D$ 、 $E$ 、 $P$ 之間的普遍關係式 ..... | 54 |
| § 3-2-6. 电場的边界条件 .....                     | 55 |
| § 3-2-7. 压电現象 变电体 .....                    | 57 |
| § 3-2-8. 导体的电容 .....                       | 59 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| § 3-2-9. 電容器的電容                     | 62         |
| § 3-2-10. 電容器的接法和構造                 | 66         |
| § 3-2-11. 電場的能量                     | 71         |
| <b>第三章 直流電的基本定律</b>                 | <b>75</b>  |
| § 3-3-1. 傳導電流和運流電流 電流強度和電流密度        | 75         |
| § 3-3-2. 一段電路的歐姆定律及其微分形式 導體的電阻      | 78         |
| § 3-3-3. 電阻和溫度的關係 超導電性              | 82         |
| § 3-3-4. 電流的功和功率 楞次-焦耳定律及其微分形式 羅德金燈 | 84         |
| § 3-3-5. 電動勢 閉合電路和不均勻電路的歐姆定律        | 88         |
| § 3-3-6. 分支電路 基爾霍夫方程系及其應用           | 92         |
| <b>第四章 金屬導電的电子理論和熱电子發射</b>          | <b>97</b>  |
| § 3-4-1. 电子導電性 电子氣                  | 97         |
| § 3-4-2. 从电子理論推導歐姆定律和楞次-焦耳定律的微分形式   | 99         |
| § 3-4-3. 金屬導電性和導熱性之間的關係 古典电子理論的缺陷   | 102        |
| § 3-4-4. 电子從金屬表面逸出所需的功              | 103        |
| § 3-4-5. 接觸電位差 電動勢的起源               | 105        |
| § 3-4-6. 溫差電池 化學電池                  | 107        |
| § 3-4-7. 半導體中的電流                    | 113        |
| § 3-4-8. 熱电子發射 真空中的電流               | 114        |
| § 3-4-9. 熱电子發射的實際應用                 | 116        |
| <b>第五章 液體和氣體中的電流</b>                | <b>119</b> |
| § 3-5-1. 液體的离子導電性                   | 119        |
| § 3-5-2. 法拉第電解定律                    | 120        |
| § 3-5-3. 氣體的導電性 氣體的電離和离子的復合         | 123        |
| § 3-5-4. 通常壓強下氣體中的電流                | 125        |
| § 3-5-5. 弧光放電 火花放電 電暈放電             | 128        |
| § 3-5-6. 稀疏氣體中的電流 輝光放電              | 129        |
| <b>第六章 電流的磁場</b>                    | <b>132</b> |
| § 3-6-1. 基本磁現象 中國發現磁                | 132        |
| § 3-6-2. 平行直電流間的相互作用力 電磁系單位         | 136        |
| § 3-6-3. 磁場 磁感應強度                   | 138        |
| § 3-6-4. 磁力線 磁通量                    | 140        |
| § 3-6-5. 電流元的磁感應強度 畢奧-沙伐-拉普拉斯定律     | 143        |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| § 3-6-6. 畢奧-沙伐-拉普拉斯定律的应用 .....               | 146 |
| § 3-6-7. 磁場強度 安培环路定律 .....                   | 152 |
| § 3-6-8. 運動电荷的磁場 .....                       | 156 |
| <b>第七章 磁場对电流的作用</b> .....                    | 161 |
| § 3-7-1. 磁場对載流導線的作用力——安培定律 .....             | 161 |
| § 3-7-2. 均匀磁場作用在平直載流線圈上的力矩 .....             | 163 |
| § 3-7-3. 載流導線間的相互作用力 .....                   | 166 |
| § 3-7-4. 運動电荷在磁場中所受的力——洛倫茲力 .....            | 170 |
| § 3-7-5. 帶電質點的荷質比的測定 質譜儀 .....               | 173 |
| <b>第八章 电磁感应</b> .....                        | 177 |
| § 3-8-1. 电磁感应現象 .....                        | 177 |
| § 3-8-2. 楞次定律和法拉第电磁感应定律 .....                | 180 |
| § 3-8-3. 电磁感应現象和能量守恒与轉換定律的關係 .....           | 184 |
| § 3-8-4. 电磁感应現象和电子理論的關係 .....                | 186 |
| § 3-8-5. 在磁場中轉動的線圈中的電動势和电流 .....             | 189 |
| § 3-8-6. 渦流 .....                            | 190 |
| § 3-8-7. 自感現象 .....                          | 191 |
| § 3-8-8. 互感現象 变压器 .....                      | 196 |
| § 3-8-9. 磁場的能量 .....                         | 200 |
| <b>第九章 麥克斯韋的电磁場理論</b> .....                  | 204 |
| § 3-9-1. 位移电流 .....                          | 204 |
| § 3-9-2. 麥克斯韋理論中的基本概念 电磁場 .....              | 206 |
| § 3-9-3. 麥克斯韋方程的積分形式 .....                   | 209 |
| § 3-9-4. 麥克斯韋方程的微分形式 .....                   | 211 |
| <b>第十章 物質的磁性</b> .....                       | 215 |
| § 3-10-1. 磁的本質 順磁質和抗磁質 .....                 | 215 |
| § 3-10-2. 矢量 $B$ 、 $H$ 、和 $J$ 之間的普遍關係式 ..... | 218 |
| § 3-10-3. 磁場的边界条件 .....                      | 222 |
| § 3-10-4. 鉄磁性物質 .....                        | 223 |
| § 3-10-5. 鉄磁体的構造 .....                       | 225 |
| § 3-10-6. 永磁鉄 .....                          | 226 |
| <b>附錄 电磁量的單位制度</b> .....                     | 229 |

