



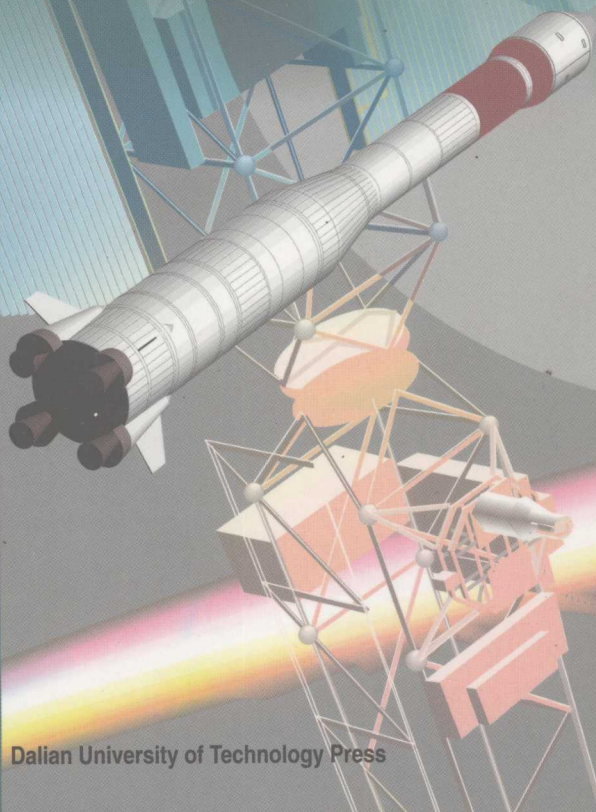
‘九五’军队级重点教材
军队院校统编教材

大学物理

第二册

基础物理 下

周茂堂 / 主编



大连理工大学出版社

Dalian University of Technology Press

‘九五’军队级重点教材
军队院校统编教材

大学物理

第二册

基础物理(下)

江苏工业学院图书馆

藏书章

主编

周茂堂教授

(以姓氏笔画为序)

邓海模教授

昆明陆军学院

卢国生教授

郑州防空兵学院

左武魁教授

空军长春飞行学院分院

任文辉副教授

西安通信学院

陈心中教授

汽车管理学院

杜国梁教授

防化指挥工程学院

周茂堂教授

海军大连舰艇学院

赵洪先副教授

徐州工程兵指挥学院

赖忠干教授

海军潜艇学院

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理(第二册)/周茂堂主编. —大连:大连理工大学出版社, 2001. 1 (2002. 1 重印)

‘九五’军队级重点教材 军队院校统编教材

ISBN 7-5611-1865-1

I. 大… II. 周… III. 物理学-军事院校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 57450 号

大连理工大学出版社出版发行

大连市凌水河 邮政编码 116024

电话:0411-4708842 传真:0411-4701466

E-mail:dutp@mail.dlptt.ln.cn

URL:<http://www.dutp.com.cn>

大连业发印刷有限公司印刷

开本:787 毫米×960 毫米 1/16 字数:284 千字 印张:15

印数:6001—10000 册

2001 年 1 月第 1 版

2002 年 1 月第 2 次印刷

责任编辑:赵 静 徐怀书

责任校对:杨 泳

封面设计:王副刚

定价:40.00 元(本册 15.00 元)

前言

本书被中国人民解放军总参军训部定为“九五”军队级重点教材和军队院校统编教材。在总参军训部的具体指导和大力支持下,由物理课程教学指导专家组的来自九所院校的教授历时三年编著而成。

在编著过程中,始终遵循国家教育部对精品教材的质量要求和总参军训部关于教材质量要注重“思想性、先进性、针对性、科学性、实践性”的指示。在内容选择上是依据教育部和总参军训部关于工科大学物理教学基本要求进行的,同时考虑到现代军事高科技条件下军事人才对某些物理知识的特殊需求;在注意到与中学内容相衔接的前提下,提高了教学起点;与以往教材相比,在继承其优秀成果的基础上,按照循序渐进的原则,根据物理学的发展与中央军委对新时期军事人才培养目标的要求而将教材体系和内容作了必要的调整;在经典物理与近代物理的关系上,沿着精讲经典、加强近代、紧密联系军事高科技前沿的写作思路选择题材。全书共十八章,前十二章为基础物理,后六章为军事物理。这样,便通过军事物理把包含许多物理学最新进展在内的近代物理教学直接延伸到了军事高科技领域,使教材内容充满了现代感,从而解决了物理教学内容现代化与学时不足的矛盾。本书很重视让读者在学习知识的同时去领悟科学家们在科学方法论方面表现出来的创造精神和思维方式。这十八章中有十章属于经典物理,有八章属于近代物理。编著者希望这部教材能够有助于提高读者知识结构中的理性深度和培育先进的科学理念,从而有利于素质教育这一根本目标。

