



学新课标教材 用新理念教辅

高中选修系列(人教版)

教材精析精练

物理 选修3—1



人民教育出版社

延边教育出版社

高中选修系列

与人教版普通高中课程标准实验教科书同步

教材精析精练



物理 选修 3-1

学校_____

班级_____

姓名_____

人民教育出版社 延边教育出版社

- ☐ 策 划：鼎尖教育研究中心
 韩明雄 黄俊葵
☐ 执行策划：王 巍
☐ 丛书主编：周益新
☐ 本册主编：丁尧坚
☐ 副 主 编：王诗峰
☐ 编 著：顾慰曾 花押娣 许卫国 袁寿根 李 铁 申高文
 马吉官 张广宏 狄 燕 陈显峰 吴敏亚 王 俭
 王新峰 陆喜红 常 琳 郁碧华 逢型玉 王义梁
☐ 责任编辑：杨运洋
☐ 法律顾问：北京陈鹰律师事务所（010-64970501）

与人教版普通高中课程标准实验教科书同步
《教材精析精练》物理 选修 3—1

出 版：人民教育出版社 延边教育出版社
 发 行：延边教育出版社
 地 址：吉林省延吉市友谊路 363 号（133000）
 北京市海淀区苏州街 18 号院长远天地 4 号楼 A1 座 1003（100080）
 网 址：<http://www.topedu.net.cn>
 电 话：0433-2913975 010-82608550
 传 真：0433 2913971 010-82608856
 排 版：北京鼎尖雷射图文设计有限公司
 印 刷：大厂书文印刷有限公司
 开 本：890×1240 16 开本
 印 张：10.25
 字 数：315 千字
 版 次：2007 年 5 月第 1 版
 印 次：2007 年 5 月第 1 次印刷
 书 号：ISBN 978-7 5437-6731-7
 定 价：14.00 元

前言

FOREWORD

由人民教育出版社、延边教育出版社联合出版的《教材精析精练》一跃成为全国优秀的教辅精品图书。该丛书率先与新课程、新理念接轨,融入自主、合作、探究学习的全新学习理念,栏目新颖,版式活泼,讲解透彻、科学性强、题目灵活、准确率高,题量适中,能使学生在高效的学习中能力与成绩得到迅猛提升!

丛书策划组兢兢业业,与时俱进,获得了国家课程标准研究专家和人民教育出版社各编辑室的指导,多次赴山东、广东、海南、江苏等高中新课标实验区,与特级教师共同探索高中新课标“自主性”“实践性”“探究性”“趣味性”的教学模式和最贴近新课标理念的评价模式,潜心研究,精心设计编写了高中新课标《教材精析精练》丛书。在浩瀚的教辅市场中,这套丛书具有以下显著的特点:

标准制造——丛书编写以国家教育部颁布的各学科课程标准为纲,以国家教育部教材审定委员会审查通过的各种教材最新版本为依据。国内著名的高中新课程研究专家和人民教育出版社各学科编辑室对高中新课标实验区特级教师的编写工作进行指导并最终审定书稿。

引领潮流——丛书最贴近高中新课标理念,设置多样栏目拓展学生的知识和眼界,为学生构建开放的学习体系,语言表述清新自然,版式流畅活泼,充分尊重学生学习的主体地位。

与时俱进——丛书讲解和练习部分都充分体现当代社会和科技发展,反映各学科的发展趋势,引导学生关注社会、经济、科技和生活中的现实问题。

科学实用——丛书体例设置科学,在“精析”和“精练”上狠下功夫。既充分考虑目前全国高考考试的现状,又真实反映高中课标实验区的教学模式和评价模式。用独到的方法突破教材中的重难点,强调讲解透彻、分析精辟和指导到位。

编写高中新课标学生用书是新时期新的研究课题,本丛书尽管经过国家及实验区特级教师编写和国内著名的教材专家、课程标准研究专家、高中新课标考试研究专家审定,仍需不断完善,恳请专家、读者指正。

丛书主编:周益新

第一章 静电场	1
1 电荷及其守恒定律	1
2 库仑定律	4
3 电场强度	9
4 电势能和电势	14
5 电势差	20
6 电势差与电场强度的关系	23
7 电容器与电容	26
8 带电粒子在电场中的运动	29
第一章 小结	35
单元自主测评	39
第二章 恒定电流	42
1 导体中的电场和电流	42
2 电动势	46
3 欧姆定律	49
(一) 欧姆定律	49
(二) 实验 测绘小灯泡的伏安特性曲线	52
4 串联电路和并联电路	55
5 焦耳定律	60
6 电阻定律	64
(一) 电阻定律	64
(二) 实验 测定金属的电阻率	67
7 闭合电路欧姆定律	70
8 多用电表	75
9 实验:测定电池的电动势和内阻	80
10 简单的逻辑电路	83
第二章 小结	88
单元自主测评	93

第三章 磁场	97
1 磁现象和磁场	97
2 磁感应强度	99
3 几种常见的磁场	102
4 磁场对通电导线的作用力	106
5 磁场对运动电荷的作用力	112
6 带电粒子在匀强磁场中的运动	116
(一) 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动	116
(二) 质谱仪、回旋加速器	121
第三章 小结	125
单元自主测评	131
模块达标综合测试	135
参考答案与点拨(另附单本)	

第一章 静 电 场

解读 课程标准

新课程内容标准	教材内容	考纲内容	要求
了解静电现象及其在生活和生产中的应用,用原子结构和电荷守恒的知识分析静电现象。	1 电荷及其守恒定律	物质的电结构,电荷守恒	I
		静电现象的解释	I
知道点电荷,体会科学研究中的理想模型方法,知道两个点电荷间相互作用的规律,通过静电力与万有引力的对比,体会自然规律的多样性与统一性。	2 库仑定律	点电荷	I
		库仑定律	II
了解静电场,初步了解场是物质存在的形式之一,理解电场强度,会用电场线描述电场。	3 电场强度	静电场	I
		电场强度,点电荷的场强	II
		电场线	I
知道电势能、电势。	4 电势能和电势	电势能、电势	I
理解电势差。	5 电势差	电势差	II
了解电势差与电场强度的关系。	6 电势差与电场强度的关系	匀强电场中电势差与电场强度的关系	I
观察常见电容器的构造,了解电容器的电容,举例说明电容器在技术中的应用。	7 电容器与电容	常见电容器	I
		电容器的电压、电荷量和电容的关系	I
	8 带电粒子在电场中的运动	带电粒子在匀强电场中的运动	II
		示波管	I

高考考试大纲对各部分知识内容要求掌握的程度,在表中用数字 I、II 标出, I、II 的含义如下:

I. 对所列知识要知道其内容及含义,并能在有关问题中识别和直接使用,与课程标准中的“了解”和“认识”相当。

II. 对所列知识要理解其确切含义及与其他知识的联系,能够进行叙述和解释,并能在实际问题的分析、综合、推理和判断等过程中运用,与课程标准的“理解”和“应用”相当。

1 电荷及其守恒定律

精析 知识归纳

1. 电荷、物体带电的本质

(1) 构成物质的原子是由带电粒子组成的,原子核由带正电的_____和不带电的_____组成,核外带负电的_____,一个原子中的正负电量相等,正常情况下表现为电_____。

(2) 摩擦起电的微观解释

原子核外的电子受到质子引力的束缚而维系在原子核附近,离原子核较远的电子受束缚较弱,当两个物体互相摩擦时,一些束缚得不紧的电子就从一个物体转移到另一个物体,失去电子的物体就带正电,得到电子的物体就带负电。

(3) 自由电子和离子

因为金属原子中的外层电子与原子核的联系很弱,金属原子的外层电子往往会脱离原子核的束缚而在金属中自由

活动,成为自由电子,失去电子的原子成为带正电的离子,每个正离子在自己的平衡位置上振动而不移动。

电解质中的离子也都是自由电荷,因而金属、电解质都是导体。

2. 感应起电

把电荷移近不带电的导体,由于电荷间的相互吸引或排斥,导体中的自由电荷便会趋近或远离带电体,使导体靠近带电体的一端带_____,远离的一端带_____,这种现象叫做静电感应。

利用静电感应使物体带电,叫做_____。

如图 1-1-1 所示,把带正电荷的 C 球移近彼此接触的导体 A 和 B, C 球的正电荷吸引导体 A 的自由电子而使 A 导体左侧带负电, B 导体右侧带正电,则 A、B 上的金属箔片都张开,把 C 移走, A 和 B 上的金属箔片就会闭合。如果先把 A 和 B 分开,再移走 C,可以看到 A、B 上的金属箔片仍张

开,让A和B接触,它们的金属箔片都闭合,这证明A和B分开后所带的是异种等量的电荷,重新接触后等量异种电荷发生中和。

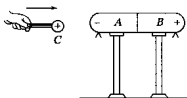


图 1-1-1

除了摩擦起电和感应起电以外,还有第三种起电方式:接触起电。两个形状、大小完全一样的带同种电荷的导体球接触后均分电量;若两球原来带异种电荷,则电荷先中和后均分。

现象解释 带电体靠近孤立导体,产生静电感应,静电感应的物理过程,就是电荷转移的过程,静电感应的规律可以总结成“近端感应异种电荷,远端感应同种电荷”。

3. 电荷守恒定律

(1)电荷守恒定律:电荷既不能_____,也不能_____,只能从一个物体_____到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分,在转移过程中,电荷的总量保持不变。

任何起电方式都是电荷的转移,在同一隔离系统中正、负电荷量的代数和不变。

(2)物体所带电荷的多少叫电荷量(简称电荷),符号为 q 或 Q ,单位是库仑,符号是C;

(3)电子(或质子)所带电荷量是最小的电荷量,称为元电荷(e), $e=1.60\times 10^{-19}$ C,所有带电物体的电荷量只能是元电荷的整数倍;

(4)带电粒子的比荷:带电粒子的电荷量和质量之比。

电子的比荷: $\frac{e}{m_e}=1.76\times 10^{11}$ C/kg。

探究 重点难点突破

1. 正、负电子的湮没和产生

在近代物理学中,一对正、负电子的湮没,转化为一对光子;一个中子衰变成一个质子和一个电子。上述情况带电粒子总是成对湮没和产生,两种电荷数目相等,正负相反,电荷的代数和不变,因此电荷守恒定律也可以叙述为:一个与外界没有电荷交换的系统,电荷的代数和总是保持不变的。

2. 验电器(静电计)的工作原理

带电体靠近验电器,金属箔为远端,出现与带电体相同性质的电荷,同种电荷相斥,金属箔张开;当带电体远离验电器时,金属箔合拢。

验电器除检验物体是否带电外,还可以检验带电体的电量的多少。将验电器金属杆上端的小球换成一个小口金属桶,金属箔换成指针,验电器的金属外壳接地,这样就组成了

一个测量电量的仪器,即静电计。测量某一带电体的电量时,只要把这个带电体放到静电计的桶中(静电计原来不带电),但不与桶壁接触,这样桶内外壁立即因静电感应而带等量的同种电荷,外壁电荷与带电体同号,电量也相等。指针偏角的大小就表示桶外壁的电量多少,也就表示了带电体的电量多少。

精要 考点讲解

考点:分析接地导体的感应起电

例1 如图1-1-2所示,放在绝缘支架上带正电的小球A,靠近放在绝缘支架上不带电的导体球B,导体球B用导线经开关S接地。把S合上的瞬间,有电流从_____流向_____;再断开S,则导体球B带_____电。

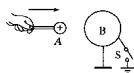


图 1-1-2

解析 接通开关S,导体球B接地,导体球B和地球组成一个大导体,导体内有大量的自由电子。自由电子受到A的正电荷的吸引,都向A侧移动,这样就在离A近的一端的B导体上聚集了人量的自由电子,远端地球失去了大量的自由电子,带正电,故有电流从B球流向大地(实际为自由电子从地流向B球),这就是电荷守恒定律中的“电荷从物体的一部分转移到物体的另一部分”。断开S后,B与地球之间无法进行电荷转移,则导体B带负的净电荷。

答案 B球 大地 负

现象解释 在接地条件下,导体球B对A球而言是近端,感应电荷为负,地球对另一侧为远端,感应电荷为正。

变式题 在本例题中如果把开关S与B球左侧相接后接地,重复例1过程,结果是否变化?如把带正电的小球A靠近B后,先移走A再断开S,则小球B是否带电?

考点:电荷守恒定律在微观领域的应用

例2 目前普遍认为:质子和中子都是由 u 夸克和 d 夸克组成, u 夸克带电量为 $\frac{2}{3}e$, d 夸克带电量为 $-\frac{1}{3}e$, e 为元电荷。下列论断可能正确的是 ()

- 质子由1个 u 夸克和1个 d 夸克组成,中子由1个 u 夸克和2个 d 夸克组成
- 质子由2个 u 夸克和1个 d 夸克组成,中子由1个 u 夸克和2个 d 夸克组成
- 质子由1个 u 夸克和2个 d 夸克组成,中子由2个 u

夸克和2个d夸克组成

- D. 质子由2个u夸克和1个d夸克组成,中子由1个u夸克和1个d夸克组成

解析 质子的带电量为一个基元电荷 e , $e = 2 \times \frac{2}{3}e + (-\frac{1}{3}e)$; 中子的带电量为零, $\frac{2}{3}e + (-2 \times \frac{1}{3}e) = 0$.

答案 B

详解

电荷守恒定律不仅适用于宏观过程,也是一切微观过程所遵守的规律,夸克具有一些奇特的性质:

夸克不能以自由的状态单个出现,在任何通常条件下,都无法把夸克从它们的束缚态中解脱出来.到目前为止,所有试图产生或发现自由夸克的实验都没有成功.