## 第三編 电学和磁学

### § 3-0-1. 电学和磁学在现代科学和工程技术上的重要性

现代的电学和磁学是一门范围很广泛的知識領域，是許多物理理論和工程技術的基礎。我們已經熟知：电动机是生產和運輸中許多巨大机械的原動力，电灯和电爐是光和熱的來源，電話、電報、無線電、电视等是信号傳輸的最有效的工具。此外，在農業技術、醫術治療及科学研究等方面，也廣泛地应用了电。

偉大的列寧指示說：“共產主義就是蘇維埃政權加上全國電氣化”。在我們的祖國，自從在中國共產黨領導下建立人民政權以來，由於社會制度的優越性和發展國民經濟的第一個五年計劃的執行，電力和電器製造工業正在迅速地發展中。無疑地，全國電氣化的美麗遠景將會很快來到。

電的廣泛应用是和電能的各種特性联系着的。第一，電能很容易地轉變為機械能、光能、化學能等其他形式的能量，所以利用電為能源，最為簡便。第二，電能可以在瞬息之間從發電的地方，經過很長的距離，傳送到另一地方去，功率大而且能量的散逸少，裝備也比較簡單，這就為大生產提供了有利的條件。第三，電能可由電磁波的形式在空中傳播，能夠在極短的時間內把信號傳送到遙遠的地方，克服了空間遙遠的困難。第四，電能便於遠距離控制和自動控制，使工業自動化成為可能。因為電能具有這些優越的特性，所以它在近代技術上創造了許多“奇蹟”。

電現象的研究，不僅在工程技術上起了巨大的作用，對人類認識物質世界來說，也有極重要的貢獻。現在已經知道的力有四種基本形式，

萬有引力、電性力、磁性力和原子核中粒子之間的原子核力。在宏觀宇宙中，特別是天體之間的相互作用主要是萬有引力，但在構成物質的分子和原子等微觀宇宙中，電性力和磁性力却比萬有引力要大得不可思議。因此，當我們研究現象的物理本質和物質構造的基本理論時，就必須了解電性力和磁性力，這就使電學在現代物理學中佔着一個中心的位置。本書曾經提到過某些力學現象（固體和液體的彈性等）和熱學現象（金屬的熱傳導等）的物理本質需要電學知識去解釋，事實上，其他現象也是這樣。在本書以後各編中，將進一步應用電學知識去理解物理現象的本質。

