

XINJIAOCAI WULI TONGBU FENCENG DAOXUE

配 上 海 二 期 课 改 新 教 材

主编 丁正直  
编者 高坚荣 王苏梅

# 新教材 物理

## 同步分层导学

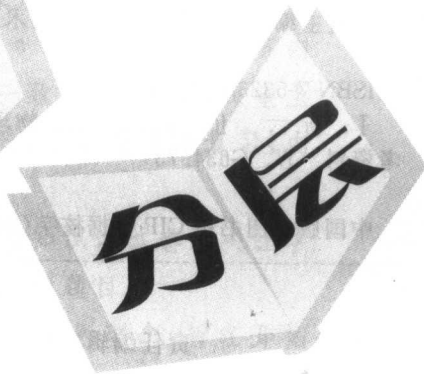
高中二年级第一学期用

上海科学技术出版社

新 教 材

# 物 理

---



---

高中二年级第一学期用

主编 丁正直  
编者 高坚荣 王苏梅

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

同步分层导学丛书是以上海市二期课改新教材为依据的学生同步辅导读物,内容紧密配合教材,本丛书按每学期一册编写,旨在同步地对课堂内容进行辅导,为学生提供训练机会。

本册书是配合上海市二期课改高二物理第一学期教材编写的。每章内容按单元进行划分,每一单元由“综合导学”、“随堂应用”、“分层达标”栏目组成,每章末还有“阅读与欣赏”、“研究性学习”栏目。整本书中附有“阶段测试”、“期末测试”及“提示与参考答案”等。

本书既可作为使用上海市二期课改新教材的物理教师的教学参考用书,又可作为学生的课后练习用书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

新教材物理同步分层导学. 高中二年级. 第一学期用/  
丁正直主编. —上海:上海科学技术出版社,2006.8

ISBN 7-5323-8540-X

I. 新... II. 丁... III. 物理课—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067151 号

---

责任编辑 卢晶晶

### 新教材物理同步分层导学

高中二年级第一学期用

主编 丁正直

编者 高坚荣 王苏梅

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销 上海新华印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9 字数 202 000

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—6 000

ISBN 7-5323-8540-X/G · 1851

定价: 10.90 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向本社出版科联系调换

# 出版说明

这套同步分层导学丛书是以上海市二期课改新教材为依据的学生同步辅导读物,内容紧密配合教材.本丛书按每学期一册编写,旨在同步地对课堂内容进行辅导,为学生提供训练机会,并成为课堂教学的有益的参考辅导读物.

本书将每章内容按单元进行划分,每一单元由[综合导学]、[随堂应用]、[分层达标]栏目组成,每章末还有[阅读与欣赏]、[研究性学习]栏目.整本书中附有[阶段测试]、[期末测试]及[提示与参考答案]等.

[综合导学]是对这一单元的知识要点、例题剖析、思维误区、方法指导、请你思考等进行剖析.

[随堂应用]是按课时需要,将每一单元内容分成多个[随堂应用],即针对每一节课安排3~5题与课堂教学内容密切相关的练习题,让学生课后复习巩固之用.在第一单元中,如果分为4节课,就有4个[随堂应用],其内容的深浅、顺序与课堂内容完全一致.也就是说,课堂上什么内容,就安排相应的练习内容,如果课堂是复习,内容也就是有关前面的复习内容.

[分层达标]是对本单元的有关知识以试卷形式让学生进行训练,分为基础型、提高型两组题目.

[阅读与欣赏]是根据二期课改的新理念,旨在开拓学生的眼界,提高学生的学习兴趣.

[研究性学习]是根据二期课改的新理念,旨在让学生在探究的过程中,培养其创新能力.

[阶段测试]是在每学期期中时安排两份阶段测试.

[期末测试]是在每学期期末时安排两份期末测试.

[提示与参考答案]给出了[随堂应用]、[分层达标]、[阶段测试]、[期末测试]的答案,对有难度的题目,进行详细解答.

本书主编为丁正直,参加本书编写的有:高坚荣、王苏梅.本书由丁正直统稿.

上海科学技术出版社

2006年7月





|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>第十一章 电场</b> .....                | 1  |
| 综合导学 .....                          | 1  |
| 随堂应用 .....                          | 7  |
| 应用一 静电及其测量 .....                    | 7  |
| 应用二 电荷的相互作用 电场 .....                | 7  |
| 应用三 电场的描述(电场强度) .....               | 7  |
| 应用四 电场的描述(电场线) .....                | 8  |
| 应用五 电场的描述(电势) .....                 | 8  |
| 应用六 静电的利用与防范 .....                  | 8  |
| 分层达标 .....                          | 8  |
| 基础型 .....                           | 8  |
| 提高型 .....                           | 10 |
| 阅读与欣赏 .....                         | 11 |
| 研究性学习 .....                         | 11 |
| <b>第十二章 电路及其应用</b> .....            | 15 |
| 第一单元 串并联组合电路的应用 .....               | 15 |
| 综合导学 .....                          | 15 |
| 随堂应用 .....                          | 20 |
| 应用一 串并联组合电路的应用(一) .....             | 20 |
| 应用二 串并联组合电路的应用(二) .....             | 21 |
| 应用三 串并联组合电路的应用(三) .....             | 22 |
| 分层达标 .....                          | 22 |
| 基础型 .....                           | 22 |
| 提高型 .....                           | 24 |
| 第二单元 电动势 闭合电路的欧姆定律 .....            | 26 |
| 综合导学 .....                          | 26 |
| 随堂应用 .....                          | 33 |
| 应用一 电动势 .....                       | 33 |
| 应用二 闭合电路的欧姆定律(一) .....              | 34 |
| 应用三 闭合电路的欧姆定律(二) .....              | 35 |
| 应用四 闭合电路的欧姆定律(三) .....              | 35 |
| 分层达标 .....                          | 36 |
| 基础型 .....                           | 36 |
| 提高型 .....                           | 37 |
| 第三单元 练习使用多用电表 电源电动势和内阻的<br>测量 ..... | 38 |
| 综合导学 .....                          | 38 |
| 随堂应用 .....                          | 42 |
| 应用一 练习使用多用电表 .....                  | 42 |