精练 自主测评

双基复习巩固

1. 下列叙述正确的是 ()

- A. 摩擦起电是创造电荷的过程
B. 接触起电是电荷转移的过程
C. 玻璃棒无论和什么物体摩擦都会带正电
D. 带等量异号电荷的两个导体接触后,电荷会消失,这种现象叫电荷的湮没

2. 把两个相同的金属小球接触一下再分开一个很小的距离,发现两球之间相互排斥,则这两个小球原来的带电情况可能是 ()

- ①两球带等量异号电荷 ②两球带等量同号电荷 ③两球原来带不等量同号电荷 ④两球原来带不等量异号电荷

- A. ①②③④ B. ①②③
C. ②③④ D. ①③④

3. 带电粒子所带的电量不可能是下列值中的 ()

- A. $2.4 \times 10^{-19} \text{ C}$ B. $-6.4 \times 10^{-18} \text{ C}$
C. $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ D. $4.0 \times 10^{-17} \text{ C}$

4. 某在做静电感应实验,有下列步骤及结论:①把不带电的绝缘导体球甲移近带电的绝缘导体球乙,但甲、乙两球不接触;②用手触摸甲球;③手指移开;④移开乙球;⑤甲球带正电;⑥甲球不带电.下列操作过程和所得结论正确的有 ()

- A. ①—②—③—④—⑥
B. ①—②—④—③—⑥
C. ①—②—③—④—⑤
D. ①—②—④—③—⑤

5. 运输汽油(或其他液体的化工原料)的油罐车,都要用一根金属链条搭在地上,你知道这是为什么吗?

精练 视野延伸

带电体吸引轻小物体的微观解释

绝缘体(电介质)在电结构方面的特征是原子核对核外电子有很大的束缚力,这样的电荷叫束缚电荷,即使在外电荷的作用下,这些电子也只能在微观范围有所偏离,但一般不会彼此脱离,这种现象称为分子发生了电极化.

带电体(如丝绸摩擦过的带正电的玻璃棒)靠近轻小绝缘物体(如小纸屑)时,在玻璃棒上正电荷的作用下,小纸屑原子的核外电子稍稍向玻璃棒一侧偏离原子核,微观电极化的宏观效果就是在纸屑的两端出现两种等量而异号的感应电荷,纸屑靠近玻璃棒一侧的负感应电荷因受正电荷吸引而被吸附在玻璃棒上,因为纸屑是绝缘体,玻璃棒与纸屑难以实现电荷迁移,玻璃棒可吸附纸屑一段时间.

把纸屑换成铝箔屑,则铝箔屑靠近玻璃棒一侧的负感应电荷被吸附在玻璃棒上后,玻璃棒上的少量正电荷立即迁移到铝箔屑上,因同种电荷相斥,铝箔屑立即弹下.

结论:带电体可以吸引并吸住纸屑这样的绝缘不带电小物体;带电体可以吸引,但不能吸住铝箔屑这样的不带电导电小物体.其原因是:带电体不会向纸屑迁移电荷,而会向铝箔屑迁移电荷.

知识归纳提示

1. 质子 中子 电子 中性
2. 异号电荷 同号电荷 感应起电
3. 创造 消灭 转移

2 库仑定律

析 知识网络

1. 点电荷

当带电体间的距离比它们自身的大小大得多,以致带电体的形状、大小及电荷分布状况对它们之间的相互作用力的影响可忽略不计时,这样的带电体就可以看作带电的点,叫做点电荷。

和质点一样,点电荷是理想化模型。

2. 库仑定律

库仑定律	在真空中两个点电荷间的作用力跟它们 <u> </u> 的乘积成正比,与它们之间 <u> </u> 成反比,作用力的方向在它们的连线上。
公式及单位	$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 公式中各量均采用国际单位制,即力 F 用 N, 距离 r 用 m, 电量 q 用 C, 则静电力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。
适用条件	真空中两个点电荷之间的相互作用。计算多个点电荷对某一点电荷的静电力时,应先分别计算每个电荷对它的静电力,然后再按平行四边形定则求其矢量和。

说明

在距离相等的前提下,如果带电质点(如带电导体小球)因相互接触而电荷重新分配,则接触前后质点间的库仑力发生变化。如果相同小球带异种电荷,则正、负电荷中和后再重新分配;如果小球带同种电荷,则相互接触后电量均分。在距离相同的条件下,此情况小球间库仑力最大。

3. 库仑扭秤实验

库仑利用悬丝扭转时的扭力和转过的角度成比例关系发明了扭秤,扭秤能以极高的精度测出非常小的力(如两个电荷间的静电力);库仑又利用等大金属球接触均分电荷量的方法,实验得出了库仑定律。扭秤的发明开创了力的精确测量时代。

析 重难点突破

1. 比较万有引力定律和库仑定律

相似点	(1)形式相似,作用力都与距离平方成反比,与质量或电荷量乘积成正比。 (2)适用条件相似,分别适用于质点和点电荷。 (3)作用力都是场力(引力场、电场),通过场来传递作用力。
不同点	(1)万有引力只有吸引力,库仑力既有吸引力又有排斥力。 (2)性质不同,库仑力比万有引力强得多。

2. 如何求解涉及静电力的静力学问题和动力学问题

库仑力在本质上不同于重力、摩擦力,但产生的效果服从牛顿力学中的所有规律,应根据力学中的解题思路去分析,去思考。对其点力平衡问题,先取定研究对象,再作受力分析,可用正交分解法列平衡方程,也可用力的合成求解。

整体隔离法是静力学、动力学中常用的解题方法,对于涉及静电力的物体系统,当把物体系统作为一个研究对象时,对物体系统列平衡方程或动力学方程时,系统内物体间相互作用的静电力为内力,可不予考虑,但由系统外电场产生的静电力是外力,必须考虑。

例 3-3 考点讲解

考点:库仑定律的简单应用

例 1 两个大小相同,可看成是点电荷的金属小球 A 和 B, A 的带电量 $q_A = 1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$, B 的带电量 $q_B = -7.0 \times 10^{-8} \text{ C}$, A、B 相距 1 m, 则两球间静电力是 力, 大小为 N; 若把它们接触后再分开, 放在相距 2 m 处, 则两球间静电力是 力, 大小为 N。

解析 两球未接触时, 球间库仑力为引力, 大小为

$$F = k \frac{q_A q_B}{r^2} \\ = 9.0 \times 10^9 \times \frac{1.0 \times 10^{-8} \times 7.0 \times 10^{-8}}{1^2} \text{ N} \\ = 6.3 \times 10^{-6} \text{ N}$$

两球接触后净电量均分, 球间库仑力为斥力, 大小为

$$F' = k \frac{q_A' q_B'}{r'^2} \\ = 9.0 \times 10^9 \times \frac{3.0 \times 10^{-8} \times 3.0 \times 10^{-8}}{2^2} \text{ N} \\ = 2.0 \times 10^{-6} \text{ N}$$

