



新精活实展平台 翱翔高飞圆梦想

# 高考领航

高效课堂学案

■ 主编 李成民

GKLNH

物理  
选修 3-1

成绩怎么提高?



电子科技大学出版社

# 一书在手 全程无忧

在高中三年里，酸甜苦辣样样俱全，悲笑泣乐时时存在，语音袅袅，意犹未尽。高考领航愿用不断超越的执著信念，陪伴您走过这段非凡旅程，圆满您的大学梦想，成就您的人生辉煌！

品质是高考领航的座右铭，创新是高考领航的恒动力。专家名师编写，打造出扛鼎中国教辅书业的力作，为复习备考注入无穷动力。可编辑教学课件光盘；一课一练，活页课时作业；模拟考试场应试体验，单元质量评估；解疑释惑，详解答案……一项项凝聚着高考领航殚精竭虑的智慧，见证了高考领航永无止境的突破，更为您的逐梦之旅带来无限精彩与感动。

## 图书在版编目(CIP)数据

高考领航·物理·3-1：选修 / 李成民主编. -- 成都：电子科技大学出版社，2012.6  
ISBN 978-7-5647-1215-0

I. ①高… II. ①李… III. ①中学物理课—高中—升学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第133387号

## 高考领航 物理 选修3-1

李成民主编

出版 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编：610051)  
策划编辑 岳 慧  
责任编辑 岳 慧  
主 页 www.uestcp.com.cn  
电子邮件 uestcp@uestcp.com.cn  
发 行 新华书店经销  
印 刷 山东梁山印刷有限公司  
成品尺寸 210mm×297mm 印张 5 字数 203千字  
版 次 2012年6月第一版  
印 次 2012年6月第一次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5647-1215-0  
定 价 32.80元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本书如有破损、缺页、装订错误、请与我社联系。



让学习与快乐相伴!  
伴您轻松步入求知之旅……

# CONTENTS 目录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <b>第一章 静电场</b> .....     | 1  |
| 第1节 电荷及其守恒定律 .....       | 1  |
| 第2节 库仑定律 .....           | 3  |
| 第3节 电场强度 .....           | 5  |
| 第4节 电势能和电势 .....         | 8  |
| 第5节 电势差 .....            | 12 |
| 第6节 电势差与电场强度的关系 .....    | 14 |
| 第7节 静电现象的应用 .....        | 16 |
| 第8节 电容器的电容 .....         | 18 |
| 第9节 带电粒子在电场中的运动 .....    | 21 |
| 本章整合提升 .....             | 23 |
| <b>第二章 恒定电流</b> .....    | 26 |
| 第1节 电源和电流 .....          | 26 |
| 第2节 电动势 .....            | 28 |
| 第3节 欧姆定律 .....           | 30 |
| 第4节 串联电路和并联电路 .....      | 33 |
| 第5节 焦耳定律 .....           | 37 |
| 第6节 电阻定律 .....           | 39 |
| 第7节 闭合电路的欧姆定律 .....      | 43 |
| 第8节 多用电表 .....           | 46 |
| 第9节 实验:测定电池的电动势和内阻 ..... | 50 |
| 第10节 简单的逻辑电路 .....       | 52 |
| 本章整合提升 .....             | 55 |
| <b>第三章 磁场</b> .....      | 58 |
| 第1节 磁现象和磁场 .....         | 58 |
| 第2节 磁感应强度 .....          | 59 |
| 第3节 几种常见的磁场 .....        | 61 |
| 第4节 磁场对通电导线的作用力 .....    | 64 |
| 第5节 磁场对运动电荷的作用力 .....    | 66 |
| 第6节 带电粒子在匀强磁场中的运动 .....  | 69 |
| 本章整合提升 .....             | 73 |

## 第一章

## 静电场

## 第1节 电荷及其守恒定律

## 学习目标

1. 知道自然界存在两种电荷且电荷间存在相互作用。
2. 掌握使物体带电的方法,能从物质微观结构的角度认识物体带电的本质。
3. 理解电荷守恒定律,会用该定律解决实际问题。
4. 知道元电荷的概念及其数值。

## 自主学习

## 一、电荷及起电方法

## 1. 电荷的电性及作用

## (1) 电性

自然界只有\_\_\_\_\_电荷。

用丝绸摩擦过的玻璃棒带\_\_\_\_\_,用毛皮摩擦过的橡胶棒带\_\_\_\_\_。

## (2) 作用

同种电荷\_\_\_\_\_,异种电荷\_\_\_\_\_。

(3) 物质的电结构:原子由带\_\_\_\_\_的原子核和带的\_\_\_\_\_的电子组成,电子绕原子核高速旋转。原子核的正电荷的数量跟核外的电子的负电荷数量\_\_\_\_\_,所以整个原子对外界较远位置表现为\_\_\_\_\_。

金属原子中离原子核较远的电子,往往会脱离原子核的束缚而在金属中自由活动,这种能自由活动的电子叫做\_\_\_\_\_。

## 2. 三种起电方式

(1) 摩擦起电:用丝绸摩擦的玻璃棒带\_\_\_\_\_,则丝绸带有\_\_\_\_\_,这是因为玻璃棒上的部分\_\_\_\_\_转移到了丝绸上;用毛皮摩擦过的橡胶棒带\_\_\_\_\_,毛皮带\_\_\_\_\_,这是因为毛皮上的部分\_\_\_\_\_转移到了橡胶棒上。

(2) 感应起电:把带电体移近不带电的导体,可以使靠近带电体的一端带\_\_\_\_\_电荷,远离的一端带\_\_\_\_\_电荷,这种现象叫做\_\_\_\_\_,利用静电感应使物体带电的过程叫做\_\_\_\_\_。

(3) 接触起电:不带电的物体与带电的物体接触后会带上电荷,这种使物体带电的方式叫做\_\_\_\_\_,两个完全相同的物体接触后,会使电荷量\_\_\_\_\_。

## 思考讨论:

1. 摩擦过的玻璃棒总是带正电,这种说法正确吗?
2. 为什么秋天在脱化纤衣服时往往会听到“噼啪”的放电声音?

