

各版本适用



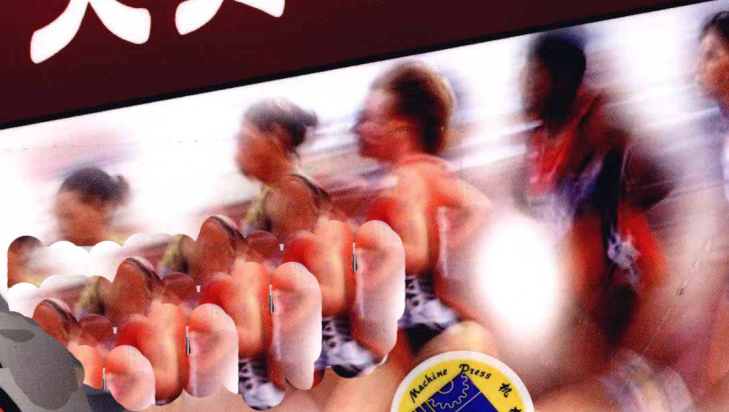
立足高考大纲 探究知识内涵  
解读奥赛真题 揭示思维规律  
点击高考难题 登上名校殿堂

↑ 第6版

# 高考·奥赛对接辅导

高中  
物理

2



主编 蔡 晔



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高考·奥赛对接辅导

# 高中物理 2

第 6 版

主 编 蔡 晔

副主编 王征征

编 者 吴明先 张文清 张春生 薛志虎  
李学镇 李丽丽 李德山 麻树才  
田相开 李 远 白延海 熊 铭  
郑芝萍 翟巧芳



机械工业出版社

本系列书以新课标人教版教材知识体系为主线,兼顾其他版本教材的知识体系,将整个高中阶段的内容按知识模块进行编排。每一章节中,既有对高中阶段所应掌握的重点知识的讲解归纳,又有对与内容相关的近几年各地具有代表性的高考真题、竞赛题的归类整理和解析;同时还针对以后高考的趋势和方向,设计用于学生自练自评的练习题。本书既可用于学生同步巩固复习与训练,也适用于高考的第一轮复习。

## 图书在版编目(CIP)数据

高考·奥赛对接辅导. 高中物理2/蔡晔主编. —6版. —北京:机械工业出版社, 2011.3 (2012.1重印)

ISBN 978-7-111-33463-7

I. ①高… II. ①蔡… III. ①物理课—高中—习题—升学参考资料  
IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 024812 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:马文涛 胡明 责任编辑:马文涛 陈崇昱

责任印制:杨曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012年1月第6版·第4次印刷

148mm×210mm·11.5印张·362千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33463-7

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

# 前 言

## 编写定位

编者精心编写的“高考·奥赛对接辅导”系列书立足教材、着眼高考、面向竞赛,融高考和竞赛于一体,期望为同学们提供最全面、最实用、最完备的高考常考知识点和竞赛解题方法。

本系列书内容的难度定位在中等偏上,以新课标、高考大纲中的重、难点及竞赛中的常考知识拓展点为基础,结合近年来经典的高考难题和典型的竞赛题,介绍解较难题目的方法,培养解决问题的能力,并通过练习题及时巩固,引导创新。

## 编写特点

**1. 导向性** 本书全面反映了近几年高考和竞赛的题型,详细介绍了的所有知识点以及解题技巧,体现出学科内不同知识板块间的综合联系,侧重考查学生的能力、素质,从而将未来高考和竞赛的趋势全面展现出来。

**2. 新颖性** 本书所选的例题是精心筛选的近几年的高考题和国际、国内竞赛题,内容新、题型新。大多数例题虽具一定难度,但难而不偏,具有代表性,且解题方法灵活。

本系列书自面世以来,得到了读者朋友的一致认可。本着与时俱进的原则和精益求精的态度,同时也为了答谢读者的厚爱,我们组织了一批有经验的专家和勇于创新的一线优秀青年教师,分析研究近年来全国各地、各类竞赛和高考的新变化,对原书内容进行了必要的修订和优化,期望能为同学们迎接升学考试和竞赛复习助一臂之力。

