

高等学校教材

# 大学物理

## ——物理学照亮世界

(下册)

University  
Physics

主 编 杨少波  
副主编 张 翱 张春梅



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

014031666

高等学校教材

04-43

222

V2

# 大学物理

## ——物理学照亮世界

### (下册)

Daxue Wuli  
Wulixue Zhaoliang Shijie

主 编 杨少波  
副主编 张 翱 张春梅  
编 者 吴魏霞 张明长 李密丹 孟 涛 周 惠



咨询电话 400-810-0208  
网 址: <http://www.bep.com.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
<http://www.tandem.com>  
<http://www.tandem.com.cn>  
2014年2月第1版  
2014年2月第1次印刷  
35.40元

04-43  
222  
V2



北航

C1720224



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

333120110

物理学

## 内容提要

本书是基于教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)编写而成的。书中除基本覆盖了基本要求中的核心内容外,还介绍了伽利略、牛顿、爱因斯坦等大家建立科学理论的艰难历程,以及此过程中蕴含的科学思想和方法。另外,本书还特别介绍了一些物理学知识以及上述科学思想和方法在现实生活和生产中的精彩应用。学完本书后,相信大家将会更加深刻地理解,为什么联合国把2005年——国际物理年的主题定为“物理学照亮世界”。

本书可以作为高等学校“大学物理”课程的教材,也可以作为大学、中学物理教师,物理专业大学生或其他读者的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理:物理学照亮世界.下册/杨少波主编.

--北京:高等教育出版社,2014.2

ISBN 978-7-04-038659-2

I. ①大… II. ①杨… III. ①物理学-高等学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第251632号

策划编辑 缪可可

责任编辑 王硕

封面设计 于涛

版式设计 马敬茹

插图绘制 尹莉

责任校对 胡美萍

责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 国防工业出版社印刷厂

开本 787mm×960mm 1/16

印张 20.75

字数 370千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版次 2014年2月第1版

印次 2014年2月第1次印刷

定价 32.40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 38659-00

# 目 录

## 第三篇 电 磁 学

第十章 静电场 .....	3
10.1 电荷和库仑定律 .....	3
一、电荷和电荷守恒定律 .....	3
二、库仑定律 .....	4
10.2 静电场和电场强度 .....	6
一、电场和静电场 .....	6
二、电场强度 .....	7
三、电场强度的计算 .....	7
10.3 高斯定理 .....	13
一、电场线 .....	13
二、电场强度通量 .....	14
三、高斯定理 .....	16
10.4 电势及其与电场强度的关系 .....	20
一、静电场做功的特性——静电场属保守场 .....	20
二、电势能、电势和电势差 .....	21
三、等势面、电势梯度及其与电场强度的关系 .....	26
10.5 静电场中的导体 .....	29
一、导体内的静电感应和静电平衡 .....	29
二、有导体存在时静电场的电场强度分析与计算 .....	32
三、导体空腔和静电屏蔽 .....	33
10.6 电容和电容器 .....	35
一、孤立导体的电容 .....	35
二、电容器及其电容 .....	35
三、电容器的串联及并联 .....	37
10.7 静电场中的电介质(绝缘体) .....	39
一、电介质的极化 .....	39
二、电极化强度及其与极化电荷的关系 .....	42
三、极化电荷对电场及电容器电容的影响 .....	44
四、有电介质时的高斯定理 .....	46

10.8 静电场的能量 .....	50
一、电容器的静电能 .....	51
二、静电场的静电能 .....	51
思考题 .....	54
习题 .....	55
阅读材料 .....	58
一、电的发现以及人类对电本性的初步认识 .....	58
二、库仑定律的发现过程及其带来的启示 .....	64
三、静电防护及静电应用举例 .....	68
四、电介质的几种特殊物理效应及应用 .....	71
五、静电幽默一则 .....	77
阅读材料思考题 .....	77
参考文献 .....	77
<b>第十一章 恒定电流及其磁场(静磁场)</b> .....	<b>79</b>
11.1 恒定电流的条件及导电规律 .....	79
一、电流和电流密度 .....	79
二、电流的连续性方程以及产生恒定电流的条件 .....	82
三、电源及电动势 .....	82
11.2 恒定电流的磁场(静磁场) .....	83
一、基本磁现象和磁的起源 .....	83
二、磁感应强度 .....	86
三、磁感应线和磁通量 .....	88
11.3 毕奥-萨伐尔定律 .....	89
11.4 磁场的高斯定理和安培环路定理 .....	94
一、磁场的高斯定理 .....	94
二、磁场的安培环路定理 .....	95
11.5 磁场对运动电荷的作用力 .....	99
一、电荷在匀强磁场中的运动 .....	99
二、电荷在非匀强磁场中的运动 .....	101
三、霍尔效应和霍尔传感器 .....	103
11.6 磁场对电流的作用力 .....	104
一、安培定律 .....	105
二、闭合载流线圈在匀强磁场中所受力矩 .....	108
11.7 磁场对电流做功 .....	109
一、载流导线在磁场中平动时安培力做功 .....	110
二、载流线圈在磁场中转动时安培力做功 .....	110
11.8 磁场中的磁介质 .....	112



