

序

本书是以1958年編者和几位青年教师在武汉大学編写的电学讲义为基础,經过逐年删改而成。现在看来,本书已接近1962年教育部委托北京大学所拟訂的大綱草案的内容。我們认为可以不讲授而仅留供同学参考的材料,在书中用小字印刷,以示区别。当然,本书还有不少次要的材料,采用本书的教师可以斟酌具体情况进行适当的精簡。

本书分上、下两册。上册内容为靜电场、电介质、恒定电流、固体中电子現象、电解质及气体导电等,分为六章;下册内容为电流的磁场、带电质点在电场和磁场中的运动、磁介质、电磁感应、交流电及电磁波等,也分为六章。全书除緒論外共十二章。

我們用的主要参考书如下:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. 江苏师范学院物理系編委会: | 电磁学讲义 |
| 2. 福里斯与季莫列娃: | 普通物理学第二卷 |
| 3. С. Г. Калашников: | Электричество |
| 4. 史特拉烏夫: | 电与磁 |
| 5. 塔姆: | 电学原理 |
| 6. Page and Adams: | Principles of Electricity |

本书是在武大物理系党組織和系行政领导的鼓励和支持下写成的。在历次編写过程中,蕭景明、李鴻儀、陶經緯、王熾崙、李琪、石展之等同志写了部分章节的初稿。最近一次修改时,承系內戴春洲先生等几位老教师分章审閱,定稿前又承教育部教材編审委员会和审查人提出了很多宝贵的意見。編者謹向上述所有的同志致以衷心的感謝!

編者学識淺陋、水平有限,本书出版前虽經一些同志审閱,可能仍有不少的錯誤和缺点,希望采用本书的教师和同学不吝指正,以便再版时修改。

梁百先

1964年9月于珞珈山。

YD

目 录

序.....	1
緒論.....	2

第一篇 靜电学

第一章 真空中靜电現象 靜电場基本規律.....	9
§ 1.1 电荷 摩擦带电和感应带电.....	9
§ 1.2 物质的电结构 导体和絕緣体.....	11
§ 1.3 庫倫的扭秤实验 庫侖定律.....	14
§ 1.4 电量的靜电单位和实用单位 靜电单位制.....	19
§ 1.5 靜电場 場的叠加.....	21
§ 1.6 电場强度及場强叠加原理.....	23
§ 1.7 电力綫与电通量.....	30
§ 1.8 奥-高定理.....	34
§ 1.9 奥-高定理的应用.....	38
§ 1.10 靜电場力所作的功.....	44
§ 1.11 电荷在靜电場中的势能 电势差与电势.....	47
§ 1.12 各种电荷分布的場的电势.....	51
§ 1.13 等势面.....	54
§ 1.14 电势与場强之间的关系 电势梯度.....	58
§ 1.15 奥-高定理的微分形式 泊松方程及拉普拉斯方程.....	62
§ 1.16 真空中靜电場的特征.....	64
习题.....	65
第二章 靜电場中的导体 电場能量.....	68
§ 2.1 导体达到靜电平衡状态的条件 靜电平衡时导体的电势.....	68
§ 2.2 导体上电荷的分布 庫侖定律的精确验证.....	69
§ 2.3 靜电感应 靜电屏蔽.....	73
§ 2.4 导体表面附近的場强和張力 面电荷密度与曲率的关系.....	76

§ 2.5 导体在静电场中性质的应用 静电起电机	82
§ 2.6 导体的电容	85
§ 2.7 电容器	87
§ 2.8 各种形状电容器电容的计算	90
§ 2.9 电容器的联结	93
§ 2.10 固定电容器和可变电容器	97
§ 2.11 电荷的相互作用能 电场的能量	98
§ 2.12 静电场中的力和力矩	106
§ 2.13 静电计	110
习题	114
第三章 电介质	118
§ 3.1 电介质的极化	118
§ 3.2 极化强度 体极化电荷及面极化电荷	122
§ 3.3 有均匀电介质存在时电容器内的场强	126
§ 3.4 关于电介质中场强进一步的讨论	130
§ 3.5 电位移矢量 介质中的奥-高定理	132
§ 3.6 电介质中的边界条件 电位移线的折射	135
§ 3.7 测定 E 和 D 的理想实验	138
§ 3.8 介质中电场的能量	140
§ 3.9 电介质中的力	143
§ 3.10 分子的电极化率 介电常数与密度和温度的关系	147
§ 3.11 分子的电矩与分子结构 各态物质的介电常数	149
§ 3.12 铁电体及其用途	152
§ 3.13 压电效应及其应用	155
§ 3.14 逆压电效应及其应用	157
习题	159