物理課程中的電學和磁學部分敘述電學和磁學的基本原理，任何高等工業學校的學生，必須學好電學課程，因為沒有一門工程專業不和電的應用發生關係。

### § 3-0-2. 電學和磁學發展簡史

在現代，我們已經掌握了大量的電學和磁學知識，而且還在不斷地發展着。這些知識是許多人們和學者長期勞動的結果。這裏，我們將按照發展過程中的特徵，分作三個時期來敘述電學和磁學發展的概況。

**第一個時期** 這一時期從遠古開始，直到十九世紀中葉。發展過程中的特徵是積累事實，確立許多電現象的基本規律，但是還沒有把這些事實和規律聯繫起來成為一個完整的知識系統。

紀元前七世紀，希臘哲學家們就描寫過這樣的現象 用布擦過的琥珀能夠吸引輕的東西，如毛髮、小紙片等。我國古籍中也有琥珀拾芥的記載。所以人類發現物體的帶電現象是很早的，但進一步的發展，却很遲緩。直到1600年左右，英國醫生吉伯(Gilbert)又發現：玻璃、硫黃、松香等也具有與琥珀同樣的性質，就是把它們摩擦過以後，它們能夠吸引輕的物體。他把處於這種狀態中的物體稱為電化了的或帶了電的物體。

此後，人們逐漸地知道了物體可以分成兩類，一類是能夠傳電的導

體，例如金屬，另一類是不能傳電的絕緣體，例如上述琥珀、玻璃等。事實上，任何兩個不同質料的物體互相摩擦後，都能帶電，但因絕緣體不能傳電，所以容易顯出帶電現象。人們又從實驗確定了電祇有兩種：當毛皮和玻璃互相摩擦後，就分別地帶了不同性質的電，凡和玻璃在這情況下所帶的性質相同的電稱為正電，和毛皮在這情況下所帶的性質相同的電稱為負電。兩個帶同號電的物體互相排斥，帶異號電的物體互相吸引。

在俄國，偉大科學家羅蒙諾索夫曾經做過大量的電學研究工作。他創立了大氣中電的產生的理論（根據這理論，空中的電是空氣中的微粒隨着氣流運動時互相摩擦而產生的），指出了製造避雷針的原理。他並且最早提出北極光的電磁性質的想法，發展了並保衛了世界的物質性的學說，特別是電的物質性的學說。

從定量方面來說，庫倫（Coulomb）在 1785 年首先從實驗確定了電荷間的相互作用力，根據這個定律，電荷的概念就有了定量的意義。“磁荷”（實際上是不存在的）間相互作用的定律也是庫倫確定的。現在，我們稱這兩條定律為庫倫定律，而電的庫倫定律則是靜電學的基礎。

磁現象和電現象一樣，也早在遠古時期就被發現，中國人民是天然磁鐵的最早發現者。人們一直認為磁現象和電現象是互相獨立的，俄國院士愛皮努斯（Ф. Эрстед）最早提出了兩種現象具有聯系的思想。1819 年，奧斯忒（Oersted）從實驗發現了電流對磁針的力的作用就開始了電學理論的新頁。1820 年，安培（Ampère）確定了通有電流的螺線管的作用與磁鐵相似。他並且認為永磁鐵的磁性也是由於磁體中某種元電流所產生的，這就指出了磁現象的本質問題。這種想法是和現代的觀點相符合的。根據現代觀點，永磁鐵中的元電流就是原子中電子繞自轉軸旋轉以及電子繞原子核的運動。這樣，磁現象就建立在電現象的基礎上了。在這個時期內，由於生產需要的推動，電學研究工作發展得很快。除上述安培等人外，歐姆（Ohm）、畢奧（Biot）、沙伐（Savart）和