由于编写时间较紧,可能存在一些缺漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 选修 3—1

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 第一章 静电场 .....                             | 1   |
| 第一节 电荷及其守恒定律、库仑定律、电场强度 .....              | 1   |
| 第二节 电势能、电势、电势差 .....                      | 14  |
| 第三节 电容器和电容 .....                          | 27  |
| 第四节 带电粒子在电场中的运动 .....                     | 39  |
| 第二章 恒定电流 .....                            | 54  |
| 第一节 电流、电动势、欧姆定律 .....                     | 54  |
| 第二节 串联电路和并联电路 .....                       | 64  |
| 第三节 焦耳定律 .....                            | 78  |
| 第四节 电阻定律 .....                            | 88  |
| 第五节 闭合电路的欧姆定律 .....                       | 104 |
| 第六节 多用电表、实验：测定电源的电动势和内阻、<br>简单的逻辑电路 ..... | 117 |
| 第三章 磁场 .....                              | 135 |
| 第一节 磁场及磁感应强度 .....                        | 135 |
| 第二节 安培力和洛伦兹力 .....                        | 143 |
| 第三节 带电粒子在复合场中的运动 .....                    | 165 |

## 选修 3—2

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第四章 电磁感应 .....        | 182 |
| 第一节 法拉第电磁感应定律 .....   | 182 |
| 第二节 楞次定律 .....        | 200 |
| 第三节 感生电动势和动生电动势 ..... | 217 |
| 第五章 交变电流 .....        | 229 |
| 第一节 交变电流、电感、电容 .....  | 229 |
| 第二节 变压器、电能的输送 .....   | 239 |
| 第六章 传感器 .....         | 252 |
| 参考答案 .....            | 259 |

选

修

3

—

1

# 第一章 静 电 场

## 第一节 电荷及其守恒定律、库仑定律、电场强度

### \* \* \* \* \* 考 点 对 接 \* \* \* \* \*

#### 一、电荷守恒定律

电荷既不能产生,也不能消失,它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.这就是电荷守恒定律的内容.电荷守恒定律是自然界的普遍规律.

#### 二、库仑定律

##### 1. 内容

真空中两个静止点电荷间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上.

##### 2. 表达式

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

##### 3. 适用条件

(1)真空中(空气中也近似成立)且为点电荷.

(2)对于两个均匀带电绝缘体,可将其视为电荷集中于球心的点电荷, $r$ 为两球心间距.对于近距离带电导体球,会引起电荷的重新分布,不能再用电球心间距代替 $r$ .

(3)库仑力在 $r=10^{-19} \sim 10^{-15} \text{ m}$ 的范围内有效,但不能根据公式错误地推论:当 $r \rightarrow 0$ 时, $F \rightarrow \infty$ ,因为当 $r \rightarrow 0$ 时,两个带电体已经不能再被视作点电荷了.



◆特别提示:

极大值问题,在  $r$  和两带电体电量和一定的情况下,当  $Q_1 = Q_2$  时,  $F$  有最大值.

三个自由点电荷平衡问题是静电场中的典型问题,以下是它们均处于平衡状态时的规律:

① “三点共线,两同夹异,两大夹小”.

② 中间点电荷靠近另两个中电量较小的那个.

③ 已知中间点电荷的平衡求间距,或已知两边之一平衡求中间点电荷的电量,这两种情况下的关系式为  $\sqrt{q_1 q_2} + \sqrt{q_2 q_3} = \sqrt{q_1 q_3}$  或  $Q_+^2 = Q_- Q_-$ .

④ 当  $q_1, q_3$  固定时,  $q_2$  的平衡位置具有唯一性,且与  $q_2$  的电量多少、电性正负无关.

### 三、电场强度

#### 1. 定义

电场强度是一个从力学角度定义的物理量.  $F$  即电场力,是一个既与电场有关又与检验电荷有关的量,但  $F$  与  $q$  的比值却是一个定值,即  $E = \frac{F}{q}$ . 物理学中有很多用比值来定义的物理量,根据这种定义法的特点,可以由  $q$  在电场中所受的力  $F$  来确定某点场强  $E$  的强弱及方向,但某点  $E$  值的大小及方向,既与检验电荷  $q$  无关,也与  $q$  在该点所受的力无关,仅与二者的比值有关.

理解:(1)  $E = \frac{F}{q}$  是电场强度的定义式,适用于任何电场. 电场强度的矢量方向与正电荷在该点受的电场力方向相同.

(2) 点电荷周围场强公式:  $E = \frac{kQ}{r^2}$ , 其中,  $Q$  为产生该电场的电荷(即场源电荷).

(3) 匀强电场的场强公式:  $E = \frac{U}{d}$ , 其中,  $d$  为沿电场线方向上的距离.