答案 引 $6.3 \times 10^{-6} \text{ N}$ 斥 $2.0 \times 10^{-6} \text{ N}$

说明 计算库仑力时, q 只代入电荷量的绝对值, 力的方向由斥力或引力决定。相同的金属球接触, 两球等分所带净电荷。

考点: 用平行四边形定则求库仑力的合力

例 2 (2004 · 天津高考) 中子内有一个

电荷量为 $+\frac{2}{3}e$ 的上夸克和两个

电荷量为 $-\frac{1}{3}e$ 的下夸克。简单模

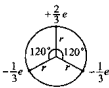


图 1-2-1

型是三个夸克都在半径为 r 的同一圆周上, 如图 1-2-1 所示。图 1-2-2 给出的四幅图中, 能正确表示出各夸克所受静电作用力的是 ()

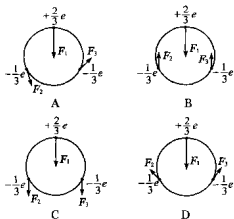


图 1-2-2

解析 对上夸克 A 而言, 因为两个下夸克 B 和 C 对其均为引力, 由对称性易知, 其受合力 F_1 必指向圆心 O。

对任一下夸克 B, 设 C 对 B

的库仑力为 $F = k \frac{e^2}{9r^2}$, 方向为沿

CB 连线向外。而上夸克对 B 为引力, 大小为 $2F$, 方向如图 1-2-3 所示。由图容易判断, F 与 $2F$ 的合力 F_2 方向应与 BC 连线垂直。同理可得, 下夸克 C 所受合力 F_3 应与 F_2 等值且方向相同, 故 B 正确。

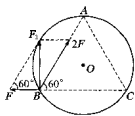


图 1-2-3

答案 B

题解 静电力与其他力一样, 是矢量, 其合成和分解遵守平行四边形运算法则。

考点: 涉及库仑力的处于一直线上电荷的平衡问题

例 3 如图 1-2-4 所示 q_1 、 q_2 、 q_3 分别表示在光滑、绝缘水平面上处于一条直线上的三个带电小球(可视为点电荷), 已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 r , q_2 与 q_3 之间的距离为 $2r$, 且每个点电荷都处于平衡状态。

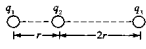


图 1-2-4

(1) 如果 q_2 为正电荷, 则 q_1 为 _____ 电荷, q_3 为 _____ 电荷。

(2) q_1 、 q_2 、 q_3 三者电量大小之比是 _____。

解析 对 q_2 , 只要 q_1 、 q_3 是同性电荷就可以使其处于平衡状态, 但 q_1 、 q_3 是正电荷时, 如果 q_2 也是正电荷, 则 q_1 、 q_3 不能平衡, 故 q_1 、 q_3 应带负电荷。根据库仑定律和平衡条件, 分别以 q_1 、 q_2 为研究对象, 由二力平衡

$$k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q_1 q_3}{(3r)^2} \quad (1)$$

$$k \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q_2 q_3}{(2r)^2} \quad (2)$$

由①②两式得 q_1 、 q_2 、 q_3 三者电量大小之比是 $9:4:36$ 。

答案 (1) 负 负 (2) $9:4:36$

规律 三个带电小球在静电力作用下的平衡问题, 其规律如下:

①三点共线; ②两个同种电荷夹一异种电荷(两同夹异); ③处于中间位置的电荷电量最小(两大夹小); ④两侧电荷的带电量与它们离中间电荷的距离平方成正比(小近大远)。

变式题 1 两个可以自由移动的

点电荷放在相距 d 的 A、B 两处, 如图



图 1-2-5

1-2-5 所示。A 处电荷带

正电 Q_1 , B 处电荷带负电 Q_2 , 且 $Q_2 = 4Q_1$ 。另取一个可以自由移动的电荷 Q_3 放在 AB 直线上, 欲使整个系统处于平衡状态, 则 Q_3 为 _____ 电荷, 电量为 _____, 位于 _____。

考点: 涉及库仑力的共点力平衡

例 4 如图 1-2-6 所示, 用长为 l 的两根夹 60° 角的细绳系住两个质量均为 m , 带电量分别为 $+q$ 、 $-q$ 的小球 A 和 B, 两球间用一绝缘轻杆相连。已知静电力常量为 k , 求细绳的拉力和轻杆的弹力。

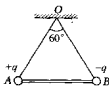


图 1-2-6

如果小球 A 带电量变为 $-3q$, 小球 B 带电量不变, 细绳的拉力和轻杆的弹力如何变化?

解析 带电小球在静电力 F 、细绳拉力 F_1 、轻杆弹力 F_2 和重力 mg 作用下平衡, B 球的受力如图 1-2-7 所示, 由正交分解法

$$F_1 \sin 60^\circ = mg \text{ 得 } F_1 = \frac{2\sqrt{3}mg}{3},$$

$$F_2 - F = F_1 \cos 60^\circ,$$

$$F_2 = F + F_1 \cos 60^\circ = k \frac{q^2}{r^2} + \frac{\sqrt{3}mg}{3}.$$

图 1-2-7

如果小球 A 带电量变为 $+3q$, 则细绳拉力不变, 轻杆弹力为 $k \frac{3q^2}{r^2} + \frac{\sqrt{3}mg}{3}$ 。

答案 细绳的拉力为 $\frac{2\sqrt{3}mg}{3}$, 两种情况轻杆弹力分别为

$$k \frac{q^2}{r^2} + \frac{\sqrt{3}mg}{3} \text{ 和 } k \frac{3q^2}{r^2} + \frac{\sqrt{3}mg}{3}.$$

规律

如果把小球 A、B 和轻杆看成一个系统, 则静电力、轻杆弹力均为系统内力, 故两根细绳拉力的合力与系统重力平衡, $2F_1 \cos 30^\circ = 2mg$, F_1 与小球带电量情况无关, A 球带电量变化只能影响杆的弹力。

变式题 2

如图 1-2-8 所示, A、B 两小球带等量同种电荷, A 固定在竖直放置的 7.5 cm 长的绝缘杆上, B 平衡于光滑的绝缘斜面上与 A 等高, 斜面倾角为 37° , B 的质量为 0.15 kg, 求 B 的带电量。(取 $g=10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ=0.6$, 答案保留两位有效数字)

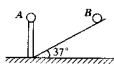


图 1-2-8

考点: 涉及库仑力的动力学问题, 整体、隔离法

例 5

如图 1-2-9 所示, 带电小球 A 和 B 放在倾角为 30° 的光滑绝缘斜面上, 质量为 $m_1=m_2=m=1 \text{ g}$ 所带电荷量 $q_1=q_2=10^{-7} \text{ C}$, A 带正电, B 带负电, 沿斜面向上的恒力 F 作用于 A 球, 可使 A、B 一起运动, 且保持间距 $d=0.1 \text{ m}$ 不变, 求 F。

