

新概念物理教程

电磁学

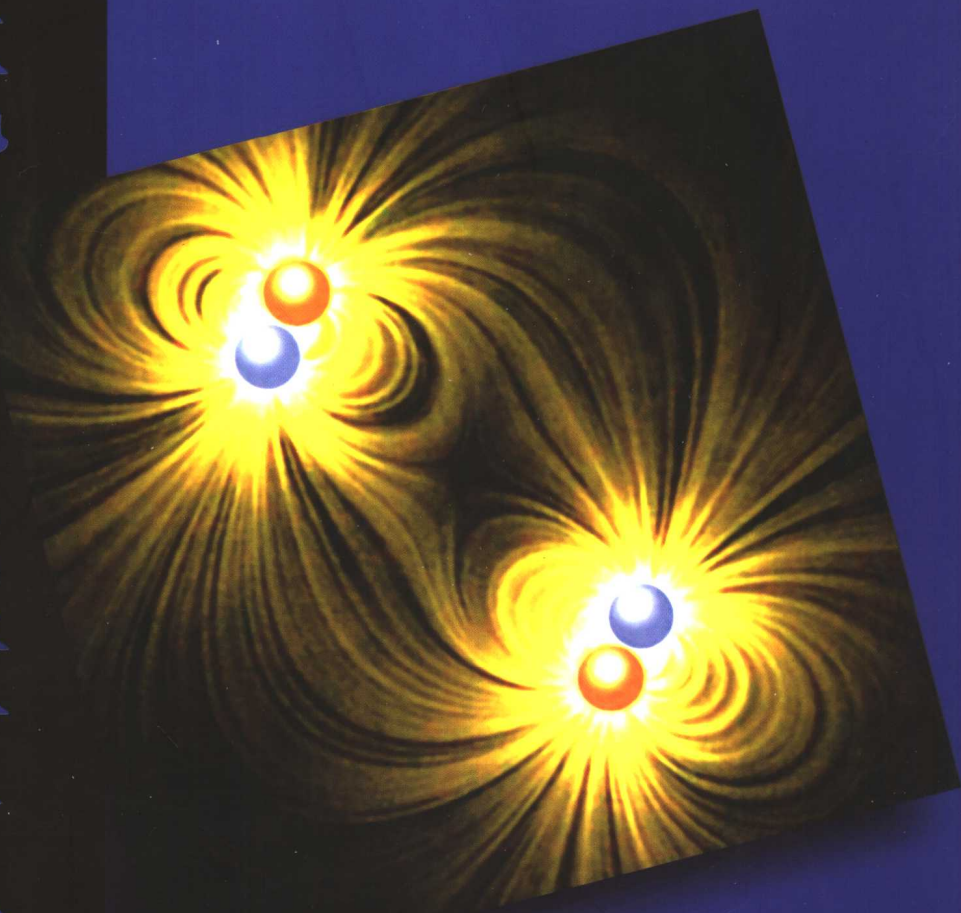
(第二版)

赵凯华 陈熙谋



面向 21 世纪课程教材

新概念物理教程



高等教育出版社

面向 21 世纪课程教材

新概念物理教程

电 磁 学

(第二版)

赵凯华 陈熙谋

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

新概念物理教程. 电磁学/赵凯华, 陈熙谋.
2版. —北京: 高等教育出版社, 2006.12
ISBN 7-04-020202-6

I. 新... II. ①赵... ②陈... III. ①物理学-高等学校-教材②电磁学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 135683 号

策划编辑 庞永江 责任编辑 庞永江
封面设计 张楠 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2003 年 4 月第 1 版
印 张	33.25		2006 年 12 月第 2 版
字 数	570 000	印 次	2006 年 12 月第 1 次印刷
		定 价	38.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20202-00

第二版序

本书第一版出版到现在只有三年，但年发行量居《新概念物理教程》五本之首。书中已发现的一般性笔误和印刷错误在第一版历次印刷中大部分已订正。本次改版，我们根据使用者的意见，将书中某些章节的顺序做了调整。主要有两点：把①静电能和②恒定电流场及其边值条件从第四章提前到第一章，从而电动势的概念也可在第三章用到之前先出现。此外，增补了习题答案。

