

你缺少的不是知识，而是变换观点

# 首席教师

# 专题小课本

- 小方法大智慧
- 小技巧大成效
- 小单元大提升
- 小课本大讲坛

## 高中物理 电磁学(上)

总主编/钟山



中国出版集团 现代教育出版社

海阔凭鱼跃



# 方法赢得速度 选择决定未来

FANGFAYINGDESUDU XUANZEJUEDINGWEILAI

## 高中数学

1. 函数 2. 几何初步 3. 三角函数与三角恒等变换 4. 平面向量 5. 数列 6. 不等式 7. 圆锥曲线与方程 8. 导数及其应用 9. 空间向量与立体几何 10. 常用逻辑、推理与证明 11. 统计与概率 12. 算法、框图与复数 13. 数学思想与方法

## 高中物理

1. 力和直线运动 2. 曲线运动与机械能 3. 热运动与能量守恒 4. 波动与相对论 5. 电磁学(上) 6. 电磁学(下) 7. 动量守恒与微观粒子 8. 物理实验与探究 9. 物理思想与方法

## 高中化学

1. 电解质溶液 2. 化学反应与能量 3. 元素周期律与化学键 4. 化学反应速率与化学平衡 5. 元素与化合物 6. 物质结构与性质 7. 有机化学基础 8. 化学实验基础 9. 化学计算

## 明天照样会有报纸

瑞典电影大师英格玛·伯格曼的《伯格曼论电影》一书中谈到这样一件事：1947年，电影《开往印度的船》杀青后，出道不久的伯格曼自我感觉棒极了，认定这是一部杰作，“不准剪掉其中任何一尺”，甚至连试映都没有就匆忙首映。结果可想而知，拷贝出了重大灾情，糟透了！次日看着报纸上的影评，惨不堪言。

也就在此时，他的朋友笑容可掬，点到为止地说了一句话：“明天照样会有报纸。”

此话给伯格曼深深的安慰。明天照样会有报纸，冷言讥语很快都会过去的，你应该争取在明天的报纸上写下最新最美的内容。

伯格曼是幸运的，在他失败的关口，朋友没有喝倒彩，而是用既富有哲理又幽默风趣的话给他独到的慰藉力量。一代电影大师就这样成长起来了。

人生在世，没有人能逃脱失败的经历。天才也不例外。

ISBN 978-7-80196-652-0



9 787801 966520 >

定价：15.80元

责任编辑：郎咸杰 唐向阳  
责任校对：孙成刚  
封面设计：书友传媒

## 图书在版编目(CIP)数据

首席教师专题小课本. 高中物理. 电磁学. 上 / 钟山  
主编. —北京: 现代教育出版社, 2008. 4  
ISBN 978-7-80196-652-0

I. 首… II. 钟… III. 物理课—高中—教学参考资料  
IV. G622

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038466 号

---

书 名: 首席教师专题小课本·高中物理—电磁学(上)

出版发行: 现代教育出版社

地 址: 北京市朝阳区安华里 504 号 E 座

邮政编码: 100011

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司印刷

发行热线: 010-61743009

开 本: 890×1240 1/32

印 张: 9

字 数: 380 千字

印 次: 2008 年 4 月第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-652-0

定 价: 15.80 元

---

## 目 录

首席寄语 .....	( 1 )
单元提升篇 .....	( 3 )
第一章 静电场 .....	( 3 )
第一单元 电荷 库仑定律 .....	( 4 )
第二单元 电场强度 电场线 .....	( 21 )
第三单元 电势 等势面 .....	( 38 )
第四单元 电容 带电粒子在电场中的运动 .....	( 56 )
章末综合提升 .....	( 77 )

## 方法·技巧·策略

库仑定律与万有引力定律的比较( 5 )/库仑定律应用的基本方法和注意事项( 5 )/“对称法”和“割补法”的应用技巧( 7 )/库仑力作用下的平衡问题的解题方法与技巧( 8 )/库仑力作用下的动力学综合问题的解题思路与方法( 10 )/电场强度三个表达式的比较( 21 )/电场强度与电场力比较( 22 )/典型电场的电场线及其特点( 22 )/基本概念的理解与辨析( 23 )/电场强度叠加问题的分析方法( 24 )/应用电场线分析带电粒子运动问题的技巧( 25 )/“整体法”的应用技巧( 26 )/带电体在电场中的直线运动的分析策略( 27 )/“等效重力法”的应用( 28 )/电势与电势能比较( 39 )/电场强度和电势的对比( 40 )/电势、电势差的计算与电势高低判断的方法( 40 )/电场力做功与电势能的计算与分析的方法( 41 )/等势面的特点与应用技巧( 43 )/应用能量观点分析解决力电综合题的策略( 45 )/电荷在匀强电场中的两类基本运动形式( 57 )/平行板电容器动态变化的分析方法( 57 )/带电粒子在电场中的加(减)速运动的解题方法( 59 )/带电粒子在匀强电场中偏转的解题策略( 60 )/带电粒子在交变电场中运动解题策略( 62 )/综合应用力学观点解决带电粒子在电场中的运动问题( 69 )/带电粒子在电场中的运动及电容器问题的综合( 79 )