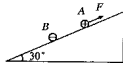


图 1-2-9

解析 两球相互吸引的库仑力

$$F_{\text{电}} = \frac{kq_1q_2}{d^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

A 球和 B 球加速度相同, 隔离 B 球, 由牛顿第二定律

$$F_{\text{电}} - m_2 g \sin 30^\circ = m_2 a \quad (1)$$

把 A 球和 B 球看成整体, A、B 间库仑力为系统内力, 由牛顿第二定律

$$F - (m_1 + m_2) g \sin 30^\circ = (m_1 + m_2) a \quad (2)$$

代入数据, 由①式得 $a=4 \text{ m/s}^2$, 由②式得

$$F = 1.8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

答案 $F = 1.8 \times 10^{-2} \text{ N}$

反解
题后

如把问题改为不带电的小球 A、B 用细绳相连, 则两题属于同一物理模型, 只是静电力被绳子拉力替代, 故绳子拉力为 $1.8 \times 10^{-2} \text{ N}$ 。解题时应注意分析题目类型, 把形式上的新题归属到自己熟悉的问题。

变式题 3

如图 1-2-10 所示, 绝缘水平面上静止着两个质量分别为 m 、 $2m$, 电量均为 $+Q$ 的物体 A 和 B (A、B 均可视为质点), 它们间的距离为 r , 与平面间的动摩擦因数分别为 2μ 、 μ , 求:

(1) A 受的摩擦力为多大?

(2) 如果将 A 的电量增至 $+4Q$, 两物体开始运动, A、B 的速度之比是多少? 当它们的加速度第一次为零时, A、B 相距多远?

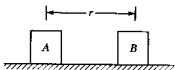


图 1-2-10

考点: 库仑定律和动力学的综合应用

例 6 如图 1-2-11 所示, 有两个完全相同的金属球 A、B, B 固定在绝缘地板上, A 在离 B 高 H 的正上方, 由静止释放与 B 发生碰撞后回跳高度为 h, 设碰撞中无动能损失, 空气阻力不计, 则 ()



图 1-2-11

A. 若 A、B 带等量同种电荷, 则 $h=H$

B. 若 A、B 带等量同种电荷, 则 $h < H$

C. 若 A、B 带等量异种电荷, 则 $h=H$

D. 若 A、B 带等量异种电荷, 则 $h > H$

解析 若 A、B 带等量同种电荷, 两球碰撞时各自的电量不变, 小球 A 在下落、上升过程中经过同一位置的受力情况相同, 加速度也相同, 小球在经过同一位置的速度等值反向, 选项 A 正确。若 A、B 带等量异种电荷, 两球碰撞后带电量均为零, 在下落过程的加速度大于 g , 两球碰前瞬间 A 球速度大于自由落体速度 $\sqrt{2gh}$, A 上升过程的加速度为 g , 则选项 D 正确。

答案 AD

拓展
思维

A、B 带等量同种电荷, A 球在下落、反弹过程经过同一位置电场力相等, 上升、下降阶段电场力做功为零, 选项 A 正确。若 A、B 带等量异种电荷, 两球碰撞后带电量均为零, 小球 A 在下落过程中电场力做正功, A 球在下落到反弹后上升至原高度全过程电场力对 A 球做功大于零, 故反弹高度大于 h 。

精例 **体验探究**

带电球体之间的库仑力

当带电球体的半径与球心间距离相比不能忽略时, 带电球不能看成点电荷, 这时是否还可以用库仑定律求带电球之间的静电力呢? 这一问题应分两种情况讨论:

(1) 带电球体为绝缘体, 且电荷呈球对称分布, 则由对称性可知: 点电荷与带电球体之间、带电球体之间的库仑力均可用库仑定律进行计算, 距离 r 取点电荷与带电球体球心间距离, 或两个带电球体球心之间的距离, 即可把带电球体看成电荷集中在球心的点电荷。

(2) 带电球体为导体, 当导体孤立 (即它周围没有其他带电体) 时, 电荷在导体球表面均匀分布, 两个互相靠近的带电导体球, 由于电荷间的相互作用, 带电球体的电荷重新分布, 球体的带电中心将偏离球心, 此情况就不能简单用库仑定律求解。

如图 1-2-12 甲所示, 两个带电 $+q$ 、相距 r 的金属导体球, 因电荷间相斥, 两球电荷中心间距大于 r , 两球之间的静电力小于 $k\frac{q^2}{r^2}$; 如图 1-2-12 乙所示, 两个分别带 $-q$ 、 $+q$ 、相距 r 的金属导体球, 因电荷间相互吸引, 两球电荷中心间

距小于 r , 两球之间的静电力大于 $k\frac{Q^2}{r^2}$.

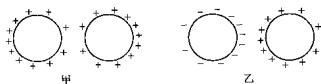


图 1-2-12

当两带电球相距充分远时, 库仑力减弱, 球体的带电中心偏离球心的影响, 甚至球半径与两球距离相比都可以忽略, 则两带电球可以看成点电荷.

自主测评

双基复习巩固

- 下列关于点电荷的说法中, 正确的是 ()
 - 只有体积很小的带电体才能看做点电荷
 - 体积很大的带电体一定不是点电荷
 - 当两个带电体的形状对它们间的相互作用力的影响可忽略时, 这两个带电体可看做点电荷
 - 任何带电球体都可看做电荷全部集中于球心的点电荷
- 两个点电荷相距 r 时相互作用力为 F , 则 ()
 - 电量不变, 距离加倍时, 作用力变为 $F/4$
 - 其中一个电荷的电量和两电荷间距都减半时, 作用力不变
 - 每个电荷的电量和两电荷间距都减半时, 作用力为 $4F$
 - 每个电荷的电量和两电荷间距都增加到原来的相同倍数时, 作用力不变
- 设月球带负电, 一带电粉尘悬浮在距月球表面 1 000 km 的地方不动; 又将同样的带电粉尘带到距月球表面 2 000 km 的地方, 相对月球无初速释放, 则此带电粉尘 ()
 - 向月球下落
 - 仍在原处悬浮
 - 推向太空
 - 无法判断
- 两个放在绝缘架上的相同金属球相距为 d , 球的半径比 d 小得多, 分别带 q 和 $3q$ 的电荷, 相互间的斥力为 $3F$. 现将这两个金属球接触, 然后分开, 仍放回原处, 则它们相互间的斥力将变为 ()
 - F
 - $\frac{4}{3}F$
 - $3F$
 - $4F$

- 如图 1-2-13 所示, 三个完全相同的金属小球 a 、 b 、 c 位于等边三角形的三个顶点上, a 和 c 带正电, b 带负电, a 所带电量的大小比 b 的小. 已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示, 它应是 ()
 - F_1
 - F_2
 - F_3
 - F_4

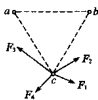


图 1-2-13

- 把原来相距较近的两个带同种电荷的小球同时由静止释放 (小球放在光滑绝缘水平面上), 它们仅在库仑力作用下运动, 则 ()
 - 它们的相互作用力不断减小
 - 它们的加速度之比不断减小
 - 它们的速度之比不断增加
 - 它们的动能之和不断增加

- 如图 1-2-14 所示, A 、 B 两点与点电荷 $+Q$ 在同一直线上, 且 $AB=0.1$ m. 已知一试探电荷 q 在 B 点所受静电力 F_B 是在 A 点所受静电力 F_A 的 $\frac{25}{16}$ 倍, 求 B 点到点电荷 Q 的距离.