# 目

# 录



|                                |    |
|--------------------------------|----|
| * 应用二 电源电动势和内阻的测量 .....        | 43 |
| 阅读与欣赏 .....                    | 44 |
| 研究性学习 .....                    | 45 |
| 第四单元 简单逻辑电路 .....              | 47 |
| 综合导学 .....                     | 47 |
| 随堂应用 .....                     | 49 |
| 应用一 简单逻辑电路(一) .....            | 49 |
| 应用二 简单逻辑电路(二) .....            | 50 |
| 分层达标 .....                     | 51 |
| 基础型 .....                      | 51 |
| 提高型 .....                      | 52 |
| 第一学期阶段测试 .....                 | 54 |
| A 卷 .....                      | 54 |
| B 卷 .....                      | 56 |
| 第十三章 磁场 .....                  | 59 |
| 综合导学 .....                     | 59 |
| 随堂应用 .....                     | 63 |
| 应用一 磁场 磁场的描述(一) .....          | 63 |
| 应用二 磁场 磁场的描述(二) .....          | 63 |
| 应用三 磁场对电流的作用 左手定则 .....        | 64 |
| 应用四 直流电动机 .....                | 64 |
| 分层达标 .....                     | 65 |
| 基础型 .....                      | 65 |
| 提高型 .....                      | 67 |
| 阅读与欣赏 .....                    | 68 |
| 研究性学习 .....                    | 69 |
| 第十四章 电磁感应 电磁波 .....            | 73 |
| 第一单元 电磁感应现象 感应电流的方向 右手定则 ..... | 73 |
| 综合导学 .....                     | 73 |
| 随堂应用 .....                     | 75 |
| 应用一 电磁感应现象 .....               | 75 |
| 应用二 感应电流的方向 右手定则 .....         | 75 |
| 分层达标 .....                     | 76 |
| 基础型 .....                      | 76 |
| 提高型 .....                      | 78 |
| 阅读与欣赏 .....                    | 79 |
| * 第二单元 楞次定律 .....              | 81 |
| 综合导学 .....                     | 81 |





|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| 随堂应用 .....                                  | 84  |
| 应用一 楞次定律(一) .....                           | 84  |
| 应用二 楞次定律(二) .....                           | 84  |
| 分层达标 .....                                  | 85  |
| 基础型 .....                                   | 85  |
| 提高型 .....                                   | 87  |
| 阅读与欣赏 .....                                 | 90  |
| · 第三单元 法拉第电磁感应定律 导体切割磁感线时<br>感应电动势的大小 ..... | 91  |
| 综合导学 .....                                  | 91  |
| 随堂应用 .....                                  | 94  |
| 应用一 法拉第电磁感应定律(一) .....                      | 94  |
| 应用二 法拉第电磁感应定律(二) .....                      | 95  |
| 应用三 导体切割磁感线时感应电动势的大小(一) ...                 | 95  |
| 应用四 导体切割磁感线时感应电动势的大小(二) ...                 | 96  |
| 分层达标 .....                                  | 97  |
| 基础型 .....                                   | 97  |
| 提高型 .....                                   | 99  |
| 阅读与欣赏 .....                                 | 101 |
| 第四单元 交流电 电能及其输送 .....                       | 104 |
| 综合导学 .....                                  | 104 |
| 随堂应用 .....                                  | 110 |
| * 应用一 交流电的产生 .....                          | 110 |
| * 应用二 交流电的特征 .....                          | 110 |
| 应用三 变压器 .....                               | 111 |
| 应用四 电能的输送 .....                             | 112 |
| 分层达标 .....                                  | 112 |
| 基础型 .....                                   | 112 |
| 提高型 .....                                   | 113 |
| 阅读与欣赏 .....                                 | 115 |
| 第一学期期末测试 .....                              | 118 |
| A 卷 .....                                   | 118 |
| B 卷 .....                                   | 123 |
| 提示与参考答案 .....                               | 128 |



说明：带“\*”号的为相关的拓展型课程内容。



## 第十一章

## 电 场

### 综合导学

#### 知识要点



1. 电荷:自然界中只存在两种电荷,分别称为正电荷和负电荷.电荷之间有相互作用,同种电荷相斥,异种电荷相吸.

2. 点电荷:大小与电荷间的距离相比小到可以忽略不计的带电体,即大小和形状对所研究问题的影响可忽略不计.点电荷是一种理想模型.

3. 元电荷:电荷量的最小值.是一个电子或一个质子所带电荷量值,用符号  $e$  表示.

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

4. 电荷守恒定律:系统与外界无电荷交换时,系统的电荷代数和守恒.

注意:

(1) 在微观世界中,电荷守恒表现为电荷数的代数和守恒.

(2) 系统:把参与作用的几个物体或粒子叫做一个系统.

5. 库仑定律:在真空中两个点电荷间的作用力跟它们所带电荷量的乘积成正比,跟它们之间的距离的平方成反比,作用力的方向在它们的连线上.库仑定律可用下面的公式表示为

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

式中  $k$  叫做静电力常量,  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .

库仑定律的说明:库仑定律给出了两个点电荷之间相互作用的规律.即便在这两个点电荷附近还有其他电荷的存在,并不影响这两个点电荷之间的相互作用力.因此在遇到多个电荷之间的相互作用时,可先分别求出两两之间的相互作用力,再用力的合成的方法,求出多个电荷对其中一个电荷的作用力.

6. 电场:电荷周围存在的一种特殊物质.

7. 电场力:电场对在电场中的电荷的作用力,其大小与电荷的电荷量成正比.

8. 电场线:形象地描述电场的强弱分布及方向的曲线.曲线上任意一点的切线方向都跟该点的电场强度方向一致.电场线密的地方电场强度大,疏的地方电场强度小.电场线不交叉,无电荷处不中断.电场线是抽象化、理想化的模型,实际不存在.

9. 电场强度:电荷所受电场力与它的电荷量的比值,方向为正电荷的受力方向.电场强度用  $E$  表示,则有

$$E = \frac{F}{q}.$$



电场强度的单位是 N/C 或 V/m.

电场力和电场强度都是矢量,都可用平行四边形定则叠加合成.

10. 电势能:电荷在电场中具有的能量叫电势能.电势能用符号  $W$  表示,单位是 J.电荷在电场中移动时,通过电场力做功,使电势能与其他形式的能量产生转化.

11. 电势:单位正电荷在电场中某点所具有的电势能称为该点的电势.电势用符号  $U$  表示,单位是 V.

12. 零电势点:在所研究问题中假定电势为零的点,在零电势点,任何电荷的电势能都为零.通常我们将大地或无穷远处设为零电势点.

13. 电势差:电场中两点间电势的差值,即  $U_{AB} = U_A - U_B$ ,也可表示为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}.$$

### 例题剖析

例 1 对于库仑定律的下列说法中,正确的是( ).

A. 凡计算两个点电荷间的库仑力时,就可以使用公式  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

B. 根据库仑定律公式,当两个带电小球间的距离为零时,它们间的库仑力为无穷大

C. 相互作用的两个点电荷,不论它们的电荷量是否相同,它们之间的库仑力大小一定相等

D. 两个点电荷的电荷量各减半,它们间的距离保持不变,则它们间的库仑力减为原来的一半

**解答** 选项 C 是正确的. 选择 A 选项,错在不懂得公式  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$  只适用于真空中的两个点电荷. 选择 B 选项错在不懂得点电荷的概念,两个带电小球间的距离为零的情况根本不存在;当两个带电小球非常靠近时,它们的几何尺寸不能忽略,已经不能被看作点电荷,因而不符合库仑定律的条件. 选项 C 是正确的,虽然两个点电荷的电荷量不同,但是两个点电荷之间的库仑力是与两个点电荷的电荷量的“乘积”成正比,是作用力和反作用力,其大小相等、方向相反,遵守牛顿第三定律. 选项 D 是错的,因为根据库仑定律可知,当两个点电荷之间的距离不变时,库仑力不是跟某一个点电荷的电荷量成正比,而是跟它们的电荷量的“乘积”成正比,所以它们之间的库仑力应变为原来的四分之一.

**说明** 点电荷是一类带电体的理想化模型.当两个带电体之间的距离远远大于这两个物体的几何大小时,物体的几何大小对作用力的影响可忽略,才能把这两个物体抽象成为点电荷.而对于物体的体积、形状不能忽略的一般带电体之间也存在着静电力,通常是把每个带电体划分成为无数个微小的点电荷,先用库仑定律计算一个带电体上的每一个微小点电荷受到的另一个带电体上各个微小点电荷作用的库仑力的矢量和,然后再根据叠加原理,求该带电体所有微小点电荷受到的库仑力的矢量和,从而得到整个带电体所受到的库仑力.

例 2 两个固定的异种点电荷,电荷量给定但大小不等.用  $E_1$  和  $E_2$  分别表示两个点电荷产生的电场强度的大小,则在通过两个点电荷的直线上,  $E_1 = E_2$  的点( ).

A. 有三个,其中两处合电场强度为零      B. 有三个,其中一处合电场强度为零

C. 只有两个,其中一处合电场强度为零      D. 只有一个,该处合电场强度不为零

**解答** 正确答案为 C 选项.

设两个固定的异种点电荷的电荷量大小分别为  $q_1$ 、 $q_2$ 、相距  $r$ , 且  $q_1 > q_2$ , 因为两个点电荷是异号, 所以它们在其间的连线上分别产生的电场强度方向相同. 根据公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  可知  $E_1 = E_2$ , 在两点电荷间有一点的合电场强度为  $2E_1$ , 这一点离  $q_2$  较近. 在  $q_1$  的外侧  $E_1 > E_2$ , 两者大小不可能相等. 在  $q_2$  的外侧, 因为  $q_1 > q_2$ 、 $r_1 > r_2$ , 根据公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  可知  $E_1 = E_2$  有可能成立, 但它们的方向相反, 合电场强度为零. 所以正确答案为 C 选项.

**说明** 两个点电荷  $q_1$ 、 $q_2$  在空间中形成的电场, 某一点的电场强度是这两个点电荷所形成的电场的矢量叠加. 在过两个点电荷的直线上, 求合电场强度可用代数方法运算, 而对其他点的合电场强度必须用平行四边形定则求解.