作者感谢指出本书第一版中错误的所有教师和学生。

作者

2006年6月

序

从教学顺序上看,本书是《新概念物理教程》中的第三卷。全套书各卷的编写和改革思路是一脉相承的,但根据内容的特点,各卷的情况有所不同。继力学课之后,电磁学是普通物理系列中最重要的基础课。电磁学中最重要概念是“场”。场与质点不同,是在空间具有连续分布的客体,它的规律要从整体上去把握。场在空间的分布不一定直接与场源相联系,邻近各点之间场的分布也是紧密相关的。描述和处理“场”所需的概念(如通量、环量)和方法与学生过去熟悉的大不相同。学生在电磁学课中第一次系统地学到“场”的概念和处理“场”的方法。按现代物理学的观点,粒子不过是场的激发态,“场”的概念比“粒子”更基本。通过“场”产生相互作用的观点是与现代物理学的精神相通的。

我们曾在 20 多年前编写过一本《电磁学》教材,在全国范围内得到相当广泛的采用,并且沿用至今,势头未减。本书就是在那本书的基础上改写的。这次改写的时候我们面临的问题是保留什么?改什么?无疑,无论在内容的取舍、叙述的条理、概念的分析等方面,凡经得住教学实践的考验,而用现代的观点审视又不陈旧过时的,都应该保留。在本套《新概念物理教程》中,作为现代的观点,强调了对称性原理和守恒量的应用。对称性分析在普通物理各门课里要数电磁学中用得最多,但过去的讲法以具体的物理定律(如库仑定律、毕奥-萨伐尔定律)为据,就事论事地讨论问题,而未从层次更高的对称性原理出发,做更简洁、普适性更广的讨论。这次成书时我们改过来了。此外,过去镜像对称性这一威力强大的武器几乎没被利用过,本书中我们强调了这方面的应用。至于守恒量,电磁学从来就重视电势与能量的讨论,但局限于标势,对磁矢势介绍得很少,并且对电磁动量与磁矢势的关系基本上未涉及到。这次成书时我们增加了有关内容。再者,本书对原书的章节做了些合并与调整,使相关内容(如电介质和磁介质,直流电路与交流电路)叙述起来更紧凑。对一些太技术性的问题和过时的仪器设备做了删除。电磁学的历史,从麦克斯韦算起少说也有 150 年了,至今生命力不衰。本书对电磁学的前沿要不要有更多的反映?经典电磁学的前沿早已成为应用性学科,如电工学、电子学的内容,在基础物理课中不宜过多介绍。量子方面呢?在这些问题中多涉及量子力学的基本概念,除了新闻式的报导外,很难对未学过量子力学或《新概念物理教程·量子物理》卷的学生,做稍微本质一点的介绍。加之本卷《电磁学》已经很厚了,这方面的内容只好割爱。

本卷《电磁学》在《新概念物理教程》各卷中也许显得比传统的变化少了一些。我们发现费曼在他著名的《物理学讲义》序言中有这样的话：“……尽管我想，就物理内容而言，第一年课程制订得还相当满意。第二年我就不那么满意了。课程的前半部分讨论的是电和磁，我想不出什么比通常更令人激动的独特而不同的方式去讲述。”可能这就是实际情况，我们应当尊重。在教学改革中实事求是的精神是很必要的。