## 二、电荷守恒定律

## 1. 两种表述

表述一:电荷既不会\_\_\_\_\_,也不会\_\_\_\_\_,它只能从一个物体转移到另一个物体,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\_\_\_\_\_。

表述二:一个与外界没有电荷交换的系统,电荷的\_\_\_\_\_保持不变。

2. 起电过程本质:微观带电粒子(如电子)在物体之间或物体内部\_\_\_\_\_,而不是\_\_\_\_\_。

## 三、电荷量

1. 电荷量:电荷的多少,其国际制单位是\_\_\_\_\_,简称库,用\_\_\_\_\_表示。

2. 元电荷:最小的电荷量,即\_\_\_\_\_所带的电荷量,用 $e$ 表示。 $e = \underline{\hspace{2cm}}$  C,最早由美国物理学家\_\_\_\_\_测得。

3. 电子的比荷:电子的\_\_\_\_\_与电子的\_\_\_\_\_之比,用 $\frac{q}{m}$ 表示, $\frac{e}{m} = \frac{1.60 \times 10^{-19}}{0.91 \times 10^{-30}} \text{ C/kg} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ 。

## 思考讨论:

3. 有人说质子或电子是元电荷,对吗? 质子和电子的比荷相同吗?

## 核心突破

## 一、三种起电方式的比较

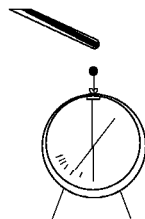
| 方式<br>内容 | 摩擦起电                       | 感应起电                           | 接触起电              |
|----------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 产生及条件    | 两不同绝缘体摩擦时                  | 导体靠近带电体时                       | 导体与带电导体接触时        |
| 现象       | 两物体带上等量异种电荷                | 导体两端出现等量异种电荷,且电性与原带电体“近异远同”    | 导体上带上与带电体相同电性的电荷  |
| 原因       | 不同物质的原子核对核外电子的束缚力不同而发生电子得失 | 导体中的自由电子受带正(负)电物体吸引(排斥)而靠近(远离) | 自由电荷在带电体与导体之间发生转移 |
| 举例       | 摩擦后的毛皮与橡胶棒分别带正电和负电         | 放于电场中的导体两端带有等量异种电荷             | 验电器的工作原理          |
| 实质       | 均为电荷在物体之间或物体内部的转移          |                                |                   |

## 应用指导 (1) 验电器的原理

验电器的原理是根据同种电荷相排斥,异种电荷相吸引的规律设计而成的。当带电体接触验电器的金属小球时,使金属小球带上电荷,这些电荷可以转移到金属箔上从而由于同种电荷的排斥作用,而使金属箔片张开一定角度。

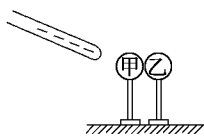
## (2) 验电器的作用

① 验电器可以判断物体是否带电、带电的种类和电荷量的多少。当带电体靠近验电器导体棒上端或接触导体棒上端时,验电器的金属箔都会张开,但要注意区分带电体靠近验电器金属球和接触验电器金属球所带电荷的不同。



②利用验电器除了能检验电荷,还能演示静电感应现象。

**例 1** 如下图所示,将带有负电的绝缘棒移近两个不带电的导体球,两个导体球开始时互相接触且对地绝缘,下列方法中能使两球都带电的是 ( )



- A. 先把两球分开,再移走棒
- B. 先移走棒,再把两球分开
- C. 使棒与甲球瞬时接触,再移走棒
- D. 先使乙球瞬时接地,再移走棒

**【思路点拨】** 求解该题应把握以下两点:

(1)感应起电时应先分开导体,再移去带电体。

(2)接触起电的关键是让带电体与绝缘于周围环境的导体接触后再分开。

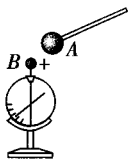
**【解析】** 由于静电感应,甲球感应出正电荷,乙球感应出负电荷,把两球分开后,它们带上了等量异种电荷,所以 A 正确;若先将棒移走,则两球不会有静电感应现象产生,所以不会带上电荷, B 错误;使棒与甲球接触,则两球会因接触而带上负电荷,所以 C 正确;若使乙球瞬时接地,则乙球上感应出的负电荷因受斥力而被导走,再将棒移走,由于甲、乙是接触的,所以甲球上的电荷会重新分布在甲、乙两球上,结果是两球都带上了正电荷,所以 D 正确。

**【答案】** ACD

**【方法点睛】** 对每一种起电方法要理解起电过程,如感应起电是由于外来电荷(电场)的作用使某导体内电荷重新分布,接触起电是由于电荷间作用使两导体间电荷发生转移。

**【针对训练】**

1. 如右图所示,有一带正电的静电计,当一金属球 A 靠近静电计的小球 B 时,静电计指针张角减小,则 ( )



- A. 金属球可能不带电
- B. 金属球可能带负电
- C. 金属球可能带正电
- D. 金属球一定带负电

**二、电荷守恒定律**

1. 起电的本质

在多种起电方式中,都会使原来中性的物体带电,但无论带正电或负电,电荷只不过发生了转移,并没有凭空产生,在任何情况下,电荷都是守恒的。

物质由分子、原子组成,原子由原子核和绕核旋转的电子组成,原子核内部的质子带正电荷,核外电子带负电荷。当原子所含的电子数与质子数相等时,物体不显电性,当物体受外界的影响,电子发生转移时,原子内电子数与质子数不再相等,这时物体就带电了。

可见,使物体带电的过程只不过是电荷发生转移的过程,电荷并没有产生或消失。

提示:在物质内部,原子核是相对固定的,内部的质子更不能脱离原子核而移动,所以起电过程中,转移的电荷都是核外电子。

2. 守恒的广泛性

在近代物理学中,一对正、负电子对的湮没,转化为一对光子;一个中子衰变成一个质子和一个电子。这种事实与电荷守恒定律不矛盾。这种情况下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,而光子或中子都是中性的,本身不带电,所以电荷的代数和不变,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。

电荷守恒定律是自然界重要的基本规律之一,任何电现象都不能违背电荷守恒定律。

3. 完全相同的金属球接触带电时电荷量的分配情况

(1)用带电荷量是  $Q$  的金属球与不带电的金属球接触后,两小球均带  $\frac{Q}{2}$  的电荷量,电性与原带电金属球电性相同。

(2)用带电荷量  $Q_1$  与带电荷量  $Q_2$  的金属球接触再分开,则每个小球所带的电荷量均为总电荷量的一半,即  $Q_1' = Q_2'$

$$= \frac{Q_1 + Q_2}{2}, \text{电性与两球原来所带电荷总量的电性相同。}$$

**特别提醒:**(1)起电过程或“中和”过程在本质上都是电子的得失、转移的过程,电荷总数未变。

(2)电荷均分的规律只适用于大小完全相同的金属球之间,金属球可以是两个或多个。

(3)电荷均分规律公式  $Q_1' = Q_2' = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$ , 其中的  $Q_1, Q_2$  为小球原来所带电荷量,均带有正、负号。

**例 2** 有两个完全相同的带电绝缘金属小球 A、B, 分别带有电荷量  $Q_A = 6.4 \times 10^{-9} \text{ C}$ ,  $Q_B = -3.2 \times 10^{-9} \text{ C}$ , 让两绝缘金属小球接触,在接触过程中,电子如何转移并转移了多少?