101	一、关于物质磁性的概述 .....	112
101	二、磁化强度和磁化电流 .....	114
101	三、有磁介质时的安培环路定理 .....	116
11.9	铁磁质 .....	118
11.9	一、铁磁质的磁化规律 .....	119
11.9	二、铁磁质的磁化机理 .....	120
11.9	三、常用铁磁质的分类和应用 .....	121
0	思考题 .....	123
0	习题 .....	125
8	阅读材料 .....	128
081	一、磁介质在日常生活和生产中的应用 .....	128
	二、磁场的几种特殊效应和应用 .....	129
	三、自旋电子学(磁电子学)简介 .....	133
081	四、一道有趣的思考题 .....	136
8	阅读材料思考题 .....	137
8	参考文献 .....	138
	<b>第十二章 电磁感应和电磁波</b> .....	139
0	12.1 电磁感应定律 .....	139
181	一、电磁感应现象的发现 .....	139
181	二、法拉第电磁感应定律 .....	140
181	三、楞次定律 .....	141
80	12.2 动生电动势、感生电动势和感生电场 .....	143
190	一、动生电动势 .....	143
193	二、感生电动势和感生电场 .....	146
193	三、涡流和磁阻尼 .....	148
201	12.3 自感和互感 .....	149
191	一、自感 .....	149
191	二、互感 .....	151
191	12.4 磁场的能量 .....	153
191	一、自感磁能 .....	153
191	二、互感磁能 .....	153
101	三、磁场的能量密度 .....	154
101	12.5 位移电流和麦克斯韦方程组 .....	155
201	一、位移电流和安培环路定理的推广 .....	156
201	二、麦克斯韦方程组 .....	158
01	12.6 电磁振荡和电磁波 .....	159
211	一、电磁振荡 .....	159

二、电磁波 .....	161
思考题 .....	167
习题 .....	169
阅读材料 .....	171
一、电磁感应现象的应用 .....	171
二、法拉第生平事迹 .....	172
三、力场改变人类文明 .....	175
四、麦克斯韦生平事迹 .....	176
五、麦克斯韦建立电磁场理论的科学思想和方法 .....	177
六、部分三相交流电基本常识 .....	178
阅读材料思考题 .....	180

## 第四篇 物理光学

<b>第十三章 光的干涉</b> .....	<b>183</b>
13.1 光的相干性 .....	183
13.2 分波面双光束干涉 .....	184
一、杨氏双缝干涉实验 .....	184
二、劳埃德镜 .....	186
13.3 分振幅薄膜干涉 .....	187
一、光程 .....	187
二、透镜不引起附加的光程差 .....	188
三、分振幅薄膜干涉 .....	188
四、劈尖和牛顿环 .....	190
13.4 迈克耳孙干涉仪 .....	193
13.5 光的干涉现象的应用 .....	195
一、全息照相 .....	195
二、利用干涉现象检查光学器件的表面 .....	197
思考题 .....	197
习题 .....	197
<b>第十四章 光的衍射</b> .....	<b>199</b>
14.1 光的衍射 .....	199
14.2 惠更斯-菲涅耳原理 .....	201
14.3 夫琅禾费衍射 .....	201
14.4 光学仪器的分辨本领 .....	205
14.5 光栅衍射和光栅光谱 .....	207
14.6 X射线衍射 .....	213
思考题 .....	215