第二篇 恒定电流(直流电)

第四章 恒定电流的基本定律	161
§ 4.1 电流和它的各种效应 电动势	161
§ 4.2 电流强度 电流密度矢量	163
§ 4.3 电流连续性方程 基尔霍夫第一定律	167
§ 4.4 有恒定电流时的电场分布	169
§ 4.5 欧姆定律 电阻及电阻率	171
§ 4.6 电阻率与温度的关系 超导电性	175

§ 4.7 电阻的串联和并联 电阻箱和可变电阻	178
§ 4.8 楞次-焦耳定律及其应用	185
§ 4.9 闭合的直流电路 闭合电路内能量的转换	188
§ 4.10 一段不均匀电路的欧姆定律 基尔霍夫第二定律	193
§ 4.11 基尔霍夫定律的应用	197
§ 4.12 电阻的测量 直流电桥	201
§ 4.13 电动势或电势差的补偿法测量 电势计	205
§ 4.14 电容器的充电与放电	207
习题	209
第五章 固体导电机理及固体中电子现象	215
§ 5.1 金属的经典电子论和导电机理	215
§ 5.2 从电子论的观点研究欧姆定律和楞次-焦耳定律	220
§ 5.3 经典金属电子论的局限性	225
§ 5.4 固体导电能带理论的基本概念	227
§ 5.5 金属中电子的逸出功	233
§ 5.6 接触电现象及接触电势差	235
§ 5.7 产生接触电势差的两种原因	237
§ 5.8 关于接触电势差的几点讨论	241
§ 5.9 温差电现象及温差电动势	244
§ 5.10 温差电动势的理论	249
§ 5.11 有关温差电动势的几个定理	254
§ 5.12 温差电偶的应用	257
§ 5.13 半导体的导电类型和基本性质	260
§ 5.14 p - n 结 半导体整流器	265
§ 5.15 灼热导体的电子发射 真空二极管	268
习题	274
第六章 电解质导电和气体导电	276
§ 6.1 离解与电解导电	276
§ 6.2 法拉第电解定律	281
§ 6.3 离子的迁移率及电解质的电导率	284
§ 6.4 电解在技术上的应用	287
§ 6.5 电极的极化 伽伐尼电池电动势的产生	289
§ 6.6 原电池及蓄电池	293
§ 6.7 气体的被激导电	298
§ 6.8 碰撞电离 电离电势	303
§ 6.9 自激导电	306

§ 6.10 辉光放电及其应用.....	309
§ 6.11 阴极射线和阳极射线.....	313
§ 6.12 弧光放电及其应用.....	315
§ 6.13 火花放电 电晕放电.....	318
习题.....	320

序

本书是以1958年編者和几位青年教师在武汉大学編写的电学讲义为基础,經过逐年删改而成。现在看来,本书已接近1962年教育部委托北京大学所拟訂的大綱草案的内容。我們认为可以不讲授而仅留供同学参考的材料,在书中用小字印刷,以示区别。当然,本书还有不少次要的材料,采用本书的教师可以斟酌具体情况进行适当的精簡。

本书分上、下两册。上册内容为靜电场、电介质、恒定电流、固体中电子現象、电解质及气体导电等,分为六章;下册内容为电流的磁场、带电质点在电场和磁场中的运动、磁介质、电磁感应、交流电及电磁波等,也分为六章。全书除緒論外共十二章。