#### 2. 电场强度的叠加

若空间某一点受到不止一个电荷所产生的电场的影响,则它们所形成的电场在该点是以合电场的形式存在的. 因为场强是矢量,故它们的合成是用矢量叠加原理,即平行四边形法则来合成的.

#### 3. 均匀带电球壳内外的电场

(1) 内部的场强:

证明 在球壳内任取一点  $P$ , 找出相应的过  $P$  点的球径, 过  $P$  点作任意一条别的直线与球面交于  $A$ 、 $B$  两点, 当线段  $AB$  绕球径旋转时,  $A$ 、 $B$  在球面上分别切出两小弧面. 弧面面积  $S_A$  与  $S_B$  之比为它们到  $P$  点的距离  $r_A$  与  $r_B$  的二次方比, 即其上所带电量  $q_A$ 、 $q_B$  分别和  $r_A$ 、 $r_B$  的二次方成正比. 则由库仑定律可知, 它们在  $P$  点的合场强为零. 依此类推, 其内部场强处处为零.

(2) 外部的场强:

由球的对称性及微积分原理可知, 球壳外某一点  $P$  的场强为

$$E_P = k \frac{Q}{r^2}$$

式中,  $k$  为静电常数;  $Q$  为球壳所带电量;  $r$  为  $P$  点到球心的距离. 注意: 此结论与球壳的半径无关.

#### 四、电场线

电场线不一定是带电粒子在电场中的运动轨迹.

电场线只能够描述电场的方向和定性描述电场的强弱, 它决定了带电粒子在电场中各点所受电场力的方向和加速度的方向.

当电场线是直线, 而且带电粒子的初速度为零或者初速度的方向与电场线在同一条直线上时, 电场线与带电粒子在电场中的运动轨迹恰好重合.

### 思维对接

#### 考点 1 | 摩擦起电

**例 1** (2007 · 德州模拟) 某同学在桌上放两本书, 然后把一块洁净的玻璃板放在上面, 使玻璃离开桌面大约 2~3 cm. 在宽约 0.5 cm 的纸条上画出各种舞姿的人形, 用剪刀把它们剪下来, 放在玻璃板下面, 再用一块硬泡沫塑料在玻璃上来回擦动, 此时就可以看到小纸人翩翩起舞. 下列哪种做法能使实验效果更好 ( )

- A. 将玻璃板换成钢板      B. 向舞区哈一口气  
C. 将玻璃板和地面用导线连接      D. 用一根火柴把舞区烤一烤

**【分析】** 硬泡沫塑料在玻璃上摩擦起电, 然后吸引轻小的小纸人跟着擦动而翩翩起舞. 向舞区哈一口气时会使得舞区的空气潮湿, 从而把电荷导走, 使实验效果不明显或根本不能看到该实验效果; 反之, 用一根火柴把舞区烤一烤会使空气干燥, 更容易摩擦起电, 实验效果会更明显.

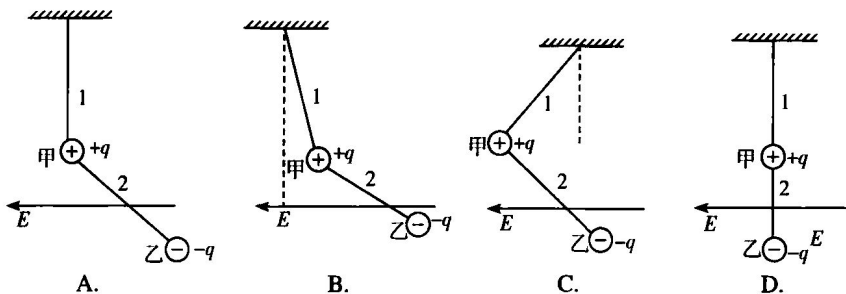
**【答案】** D



考点 2 | 库仑定律

**例 2** 甲、乙是两带电小球，质量均为  $m$ ，所带电荷量分别为  $q$  和  $-q$ ；两球间用绝缘细线相连，甲球又用绝缘细线悬挂在天花板上；两球所在空间有方向为水平向左的匀强电场，电场强度为  $E$ ；平衡时细线都被拉紧，则：

(1) 平衡时可能的位置是下列图中的哪一个 ( )



(2) 两根绝缘线的张力大小分别为 ( )

- A.  $F_{T1} = 2mg, F_{T2} = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$   
 B.  $F_{T1} > 2mg, F_{T2} > \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$   
 C.  $F_{T1} < 2mg, F_{T2} < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$   
 D.  $F_{T1} = 2mg, F_{T2} < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$

