DAXUE
WULI
JIAOCHENG

·下册·

大学物理教程

主　编　周志坚

副主编　向裕民

向必纯

包兴明

报警电话800889855或
028[illegible]855举报电话
移动[illegible]联通[illegible]真伪
四川大学出版社

四川大学出版社

04
299
:2
2007

DAXUE
WULI
JIAOCHENG

·下册·

大学物理教程

● 主　编　周志坚
● 副主编　向裕民
　　向必纯
　　包兴明

四川大学出版社

目　录

下　册

第四篇　电磁学

第 10 章　真空中的静电场 …… (320)
10.1　静电场的基本现象和基本规律 …… (321)
10.1.1　摩擦起电和两种电荷 …… (321)
10.1.2　静电感应和电荷守恒定律 …… (321)
10.1.3　物质的电结构以及导体、绝缘体和半导体 …… (322)
10.2　真空中的库仑定律 …… (323)
10.2.1　电荷和库仑定律 …… (323)
10.2.2　静电场力的叠加原理 …… (325)
10.2.3　应用库仑定律解题的步骤 …… (328)
10.3　静电场和电场强度 …… (329)
10.3.1　静电场 …… (329)
10.3.2　电场强度矢量 …… (329)
10.3.3　场强叠加原理 …… (332)
10.4　电场线、电通量和高斯定理 …… (337)
10.4.1　电场线 …… (337)
10.4.2　电通量 …… (339)
10.4.3　静电场的高斯定理 …… (340)
10.4.4　高斯定理的应用 …… (343)
10.4.5　应用高斯定理求场强分布的几点说明 …… (346)
10.5　静电场力所做的功、电势能、电势差和电势 …… (348)
10.5.1　静电场力所做的功 …… (348)
10.5.2　电势能 …… (350)
10.5.3　电势差 …… (351)
10.5.4　电　势 …… (352)
10.5.5　电场力所做的功和电势差的关系 …… (352)
10.5.6　电势叠加原理和电势的计算 …… (354)
10.6　等势面以及场强与电势的关系 …… (358)
10.6.1　等势面 …… (358)
10.6.2　电势与场强的微分关系 …… (359)

10.7 带电粒子在静电场中受到的力及其运动……(361)
10.7.1 电偶极子在电场中受到的力与力矩……(361)
10.7.2 带电粒子在匀强电场中的运动……(362)
本章内容简介(英文)……(364)
习题 10 ……(366)

第 11 章 静电场中的导体和电介质 ……(373)
11.1 静电场中的导体……(373)
11.1.1 金属导体微观结构的特征……(373)
11.1.2 导体的静电平衡条件……(373)
11.1.3 导体处于静电平衡时的性质……(374)
11.1.4 导体面电荷密度和场强的关系……(375)
11.1.5 导体空腔的电荷分布(导体壳)……(378)
11.2 静电场中的电介质……(380)
11.2.1 电介质的极化及微观机制……(380)
11.2.2 极化强度矢量和极化电荷的关系……(382)
11.2.3 电位移矢量和有电介质时的高斯定理……(384)
11.3 电容器和电容……(388)
11.3.1 孤立导体的电容……(388)
11.3.2 电容器和电容器的电容……(389)
11.3.3 电容器电容的计算……(390)
11.3.4 电介质对电容器电容的影响……(392)
11.3.5 电容器的串联和并联……(392)
11.4 静电场的能量……(395)
11.4.1 点电荷系的相互作用能……(396)
11.4.2 电荷连续分布的带电体系的静电能……(397)
11.4.3 电容器的静电能……(398)
11.4.4 电场的能量和能量密度……(399)
本章内容简介(英文)……(403)
习题 11 ……(405)
静电场检测题……(410)

第 12 章 稳恒电流 ……(414)
12.1 电流和电流密度……(414)
12.1.1 电流的形成……(414)
12.1.2 电 流……(414)
12.1.3 电流密度……(415)
12.1.4 稳恒电流和电场……(416)
12.2 一段不含源电路的欧姆定律……(416)
12.2.1 欧姆定律和电阻……(416)

12.2.2 电阻定律和电阻率……(417)
12.2.3 欧姆定律的微分形式……(419)
12.2.4 金属导电的经典电子理论……(419)
12.3 电流的功、功率和焦耳定律 ……(421)
12.3.1 电流的功和功率……(421)
12.3.2 焦耳定律……(422)
12.4 电阻的串联和并联……(422)
12.4.1 电阻的串联……(422)
12.4.2 电阻的并联……(423)
12.4.3 分压电路和分流电路……(423)
12.5 电源和电动势……(424)
12.5.1 电 源……(424)
12.5.2 电动势……(425)
12.6 闭合电路和一段含源电路的欧姆定律……(426)
12.6.1 闭合电路的欧姆定律……(426)
12.6.2 一段含源电路的欧姆定律……(427)
12.7 基尔霍夫定律……(428)
12.7.1 基尔霍夫第一定律……(428)
12.7.2 基尔霍夫第二定律……(429)
本章内容简介(英文)……(432)
习题 12 ……(434)

