

7804879

高等学校教学参考书

物理学

第二册

王谟显改编



人民教育出版社

04
7913
2

7805879

高等学校教学参考书



物 理 学

第 二 册

王 谟 显 改 编



90006201

人 民 教 育 出 版 社

全书分三册，第一册包括力学、机械振动与机械波、分子物理和热力学，第二册为电磁学，第三册包括光学和近代物理。

本书系 1963 年改编版。为了满足学校教学急需，未经修改，予以重印，供高等工业学校各类专业普通物理学课程教学参考。

简装本说明

目前 850×1168 毫米规格纸张较少，本书暂以 787×1092 毫米规格纸张印刷，定价相应减少 20%。希鉴谅。

物 理 学

第二册

王 谟 显 改 编

人民教育出版社(北京沙滩后街)

上海中华印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13012·058 开本 787×1092 1/32 印张 7
字数 160,000 印数 550,001—650,000 定价 (6) ¥0.56

1956 年 2 月新 1 版 1963 年 8 月第 2 版

1977 年 12 月上海第 27 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
------------------------------	---

§ 4-0-2 电学和磁学发展史简述	2
--------------------	---

第一章 靜电场 6

§ 4-1-1 电荷 导体和电介质	6
-------------------	---

§ 4-1-2 电荷间的相互作用——库仑定律 电介质的影响	9
-------------------------------	---

§ 4-1-3 靜电场 电场强度 电偶极子 电介质内的场强	12
-------------------------------	----

§ 4-1-4 电力线	18
-------------	----

§ 4-1-5 电位移 电通量	20
-----------------	----

§ 4-1-6 奥斯特洛格拉斯基-高斯定理	23
-----------------------	----

§ 4-1-7 奥斯特洛格拉斯基-高斯定理的应用	25
--------------------------	----

§ 4-1-8 靜电场力所作的功	30
------------------	----

§ 4-1-9 电荷在电场中的位能 电位	32
----------------------	----

§ 4-1-10 等位面	35
--------------	----

§ 4-1-11 电场强度和电位的 关系	37
-------------------------	----

第二章 电场中的导体和电介质 40

§ 4-2-1 靜电场中的导体	40
-----------------	----

§ 4-2-2 靜电感应	42
--------------	----

§ 4-2-3 靜电屏蔽	44
--------------	----

§ 4-2-4 靜电场中的电介质 电极化现象	45
------------------------	----

§ 4-2-5 矢量 D 、 E 、 P 之间	
-------------------------------	--

的普遍关系式	51
--------	----

§ 4-2-6 电场的边界条件	53
-----------------	----

§ 4-2-7 导体的电容	54
---------------	----

§ 4-2-8 电容器的电容	57
----------------	----

§ 4-2-9 电容器的连接法	61
-----------------	----

§ 4-2-10 电场的能量	66
----------------	----

第三章 电流 70

§ 4-3-1 传导电流和运流电流 电流强度和电流密度	70
-----------------------------	----

§ 4-3-2 一段电路的欧姆定律及其微分形式 导体的电阻	73
-------------------------------	----

§ 4-3-3 电流的功和功率 楞次-焦耳定律及其微分形式	76
-------------------------------	----

§ 4-3-4 金属导电的古典电子理论	78
---------------------	----

§ 4-3-5 电动势 闭合电路和不均匀电路的欧姆定律	81
-----------------------------	----

§ 4-3-6 分支电路 基尔霍夫方程系	84
----------------------	----

§ 4-3-7 电子从金属表面逸出所需的功	86
-----------------------	----

§ 4-3-8 接触电位差 电动势的起源	87
----------------------	----

§ 4-3-9 温差电现象	90
---------------	----

§ 4-3-10 热电子发射 真空中的电流 二极管	92
---------------------------	----

§ 4-3-11 气体的导电性 气体的电离和离子的复合	94
-----------------------------	----

§ 4-3-12 通常压强下气体中	
-------------------	--

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

第四编 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识领域，是许多物理理论和工程技术的基础。我们已经熟知：电动机是生产和运输中许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、无线电、电视等是信号传输的最有效的工具。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。