我們用的主要参考书如下:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1. 江苏师范学院物理系編委会: | 电磁学讲义 |
| 2. 福里斯与季莫列娃: | 普通物理学第二卷 |
| 3. С. Г. Калашников: | Электричество |
| 4. 史特拉烏夫: | 电与磁 |
| 5. 塔姆: | 电学原理 |
| 6. Page and Adams: | Principles of Electricity |

本书是在武大物理系党組織和系行政领导的鼓励和支持下写成的。在历次編写过程中,蕭景明、李鴻儀、陶經緯、王熾崙、李琪、石展之等同志写了部分章节的初稿。最近一次修改时,承系內戴春洲先生等几位老教师分章审閱,定稿前又承教育部教材編审委员会和审查人提出了很多宝贵的意見。編者謹向上述所有的同志致以衷心的感謝!

編者学識淺陋、水平有限,本书出版前虽經一些同志审閱,可能仍有不少的錯誤和缺点,希望采用本书的教师和同学不吝指正,以便再版时修改。

梁百先

1964年9月于珞珈山。

緒 論

§ 0.1 电在社会主义建設中的作用

大家都熟悉列宁同志的一句名言：“共产主义就是苏維埃政权加上全国电气化”。这是因为实现共产主义的必要条件之一，即社会物质财富的极大提高，必須要求工农业生产的高度发展；这就需要生产过程高度机械化和自动化，而电正是轉运巨大机械的主要动力和操纵复杂控制机构的工具。此外如交通运输、国防建設、文化生活、医疗技术以及科学研究等无一不需要电。

电之所以能在社会主义建設中起重大的作用，是由于它具有以下各項特点。第一：电能很容易轉化为机械能、化学能、热能、光能和其它形式的能，因此利用电作能源就非常方便。第二：电能几乎可以瞬时地由发电站傳輸到距离較远的地点，傳輸設備简单，而且效率高（如交流电用变压器傳輸），因此电力生产可以集中。第三：电能又可以电磁波的形式傳播，能在极短的时间內将各种信号傳遞到遙远的地方，为通訊事业克服了空間上的困难。第四：电測量仪表及調节仪器的灵敏度很高，适于工业生产及科学研究工作中的精密測量和自动控制。掌握电能这些特性的基本規律，从而初步知道如何在實踐中利用这些特性，也就是我們学习电学这门課程的主要目的之一。

我国自解放以来，党領導全国人民建設社会主义，在电事业方面已取得了輝煌成就。祖国丰富的水力和火力发电資源，正在日益发輝作用。电器工业的技术水平大大进步，高压、超高压輸电网亦相继建設。至于无綫电事业方面，解放前仅有二、三大城市可以

用国外进口的材料制造收音机，現在复杂灵敏的无线电元件、电子管及电子学仪器等都已能自己制造。

从以上的对比，可見我国电事业的发展速度如何巨大；今后在三面紅旗的光輝照耀之下，我們相信它将以更快的步伐前进，在国家的四个現代化任务中發揮它日益增长的作用。

§ 0.2 电学发展簡史

在学习本課程之前略述电学发展簡史，使我們認識人类过去怎样积累和利用这方面的知識并加以概括，对我們以后的学习是有启发意义的。我們現在掌握的大量电学知識，都是几千年来劳动人民和科学家在长期实践中研究出的結果。

电学的发展比力学、热学要晚，这是由于受到了当时生产力水平的制約，特別由于电学的研究須借助于較精密的仪器，需要准确的实验方法，而这些条件只有在生产力发展到一定水平之后，才能具备。

这里，我們將按照发展过程中的特征分作三个时期来叙述。

第一个时期：这一时期是从远古开始直到十九世紀中叶，特征是积累事实，确立了許多电現象的基本規律，但沒有把这些事实和規律联系起来概括成为系統的知識。甚至在这一时期的后期，社会生产力、生产技术还没有普遍应用电学的要求（那时西欧工业革命后需要的动力，蒸气机已能满足），因此电学不可能得到更大的发展。关于电的知識是从摩擦带电現象的发现而开始的，時間很早。在我国古书上就載有“琥珀拾芥”的事实，希腊的織布工人在紀元前七世紀也发现了摩擦带电的現象。1600年英国一位医生——威廉·吉伯发现毛皮或絲絹所擦过的一些物体具有吸引輕物的能力。十七世紀以后，人們才逐步認識到还有其它物体可以摩擦带电，物体有导电与絕緣的区别，电荷有正有負，同号相斥，异号相