《电磁学》原书是两人共同编写的。本卷的改写，陈熙谋除对整体参与了一些重要意见和提供一些片段外，主要重写了第五章，其余工作由赵凯华完成。

作者

2002年炎暑

目 录

第一章 静电场 恒定电流场	1
§ 1. 静电的基本现象和基本规律	1
1.1 两种电荷	1
1.2 静电感应 电荷守恒定律	2
1.3 导体、绝缘体和半导体	3
1.4 物质的电结构	4
1.5 库仑定律	5
§ 2. 电场 电场强度	7
2.1 电场	7
2.2 电场强度矢量 E	8
2.3 电场线	10
2.4 电场强度叠加原理	12
2.5 电荷的连续分布	14
2.6 带电体在电场中受的力及其运动	16
2.7 场的概念	18
§ 3. 高斯定理	20
3.1 立体角	20
3.2 电通量	21
3.3 高斯定理的表述及证明	22
3.4 球对称的电场	24
3.5 轴对称的电场	27
3.6 无限大带电平面的电场	28
3.7 从高斯定理看电场线的性质	30
§ 4. 电势及其梯度	31
4.1 静电场力所作的功与路径无关	31
4.2 电势与电势差	34
4.3 电势叠加原理	37
4.4 等势面	38
4.5 电势的梯度	39
4.6 电偶极层	42
§ 5. 静电场中的导体	44
5.1 导体的平衡条件	44
5.2 导体上的电荷分布	46
5.3 导体壳(腔内无带电体情形)	49
5.4 导体壳(腔内有带电体情形)	53
§ 6. 静电能	54
6.1 点电荷之间的相互作用能	54

6.2 电荷连续分布情形的静电能	59
6.3 电荷在外电场中的能量	60
§ 7. 电容和电容器	62
7.1 孤立导体的电容	62
7.2 电容器及其电容	62
7.3 电容器储能(电能)	64
§ 8. 静电场边值问题的唯一性定理	66
8.1 问题的提出	66
8.2 几个引理	67
8.3 叠加原理	68
8.4 唯一性定理	68
8.5 静电屏蔽	69
8.6 电像法	70
§ 9. 恒定电流场	71
9.1 电流密度矢量	71
9.2 欧姆定律的微分形式	72
9.3 电流的连续方程	73
9.4 两种导体分界面上的边界条件	74
9.5 电流线在导体界面上的折射	76
9.6 非静电力与电动势	77
9.7 恒定电场对电流分布的调节作用	78
本章提要	80
思考题	83
习题	88
第二章 恒磁场	98
§ 1. 磁的基本现象和基本规律	98
1.1 磁的库仑定律	98
1.2 电流的磁效应	100
1.3 安培定律	103
1.4 电流单位——安培	108
§ 2. 磁感应强度 毕奥-萨伐尔定律	109
2.1 磁感应强度矢量 \mathbf{B}	109
2.2 毕奥-萨伐尔定律	111
2.3 载流直导线的磁场	112
2.4 载流圆线圈轴线上的磁场	113
2.5 载有环向电流的圆筒在轴线上产生的磁场	116
§ 3. 安培环路定理	120
3.1 载流线圈与磁偶极层的等价性	120
3.2 安培环路定理的表述和证明	121
3.3 磁感应强度 \mathbf{B} 是轴矢量	123

3.4 安培环路定理应用举例	123
§4. 磁场的“高斯定理” 磁矢势	126
4.1 磁场的“高斯定理”	126
4.2 磁矢势	128
§5. 磁场对载流导线的作用	134
5.1 安培力	134
5.2 平行无限长直导线间的相互作用	134
5.3 矩形载流线圈在均匀磁场中所受力矩	135
5.4 载流线圈的磁矩	136
5.5 磁偶极子与载流线圈的等价性	138
5.6 直流电动机基本原理	139
5.7 电流计线圈所受磁偏转力矩	140
§6. 带电粒子在磁场中的运动	141
6.1 洛伦兹力	141
6.2 洛伦兹力与安培力的关系	143
6.3 带电粒子在均匀磁场中的运动	144
6.4 荷质比的测定	146
6.5 回旋加速器的基本原理	148
6.6 霍耳效应	150
6.7 等离子体的磁约束	152
本章提要	154
思考题	157
习题	159
第三章 电磁感应 电磁场的相对论变换	168
§1. 电磁感应定律	168
1.1 电磁感应现象	169
1.2 法拉第定律	172
1.3 楞次定律	175
1.4 涡电流和电磁阻尼	176
§2. 动生电动势和感生电动势	179
2.1 动生电动势	179
2.2 交流发电机原理	181
2.3 感生电动势 涡旋电场	182
2.4 电子感应加速器	184
§3. 磁矢势与磁场中带电粒子的动量	185
3.1 磁场中带电粒子的“势动量”	185
3.2 磁场中带电粒子的动量守恒定律	186
3.3 电流元相互作用何时服从牛顿第三定律?	189
3.4 磁矢势 \mathbf{A} 和磁感应强度 \mathbf{B} 哪个更基本?	191
§4. 电磁场的相对论变换	192

