

高等学校教材

物 理 学

第 二 册

王 謨 显 改 编

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教材



物 理 学

第 二 册

王 謨 显 改 编

人 民 教 育 出 版 社



本书系浙江大学王謨显教授以1956年出版的高等工业学校物理学编写组所编物理学(初稿)为蓝本,按照1962年5月审訂的高等工业学校本科五年制各类专业适用的普通物理学教学大纲(試行草案)的要求进行改編的。

全书分三册:第一册包括緒論和力学的物理基础、机械振动与机械波、分子物理学和热力学基础三編,第二册为电学和磁学一編,第三册包括光学和近代物理学基础两編。

本书适用于高等工业学校本科各类专业供作普通物理学課程(230学时,其中讲課占120学时)的試用教科书;也可以作为綜合性大学、高等师范和农林等院校的参考教材。

本书曾經高等工业学校普通物理課程教材編审委员会徐亦庄、程守洙等編审委員审閱。

物 理 学

第 二 册

王 謨 显 改 編

北京市书刊出版业营业許可証出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

中华书局上海印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店經售

統一书号 K 13010·242 开本 850×1168 1/32 印张 7

字数 160,000 印数 475,001—495,000 定价 (6) 半 0.70

1956年2月新1版 1963年8月第2版

1964年4月上海第23次印刷

第二册 目录

第四編 电学和磁学

§ 4-0-1 电学和磁学在现代科学和工程技术上的重要性.....1	的普遍关系式.....51
§ 4-0-2 电学和磁学发展史簡述.....2	§ 4-2-6 电场的边界条件.....53
第一章 静电场.....6	§ 4-2-7 导体的电容.....54
§ 4-1-1 电荷 导体和电介质.....6	§ 4-2-8 电容器的电容.....57
§ 4-1-2 电荷间的相互作用——庫仑定律 电介质的影响.....9	§ 4-2-9 电容器的连接法.....61
§ 4-1-3 静电场 电场强度 电偶极子 电介质内的场强.....12	§ 4-2-10 电场的能量.....66
§ 4-1-4 电力线.....18	第三章 电流.....70
§ 4-1-5 电位移 电通量.....20	§ 4-3-1 传导电流和运流电流 电流强度和电流密度.....70
§ 4-1-6 奥斯特洛格拉斯基-高斯定理.....23	§ 4-3-2 一段电路的欧姆定律及其微分形式 导体的电阻.....73
§ 4-1-7 奥斯特洛格拉斯基-高斯定理的应用.....25	§ 4-3-3 电流的功和功率 楞次-焦耳定律及其微分形式.....76
§ 4-1-8 静电力所作的功.....30	§ 4-3-4 金属导电的古典电子理论.....78
§ 4-1-9 电荷在电场中的位能 电位.....32	§ 4-3-5 电动势 闭合电路和不均匀电路的欧姆定律.....81
§ 4-1-10 等位面.....35	§ 4-3-6 分支电路 基尔霍夫方程系.....84
§ 4-1-11 电场强度和电位的 • 关系.....37	§ 4-3-7 电子从金属表面逸出所需的功.....86
第二章 电场中的导体和电介质.....40	§ 4-3-8 接触电位差 电动势的起源.....87
§ 4-2-1 静电场中的导体.....40	§ 4-3-9 温差电现象.....90
§ 4-2-2 静电感应.....42	§ 4-3-10 热电子发射 真空中的电流 二极管.....92
§ 4-2-3 静电屏蔽.....44	§ 4-3-11 气体的导电性 气体的电离和离子的复合.....94
§ 4-2-4 静电场中的电介质 电极化现象.....45	§ 4-3-12 通常压强下气体中
§ 4-2-5 矢量 D, E, P 之間	