吸。到了十八世紀中叶，俄国物理学家罗蒙諾索夫进行了关于雷电的實驗，并正确地解釋了雷电的形成与性质，提出避雷針的設計。萊頓瓶和驗电器的使用也是从那个时候开始的。到了十八世紀末(1785年)庫倫总结了前人关于靜电現象的研究，自己作了多次的實驗，确定了电荷間相互作用力与电荷距离的关系。这样就奠定了靜电学的基础。1789年，伽伐尼曾以青蛙肌肉的收縮进行實驗，到1792年伏特对这种現象进行解釋，认为是由于一种特殊的电的激发力，这种力发生于异类金屬接触处，并在里面引起“伽伐尼”电流。这样就发现了伽伐尼電池和电荷的运动——电流。

靜磁現象的发现也很早，我国人民就是天然磁铁的最早发现者。关于利用磁針定向并且应用到航海技术中的事实，在十一世紀末十二世紀初就有了可靠的記載，較西方早一百余年。关于磁极相互作用的庫倫定律在十八世紀末年已确立，但是磁現象和电現象在一个很长时期內仍然沒有联系起来。直到1820年奥斯特发现电流对磁針作用，才为电学理論开展新的一頁。通过奥斯特、欧姆、毕奥、薩伐尔和法拉第等人的研究，人們才認識到磁現象和电現象有联系，而安培根据螺綫管与磁棒两者磁性作用的相似，提出分子电流的假說，把磁現象统一到电現象之中，与近代原子結構观点正相符合。

劳动人民出身的法拉第，在这一时期結束时，对于电学研究作出了巨大的貢獻。他在电学的各个方面終身从事于實驗研究，发现了电磁感应現象，奠定了現代电工学的基础，又发现了电解定律，这是引向物质电結構研究的第一步，同时也是电化学的基础。他在理論上提出了电場，磁場的概念，这对于后来麦克斯韦等人的研究影响极大。

第二个时期：这一时期是从十九世紀的三十年代到十九世紀

末叶。它的特征是电磁作用在生产技术中已得到比較广泛的应用,如电动机、电镀、电弧照明等,推动了生产力的发展,反过来生产的发展又要求人們对电学的各个现象認識更深入,并加以总结概括,提高到系统的理論水平,这样产生了以麦克斯韦学說为代表的电磁理論(1860年左右)。

麦克斯韦在前人和自己发现(位移电流)的基础上,总结了电磁現象的規律,建立了系統严密的电磁場理論。(他的成就完全是由实际出发的,他本人同时也是一位实验物理学家。)这个理論发展了法拉第的思想,把电场与磁场的联系完全揭露,并把这两种場所遵从的定律用数学形式表示出来(麦克斯韦方程)。

由麦克斯韦理論得出的主要結果之一是:电磁場变化的傳播是以有限速度进行的。根据麦氏理論,这个速度可从电学和磁学的参量求出,而且可用电磁学实验方法測定,結果与光学方法測定的光速完全吻合。因此他提出光也是一种电磁場变化的傳播过程,并預言有电磁波的存在。1887—1889年赫茲作了振荡器实验,得到了电磁波,证明了它的性质和光一样。从此,光学与电学统一了,因而光学得到了新的发展。到1895年,波波夫首先用电磁波作为通訊的工具,奠定了近代无线电学的基础,說明从实践中得来的理論又能指导实践,使它向更高阶段发展。

可是麦氏理論只是現象的理論,沒有解决物体电磁性质的本质問題,沒有解决这些性质和分子与原子的微观結構的关系問題。

第三个时期:从十九世紀末叶起的这个时期,主要特征是把电磁現象和物质的微观結構直接地联系起来,建立起物质的电結構理論。

在这一时期,人們对电的本质的認識比过去任何时期都深入得多了。十九世紀末叶到二十世紀初人們进行了許多实验,正是这些实验創立了近代电子学、辐射学的基础,为生产技术带来了革