**【分析】** 解答本题的关键是选用正确的研究方法。本题的第(1)问，最好先用整体法考虑。

将甲、乙两球看做一个整体，受 4 个力作用：

① 竖直向下的重力  $2mg$ ；② 电荷  $+q$  受到的水平向左的电场力；③ 电荷  $-q$  受到的水平向右的电场力；④ 上段绳子的拉力  $F_{T1}$ 。由于整体处于平衡状态，水平方向的两个电场力的合力为零，竖直方向的合力也应一定为零。所以应有  $F_{T1}$  与  $2mg$  等大、反向，故上段绳一定竖直。

如图 1-1 所示，对乙球单独进行重力分析，乙球共受 4 个力作用：① 竖直向下的重力  $mg$ ；② 水平向右的电场力  $qE$ ；③ 下段绳的拉力  $F_{T2}$ ；④ 甲对乙的静电引力  $F_{引}$ 。要想使乙球在水平方向合力为零，则第 2 段绳子必须倾斜。综合上面分析，可知第(1)问正确选项应为 A。

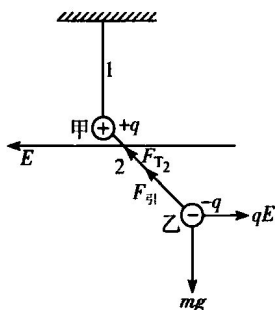


图 1-1

对于第(2)问,由整体法知, $F_{T_1}=2mg$ .对乙隔离,由受力平衡有

$$F_{T_2} + F_{\text{引}} = \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2},$$

故  $F_{T_2} < \sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}$ .

【答案】 (1)A (2)D

### 方法总结

合理选取研究对象和正确进行受力分析是解答平衡问题的关键.本题灵活运用整体法和隔离法,很顺利地解答了问题.

### 考点 3 电场强度

**例 3** (2010 · 海南)如图 1-2 所示,  $M$ 、 $N$  和  $P$  是以  $MN$  为直径的半圆弧上的三点,  $O$  点为半圆弧的圆心,  $\angle MOP = 60^\circ$ . 电荷量相等、符号相反的两个点电荷分别置于  $M$ 、 $N$  两点, 这时  $O$  点电场强度的大小为  $E_1$ ; 若将  $N$  点处的点电荷移至  $P$  点, 则  $O$  点的场强大小变为  $E_2$ ,  $E_1$  与  $E_2$  之比为 ( )

A. 1 : 2

B. 2 : 1

C. 2 :  $\sqrt{3}$

D. 4 :  $\sqrt{3}$

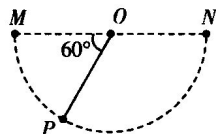


图 1-2

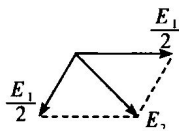


图 1-3

【分析】依题意, 每个点电荷在  $O$  点产生的场强为  $\frac{E_1}{2}$ , 则当  $N$  点处的点

电荷移至  $P$  点时,  $O$  点场强如图 1-3 所示, 合场强大小为  $E_2 = \frac{E_1}{2}$ , 则  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{2}{1}$ , 选项 B 正确.

【答案】 B

**例 4** 在  $x$  轴上有两个点电荷, 一个带正电电量为  $Q_1$ , 一个带负电电量为  $-Q_2$ , 且  $Q_1 = 2Q_2$ , 用  $E_1$  和  $E_2$  分别表示两个点电荷所产生的场强的大小, 则在  $x$  轴上 ( )

A.  $E_1 = E_2$  的点只有一处, 该点合场强为零

B.  $E_1 = E_2$  的点共有两处, 一处合场强为零, 另一处合场强为  $2E_2$

C.  $E_1 = E_2$  的点共有三处, 其中, 两处合场强为零, 另一处合场强为  $2E_2$

D.  $E_1 = E_2$  的点共有三处, 其中, 一处合场强为零, 另两处合场强为  $2E_2$

**【分析】** 根据点电荷场强公式  $E = \frac{kQ}{r^2}$  可知, 在  $Q_1$ 、 $Q_2$  之间, 必可以找到一点, 使得  $E_1$  与  $E_2$  大小相等、方向相同、合场强为  $2E_2$ .

另外, 在  $x$  轴上  $Q_2$  的另一侧, 即不包含  $Q_1$  的一侧, 虽然  $Q_1 = 2Q_2$ , 但  $Q_1$  离得较远, 仍可以找到一点, 使得  $E_1$  与  $E_2$  大小相等, 方向相反, 合场强为零.