第 13 章 真空中稳恒电流的磁场 ……(436)
13.1 基本的磁现象……(436)
13.1.1 早期对磁现象的认识……(436)
13.1.2 磁 场……(438)
13.2 磁感应强度、磁感应线、磁通量和磁场中的高斯定律……(439)
13.2.1 磁感应强度……(439)
13.2.2 磁感应线……(440)
13.2.3 磁感应通量……(441)
13.2.4 磁场的高斯定理……(442)
13.3 毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律……(444)
13.3.1 毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律……(444)
13.3.2 磁场叠加原理……(444)
13.3.3 关于毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律的几点说明……(445)
13.3.4 毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律的应用……(445)
13.4 安培环路定理及其应用……(450)
13.4.1 安培环路定理……(450)
13.4.2 安培环路定理的证明……(451)
13.4.3 安培环路定理的应用……(452)

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

13.5 运动电荷的磁场……(456)
13.6 磁场对电流的作用……(457)
13.6.1 安培定律……(457)
13.6.2 两无限长直载流导线间的作用力……(459)
13.6.3 载流线圈在磁场中所受的力和力矩……(461)
13.7 带电粒子在磁场中的运动……(462)
13.7.1 洛仑兹力……(462)
13.7.2 带电粒子在均匀磁场中的运动……(464)
13.7.3 带电粒子在均匀电场和均匀磁场中的运动……(465)
本章内容简介(英文)……(468)
习题 13 ……(470)

第 14 章 磁介质 ……(478)
14.1 磁介质的磁化和磁导率……(478)
14.1.1 磁场中磁介质的磁化和磁导率……(478)
14.1.2 磁介质的磁导率……(478)
14.1.3 磁介质的分类……(479)
14.1.4 磁介质磁化的微观机制……(479)
14.1.5 磁化强度矢量……(481)
14.1.6 磁化强度与分子电流的关系……(481)
14.2 磁场强度矢量、有磁介质时的安培环路定理和高斯定理 ……(482)
14.3 磁介质的磁化规律以及磁化率与磁导率……(484)
14.4 铁磁质……(485)
14.4.1 铁磁质的一般特性……(485)
14.4.2 铁磁质的磁化规律……(485)
14.4.3 铁磁质的分类和应用……(487)
14.4.4 铁磁性的起因……(489)
本章内容简介(英文)……(491)
习题 14 ……(493)

第 15 章 电磁感应 ……(496)
15.1 法拉第电磁感应定律……(496)
15.1.1 电磁感应现象……(496)
15.1.2 法拉第电磁感应定律……(498)
15.1.3 楞次定律……(499)
15.2 动生电动势和交流发电机原理……(502)
15.2.1 动生电动势和洛仑兹力……(502)
15.2.2 动生电动势的计算……(503)
15.3 感生电动势和涡旋电场……(507)
15.3.1 感生电动势和涡旋电场……(507)

15.3.2 感生电动势的计算……(508)
15.4 自感和互感……(511)
15.4.1 自感现象及其实验观察……(511)
15.4.2 自感系数和自感电动势……(512)
15.4.3 互感现象和互感系数……(513)
15.5 自感磁能和互感磁能……(516)
15.5.1 自感磁能……(516)
15.5.2 互感磁能……(517)
15.5.3 磁场的能量……(518)
15.6 位移电流和麦克斯韦方程组……(519)
15.6.1 静电场、静磁场的基本方程 ……(520)
15.6.2 涡旋电场所满足的方程……(521)
15.6.3 位移电流……(521)
15.6.4 麦克斯韦方程组的积分形式……(525)
15.6.5 麦克斯韦方程组的微分形式……(527)
15.6.6 麦克斯韦方程组的意义……(528)
本章内容简介(英文)……(529)
习题 15 ……(531)

第 16 章 电磁振荡和电磁波 ……(536)
16.1 电磁振荡……(536)
16.1.1 无阻尼自由振荡回路……(536)
16.1.2 无阻尼自由振荡的规律……(537)
16.2 电磁波的产生和传播……(539)
16.2.1 振荡回路的改进……(539)
16.2.2 振荡电偶极子发射的电磁波……(540)
16.2.3 $\boldsymbol{E}$ 和 $\boldsymbol{H}$ 的表达式 ……(541)
16.3 电磁波的性质和能量……(542)
16.3.1 电磁波的性质……(542)
16.3.2 电磁波的能量……(543)
16.3.3 振荡偶极子的发射总功率……(545)
16.3.4 赫兹实验……(545)
16.4 电磁波谱……(546)
16.4.1 无线电波……(546)
16.4.2 红外线……(546)
16.4.3 可见光……(547)
16.4.4 紫外线……(547)
16.4.5 X 射线……(547)
16.4.6 γ 射线 ……(548)
本章内容简介(英文)……(549)
习题 16 ……(551)