新。这些实验，如真空中的电流，阴极射线，热电子发射，光电效应，放射性物质的辐射等，都证明了物质的电结构和电的原子性。这样，电磁现象和物质结构就直接联系起来，人们建立起关于物质结构的新理论，得出了原子构造的初步描绘，从而指导了更多更新的实践。这一理论对于以前发现的许多电现象和磁现象，如静电感应、极化、导电性，及各种磁性等都能给予正确的或基本上正确的解释。

在这一时期还发现了狭义相对论，这个影响深远的理论否定了媒质以太的存在，阐明了电磁场的物质性和电磁场与时间空间的紧密联系。

二十世纪三十年代以后，人们对微观世界有更深刻的认识，量子论和波动力学的发展给经典电子论和经典场论以革新的面貌，因此这个时期也可说是第四个时期的开始。

在各个时期中唯物主义与唯心主义的斗争总是存在的，有时还很尖锐。如关于电荷或电流间的相互作用问题、场的本质问题、媒质以太问题等等，今后在讲授过程中将加以阐述。

在电学发展史中我国在古代及中世纪都有重大的贡献，特别是在磁学方面。但由于长期的封建统治和后来帝国主义及反动派的剥削压迫，科学技术停滞不前。解放后生产力得到迅速发展，电学范围的科学研究因而也朝气蓬勃，已经取得不少成就。今后在党的领导下，随着社会主义建设的不断进展，我国的电学科学一定能在不太长的时间内赶上世界的先进水平。

§ 0.3 学习电学的目的要求

我们学习电学的目的，除了在 § 0.1 中已经提到的是要掌握电磁现象最基本的规律，熟悉电能的各种特性，以便为生产实际服务外，还可借了解电磁现象的本质来深入认识我们周围的物质世

界。在学习力学和分子物理两部分时，我們已經初步認識了物质的机械运动和热运动的基本特性。电磁运动是物质更高級的运动形式，不可能归諸于机械运动，但又与其它形式的运动有密切的联系。特别是在微观世界中电磁运动起主要的作用，因此必須通过电学的学习才能进一步認識物质的結構。

本課程是普通物理学中的一部分，是有关电学的一門基础課程。在物理专业教学計劃中与本課程有密切关系的将有光学、原子物理、无綫电基础及电动力学等課程，特别是后两个。因此学习本課程时要求打好基础，掌握最基本的概念和定律，初步了解現象的本质，知道一些在生产技术中的应用，并通过习题課和实验課培养初步的独立工作能力，能使用基本的测量仪器及实验技术，以便为进一步学习作好准备。

§ 0.4 本課程的內容簡介

本課程拟分为下列各部分循序讲述，次序大致地与电学的历史发展的次序相符合。

第一篇：静电学 研究相对于观察者是静止电荷的場的特性和这种場与物质的相互作用。我們将从庫倫的实验定律和物质的电結構出发，討論有关静电場的基本概念、基本原理和静电場分别与导体及电介质的相互作用。

第二篇：恒定电流(直流电) 研究恒定电流的产生条件，恒定电流的場，和有关直流电路的基本定律如欧姆定律，基尔霍夫定律等。还要从經典电子論、能級能带概念和电离学說来討論金屬、半导体、电解质、气体等各类物质的导电机理和它們导电特性的应用。

第三篇：磁学 研究恒定电流的磁場和它与磁介质的相互作用。我們将从毕奥、薩伐尔、安培等人的实验定律出发，討論磁場的

特性和磁場对电流的作用,用分子电流和磁畴的学說闡明順磁体、反磁体和铁磁体的磁化机理。还要討論磁場对运动带电质点的作用。

第四篇: 电磁感应及交变电流 研究电磁感应現象及周期性变化的电流的特性,我們将从法拉第的實驗定律出发,討論随時間变化的磁場所感应的电場的性质,討論自感、互感和磁場的能量等性质。在电磁感应理論的基础上,我們將討論正弦交变电流的特性、有关交流电路的定律、使用这种电流的电机和变压器的基本原理等。