**【思路点拨】** 求解此题应把握以下三点:

- (1)利用电荷均分规律求出接触后小球的带电量。
- (2)通过某小球接触前后的带电量确定转移了多少电量。
- (3)根据元电荷确定转移电子的数量。

**【解析】** 接触达到静电平衡后,两球电荷量相等,电荷量为

$$Q_A' = Q_B' = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{(6.4 \times 10^{-9}) + (-3.2 \times 10^{-9})}{2} \text{ C} = 1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$$

在接触过程中,电子从 B 球转移到 A 球,则 B 球共转移的电子的电荷量为

$$\Delta Q_B = Q_B' - Q_B = 1.6 \times 10^{-9} \text{ C} - (-3.2 \times 10^{-9}) \text{ C} = 4.8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$\text{转移的电子数为 } n = \frac{\Delta Q_B}{e} = \frac{4.8 \times 10^{-9} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3 \times 10^{10} \text{ 个。}$$

**【答案】** 电子由 B 球转移到 A 球,共转移了  $3 \times 10^{10}$  个电子。

**【方法点睛】** 当两个完全相同的金属球接触后,根据对称性,两个球一定带等量的电荷量,若两个球原先带同号电荷,电荷量相加后均分;若两个球原先带异号电荷,则电荷先中和再均分。

**【针对训练】**

2. 原来甲、乙、丙三物体都不带电,今使甲、乙两物体相互摩擦后,乙物体再与丙物体接触,最后,得知甲物体带正电  $1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$ , 丙物体带电  $8 \times 10^{-16} \text{ C}$ 。则对于最后乙、丙两物体的带电情况下列说法中正确的是 ( )

- A. 乙物体一定带有负电荷  $8 \times 10^{-16} \text{ C}$
- B. 乙物体可能带有负电荷  $2.4 \times 10^{-15} \text{ C}$
- C. 丙物体一定带有正电荷  $8 \times 10^{-16} \text{ C}$
- D. 丙物体一定带有负电荷  $8 \times 10^{-16} \text{ C}$

**探究创新:使物体带电**

**例 3** 两块不带电的金属导体 A、B 均配有绝缘支架, 现有一个带正电的小球 C。

- (1)要使两块金属导体带上等量异种电荷,则应如何操作? 哪一块带正电?
- (2)要使两块金属导体都带上正电荷,则应如何操作?
- (3)要使两块金属导体都带上负电荷,则应如何操作?

**【思路点拨】** 使物体带电的三种方式是:摩擦、接触或感应,其实质都是电子的转移。

**【解析】** (1)先将两块导体 A、B 紧靠在一起,然后将带电体 C 从一端靠近导体,再将两导体分开,最后移走带电体 C, 远离带电体 C 的一块带正电。

(2)先将两块导体 A、B 紧靠在一起,然后将带电体 C 接触导体 A(或 B),再将导体 C 移走,再将两导体 A、B 分开,则 A、B 都带上了正电。

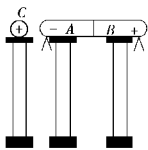
(3)先将两块导体 A、B 紧靠在一起,然后将带电体 C 从一端靠近导体,用手接触一下 A(或 B),再将两导体 A、B 分开,最后移走带电体 C, 则 A、B 都带上了负电。

**【答案】** 见解析

**【针对训练】**

3. 如图所示, A、B 为相互接触的用绝缘支柱支持的金属导体, 起初它们不带电, 在它们的下部贴有金属箔片, C 是带正电的小球, 下列说法正确的是 ( )

- A. 把 C 移近导体 A 时, A、B 上的金属箔片都张开
- B. 把 C 移近导体 A, 先把 A、B 分开, 然后移去 C, A、B 上的金属箔片仍张开
- C. 先把 C 移走, 再把 A、B 分开, A、B 上的金属箔片仍张开
- D. 先把 A、B 分开, 再把 C 移走, 然后重新让 A、B 接触, A 上的金属箔片张开, 而 B 上的金属箔片闭合



**随堂演练**

1. 玻璃棒与丝绸摩擦后, 玻璃棒带正电, 这种起电方式为摩擦起电, 其原因是 ( )
- A. 丝绸上的一些电子转移到玻璃棒上
  - B. 丝绸上的一些正电荷转移到玻璃棒上

- C. 玻璃棒上的一些电子转移到丝绸上
  - D. 玻璃棒上的一些正电荷转移到丝绸上
2. 关于摩擦起电与感应起电, 以下说法正确的是 ( )
- A. 摩擦起电是因为电荷的转移, 感应起电是因为产生电荷
  - B. 摩擦起电是因为产生电荷, 感应起电是因为电荷的转移
  - C. 不论摩擦起电还是感应起电, 都是电荷的转移
  - D. 以上说法均不正确
3. 关于元电荷的理解, 下列说法中正确的是 ( )
- A. 元电荷就是电子
  - B. 元电荷是表示跟电子所带电荷量数值相等的电荷量
  - C. 元电荷的值取  $1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ , 最早由法国物理学家库仑由实验测得
  - D. 物体所带的电荷量可以是元电荷的任意倍
4. A、B、C 三个塑料小球, A 和 B, B 和 C, C 和 A 之间都是相互吸引的, 如果 A 带正电, 则 ( )
- A. A、C 都带负电
  - B. B 球带负电, C 球带正电
  - C. B、C 两球中必有一个带负电, 另一个不带电
  - D. B、C 两球均不带电

**第 2 节 库仑定律**

**学习目标**

1. 通过演示实验, 定性了解电荷之间的作用力大小与电荷量的多少以及电荷之间距离大小的关系。
2. 知道点电荷是个理想模型, 知道带电体简化为点电荷的条件, 感悟科学研究中建立理想模型的重要意义。
3. 知道库仑定律的文字表述及其公式表达, 通过静电力与万有引力的对比, 体会自然规律的多样性和统一性。
4. 了解库仑扭秤实验。