阅读材料　科学家系列简介(三) …… (553)
静磁学和电磁场检测题 …… (556)

第五篇　光学的物理基础

第 17 章　波动光学基础 …… (562)
第一部分　光的干涉 …… (562)
17.1　光波、光源、光的相干叠加和非相干叠加 …… (562)
17.1.1　光的电磁理论 …… (562)
17.1.2　光源及其发光特征 …… (563)
17.1.3　光波叠加原理 …… (564)
17.1.4　光波的相干叠加和非相干叠加 …… (565)
17.1.5　相干条件、相干光和相干光源 …… (566)
17.1.6　获得相干光源的基本方法 …… (567)
17.1.7　光程、相差和光程差 …… (567)
17.1.8　干涉条纹的可见度 …… (568)
17.1.9　光通过薄透镜的等光程性 …… (569)
17.2　由分波前法产生的光的干涉 …… (569)
17.2.1　杨氏双缝实验 …… (569)
17.2.2　洛埃镜实验 …… (572)
17.3　由分振幅法产生的光的干涉——薄膜干涉 …… (573)
17.3.1　平行平面膜产生的干涉 …… (573)
17.3.2　等厚干涉 …… (578)
17.4　迈克耳孙干涉仪 …… (583)
17.4.1　迈克耳孙干涉仪 …… (583)
17.4.2　相干长度和相干时间 …… (584)
第二部分　光的衍射 …… (585)
17.5　光的衍射现象和惠更斯—菲涅耳原理 …… (585)
17.5.1　光的衍射现象与衍射的分类 …… (585)
17.5.2　惠更斯—菲涅耳原理 …… (586)
17.6　单狭缝夫琅和费衍射 …… (587)
17.6.1　夫琅和费衍射的实验 …… (587)
17.6.2　菲涅耳半波带法 …… (588)
17.6.3　单缝衍射图样及光强分布 …… (589)
17.7　圆孔夫琅和费衍射 …… (591)
17.7.1　圆孔夫琅和费衍射 …… (591)
17.7.2　光学仪器的分辨本领 …… (592)
17.7.3　人眼的分辨本领 …… (594)
17.7.4　光谱仪器的色分辨本领 …… (594)
17.8　衍射光栅 …… (595)

17.8.1 平面透射光栅……(595)
17.8.2 光栅光谱……(598)
17.8.3 光栅光谱仪的色分辨本领……(598)
17.8.4 光栅的色散本领……(598)
第三部分 光的偏振……(600)
17.9 自然光和偏振光……(601)
17.9.1 光的偏振现象……(601)
17.9.2 偏振片、起偏器和检偏器……(603)
17.9.3 马吕斯定律……(603)
17.10 光在各向同性介质分界面上反射和折射时的偏振……(605)
17.10.1 反射和折射时的偏振现象……(605)
17.10.2 布儒斯特定律……(606)
17.10.3 玻璃片的检偏……(606)
17.11 光的双折射现象……(608)
17.11.1 晶体的双折射现象……(608)
17.11.2 双折射现象的物理解释……(609)
17.11.3 偏振器件……(610)
本章内容简介(英文)……(612)
习题 17……(615)
阅读材料 科学家系列简介(四)……(623)
波动光学检测题……(626)

第六篇 近代物理和现代工程技术简介

第 18 章 狭义相对论基础……(629)
18.1 力学相对性原理、伽利略变换和经典力学时空观……(629)
18.1.1 伽利略时空坐标变换……(630)
18.1.2 力学相对性原理……(630)
18.1.3 牛顿的绝对时空观……(631)
18.2 狭义相对论的两个基本假设和洛仑兹变换……(633)
18.2.1 相对论产生的历史背景……(633)
18.2.2 相对论实验基础……(633)
18.2.3 狭义相对论的两个基本假设……(635)
18.2.4 洛仑兹变换……(636)
18.3 狭义相对论时空观……(639)
18.3.1 相对论时空结构……(639)
18.3.2 长度收缩……(640)
18.3.3 同时性的相对性……(641)
18.3.4 时钟变慢……(642)
18.3.5 狭义相对论时空观……(643)
18.4 狭义相对论动力学基础……(645)