4.1 问题的提出	192
4.2 相对论力学的若干结论	193
4.3 电荷的不变性和洛伦兹力公式的协变性	194
4.4 电磁场的变换公式	196
4.5 运动点电荷的电场	201
4.6 运动点电荷的磁场	203
4.7 对特鲁顿-诺伯实验零结果的解释	205
§ 5. 互感和自感	206
5.1 互感系数	206
5.2 自感系数	209
5.3 两个线圈串联的自感系数	212
5.4 自感磁能和互感磁能	213
本章提要	215
思考题	216
习 题	218
第四章 电磁介质	224
§ 1. 电介质	224
1.1 电介质的极化	224
1.2 极化的微观机制	225
1.3 极化强度矢量 \mathbf{P}	227
1.4 退极化场	229
1.5 极化率	231
1.6 电位移矢量 \mathbf{D} 有电介质时的高斯定理 介电常量	232
§ 2. 磁介质(一)——分子电流观点	235
2.1 磁介质的磁化	235
2.2 磁化强度矢量 \mathbf{M}	237
2.3 磁介质内的磁感应强度矢量 \mathbf{B}	239
2.4 磁场强度矢量 \mathbf{H} 有磁介质时的安培环路定理	240
§ 3. 磁介质(二)——磁荷观点	242
3.1 磁介质的磁化 磁极化强度矢量 \mathbf{J}	242
3.2 磁荷分布与磁极化强度矢量 \mathbf{J} 的关系	243
3.3 退磁场与退磁因子	244
3.4 安培环路定理 高斯定理	247
3.5 磁感应强度矢量 \mathbf{B}	248
3.6 磁化率和磁导率	249
§ 4. 磁介质两种观点的等效性	250
4.1 电流环与磁偶极子的等效性	250
4.2 基本规律的等效性	252
4.3 磁介质棒问题上两种观点的对比	253
4.4 小结	254

§ 5. 磁介质的磁化规律和机理 铁电体	255
5.1 磁介质的分类	255
5.2 顺磁质和抗磁质	256
5.3 铁磁质的磁化规律	259
5.4 磁滞损耗	262
5.5 铁磁质的分类	263
5.6 铁磁质的微观结构和磁化机理	265
5.7 铁电体 压电效应及其逆效应	267
§ 6. 电磁介质界面上的边界条件 磁路定理	268
6.1 两种电介质或磁介质分界面上的边界条件	268
6.2 有介质情形的边值问题的唯一性定理	270
6.3 电场线和磁感应线在界面上的折射	271
6.4 磁路定理	272
6.5 磁屏蔽	276
§ 7. 电磁场能	277
7.1 电场的能量和能量密度	277
7.2 磁场的能量和能量密度	279
本章提要	282
思考题	284
习题	287
第五章 电路	298
§ 1. 恒定电路中的电场和电源	298
1.1 电源的电动势、内阻和路端电压	298
1.2 化学电源	300
1.3 温差电	302
§ 2. 各种导体的导电机制	306
2.1 金属导电的经典电子论	306
2.2 线性与非线性导电规律	309
2.3 气体导电	310
§ 3. 恒定电路计算	314
3.1 电阻的串联和并联	314
3.2 简单电路举例	315
3.3 基尔霍夫定律	317
3.4 复杂电路举例	319
3.5 电压源与电流源 等效电源定理	321
§ 4. 暂态过程	323
4.1 LR 电路的暂态过程	324
4.2 RC 电路的暂态过程	326
4.3 微分电路和积分电路	328
4.4 LCR 电路的暂态过程	329