这套教材既适用于全军院校各生长军官专业本科,也适用于大学专科,二者有共同的内容,有些章节大专可以不讲,或讲得少一点(将另文说明)。基础物理部分应当多于100学时,130至140学时更好一些,各院校可根据本单位物理学时的多少灵活掌握。军事物理中大部分内容达到定性理解就可以了,主要是扩大知识面,为学员从物理学原理的高度去理解和掌握军事高科技奠定基础。可以采取讲授、学员自己阅读与课堂集体答疑、讨论相结合等作法,大约需要30至40学时。

本书由清华大学陈信义教授和国防科技大学李承祖教授联合主审,并有空军长春飞行学院宋庆峰教授、海军广州舰艇学院林励平副教授,大连陆军学院于华大副教授、大连理工大学唐福深教授参加了审定。专家们对本书首次将介观物理引入普通物理教学及首次提出并设立了军事物理、全书内容编排及教材的科学性、严密性、先进性、教学适用性等方面都给予了很高的评价。编著者十分感谢评委们对本书的评价和所提出的宝贵建议。北京大学阎守胜教授对第十四章“介观物理基础”

书稿提出了若干宝贵的意见,编著者在此深表谢意。

编著者特别要感谢总参军训部、海军院校部、作为负责院校的海军大连舰艇学院以及各位编著者所在单位的各级首长与教研室的领导和同志们给予的关心和支持;杨秀庭、李军、孙光明、樊玉伟、邹来智、于龙成、申岳国等同志在书稿录入计算机和绘制插图过程中付出了大量艰苦的劳动;刘波、张树昆、吴秀芹参加了配套使用的若干习题的编写工作,为提高教材的使用效果做了有益的工作。

由于参编人员水平所限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便日后修订时改正,使之日臻完善。

编者

2000.10.20

目 录

目 录	
第七章 静电场	1
7.1 库仑定律	1
一、电荷守恒定律	1
二、库仑定律	2
7.2 电场强度	3
一、电 场	4
二、电场强度	4
三、场强的叠加原理	4
四、场强的计算	5
7.3 高斯定理	10
一、电力线	10
二、电通量	11
三、高斯定理	12
四、高斯定理的应用	13
7.4 电势 电势梯度	15
一、电场力的功	16
二、电势	17
三、电势的计算	18
四、电场强度和电势梯度的关系	21
7.5 静电场中的导体与电介质	24
一、静电场中的导体	24
二、静电场中的电介质	27
7.6 电容器的电容 电场的能量	33
一、电容和电容器	33
二、静电场的能量	35
7.7 稳恒电流	38
一、电流形成的条件	38
二、电流密度	38

三、欧姆定律的微分形式	40
现代技术——燃料电池和太阳能电池	41
习题	42
第八章 磁 场	46
8.1 磁场 磁感应强度	46
一、磁现象	46
二、磁场和磁感应强度	46
8.2 磁场的高斯定理	48
一、磁感应线	48
二、磁通量	48
8.3 毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律	50
一、毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律	50
二、运动电荷的磁场	51
三、毕奥-萨伐尔-拉普拉斯定律的应用	52
8.4 磁场强度与安培环路定理	55
一、磁场强度	55
二、安培环路定理	56
三、安培环路定理的应用	58
8.5 磁场对运动电荷的作用——洛伦兹力	61
一、洛伦兹力	61
二、带电粒子在磁场中的运动	61
三、霍尔效应	62
四、质谱仪	64
五、回旋加速器	64
8.6 磁场对电流的作用	66
一、安培定律	66
二、匀强磁场中安培定律的应用	66
三、非匀强磁场中安培定律的应用	67
四、在匀强磁场中的平面载流线圈	68
五、磁力的功	70
8.7 物质的磁性	72
一、电子的旋转进动与附加磁矩 分子电流与分子磁矩	72
二、顺磁质	73
三、抗磁质	73