第五篇: 电磁振蕩与电磁波 研究迅变电磁場的基本特性和电磁場理論的基本內容。我們將从位移电流的概念出发,討論迅变电場和迅变磁場的相互作用,导出麦克斯韦方程組,闡明电磁場傳播的波动特征。最后为本課程作一总结。

第一篇 靜电学

第一章 真空中靜电現象 靜电場基本規律

§ 1.1 电荷 摩擦带电和感应带电

1. 电荷 靜电現象 处于一种特殊状态下的物体，譬如用絲綢擦过的玻璃棒，或用毛皮擦过的电木棒，都能够吸引輕微物件。凡具有这种性质的物体称为**带电体**。我們认为带电体上带有**电荷**，并且用**电量**这名词說明带电体上电荷的多少。按照一般习惯，有时也用**电荷**这名词代表微小的带电体，如带电质点。电荷有正負两种，人們称上述玻璃棒上带的电荷为正，电木棒上带的电荷为負；并且发现带同号电荷的带电体互相排斥，带异号电荷的带电体互相吸引。

当带电物体相对于我們是靜止的时候，研究这些物体周圍發生的現象和它們之間的相互作用是靜电学的任务。人們对靜电現象認識較早，从实验总结出来的定律和由此引伸得出的一些基本概念，是我們今后学习更复杂的电磁現象的基础，这些定律和基本概念是非常重要的，同时，靜电現象在生产实际中也早有广泛的应用，例如电容器、靜电屏蔽、靜电除尘等；而且随着工业技术的革新，更多的应用正在发展着。在科学研究中，例如用靜电发电机获得高电压、靜电加速器获得高速的带电粒子、靜电透鏡来聚焦电子束等，也是不胜枚举的。所以我們学习靜电学还具有很实际的意义。

2. 驗电器 带电体上的电量可用驗电器来測量。最简单的驗电器是箔驗电器，其构造如图 1.1-1 所示。把两片薄的金属箔 E_1

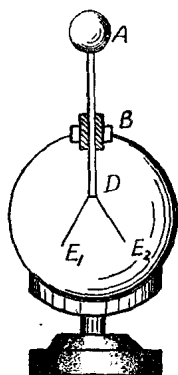


图 1.1-1

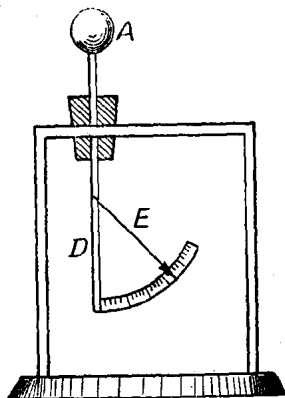


图 1.1-2

和 E_2 固定在金属杆 D 上, 用硬橡皮塞 B 把带着箔的金属杆装置在一个金属盒子里(金属盒子的作用将在 § 2.3 中指出), 盒子上有玻璃窗, 备观察金属箔用。如果使一带电体和金属杆上的小球 A 接触, 电荷传给杆, 则箔带电, 互相排斥而分开。借箔的分开程度可以判断带电体上所带电荷的多少。为了更准确地、定量地确定带电程度, 还可以将杆延长, 并用一薄金属片 E 代替两箔。在金属杆底端固定一个弧形刻度尺, 于是当带电体接触杆 D 上的小球 A 后, E 被排斥的程度可以从刻度尺上读出(图 1.1-2)。如果要使验电器恢复不带电的状态, 只要用手或用导线将金属杆与地接通就行了。

3. 电量守恒原理 借助于上述验电器, 我们可以进行一系列实验并观察到下述结果:

i. 使金属杆先带正电, 然后将带负电较强的物体和它接触, 观察到两箔逐渐合拢, 接着又彼此分开。这说明两种符号不同的电荷相遇时, 其数量相等的部分中和。

ii. 将丝绸与玻璃棒摩擦后分开, 以丝绸接触验电器, 发现它上面带有负电荷, 即与玻璃棒上所带的电荷符号相反, 且仔细的试

驗可以证明，两者电荷的数量相等。对于毛皮与硬橡皮棒互相摩擦，也得到相似的结果。

iii. 如果将一带电体 A 移近一个绝缘导体 BC (它是由两部分合拢组成的，见图 1.1-3)，则发现 BC 因感应而带电，靠近 A 的 B 端电荷与 A 上电荷异号，而 C