**例 3** 如图 11-1 所示, 真空中在一直线上依次三点位置 A、B、C 上分别放置点电荷  $q_1$ 、 $q_2$  和  $q_3$ , 欲使它们仅在彼此间的库仑力作用下达到平衡. 问:



图 11-1

- (1) 能否判断三电荷中哪些是同种电荷? 哪些是异种电荷?
- (2) 若发现  $q_1$ 、 $q_2$  两点电荷已平衡,  $q_3$  是否一定平衡?
- (3) 若已知  $AB > BC$ , 试判断三电荷的电荷量大小顺序.
- (4) 若已知  $q_1$ 、 $q_3$  的大小以及 A、C 两点的距离, 求中间点电荷  $q_2$  的位置 B.
- (5) 满足(1)小题条件的任意三个点电荷一定能平衡吗?
- (6) 若固定  $q_1$ 、 $q_3$ , 然后用绝缘棒使  $q_2$  沿 AB 方向朝 A 移动很小距离, 撤去绝缘棒后,  $q_2$  能回到 B 点吗?



**解答** (1) 以  $q_2$  为研究对象, 其在  $q_1$ 、 $q_3$  的作用下平衡, 所以  $q_1$ 、 $q_3$  对它的作用是一对平衡力, 大小相等, 方向相反. 若  $q_2$  为正电荷,  $q_1$ 、 $q_3$  必定或都为正电荷或都为负电荷; 若  $q_2$  为负电荷, 同样可得出上述结论. 所以无论  $q_2$  是何种电荷,  $q_1$ 、 $q_3$  必是同种电荷.

以  $q_1$  为研究对象, 依上述方法, 可得出  $q_2$ 、 $q_3$  必为异种电荷. 由于  $q_1$ 、 $q_3$  是同种电荷, 所以  $q_1$ 、 $q_2$  也必为异种电荷, 即  $q_1$ 、 $q_3$  为同种电荷,  $q_2$  与  $q_1$ 、 $q_2$  与  $q_3$  为异种电荷.

(2) 设  $q_1$  对  $q_2$  的作用力为  $F_{12}$ ,  $q_2$  对  $q_1$  的作用力为  $F_{21}$  (其他情况同).

对  $q_1$  平衡, 有  $F_{21} = F_{31}$  ..... ①, 对  $q_2$  平衡, 有  $F_{12} = F_{32}$  ..... ②. 由牛顿第三定律, 得  $F_{21} = F_{12}$  ..... ③. 将①、②式代入③式, 得  $F_{31} = F_{32}$  ..... ④. 同样由牛顿第三定律, 得  $F_{31} = F_{13}$  ..... ⑤,  $F_{32} = F_{23}$  ..... ⑥. 将①、②式代入③式得  $F_{13} = F_{23}$ . 即  $q_1$ 、 $q_2$  对  $q_3$  的作用力大小相等, 同理也可证明它们方向相反.

此问也可用整体法理解: 将三电荷看成一个整体, 由于它们仅有相互作用力, 没有外力, 所以合外力  $F_{\text{合}} = 0$ . 又  $F_{\text{合}} = F_{1\text{合}} + F_{2\text{合}} + F_{3\text{合}}$ , 其中  $q_1$  平衡, 有  $F_{1\text{合}} = 0$ , 同理  $F_{2\text{合}} = 0$ , 所以  $F_{3\text{合}}$  一定为 0.

(3) 以  $q_2$  为研究对象, 可得  $F_{12} = F_{32}$  ..... ①, 而  $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{AB}^2}$ ,  $F_{32} = k \frac{q_3 q_2}{r_{BC}^2}$ , 代入①式, 得  $k \frac{q_1 q_2}{r_{AB}^2} = k \frac{q_3 q_2}{r_{BC}^2}$ , 整理后得  $\frac{q_1}{q_3} = \frac{r_{AB}^2}{r_{BC}^2}$ . 又  $AB > BC$ , 所以  $q_1 > q_3$ .

以  $q_1$  为研究对象, 同样可得  $\frac{q_3}{q_2} = \frac{r_{AC}^2}{r_{AB}^2}$ , 又  $AC = AB + BC > AB$ , 所以  $q_3 > q_2$ , 所以  $q_1 >$



$$q_3 > q_2.$$

(4) 以  $q_2$  为研究对象, 其在  $q_1$ 、 $q_3$  的作用下平衡, 即  $F_{12} = F_{32} \dots\dots ①$ ,  $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{AB}^2} \dots\dots ②$ ,

$F_{32} = k \frac{q_3 q_2}{r_{BC}^2} \dots\dots ③$ . 将②、③式代入①式, 整理得  $\frac{r_{AB}}{r_{BC}} = \sqrt{\frac{q_1}{q_3}}$ , 又  $AB + BC = AC$ , 所以

$$AB = \frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_3}} AC.$$

由结论可知: 当  $q_1$ 、 $q_3$  确定时,  $q_2$  的位置也是相对确定的. 如当  $q_1 = q_3$  时,  $q_2$  一定在  $q_1$ 、 $q_3$  间的中点; 若  $q_1 = 4q_3$  时,  $q_2$  一定在  $q_1$ 、 $q_3$  间距  $q_1$  为  $\frac{2}{3}L$ , 距  $q_3$  为  $\frac{1}{3}L$  ( $L$  为  $q_1$ 、 $q_3$  间的长度). 同样也可以证明, 只要其中任两个电荷确定, 第三个电荷的位置也相对确定.

(5) 从问题(4)中可知, 若  $q_1$ 、 $q_3$  确定, 则  $q_2$  位置也是确定的, 同样也可以由  $q_1$ 、 $q_3$  算出  $q_2$ . 所以  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$  是有关系的, 并非任意三个点电荷都可以达到彼此平衡.