18.4.1 相对论动量、能量 …… (645)
18.4.2 质能关系 …… (647)
18.4.3 质能关系的物理意义 …… (648)
18.4.4 相对论力学方程 …… (649)
本章内容简介(英文) …… (650)
习题 18 …… (653)

第 19 章 量子物理基础 …… (655)
19.1 热辐射和普朗克的辐射量子论 …… (655)
19.1.1 热辐射及其描述方法 …… (655)
19.1.2 绝对黑体辐射和基尔霍夫定律 …… (657)
19.1.3 绝对黑体辐射的实验规律 …… (658)
19.1.4 绝对黑体辐射的经典理论解释 …… (659)
19.1.5 普朗克的量子论 …… (660)
19.1.6 光测高温方法 …… (662)
19.2 光电效应和爱因斯坦光量子理论 …… (664)
19.2.1 光电效应的发现 …… (664)
19.2.2 光电效应的实验规律 …… (664)
19.2.3 光电效应的经典解释 …… (666)
19.2.4 光电效应的量子解释 …… (666)
19.2.5 爱因斯坦的光量子理论 …… (667)
19.3 康普顿效应和光的波粒二象性 …… (668)
19.3.1 X 射线 …… (668)
19.3.2 康普顿散射的实验装置 …… (669)
19.3.3 康普顿散射的实验结果 …… (669)
19.3.4 经典考虑 …… (670)
19.3.5 康普顿的量子解释 …… (670)
19.3.6 光的波粒二象性 …… (671)
19.4 氢原子光谱规律和玻尔的氢原子理论 …… (673)
19.4.1 氢原子的光谱 …… (673)
19.4.2 玻尔的氢原子理论 …… (674)
19.4.3 玻尔模型的实验验证 …… (677)
19.4.4 玻尔理论所得的结论 …… (679)
19.4.5 玻尔理论的局限性 …… (680)
19.5 实物粒子的波粒二象性 …… (681)
19.5.1 光的波粒二象性 …… (681)
19.5.2 实物粒子的波粒二象性 …… (681)
19.5.3 德布罗意波和量子态 …… (683)
19.6 不确定关系 …… (685)
19.6.1 不确定关系的简单导出 …… (685)
19.6.2 不确定关系的表述和含义 …… (685)

19.7 波函数及其统计解释……(687)
19.7.1 波函数……(687)
19.7.2 波函数的统计解释……(688)
19.7.3 薛定谔方程……(689)
19.8 一维无限深势阱……(690)
19.9 量子隧道效应……(692)
19.10 氢原子的量子力学处理和电子自旋……(695)
19.10.1 氢原子的量子力学处理……(695)
19.10.2 电子自旋……(697)
19.11 多电子原子和原子的壳层结构……(699)
19.11.1 氦原子的光谱和能级……(699)
19.11.2 泡利不相容原理……(699)
19.11.3 原子的电子壳层结构……(702)
本章内容简介(英文)……(708)
习题19……(711)
阅读材料 科学家系列简介(五)……(713)
相对论和量子物理检测题……(717)

第20章 能源和核能技术简介……(720)
20.1 能源概念简述……(720)
20.1.1 能源的类型……(720)
20.1.2 能源的转化……(721)
20.1.3 能源的利用……(722)
20.2 原子核的性质和裂变……(723)
20.2.1 原子核的基本性质……(723)
20.2.2 原子核的裂变……(731)
20.3 链式反应和核能的利用……(734)
20.3.1 链式反应……(734)
20.3.2 实现链式反应的条件……(735)
20.3.3 原子核反应堆……(736)
20.3.4 原子反应堆的应用……(737)
20.3.5 原子弹……(737)
20.4 轻原子核的聚变反应和核能的利用……(738)
20.4.1 轻原子核的聚变……(738)
20.4.2 太阳中的原子核聚变……(739)
20.4.3 热核反应……(740)
20.5 其他能源简介……(743)
20.5.1 太阳能及其利用……(743)
20.5.2 风能及其利用……(744)
20.5.3 海洋能的开发和利用……(745)
20.5.4 地热能……(746)

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

20.5.5 氢能的利用……(747)
习题 20 ……(748)

第 21 章 激光原理及其应用 ……(749)
21.1 激光的基本原理……(749)
21.1.1 粒子数按能级的分布……(749)
21.1.2 光与物质的作用……(750)
21.1.3 粒子数反转分布……(751)
21.1.4 光振荡……(752)
21.2 激光器……(755)
21.2.1 激光器种类……(755)
21.2.2 固体激光器……(755)
21.2.3 气体激光器……(756)
21.3 激光的特性……(758)
21.4 激光技术的应用……(759)
21.4.1 激光在工业方面的应用……(759)
21.4.2 激光在能源方面的应用……(760)
21.4.3 激光在医学方面的应用……(761)
21.4.4 激光在军事上的应用……(762)
21.4.5 激光在农业方面的应用……(762)
21.4.6 激光的其他应用……(762)
习题 21 ……(763)