第二章 恒定电流 .....	( 89 )
第一单元 直流电路的基本概念与基本规律 .....	( 90 )
第二单元 电路的连接与分析 .....	( 105 )
第三单元 闭合电路的欧姆定律 .....	( 125 )
章末综合提升 .....	( 145 )



## 方法·技巧·策略

电流的理解和计算方法(93)/电阻定律的应用技巧(94)/电功和电热的分析方法(95)/欧姆定律及导体的伏安特性曲线的应用(96)/滑动变阻器的两种接法的比较(106)/基本逻辑电路(107)/串并联规律应用的方法与技巧(107)/电表的改装及含表电路的分析与处理方法(109)/含容电路的分析与计算方法(111)/电路故障问题的分析思路(113)/结合实际的综合应用(114)/逻辑电路基础应用方法(116)/闭合电路欧姆定律的表达式(125)/路端电压随负载电阻变化的关系(126)/闭合电路中的功率(126)/用图象描述闭合电路中各量间的关系(126)/三种测量电源电动势和内阻的方法(127)/闭合电路欧姆定律应用方法(127)/闭合电路动态变化的分析策略(128)/闭合电路中的能量(功率)问题(131)/树立等效思想,会画等效电路图(138)/对“理想化”问题的处理(138)/从能量转化和守恒的观点来分析问题(138)/从函数关系的角度来讨论各物理量之间的关系(138)/电路的动态分析和故障判断(146)/电路的计算和实际应用(147)/电路实验(147)

第三章 磁场 .....	(156)
第一单元 磁场的描述 安培力 .....	(157)
第二单元 洛伦兹力 带电粒子在磁场中的运动 .....	(175)
第三单元 带电粒子在复合场中的运动 .....	(198)
章末综合提升 .....	(226)

## 方法·技巧·策略

常见磁场的空间分布及判定(158)/对磁场及其描述的理解(159)/地磁场的有关问题(160)/安培力作用下导线的运动方向的判定方法(161)/安培力问题的分析策略和方法(162)/安培力在实际问题中的应用(166)/对洛伦兹力的基本特点与性质的理解(176)/带电粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动的基本解题策略(177)/带电粒子在有界磁场中的圆周运动的解题策略(178)/磁场最小范围问题(180)/带电粒子在磁场中运动的多解问题分析方法(182)/几何关系的总结(189)/运动规律的总结(189)/力学规律的总结(189)/三种场的特点(198)/典型复合场及典型运动(199)/典型应用实例(199)/带电粒子在复合场中运动形式的分析(203)/带电粒子在交替场中的运动的处理方法(204)/带电粒子在重叠场中运动的处理方法(206)/带电粒子在复合场中的动态运动的分析方法(208)/复合场中的综合题(210)/正确分析带电粒子的受力是解题的根本(215)/全面的运动过程的分析是解题的关键(216)/灵活选用力学规律是解决问题的核心(216)/挖掘隐含条件是解决问题的难点(217)/带电粒子在匀强磁场中的圆周运动(227)/带电粒子在复合场中的运动(229)/“电偏转”与“磁偏转”(230)

专题提升篇 .....	(239)
第一单元 专题思想方法 .....	(239)

## 方法·技巧·策略

对称法(239)/等效法(245)/极限法与临界条件(251)/图象法与作图法(258)

第二单元 专题高考热点 .....	(266)
-------------------	-------

## 方法·技巧·策略

电路与电场、磁场的综合(266)/电路、电磁场中的能量转化(268)/电路、电磁场在科学技术的应用(270)

附录:专题速记图解 .....	(284)
-----------------	-------



## 首席寄语

### ■ 专题导引

本专题主要研究电磁学中的电场、恒定电流和磁场部分知识.对电磁场的性质和规律的研究及应用在人类认识和改造世界的历程中具有重要的地位并产生了巨大的作用,对电磁学的研究也凝练和升华了人类的科学思维和科学方法,因此本专题所研究的内容是整个物理科学的重要组成部分,是中学物理的主干和核心知识,更是高考的重点和热点.



### ■ 高考命题规律

本专题知识是电学的基础知识,为历年高考试题中考点分布的重点区域之一.主要考查电场的性质及其描述、电路的分析与计算、磁场的性质以及带电粒子在电磁场中的运动,通过以上考点将电磁学知识与牛顿运动定律、动能定理、能量守恒定律等力学知识有机地结合起来,从求解过程来考查学生对力学、电学有关知识的理解和熟练程度.高考中考查本专题内容的试题题型全面,选择题、计算题都有所涉及,电路实验几乎每年必考,且多以考查实验设计能力为主,而带电粒子在电场、磁场及复合场中的运动也成为近几年压轴题的主要命题点.电磁学知识中有大量和生产、生活实际及高科技相联系的综合点,是高考命题中,中档以上选拔型试题和综合创新型信息的平台.