**自主学习**

**一、演示——探究影响电荷间相互作用力的因素**

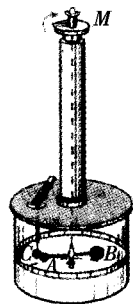
|           |   |   |
|-----------|---|---|
| 实验原理      | <p>如图所示, <math>F = \frac{F_T \sin \theta}{\cos \theta}</math>, <math>\theta</math> 变大, <math>F</math> 变大, <math>\theta</math> 变小, <math>F</math> 变小</p> |   |
| 方法(控制变量法) | 探究电荷间作用力与距离的关系  | 探究电荷间作用力与电荷量的关系                             |
| 实验操作      | 保持电荷量不变, 改变悬点位置, 从而改变小球间距 $r$ , 观察夹角 $\theta$ 变化情况  | 改变小球带电荷量 $q$ , 观察夹角 $\theta$ 变化情况           |
| 实验现象      | $r$ 变大, $\theta$ 变小;<br>$r$ 变小, $\theta$ 变大   | $q$ 变大, $\theta$ 变大;<br>$q$ 变小, $\theta$ 变小 |
| 实验结论      | 电荷间的作用力与 $r$ 有关, 与 $q$ 有关   |   |

**二、库仑定律**

1. 语言表述: 真空中两个静止点电荷之间的相互作用力, 与它们的电荷量的乘积成正比, 与它们距离的二次方成反比, 作用力的方向在它们的连线上。
2. 公式表述:  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , 其中  $k$  是比例系数, 叫做静电力常量,  $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。
3. 库仑定律的适用条件: 真空中两个静止的点电荷。

**三、库仑的实验**

1. 库仑扭秤的原理: 如右图所示, A 和 C 之间的作用力使悬丝扭转, 通过悬丝扭转的扭转角可以比较力的大小。
2. 电荷量的定量量度: 一个带电的金属球与另一个不带电的相同的金属球接触后, 前者的电荷量就会分给后者。



**四、静电力叠加原理**

对于两个以上的点电荷, 两个电荷间的作用力不受其他电荷影响, 其中每一个点电荷所受的总的静电力, 等于其他电荷分别单独存在时对该点电荷的作用力的矢量和。

**思考讨论:**

1. 点电荷是不是指带电量很小的带电体? 是不是体积很小的带电体都可看做点电荷?
2. 根据库仑定律的表达式  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , 要是两个电荷间的距离  $r \rightarrow 0$  时, 就会有库仑力  $F \rightarrow \infty$ , 从数学的角度分析是正确的, 实际是这样吗?

**核心突破**

**一、对点电荷的理解**

1. 点电荷是物理模型  
只有电荷量, 没有大小、形状的理想化的模型, 类似于力学中的质点, 实际中并不存在。
2. 带电体看成点电荷的条件  
如果带电体间的距离比它们自身的大小大得多, 以至于带电体的形状和大小对相互作用力的影响很小, 就可以忽略形状、大小等次要因素, 只保留对问题有关键作用的电荷量, 带电体就能看成点电荷, 这样处理会使问题大为简化, 对结果又没有太大的影响, 是物理学上经常用到的方法。
3. 注意区分点电荷与元电荷  
(1) 元电荷是一个电子或一个质子所带电荷量的绝对值, 是电荷量的最小单位。  
(2) 点电荷只是不考虑带电体的大小和形状, 是带电个体, 其带电量可以很大也可以很小, 但它一定是一个元电荷电量的整数倍。

**例 1** 对于点电荷的理解,正确的是 ( )

- A. 点电荷就是带电荷量很少的带电体
- B. 点电荷就是体积很小的带电体
- C. 体积大的带电体肯定不能看成点电荷
- D. 带电体如果本身大小和形状对它们间的相互作用影响可忽略,则可视为点电荷

**【解析】** 点电荷是实际带电体在一定条件下理想化而形成的,它的条件是带电体本身大小和形状对它们间的相互作用力的影响可以忽略时视为点电荷,与带电体的体积、形状和所带电荷量多少无关,故只有 D 选项正确。

**【答案】** D

**【方法点睛】** 点电荷是理想化的模型,一个带电体能否看成点电荷,是相对于具体问题而言的,不能单凭其大小、形状及带电荷量的多少来判断。

**【针对训练】**

1. 下列关于点电荷的说法正确的是 ( )

- A. 点电荷可以是带电荷量很多的带电体
- B. 带电体体积很大时不能看成点电荷
- C. 点电荷的带电荷量可能是  $2.56 \times 10^{-20} \text{ C}$
- D. 一个带电体能否看做点电荷应以具体情况而定

**二、对库仑定律的理解和应用**

1. 库仑定律的适用条件是:(1)真空;(2)点电荷。

这两个条件都是理想化的,在空气中库仑定律也近似成立。

有人根据  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  推出当  $r \rightarrow 0$  时,  $F \rightarrow \infty$ , 从数学角度分析似乎正确,但从物理意义上分析却是错误的,因为当  $r \rightarrow 0$  时,两带电体已不能看做点电荷,库仑定律及其公式也就不再适用,不能利用公式  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  计算静电力大小了。

2. 静电力的大小计算和方向判断一般分开进行

(1) 大小计算

利用库仑定律计算大小时,不必将表示电性的正、负号代入公式,只代入  $q_1$ 、 $q_2$  的绝对值即可。

(2) 方向判断

在两电荷的连线上,同种电荷相斥,异种电荷相吸。

3. 只有采用国际单位,  $k$  的值才是  $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

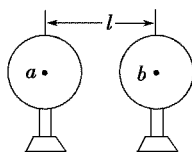
4. 库仑定律严格适用于真空中两个点电荷的相互作用,但两个均匀带电球体相距较远时也可视为点电荷,  $r$  应指两球体的球心距。

5. 库仑力具有力的一切性质,可以与其他力合成、分解,可以与其他力平衡,可以产生加速度,两点电荷间的库仑力是一对相互作用力,遵从牛顿第三定律。

6. 库仑定律与万有引力定律的比较

|         | 库仑定律  | 万有引力定律                                     |
|---------|---|--|
| 共同点     | ①都与距离的平方成反比<br>②都有一个常量(静电力常量,引力常量)<br>③都是场力,分别为电场、万有引力场   |  |
| 区别      | ①与两个物体的电荷量有关<br>②既有引力,也有斥力<br>③适用于真空中的点电荷<br>④微观带电粒子间表现明显 | ①与两个物体的质量有关<br>②只有引力<br>③适用于质点<br>④天体间表现明显 |
| 影响大小的因素 | $q_1$ 、 $q_2$ 、 $r$                                       | $m_1$ 、 $m_2$ 、 $r$                        |

**例 2** 如图所示,两个质量均为  $m$  的完全相同的金属球壳  $a$  和  $b$ ,其壳层的厚度和质量分布均匀,将它们固定于绝缘支座上,两球心间的距离  $l$  为球半径的 3 倍。若使它们带上等量异种电荷,使其电荷量的绝对值均为  $Q$ ,那么关于  $a$ 、 $b$  两球



之间的万有引力  $F_{引}$  和库仑力  $F_{库}$  的表达式正确的是 ( )