四、铁磁质	73
五、磁效应在军事上的应用	76
悬而未决的问题:磁单极	76
习题	78
第九章 电磁感应	82
9.1 电磁感应的基本定律	82
一、电磁感应现象的发现	82
二、法拉第电磁感应定律	83
三、楞次定律	84
9.2 动生电动势和感生电动势	86
一、动生电动势	86
二、感生电动势	87
三、电子感应加速器	90
四、涡电流	91
9.3 自感和互感	93
一、自感现象	93
二、互感现象	94
9.4 磁场的能量	97
习题	100
第十章 麦克斯韦电磁场理论	103
10.1 位移电流	103
一、问题的提出	103
二、位移电流假说	104
10.2 麦克斯韦方程组的积分形式和微分形式	106
一、麦克斯韦方程组的积分形式	106
二、麦克斯韦方程组的微分形式	109
10.3 电磁场是物质的一种形态	111
10.4 电磁场的相对性	112
习题	113
第十一章 电磁辐射的波动理论	114
11.1 电磁波的波动方程	114
一、真空中电磁波的波动方程	114

87	二、真空中平面简谐电磁波	115
87	三、真空中电磁波的能量和动量	116
87	11.2 电磁波的辐射	118
87	一、真空中经典振荡电偶极子辐射	120
	二、天线辐射	122
88	三、电磁波谱	123
88	11.3 电磁波的传播	124
88	一、电磁波在均匀电介质中的传播	125
88	二、电磁波在金属导体和等离子体中的传播	128
88	11.4 电磁波的反射和折射	130
88	一、垂直于界面入射时的反射和透射	131
88	二、斜入射时的反射和折射	133
88	11.5 电磁波的散射和多普勒效应	134
88	一、电磁波的散射	134
88	二、电磁波的多普勒效应	135
88	11.6 光的相干性、光程和光程差	137
88	一、光波的叠加	138
88	二、获得相干光的一般方法	140
88	三、光程 光程差	140
88	11.7 分波阵面干涉	141
88	一、杨氏双缝干涉	141
88	二、光的空间相干性和时间相干性	143
88	11.8 分振幅法干涉(薄膜干涉)	145
88	一、平行平面薄膜产生的干涉	145
88	二、劈尖(楔形薄膜)干涉	148
88	三、牛顿环	150
88	四、迈克耳孙干涉仪	151
88	11.9 光的衍射	152
88	一、光的衍射现象	152
88	二、惠更斯-菲涅耳原理	153
88	三、夫琅和费单缝衍射	153
88	11.10 光栅衍射	157
88	一、光栅的构造	157
88	二、光栅衍射的光强公式	157
88	三、光栅衍射条纹	159

891	四、X射线的衍射	161
92	11.11 圆孔的夫琅和费衍射	162
105	一、圆孔的夫琅和费衍射	162
805	二、光学仪器的分辨本领	163
805	11.12 光的偏振现象	164
405	一、偏振光和自然光	165
305	二、偏振片起偏和检偏	166
305	三、马吕斯定律	167
305	四、光的反射和折射起偏	168
705	五、布儒斯特定律	168
805	六、玻璃片堆起偏和布儒斯特窗	169
905	11.13 光的双折射	170
015	一、光的双折射现象 寻常光和非常光	170
515	二、双折射现象的起因	171
615	三、人为双折射现象	172
415	四、通过双折射获得椭圆偏振光和圆偏振光	174
315	五、分振动面法——偏振光的干涉	175
815	11.14 旋光现象	177
915	一、晶体和溶液的旋光性	177
055	二、磁致旋光	178
255	11.15 热辐射	178
355	一、热辐射的机理	178
855	二、基尔霍夫定律	179
	三、经典物理在黑体辐射问题上的失败	180
	习题	182
	第十二章 量子物理	188
	12.1 普朗克能量量子化假说	188
	12.2 爱因斯坦的光量子假说	191
	12.3 康普顿效应	193
	12.4 原子的定态与量子跃迁	195
	一、原子的线状光谱与里兹并合原则	195
	二、原子的有核模型及玻尔理论中的两个重要概念	196
	12.5 德布罗意波	197
	一、德布罗意波粒二象性假说	197