第 22 章 红外辐射技术原理及其应用简介 ……(764)
22.1 红外线及红外辐射源……(764)
22.1.1 红外线的发现和红外波段的划分……(764)
22.1.2 红外辐射源的类型及特点……(764)
22.2 红外辐射的传输特性……(766)
22.2.1 红外辐射在传输媒质中的衰减规律……(766)
22.2.2 红外辐射在大气中的传输特性……(766)
22.2.3 红外辐射在凝聚态媒质中的传播……(768)
22.3 红外辐射的探测特性……(768)
22.3.1 红外探测器的特性参数……(768)
22.3.2 红外辐射探测器的种类……(769)
22.3.3 红外成像器件……(770)
22.4 红外技术的应用……(770)
22.4.1 红外测温技术……(770)
22.4.2 红外遥感技术……(771)
22.4.3 红外加热技术及其应用……(772)
22.4.4 红外新技术成果的应用……(773)
习题 22 ……(775)

第四篇　电磁学

电磁学是物理中的一个分支，它是经典物理学中研究电现象、磁现象、电磁相互作用及其规律的学科. 它主要研究静止电荷产生的静电场，电流产生的电场、磁场的规律，电场与磁场的相互作用、相互联系，电磁场对电荷、电流的作用规律，电磁场与物质的相互作用以及电磁场的性质等等.

物质可分为实物和场. 通常所说的物质(实物)是由分子组成的，分子又由原子组成，而原子又由原子核和电子所组成. 原子核和电子之间的相互作用是通过电磁场传递的. 任何带电粒子或带电体之间都存在电磁相互作用，它是物质四种相互作用之一，是通过电磁场(光子)来传递的.

电磁场是一种特殊的物质，是物质的重要组成部分. 电磁场的状态需要用电场强度矢量 $\boldsymbol{E}$、磁感应强度矢量 $\boldsymbol{B}$ 等场量来描述. 场量是空间坐标和时间的函数，并存在于电磁场存在的整个空间，构成矢量场. 场量的特性及规律需要通过其通量与环量反映出来. 通过描述矢量场的特殊方法，重点研究电磁场的实验事实、基本规律及其应用.

人类对电磁现象的认识、电磁学的发展经历了长达两千多年的历史，但电磁场理论只是在最近二百多年内形成的. 电磁学的发展经历了以下四个阶段：

第一个阶段是从公元前 600 年到 18 世纪中期，古希腊的哲学家泰利斯发现摩擦过的琥珀能够吸引轻小物体，天然磁石能够吸引铁磁物质等现象开始. 在公元前 3 世纪，我国对于用磁石磨成的指南针已有详细记载. 这些都仅仅是人类对电现象和磁现象的偶然发现，而且它们彼此是完全独立的，还没有对电磁现象进行系统地研究.

第二阶段是 18 世纪后期到 19 世纪前期，人们对电磁现象进行了系统的定量研究，发现了电磁现象的基本实验定律，揭示了电与磁的相互联系、转化和统一. 1785 年法国物理学家库仑通过扭秤实验定量测量出两个静止点电荷之间相互作用力的规律——库仑定律，为静电学的发展奠定了基础. 1799 年意大利物理学家伏打发明了电池，可以提供稳恒电流，促进了电磁现象的实验研究. 1820 年 7 月，丹麦物理学家奥斯特发现了电流的磁效应。1820 年 10 月，法国物理学家毕奥和萨伐尔从实验中发现电流产生磁场，后来经过数学家拉普拉斯总结为基本规律；同年 12 月，法国物理学家安培发现了电流元之间相互作用规律——安培定律，为磁现象的定量研究奠定了基础. 英国物理学家法拉第经过长时间的研究，于 1831 年发现了电磁感应现象，进一步揭示出电现象和磁现象之间可以相互转化与统一的规律，为电能的应用和开发开辟了广泛的前景，并奠定了现代电工学的基础，推动了电动力学的发展.