习题 .....	215
<b>第十五章 光的偏振</b> .....	217
15.1 光的偏振状态 .....	217
一、自然光 .....	217
二、完全偏振光 .....	218
三、部分偏振光 .....	219
15.2 线偏振光的获得和检验 .....	220
15.3 反射光和折射光的偏振 .....	221
15.4 双折射现象 .....	223
15.5 椭圆偏振光和圆偏振光 .....	228
15.6 偏振光的应用 .....	230
一、立体电影和立体电视 .....	230
二、偏振片在摄影中的应用举例 .....	231
思考题 .....	231
习题 .....	232
阅读材料 .....	233
一、光学发展简史 .....	233
二、光子计算机简介 .....	236
阅读材料思考题 .....	237
<b>第五篇 近代物理基础</b>	
<b>第十六章 狭义相对论</b> .....	242
16.1 伽利略变换式 绝对时空观 .....	242
一、伽利略变换式 .....	242
二、经典力学的绝对时空观 .....	244
16.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换式 .....	244
一、狭义相对论的基本原理 .....	244
二、洛伦兹变换式 .....	245
三、相对论速度变换公式 .....	247
16.3 狭义相对论的时空观 .....	248
一、同时的相对性 .....	248
二、洛伦兹收缩 .....	250
三、时间延缓 .....	251
16.4 相对论性动量和能量 .....	252
一、动量与速度的关系 .....	252
二、狭义相对论力学的基本方程 .....	254
三、质量与能量的关系 .....	254



四、动量与能量的关系	256
思考题	257
习题	258
阅读材料	
爱因斯坦的科学思想和方法	259
阅读材料思考题	261
参考文献	261
<b>第十七章 量子物理学</b>	<b>262</b>
17.1 经典力学遇到的困难	262
一、黑体辐射	262
二、光电效应	264
三、原子的线状光谱及稳定性	265
17.2 普朗克-爱因斯坦的光量子论	267
17.3 康普顿效应	270
17.4 德布罗意的物质波	273
17.5 玻尔的氢原子理论	274
一、氢原子的光谱规律	275
二、氢原子的玻尔理论	275
17.6 量子力学的建立	278
17.7 波函数及概率解释	279
17.8 不确定关系	281
17.9 薛定谔方程	283
17.10 一维无限深势阱	286
17.11 一维方势垒 隧道效应 扫描隧穿电子显微镜	288
一、一维方势垒	288
二、隧道效应	289
17.12 氢原子的量子理论	291
一、能量量子化和主量子数	292
二、角动量量子化和角量子数	292
三、空间量子化和磁量子数	292
17.13 电子自旋:施特恩-格拉赫实验	293
17.14 泡利不相容原理、原子的壳层结构及元素周期表	295
一、泡利不相容原理	295
二、原子的壳层结构、元素周期表	296
17.15 激光	298
一、物质与光相互作用的规律	298
二、粒子数反转	300

三、激光的特点 .....	301
四、激光的应用 .....	302
17.16 半导体及晶体管 .....	303
一、固体的能带理论 .....	303
二、本征半导体和杂质半导体 .....	305
三、PN 结 .....	305
四、晶体三极管 .....	307
五、晶体管的发明及意义 .....	309
17.17 超导电性 .....	311
思考题 .....	313
习题 .....	313
阅读材料 .....	314
一、诺贝尔物理学奖离我们很近 .....	314
二、数码相机小常识 .....	316
三、量子计算机简介 .....	318
阅读材料思考题 .....	319
参考文献 .....	319

## 第三篇 电 磁 学

自 17 世纪初至今约四百年,电磁学,即人类对自然界电磁现象的认识和利用,经历了懵懂无知、混沌初开、逐步深入、光荣绽放的发展历程.得益于电磁学的不断发展,人类延续了几千年的农牧社会(包括后来短暂的蒸汽时代)很快进入了伟大的电气时代、电子时代和信息时代.这快速地提高了工农业生产的技术水平和生产力,同时极大地改变了人们的生活方式,既包括物质生活方式,也包括精神生活方式.四百年来电磁学的发展,既给我们带来了丰厚的物质享受,也给我们带来了宝贵的精神财富.可以肯定地说,在现代社会,没有任何人,可以离开电和磁而生活;没有任何理工科专业,可以离开电和磁的应用而得到良好的发展.同样道理,作为任何理工科专业的大学生、未来的工程师和科学家,没有谁可以不具备必要的电磁学基础而学好各种专业课程,并在专业方面获得令人满意的成就.正因如此,电磁学成为了所有理工科大学生必修的大学物理课程的主要组成部分.