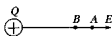


图 1-2-14

- 如图 1-2-15 所示, 两个可视为质点的金属小球 A 、 B 质量都是 m , 带正电, 电荷量都是 q , 连接两小球的绝缘细线长度为 l , 静电力常量为 k , 重力加速度为 g , 则连接 A 、 B 的细线张力为多少? 连接 O 、 A 的细线张力为多少?



图 1-2-15

能力综合提升

- 如图 1-2-16 所示, A 、 B 、 C 三个相同的金属球, A 、 B 带等量异种电荷, 中间连接一个轻质绝缘的弹簧, 放在光滑绝缘的水平面上, 平衡时弹簧压缩量为 x_0 . 现将不带电的 C 球和 A 球接触一下, 然后拿走, 则达到新平衡时弹簧的压缩量 x 为 ()
 - $x = \frac{x_0}{2}$
 - $x > \frac{x_0}{2}$
 - $x < \frac{x_0}{2}$
 - $x = x_0$

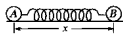


图 1-2-16

10. 如图1-2-17所示,带电小球A和B放在光滑、绝缘水平面上,质量分别为 $m_1 = 2 \text{ g}$, $m_2 = 1 \text{ g}$;所带电荷量值 $q_1 = q_2 = 10^{-7} \text{ C}$,A带正电,B带负电,现有水平向右恒力 F 作用于A球,可使A、B一起向右运动,且保持间距 $d = 0.1 \text{ m}$ 不变,试问 F 多大?



图1-2-17

11. 如图1-2-18所示,真空中A、B两个相同的小球带有等量同种电荷,质量均为 0.9 g ,分别用两根 10 cm 长的绝缘细线悬挂于绝缘天花板上的同一点,当平衡时B球偏离竖直方向 60° ,A球竖直且与墙壁接触。取 $g = 10 \text{ m/s}^2$,求:

- (1) 每个小球的带电量;
- (2) 每根细线中的拉力大小。



图1-2-18

12. 如图1-2-19所示,一半径为 R 的绝缘球壳上,均匀地带有电荷量为 $+Q$ 的电荷。现取走球壳顶端底面半径为 r ($r \ll R$) 的球冠,此时另一带电荷量为 $+q$ 的液滴刚好静止在球心 O 处,试求液滴的质量。

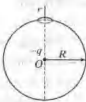


图1-2-19

13. (2004·上海高考题)“真空中两个点电荷相距 10 cm ,它们之间相互作用力大小为 $9 \times 10^{-3} \text{ N}$.当它们合在一起时,成为一个带电量为 $3 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的点电荷。问原来两电荷的带电量各是多少?”某同学求解如下:

根据电荷守恒定律得: $q_1 + q_2 = 3 \times 10^{-8} \text{ C} = a$ (1)

根据库仑定律:

$$q_1 q_2 = \frac{r^2}{k} F = \frac{(10 \times 10^{-2})^2}{9 \times 10^9} \times 9 \times 10^{-3} \text{ C}^2 = b,$$

以 $q_2 = \frac{b}{q_1}$ 代入(1)式得: $q_1^2 - a q_1 + b = 0$.

$$\text{解得 } q_1 = \frac{1}{2}(a \pm \sqrt{a^2 - 4b}).$$

$$= \frac{1}{2}(3 \times 10^{-8} \pm \sqrt{9 \times 10^{-16} - 4 \times 10^{-16}}) \text{ C}.$$

根号中的数值小于0,经检查,运算无误,试指出求解过程中的问题并给出正确的解答。

精读 视野延伸

库仑

库仑(1736~1806),法国工程师、物理学家。1736年6月14日生于法国昂古莱姆。他曾在美西也尔工程学校读书。离开学校后,进入皇家军事工程队当工程师。法国大革命时期,库仑辞去一切职务,到市卢瓦致力于科学研究。法皇执政统治时期,他回到巴黎,成为新建研究院成员。库仑在1773年发表有关材料强度的论文,他提出使各种物体经受应力和应变直到它们的折断点,然后根据这些资料就能计算出物体上应力和应变的分布情况。这种方法沿用至今,是结构工程的理论基础。1777年库仑开始研究静电和磁力问题。当时法国科学院悬赏,但求改良航海指南针中的磁针问题。库仑认为磁针支架在轴上,必然会带来摩擦,要改良磁针的工作,必须从这一根本问题入手。他提出用细头发丝或细线悬挂磁针。他又发现线扭转时的阻力和磁针转过的角度成比例关系,从而可利用这种装置算出静电力或磁力的大小。这导致他发明定量扭秤,扭秤能以极高的精度测出非常小的力。1779年库仑分析摩擦力,并提出有关润滑剂的科学理论。1785~1789年,库仑用扭秤测量静电力和磁力,导出了有名的库仑定律。1806年8月23日库仑在巴黎逝世。

知识归纳提示

2. 电荷量 距离的平方

3 电场强度

精析 知识网络

1. 电场

电荷周围存在着由它产生的电场,电荷对电荷的作用总是通过电场进行的。

例如:电荷A、B之间的作用力本质是:A电荷形成的电场对B电荷产生作用力;B电荷形成的电场对A电荷产生作用力。

(1) 电场、磁场和分子、原子组成的实物是物质存在的两种形式,它们同样具有能量、质量和动量。

(2) 静电场:静止电荷产生的电场称为静电场。本章只讨论静电场。

(3) 电磁场:电场和磁场是相互联系的,统称为电磁场,变化的电磁场以光速传播。

2. 电场强度 E

定义	放入电场中某一点的电荷受到的静电力跟它的电量的比值,叫做这一点的电场强度,即 $E = \frac{F}{q}$ (此定义式适用于一切电场; q 为试探电荷的电荷量, F 为电场对试探电荷的作用力)。
方向	电场中某点场强方向规定为放在该点的正电荷受到的静电力的方向。
单位	V/m , $1 N/C = 1 V/m$
物理意义	描述该点的电场强弱和方向,是描述电场力性质的物理量,是矢量。

提
醒
辨
别

对电场中某点, $\frac{F}{q}$ 为不变量,故 E 与 F 和 q 无关。

电场中某点的场强 E 的大小及方向取决于电场本身(即场源电荷及这点的位置)。 $E = \frac{F}{q}$ 在定义场强的同时也确定了 E 、 F 、 q 的关系,其变形式 $F = Eq$ 可求静电力。