下面, 我们通过计算, 来确定三电荷之间的数量联系.

由问题(3)可知, 三电荷之间的作用力大小相等, 设相互作用力为  $F$ , 则

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r_{AB}^2} \rightarrow r_{AB} = \sqrt{\frac{k q_1 q_2}{F}}, \quad ①$$

$$F = k \frac{q_2 q_3}{r_{BC}^2} \rightarrow r_{BC} = \sqrt{\frac{k q_2 q_3}{F}}, \quad ②$$

$$F = k \frac{q_1 q_3}{r_{AC}^2} \rightarrow r_{AC} = \sqrt{\frac{k q_1 q_3}{F}}. \quad ③$$

又  $AB + BC = AC$ , 将①、②、③式代入后整理, 得  $\sqrt{q_1 q_2} + \sqrt{q_2 q_3} = \sqrt{q_1 q_3}$ . 若等式两边都除以  $\sqrt{q_1 q_2 q_3}$ , 得  $\frac{1}{\sqrt{q_1}} + \frac{1}{\sqrt{q_3}} = \frac{1}{\sqrt{q_2}}$ .

上式中对点电荷间的距离并无要求, 但一旦电荷量确定, 各电荷间距离的比值也就确定了, 可参照问题(4).

(6) 以  $q_2$  为研究对象,  $q_2$  受两侧电荷引力而平衡, 即  $F_{12} = F_{32}$ ,  $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{AB}^2}$ ,  $F_{32} = k \frac{q_3 q_2}{r_{BC}^2}$ . 现在  $q_2$  向  $A$  移动,  $r_{AB}$  减小,  $F_{12}$  增大; 而  $r_{BC}$  增大,  $F_{32}$  减小, 即  $F_{12} > F_{32}$ , 合力指向  $A$  点.  $q_2$  将向  $A$  移动而不能回到  $B$  点.

这说明  $q_2$  的平衡是不稳定的, 只要稍受扰动, 就会失去平衡. 同样, 也可以证明  $q_1$ 、 $q_3$  的平衡也是不稳定的, 所以本题的模型也属理想情况, 现实中是无法做到的.

### 思维误区

**例 4** 两条电场线之间的空白处是否有电场?

**解答** 有电场. 以点电荷周围情况为例, 如一个正电荷附近的电场如图 11-2 所示. 选空白处  $A$  点, 如果放置一个检验电荷  $q$ , 可以判断在  $A$  点的  $q$  必定会受到电场力, 说明在  $A$  点存在电场.

**说明** 本例说明电场线仅是人为添加用来反映电场大致情况的辅助工具, 而不

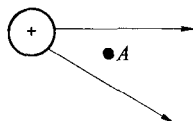


图 11-2

是电场的全部。

### 例 5 电场中电场线可能相交吗？

**解答** 电场线不能相交。假如电场线相交，那么在交点处放一个带正电的检验电荷，由电场线的性质可知：这一电荷的受力方向为电场线的切线方向。如图 11-3 所示，电荷受到的电场力就会同时有两个方向，而这是不可能的，说明假设错误。

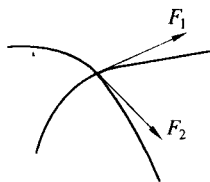


图 11-3

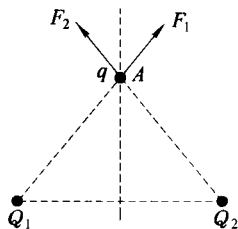


图 11-4

**例 6** 真空中等量同种点电荷  $Q_1$ 、 $Q_2$  连线的垂直平分线上各点的电场强度，由于对称性，相互抵销，所以都为零。

**解答** 这一结论错误。如图 11-4 所示，在  $Q_1$ 、 $Q_2$  连线的垂直平分线上某点 A 位置放置一个检验电荷  $q$ ，由库仑定律可知，两个电荷对  $q$  的作用力不在一直线上，并不相互抵销。因此， $q$  在 A 点受到电场力，所以电场强度不为零。而仅在这两个点电荷连线的中点上，电场强度才等于零。

**说明** 从以上三个例子中可以看出：在电场中放置检验电荷，通过电场对检验电荷的电场力的分析来理解、把握电场性质是很有效的方法。



## 方法指导



本单元电场是一个全新的概念，与以前所学的内容相比，电场较为抽象。电场没有形状、大小、质量、颜色等普通物质的属性，但它又是客观存在着的物质，即处在电场中的电荷会受到电场力的作用。电场对在其中的电荷有力的作用是电场的基本特征。因此通过理解把握电场力来理解电场是一种很有效的途径，毕竟“力”要比“场”来得具体和熟悉。在判断电场情况时，我们用检验电荷在电场中的受力情况做判断比单纯通过概念更容易解决问题。下面通过几个问题来说明。

### 1. 怎样理解电场？

电场是较为抽象的物理概念，在学习中不容易理解和把握。电场是电荷周围存在着的物质，虽然我们不能看到它，但可以通过它的表现来理解它。这就好像我们在室内静坐着，是不能直接看到周围存在的空气的。但如果我们抛出一片羽毛或小纸片时，就能观察到羽毛或纸片受空气作用而迅速改变运动状态的现象；或挥动扇子，我们就能感受到空气对扇子的阻碍作用。这些都能使我们感受到周围空气的客观存在，虽然我们并不能直接观察到它。同样，电场也和空气类似，它存在于电荷周围，虽然看不见，但当有别的电荷靠近时，就会因它的存在而受到作用力，从而改变原有的状态。

图 11-5(a) 中 A 带正电，虽在 A 周围有电场存在，但我们感觉不到。现将另一挂在绝缘细线下带正电的小球 B 靠近 A [图 11-5(b)]，A、B 并不相接触，但由于 A 的存在，B 受到了斥力，说明 A 的存在使周围发生了变化；当 B 靠近时，这种变化就显现出来，表现为 B 受到



了斥力. 这种改变就是我们称的电场, 即  $A$  周围有电场,  $B$  在电场中受到了斥力.