法拉第(Faraday)等人都有不少發現。

法拉第對於电学研究有特殊貢獻。他在1831年發現的电磁感应現象,是电工学的主要基礎,也是整个电学理論的主要基礎之一。他在1834年發現的电解現象是引向物質的电結構理論的第一步,也是电化学的基礎。法拉第在研究中的主導思想是,电荷和电流周圍的空間是物理上的实在东西,称为电場和磁場。电荷間和电流間的相互作用是通过电場和磁場的作用,不是直接的“超距作用”。电場和磁場能够相互影响,是統一的电磁場的两个方面。这些思想,對於以後电学理論的發展,具有極重要的指導作用。

俄國院士楞次(Э. Х. Ленц)和雅可比(В. С. Якоби)的研究工作也是屬於这一時期的。楞次的主要研究是關於电磁学方面的,他發現了电磁感应中有關感生电流方向的定律,叫做楞次定律。楞次与焦耳彼此独立地同時確定了电流熱效应的定律,叫做楞次-焦耳定律。雅可必發明电鑄和电镀,造成了第一部电动机,並曾用它來開動船和車輛。

第二个時期 在十九世紀的後半期,麥克斯韋在前人和自己發現(位移电流)的基礎上,建立了系統嚴密的电磁場理論(現在称为古典电磁理論),这是物理学中一个很大的進步。这个理論發展了法拉第的思想,並用數學的形式揭露了电場和磁場的联繫以及它們所服从的規律(麥克斯韋方程)。

从麥克斯韋理論推出的主要結果之一是:一切电磁場变化的傳播不是瞬時的,而是以有限速度進行的。根据麥克斯韋方程,这个速度是一个电学和磁学的量,可用电磁方法測定,所得結果,和用光学方法測定的光速完全符合。麥克斯韋根据这件事實建立了光的电磁理論。就是說,光也是一种电磁場变化的傳播过程。这种电磁場变化的傳播过程統称为电磁波。1887年,赫芝(Hertz)用电磁振盪器產生了电磁波,並証明它的性質和光一样。这样,麥克斯韋的理論就獲得了实验的証明,而光学和电学也从此奠定了統一的基礎。1895年,波波夫(A. C.

Попов)完成了具有世界意義的無線電報實驗。本世紀初,列別傑夫(И. Н. Лебедев)從具有高度準確性的實驗中,測定了光對於固體和氣體所施的壓力。這些都是這一時期的重要貢獻,是麥克斯韋理論的進一步發展。

麥克斯韋的理論,是近代電工學和無線電學的基礎,但還沒有接觸到電磁現象和物質結構的關係。

**第三個時期** 這一時期的主要特徵是把電磁現象和物質結構直接地聯繫起來,建立起物質的電結構理論。法拉第的電解定律,已經指出了電和物質結構的聯繫和電的不連續性。從十九世紀末葉起,許多實驗,如真空中的電流、陰極射線、熱電子發射、光電效應、放射性物質的放射線等等,直接地證明了物質的電結構和電荷的原子性,為現代電學理論建樹了基礎。下面,我們將非常簡單地介紹一下物質的電結構理論。

電是每個原子的組成部分,任何化學元素的原子,都含有一個帶正電的原子核,和若干個在原子核周圍運動着的帶負電的電子。整個原子的半徑的數量級為 $10^{-8}$ [厘米],原子核半徑的數量級為 $10^{-13}$ [厘米],所以原子核要比原子小得很多。據測定,電子的電量為 $4.80 \times 10^{-10}$ [靜電系電荷單位],質量為 $9.11 \times 10^{-28}$ [克],半徑數量級為 $2.8 \times 10^{-13}$ [厘米]。原子核中含有質子和中子,質子帶有正電,電量和電子相等,中子不帶電,質子和中子的質量均約為電子的1840倍。原子核內質子的數目就是元素週期表中的原子序數。

在正常狀態下,原子核外圍電子的數目,等於原子核內質子的數目,所以原子呈現中性。原子核和外圍電子間的相互作用力隨物質的不同而有強弱。如果原子或分子由於外來原因,失去了一個或若干個電子後,就成為帶正電的正離子。反之,如果原子或分子從外界吸收了一個或若干個電子,就成為帶負電的負離子。以上所說物質的電結構理論,能夠說明靜電感應、極化、導電性、物質的磁性等等許多電現象和磁現象。