3. 点电荷电场中某点的场强的计算公式(决定式) $E = k \frac{Q}{r^2}$

(1) 该公式仅适用于真空中电量为 Q 的点电荷(称为场源电荷)形成的电场, r 为 Q 和电场中某点 P 之间的距离,计算时 Q 可取绝对值。

均匀带电球体在球外某点的场强可用此公式计算, r 为球心到该点的距离。

(2) 若 Q 是正电荷,则 P 点场强的方向沿 QP 连线,从 Q 指向 P ;若 Q 是负电荷,则 P 点场强的方向沿 QP 连线,从 P 指向 Q 。

4. 电场强度的叠加

若空间有几个点电荷,则它们各自产生的电场互相叠加

形成合电场,某点的合场强等于各个点电荷单独存在时的场强的矢量和,即电场强度的合成遵循平行四边形定则。

5. 电场线的概念

电场中能形象地描述电场的一簇假想曲线,曲线上每一点的切线方向都跟该点_____一致,这样的曲线叫_____。

(1) 电场线从_____出发,中止于_____ (包括从正电荷出发中止于无穷远或来自于无穷远中止于负电荷);

(2) 电场线的_____表示该处场强的强弱,电场线_____的地方场强大,电场线_____的地方场强小。

(3) 电场线不相交也不闭合,这是因为如果电场线在某点相交,在交点处就有两条切线,该点就有两个_____,这是不可能的。

(4) 几种电场的电场线分布特点

图 1-3-1 从左到右 A(B) 为孤立正(负)点电荷的电场线;C 为等量异种电荷的电场线;D 为等量同种电荷的电场线;E 为终止于导体表面的电场线,它一定垂直于导体表面。

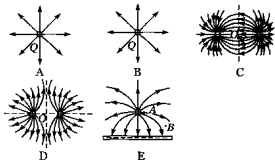


图 1-3-1

6. 匀强电场

在电场中某一区域内,如果场强大小和方向都相同,这样的电场叫匀强电场。

(1) 匀强电场的电场线是一簇_____直线。

(2) 两块靠近的大小相等且互相正对、互相平行、分别带等量正电荷和负电的金属板之间的电场,除板的边缘部分外都是匀强电场。电荷在匀强电场中所受静电力为恒力。

精析 重难点突破

1. 等量异种电荷、等量同种电荷连线上、连线的中垂线上电场强度的变化情况

如图 1-3-1 C 所示,由两个等量异种电荷电场线分布可知:①电荷连线上,中点处场强最小,从左到右场强先减小后增大;②在两电荷连线的中垂线上,中点场强最大,从中点起向两边延伸,场强逐渐变小,方向不变。

如图 1-3-1 D 所示,由两个等量同种电荷电场线分布

可知:①电荷连线上,中点处场强为零,从左到右场强先减小后增大;②在两电荷连线的中垂线上,中点处场强为零,无穷远处场强为零,从中点起向两边延伸,场强先变大后变小。

2. 辨析疑难问题:电场线和点电荷运动的轨迹

电场线是为了形象地描述电场而引入的假想曲线,规定电场上每点的切线方向为该点的场强方向,也是正电荷在该点受力产生加速度的方向(与负电荷受力方向相反)。运动轨迹是带电粒子在电场中实际通过的径迹,径迹上每点的切线方向为粒子在该点的速度方向。电场线和点电荷运动的轨迹是完全不同的两个概念。

在力学的学习中我们已经知道,物体运动速度的方向和它的加速度的方向是两回事,不一定相同,因此,电场线与运动轨迹不能混为一谈。在一般情况下,电场线和点电荷运动的轨迹不重合。

只有当电场线是直线(孤立点电荷产生的电场或匀强电场),且带电粒子初速度为零或初速度方向在这条直线上时,运动轨迹才和电场线重合,这只是一种特殊的情况。

注意

电场线为曲线的非匀强电场中,即使带电粒子(不计重力)的初速度方向和电场线的切线方向一致,粒子的运动轨迹也不可能和电场线重合。因为电场线为曲线说明带电粒子所受电场力时刻在变化,在以后的运动中,带电粒子的运动方向因惯性不可能和力(电场线)方向保持一致。

考点 3 考点训练

考点:电场强度概念辨析

例 1 下列关于电场强度的说法中正确的是 ()

- A. 公式 $E = \frac{F}{q}$ 只适用于真空中点电荷产生的电场
 B. 由公式 $E = \frac{F}{q}$ 可知,电场中某点的场强 E 与试探电荷在电场中该点所受的电场力成正比
 C. 在公式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 中, $k \frac{q_2}{r^2}$ 是点电荷 q_2 产生的电场在点电荷 q_1 处的场强大小;而 $k \frac{q_1}{r^2}$ 是点电荷 q_1 产生的电场在点电荷 q_2 处的场强大小
 D. 由公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 可知,在离点电荷非常近的地方($r \rightarrow 0$),电场强度 E 可达无穷大

解析 电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$ 适用于任何电场,故 A 错;电场中某点的电场强度由电场本身决定,而与电场中该点是否有试探电荷或引入试探电荷所受的电场力无关,故 B 错;点电荷间的相互作用力是通过电场产生的,故 C 对;公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是点电荷产生的电场中某点场强的计算式,当 $r \rightarrow 0$

时,场源电荷已不能看成“点电荷”,该公式已不适用,故 D 错。

答案 C

点评 用“比值”定义的物理量都是为了描写物质本身属性或特征而引入的。因此决定它的因素是物质本身的性质。应区分场强的“比值定义式”和计算点电荷场强的“决定式”。

考点:电场强度定义式的简单应用

例 2 在真空中负点电荷 Q 形成的电场中的 P 点,放一个 $q_1 = -10^{-3} \text{ C}$ 的点电荷,测得 q_1 所受电场力 F_1 的大小为 10^{-5} N 。若移走 q_1 ,而在 P 点放置一个 $q_2 = +2 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的点电荷,则 q_2 所受电场力的大小为多少? 此时 Q 在 P 点产生的场强大小为多少? 方向与将 q_1 放在 P 点时的场强方向相同吗? 若在 P 点不放任何检验电荷,则 Q 在 P 点产生的场强大小为多少? 方向是否变化?