第七章 静电场

任何静止的和运动的电荷周围都存在着电场。相对于观察者,静止的电荷在其周围所产生的电场称为静电场。本章的主要内容是研究静电场的基本性质和规律,以及静电场与物质间的相互作用。

7.1 库仑定律

一、电荷守恒定律

1. 电荷的量子化

美国物理学家富兰克林第一个提出了正电荷和负电荷这两个概念。大量的实验证明,自然界只存在两种电荷,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

近代物理学的发展,使我们对物质的结构有了深入的认识,从而对带电现象有了更为本质的了解。一切物质都是由原子组成的,原子又是由带正电的原子核和带负电的电子所组成。原子核中有质子和中子,中子不带电,质子带正电。一个质子所带电量(electric quantity)和一个电子所带电量的数值相等,符号相反。通常用 e 代表一个质子的电量,则一个电子的电量就是 $-e$ 。由实验测得:

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$$

其中 C(库仑)是电荷的 SI 单位,且为导出单位。

在正常情况下,原子核中有几个质子,核外就有几个电子,整个原子所带电量的代数和为零,因而对外不呈现电性。图 7.1.1 是原子结构的示意图。

物体在一定外界条件下,一部分核外电子摆脱了原子核的束缚,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,这时物体或物体的一部分就会因为失去或得到电子使得电子的总数和质子的

总数不再相等,从而对外呈现电性。失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电。

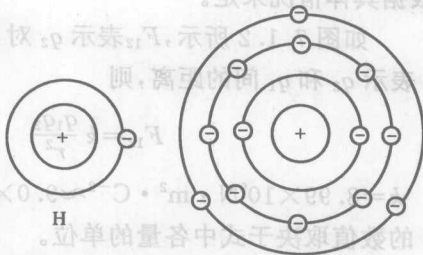


图 7.1.1 原子结构示意图

实验表明,任何物体所带电量均是基本电荷 e 的整数倍。因而电荷的量值是不连续的,只能取一系列分立值,即电荷是量子化的。1964 年,盖尔曼和兹维格分别提出了强子结构的夸克模型,此后的近代物理实验历经数年努力,到 1977 年发现了五种夸克,1995 年又发现了顶夸克。理论预言还有反夸克存在。每一个夸克或反夸克可能带有 $\pm e/3$ 或 $\pm 2e/3$ 的电量,但这也并不破坏电荷量子化的规律,它是以 $e/3$ 为电荷量子的。况且由于夸克禁闭,迄今还没有在实验上发现处于自由状态的夸克。

2. 电荷守恒定律

总结各种电现象后,人们发现:电荷既不能被创生,也不能被消灭。它只能从一个物体转移到另一个物体,或者在一个物体内部移动。也就是说,在任何物理过程中,一个孤立系统内电荷的代数和是守恒的,这个结论就是电荷守恒定律(law of conservation of charge)。

近代科学实验证明,电荷守恒定律不仅在一切宏观过程中成立,而且被一切微观过程(例如核反应和基本粒子过程)所普遍遵守。电荷是在一切相互作用下都守恒的量,电荷守恒定律是物理学的基本定律之一。

二、库仑定律

18 世纪中期,人们才开始对电现象进行定量的研究。1785 年,库仑通过扭秤实验总结出两个静止点电荷之间相互作用的定量关系,即库仑定律。库仑定律只对两个点电荷静止的状态成立,所谓点电荷是指当带电体间的距离远远大于带电体自身的线度时的一种科学抽象,自然界中并不存在这种理想的点电荷,它与力学中的“质点”概念一样,只具有相对的意义。一个带电体是否可以作为点电荷看待,必须根据具体情况来定。

如图 7.1.2 所示, F_{12} 表示 q_2 对 q_1 的作用力的大小, r 表示 q_2 和 q_1 间的距离,则

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

k 的数值取决于式中各量的单位。

为了使电磁学中的公式比较简洁,令

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

其中 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, 称为真空介电常数。

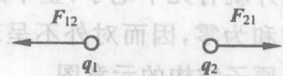


图 7.1.2 电荷间相互作用

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (7.1.1)$$

为了表示出作用力的方向,我们用 F_{12} 表示 q_2 对 q_1 的作用力, r_{12} 表示由 q_2 指向 q_1 的矢径,则库仑定律可以表示为

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} r_{12} \quad (7.1.2)$$

F_{12} 是否与 r_{12} 同向,还要看 q_1, q_2 的正负号。当下标对调时,由于 $r_{21} = -r_{12}$

故有

$$F_{21} = -F_{12}$$

即静止电荷之间的库仑力满足牛顿第三定律。

例 7.1 在氢原子内,电子和原子核之间的距离 $r = 0.529 \times 10^{-10} \text{m}$,试计算氢原子内电子和原子核之间的静电力和万有引力,并比较两者的大小。已知万有引力常数 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, 质子质量 $M = 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$, 电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$, 质子和电子所带电量的大小为 $q_1 = q_2 = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