## 第一章 靜電場

本章和下章都屬於靜電學範圍。靜電學主要研究靜止電荷所產生的靜電場，和帶電體在靜電場中的受力情形及其平衡條件。本章的主要內容是說明靜電場的特性。我們先說明庫倫定律，然後引入電場強度、電位移、電位等概念。根據電場對電荷施力而規定的電場強度，和根據電荷在電場中移動時電場力所作的功而規定的電位，是描寫電場特性的兩個重要概念。為了進一步了解電場的性質而引入的電位移概念，也有重要的意義。

### § 3-1-1. 電荷 導體和電介質

**電荷** 兩個不同質料的物體，例如毛織物和琥珀互相摩擦後，能夠吸引紙片等某些輕的物體，處於這種狀態中的物體稱為帶電體，用以量度物體帶電程度的量稱為電荷或電量。實驗證明，物體所帶的電有兩種，而且只有兩種，我們稱這兩種電為正電和負電。帶同號電的物體互相排斥，帶異號電的物體互相吸引。

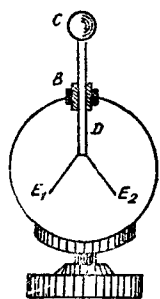


圖 3-1-1 驗電器。

由帶電體之間的相互作用力，我們就能夠確定物體帶電的程度，即確定物體所帶的電荷。一種最簡單的測量電荷的儀器稱為驗電器，構造如圖3-1-1所示。圖中C是一個金屬球，和金屬桿D相連結。把兩片極薄的金箔 $E_1$ 和 $E_2$ 裝在金屬桿D的下端，再用絕緣體B把金屬桿固定在一隻金屬盒子裏。當帶電體和金屬球C接觸時，就有一部分電荷傳到兩片金箔上，它們就因為帶了同號電，互相排斥而分離。這樣，就可以確定

物体是否帶電，並且可以从金箔張開的角度的大小，來判斷帶電體所帶電荷的多寡。

如果在驗電器上裝置適當的標度，就可以較準確地測定物体所帶的電荷的數量，這種儀器稱為靜電計（圖 3-1-2）。

下述各種事實，可以幫助我們了解電荷的本質。當把負電荷逐漸地加到一個原來帶正電的物体上去時，物体所帶的正電荷先是逐漸減少，以後完全失去。祇有在完全失去了之後，這物体才開始帶負電。反過來一個原來帶負電的物体，也必須在負電荷逐漸減少以至完全失去之後，才能帶正電。由此可見，異號電荷可以互相中和。其他現象，如摩擦起電時，原來兩個不帶電的物体，經過摩擦後都帶了電，而且總是一個帶正電，另一個帶負電。在靜電感應中，正的感生電荷和負的感生電荷也總是同時產生的，而且它們在數量上也總是相等的。因此可以推想，在不帶電的物体中，也總有等量的正、負電荷同時存在，互相中和。使物体帶正電或負電，就是使物体所帶的正電或負電超過中和時的數量，這種超過中和數量的電荷稱為過剩電荷或淨電荷。從這些事實，我們可以總結出如下的定律：電荷既不能被創造，也不能被消滅，它們只能够從一個物体上轉移到另一個物体上，或者在一個已知物体內移動。這個原理叫做電荷守恒定律，是物理學中一條基本定律。

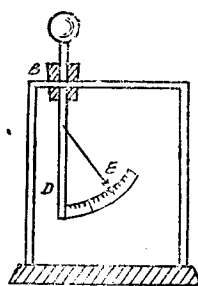


圖 3-1-2 靜電計。

任何帶電現象，都是兩種電荷的分离过程所形成的。當分离時，就需要用去某種形式的能量，以反抗異號電荷間的吸引力而作功，在分离过程中，這種能量轉變為電能。相反地，兩種電荷互相中和時，電能轉變為其他形式的能量。所以隨伴着物体的起電和中和过程，必定有電能和其他能量形式的轉換，這是符合於能量守恒和轉換定律的。