§ 5. 交流电概述	331
5.1 各种形式的交流电	331
5.2 描述简谐交流电的特征量	333
§ 6. 交流电路中的元件	335
6.1 概 述	335
6.2 交流电路中的电阻元件	336
6.3 交流电路中的电容元件	336
6.4 交流电路中的电感元件	338
§ 7. 矢量图解法	339
7.1 简谐量合成的矢量图解法	340
7.2 串联电路	340
7.3 并联电路	341
7.4 串、并联电路的一些应用	341
§ 8. 复数解法	344
8.1 复电压、复电流和复阻抗、复导纳的概念	344
8.2 串、并联电路的复数解法	345
8.3 交流电桥	346
8.4 交流电路的基尔霍夫方程组及其复数形式	347
8.5 有互感的电路计算	350
§ 9. 交流电功率	351
9.1 瞬时功率与平均功率 有效值和功率因数	351
9.2 有功电流与无功电流 提高功率因数的第一种作用	354
9.3 视在功率和无功功率 提高功率因数的第二种作用	355
9.4 有功电阻和电抗	356
9.5 电导和电纳	357
9.6 损耗角(δ)和耗散因数($\tan\delta$)	358
9.7 实际电抗元件的两种等效电路	358
§ 10. 谐振电路	359
10.1 串联谐振现象 谐振频率和相位差	359
10.2 储能和耗能 Q 值的第一种意义	361
10.3 频率的选择性 Q 值的第二种意义	361
10.4 电压的分配 Q 值的第三种意义	363
10.5 并联谐振电路	364
§ 11. 变压器	365
11.1 理想变压器	365
11.2 电压变比公式	366
11.3 空载电流 电流变比公式	367
11.4 输入和输出等效电路	369
11.5 阻抗匹配	370
11.6 变压器的用途	371

§ 12. 三相交流电	372
12.1 什么是三相交流电? 相电压与线电压	372
12.2 三相电路中负载的联接	373
12.3 三相电功率	375
12.4 三相电产生旋转磁场	376
12.5 三相感应电动机的运行原理、结构和使用	379
本章提要	380
思考题	385
习题	390
第六章 麦克斯韦电磁理论 电磁波 电磁单位制	401
§ 1. 麦克斯韦电磁理论	401
1.1 位移电流	401
1.2 麦克斯韦方程组	406
1.3 边界条件	408
§ 2. 电磁波理论	410
2.1 平面电磁波的解	410
2.2 平面电磁波的性质	413
2.3 光的电磁理论	414
§ 3. 电磁场的能流密度与动量	416
3.1 电磁场的能量原理和能流密度矢量	416
3.2 带电粒子的电磁辐射	418
3.3 偶极振子的辐射	421
3.4 电磁场的动量 光压	423
§ 4. 电磁波的产生	425
4.1 从电磁振荡到电磁波	425
4.2 赫兹实验	427
4.3 电磁波的演示	428
4.4 电磁波谱	430
4.5 牛顿宇宙观的瓦解	432
§ 5. 能量在电路里的传播	432
5.1 能量在直流电路里的传播	432
5.2 交流电路里的趋肤效应	434
§ 6. 准恒电路和迅变电磁场	436
6.1 准恒条件和集总参量	437
6.2 高频时杂散参量的处理	438
6.3 传输线和电报方程	439
6.4 微波的特点	443
§ 7. 电磁单位制	444
7.1 单位制和量纲	444
7.2 电磁单位与电磁公式	444

7.3 绝对单位制	448
7.4 国际单位制	451
7.5 各单位制中公式的对比	452
7.6 各单位制间单位的转换	454
本章提要	456
思考题	459
习 题	460
附录 A 矢量的乘积和对称性 立体角 曲线坐标系	463
1. 矢量的标积	463
2. 矢量的矢积	463
3. 矢量的三重积	464
4. 矢量的镜像反射对称性 极矢量和轴矢量	466
5. 立体角	467
6. 一般正交曲线坐标系的概念	468
7. 柱坐标系	469
8. 球坐标系	470
附录 B 向量分析提要	473
1. 标量场和矢量场	473
2. 标量场的梯度	474
3. 矢量场的通量和散度 高斯定理	475
4. 矢量场的环量和旋度 斯托克斯定理	478
5. 一些公式	482
6. 矢量场的类别和分解	482
附录 C 二阶常系数微分方程	484
附录 D 复数的运算	487
1. 复数的表示法	487
2. 复数的四则运算	488
3. 欧拉公式	489
4. 简谐量的复数表示	489
习题	491
习题答案	492
索引	504