电磁学大致是沿着电、磁、电磁相互作用和电磁学应用的历史轨迹而发展的.本篇也据此分为静电场、恒定电流及其磁场(静磁场)、电磁感应和电磁波三章.随着这几章的依次展开,越来越精彩的电、磁、电磁相互作用以及电磁学的应用将依次呈现,大家可以看到电磁学究竟如何改变和照亮了我们的世界.当然,电磁学到目前为止绝不能说已经完善.大家也将看到,自然界中仍有许多值得我们探究的有关电磁的奥秘,其中任何一个被揭秘,也许又会给我们一次难以预料



## 第十章 静 电 场

### 10.1 电荷和库仑定律

#### 一、电荷和电荷守恒定律

从中学物理和化学中我们知道,物质都是由原子构成.原子由原子核和绕核旋转的核外电子构成.原子核由质子和中子构成.质子带一个单位的正电,电子带一个单位的负电.一般地,质子数和核外电子数相等,所以物质总体不显电性.如果某些物质失去电子,则它们总体显正电性,如果得到电子,则显负电性.生活中常见的摩擦起电,就是因为某些物质得到电子而另一些失去电子.但是,不论得到或失去电子,正负电荷的代数和不会发生变化,这就是**电荷守恒定律**.英国科学家法拉第曾用“冰桶实验”证明了电荷守恒定律(有兴趣的同学可上网查找).电荷守恒定律是物理学的基本规律之一,也是自然界普遍遵守的规律之一.而探索和理解自然界万事万物普遍遵守的各种基本规律,正是各类科学研究最重要的目的之一.因为理解了这些基本规律,我们可以更好地尊重自然、利用自然.例如,因为懂得了能量守恒定律,我们就知道要珍惜能源,也知道没必要去挖空心思追求什么永动机.

再说明一点,说质子带正电,电子带负电,其实是人为的一种规定.当然也可以反过来规定,电子带正电,质子带负电,但既然已经约定俗成了这么久,大家默认就是,没有什么大碍(最常见的金属导线中形成电流的实际上是带负电的自由电子,这就导致电子的实际运动方向与电流方向相反,描述起来有点别扭,但习惯了就没关系).

电荷数量的多少,即电荷量,一般用  $Q$  或  $q$  表示,其单位为库仑,记作 C.为什么电荷的单位是库仑?后面将会介绍.

直到今天,人们发现任何物体带有的电荷量,都是电子电荷量或质子电荷量的整数倍.这种现象首先由美国科学家密立根花了三年时间通过几千次油滴实



验而发现. 电子电荷量或质子电荷量的绝对值叫做元电荷, 用字母  $e$  表示, 且  $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 而把这种现象叫做电荷的量子化. 电荷量子化现象的发现对于人们认识物质(原子)的内部结构及其机理具有非常重要的意义. 由后面的量子力学我们可以知道, 电子、光子等微观粒子的能量、动量等也是量子化的, 即量子化是微观世界的一个普遍规律. 密立根因此获得了 1923 年的诺贝尔物理学奖, 密立根油滴实验也被著名杂志《物理学世界》评为历史上“最美丽”的十大物理实验之一. 另外, 目前有理论预测和实验证据间接证明在质子内部有带  $e/3$ 、 $2e/3$  分数电荷的粒子(夸克)存在, 但迄今为止还没有实验直接找到这种粒子, 而寻找带有分数电荷、可能具有某些未知的奇异物理性质的新粒子, 正是目前许多物理学工作者关注的焦点之一. 因为一旦发现这样的粒子, 或许又将带来许多新奇的物理现象, 甚至一些人类还没想到的、全新的技术应用. 就像英国科学家约瑟夫·汤姆孙 1897 年发现电子后, 后人利用电子定向移动产生电流、产生磁、点亮电灯、电视、电脑等. 汤姆孙也因为发现电子获得了 1906 年诺贝尔物理学奖. 如果谁能发现带有分数电荷的粒子, 无疑将是下一个诺贝尔物理学奖获得者的热门人选.

## 二、库仑定律

1734 年法国科学家杜菲发现了同号电荷相互排斥、异号电荷相互吸引的现象. 不论是排斥还是吸引, 都是力的作用. 很自然, 人们就会想到这个力到底有多大? 这个力与什么因素有关系? 凭直觉, 这个力应该和两个电荷的电荷量的乘积成正比, 和两个电荷间的距离成反比, 但和距离的一次方成反比, 还是和距离的二次方成反比? 或者与距离的  $n$  次方成反比? 1766 年英国科学家普里斯特里根据牛顿的万有引力定律猜想, 它应该是与距离的二次方成反比.