**導體和絕緣體** 實驗表明，一切物体可分為兩類：（1）傳電的物体

称为導體；(2)不傳電的物體称为非導體，也称为絕緣體或電介質。在現代，还再分出導電性微弱的一類，称为半導體。

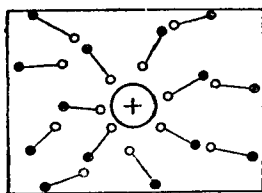
在導體中，又可分成第一類導體和第二類導體兩種。第一類導體的特性是：電荷在這類導體內移動時，並不引起導體化學性質的變化，也沒有任何顯著的質量遷移。金屬就是屬於這一類。在這類導體中，部分電子和原子核之間的引力很小，可以比較自由地在各個原子之間移動，這種電子称为自由電子。在中和狀態下，自由電子的負電荷和金屬結晶點陣上的正電荷相抵消。如果導體中，電子的數目超過中和時的數目，導體就帶負電，不足這個數目，就帶正電。自由電子是這類導體的導電機構。由於所有電子都相同，而且電子的質量比原子核小得很多，所以電子移動時，並不引起任何化學性質的變化，也沒有顯著的質量遷移。

第二類導體的特性是：電荷的移動和化學變化聯繫着。熔解了的鹽、鹽的溶液、酸和鹼都屬於這一類。在這類導體中，沒有自由電子，但有缺少電子或電子過多的原子或原子集團，這些帶電的原子或原子集團称为離子。離子是第二類導體的導電機構。因為各種離子的化學成分和質量都不同，所以移動時，就有化學變化發生，也有質量的遷移。

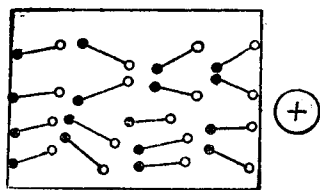
在電介質的分子中，電子和原子核之間的引力是很大的，這種引力使電子不能夠自動地離開原子核。如果電介質的某一部分，由於外界作用，獲得電子，它們就被這部分的原子核吸引住，使電介質局部地帶了負電。如果電介質的某一部分，由於外界作用，失去了電子，則電介質上其他部分的電子也不能傳到這裏來補充，這樣，電介質就局部地帶了正電。

電介質分子中的電子雖然不能從電介質中某一部分經過宏觀的位移到另一部分去，但當外界的帶電體被引入電介質中時，每個電介質分子中的正負兩種電荷都要受到帶電體的作用，其中和帶電體同號的一種被排斥，異號的被吸引，因而在分子中產生微觀的相對位移。結果，

在緊靠着帶電体的电介質表面上,出現了和帶電体異号的过剩电荷,在电介質的外圍表面上,出現同号的过剩电荷(圖 3-1-3a)。如果把外界帶電体放在电介質的附近,那麼接近帶電体的一端出現異号的过剩电荷,另一端出現同号的过剩电荷(圖 3-1-3b)。这种現象叫做电介質的電極化。



(a)帶電体在电介質內部時



(b)帶電体在电介質附近時

圖 3-1-3 电介質的電極化情況示意圖。

電極化。出現的过剩电荷因为不能離開电介質分子作宏觀的位移,所以叫做束縛电荷。除束縛电荷外,导体中过剩的自由电子和离子的电荷,以及由於外界作用使部分电介質失去中性的电荷,都叫做自由电荷。

### § 3-1-2. 电荷間的相互作用——庫倫定律

#### 电介質的影响

1785 年,法國科學家庫倫,从實驗結果,總結出电荷間相互作用的基本規律,称为庫倫定律。实际上这定律包括着电荷的量度法則。

一般地說,兩個帶電体間的相互作用和它們的大小形狀以及周圍电介質的性質都有關係,情況很複雜。所以我們先討論最簡單的也是最基本的問題,即兩個點电荷在真空中的相互作用。

所謂點电荷是指那些帶電物体,它們的線度和它們之間的距離相比時,是小到可以略去的。

庫倫所用的儀器称为扭秤,構造大致如圖 3-1-4 所示。圖中  $S$  为