### ■ 学习应试策略

本专题知识分三章,即电场、电路和磁场,电场中的热点内容有电场力做功、电势差、电势能及电场力做功的计算、带电粒子在电场中的运动.除对基本概念的考查外,与力学等知识紧密结合的综合题目越来越多,学习中,要加强综合性题目的分析,要加强理论联系实际、向高科技知识联系的方向发展.恒定电流内容知识点多,实验多,基本定律的应用是重点,在学习中要注意以下方法的应用:(1)对电路简化的方法和动态直流电路的分析的方法;(2)电路故障分析的方法;(3)闭合电路的应用和分析.对磁场的学习,要注意以下特点:(1)对安培定则及左手定则的学习应以定性判断为主,加强空间想像能力的训练.(2)对带电粒子的运动,特别是在有界磁场中的运动,应结合力学、电学及几何知识,重点去分析、理解.针对以上特点,在学习时应把握以下学习策略:

#### 一、深入理解基本概念和基本规律,注重构建知识体系

本专题概念和规律较多而且十分抽象,可以通过归类使之条理化、系统化,通过

比较进行理解记忆,如电场与磁场的对比、电场强度与磁感应强度的对比等,通过对比澄清认识、抓住本质,从而准确理解和掌握概念和规律.通过本专题的学习,要能够利用概念图、树形图、表格等构建完整的知识体系,加强学科内乃至学科间的纵横联系,这是宏观上把握全局的关键所在.

## 二、重视科学研究过程与方法

新课程理念强调让学生领悟物理思想和方法,体验探究过程,增强实践意识,新高考将更多地关注新课程理念,试题将更多地涉及研究过程与方法、物理学史等方面的问题,这也是培养学生创新意识、提高学生科学素质的重要途径.本专题相关的主要科学方法有:(1)理想化模型,这是一种科学抽象,抓住事物的主要特征,忽略次要因素,是对实际物体的一种理想化的处理方法,是一种科学的思维方法,如点电荷、电场线、等势面、磁感线等.(2)比值定义物理量的方法,如场强、电势、电阻、磁感应强度等物理量都是利用比值定义的,要能区别于数学形式,从理解其物理意义,从而形成比值定义物理量的一种重要方法和思维模式.(3)类比与等效的方法,重力场、电场和磁场有许多相似之处,许多概念都是对应的,通过类比比较既能够加深理解,更好地掌握场的性质和特点,也可以利用各种场的相似性,采用等效的思想方法巧妙地解决相关问题.(4)图象法,用图象表示物理规律和过程来分析解决物理问题,形象直观,简便快捷.对于图象首先要掌握其物理意义,再结合相应的物理情境和数学知识综合分析.

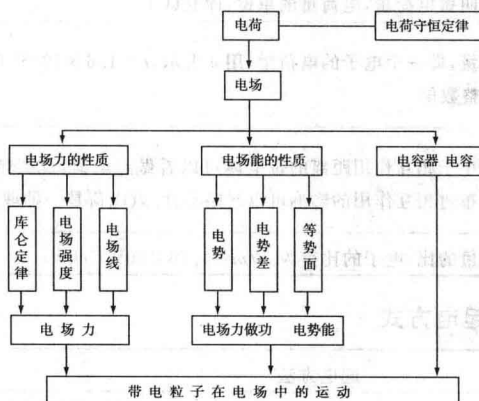
## 三、提高综合分析能力,重视知识在生活、生产和科学技术中的应用

通过本专题的学习和练习,要熟悉各种物理典型模型以及拓展、变迁,加强对难点和热点问题的理解和掌握,提升分析问题、解决问题、理论联系实际的能力和学习的迁移能力.

## [单元提升篇]

## 第一章 静电场

## 本章概念图示



## 课程标准要求

内容标准	活动建议
<p>(1)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</p> <p>(2)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</p> <p>(3)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</p> <p>(4)知道电势能、电势,理解电势差.了解电势差与电场强度的关系</p> <p>(5)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</p>	<p>(1)通过查阅资料、阅读说明书、观察实物等方式,了解避雷针、静电除尘器、静电复印机、激光打印机等设施的基本原理,撰写一篇科学报告</p> <p>(2)收集资料,综述静电的危害和预防方法</p>



## 第一单元

## 电荷 库仑定律

知识清单精解  
ZHISHIQINGDANJINGJIE

## 一、电荷

知识点	内 容
两种电荷	自然界只存在两种电荷,即正电荷和负电荷,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引
电荷量	电荷的多少叫做电荷量,电荷量的单位:库仑(C)
元电荷	最小的电荷量,即一个电子的电荷量,用 $e$ 表示, $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,物体带的电荷量只能是 $e$ 的整数倍
点电荷	自身线度远小于相互作用距离的带电体可以看做点电荷,此时带电体的形状、大小及电荷的分布对相互作用的影响可以忽略不计.点电荷是一种理想化物理模型
比荷	电荷量与质量的比,电子的比荷为: $e/m=1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$

## 二、三种起电方式

起电方式	起电方法	说 明
摩擦起电	两个不同的物体相互摩擦,由于得失电子而带上等量的异种电荷	失去电子的带正电,得到电子的带负电
感应起电	导体接近(不接触)带电体,使导体靠近带电体一端(近端)带上与带电体相异的电荷,而远离带电体的一端(远端)带上与带电体相同的电荷	这种现象叫做静电感应
接触起电	不带电物体接触另一个带电物体,使电荷从带电体转移一部分到不带电的物体上	两完全相同的带电金属小球接触时电荷量分配规律:原带异种电荷的先中和后平分,原带同种电荷的总电荷量平分