第一章 静电场 恒定电流场

§ 1. 静电的基本现象和基本规律

1.1 两种电荷

在很早的时候,人们就发现了用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛、头发等轻小物体。后来发现,摩擦后能吸引轻小物体的现象,并不是琥珀所独有的,像玻璃棒、火漆棒、硬橡胶棒、硫磺块或水晶块等,用毛皮或丝绸摩擦后,也都能吸引轻小物体(图 1-1)。

物体有了这种吸引轻小物体的性质,就说它带了电,或有了电荷。带电的物体叫带电体。

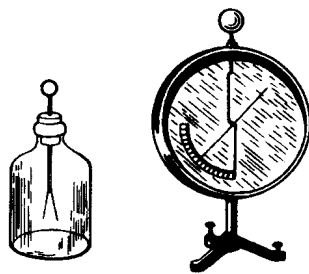
使物体带电叫做起电。用摩擦方法使物体带电叫做摩擦起电。

实验指出,两根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒互相排斥;两根用绸子摩擦过的玻璃棒也互相排斥;可是,用毛皮摩擦过的硬橡胶棒与用绸子摩擦过的玻璃棒互相吸引,这表明硬橡胶棒上的电荷和玻璃棒上的电荷是不同的。实验证明,所有其它物体,无论用什么方法起电,所带的电荷或者与玻璃棒上的电荷相同,或者与硬橡胶棒上的电荷相同。所以,自然界中只存在两种电荷;而且,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

物体所带电荷数量的多少,叫做电荷量,简称电量。测量电量的最简单的仪器是验电器,其构造如图 1-2a 所示,在玻璃瓶上装一橡胶塞,塞中插一根金属杆,杆的上端有一金属球,下端有一对悬挂的金箔(或铝箔)。当带电体和金属杆上端的小球接触时,就有一部分电荷传到金属杆下端的两块金箔上,它们就因带同种电荷互相排斥而张开,所带的电荷愈多,张角就愈大。为了便于定量地确定电荷的多少,还可用静电计来测量。静电计是在金属外壳中绝缘地安装一根金属杆,在金属杆上安装一根可以偏转的金属指针,并在杆的下端装一个弧形标度尺来显示指针偏转的角度,如图 1-2b 所示。静电计其实是测量电势的仪器。为了定量地测量电量,需在静电计的金属杆上接一金属圆筒(叫做法拉第圆筒)。要测量的电荷应与圆筒的内表面接触,



图 1-1 摩擦起电



a 验电器 b 静电计
图 1-2 测量电量的装置

其测量原理要用到本章 5.3 节所述的导体壳的静电平衡性质。

如果静电计原已带了电,我们再把同种电荷加到它上面,指针的偏转角就会增大;把异种电荷逐渐加上去,就会看到指针的偏转角开始时缩小,减到 0 之后又复张开,这时它所带的是后加上那种电荷。这些事实表明,两种电荷像正数和负数一样,同种的放在一起互相增强,异种的放在一起互相抵消。为了区别两种电荷,我们把其中的一种(用绸子摩擦过的玻璃棒所带的电荷)叫做正电荷^①,另一种(用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷)叫做负电荷,它们的数量分别用正数和负数来表示,电荷的正、负本来是相对的,把两种电荷中的哪一种叫做“正”,哪一种叫做“负”,本是任意的。上述命名法历史上是由夫兰克林首先提出来的,国际上一直沿用到今天。

正、负电荷互相完全抵消的状态叫做中和。下面我们将从物质的微观结构看到,任何所谓不带电的物体,并不意味着其中根本没有电荷,而是其中具有等量异号的电荷,以致其整体处在中和状态,所以对外界不呈现电性。

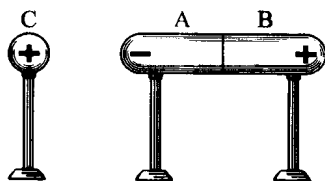
实验表明,摩擦起电还有一个重要的特点,就是相互摩擦的两个物体总是同时带电的,而且所带的电荷等量异号。