在  $x$  轴上  $Q_1$  的另一侧, 即不包含  $Q_2$  的一侧, 由于  $Q_1 = 2Q_2$ , 且  $Q_1$  离得近, 故  $E_1$  必大于  $E_2$ , 不可能有大小相等之处.

综上所述,  $E_1 = E_2$  的点只有两处: 一处在  $Q_1$ 、 $Q_2$  之间, 合场强为  $2E_2$ ; 另一处在  $Q_1$ 、 $Q_2$  连线上的  $Q_2$  外侧, 合场强为零. 故答案应选 B.

**【答案】** B

### 方法总结

该题考查两点: 一是对点电荷场强公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  的理解; 二是合场强的概念和求法. 需要注意的是在同一直线上求场强的矢量和可以在预先给定正方向的前提下转化为求场强的代数和.

**例 5** 如图 1-4 所示, 分别在 A、B 两点放上点电荷  $Q_1 = 2 \times 10^{-14}$  C 和  $Q_2 = -2 \times 10^{-14}$  C, 在 AB 的垂直平分线上有一点 C, 且  $AB = AC = BC = 6 \times 10^{-2}$  m, 试求:

(1) C 点的场强;

(2) 若有一个电子静止在 C 点, 它所受的库仑力的大小和方向如何?

**【分析】** 本题是关于合场强的求法的问题. 与前一题不同的是这里的场强不能化成代数和, 只能用平行四边形法则求其矢量和.

**【解】** (1) 本题所研究的电场是点电荷  $Q_1$  和  $Q_2$  所形成电场的合电场, 因此 C 点的场强为  $Q_1$  在 C 处的场强  $E_1$  和  $Q_2$  在 C 处的场强  $E_2$  的合场强, 根据  $E = k \frac{Q}{r^2}$

得

$$E_1 = k \frac{Q_1}{r_1^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-14}}{(6 \times 10^{-2})^2} \text{ N/C}$$

$$= 0.05 \text{ N/C}$$

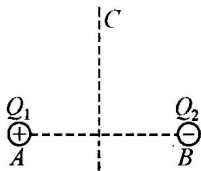


图 1-4

方向如图1-5所示。

同理求得

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_2^2} = 0.05 \text{ N/C},$$

方向如图1-5所示。

根据平行四边形法则作出  $E_1$  和  $E_2$  的合成图如图1-5所示,  $\triangle CE_1E$  是等边三角形, 故  $E = E_1 = 0.05 \text{ N/C}$ , 方向与  $AB$  平行, 指向右。

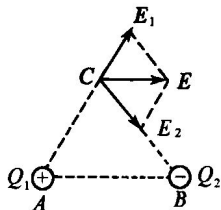


图 1-5

(2) 电子在  $C$  点所受的力为

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 0.05 \text{ N/C} = 8 \times 10^{-21} \text{ N},$$

因为电子带负电, 所以方向与  $E$  方向相反。

**例 6** 如图1-6所示, 中子内有一个电荷量为  $+\frac{2}{3}e$  的

的上夸克和两个电荷量为  $-\frac{1}{3}e$  的下夸克, 一简单模型是

三个夸克都在半径为  $r$  的同一圆周上, 下列给出的四幅图中, 能正确表示出各夸克所受静电作用的是 ( )

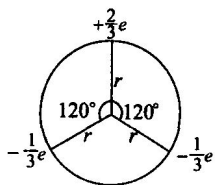
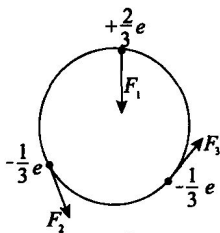
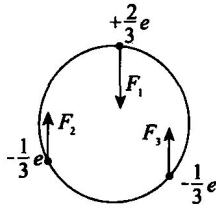


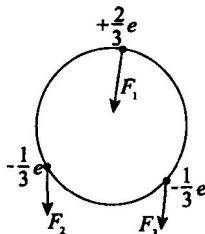
图 1-6



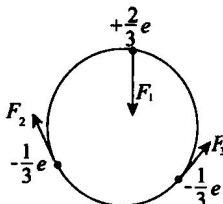
A.



B.



C.



D.

**【分析】** (1) 电荷间相互作用遵循库仑定律, 多个电荷间的作用要用到力的合成知识, 根据平行四边形法则求合力。

(2) 若讨论点电荷的电场强度叠加, 要依据点电荷电场强度公式和电场



强度的叠加原理来分析.