## 三、两个基本定律

电荷守恒定律	<p>表述 1: 电荷既不能创造, 也不能消灭, 只能从一个物体转移到另一个物体, 或从物体的一部分转移到另一部分, 在转移的过程中电荷的总量保持不变</p> <p>表述 2: 一个与外界没有电荷交换的系统, 电荷量的代数和总是保持不变</p>
库仑定律	<p>内容: 真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电荷量的乘积成正比, 跟它们间的距离的平方成反比, 作用力的方向在它们的连线上</p> <p>公式: <math>F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}</math></p> <p>静电力常量: <math>k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2</math></p> <p>适用条件: ①真空中; ②点电荷</p>

## 四、库仑定律与万有引力定律的比较

定律	内容	表达式	共同点	不同点
库仑定律	真空中两个点电荷间的作用力跟它们的电荷量的乘积成正比, 与它们之间距离的二次方成反比, 作用力的方向在它们的连线上	$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	①都与 $r^2$ 成反比 ②都有一个常量	与两物体带的电荷量有关; 既有引力也有斥力; 适用于真空中的点电荷
万有引力定律	自然界中任何两个物体都相互吸引, 引力的大小与两物体的质量的乘积成正比, 与它们之间距离的二次方成反比	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$		与两物体的质量有关; 只有引力; 适用于任何质点

说明: 对于一般的两个带电体之间, 静电力比万有引力大得多, 万有引力可以忽略。

### 方法技巧突破

## 一、库仑定律应用的基本方法和注意事项

(1) 应用库仑定律进行计算时, 电荷的电荷量用绝对值代入公式进行计算, 然后根据同性电荷相斥、异性电荷相吸判断方向即可。

(2) 库仑定律适用于真空中的点电荷, 因此当带电体之间的距离  $r$  很小时, 已不能看做点电荷直接应用库仑定律, 但可根据电荷的分布情况, 利用库仑定律做定性的分析。

(3) 库仑力也称为静电力, 与重力、弹力、摩擦力是并列的, 具有力的一切性质, 合成与分解时遵从平行四边形法则, 可以与其他力平衡, 使物体发生形变, 产生加速度等。

(4) 两个点电荷间的库仑力是一对作用力和反作用力, 其大小相等、方向相反。公式  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$  中,  $F$  是  $Q_1$  与  $Q_2$  之间的相互作用力, 不能理解为  $Q_1 \neq Q_2$  时受的力也不等。

**例 1** 真空中有甲、乙两个点电荷,相距为  $r$ ,它们间的静电力为  $F$ .若甲的电荷量变为原来的 2 倍,乙的电荷量变为原来的  $\frac{1}{3}$ ,距离变为  $2r$ ,则它们之间的静电力变为( )

- A.  $\frac{3F}{8}$       B.  $\frac{F}{6}$       C.  $\frac{8F}{3}$       D.  $\frac{2F}{3}$

解析:根据题目给出条件,真空中的点电荷符合库仑定律的应用条件,故  $F=k\frac{Q_{\text{甲}}Q_{\text{乙}}}{r^2}$ .

当  $Q'_{\text{甲}}=2Q_{\text{甲}}$ ,  $Q'_{\text{乙}}=\frac{1}{3}Q_{\text{乙}}$ ,  $r'=2r$  时,  $F'=k\frac{2Q_{\text{甲}}\times\frac{1}{3}Q_{\text{乙}}}{4r^2}=\frac{1}{6}F$ ,所以答案应选 B.

答案:B

### 题后总结

点电荷之间的相互作用力与两个点电荷电荷量的乘积成正比,与两个点电荷距离的平方成反比.解答问题时,要考虑三个量的变化.

**例 2** 如图 1-1-1 所示,等边三角形  $ABC$ ,边长为  $L$ ,在顶点  $A$ 、 $B$  处有等量异种点电荷  $Q_A$ 、 $Q_B$ ,  $Q_A=+Q$ ,  $Q_B=-Q$ ,求在顶点  $C$  处的正点电荷  $Q_C$  所受的静电力.

解析:分析  $Q_C$  的受力,确定各力的大小和方向,再进行合成.

$Q_C$  受力情况如图 1-1-2 所示,  $Q_A$ 、 $Q_B$  对  $Q_C$  的作用力大小和方向都不因其他电荷的存在而改变,仍然遵守库仑定律的规律.

$Q_A$  对  $Q_C$  的作用力:  $F_A=k\frac{Q_AQ_C}{L^2}$ ,同性电荷相斥.

$Q_B$  对  $Q_C$  的作用力:  $F_B=k\frac{Q_BQ_C}{L^2}$ ,异性电荷相吸.

因为  $Q_A=Q_B=Q$ ,所以  $F_A=F_B$ .