在我们的祖国，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经济的各个五年计划的胜利执行，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，电能可以很容易地转变为机械能、光能、化学能等其他形式的能量，所以利用电为能源，最为简便。第二，电能可以在瞬息之间从发电的地方，经过很长的距离，传送到另一地方去，功率大而且能量的散逸少，装备也比较简单，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传播，能够在极短的时间内把信号传送到遥远的地方，克服了空间遥远的困难。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创造了许多“奇迹”。

电现象的研究，不仅在工程技术上起了巨大的作用，对人类认识物质世界来说，也有极重要的贡献。物质之间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间的原子核力等。在宏观宇宙中，特别是天体之间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议。因此,当我们研究现象的物理本质和物质构造的基本理论时,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。本书曾经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识去解释,事实上,其他现象也是这样。在本书以后各编中,将进一步应用电学知识去理解物理现象的本质。

物理课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,必须学好电学课程,因为没有工程专业不和电的应用发生关系。

§ 4-0-2 电学和磁学发展史简述

在现代,我们已经掌握了大量的电学和磁学知识,而且还在不断地发展着。这些知识是劳动人民和学者长期劳动的结果。这里,我们将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,直到十九世纪中叶。发展过程中的特征是积累事实,确立许多电现象的基本规律,但是还没有把这些事实和规律联系起来成为一个完整的知识系统。

纪元前七世纪,希腊哲学家们就描写过这样的现象:用布擦过的琥珀能够吸引轻的东西,如毛发、小纸片等。我国古籍中也有琥珀拾芥的纪载。所以人类发现物体的带电现象是很早的,但进一步的发展,却很迟缓。直到1600年左右,英国医生吉伯(Gilbert)又发现:玻璃、硫黄、松香等也具有与琥珀同样的性质,就是把它们摩擦过以后,它们能够吸引轻的物体。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,人们逐渐地知道了物体可以分成两类,一类是能够导电的导体,例如金属,另一类是不能导电的绝缘体,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,但因绝缘体不能传电,所以容易显出带电现象。人们又从实验确定了电只有两种:当毛皮和玻璃互相摩擦后,就分别地带了不同性质的电,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负电。两个带同号电的物体互相排斥,带异号电的物体互相吸引。

科学家罗蒙诺索夫曾经做过大量的电学研究工作。他创立了大气中电的产生的理论(根据这理论,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),指出了制造避雷针的原理。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说,特别是电的物质性的学说。

从定量方面来说,库仑(Coulomb)在 1785 年首先从实验确定了电荷间的相互作用力,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)间相互作用的定律也是库仑确定的。现在,我们称这两条定律为库仑定律,而电的库仑定律则是静电学的基础。

磁现象和电现象一样,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。人们一直认为磁现象和电现象是互相独立的。1819 年,奥斯忒(Oersted)从实验发现了电流对磁针的力的作用就开始了电学理论的新页。1820 年,安培(Ampère)确定了通有电流的螺线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,这就指出了磁现象的本质问题。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绕自转轴旋转以及电子绕原子核的运动。这样,磁现象就建立在电现象的基础上了。在这个时期内,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间是物理上的实在东西,称为电场和磁场。电荷间和电流间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。

麦克斯韦的理论,是近代电工学和无线电学的基础,但还没有接触到电磁现象和物质结构的关系。

第三个时期 这一时期的主要特征是把电磁现象和物质结构直接地联系起来,建立起物质的电结构理论。法拉第的电解定律,已经指出了电和物质结构的联系和电的不连续性。从十九世纪末叶起,许多实验,如真空中的电流、阴极射线、热电子发射、光电效应、放射性物质的放射线等等,直接地证明了物质的电结构和电荷的原子性,为现代电学理论建树了基础。下面,我们将非常简单地介绍一下物质的电结构理论。

电是每个原子的组成部分,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围运动着的带负电的电子。整个原子的半径的数量级为 10^{-8} [厘米],原子核半径的数量级为 10^{-13} [厘米],所以原子核要比原子小得很多。据测定,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],半径数量级为 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约为电子的 1840 倍。原子核内质子的数目就是元素周期表中的原子序数。

在正常状态下,原子核外围电子的数目,等于原子核内质子的数目,所以原子呈现中性。原子核和外围电子间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,就成为带负电的负离子。以上所说物质的电结构理论,能够说明静电感应、极化、导电性、物质的磁性等等许多电现象和磁现象。