- A.  $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}, F_{库} = k \frac{Q^2}{l^2}$
- B.  $F_{引} \neq G \frac{m^2}{l^2}, F_{库} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$
- C.  $F_{引} \neq G \frac{m^2}{l^2}, F_{库} = k \frac{Q^2}{l^2}$
- D.  $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}, F_{库} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$

**【思路点拨】** 质量均匀分布的导体带电球壳可以看成质点,但不能看成点电荷。因电荷在其相互作用力下沿金属球壳移动。

**【解析】** 由于  $a$ 、 $b$  两球所带异种电荷相互吸引,使它们各自的电荷分布不均匀,即相互靠近的一侧电荷分布较密集,又  $l = 3r$ , 不满足  $l \gg r$  的要求,故不能将带电球壳看成点电荷,所以不能应用库仑定律,故  $F_{库} \neq k \frac{Q^2}{l^2}$ 。万有引力定律适用于两个可看成质点的物体,虽然不满足  $l \gg r$ ,但由于其壳层的厚度和质量分布均匀,两球壳可看做质量集中于球心的质点,可以应用万有引力定律,故  $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}$ 。故选 D。

**【答案】** D

**【方法点睛】** (1) 建立科学模型是一种重要方法。深刻领会物体抽象为模型的条件。带电体相距不是足够远时,要考虑电荷相互作用后的重新分配问题。

(2) 质量大小不是决定能不能抽象为质点的条件,电荷量大小也不是决定能不能抽象为点电荷的条件。

**【针对训练】**

2. 两个放在绝缘架上的相同金属球,相距  $d$ , 球的半径比  $d$  小得多,分别带  $q$  和  $3q$  的电荷量,相互斥力为  $3F$ , 现将这两个金属球接触,然后分开,仍放回原处,则它们的相互斥力将变为 ( )

- A. 0
- B.  $F$
- C.  $3F$
- D.  $4F$

**综合应用:同一直线上三个自由电荷的平衡问题**

**例 3** 在真空中有两个相距  $r$  的点电荷  $A$  和  $B$ , 带电荷量分别为  $q_1 = -q, q_2 = 4q$ 。

(1) 若  $A$ 、 $B$  固定,在什么位置放入第三个点电荷  $q_3$ , 可使之处于平衡状态,平衡条件中对  $q_3$  的电荷量及正负有无要求?

(2) 若以上三个电荷皆可自由移动,要使它们都处于平衡状态,对  $q_3$  的电荷量及电性有何要求?

(3) 若  $q_1 = q$ , 第(2)问中的答案又如何?

**【思路点拨】** 本题中的研究对象是点电荷,符合库仑定律的求解条件。每个电荷都受到两个库仑力作用,可以用力的合成法则求解。若  $q_1$ 、 $q_2$  是固定的,要使  $q_3$  平衡,只要使  $q_1$ 、 $q_2$  对  $q_3$  的库仑力大小相等、方向相反即可。如果  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$  三者都是不固定的,则要同时使三个电荷受的静电力的合力都等于零,需要同时分析三个电荷的受力情况。

**【解析】** (1) 让  $q_3$  受力平衡,必须和  $q_1$ 、 $q_2$  在同一条直线上,因为  $q_1$ 、 $q_2$  带异号电荷,所以  $q_3$  不可能在它们中间,再根据库仑定律,库仑力和距离的平方成反比,可推知

$q_3$  应该在  $q_1$ 、 $q_2$  的连线上且在  $q_1$  的外侧(离小电荷量电荷近一点的地方),如图甲所示。设  $q_3$  离  $q_1$  的距离是  $x$ ,根据库仑定律和平衡条件列式:

$$k \frac{q_3 q_1}{x^2} - k \frac{q_3 q_2}{(x+r)^2} = 0$$

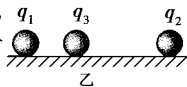
将  $q_1$ 、 $q_2$  的已知量代入得:  $x = r$ , 对  $q_3$  的电性和电荷量均没有要求。

(2) 要使三个电荷都处于平衡状态,就对  $q_3$  的电性和电荷量都有要求,首先  $q_3$  不能是一个负电荷,若是负电荷,  $q_1$ 、 $q_2$  都不能平衡,也不能处在它们中间或  $q_2$  的外侧。根据库仑定律和平衡条件列式如下:

$$\text{对 } q_3: k \frac{q_3 q_1}{x^2} - k \frac{q_3 q_2}{(x+r)^2} = 0, \text{ 对 } q_1: k \frac{q_1 q_3}{x^2} - k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 0, \text{ 解}$$

上述两方程得： $q_3 = 4q, x = r$ .

(3) 若  $q_1 = q$ , 则  $q_3$  应该是一个负电荷,  $q_1, q_3, q_2$  必须放在  $q_1, q_2$  之间, 如图乙所示, 根据库仑定律和平衡条件列式如下:



$$\text{对 } q_1: k \frac{q_3 q_1}{x^2} - k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 0$$

$$\text{对 } q_3: k \frac{q_1 q_3}{x^2} - k \frac{q_3 q_2}{(r-x)^2} = 0$$

$$\text{解上述方程得: } q_3 = \frac{4q}{9}, x = \frac{r}{3}.$$

**【答案】** 见解析

**【方法点睛】** 由解析可知: 要求一个电荷处于静止状态时, 对该电荷的电荷量、电性均没有要求, 但对放置的位置有要求; 要求三个电荷都平衡, 必须是同种电荷放两边, 异种电荷在中间, 且靠近电荷量小的一边, 即“三者共线, 两同夹异、两大夹小; 近小远大”.

遇到这类问题, 我们的处理方法是: ①受力分析; ②状态分析; ③根据规律列方程求解.

**【针对训练】**

3. 两个正电荷  $q_1$  和  $q_2$  电荷量都是 3 C, 静止于真空中的 A、B 两点, 相距  $r = 2$  m.

(1) 在它们的连线 AB 的中点 O 放入正电荷 Q, 求 Q 受的静电力.

(2) 在它们连线上 A 点左侧 C 点,  $AC = 1$  m, 放置负电荷  $q_3, q_3 = -1$  C, 求  $q_3$  所受静电力.