根据平行四边形法则,  $Q_C$  受的力  $F_1$  即为  $F_A$ 、 $F_B$  的合力,根据几何知识可知,  $Q_C$  受力的大小  $F_1=F_A=F_B=k\frac{QQ_C}{L^2}$ ,方向为平行

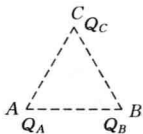


图 1-1-1

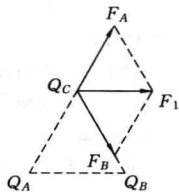


图 1-1-2

$AB$  连线向右. 答案:  $k\frac{QQ_C}{L^2}$ , 方向为平行  $AB$  连线向右

**解题关键:** (1) 静电力的合成与分解同样遵守平行四边形定则. (2) 题中不交待电性时,需根据题给的条件判断其电性,若不能判断电性,应按两种情况处理. (3) 求力时不但要计算力的大小还要确定力的方向.

**例 3** 两个半径为  $r$  的带电球所带的电荷量均为  $Q$ ,且电性相同当两球心相距为  $4r$  时,相互作用的静电力大小为  $F$ ,则( )

- A.  $F=\frac{kQ^2}{16r^2}$       B.  $F>\frac{kQ^2}{16r^2}$       C.  $F<\frac{kQ^2}{16r^2}$       D. 无法确定

解析:两球心距离不比球的半径大很多,所以不能看做点电荷,由于同种电荷相互排斥,“电荷中心”间的距离会大于两球心间距  $4r$ ,故应选 C. 答案:C

**解题关键:** 深入理解点电荷的概念及库仑定律的适用条件.

## 二、库仑定律与电荷守恒定律的综合应用技巧

两定律中均涉及电荷的电荷量,故电荷的电荷量便成了把两定律联系起来的“纽带”,因而正确分析、确定带电体在不同状态下的电荷量,便成了处理两定律综合应用的关键.根据电荷守恒定律,两完全相同的带电金属小球接触时,原带异种电荷的先中和后平分(两者间的库仑力可能变大也可能变小),原带同种电荷的总电荷量平分(两者间的库仑力不可能变小)

**例 4** 有三个完全相同的金属球 A、B、C, A 带电荷量为  $7Q$ , B 球带电荷量为  $-Q$ , C 球不带电. 将 A 球、B 球固定, 然后让 C 球反复与 A 球、B 球接触, 最后移走 C 球. 试问 A、B 间的相互作用力变为原来的多少倍?

**解析:** 根据电荷守恒定律分析出三者反复接触后的带电情况, 再由库仑定律分别求出接触前后的库仑力进行比较.

C 球反复与 A 球、B 球接触, 最后三个球带相同的电荷量, 其电荷量为  $Q' = \frac{7Q + (-Q)}{3} = 2Q$ .

$$A、B \text{ 球间原先的相互作用力大小为 } F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = k \frac{7Q \cdot Q}{r^2} = 7k \frac{Q^2}{r^2}.$$

$$A、B \text{ 球间后来的相互作用力大小为 } F' = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = k \frac{2Q \cdot 2Q}{r^2} = 4k \frac{Q^2}{r^2}.$$

比较以上两式得:  $F' = \frac{4}{7} F$ . 故 A、B 间的相互作用力变为原来的  $\frac{4}{7}$ . **答案:**  $\frac{4}{7}$

**解题关键:** 本题考查了中和、接触起电等现象及电荷守恒定律、库仑定律等内容. 在审题时, 能从“C 反复与 A、B 接触”这句话中挖掘出最终三球电荷量相同这一隐含条件是至关重要的.

## 三、“对称法”和“割补法”的应用技巧

1. 对称是指图形或物体对某个点、区域或平面而言, 在大小、形状和排列上具有一一对应关系. 因此一旦确定了事物某一部分特征便可推知其对称部分的相同特征, 利用这一思路来分析和求解物理问题, 往往可得到一些简捷的解题方法而免去一些繁琐的数学计算, 并使问题的物理实质得到更清楚的展现. 还可以将一些表面并不具有对称性的问题进行某种转化使其具有对称性, 再利用对称性进行求解. 在电学中常用此方法求解具有几何对称特征的带电体产生电场的场强.

2. 所谓割补法, 就是在求解电场强度时根据问题给出的条件建立起物理模型, 如果这个模型是一个完整的标准模型, 则容易解决. 但有时由题给条件建立的模型不是一个完整的标准模型, 比如说模型 A 不是一个标准的、完整的模型, 需补充一个模型 B 使模型 A 与模型 B 恰好组成一个完整的标准模型, 这样求解模型 A 的问题就变为求解一个完整的标准模型与模型 B 的差值问题.

**例 5** 如图 1-1-3 所示,一半径为  $R$  的绝缘球壳上均匀地带有电荷量  $+Q$  的电荷,另一电荷量为  $+q$  的点电荷放在球心  $O$  上,由于对称性,点电荷受力为零.现在球壳上挖去半径为  $r(r \ll R)$  的一个小圆孔,则此时置于球心的点电荷所受力的大小为 \_\_\_\_\_ (已知静电力常量是  $k$ ),方向 \_\_\_\_\_.