的电流.....96	§ 4-6-1 电磁感应现象.....149
§ 4-3-13 稀疏气体中的电流	§ 4-6-2 楞次定律和法拉第
辉光放电.....100	电磁感应定律.....151
第四章 电流的磁场.....103	§ 4-6-3 电磁感应现象和能
§ 4-4-1 基本磁现象 中国	量守恒与转换定律
发现磁.....103	的关系.....156
§ 4-4-2 平行直电流间的相	§ 4-6-4 电磁感应现象和电
互作用力 电磁系	子理论的关系.....157
单位.....105	§ 4-6-5 在磁场中转动的线
§ 4-4-3 磁场 磁感应强度.....107	圈中的电动势和电流 161
§ 4-4-4 磁力线 磁通量.....110	§ 4-6-6 涡流.....163
§ 4-4-5 电流元的磁感应强	§ 4-6-7 自感现象.....164
度 毕奥-沙伐-拉	§ 4-6-8 互感现象.....168
普拉斯定律.....113	§ 4-6-9 磁场的能量.....171
§ 4-4-6 毕奥-沙伐-拉普拉	第七章 物质的磁性.....174
斯定律的应用.....116	§ 4-7-1 物质的磁性 磁化
§ 4-4-7 磁场强度 安培环	强度.....174
路定律.....122	§ 4-7-2 矢量 B 、 H 和 J 之间
§ 4-4-8 运动电荷的磁场.....127	的普遍关系式.....177
第五章 磁场对电流的作	§ 4-7-3 磁场的边界条件.....181
用.....133	§ 4-7-4 铁磁性物质.....182
§ 4-5-1 磁场对载流导线的	§ 4-7-5 铁磁体的构造.....185
作用力——安培定律 133	第八章 电磁场的理论基
§ 4-5-2 均匀磁场作用在平	础和电磁波.....187
面载流线圈上的力	§ 4-8-1 位移电流.....187
矩.....135	§ 4-8-2 麦克斯韦理论中的
§ 4-5-3 载流导线间的相互	基本概念 电磁场.....189
作用力.....138	§ 4-8-3 麦克斯韦方程.....192
§ 4-5-4 磁力所作的功.....142	§ 4-8-4 电磁振荡 振荡电
§ 4-5-5 运动电荷在磁场中	路和振荡方程.....194
所受的力——洛伦	§ 4-8-5 无阻尼自由振荡.....195
兹力.....144	§ 4-8-6 阻尼振荡 受迫振荡 197
§ 4-5-6 带电粒子在电磁场	§ 4-8-7 电磁波的辐射及其
中的运动.....146	基本性质.....200
第六章 电磁感应.....149	§ 4-8-8 电磁波谱.....205
	附录 电磁量的单位制度.....207

第四編 电学和磁学

§ 4-0-1 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个范围很广泛的知識領域，是許多物理理論和工程技术的基础。我們已經熟知：电动机是生产和運輸中許多巨大机械的原动力，电灯和电炉是光和热的来源，电话、电报、无綫电、电视等是信号傳輸的最有效的工具。此外，在农业技术、医学治疗及科学研究等方面，也广泛地应用了电。

在我們的祖国，自从在中国共产党领导下建立人民政权以来，由于社会主义制度的优越性和发展国民經济的各个五年計劃的胜利执行，电力和电器制造工业正在迅速地发展中。

电的广泛应用是和电能的各种特性联系着的。第一，电能可以很容易地轉变为机械能、光能、化学能等其他形式的能量，所以利用电为能源，最为簡便。第二，电能可以在瞬息之間从发电的地方，經過很长的距离，傳送到另一地方去，功率大而且能量的散逸少，装备也比較簡單，这就为大生产提供了有利的条件。第三，电能可由电磁波的形式在空中傳播，能够在极短的时间內把信号傳送到遙远的地方，克服了空間遙远的困难。第四，电能便于远距离控制和自动控制，使工业自动化成为可能。因为电能具有这些优越的特性，所以它在近代技术上創造了許多“奇迹”。

电現象的研究，不仅在工程技术上起了巨大的作用，对人类認識物质世界來說，也有极重要的貢獻。物质之間相互作用的基本形式有万有引力、电性力、磁性力和原子核中粒子之間的原子核力等。在宏观宇宙中，特别是天体之間的相互作用主要是万有引力，但在构成物质的分子和原子等微观宇宙中，电性力和磁性力却