**随堂演练**

- 关于点电荷, 以下说法正确的是 ( )
  - 足够小的电荷, 就是点电荷
  - 一个电子, 不论在何种情况下均可视为点电荷
  - 在实际中点电荷并不存在
  - 一个带电体能否看成点电荷, 不是看它尺寸的绝对值, 而是看它的形状和尺寸对相互作用力的影响能否忽略不计
- 对于库仑定律的理解正确的是 ( )
  - 库仑定律适用于真空中的点电荷
  - 当半径为  $r$  的两带电小球相距为  $r$  时, 可用库仑定律计算它们间的静电力
  - 在干燥空气中的两个点电荷间的静电力可用库仑定律计算
  - 相互作用的两个点电荷, 不论它们的电荷量是否相同, 它们各自所受的库仑力大小一定相等
- 已知点电荷 A 的电荷量是点电荷 B 的 2 倍, 则 A 对 B 的作用力与 B 对 A 的作用力大小之比为 ( )
  - 2 : 1
  - 1 : 2
  - 1 : 1
  - 不一定
- 如图所示, 两个完全相同的金属小球 A、B 带有电量相等的电荷, 相隔一定的距离, 两球间相互吸引力的大小是  $F$ , 今让与 A、B 大小相等、相同材料制成的不带电的第三个小球 C 先后与 A、B 两球接触后移开, 这时 A、B 两球之间的相互作用力的大小为 ( )

- $\frac{1}{8} F$
- $\frac{1}{4} F$
- $\frac{3}{8} F$
- $\frac{3}{4} F$



**第 3 节 电场强度**

**学习目标**

- 知道电荷间的相互作用是通过电场实现, 场与实物是物质存在的两种不同形式.
- 体会用比值定义物理量的方法, 理解电场强度的定义、公式、单位、方向.
- 能推导点电荷场强公式, 知道叠加原理, 并进行简单计算.
- 知道电场线定义和特点, 会用电场线描述电场强度的大小、方向.

**自主学习**

**一、电场**

- 电场: 电荷周围存在的一种特殊物质, 电荷间的相互作用是通过          传递的.
- 电场的性质: 电场的基本性质是对放入其中的电荷有          的作用.
- 静电场:          产生的电场.

**二、电场强度**

- 试探电荷 (检验电荷): 用来检验电场          及其          分布情况的电荷, 是研究电场的工具.
- 场源电荷 (源电荷): 激发或产生我们正在研究的电场的电荷, 是电场的         .

**3. 电场强度**

- 概念: 放入电场中某点的点电荷所受          与它的          的比值, 简称场强.
- 物理意义: 表示电场的         .
- 定义式及单位:  $E = \frac{F}{q}$ , 单位         , 符号         .
- 矢量性: 电场强度的方向与          所受电场力的方向相同.

**三、点电荷的电场、匀强电场、电场的叠加**

- 真空中点电荷的场强
  - 大小:  $E = \frac{kQ}{r^2}$ .
  - 方向: Q 为正电荷时, 在电场中的 P 点, E 的方向         ; Q 为负电荷时, E 的方向         .
- 匀强电场: 电场中各点的场强的          都处处相同的电场.
- 电场强度的叠加: 如果场源电荷不只是一个点电荷, 则电场中某点的电场强度为          在该点产生的电场强度的         .

**四、电场线**

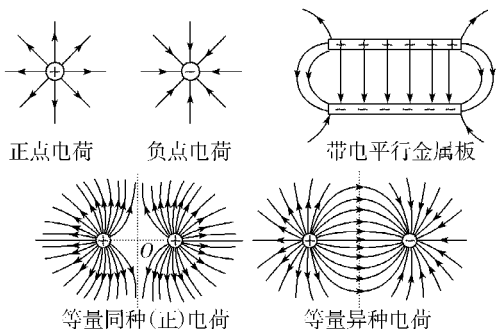
- 概念: 电场线是画在电场中的一条条         , 曲线上每点的          表示该点的电场强度方向.
- 静电场的电场线特点:
  - 电场线从          出发, 终止于         .



(2) 电场线在电场中\_\_\_\_\_。

(3) 在同一电场里, 电场线越密的地方\_\_\_\_\_, 电场线越疏的地方\_\_\_\_\_, 即用电场线的\_\_\_\_\_来表示电场强度的相对大小。

3. 几种常见电场的电场线(如下图所示)



### 五、匀强电场

1. 定义

电场中各点电场强度的大小\_\_\_\_\_、方向\_\_\_\_\_的电场。

2. 特点: (1) 场强方向处处\_\_\_\_\_，电场线是\_\_\_\_\_。

(2) 场强大小处处\_\_\_\_\_，要求电场线疏密程度\_\_\_\_\_，即电场线间隔\_\_\_\_\_。

#### 思考讨论:

1. 电场是一种客观存在吗? 它与实物有何不同? 如何感知它的存在?
2. 若已知负电荷在电场中某点的受力方向, 如何确定该点的电场强度方向?
3. 已知某一条电场线, 能否确定它是哪种电场中的电场线?
4. 在相邻的两条电场线之间没画电场线的地方有电场吗?

## 核心突破

### 一、对电场强度的理解

1. 电场强度的定义式  $E = \frac{F}{q}$  的理解

(1) 公式  $E = \frac{F}{q}$  是电场强度的比值定义式, 适用于一切电场, 电场中某点的电场强度仅与电场及试探电荷在电场中的具体位置有关, 与试探电荷的电荷量、电性及所受静电力  $F$  大小无关, 所以不能说  $E \propto F, E \propto \frac{1}{q}$ 。

(2) 公式  $E = \frac{F}{q}$  仅定义了场强的大小, 其方向需另外规定。

(3) 由  $E = \frac{F}{q}$  变形为  $F = qE$  表明: 如果已知电场中某点的场强  $E$ , 便可计算在电场中该点放任何电荷量的点电荷所受的静电力的大小。

(4) 电场强度的三性: 矢量性、唯一性和叠加性。

2.  $E = \frac{F}{q}$  与  $E = k \frac{Q}{r^2}$  的区别

| 区别                | 理由 | 物理含义                     | 引入过程                                      | 使用范围    |
|-------------------|----|--------------------------|---|---------|
| 公式                |    |                          |   |         |
| $E = \frac{F}{q}$ |    | 电场强度的定义式, 提供了量度电场强度的一般方法 | $F \propto q, E$ 与 $F, q$ 均无关, 反映电场中某点的性质 | 适用于一切电场 |

|                       |                                      |                  |               |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|
| $E = k \frac{Q}{r^2}$ | 真空中点电荷场强的决定式, 提供了点电荷所产生的电场其场强的具体计算方法 | 由电场强度的定义和库仑定律推导出 | 真空中, 场源电荷是点电荷 |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|