解析 (1) P 点的场强 $E = \frac{F_1}{q_1} = 1 \times 10^3 \text{ N/C}$, $F_2 = q_2 E = 2 \times 10^{-8} \times 10^3 \text{ N} = 2 \times 10^{-5} \text{ N}$ 。

(2) 负点电荷 Q 在 P 点形成的电场决定于场源,而与放入的点电荷无关,与故不放点电荷也无关。即 Q 在 P 点产生的场强大小仍为 10^3 N/C , 方向仍从 P 点指向 Q 点。

答案 $F_2 = 2 \times 10^{-5} \text{ N}$; $E = 1 \times 10^3 \text{ N/C}$, 相同; $E = 1 \times 10^3 \text{ N/C}$, 方向不变。

点评 定义式 $E = \frac{F}{q}$ 适用于任何电场,且 E 与 q 无关,

E 的方向由场源电荷的电场线决定,可以由 q 的带电性质和所受电场力的方向来判定。

考点:场强的叠加、平行四边形定则

例 3 如图 1-3-2 所示,直角三角形中 $AB = 4 \text{ cm}$, $BC = 3 \text{ cm}$, 在 A 、 B 处分别放有点电荷 Q_A 、 Q_B , 测得 C 处场强为 $E_C = 10 \text{ N/C}$, 方向平行于 AB 向上, 问:

- (1) Q_A 与 Q_B 各带何种电荷?
 (2) A 、 B 连线中点 O 处的场强大小为多少? 方向如何?



图 1-3-2

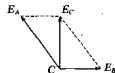


图 1-3-3

解析 (1) C 点场强由 A 、 B 两点电荷的场强合成, 如图 1-3-3 所示, 根据平行四边形定则可知点电荷 Q_A 带负电, 且 Q_A 在 C 点场强 $E_A = \frac{E_C}{\sin \angle ACB} = 12.5 \text{ N/C}$; Q_B 带正电, 且在 C 点场强 $E_B = \frac{E_C}{\tan \angle ACB} = 7.5 \text{ N/C}$ 。

(2)点电荷 Q_A 、 Q_B 在 A、B 连线中点 O 处的场强方向相同,均沿 AB 向上,其合场强方向也沿 AB 向上。 Q_A 在 O 点的场强 E_A' 和在 C 点场强 E_A 之比为 $E_A' : E_A = R_{AO}^2 : R_{CO}^2 = 25 : 4$, $E_A' = 78.125 \text{ N/C}$;同理可求得 Q_B 在 O 点的场强 $E_B' = 16.875 \text{ N/C}$ 、O 点场强大小 $E_O = 78.125 \text{ N/C} + 16.875 \text{ N/C} = 95 \text{ N/C}$ 。

答案 (1) Q_A 带负电, Q_B 带正电; (2) 95 N/C , 方向沿 AB 向上。

例 3 题 求解本题的关键是根据要求画平行四边形,即 E_A 、 E_B 为平行四边形的邻边, C 点场强为 E_A 、 E_B 的合场强,是平行四边形的对角线,确定 E_A 、 E_B 的指向,解三角形即可得出答案。

变式 1 本例中如果 C 点场强方向垂直于 AC 斜向右上方,则 Q_A 与 Q_B 各带何种电荷? 带电量之比为多少?

考点 电场线概念及其应用

例 4 (1)图 1-3-4 中,带箭头的簇曲线为电场线,位于 O 点的正点电荷受到图示静电力 F 的作用,在图中画出电场线指向。

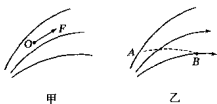


图 1-3-4

(2)另一带电粒子在电场中从 A 点运动到 B 点,运动轨迹如图 1-3-4 乙中虚线所示,不计粒子所受重力,则 ()

- 该粒子带负电
- 从 A 点到 B 点粒子加速度逐渐减小
- 粒子 A 点的速度大于 B 点的速度
- 如果粒子的初速度为零,则粒子轨迹和电场线重合

解析 (1)正电荷所受电场力方向与电场线方向相同,可知电场线方向如图 1-3-4 乙所示。

(2)带电粒子所受电场力指向轨迹凹侧,可知该粒子所受电场力方向与场强方向相反,可知粒子带负电, A 正确;电场线密的地方场强大,知 $E_A > E_B$, 由 $F = Eq$ 知 B 选项正确;粒子从 A 到 B 受到的电场力为阻力, C 正确;因电场线为曲线,即使带电粒子的初速度为零,粒子的轨迹也不可能和电场线重合。

答案 ABC

技巧 由轨迹分析速度变化,可把 A、B 两点速度沿电场线和垂直电场线分解成 v_1 、 v_2 , 如果电场力与 v_1 同向,则带电粒子速度变大,反之带电粒子速度变小。

考点 匀强电场中带电粒子系的平衡

例 5 如图 1-3-5 所示,在场强大小为 E 、方向竖直向下的匀强电场中,有两个质量均为 m 的带电小球 A、B,电荷量分别为 q 和 $-q$,两小球用长为 l 的绝缘细线相连,另用图 1-3-5 的细线系于张紧状态,重力加速度为 g ,求:

- 细线 AB 对 B 球的拉力 F_B 。
- 细线 OA 对 A 球的拉力 F_A 。
- 现将匀强电场方向改为水平向左,求细线 OA 对 A 球的拉力及细线 AB 对 B 球的拉力。

解析 (1)以小球 B 为研究对象, B 球受细线拉力 F_B 、A 球的静电力、匀强电场的电场力和重力作用而平衡,故 $F_B + Eq + k \frac{q^2}{l^2} = mg$, $F_B = mg - Eq - k \frac{q^2}{l^2}$ 。

(2)以 A 球和 B 球整体为研究对象,则 A、B 之间的静电力为内力,系统在重力 $2mg$ 、细线 OA 对 A 球的拉力 F_A 和外电场对 A、B 两球的电场力作用下而平衡, $F_A = Eq - Eq + 2mg = 2mg$ 。

(3)若把匀强电场方向改为水平向左, A、B 两球的位置如图 1-3-6 所示,仍以 A 球和 B 球整体为研究对象,系统受力分析如图 1-3-7 所示,匀强电场对 A、B 两球的作用力之和为零, OA 处于竖直状态,由 A、B 整体在竖直方向平衡可知,细线 OA 对 A 球的拉力不变, $F_A = 2mg$ 。B 球在重力 mg 、AB 绳拉力 F_T 、电场力 Eq 和 A 对 B 球的静电力 $F_{AB} - Eq$ 作用下平衡,由图 1-3-8 可知

$$F_T = \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2} - k \frac{q^2}{l^2}$$

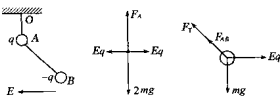


图 1-3-6

图 1-3-7

图 1-3-8

答案 (1) $F_B = mg - Eq - k \frac{q^2}{l^2}$; (2) $F_A = 2mg$;

(3) $F_A = 2mg$, $F_B = \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2} - k \frac{q^2}{l^2}$ 。

点评 匀强电场作用于带电粒子系,则对带电粒子系而言,匀强电场的作用力是外力,粒子系中粒子间相互作用的静电力是内力,分析系统的平衡问题时只需要考虑外力,不需要考虑内力。

变式 2 如果本例中匀强电场方向仍为水平向左, A 球带电量为 $2q$ 、B 球带负电 q ,求细线 OA 对 A 球的拉力。