比万有引力要大得不可思議。因此，当我们研究现象的物理本质和物质构造的基本理論时，就必须了解电性力和磁性力，这就使电学在现代物理学中占着一个中心的位置。本书曾經提到过某些力学现象(固体和液体的弹性等)和热学现象(金属的热传导等)的物理本质需要电学知識去解釋，事实上，其他现象也是这样。在本书以后各編中，将进一步应用电学知識去理解物理现象的本质。

物理課程中的电学和磁学部分叙述电学和磁学的基本原理，任何高等工业学校的学生，必須学好电学課程，因为没有一个工程专业不和电的应用发生关系。

§ 4-0-2 电学和磁学发展史簡述

在现代，我們已經掌握了大量的电学和磁学知識，而且还在不断地发展着。这些知識是劳动人民和学者长期劳动的結果。这里，我們將按照发展过程中的特征，分作三个时期来叙述电学和磁学发展的概况。

第一个时期 这一时期从远古开始，直到十九世紀中叶。发展过程中的特征是积累事实，确立許多电现象的基本規律，但是还没有把这些事实和規律联系起来成为一个完整的知識系統。

紀元前七世紀，希腊哲学家們就描写过这样的现象：用布擦过的琥珀能够吸引輕的东西，如毛发、小紙片等。我国古籍中也有琥珀拾芥的記載。所以人类发现物体的带电现象是很早的，但进一步的发展，却很迟緩。直到1600年左右，英国医生吉伯(Gilbert)又发现：玻璃、硫黃、松香等也具有与琥珀同样的性质，就是把它們摩擦过以后，它們能够吸引輕的物体。他把处于这种状态中的物体称为电化了的或带了电的物体。

此后，人們逐漸地知道了物体可以分成两类，一类是能够傳电的导体，例如金属，另一类是不能傳电的絕緣体，例如上述琥珀、玻

璃等。事实上,任何两个不同质料的物体互相摩擦后,都能带电,但因絕緣体不能傳电,所以容易显出带电現象。人們又从实验确定了电只有两种:当毛皮和玻璃互相摩擦后,就分別地帶了不同性质的电,凡和玻璃在这情况下所带的性质相同的电称为正电,和毛皮在这情况下所带的性质相同的电称为負电。两个带同号电的物体互相排斥,带异号电的物体互相吸引。

科学家罗蒙諾索夫曾經做过大量的电学研究工作。他創立了大气中电的产生的理論(根据这理論,空中的电是空气中的微粒随着气流运动时互相摩擦而产生的),指出了制造避雷針的原理。他并且最早提出北极光的电磁性质的想法,发展了并保卫了世界的物质性的学說,特别是电的物质性的学說。

从定量方面來說,庫倫(Coulomb)在1785年首先从实验确定了电荷間的相互作用力,根据这个定律,电荷的概念就有了定量的意义。“磁荷”(实际上是不存在的)間相互作用的定律也是庫倫确定的。現在,我們称这两条定律为庫倫定律,而电的庫倫定律則是靜电学的基础。

磁現象和电現象一样,也早在远古时期就被发现,中国人民是天然磁铁的最早发现者。人們一直认为磁現象和电現象是互相独立的。1819年,奥斯忒(Oersted)从实验发现了电流对磁針的力的作用就开始了电学理論的新頁。1820年,安培(Ampère)确定了通有电流的螺綫管的作用与磁铁相似。他并且认为永磁铁的磁性也是由于磁体中某种元电流所产生的,这就指出了磁現象的本质問題。这种想法是和现代的观点相符合的。根据现代观点,永磁铁中的元电流就是原子中电子繞自轉軸旋轉以及电子繞原子核的运动。这样,磁現象就建立在电現象的基础上了。在这个时期內,由于生产需要的推动,电学研究工作发展得很快。除上述安培等人外,欧姆(Ohm)、毕奥(Biot)、沙伐(Savart)和法拉第(Faraday)等人