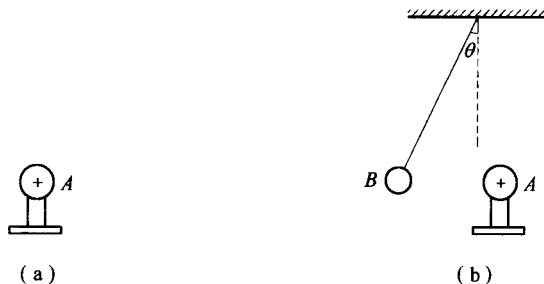


图 11-5

从上面的例子可以看出: 电场具有力的性质, 即对在电场中的电荷有力的作用. 因此我们就可以根据电场的这一特性来判断电场的存在. 如果电荷受到力的作用说明电荷所在位置一定存在电场; 同样如果电荷进入电场, 也一定会受到电场力的作用.

## 2. 怎样理解电场力和电场强度?

电场强度是反映电场“力的性质”的物理量, 但它本身并不是电场力. 如在电场中某一点放一个电荷, 这个电荷会受到电场力, 电场力的大小不仅与电场有关, 还与电荷所带电荷量的多少有关. 但电场力与这个电荷所带电荷量的比值, 却与电荷的电荷量无关, 不管电荷带电荷量多或少, 比值都相同, 即  $\frac{F}{q}$  不变, 这个比值就定义为电场强度. 它反映的是电场本身

的属性, 而与所放入的电荷已无关系. 这有点类似于前面所学的电阻的概念,  $R = \frac{U}{I}$ , 电阻所

加电压增大时, 电流也变大, 但  $\frac{U}{I}$  的值不变, 即电阻的阻值不变. 因此比值反映的是电阻本身的属性, 而与所加电压、电流已无关系, 即使电阻未被接入电路, 没有电流、电压, 其阻值这一属性仍然存在, 且数值不变. 与此对应, 在电场中即使移走所放置的电荷, 电场力没有了, 而电场强度仍然存在, 且数值方向都不会改变. 所以, 电场力是电荷与电场相互作用的结果, 与电场、电荷都有关系; 而某点电场强度与放在该点的电荷无关, 仅与产生这一电场的电荷 (通常称场源电荷) 有关.

## 3. 真正的点电荷几乎没有, 库仑定律又有什么作用?

在物理学中, 点电荷的意义是相对的, 实际上严格的点电荷是不存在的. 同样的带电体, 当它们相距很远时, 可看作点电荷; 而当它们相距较近时, 就不能看作是点电荷了. 所以说点电荷的意义是相对的, 而不是绝对的.

虽然库仑定律本身只适用两个点电荷之间的相互作用, 但我们仍可以用库仑定律解决非点电荷之间的相互作用. 当带电体不能看作是点电荷时, 我们可将其分成很多微小的部分, 使每一微小部分都可看作是一个点电荷, 先分别算出点电荷间的作用力, 然后运用一定的数学手段求出合力, 来得出两个非点电荷之间的作用力, 因此, 库仑定律是电荷间相互作用的基本规律.

对于电荷均匀分布的球状带电体来说, 当计算它与球体外其他带电体之间的相互作用时, 理论证明, 可以认为它的全部电荷都集中在球心上, 即可以把它看作位于球心的点电荷.

## 随堂应用

### 应用一 静电及其测量

1. 摩擦起电的过程是\_\_\_\_\_转移的过程. 摩擦可以使物体\_\_\_\_\_一些电子或\_\_\_\_\_一些电子, \_\_\_\_\_电子的物体带负电, \_\_\_\_\_电子的物体带正电.
2. 自然界中只有两种电荷, 即\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_. 电荷间相互作用时, 遵循同种电荷作用时相互\_\_\_\_\_, 异种电荷作用时相互\_\_\_\_\_.
3. 电荷量的国际单位是\_\_\_\_\_. 自然界中电荷量的最小值是\_\_\_\_\_, 是一个\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_所带电荷量的绝对值. 这个最小电荷量最早是由美国物理学家\_\_\_\_\_用著名的\_\_\_\_\_实验测定.
4. 两个完全相同的金属小球, 分别带有  $+3Q$  和  $+Q$  电荷量, 将它们相互接触后, 每个金属小球的带电荷量为\_\_\_\_\_ ; 若它们原先分别带有  $-3Q$  和  $+Q$  电荷量, 将它们相互接触后, 每个金属小球的带电荷量将为\_\_\_\_\_.