1.2 静电感应 电荷守恒定律

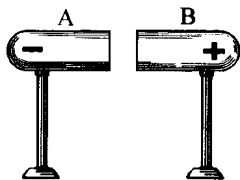
另一种重要的起电方法是静电感应。如图 1-3 所示,取一对由玻璃柱支持着的金属柱体 A 和 B,它们起初彼此接触,且不带电。

当我们把另一个带电的金属球 C 移近时,将发现 A、B 都带了电,靠近 C 的柱体 A 带的电荷与 C 异号,较远的柱体 B 带的电荷与 C 同号(图 1-3a)。这种现象叫做静电感应。如果先把 A、B 分开,然后移去 C,则发现 A、B 上仍保持一定的电荷(图 1-3b)。最后如果让 A、B 重新接触,它们所带的电荷就全部消失(图 1-3c)。这表明,A、B 重新接触前所带的电荷是等量异号的。

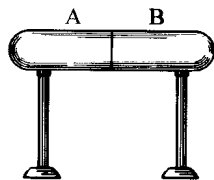
摩擦起电和静电感应的实验表明,起电



a 将带电体 C 移近 A、B



b 将 A、B 分开后,移去 C



c A、B 重新接触

图 1-3 静电感应

^① 近年来有人做实验发现,如果玻璃棒的温度较高,或者玻璃棒表面较粗糙,摩擦时造成局部温度较高,玻璃棒上会产生负电荷。

过程是电荷从一个物体(或物体的一部分)转移到另一物体(或同一物体的另一部分)的过程。摩擦起电时,某种电荷从一物体转移至另一物体,从而使两物体的中和状态都遭到破坏,各显电性。譬如在负电荷转移的过程中,失去它的一方带上正电,获得它的一方带上负电,因此两物体带上等量异号的电荷。在静电感应的现象里也是一样,把带电体 C 移近时,金属柱体 A 和 B 中与 C 同号的电荷被排斥,异号电荷被吸引,于是在 A、B 之间发生了电荷的转移,使它们带上等量异号的电荷。

从以上一些事实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转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分,也就是说,在任何物理过程中,电荷的代数和是守恒的。这个定律叫做电荷守恒定律。电荷守恒定律不仅在一切宏观过程中成立,近代科学实践证明,它也是一切微观过程(如核反应和“基本”粒子过程)所普遍遵守的^①。它是物理学中普遍的基本定律之一。

1.3 导体、绝缘体和半导体

如果使带电体同玻璃棒的某个地方接触,玻璃棒的那个地方就带上电荷,可是别的地方仍旧不带电。如果使带电体同金属物体的某个地方(例如验电器中金属杆上端的球)接触,那么,不仅接触的地方带电,而且金属物体的其它部分(如金属杆下端的金箔)也带上了电。图 1-3 中金属柱体 A、B 因静电感应而带的电荷并不会沿玻璃支柱跑掉,但是当它们重新接触时,两边的电荷却能跑到一起而中和。

从许多这类实验中可以得到一个结论,就是按照电荷在其中是否容易转移或传导,习惯上可以把物体大致分成两类:(1) 电荷能够从产生的地方迅速转移或传导到其它部分的那种物体,叫做导体;(2) 电荷几乎只能停留在产生的地方的那种物体,叫做绝缘体。金属、石墨、电解液(酸、碱、盐类的水溶液)、人体、地、电离了的气体等都是导体;玻璃、橡胶、丝绸、琥珀、松香、硫磺、瓷器、油类、未电离的气体等都是绝缘体。

应当指出,这种分类不是绝对的,导体和绝缘体之间并没有严格的界限。在一定的条件下物体转移或传导电荷的能力(称为导电能力)将发生变

^① 举个突出的例子来说明,高能光子(γ 射线)和原子核相碰时,会产生一对正负电子(电子对的产生);反之,当一对正负电子互相靠近时会融合而消失,在消失处产生 γ 辐射(电子对的湮没)。光子不带电,正负电子所带的电荷等量异号,故在此微观过程中尽管粒子产生或消灭了,但过程前后电荷的代数总和仍没有变。这便是在微观领域内对电荷不被创造、不被消灭的新理解。