都有不少发现。

法拉第对于电学研究有特殊贡献。他在1831年发现的电磁感应现象,是电工学的主要基础,也是整个电学理论的主要基础之一。他在1834年发现的电解现象是引向物质的电结构理论的第一步,也是电化学的基础。法拉第在研究中的主导思想是,电荷和电流周围的空間是物理上的实在东西,称为电场和磁场。电荷間和电流間的相互作用是通过电场和磁场的作用,不是直接的“超距作用”。电场和磁场能够相互影响,是统一的电磁场的两个方面。这些思想,对于以后电学理论的发展,具有极重要的指导作用。

俄国院士楞次(Э. X. Ленц)的研究工作也是属于这一时期的。楞次的主要研究是关于电磁学方面的,他发现了电磁感应中有关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时确定了电流热效应的定律,叫做楞次-焦耳定律。

第二个时期 在十九世纪的后半期,麦克斯韦在前人和自己发现(位移电流)的基础上,建立了系统严密的电磁场理论(现在称为古典电磁理论),这是物理学中一个很大的进步。这个理论发展了法拉第的思想,并用数学的形式揭露了电场和磁场的联系以及它们所服从的规律(麦克斯韦方程)。

从麦克斯韦理论推出的主要结果之一是:一切电磁场变化的传播不是瞬时的,而是以有限速度进行的。根据麦克斯韦方程,这个速度是一个电学和磁学的量,可用电磁方法测定,所得结果,和用光学方法测定的光速完全符合。麦克斯韦根据这事实建立了光的电磁理论。就是说,光也是一种电磁场变化的传播过程。这种电磁场变化的传播过程统称为电磁波。1887年,赫兹(Hertz)用电磁振荡器产生了电磁波,并证明它的性质和光一样。这样,麦克斯韦的理论就获得了实验的证明,而光学和电学也从此奠定了统一的基础。

麦克斯韦的理論,是近代电工学和无綫电学的基础,但还没有接触到电磁现象和物质結構的关系。

第三个时期 这一时期的主要特征是把电磁现象和物质結構直接地联系起来,建立起物质的电結構理論。法拉第的电解定律,已經指出了电和物质結構的联系和电的不連續性。从十九世紀末叶起,許多实验,如真空中的电流、阴极射綫、热电子发射、光电效应、放射性物质的放射綫等等,直接地证明了物质的电結構和电荷的原子性,为现代电学理論建树了基础。下面,我們將非常简单地介紹一下物质的电結構理論。

电是每个原子的組成部分,任何化学元素的原子,都含有一个带正电的原子核,和若干个在原子核周圍运动着的带負电的电子。整个原子的半徑的数量級为 10^{-8} [厘米], 原子核半徑的数量級为 10^{-13} [厘米], 所以原子核要比原子小得很多。据測定,电子的电量为 4.80×10^{-10} [静电系电荷单位], 质量为 9.11×10^{-28} [克], 半徑数量級为 2.8×10^{-13} [厘米]。原子核中含有质子和中子, 质子带有正电, 电量和电子相等, 中子不带电, 质子和中子的质量均約为电子的 1840 倍。原子核內质子的数目就是元素周期表中的原子序数。

在正常状态下, 原子核外圍电子的数目, 等于原子核內质子的数目, 所以原子呈現中性。原子核和外圍电子間的相互作用力随物质的不同而有强弱。如果原子或分子由于外来原因, 失去了一个或若干个电子后, 就成为带正电的正离子。反之, 如果原子或分子从外界吸收了一个或若干个电子, 就成为带負电的負离子。以上所說物质的电結構理論, 能够說明静电感应、极化、导电性、物质的磁性等等許多电现象和磁现象。

第一章 靜電場

本章和下章所討論的內容都屬於靜電學範圍。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。

§ 4-1-1 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，這兩種電稱為正電和負電。帶同號電的物體互相排斥，帶異號電的物體互相吸引。