解 根据库仑定律,电子和原子核间的静电力大小为

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.60 \times 10^{-19})^2}{(5.29 \times 10^{-11})^2} \\ &= 8.23 \times 10^{-8} (\text{N}) \end{aligned}$$

根据万有引力定律,电子与原子核间的万有引力大小为

$$\begin{aligned} F_m &= G \frac{M m_e}{r^2} \\ &= 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.29 \times 10^{-11})^2} \\ &= 3.64 \times 10^{-47} (\text{N}) \end{aligned}$$

库仑力和万有引力的比值为

$$\frac{F_e}{F_m} = 2.27 \times 10^{39}$$

可见在微观粒子的相互作用中,静电力远大于万有引力,因此,万有引力可以忽略不计。

7.2 电场强度

库仑定律仅指出两个点电荷之间相互作用的定量关系,而没有指出电荷间相互作用力是如何进行传递的。在法拉第之前,人们持有两种观点,一种观点认为相隔一定距离的两个电荷的相互作用不需要任何中介媒质来传递;电力的作用是即刻到达的,也不需要经历任何时间。这种作用方式可表示为

电荷 $\longleftrightarrow$ 电荷

即所谓超距作用。另一种观点是法拉第根据他对电磁现象的研究提出的近距作用学说,明确指出了电荷周围存在着“场”,电荷间的相互作用可以表示为

电荷 $\longleftrightarrow$ 电场 $\longleftrightarrow$ 电荷

麦克斯韦发展了法拉第的学说,提出了完整、普遍的电磁场理论,并进一步指出电磁场以光速 c 在空间中传播。法拉第的观点已被赫兹设计的实验所证实,因而,现在场的观点在物理学中占据统治地位。

一、电 场

场是物质的一种形态。理论和实践都表明,电磁场与由原子、分子组成的实物一样,具有能量、动量和质量,而且在场内进行的一切过程也和实物内进行的过程一样,遵从质量守恒、动量守恒和能量守恒等基本定律。但场和实物之间也有差异,两个实物不能占据同一空间,但是一个空间却可以同时存在许多不同的场而相互间没有影响,所以说场和实物是物质存在的两种不同形式。静电场不像其他实物那样能直接看得见,摸得到,但是可以从它的对外表现来发现它的存在。静电场的对外重要表现是:

- (1) 放入电场的任何带电体,都会受到电场力的作用;
- (2) 当带电体在电场中移动时电场力对带电体做功,这表明电场具有能量。因此,我们可以根据电场的上述对外表现,来研究它的性质。

二、电场强度

为了研究电场中各点的性质,我们选用带电量足够小、几何线度也足够小的试探电荷 q_0 ,把它静止地放置在电场中,测量它在各处所受到的电场力 F 。实验表明,对于电场中的任一固定点来说,比值 F/q_0 只与电场有关,而与试探电荷无关,它能表示电场内该点电场的强弱与方向性,这个比值反映了电场本身的性质,人们把它定义为电场强度(electric field strength),简称场强,用 E 表示,即

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (7.2.1)$$

这个定义表明,电场中某点的电场强度是一个矢量,其大小等于单位电荷在该点所受到的电场力的大小,其方向与正电荷在该点所受到的电场力的方向一致。

在国际单位制(SI)中,力的单位是牛顿(N),电量的单位是库仑(C),所以场强的单位是牛顿/库仑(N/C),也可写成伏特/米(V/m)。

三、场强的叠加原理

在由 n 个静止点电荷 $q_1, q_2, \dots, q_n$ 所形成的场中 P 点,放置一试探电荷 q_0 。根据

力的叠加原理,试探电荷 q_0 所受的合力 F ,等于各点电荷单独存在时作用于试探电荷 q_0 的力 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 的矢量和,即

$$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

两边除以 q_0 得

$$\frac{F}{q_0} = \frac{F_1}{q_0} + \frac{F_2}{q_0} + \dots + \frac{F_n}{q_0}$$

由(7.2.1)式知 F/q_0 代表总场强,则

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad (7.2.2)$$

由此可见,电场中某点的总场强,等于各个点电荷单独存在时在该点的场强的矢量和,见图 7.2.1,这就是场强叠加原理。利用这个原理,我们可以计算任意点电荷系或带电体的场强。