对于本题,根据题意分析得:  $+\frac{2}{3}e$  的上夸克受到的两个  $-\frac{1}{3}e$  下夸克的静电力都是引力,由库仑定律知两个引力大小相等,根据数学知识易得到两个静电引力的合力是竖直向下的;  $-\frac{1}{3}e$  的左下夸克受到  $+\frac{2}{3}e$  的上夸克的静电力是引力,受到  $-\frac{1}{3}e$  的右下夸克的静电力是斥力,由数学知识易得到该两个静电力的合力方向是竖直向上的. 同理可以得到  $-\frac{1}{3}e$  的右下夸克受到的两个静电力的合力方向是竖直向上的.

【答案】 B

### 方法总结

叠加原理为物理学中一条重要原理,在不少问题中常用到它,同时也应注意守恒的思想.

## 奥赛对接

例 1 (2008·高中奥赛) 空间某一体积为  $V$  的区域内的平均电场强度  $E$  的定义为

$$E = \frac{E_1 \Delta V_1 + E_2 \Delta V_2 + \cdots + E_n \Delta V_n}{\Delta V_1 + \Delta V_2 + \cdots + \Delta V_n} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \Delta V_i}{\sum_{i=1}^n \Delta V_i}$$

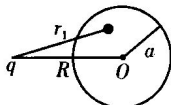


图 1-7

如图 1-7 所示,今有一半径为  $a$ 、原来不带电的金属球,现使它处于电量为  $q$  的点电荷的电场中,点电荷位于金属球外,与球心的距离为  $R$ ,试计算金属球表面的感应电荷所产生的电场在此球内的平均电场强度.

【分析】 由静电平衡知识可知,金属球表面的感应电荷所产生的球内电场等于电量为  $q$  的点电荷在金属球内产生的电场,其大小相等,方向相反,因此求金属球表面的感应电荷产生的电场,相当于求点电荷  $q$  在金属球内产生的电场.

【解】 由平均电场强度公式得

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \Delta V_i}{\sum_{i=1}^n \Delta V_i} = \sum_{i=1}^n E_i \frac{\Delta V_i}{\Delta V} = \sum_{i=1}^n \frac{kq \Delta V_i}{r_i^2} \frac{\Delta V_i}{\Delta V},$$

设金属球均匀带电,带电量为 $q$ ,其密度为 $\rho = \frac{q}{V}$ ,则有

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n k \rho \Delta V_i}{r_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^n k \Delta q_i}{r_i^2},$$

所以 $\frac{\sum_{i=1}^n k \Delta q_i}{r_i^2}$ 为带电球体在 $q$ 所在点产生的场强,因而有 $E = \frac{kq}{R^2}$ ,方向从

$O$ 指向 $q$ .

**例2** (2008·高中奥赛) 质量为 $m$ 的小球带电量为 $Q$ ,在场强为 $E$ 的水平匀强电场中获得竖直向上的初速度为 $v_0$ .若忽略空气阻力和重力加速度 $g$ 随高度的变化,求小球在运动过程中的最小速度.

**【分析】** 若把电场力 $Eq$ 和重力 $mg$ 合成一个力,则小球相当于只受一个力的作用,由于小球运动的初速度与其所受的合外力之间成一钝角,因此可以把小球的运动看成是在等效重力 $G'$ (即为合外力)作用下的斜抛运动,而作斜抛运动的物体在其速度方向与 $G'$ 垂直时的速度为最小,也就是斜抛运动的最高点,由此可见用这种等效法可以较快地求得结果.

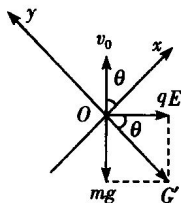


图 1-8

**【解】** 电场力和重力的合力方向如图 1-8 所示.

由如图 1-8 所示的几何关系可知  $\tan\theta = \frac{mg}{Eq}$ .

小球从 $O$ 点抛出时,在 $y$ 方向上作匀减速直线运动,在 $x$ 轴方向上作匀速直线运动.当在 $y$ 轴方向上的速度为零时,小球只具有 $x$ 轴方向上的速度,此时小球的速度为最小值,所以  $v_{\min} = v_0 \cos\theta = \frac{Eqv_0}{\sqrt{(mg)^2 + (Eq)^2}}$ .

此题也可以用矢量三角形求极值的方法求解,读者可自行解决.