由帶電體之間的相互作用力，就能夠確定物體帶電的程度，即

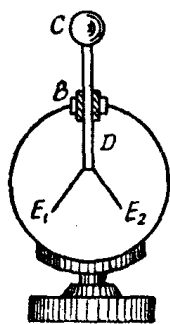


圖 4-1-1 驗電器

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 4-1-1 所示。圖中 C 是一個金屬球，和金屬杆 D 相連結。把兩片極薄的金箔 E_1 和 E_2 裝在金屬杆 D 的下端，再用絕緣體 B 把金屬杆固定在一隻金屬盒子里。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

分离。这样，就可以确定物体是否带电，并且可以从金箔张开的角度的大小，来判断带电体所带电荷的多寡。

如果在验电器上装置适当的标度，就可以较准确地测定物体所带的电荷的数量，这种仪器称为静电计（图 4-1-2）。

下述各种事实，可以帮助我们了解电荷的本质。当把负电荷逐渐地加到一个原来带正电的物体上去时，物体所带的正电荷先是逐渐减少，以后完全失去。只有在完全失去了之后，这物体才开始带负电。反过来一个原来带负电的物体，也必须在负电荷逐渐减少以至完全失去之后，才能带正电。由此可见，异号电荷可以互相中和。其他现象，如摩擦起电时，原来两个不带电的物体，经过摩擦后

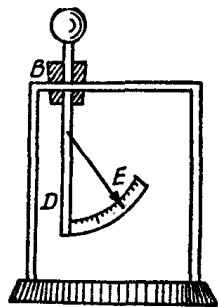


图 4-1-2 静电计

都带了电，而且总是一个带正电，另一个带负电。在静电感应中，正的感生电荷和负的感生电荷也总是同时产生的，而且它们在数量上也总是相等的。因此可以推想，在不带电的物体中，也总有等量的正、负电荷同时存在，互相中和。使物体带正电或负电，就是使物体所带的正电或负电超过中和时的数量，这种超过中和数量的电荷称为过剩电荷或净电荷。从这些事实，我们可以总结出如下的定律：电荷既不能被创造，也不能被消灭，它们只能从一个物体上转移到另一个物体上，或者在一已知物体内部移动。这个原理叫做电荷守恒定律，是物理学中一条基本定律。

任何带电现象，都是两种电荷的分离过程所形成的。分离时，需要用去某种形式的能量，以反抗异号电荷间的吸引力而作功，在分离过程中，这种能量转变为电能。相反地，两种电荷互相中和时，电能转变为其他形式的能量。所以随伴着物体的起电和中和过程，必定有电能和其他能量形式的转换，这是符合于能量守恒和

轉換定律的。

导体和电介质 实验表明,一切物体可分为两类:(1)傳电的物体称为导体; (2)不傳电的物体称为非导体,也称为絕緣体或电介质。在現代,还再分出导电性微弱的一类,称为半导体。

在导体中,又可分成第一类导体和第二类导体两种。第一类导体的特性是:电荷在这类导体內移动时,并不引起导体化学性质的变化,也沒有任何显著的质量迁移。金屬就是属于这一类。在这类导体中,部分电子和原子核之間的引力很小,可以比較自由地在各个原子之間移动,这种电子称为自由电子。在中和状态下,自由电子的負电荷和金屬結晶点陣上的正电荷相抵消。如果导体中,电子的数目超过中和时的数目,导体就帶負电,不足这个数目,就帶正电。自由电子是这类导体的导电机构。由于所有电子都相同,而且电子的质量比原子核小得很多,所以电子移动时,并不引起任何化学性质的变化,也沒有显著的质量迁移。

第二类导体的特性是:电荷的移动和化学变化联系着。熔解了的盐、盐的溶液、酸和鹼都属于这一类。在这类导体中,沒有自由电子,但有缺少电子或电子过多的原子或原子集团,这些带电的原子或原子集团称为离子。离子是第二类导体的导电机构。因为各种离子的化学成分和质量都不同,所以移动时,不仅有化学变化发生,也有质量的迁移。