第三阶段从 19 世纪 60 年代到 20 世纪初期，英国物理学家麦克斯韦在前人实验和理论的基础上，于 1862 年提出了涡旋电场和位移电流的假设，对电磁现象的基本规律进行了系统地总结、补充和统一，于 1864 年提出了电磁场基本规律的麦克斯韦方程组，并由该方程组出发，从理论上预言了电磁波的存在，并计算出电磁波的速度就等于光速，说明了光本质上是一种电

磁波. 1887 年德国物理学家赫兹通过实验证实了电磁波的存在，使麦克斯韦的电磁场理论得到了实验的证实，促使电磁理论特别是电磁波理论得到迅速发展. 1896 年，荷兰物理学家洛仑兹把电磁现象和物质结构联系起来，创立了经典电子论，将麦克斯韦方程组应用到微观领域，解释了物质结构的电磁性质，将麦克斯韦方程组向前推进了一步. 麦克斯韦坚持近距作用观点，认为传递电磁相互作用的媒质是充满空间的弹性介质"以太"，而保留着牛顿的经典的绝对时空观. 另一方面，电磁理论在解释物质的电磁性质、光的辐射和吸收等方面都遇到了不可克服的困难. 1905 年，出生于德国，1933 年迁居美国的物理学家爱因斯坦创立了狭义相对论，抛弃了以太观点，建立了新的时空观，确立了电磁场的物质性，使人们对电磁场的物质性有了明确的认识.

第四阶段是 20 世纪 20 年代，人们认识到光波（即波长在一定范围内的电磁波）不仅具有波动性，而且具有粒子性，光波具有波粒二象性，对光的微观本质有了全面认识. 由于生产技术的发展对认识物质微观结构的迫切要求，又促进了人们进一步研究电磁场的微观性质，以后电磁理论发展为量子电动力学.

本篇的学习内容和方法：电磁场理论是统一的整体，在一般情况下，不应该把电场和磁场分开来研究，但是为了便于理解和掌握电磁场的基本规律，我们仍基本上按照人们对电磁场认识的顺序，把电现象和磁现象分开来研究，并在最后总结出电磁场作为整体所遵从的基本规律，它仅涉及到前三个阶段的宏观电磁现象的经典电磁理论. 电磁学是自然科学和技术科学的一门基础课. 在理论方面，它是物理学和其他相关学科的理论基础；在技术方面，由于电技术控制方便、测量准确度高、电能的传输简便等许多优点，因此，学习好电磁学有关知识，对于一个现代工程技术人员有着重要的意义.

学习电磁场的方法，应从实验事实出发，总结实验规律，掌握有关的定理、定律及其简单的应用. 由于静电场和稳恒电流的磁场在知识结构上和描述方法上，以及结论的数学形式上都有极大的相似性和对称性，可把它们类比起来进行研究，这样十分有助于理解有关概念，掌握有关内容，但必须注意它们之间的区别及联系. 由于电磁场是三维空间连续分布的矢量场，因此，在电磁学中所遇到的物理量、物理规律以及研究方法与力学、热学有着不同的特点，比较复杂，用矢量分析和微积分这些工具来定量描述电磁场的分布、性质和规律是十分重要的方法，在今后学习中应认真领会.

第 10 章　真空中的静电场

电场是电荷或变化磁场周围空间中存在的一种特殊形态的物质，它是由电荷或变化磁场产生的. 相对于观察者静止的电荷所产生的电场称为静电场或库仑场. 本章研究真空中的静电场的描述方法和基本规律. 首先引入电荷的概念，介绍电场的三条基本的实验规律，即电荷守恒定律、库仑定律和场的叠加原理，然后由此出发，为了描述静电场的性质，一方面从电荷在电场中受到电场力作用，引入描述电场的基本物理量——电场强度矢量 $\boldsymbol{E}$；另一方面从电荷在电场中移动时电场力对电荷做功，引入描述电场的另一重要物理量——电势 U；同时推导出反映静电场性质的两条基本定理，即静电场的高斯定理和静电场的"环路定理"，表明静电场是有源无旋场的性质，从而建立起静电场的理论基础，这也是整个电磁学的基础.

10.1 静电场的基本现象和基本规律

10.1.1 摩擦起电和两种电荷

(1)摩擦起电

人们早在两千多年以前就发现,两种不同的物质相互摩擦后,具有吸引轻小物体的性质,这说明它们带了电荷,用摩擦的方法使物体带电称为摩擦起电.例如,早在两千多年以前,古希腊人就发现,用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛等轻小的物体.后来又发现用毛皮或丝绸摩擦过的玻璃棒、火漆棒和硬橡胶棒等许多物体都同样能够吸引轻小物体.

物体具有吸引轻小物体的性质,称为物体带有电荷.带有电荷的物体称为带电体.人们对于电的认识,就是从摩擦起电开始的.

电荷是物体的一种属性,用以描述物体因是否带电而产生相互作用.

(2)两种电荷

大量的实验证明,摩擦起电使物体所带的电荷只有两种:一种是与丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷相同,称为正电荷;另一种是与毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷相同,称为负电荷.带电体之间存在着相互作用的电性力,实验发现,带有同种电荷的物体相互排斥,带有异种电荷的物体相互吸引,当正负电荷放在一起时,它们的电性有相互抵消的现象.将等量异种的电荷放在一起时,两种电荷对外界的作用完全抵消,这种状态称为电中和,该物体呈电中性.