### 应用二 电荷的相互作用 电场

1. 若带电体间的\_\_\_\_\_比带电体本身的大小大得多, 以致带电体的\_\_\_\_\_对相互作用力的影响可忽略不计, 这样的带电体可看作是点电荷.
2. 两个带电金属小球分别带电荷量为  $q_1 = +2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $q_2 = -1 \times 10^{-6} \text{ C}$ , 相距  $1 \text{ m}$ , 则它们的作用力为\_\_\_\_\_, 现用导线将两小球连通, 撤去导线后, 两个小球的作用力变为\_\_\_\_\_.
3. 两个金属小球, 分别带有  $3Q$  和  $Q$  电荷量. 当它们相距为  $r$  时, 它们之间的库仑力为  $F$ . 当它们之间距离为  $2r$  时, 它们之间库仑力大小变为\_\_\_\_\_. 若将它们相互接触后再相距  $r$  时, 它们之间库仑力大小变为\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_.
4. 如图 11-6 所示, 绝缘细线悬挂一带电小球 A, 小球 A 质量为  $m$ . 现有一带电小球 B 靠近小球 A, 并使两小球在同一水平面上, 平衡时悬线与竖直方向的夹角为  $\theta$ . 若 B 球带电荷量为  $Q$ , 静止时与 A 球相距为  $r$ , 且两小球都可视为点电荷, 求 A 球所带的电荷量.
5. 有同学说, 根据库仑定律, 当两个电荷的距离趋近于零时, 它们之间的库仑力则趋向无穷大, 你认为这种说法对吗? 为什么?

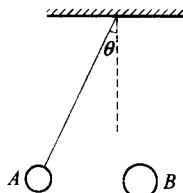


图 11-6

### 应用三 电场的描述(电场强度)

1. 相隔一定距离的两个点电荷的电荷量分别为  $q$ 、 $Q$ , 两者之间的静电力为  $F$ , 则  $q$  所在位置的电场强度为\_\_\_\_\_.  $Q$  所在位置的电场强度为\_\_\_\_\_. 若撤去  $Q$ , 那么  $Q$  原来位置的电场强度为\_\_\_\_\_.
2. 如图 11-7 所示, 绝缘细线系着质量为  $m$ 、带负电且电荷量为  $q$  的小球, 并将它悬挂在水平方向的匀强电场中, 静止时悬线与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 则该电场的电场强度为\_\_\_\_\_, 方向为\_\_\_\_\_.
3. 在电场中某点放一电荷量为  $4.8 \times 10^{-7} \text{ C}$  的负电荷, 该电荷受到的电场力为  $2.4 \times 10^{-5} \text{ N}$ ,

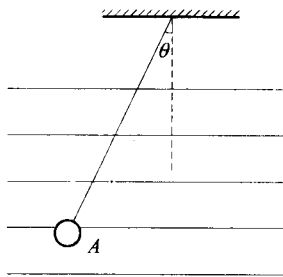


图 11-7

方向水平向东,则该点的电场强度为\_\_\_\_\_,方向\_\_\_\_\_.若在该点改为放一个正电荷,则电场强度方向是\_\_\_\_\_.若将该点的电荷移走,则该点的电场强度为\_\_\_\_\_.

#### 应用四 电场的描述(电场线)

- 下列关于电场线说法中,正确的是( ).
  - 电场线是从正电荷出发到负电荷终止的不封闭曲线
  - 电场中电场线可能相交
  - 电场线上某一点的切线方向就是电荷在该点的受力方向
  - 电场线是形象描述电场的分布的实际存在的线
- 真空中有一个带正电的点电荷  $Q$ ,在它的电场中的某点由静止释放一个带正电的粒子,则带电粒子被释放后的加速度\_\_\_\_\_,速度\_\_\_\_\_.  
(均选填“增大”“减小”或“不变”)
- 画出图 11-8 中 A 点的电场强度和放在 B 点的负电荷所受电场力.



图 11-8

#### 应用五 电场的描述(电势)

- 关于匀强电场,下列说法错误的是( ).
  - 各点的电场强度大小相等,方向相同
  - 各点的电势大小相等
  - 在电场中放入一个点电荷,它受到的电场力处处相同
  - 电场线是分布均匀、互相平行的直线
- 如图 11-9 所示,下列说法中正确的是( ).
  - $E_A > E_B$
  - $U_A > U_B$
  - $E_A = E_B$
  - $U_A = U_B$
- 下列说法中正确的是( ).
  - 电势高的地方,电场强度也大
  - 电势为零处电场强度也为零
  - 电场强度变小,电势也降低
  - 电势相等的点,电场强度可以不相等

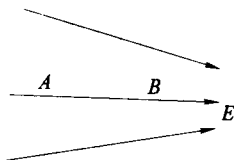


图 11-9

#### 应用六 静电的利用与防范

- 请简单说明静电喷涂的原理.
- 为什么在冬天容易发生“触电”的感觉?
- 如何防范静电?

### 分层达标

#### 基础型

##### 一、选择题

- 下面说法中正确的是( ).
  - 在某一点电荷附近任一点,如果没有放检验电荷,则这一点的电场强度为零
  - 电荷在某点受到的电场力很大,该点的电场强度也一定很大
  - 在以一点电荷为中心、 $r$  为半径的球面上,各处的电场强度大小都相同



- D. 如果把点电荷放在一电场中,由静止状态释放,此电荷一定沿电场线运动
2.  $M$  和  $N$  是两个原来都不带电的物体,它们相互摩擦后  $M$  带正电荷  $1.6 \times 10^{-10} \text{ C}$ ,且它们与外界无电荷的转移,则下列判断中正确的有( ).
- A. 在摩擦前  $M$  和  $N$  的内部没有任何电荷
- B. 摩擦过程中电子从  $N$  转移到  $M$
- C.  $N$  在摩擦后一定带负电荷  $1.6 \times 10^{-10} \text{ C}$
- D.  $M$  在摩擦过程中失去  $1.6 \times 10^{-10}$  个电子
3. 电场强度  $E$  的定义式为  $E = \frac{F}{q}$ ,则该式( ).
- A. 只适用于点电荷产生的电场
- B. 只适用于匀强电场
- C. 适用于任何电场
- D. 式中  $F$  是指放入电场的点电荷受到的力,  $q$  是指产生电场的电荷的电荷量
4. 下面关于电场强度和电势的说法中,正确的是( ).
- A. 电场强度相同的地方,电势也一定相同
- B. 电势相同的地方,电场强度也一定相同
- C. 电势降低的方向一定是电场强度的方向
- D. 沿电场强度方向电势一定降低