图 7.2.1 电场叠加原理

四、场强的计算

(一)点电荷电场的场强

设在真空中有一点电荷 q ,试计算电场中与 q 相距 r 处一点 P 的电场强度,如图 7.2.2 所示。设想在 P 处放一试探电荷 q_0 ($q_0 > 0$),根据库仑定律, q_0 所受的力是

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^3} r$$

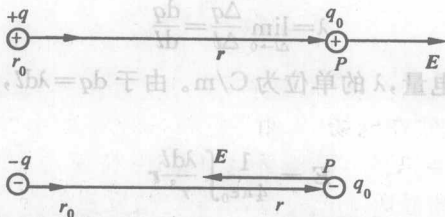


图 7.2.2 点电荷场强

式中 r 是由 q 到 P 点的矢径。按场强的定义, P 点的场强为

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^3} r \quad (7.2.3)$$

由(7.2.3)式可知,在点电荷 q 的电场中,任一点的场强大小,与点电荷的电量 q 成正比,与点电荷 q 到该点距离 r 的平方成反比。如果 $q > 0$,可知 E 与 r 同向;如果 $q < 0$,可知 E 与 r 反向。

(二)点电荷系电场中的场强

设电场是由 n 个点电荷 $q_1, q_2, \dots, q_n$ 共同产生的,各点电荷到 P 点的矢径分别为 $r_1, r_2, \dots, r_n$,由式(7.2.3),各点电荷在 P 点产生的场强分别为

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^3} \mathbf{r}_1, E_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^3} \mathbf{r}_2, \dots, E_n = \frac{q_n}{4\pi\epsilon_0 r_n^3} \mathbf{r}_n$$

根据场强叠加原理, P 点的总场强 E 等于这些点电荷分别在 P 点产生的场强的矢量和, 即

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i^3} \mathbf{r}_i = \frac{\mathbf{r}}{r^3} \sum_{i=1}^n q_i \quad (7.2.4)$$

(三) 任意带电体电场中的场强

对于电荷连续分布的带电体, 可认为该带电体的电荷是由许多无限小的电荷元 dq 组成的, 而每个电荷元都可以当做点电荷。设其中任意一个电荷元 dq 在 P 点产生的场强为

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} dq \frac{\mathbf{r}}{r^3}$$

式中 $\mathbf{r}$ 是从电荷元 dq 到场点 P 的矢径, 则整个带电体在 P 点所产生的总场强为

$$E = \int dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^3} \mathbf{r} \quad (7.2.5)$$

上式是矢量积分形式, 在具体运算时, 需先写出 dE 在选定的 x, y, z 三坐标轴上的分量式, 然后再积分。

在电荷连续分布的情况下, 常引入电荷密度的概念。若电荷分布在细长的线上 (所谓细线, 是指棒的粗细与棒到场点的距离相比, 小得可以忽略), 定义电荷线密度 λ 为

$$\lambda = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta l} = \frac{dq}{dl}$$

式中 dq 为线元 dl 上的电量, λ 的单位为 C/m 。由于 $dq = \lambda dl$, 所以全部线分布电荷在 P 点产生的场强为

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda dl}{r^3} \mathbf{r}$$

若电荷连续分布在一个平面或曲面上, 则定义电荷面密度 σ 如下:

$$\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} = \frac{dq}{dS}$$

式中 dq 为面积元 dS 上的电量, σ 的单位为 C/m^2 。由于 $dq = \sigma dS$, 所以全部面分布电荷在 P 点产生的场强为

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{\sigma dS}{r^3} \mathbf{r}$$

若电荷连续分布在一个体积内, 则定义电荷体密度 ρ 如下:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}$$

式中 dq 为体积元 dV 内的电量, ρ 的单位为 C/m^3 。由于 $dq = \rho dV$, 所以全部体分布