### 3. 电场强度与电场力的区别与联系

| 物理量  |      | 电场强度                   | 电场力                                  |
|------|------|------------------------|--------------------------------------|
| 比较内容 | 物理意义 | 反映电场的强弱                | 电荷在电场中所受的力                           |
|      | 决定因素 | 由电场本身决定                | 由电场和电荷共同决定                           |
|      | 大小   | $E = \frac{F}{q}$      | $F = Eq$                             |
|      | 方向   | 由电场本身决定, 且与正电荷受电场力方向相同 | 正电荷受电场力方向与 $E$ 同向, 负电荷受电场力方向与 $E$ 反向 |
|      | 单位   | N/C(或 V/m)             | N                                    |
| 联系   |      | $F = qE$ (普遍适用)        |                                      |

**特别提醒:** 比值  $E = \frac{F}{q}$  仅反映试探电荷所在处的电场强度的大小, 因此,  $F$  与  $q$  代入绝对值即可。

**例 1** 一检验电荷  $q = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$ , 在电场中  $P$  点受到的电场力  $F = 6 \times 10^{-7} \text{ N}$ . 求:

- (1)  $P$  点的场强。
- (2) 没有检验电荷时  $P$  点的场强。
- (3) 放一电荷量为  $q' = 1.2 \times 10^{-6} \text{ C}$  的电荷在  $P$  点, 受到的电场力  $F'$  是多大?

**【思路点拨】**  $P$  点的场强由场源电荷和该点到场源的距离决定, 与其他无关. 检验电荷只是起到测量该点场强的作用。

**【解析】** (1) 由场强公式可得:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-9}} \text{ N/C} = 1.5 \times 10^2 \text{ N/C}.$$

方向与力  $F$  的方向相同。

(2) 场强跟检验电荷无关, 所以场强仍是  $1.5 \times 10^2 \text{ N/C}$ 。

(3)  $F' = q'E = 1.2 \times 10^{-6} \times 1.5 \times 10^2 \text{ N} = 1.8 \times 10^{-4} \text{ N}$ 。

方向与场强方向相同。

**【答案】** (1)  $1.5 \times 10^2 \text{ N/C}$ , 方向与力  $F$  的方向相同

(2) 仍为  $1.5 \times 10^2 \text{ N/C}$ , 方向同上

(3)  $1.8 \times 10^{-4} \text{ N}$ , 方向与场强方向相同

**【方法点睛】** 由场强的定义式  $E = \frac{F}{q}$  采用了比值定义法. 这种定义的特点是: 被定义物理量  $E$  与  $F$  和  $q$  无关, 这只是一个量度公式, 不因为电荷  $q$  的不同或有无而改变该点的场强, 场强是由电场本身决定的. 在点电荷的电场中某点场强的大小由场源电荷  $Q$  和该点到场源电荷的距离共同决定。

#### 【针对训练】

1. 关于电场强度和静电力, 以下说法正确的是 ( )
  - A. 电荷所受静电力很大, 该点电场强度一定很大
  - B. 以点电荷为圆心,  $r$  为半径的球面上各点的场强相同
  - C. 如空间某点的场强为零, 则试探电荷在该点受到的静电力也为零
  - D. 在电场中某点放入试探电荷  $q$ , 该点的场强为  $E = F/q$ ; 取走  $q$  后, 该点场强仍然为  $E = F/q$

### 二、对电场线的理解

1. 对电场线的理解

(1) 电场中任何两条电场线都不能相交, 电场线也不闭合. 因为电场中任一点的场强的大小和方向都是唯一确定的. 如果两条电场线相交, 就不能唯一地确定出场强的方向. 同时在相交点处电场线密不可分, 因而也不可能反映出场强的大小。

(2) 电场线的疏密

电场线的疏密程度表示电场强度的大小, 电场线越密的地方, 场强越大; 电场线越稀疏的地方, 场强越小。

(3) 电场线是为描述电场而引入的一种假想曲线, 实际上电场中并不存在电场线。

(4) 不可能在电场中每个地方都画出电场线, 两条电场线间虽是空白, 但那些位置仍存在电场。

2. 电场线与带电粒子在电场中的运动轨迹的比较

| 电场线  | 运动轨迹  |
|--|---|
| (1) 电场中并不存在, 是为研究电场方便而人为引入的                              | (1) 粒子在电场中的运动轨迹是客观存在的                           |
| (2) 曲线上各点的切线方向即为该点的场强方向, 同时也是正电荷在该点的受力方向, 即正电荷在该点的加速度的方向 | (2) 轨迹上每一点的切线方向即为粒子在该点的速度方向, 但加速度的方向与速度的方向不一定相同 |

3. 电场线与带电粒子运动轨迹重合的条件

(1) 电场线是直线。

(2) 带电粒子只受电场力作用, 或受其他力, 但其他力的方向沿电场线所在直线。

(3) 带电粒子初速度为零或初速度方向沿电场线所在的直线。

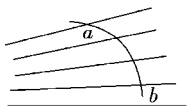
以上三个条件必须同时满足。

**特别提醒:** (1) 带电粒子在电场中的运动轨迹由带电粒子所受合外力与初速度共同决定。

(2) 运动轨迹上各点的切线方向是粒子的速度方向。

(3) 电场线上各点的切线方向是场强方向, 决定着粒子所受电场力的方向。

**例 2** 如右图所示, 直线是一簇未标明方向的由点电荷产生的电场线, 曲线是某一带电粒子通过电场区域时的运动轨迹,  $a, b$  是轨迹上两点。若带电粒子运动中只受电场力作用, 根据此图可以做出的判断是

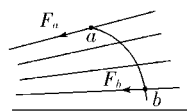


- A. 带电粒子所带电荷的符号
- B. 带电粒子在  $a, b$  两点的受力方向
- C. 带电粒子在  $a, b$  两点的加速度何处大
- D. 带电粒子在  $a, b$  两点的加速度方向

**【思路点拨】** 求解此题应把握以下四点:

- (1) 电荷的受力方向为其运动曲线弯曲方向。
- (2) 电荷的受力方向为其运动的加速度方向。
- (3) 电荷受力大小与场强大小有关, 场强越大, 受力越大。
- (4) 电场线的疏密表示场强大小。

**【解析】** 如右图所示, 由于带电粒子在电场力作用下做曲线运动, 所以电场力应指向轨迹的凹侧, 且沿电场线, 即沿电场线向左, B 正确; 由于电场线方向未知, 故不能确定带电粒子的电性, A 错误; 加速度由电场力产生, 由于  $a$  处电场线较  $b$  处密, 所以  $a$  处电场强度大, 由  $E = \frac{F}{q}$  知, 带电粒子在  $a$  处受电场力大, 故加速度大, 且方向与电场力方向相同, C、D 正确。



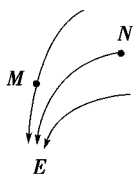
**【答案】** BCD

**【方法点睛】** 根据带电粒子轨迹弯曲方向, 判断出受力方向, 把电场线的疏密和受力大小、加速度大小联系起来。

**【针对训练】**

2. 如右图所示是静电场的一部分电场线分布, 下列说法中正确的是 ( )