**解析:** 球面上各点在  $O$  处均产生电场,未挖去小圆孔  $M$  时,由于对称性,叠加后的合场强为零,挖去  $M$  后,球心  $O$  处合场强不再为零,场强可看做是由与  $M$  对称的  $N$  处的电荷产生的, $N$  处电荷  $Q' = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} Q$ ,由于  $r \ll R$ , $N$  处电荷可视为点电荷,则  $F = k \frac{Q'q}{R^2} = k \frac{Qqr^2}{4R^4}$ ,方向由球心指向

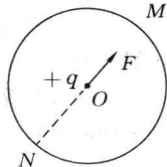


图 1-1-3

圆孔. **答案:**  $k \frac{Qqr^2}{4R^4}$  由球心指向圆孔

**解题关键:** 该题运用对称性的思想方法,在深刻理解点电荷概念的基础上,巧妙地将问题转化为点电荷问题的求解.

#### 四、库仑力作用下的平衡问题的解题方法与技巧

1. 此类问题仍属于静力学问题,只是受力分析时要注意多分析一个性质力——库仑力,解题的一般方法是:

(1) 确定研究对象,如果相互作用的有多个物体,要灵活运用“整体法”或“隔离法”进行分析求解;

(2) 进行受力分析,按先场力后接触力的顺序,注意库仑力的大小和方向要根据库仑定律由电荷的电荷量、电性及距离综合判定;

(3) 列平衡方程或由平衡推论分析求解. 求解时,可以用正交分解法、解三角形法、相似三角形法等,与力学中共点力平衡问题的分析处理方法完全相同.

2. 三个点电荷只在相互库仑力作用下恰好同时处于平衡状态时,三者必在同一条直线上,两端电荷电性必相同,中间电荷一定与两端电荷电性相反且与电荷量较小的那一端电荷距离较近,可概括为:三点共线、两同夹异、两大夹小、近小远大.

**例 6** 相距为  $L$  的点电荷  $A$ 、 $B$  带的电荷量分为  $+4Q$  和  $-Q$ ,要引进第三个点电荷  $C$ ,使三个点电荷在库仑力作用下都能处于平衡状态,试求电荷  $C$  的电荷量和放置的位置?

**解析:** 如图 1-1-4 所示,首先分析点电荷  $C$  可能放置的位置,三个点电荷都处于平衡状态,彼此之间作用力必须在一条直线上, $C$  只能在  $A$ 、 $B$  决定的直线上,不能在直线之外. 而可能的区域有 3 个, (1)  $AB$  连线上, $A$  与  $B$  带异种电荷互相吸引, $C$  电荷必须与  $A$ 、 $B$  均产生排斥力,这不可能,因为无论  $C$  带什么电都不能对  $A$ 、 $B$  均产生排斥力. (2) 在  $AB$  连线的延长线  $A$  的左侧, $C$  带负电时对  $A$  产生吸引力与  $B$  对  $A$  作用力方向相反,可能使  $A$  处于平衡, $C$  对  $B$  的作用力为排斥力,与  $A$  对  $B$  作用力方向相反,也可能使  $B$  平

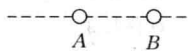


图 1-1-4



衡,但离A近,A带电荷量又多,不能同时使A、B处于平衡状态.(3)放在B的右侧能满足A、B同时处于平衡状态,C同时也平衡.

设:点电荷C置于B的右侧且距离B为 $x$ ,带电荷量为 $q$ ,则

A处于平衡有: $k \frac{4Q \cdot q}{(L+x)^2} = k \frac{4Q \cdot Q}{L^2}$ , B处于平衡有: $k \frac{Q \cdot q}{x^2} = k \frac{4Q \cdot Q}{L^2}$ ,解得  
 $q=4Q, x=L$ . 答案:见解析

**解题关键:**本题设置的物理情景比较清楚,过程也很单一,但仍要注意分析,仔细运算.容易出现的问题有:由于未认真审题,误认为只是要求其中一个电荷处于平衡状态,而没有看清是三个点电荷均要处于平衡状态;或者在分析时,片面地认为只要考虑其中两个点电荷的平衡条件就行了,似乎只要满足了这一条件,它们对第三个点电荷的库仑力肯定相等;或者运算时丢三落四.凡此种种,均不可能得出正确的结果.另外通过此题注意理解“三点共线、两同夹异、两大夹小、近小远大”.

**例 7** 一条长 $3l$ 的丝线穿着两个相同的质量均为 $m$ 的小金属环A和B,将线的两端都系于同一点O,当金属环带电后,由于两环间的静电斥力使丝线构成等边三角形,此时两环处于同一水平线上,如图1-1-5所示,如果不计环与线的摩擦,两环带的电荷量为多少?

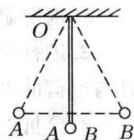


图1-1-5

解析:因为两个小环完全相同,它们的带电情况可以认为相同,令每环带的电荷量为 $q$ .既然是小环,可视为点电荷.