在电介质的分子中,电子和原子核之間的引力是很大的,这种引力使电子不能够自动地离开原子核。如果电介质的某一部分,由于外界作用,获得电子,电子就被这部分的原子核吸引住,使电介质局部地帶了負电。如果电介质的某一部分,由于外界作用,失去了电子,則电介质上其他部分的电子也不能傳到这里来补充,这样,电介质就局部地帶了正电。

电介质分子中的电子虽然不能从电介质中某一部分經過宏观

的位移到另一部分去,但当外界的带电体被引入电介质中时,每个电介质分子中的正負两种电荷都要受到带电体的作用,其中和带电体同号的一种被排斥,异号的被吸引,因而在分子中产生微观的相对位移。結果,在紧靠着带电体的电介质表面上,出現了和带电体异号的过剩电荷,在电介质的外圍表面上,出現同号的过剩电荷(图 4-1-3a)。如果把外界带电体放在电介质的附近,那么接近带电体的一端出現异号的过剩电荷,另一端出現同号的过剩电荷

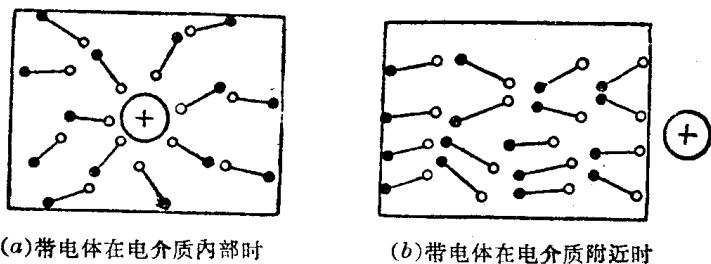


图 4-1-3 电介质的电极化情况示意图

(图 4-1-3b)。这种现象叫做电介质的电极化。出現的过剩电荷因为不能离开电介质分子作宏观的位移,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,以及由于外界作用使部分电介质失去中性的电荷,都叫做自由电荷。

§ 4-1-2 电荷間的相互作用——庫倫定律

电介质的影响

一般地說,两个带电体間的相互作用和它們的大小形状以及周圍电介质的性质都有关系,情况很复杂。所以我們先討論最简单的也是最基本的问题,即两个点电荷在真空中的相互作用。

所謂点电荷是指那些带电物体,它們的綫度和它們之間的距离相比时,是小到可以略去的。

1785 年,法国科学家庫倫,从实验总結出电荷間相互作用的

基本規律，称为庫倫定律。这定律可叙述如下：在真空中，两个点电荷 q_1 和 q_2 之間的相互作用力的方向沿着它們的联綫，作用力的大小和电荷 q_1 与 q_2 的乘积成正比，而和它們之間的距离 r 的平方成反比：

$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

式中 k 是比例系数，其值决定于式中各量的单位。

在靜电学中，凡是力学量的单位常采用厘米克秒制单位，并令上式中 $k=1$ ，使庫倫定律具有最簡單的形式：

$$f = \frac{q_1 q_2}{r^2}. \quad (4-1-1)$$

这就是說，在这种单位制中，当真空中两个相等的点电荷，相距为 1 [厘米] 时，如果相互作用力为 1 [达因]，則每一个点电荷規定为电荷的单位，这种单位叫做[靜电系电荷单位]。一般地說，由厘米克秒制单位和式(4-1-1)所規定的电荷单位所导出的单位，叫做厘米克秒制靜电系单位或简称靜电系单位。在这系单位中，电荷的量綱是

$$[q] = [f^{1/2}][r] = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}.$$

在工程中常用的米千克秒制电磁系单位(或简称实用系单位)中，电荷的单位称为[庫侖]，[庫侖]和[靜电系电荷单位]在数值上的轉換关系是

$$1 [\text{庫侖}] = 3 \times 10^9 [\text{靜电系电荷单位}].$$

庫侖定律是靜电学的基本定律，但在一般情况下，却不能任意地把两个带电体当作点电荷，直接地应用庫侖定律計算它們的相互作用力。实验证明，可将带电体看作是許多点电荷的集合，求出两个带电体上每一对点电荷之間的相互作用力，再求矢量和，就可得到两个带电体之間的相互作用力，这說明电力服从力的矢量和