为了验证以上猜想, 1785 年法国科学家库仑利用非常精巧的库仑扭秤实验和电摆实验, 证实了两个点电荷之间的相互作用力确实与它们之间距离的平方成反比, 并得到了库仑定律. 但此定律的发现其实也前后经过了几十年曲折而有趣的探索过程, 详情请见阅读材料二.

前面提到的点电荷, 是电磁学中的一个理想模型, 类似于力学中的质点. 如果带电体的外观尺寸与带电体之间的距离比较可以忽略不计, 在理论上就可以把此带电体看成点电荷. 在实际中, 到底什么时候可以忽略不计, 则要看在什么情况下、测量需要多高精确度, 有时要求带电体尺寸不到带电体之间距离的 5%, 有时则要求小于 1% 甚至 1‰.

库仑定律可表述如下: 真空中两个静止点电荷之间相互作用力的方向沿着

它们的连线,同性电荷相斥,异性电荷相吸,作用力的大小与两个点电荷电荷量的乘积成正比,与它们之间距离的平方成反比。

如图 10-1 所示,两个点电荷分别为  $q_1$  和  $q_2$ ,从  $q_1$  到  $q_2$  的距离为  $r_{12}$ ,则  $q_1$  对  $q_2$  的作用力  $F_{12}$  可以写成

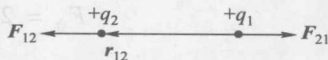


图 10-1 库仑定律

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \mathbf{e}_r \quad (10-1)$$

式中  $\mathbf{e}_r$  是从  $q_1$  到  $q_2$  的单位矢量,  $\epsilon_0$  称为真空介电常量或真空电容率,在国际单位制中

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

类似地,大家可以写出  $q_2$  对  $q_1$  的作用力  $F_{21}$ ,它与  $F_{12}$  是一对作用力与反作用力。

说明一点,式(10-1)的系数由中学物理中的  $k$  变成了  $1/(4\pi\epsilon_0)$ ,并且其中包含了一个  $1/(4\pi)$ 。这样写起来有点麻烦,但却可以使以后的计算结果更为简洁。大家应该注意到,  $4\pi$  可是个不简单、甚至有点神秘的数字。球面的面积为  $4\pi R^2$ 、球体的体积为  $\frac{4\pi}{3}R^3$ ,为什么它们都有  $4\pi$  这个因子?

还有一点,库仑定律只适合于计算两个相对于观察者静止的点电荷之间的作用力。如果其中有电荷发生运动,但速度远小于光速,仍可用库仑定律近似计算,否则还要考虑运动电荷产生的磁场等因素的影响。另外,在空气中两个静止点电荷之间的作用力可以直接用库仑定律计算,因为空气对作用力的影响非常小,偏差不会超过 0.5%。

库仑定律是电磁学的第一个定量规律。以前人们对电荷之间相互作用还停留在定性描述阶段,库仑定律的发现,使电磁学跨入了精确计算阶段,从此开始成为一门真正的科学。这无疑是电磁学的一大进步,库仑也因此科学界赢得了崇高威望。为了纪念他,在国际单位制中把库仑作为电荷量的基本单位。

**例 10-1** 三个点电荷的电荷量都为  $+q$ ,呈正三角形排列,如图 10-2 所示。如果在三角形的中心另置一点电荷  $Q$ ,要使它们保持静止,问  $Q$  应取多大?

**解** 设三角形边长为  $a$ ,由库仑定律知,三个电荷相互排斥,两两之间的作用力大小为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

方向沿着它们之间的连线向外。每个电荷受到另外两个电荷的

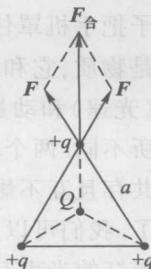


图 10-2

排斥力. 两个排斥力的合力大小为

$$F_{\text{合}} = 2F \cos 30^\circ = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2} \cos 30^\circ$$

另外放置的电荷  $Q$  对此  $q$  的作用力应该与  $F_{\text{合}}$  大小相等, 方向相反, 则

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{(a/2\cos 30^\circ)^2} = -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2} \cos 30^\circ$$

$$Q = -q/\sqrt{3}$$

本节留下一个问题, 为什么库仑定律和万有引力定律如此相似?