第一章 靜电场

本章和下章所讨论的内容都属于靜电学范围。靜电学主要研究靜止电荷所产生的靜电场, 和带电体在靜电场中的受力情形及其平衡条件。本章的主要内容是说明靜电场的特性。我们先说明库仑定律, 然后引入电场强度、电位移、电位等概念。根据电场对电荷施力而规定的电场强度, 和根据电荷在电场中移动时电场力所作的功而规定的电位, 是描写电场特性的两个重要概念。为了进一步了解电场的性质而引入的电位移概念, 也有重要的意义。

§ 4-1-1 电荷 导体和电介质

电荷 两个不同质料的物体, 例如毛织物和琥珀互相摩擦后, 能够吸引纸片等某些轻的物体, 处于这种状态中的物体称为带电体, 用以量度物体带电程度的量称为电荷或电量。实验证明, 物体所带的电有两种, 而且只有两种, 这两种电称为正电和负电。带同号电的物体互相排斥, 带异号电的物体互相吸引。

由带电体之间的相互作用力, 就能够确定物体带电的程度, 即

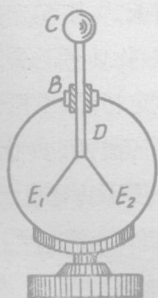


图 4-1-1 验电器

确定物体所带的电荷。一种最简单的测量电荷的仪器称为验电器, 构造如图 4-1-1 所示。图中 C 是一个金属球, 和金属杆 D 相联结。把两片极薄的金箔 E_1 和 E_2 装在金属杆 D 的下端, 再用绝缘体 B 把金属杆固定在一块金属盒子里。当带电体和金属球 C 接触时, 就有一部分电荷传到两片金箔上, 它们就因为带了同号电, 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

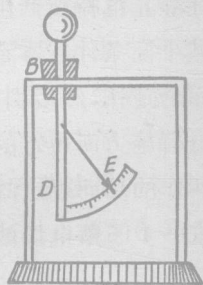


图 4-1-2 静电计

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，它们只能够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做功，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

转换定律的。

导体和电介质 实验表明,一切物体可分为两类:(1)导电的物体称为导体; (2)不导电的物体称为非导体,也称为绝缘体或电介质。在现代,还再分出导电性微弱的一类,称为半导体。

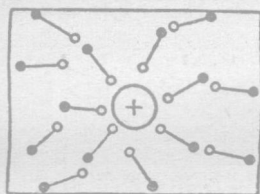
在导体中,又可分成第一类导体和第二类导体两种。第一类导体的特性是:电荷在这类导体内移动时,并不引起导体化学性质的变化,也没有任何显著的质量迁移。金属就是属于这一类。在这类导体中,部分电子和原子核之间的引力很小,可以比较自由地在各个原子之间移动,这种电子称为自由电子。在中和状态下,自由电子的负电荷和金属结晶点阵上的正电荷相抵消。如果导体中,电子的数目超过中和时的数目,导体就带负电,不足这个数目,就带正电。自由电子是这类导体的导电机构。由于所有电子都相同,而且电子的质量比原子核小得很多,所以电子移动时,并不引起任何化学性质的变化,也没有显著的质量迁移。

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、酸和硷都属于这一类。在这类导体中,没有自由电子,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。

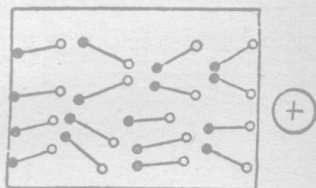
在电介质的分子中,电子和原子核之间的引力是很大的,这种引力使电子不能够自动地离开原子核。如果电介质的某一部分,由于外界作用,获得电子,电子就被这部分的原子核吸引住,使电介质局部地带了负电。如果电介质的某一部分,由于外界作用,失去了电子,则电介质上其他部分的电子也不能传到这里来补充,这样,电介质就局部地带了正电。

电介质分子中的电子虽然不能从电介质中某一部分经过宏观

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负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。结果,在紧靠着带电体的电介质表面上,出现了和带电体异号的过剩电荷,在电介质的外围表面上,出现同号的过剩电荷(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现异号的过剩电荷,另一端出现同号的过剩电荷