法則。

电介质的影响 当带电体被引入电介质中时，电介质中每个分子中的正负电荷发生相对位移，其結果除了使电介质极化产生束縛电荷外，还要使电介质产生彈性形变，引起彈性力。所以位于电介质中的两个带电体(图 4-1-4 中的 A 和 B)，不但要受到它們自己所带的电荷間的相互作用力，还要受到电介质中束縛电荷的作用力和电介质的彈性力，情况是很复杂的。但在广大范围的具体需要中，只需要考虑下述简单的情况。

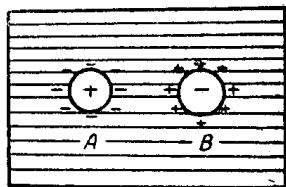


图 4-1-4 电介质的影响

在无限大的均匀电介质中，实验证明，两个距离为 r 的点电荷 q_1 和 q_2 之間的相互作用力 f 比它們在真空中同样距离时为小，可用下式表示之：

$$f = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}, \quad (4-1-2)$$

式中 ϵ 称为电介质的介电系数或电容率，在靜电系单位中是一个純数。因为点电荷在任何电介质中的相互作用力都比在真空中小，所以任何电介质的介电系数 ϵ 都大于 1。这一事实，可用束縛电荷来解释。因为产生在点电荷周圍的束縛电荷一定和点电荷异号，其效应相当于减少电荷，因而点电荷間的相互作用力就小些。式(4-1-2)称为电荷在无限大的均匀电介质中的庫倫定律。

[例題] 計算氫原子里电子和原子核間的靜电作用力与万有引力的比值。

[解] 氫原子中，电子和原子核間的距离为

$$r = 0.529 \times 10^{-8} [\text{厘米}],$$

电子和原子核所带的电荷之值为

$$q_1 = q_2 = 4.80 \times 10^{-10} [\text{靜电系电荷单位}],$$

电子的质量为

$$m = 9.11 \times 10^{-23} [\text{克}],$$

氫原子核的質量為

$$M = 1.67 \times 10^{-24} [\text{克}],$$

萬有引力恒量為

$$G = 6.67 \times 10^{-8} [\text{達因}][\text{厘米}]^2 [\text{克}]^{-2},$$

所以電子和原子核間的電力為

$$f_e = \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{(4.80 \times 10^{-10})^2}{(0.529 \times 10^{-8})^2} = 8.23 \times 10^{-3} [\text{達因}],$$

電子和原子核間的萬有引力為

$$\begin{aligned} f_m &= G \frac{mM}{r^2} = 6.67 \times 10^{-8} \times \frac{9.11 \times 10^{-28} \times 1.67 \times 10^{-24}}{(0.529 \times 10^{-8})^2} = \\ &= 3.63 \times 10^{-42} [\text{達因}], \end{aligned}$$

由此得電力和萬有引力的比值為

$$\frac{f_e}{f_m} = 2.27 \times 10^{39}.$$

由此可見，在一切化學元素的原子中，靜電力要比萬有引力大得不可思議，故維持原子穩定狀態的力不會是萬有引力，而且原子也不可能是靜力系統。

§ 4-1-3 靜電場 電場強度 電偶極子 電介质內的場強

電荷的周圍存在着一種特殊的物質，稱為電場。相對於觀察者為靜止的帶電物體的電場稱為靜電場。電場有兩種重要的表現：第一，位於電場中的任何帶電體都受到該處電場所施的力的作用；第二，帶電體在電場中移動時，電場所施的力作功，這表示電場具有能量。下面先根據第一種表現來研究靜電場的性質。

先看一個簡單的例子。設有點電荷 q 在真空中產生電場，另有一個試驗點電荷 q_0 ，位於場中某點 P ， P 點與點電荷 q 之間的距離為 r 。根據庫侖定律，試驗電荷 q_0 所受的力為

$$f = \frac{q}{r^2} q_0.$$