**例3** 两个点电荷位于 $x$ 轴上,在它们形成的电场中,若取无限远处的电势为零,则在正 $x$ 轴上各点的电势如图1-9中曲线所示,当 $x \rightarrow 0$ 时,电势 $U \rightarrow \infty$ ;当 $x \rightarrow \infty$ 时,电势 $U \rightarrow 0$ ;电势为零的点的坐标为 $x_0$ ,电势为极小值 $-U_0$ 的点的坐标为 $ax_0$ ( $a > 2$ ).试根据图线提供的信息,确定这两个点电荷所带电荷的符号、电量的大小以及它们在 $x$ 轴上的位置.

**【解】** 在点电荷形成的电场中一点的电势与离开该点电荷的距离成反比.因为取无限远处为电势的零点,故正电荷在空间各点的电势为正;负电荷在空间各点的电势为负.现已知 $x = x_0$ 处的电势为零,故可知这两个点电荷



必定是一正一负. 根据所提供的电势的曲线, 当考察点离坐标原点很近时, 电势为正, 且随  $x$  的减小而很快趋向无限大, 故正的点电荷必定位于原点  $O$  处, 以  $Q_1$  表示该电荷的电量. 当  $x$  从 0 增大时, 电势没有出现负无限大, 即没有经过负的点电荷, 这表明负的点电荷必定在原点的左侧. 设它到原点的距离为  $a$ , 当  $x$  很大时, 电势一直为负, 且趋向于零, 这表明负的点电荷电量的数值  $Q_2$  应大于  $Q_1$ . 即产生题目所给的电势的两个点电荷, 一

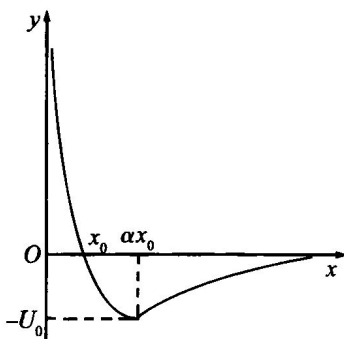


图 1-9

一个是位于原点的正电荷, 电量为  $Q_1$ ; 另一个是位于负  $x$  轴上离原点距离  $a$  处的负电荷, 电量的大小为  $Q_2$ , 且  $Q_2 > Q_1$ . 按题目所给的条件有

$$k \frac{Q_1}{x_0} - k \frac{Q_2}{x_0 + a} = 0 \quad (1)$$

$$k \frac{Q_1}{ax_0} - k \frac{Q_2}{ax_0 + a} = -U_0 \quad (2)$$

因为当  $x = ax_0$  时, 电势为极小值, 故任一电量为  $q$  的正检验电荷位于  $x = ax_0$  处的电势也为极小值, 这表明该点是检验电荷的平衡位置, 位于该点的检验电荷受到的电场力等于零, 因而有

$$k \frac{Q_1}{(ax_0)^2} - k \frac{Q_2}{(ax_0 + a)^2} = 0 \quad (3)$$

由式①~式③可解得

$$a = a(a-2)x_0,$$

$$Q_1 = \frac{ax_0}{a-2} \frac{U_0}{k},$$

$$Q_2 = \frac{a(a-1)^2 U_0 x_0}{a-2} \frac{1}{k},$$

式中,  $k$  为静电力常量.

### \*\*\*\*\* 小 试 牛 刀 \*\*\*\*\*

#### 一、选择题

1. 如图 1-10 所示, 竖直绝缘墙壁上固定一个带电质点  $A$ ,  $A$  点正上方的  $P$  点用长度等于  $AP$  的绝缘丝线悬挂另一质点  $B$ ,  $A$ 、 $B$  两质点因为带电而相

互排斥,致使悬线与竖直方向成  $\theta$  角.由于漏电,  $A$ 、 $B$  两质点的带电量缓慢减小,在电荷量漏完之前,关于悬线对悬点  $P$  的拉力  $F_1$  的大小和  $A$ 、 $B$  间斥力  $F_2$  大小的变化情况,下列说法中正确的是 ( )

A.  $F_1$  保持不变

B.  $F_1$  先变大后变小

C.  $F_2$  保持不变

D.  $F_2$  逐渐减小

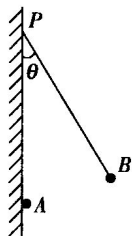


图 1-10

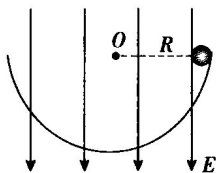


图 1-11

2. 如图 1-11 所示,一绝缘光滑半圆环轨道放在竖直向下的匀强电场中,场强为  $E$ .在与环心等高处放有一质量为  $m$ 、带电量为  $+q$  的小球,由静止开始沿轨道运动,下述说法中正确的是 ( )