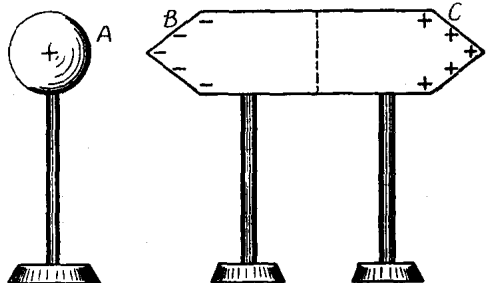


图 1.1-3

端则同号。撤走 A ， B 、 C 两端即刻恢复不带电的状态。如果在 A 尚未撤走时，即将 B 、 C 两部分分开，则发现 B 、 C 两部分各带异号但等量的电荷。

由以上的结果，我们可以得出下面的结论：第一，一切中性物体，即不带电的物体，都具有数量相等的两种电荷，尽管从宏观的效果上看来，好像没有带电。第二，不论是摩擦带电或是感应带电，只不过是将物体上的两种电荷分离；电荷既不能产生，也不能消灭，但可以从一个物体转移到另一个物体。这个原理叫做电量守恒原理。

§ 1.2 物质的电结构 导体和绝缘体

1. 物质的电结构 上节由实验得出的结论是与近代关于物质的电结构的观点相吻合的。十九世纪末叶，人们发现了电子，至今还可以确定它是最基本的负电荷。它具有完全确定的电量 e ，它的质量 m 约为氢原子的质量的 $\frac{1}{1840}$ ，即等于 9.106×10^{-28} 克。本世纪初，通过一系列的实验和理论工作，人们又形成了关于原子构造的概念。每个元素的原子有一个带正电的中心部分，称为原

子核；核上正电荷的电量是电子电量的整数倍。原子的质量几乎全部集中在原子核上。环绕着原子核，有许多电子（氢原子核周围只有一个电子，到最重的原子核周围有一百个以上的电子）沿着圆轨道或椭圆轨道运转。这些轨道直径的数量级为 10^{-8} 厘米，而各种元素原子核的直径，其数量级约为 10^{-13} 厘米。在每一个原子内，各个电子的电量总和与原子核上正电荷的电量相等，因此整个原子是中性的。就质量及所带电量而言，各种元素的原子核各不相同。至于电子的性质，则无论它是属于哪一种元素的原子，却完全是一样的。

实验表明，物体带电后其化学组成并无改变，而且在实际能够达到的带电情况下，我们觉察不出它的质量的变化。这说明带电现象是由于电子的迁移——从一物体转移到另一物体或者是从同一物体的一部分转移到另一部分。

2. 导体和绝缘体 从导电的程度（即电荷能在物体中自由移动的程度）方面来看，一切物体可以大致区分为两类——绝缘体和导体。绝缘体又称为电介质，例如玻璃、橡胶、瓷器、盐的晶体、油类和一切正常状态下的气体都是。绝缘体分子或原子内的电子，即使是外层电子，受正电荷吸引力的约束仍极强，一般不能脱离它所从属的原子。当两种绝缘体如玻璃和丝绸互相摩擦时，由于接触紧密而且温度升高，电子的动能增加，玻璃上的电子可以脱离束缚转移到丝绸上面，因而玻璃带了正电，丝绸带了负电。但是由于电子不能在绝缘体中任意移动，带电现象只限于经受摩擦的局部。对于绝缘体，我们不能用感应的方法使它仅带一种符号的电荷。有关绝缘体或电介质在其它带电体影响下所表现的性质，我们将在第三章中讨论。

导体又可分为两类：第一类导体和第二类导体。金属是第一类导体。在金属中原子最外层的电子（价电子）和原子核的联系较