物体所带电荷数量的多少称为电量,有时也将电量称为电荷.在国际单位制中,电量的单位是库仑,符号为C.

验电器与静电计就是根据同种电荷相互排斥、异种电荷相互吸引的原理制成的测量电量的简单仪器,可以利用它们来检验物体是否带电或所带电荷的种类.

10.1.2 静电感应和电荷守恒定律

(1)静电感应

使物体带电的另一种重要的起电方法是静电感应.如图10.1.1(a)所示,取一对由绝缘支柱支持着的金属导体A和B,它们相互接触都不带电,当我们把另一个带正电荷的金属球C移近时,发现A和B都带了电荷,而且在靠近金属球C的导体A上带有与C异种的负电荷,在远离金属球C的导体B上带有与C同种的正电荷,如图10.1.1(a)所示,这种现象称为静电感应.如果将金属球C移去,再让A与B相接触,由于中和作用会同时抵消.如果先把导体A与B分开,再移去金属球C,实验发现导体A上仍保留着负电荷,而导体B上仍保留着正电荷,如图10.1.1(b)所示.如果再把导体A与B重新接触,如图10.1.1(c)所示,它们所带的电荷由于中和而全部消失.这种现象表明,用静电感应的方法可使导体A与B带上等量异种的

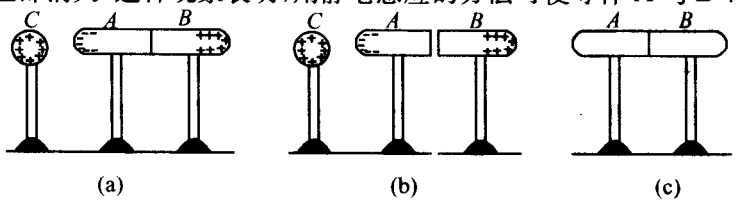

图10.1.1 静电感应

电荷. 用静电感应的方法使物体带电称为感应起电.

(2)电荷守恒定律

大量实验表明,在摩擦起电和感应起电的现象中,正负电荷是同时产生的,起电过程是电荷从一个物体转移到另一个物体或从一个物体的一部分转移到另一部分的过程. 原来都是不带电的电中性两物体,由于摩擦或静电感应使物体上某种电荷发生了转移,而使二物体分别带上了等量异种的电荷,但它们所带电量的代数和仍等于零.

大量实验进一步表明,在自然界中,电荷既不能被创生,也不能被消灭,它们只能在物体中或物体之间发生转移. 也就是说,在一个与外界没有电荷交换的系统(称为电孤立系统)内,在任何物理过程中,正负电荷的代数和总是保持不变的,称为电荷守恒定律. 它是美国物理学家富兰克林首先提出的,是自然界中最基本的定律之一,也反映了电荷的一个重要特征.

电荷守恒定律不但在宏观过程中遵守,而且在一切微观过程中也遵守,例如,在放射性衰变($^{210}_{84}P_0 \longrightarrow {}^{206}_{82}P_b + {}^{4}_{2}He$)、原子核反应($^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$)和基本粒子转化($e^+ + e^- \longrightarrow r + r$、$r_{核旁} \longrightarrow e^+ + e^-$;$K^0 \longrightarrow \pi^+ + \pi^-$、$n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu}$;$\pi^0 \longrightarrow e^+ + e^- + r$)过程中,反应前后电荷的代数和(总电荷)仍保持不变,遵守电荷守恒定律.

10.1.3 物质的电结构以及导体、绝缘体和半导体

(1)物质的电结构

近代科学实验证明,物质(实物)是由分子或原子构成的,而原子又是由带正电荷的原子核和带负电荷的电子组成,带负电的电子绕原子核运动,在核外形成电子云. 原子核又是由带正电荷的质子和不带电的中子组成,一个质子所带的电量和一个电子所带的电量在数量上相等,而符号相反. 也就是说,如果用 e 代表一个质子所带电量(即电子所带电量的绝对值),那么一个电子所带电量就是 $-e$. 对于一个原子整体而言,由于质子数和电子数相等,而所有质子所带电量的总和与所有电子所带电量的总和相等,符号相反,所以整个原子对外界不显示电性,原子呈中性.

如果由于某种外界因素的作用,例如摩擦起电或静电感应,使物体或物体的一部分失去一些电子,该物体或物体的一部分就带正电荷,而获得电子的物体或物体的一部分就带负电荷,这是由于它们的质子数和电子数不相等,对外界显示出带电的性质,而成为带电体.