## 10.2 静电场和电场强度

### 一、电场和静电场

根据库仑定律可以精确计算出点电荷之间的相互作用力, 但电荷之间的作用力究竟是通过什么介质传递的? 起初很多人包括库仑都相信是超距作用, 即不论电荷相距多远, 它们之间的静电力不需要任何介质传递, 而是在空中直接传递. 甚至也不需要时间, 而是从一个电荷瞬间作用到另一电荷. 后来法拉第在大量实验的基础上证实, 在电荷周围存在有电场, 正是这种电场, 传递着电荷之间的相互作用力, 从而否定了超距学说. 电场是一种实实在在的客观物质, 尽管大多数情况下是看不见摸不着的, 但也有一些是看得见也摸得着的, 譬如光. 从中学物理我们就已经知道, 光是一种电磁波——在空中传播的交替变化的电场和磁场, 当然其中就有电场(和磁场). 我们可以看见光, 它带给我们光明; 也可以用手或身体把它挡住, 它带给我们温暖(能量). 至于那些人眼看不见的电磁场, 比如手机信号, 尽管看不见, 也感觉不到(到底是否感觉到了——电磁场对人到底有何影响? 还有待深入探索, 这属于生物电磁学研究的范畴), 但如果找个铁盒子把手机罩住, 则手机收不到信号, 这说明铁盒子把电磁场挡住了. 电磁场既然是物质, 它和其他由原子、分子构成的普通实物一样, 也具有能量(光能)、速度(光速)和动量, 也遵守能量守恒定律和动量守恒定律. 但电场与普通实物又有所不同. 两个不同的普通实物不能占据同一空间, 但多个电场却可以在同一区域共存且互不影响, 即场是可以叠加的. 其实电场的叠加现象我们也早已司空见惯了. 我们可以用三棱镜把叠加在白光中的单色光逐一分开, 也应该看到过多只探照灯的光束互交叉后安然分开, 互不干扰, 如图 10-3 所示, 并且这些光束还可以同时照在同一个地方, 并不互相排斥.(大家是否觉得神奇? 为什么电场

还有后面将要介绍的磁场都可以叠加?电磁场的这种特性可能有什么用?请务必仔细想想。)

静电场是指相对于观察者静止的电荷产生的电场,它不随时间发生变化.本章所讨论的都是静电场.前面提到的光和手机信号里面的电场,则不是静电场,因为它们一般都会不断地发生周期性变化.

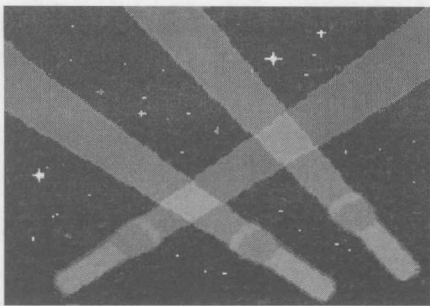


图 10-3 电场的叠加性

## 二、电场强度

电场有一个重要属性,就是任何进入到电场中的其他电荷,都要受到电场对它的作用力.这种由电场施加的力叫做电场力,由静电场施加的力叫静电力.例如,电荷  $q_2$  放在电荷  $q_1$  的电场中, $q_2$  受到的  $q_1$  的静电力就是通过  $q_1$  的电场施加给它的.这样,电荷之间的相互作用,可以归结为:电荷激发电场,再通过电场对周围的其他电荷施加电场力.

我们可以用如下方法来描述空间某点电场的强弱和方向:引入一个试探电荷  $q_0$  (为方便起见,假设为正),观察它在此点所受电场力的大小和方向.为精确起见,此电荷必须是一足够微小的电荷,一方面其几何尺寸应该非常小,越小位置越精确,另一方面,它自身的电荷量也应该越小越好,只要能够测出它所受的电场力就行,以免它的引入影响到原来电场的分布.

将试探电荷  $q_0$  引入到电场中某点后,受到的电场力  $F$  与原电场和  $q_0$  都有关,但  $F$  与  $q_0$  的比值与  $q_0$  无关,只与原电场相关.因此可以用这个比值来描述原电场,并称它为原电场在此点的电场强度,用  $E$  表示,即

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (10-2)$$

某点电场强度的方向规定为正电荷在该点受电场力的方向.在国际单位制中,电场强度的单位是牛每库(N/C).从单位也可看出电场强度的大小为每库仑电荷受到的电场力.如果空间某区域中每一点的电场强度大小和方向都相同,则该区域的电场叫做匀强电场.

## 三、电场强度的计算

### 1. 单个点电荷产生的电场

如图 10-4 所示,有一点电荷  $q$ ,求距离此电荷  $r$  处点  $P$  的电场强度.