(a) 带电体在电介质内部时



(b) 带电体在电介质附近时

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。出现的过剩电荷因为不能离开电介质分子作宏观的位移,所以叫做束缚电荷。除束缚电荷外,导体中过剩的自由电子和离子的电荷,以及由于外界作用从部分电介质中脱离出来的电荷,都叫做自由电荷。

§ 4-1-2 电荷间的相互作用——库仑定律

电介质的影响

一般地说,两个带电体间的相互作用和它们的大小形状以及周围电介质的性质都有关系,情况很复杂。所以我们先讨论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。

所谓点电荷是指那些带电物体,它们的线度和它们之间的距离相比时,是小到可以略去的。

1785 年,法国科学家库仑,从实验总结出电荷间相互作用的

基本规律,称为库仑定律。这定律可叙述如下:在真空中,两个点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互作用力的方向沿着它们的联线,作用力的大小和电荷 q_1 与 q_2 的乘积成正比,而和它们之间的距离 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。

在静电学中,凡是力学量的单位常采用厘米克秒制单位,并令上式中 $k=1$,使库仑定律具有最简单的形式:

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

这就是说,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],则每一个点电荷规定为电荷的单位,这种单位叫做[静电系电荷单位]。一般地说,由厘米克秒制单位和式(4-1-1)所规定的电荷单位所导出的单位,叫做厘米克秒制静电系单位或简称静电系单位。在这系单位中,电荷的量纲是

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

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[库仑],[库仑]和[静电系电荷单位]在数值上的转换关系是

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

库仑定律是静电学的基本定律,但在一般情况下,却不能任意地把两个带电体当作点电荷,直接地应用库仑定律计算它们的相互作用力。实验证明,可将带电体看作是许多点电荷的集合,求出两个带电体上每一对点电荷之间的相互作用力,再求矢量和,就可得到两个带电体之间的相互作用力,这说明电力服从力的矢量和

法则。

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, 其结果除了使电介质极化产生束缚电荷外, 还要使电介质产生弹性形变, 引起弹性力。所以位于电介质中的两个带电体(图 4-1-4 中的 A 和 B), 不但要受到它们自己所带的电荷间的相互作用力, 还要受到电介质中束缚电荷的作用力和电介质的弹性力, 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。

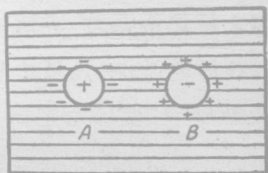


图 4-1-4 电介质的影响

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 之间的相互作用力 f 比它们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, 在静电系单位中是一个纯数。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, 可用束缚电荷来解释。因为产生在点电荷周围的束缚电荷一定和点电荷异号, 其效应相当于减少电荷, 因而点电荷间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库仑定律。

[例题] 计算氢原子中电子和原子核间的静电作用力与万有引力的比值。

[解] 氢原子中, 电子和原子核间的距离为

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

电子和原子核所带的电荷之值为

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

电子的质量为

$$m = 9.11 \times 10^{-28} [\text{克}],$$

氢原子核的质量为

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

万有引力恒量为

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

所以电子和原子核间的电力为

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

电子和原子核间的万有引力为

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

由此得电力和万有引力的比值为

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

由此可见,在一切化学元素的原子中,静电力要比万有引力大得不可思议,故维持原子稳定状态的力不会是万有引力,而且原子也不可能是静力系统。

§ 4-1-3 靜电场 电场强度 电偶极子 电介质内的场强

电荷的周围存在着一种特殊的物质,称为电场。相对于观察者为靜止的带电物体的电场称为靜电场。电场有两种重要的表现:第一,位于电场中的任何带电体都受到该处电场所施的力的作用;第二,带电体在电场中移动时,电场所施的力做功,这表示电场具有能量。下面先根据第一种表现来研究靜电场的性质。

先看一个简单的例子。设有点电荷 q 在真空中产生电场,另有一个试验点电荷 q_0 , 位于场中某点 P , P 点与点电荷 q 之间的距离为 r 。根据库仑定律,试验电荷 q_0 所受的力为

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