A与B分开后,取右面环B为研究对象,且注意到同一条线上的拉力 $F_1$ 大小相等,则右环受力情况如图1-1-6所示,其中库仑斥力 $F$ 沿电荷连线向右,根据平衡条件:

$$\text{竖直方向有 } F_1 \cos 30^\circ = mg$$

$$\text{水平方向有 } F_1 + F_1 \sin 30^\circ = F = \frac{kq^2}{l^2}$$

$$\text{两式相除得 } \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{mg l^2}{kq^2}, \text{ 所以 } q = \sqrt{\frac{\sqrt{3}mg l^2}{k}}.$$

答案:两环带的电荷量均为 $\sqrt{\frac{\sqrt{3}mg l^2}{k}}$

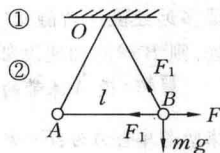
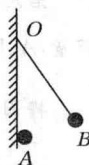


图1-1-6

**例 8** 如图1-1-7所示,竖直绝缘墙壁上有一个固定的质点A,在A点正上方的O点用绝缘丝线悬挂另一质点B,OA=OB,A、B两质点因为带电而相互排斥,致使悬线偏离了竖直方向,由于漏电使A、B两质点带的电荷量逐渐减少,在电荷漏完之前悬线对悬点O的拉力大小( )

A. 逐渐减小 B. 逐渐增大 C. 保持不变 D. 先变大后变小

解析:关键是正确分析受力情况,找到力的矢量三角形与几何三角形的相似关系. 图1-1-7



如图 1-1-8 所示,当悬线偏离竖直方向某一角度时,由平衡条件知,质点 B 所受的重力  $G$ 、库仑力  $F$  和拉力  $T$  的合力应为零,故可先将  $F$  和  $T$  合成,则它们的合力与重力构成一对平衡力。由此得到由这三个力构成的力的三角形,而这个力的三角形恰与几何三角形  $OAB$  相似。于是有  $\frac{T}{OB} = \frac{G}{OA} = \frac{F}{AB}$ , 由于  $OA=OB$ , 所以  $T=G$ , 即  $T$  与悬线

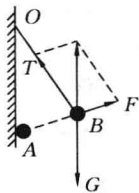


图 1-1-8

与竖直方向的夹角无关, 应选 C 项。 答案: C

**解题关键:** 如果仅做一个蜻蜓点水式的分析, 认为由于漏电, 库仑力将减小, 因而拉力减小, 则容易错选 A 项。事实上, 当两个电荷带的电荷量减小时, 其间距也将减小, 悬线与竖直方向间的夹角也将减小, 使库仑力大小及方向都发生变化。故绳子拉力如何变化还要进一步分析才行。

### 五、库仑力作用下的动力学综合问题的解题思路与方法

此类问题也是在一般运动学问题的基础上注意库仑力的分析, 解题的一般思路是:

1. 确定研究对象, 注意灵活运用“整体法”和“隔离法”;
2. 进行受力分析, 按先场力后接触力的顺序, 注意库仑力的大小和方向的判定及其与电荷的电荷量、电性及距离的关系;
3. 分析运动过程, 确定运动性质和状态, 分析相关条件;
4. 根据牛顿运动定律或动量、能量的观点列方程, 结合条件和库仑定律综合求解。

**例 9** 如图 1-1-9 所示,  $A$ 、 $B$  为带同种电荷且大小相同的导体小球, 均可看做点电荷。  $B$  球带的电荷量为  $A$  球的三倍。 现将  $A$  球固定于倾角为  $\theta$  的绝缘光滑斜面的底端, 已知  $B$  球的质量为  $m$ , 则  $B$  球在斜面上离  $A$  球多远处能保持静止? 若用绝缘工具将  $B$  球与  $A$  球接触后再放回原处, 则  $B$  球的加速度如何?

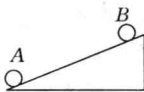


图 1-1-9

**解析:** 设  $A$  球带的电荷量为  $Q$ ,  $A$ 、 $B$  间距离为  $l$ 。由库仑定律可得  $B$  球所受库仑力为:  $F = k \frac{Q \cdot 3Q}{l^2}$

由平衡条件可得:  $F = mg \sin \theta$ , 解得  $l = \sqrt{\frac{3kQ^2}{mg \sin \theta}}$ 。

若用绝缘工具将  $B$  球与  $A$  球接触, 由于两球为大小相同的导体小球, 将平分电荷量,  $A$ 、 $B$  各带电荷量:  $Q' = \frac{Q+3Q}{2} = 2Q$ 。

将  $B$  球放回原处后所受库仑力变为  $F' = k \frac{Q' \cdot Q'}{l^2} = k \frac{4Q^2}{l^2} = \frac{4}{3}F = \frac{4}{3}mg \sin \theta$

由牛顿第二定律可得  $B$  球的加速度:  $a = \frac{F' - mg \sin \theta}{m} = \frac{1}{3}g \sin \theta$ , 方向沿斜面向上。

答案: 见解析

### 题后总结

在明确研究对象,准确进行受力分析的基础上,综合运用牛顿运动定律分析求解,要特别注意库仑力的分析,此题中又综合了电荷守恒定律,接触后电荷量的变化导致了库仑力的改变,从而影响到运动状态。

**例 10** 如图 1-1-10 所示,光滑绝缘水平面上固定着 A、B、C 三个带电小球,

它们的质量均为  $m$ ,间距均为  $r$ ,A 带的电荷量  $Q_A=10q$ ,B 带的电荷量  $Q_B=q$ ,若小球 C 上加一个水平向右的恒力,欲使 A、B、C 始终保持  $r$  的间距运动,求:(1)C 球的电性和电荷量  $Q_C$ ;(2)水平力  $F$  的大小。