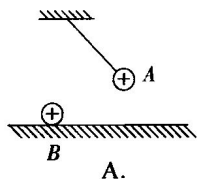
A. 小球在运动过程中机械能守恒

B. 小球经过环的最低点时速度最大

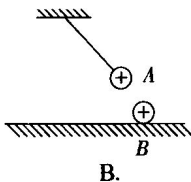
C. 小球经过环的最低点时对轨道压力为  $3(mg + qE)$

D. 小球经过环的最低点时对轨道压力为  $(mg + qE)$

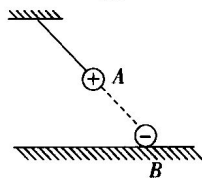
3. 如下图所示,  $A$  球系在绝缘细线的下端,  $B$  球固定在绝缘平面上,它们带电的种类以及位置已在图中标出.可以使  $A$  球保持静止的是 ( )



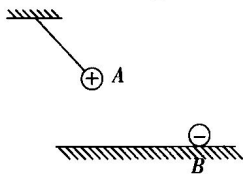
A.



B.



C.



D.

4. 竖直墙面与水平地面均光滑且绝缘,小球  $A$ 、 $B$  带有同种电荷,用指向墙面的水平推力  $F$  作用于小球  $B$ ,两球分别静止在竖直墙面和水平地面上,





如图 1-12 所示. 若将小球 B 向左推动少许, 当两球重新达到平衡时, 与原来的平衡状态相比较 ( )

- A. 推力  $F$  变大
- B. 竖直墙面对小球 A 的弹力变大
- C. 地面对小球 B 的支持力不变
- D. 两个小球之间的距离变大

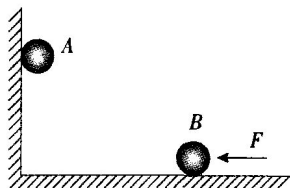


图 1-12

## 二、解答题

5. 已知: 将一原来不带电的导体小球与一带电量为  $Q$  的导体大球接触, 分开之后, 小球获得电量  $q$ . 让小球与大球反复接触, 在每次分开后, 都给大球补充电荷, 使其带电量恢复到原来的值  $Q$ . 求小球可能获得的最大电量.

6. 两个电荷量均为  $+Q$  的带电小球  $M$ 、 $N$  (均可视为点电荷) 固定在如图 1-13 所示的  $y$  坐标轴上. 现有一个电荷量为  $+q$  的小球 (重力不计, 可视为点电荷) 以某一初速度从  $y$  轴左边很远处沿  $x$  轴飞来.

(1) 求小球运动到  $x$  轴上点  $A(-x, 0)$  处受到的电场力  $F$ ;

(2) 若取无限远处电势为零, 则  $M$ 、 $N$  在  $x$  轴上任意点的电势可表示为

$$\varphi_P = \frac{C}{\sqrt{d^2 + x^2}} \quad (\text{常数 } C > 0). \text{ 要使小球能通过 } y \text{ 轴右方 } B(x, 0) \text{ 处, 则初速度}$$

$v_0$  应满足什么条件?

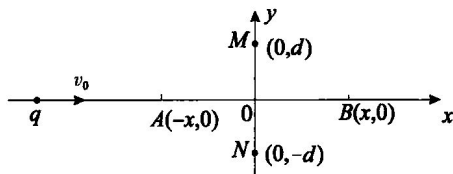


图 1-13

7. 在  $Ox$  轴的坐标原点  $O$  处, 有一固定的、电荷量为  $Q (Q > 0)$  的点电荷, 在  $x = -l$  处, 有一固定的、电荷量为  $-2Q$  的点电荷, 将一个试验电荷  $q$  放在  $x$  轴上  $x > 0$  的位置, 并设斥力为正, 引力为负.

(1) 当  $q$  的位置限制在  $Ox$  轴上变化时, 求  $q$  的受力平衡位置, 并讨论平衡的稳定性.

(2) 试定性地画出试验电荷  $q$  所受的合力  $F$  与在  $Ox$  轴上的位置  $x$  的关系曲线.

8. 空气中有两个带电小球 A 和 B, 其质量相等, 各带有电荷量  $+1 \times 10^{-5} \text{ C}$ , 用两根各长 1 m 的绝缘线悬挂于同一点 O, 平衡时两悬线的夹角为  $2\theta$ . 若将