实验表明,一切带电粒子所带电荷的绝对值,都等于质子电荷的整数倍. 这说明带电体所带电荷的量值是不连续的,它是最小电荷单元 e 的整数倍,称为电荷的量子化. e 的 1986 年推荐值为 $e = 1.60217733(49) \times 10^{-19}$ C.

1964 年美国物理学家盖尔曼提出,强子是由带电荷为 $\pm\frac{1}{3}e$ 和 $\pm\frac{2}{3}e$ 的夸克及反夸克组成的,但是,在实验中并未发现带有分数电荷的自由夸克,所以目前仍以电子电荷的绝对值 e 为基本电荷.

(2)导体、绝缘体和半导体

根据物质的导电性的不同,可以将物质分为导体、绝缘体和半导体.

①导体:电荷能够迅速转移或传导的物体称为导体. 它具有大量能够在外电场作用下自由移动的带电粒子(自由电子、正负离子等),因而能够很好地传导电流. 例如,各种金属、电解液(即酸、碱、盐的水溶液)、人体、大地等.

②绝缘体:电荷不容易转移或传导的物体称为绝缘体. 电荷是几乎只能够停留在一定地方

的物质，因此不能够导电。例如，玻璃、电木、橡胶、丝绸、塑料、琥珀、瓷器、油类等是不导电的物质，绝缘体又称为电介质.

③半导体：导电性能介于导体和绝缘体之间的非离子性导电物质称为半导体. 在室温时其电阻率约为 $10^{-3}\ \Omega\cdot\mathrm{cm}\sim10^{9}\ \Omega\cdot\mathrm{cm}$，一般是固体，例如，硅、锗以及某些化合物等.

必须指出，导体和绝缘体的分类不是绝对的，在一定条件下，有些物体的导电性能会发生变化. 例如，在潮湿的环境中，纸张吸收水分会变成较好的导体，而在干燥的空气中，干燥的纸张又是较好的绝缘体.

10.2 真空中的库仑定律

10.2.1 电荷和库仑定律

电荷最基本的性质之一，就是电荷可以通过电场对其他电荷施以力的作用，即电荷之间存在相互作用的电场力. 静电现象的研究，就是从静止电荷之间在真空中相互作用的基本规律——库仑定律开始. 为研究问题的方便，先引入点电荷的概念.

(1)点电荷

实验表明，两个任意带电体之间的相互作用力的大小和方向，不仅与它们所带电量的乘积和它们之间的距离有关，而且和它们的大小、形状以及带电体上的电荷的分布情况有关，所以，带电体之间的静电场力是很复杂的. 但是，实验进一步表明，在带电体的线度与它们之间的距离相比小得多的情况下，相互作用力的大小就只与它们所带电量的乘积和它们之间的距离有关，在这种情况下，带电体的大小、形状以及电荷的分布情况对相互作用力的影响可以忽略不计，当带电体的线度比带电体之间的距离小得多时，带电体的大小、形状以及电荷分布可以忽略不计，在所研究的问题中，可以把带电体所带电量看作是集中在一个“点”上，该带电体称为点电荷.

必须指出，点电荷的概念与质点、刚体、理想气体的微观模型一样，也是一种理想化的物理模型. 点电荷只具有相对的意义，它本身不一定是很小的带电体. 一个带电体能否看作点电荷，不决定于带电体本身的大小和所带电量的多少，而决定于在所研究的问题中它的线度是否可以忽略不计，而把它看作带电的物理点.

(2)点电荷的库仑定律

真空中两个相对于观测者静止的点电荷之间相互作用力(静电场力)遵守的基本规律称为库仑定律. 它是 1785 年法国的物理学家库仑通过著名的扭秤实验进行定量的测量而总结出来的规律. 库仑定律的表述如下：

在真空中两个静止的点电荷 q_1 与 q_2 之间相互作用力的大小和它们所带电量 q_1 与 q_2 的乘积成正比，和它们之间的距离 r 的平方成反比，作用力的方向沿着两点电荷的联线，电荷同号时为斥力，电荷异号时为引力.

力是矢量，它不仅有大小，而且有方向. 库仑定律的表达式应该是矢量式. 设 $\boldsymbol{F}_{12}$ 表示 q_1(场源电荷)对 q_2(受力电荷)的作用力，$\boldsymbol{r}_{12}$ 表示由 q_1 到 q_2 的位置径矢，$\boldsymbol{r}_{120}$ 表示由 q_1 到 q_2 方向的单位矢量，如图 10.2.1 所示，则库仑定律可表示为

$$\boldsymbol{F}_{12}=k\frac{q_1q_2}{r_{12}^2}\boldsymbol{r}_{120} \tag{10-2-1}$$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com