解析:对 A、B、C 系统由牛顿第二定律得: $a = \frac{F}{3m}$

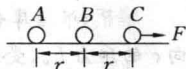


图 1-1-10

A 球受到 B 球的库仑斥力  $F_1$  和 C 球的库仑力  $F_2$  后,要产生水平向右的加速度,故  $F_2$  必为引力,C 球带负电。

对 C 球: $F - k \frac{Q_A Q_C}{(2r)^2} - k \frac{Q_B Q_C}{r^2} = ma$ ,对 A 球: $k \frac{Q_A Q_C}{(2r)^2} - k \frac{Q_B Q_A}{r^2} = ma$ 。

联立可得: $Q_C = \frac{40}{3}q, F = \frac{70kq^2}{r^2}$ 。

答案:(1)C 球带负电,电荷量为  $\frac{40}{3}q$ 。(2) $F$  的大小为  $\frac{70kq^2}{r^2}$ 。

### 题后总结

(1)库仑定律与力学平衡规律或牛顿运动定律综合,包含了库仑力的大小和方向、牛顿运动定律、力的合成和分解,一定要注意各部分知识的相互联系和综合运用。(2)涉及多个物体的运动时,要注意灵活运用整体法和隔离法。

## 高考能力培养

GAOKAONENGLIPEIYANG

### 一、理解和推理能力

能力点津:1.要结合各种起电方式和电荷转移过程理解应用电荷守恒定律。

2.通过与万有引力定律的类比加深对库仑定律的理解,理解其数学形式及各量间的关系,更应该理解库仑定律包涵的丰富的物理学的思想和方法。

3.由于存在两种电荷,所以在电荷守恒和转移、电荷间相互作用问题中存在多种可能性,推理时应注意多解可能,若电荷电性未知,应分情形讨论,注意思维的发散性。

**考例 1** (全国高考)目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸克组成。u 夸克带的电荷量为  $\frac{2}{3}e$ ,d 夸克带的电荷量  $-\frac{1}{3}e$ , $e$  为基元电荷。

下列论断可能正确的是( )

- A. 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  
B. 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

C. 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 1 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: 根据电荷守恒定律, 由于质子所带电荷量为  $+e$ , 中子为电中性的, 故可知 B 正确. 答案: B

考例 2 (全国理综) 如图 1-1-11 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,  $a$  所带电荷量的大小比  $b$  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 ( )

A.  $F_1$       B.  $F_2$       C.  $F_3$       D.  $F_4$

解析: 根据库仑定律得:  $c$  受到  $a$  电荷的作用力方向为由  $a$  指向  $c$  的斥力  $F_a$ 、受到  $b$  的作用力方向为由  $c$  指向  $b$  的引力  $F_b$ , 且  $F_a < F_b$ , 根据平行四边形定则, 两者合力只能为  $F_2$ , 所以本题的正确答案应该是 B.

答案: B

## 二、分析综合能力

能力点津: 库仑定律主要研究库仑力, 因此与力学中的平衡、牛顿第二定律、圆周运动、动量与能量等知识结合紧密, 也可以巧妙地结合电荷守恒定律, 高考常会以此为综合点考查学生的力电综合能力.

1. 要注意选择合适的研究对象, 对多个带电体构成的系统应从整体和个体上综合分析研究.

2. 准确全面的受力分析是解题的基础和关键, 特别要能够通过库仑定律将力电综合联系起来.

3. 要熟悉各种运动的特点和规律, 结合受力分析运动过程, 确定运动性质和关键状态.

4. 综合分析挖掘隐含或临界条件也是解题的关键.

考例 3 如图 1-1-12 所示, 真空中  $A$ 、 $B$  两点固定有两个带电荷量均为  $q$  的正点电荷, 相距  $2L$ , 通过其连线中点  $O$  作此线段的垂直平分面, 在此平面上有一个以  $O$  为圆心半径为  $L$  的圆周, 一质量为  $m$ , 带电荷量为  $-q$  的点电荷  $C$  恰绕此圆周做匀速圆周运动, 求  $C$  的运动速率.

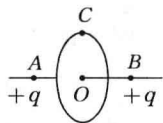


图 1-1-12

解析:  $C$  受力如图 1-1-13 所示,  $A$ 、 $B$  处的电荷对  $C$  的库仑

$$力分别为: F_A = F_B = k \frac{q^2}{L^2 + L^2} = \frac{kq^2}{2L^2}$$

$$两者合力提供向心力, 故有: F_{\text{合}} = 2F_A \sin 45^\circ = \frac{kq^2}{\sqrt{2}L^2} = m \frac{v^2}{L}$$

$$解得: v = q \sqrt{\frac{k}{\sqrt{2}mL}} \quad \text{答案: } q \sqrt{\frac{k}{\sqrt{2}mL}}$$

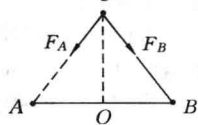


图 1-1-13

考例 4 两个正点电荷  $Q_1 = Q$  和  $Q_2 = 4Q$  分别固定在光滑绝缘水平面上的  $A$ 、 $B$  两点,  $A$ 、 $B$  两点相距  $L$ , 且  $A$ 、 $B$  两点正好位于水平放置的光滑绝缘半圆细管两个端