## 二、填空题

5. 在真空中有两个点电荷,当它们相距某一距离时相互作用力的大小为  $F$ . 若两点电荷所带电荷量分别增大为原来的 2 倍和 3 倍而距离保持不变,则作用力大小变为 \_\_\_\_\_  $F$ ;  
若又把距离减少为原来的  $\frac{1}{4}$ ,此时作用力又变为 \_\_\_\_\_  $F$ .

6. 如图 11-10 所示,  $Q$  为带正电的点电荷,位于  $O$  点,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  是同一电场线上的三点. 已知  $B$  点的电场强度为  $E_B = 360 \text{ N/C}$ , 且  $OA = AB = BC$ , 则  $E_A =$  \_\_\_\_\_,  $E_C =$  \_\_\_\_\_.

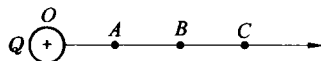


图 11-10

7. 把一个电荷量是  $2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$  的负点电荷放入电场中的  $A$  点时,它所受的电场力是  $4.0 \times 10^{-4} \text{ N}$ ,方向水平向右,则  $A$  点的电场强度是 \_\_\_\_\_,方向 \_\_\_\_\_.

## 三、作图题

8. 画出图 11-11 中小球  $A$  的受力示意图,并在括号内标出  $A$  球带电性质.

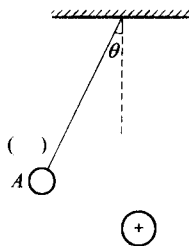


图 11-11

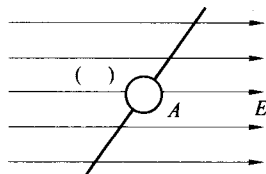


图 11-12



9. 如图 11-12 所示,带电小球 A 套在光滑绝缘棒上静止,画出图中 A 球的受力示意图,并在括号内标出 A 球带电性质.

#### 四、计算题

10. 在真空中有两个点电荷,其中一个所带电荷量是另一个的 4 倍,它们相距  $5 \times 10^{-2}$  m 时,相互斥力为 1.6 N,问它们相距 0.1 m 时斥力是多少? 两点电荷的电荷量各为多少?
11. 如图 11-13 所示,把重为 4 N 的带电小球 A 用绝缘轻绳吊起,将带正电且电荷量为  $4 \times 10^{-6}$  C 的小球 B 靠近它,两个带电小球在同一高度且相距 20 cm 时,绳与竖直方向夹角为  $37^\circ$ . 求:

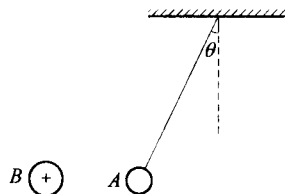


图 11-13

- (1) B 所受库仑力.  
(2) A 所带的电荷量及性质.

### 提高型

#### 一、选择题

1. 在点电荷 Q 形成的电场中,以下说法正确的是( ).
- A. 距场电荷越近,电场强度越大,电势越高  
B. 距场电荷距离相等处,电场强度相等,电势相等  
C. 该电场中没有电场强度相等的两点,但有电势相等的两点  
D. 电场中某点不放电荷,则该点既无电场强度,又无电势
2. 根据图 11-14 所示的电场线,其中  $AB=BC$ ,可以断定( ).
- A.  $U_{AB}=U_{BC}$   
B. 该电场是匀强电场  
C. 若选 B 点为零电势点,则负电荷在 A、C 两点具有的电势能一样多  
D. 将同一电荷从 B 点移到 A 点与从 B 点移到 C 点电场力所做的功不一样
3. 一个电荷在静电场中,从 A 点移到 B 点,电场力做功为零,则( ).
- A. A、B 两点的电场强度一定相等  
B. A、B 两点的电势一定相等  
C. 该点电荷一定沿等势面移动  
D. 移动过程中点电荷所受电场力一定与其移动方向垂直
4. 如图 11-15 所示,实线为电场线,虚线为等势线且相邻两等势线的电势差相等.一正电荷在等势线  $U_3$  上时,具有动能 20 J,它运动到等势线  $U_1$  上时,速度恰好为零,令  $U_2=0$ ,那么当该电荷的电势能为 4 J 时,其动能大小为( ).
- A. 16 J      B. 10 J      C. 6 J      D. 4 J

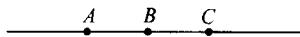


图 11-14

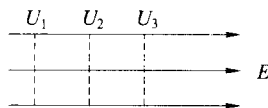


图 11-15

#### 二、作图题

5. 如图 11-16 所示,A、B、C 为匀强电场中的三点,其电势分别为  $U_A=6$  V,  $U_B=-2$  V,  $U_C=2$  V,试在图上画出匀强电场中的电场线.

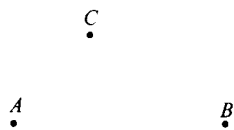


图 11-16

#### 三、填空题

6. 在匀强电场中,在恒定外力作用下把  $6.0 \times 10^{-6}$  C 的正电荷从 A 点移到 B 点,位移是 10 cm,