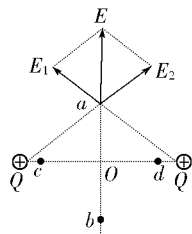
- A. 这个电场可能是负电荷的电场
- B. 点电荷  $q$  在  $M$  点受到的电场力比在  $N$  点受到的电场力大
- C. 点电荷  $q$  在  $M$  点的瞬时加速度比在  $N$  点的瞬时加速度小
- D. 负电荷在  $N$  点受到的静电力方向沿  $N$  点的切线方向



三、等量同种电荷与等量异种电荷连线和中垂线上电场强度分布特点

1. 等量同种正电荷

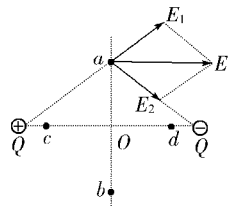
(1) 两电荷的连线的中垂线上:  $O$  点和无穷远处的场强均为零, 所以在中垂线上, 由  $O$  点的零场强开始, 场强先变大, 后逐渐减小, 到无穷远时减小为零; 中垂线上任一点  $a$  与该点关于  $O$  点的对称点  $b$  的场强大小相等, 方向相反。(如图示)



(2) 两电荷的连线上: 在两电荷的连线上, 每点场强的方向由该点指向  $O$  点, 大小由  $O$  点的场强为零开始向两端逐渐变大; 任意一点  $c$  与该点关于  $O$  点的对称点  $d$  的场强大小相等, 方向相反, 如图所示。

2. 等量异种电荷

(1) 两电荷连线的中垂线上: 各点的场强方向为由正电荷的一边指向负电荷的一边, 且与中垂线垂直,  $O$  点的场强最大, 从  $O$  点沿中垂线向两边逐渐减小, 直至无穷远时为零; 中垂线上任一点  $a$  与该点关于  $O$  点的对称点  $b$  的场强大小相等, 方向相同。(如图示)



(2) 两电荷的连线上: 各点场强的方向由正电荷沿两电荷的连线指向负电荷,  $O$  点的场强最小, 从  $O$  点沿两电荷的连线向两边逐渐增大; 两电荷的连线上, 任一点  $c$  与关于  $O$  点对称点  $d$  的场强相同。(如图示)

**例 3** 如图所示, 真空中, 带电荷量  $A$  分别为  $+Q$  和  $-Q$  的点电荷  $A, B$  相距  $+Q$   $-Q$   $r$ , 则:

- (1) 两点电荷连线的中点  $O$  的场强多大?
- (2) 在两点电荷连线的中垂线上, 距  $A, B$  两点都为  $r$  的  $O'$  点的场强如何?

**【思路点拨】** 分别求出  $+Q$  和  $-Q$  在某点的场强大小和方向, 然后根据电场强度的叠加原理, 求出合场强。

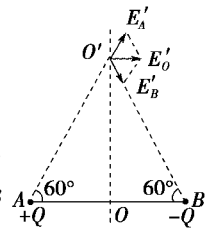
**【解析】** (1) 如图所示,  $A, B$  两点电荷  $A$  在  $O$  点产生的场强方向相同, 由  $O \rightarrow B$ .  $A, B$   $+Q$   $-Q$   $O$   $E_A$   $E_B$  两点电荷在  $O$  点产生的电场强度:  $E_A = E_B$

$$= \frac{kQ}{(r/2)^2} = \frac{4kQ}{r^2}$$

所以  $O$  点的场强为:  $E_O = E_A + E_B$

$$= \frac{8kQ}{r^2}$$

(2) 如图所示,  $E_A' = E_B' = \frac{kQ}{r^2}$ , 由矢量图所形成的等边三角形可知,  $O'$  点的合场强  $E_{O'} = E_A' + E_B' = \frac{kQ}{r^2}$ , 方向与  $A, B$  的中垂线垂直, 水平向右。



**【答案】** (1)  $\frac{8kQ}{r^2}$ , 方向由  $O \rightarrow B$

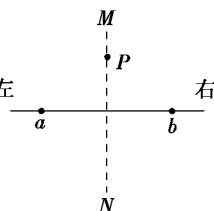
(2)  $\frac{kQ}{r^2}$ , 方向水平向右

**【方法点睛】** 电场强度是矢量, 如果空间中同时存在几个场源, 则空间中某点的电场强度就是这几个场源单独存在时产生电场强度的矢量和。场强的合成也像力、速度等矢量一样, 用平行四边形定则, 而当几个矢量均在同一直线上时, 可简化为代数加减法。

**【针对训练】**

3. 如图所示,  $a, b$  是两个点电荷, 它们的电荷量分别为  $Q_1, Q_2$ ,  $MN$  是  $ab$  连线的中垂线,  $P$  是中垂线上的一点。下列哪种情况能使  $P$  点场强方向指向  $MN$  的左侧? ( )

- A.  $Q_1, Q_2$  都是正电荷, 且  $Q_1 < Q_2$
- B.  $Q_1$  是正电荷,  $Q_2$  是负电荷, 且



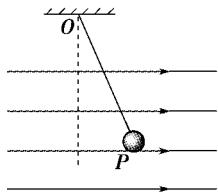
$Q_1 > |Q_2|$

C.  $Q_1$  是负电荷,  $Q_2$  是正电荷, 且  $|Q_1| < |Q_2|$

D.  $Q_1, Q_2$  都是负电荷, 且  $|Q_1| > |Q_2|$

**综合应用: 静电场与力学的综合**

**例 4** 如下图所示, 用 30 cm 的细线将质量为  $4 \times 10^{-3}$  kg 的带电小球 P 悬挂在 O 点下, 当空中有方向为水平向右, 大小为  $1 \times 10^4$  N/C 的匀强电场时, 小球偏转  $37^\circ$  后处在静止状态. ( $g$  取  $10$  N/kg)

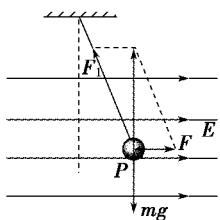


- (1) 分析小球的带电性质;
- (2) 求小球的带电荷量;
- (3) 分析若把细绳剪断, 小球做什么性质的运动.

**【解析】** (1) 对小球受力分析如图, 所受静电力  $F$  与电场强度方向相同, 所以小球带正电.

(2) 由平衡条件  $Eq = mg \tan 37^\circ$ , 所以  $q = 3 \times 10^{-6}$  C.

(3) 由受力分析可知静电力恒定、重力恒定, 故其合力亦恒定,  $F_{\text{合}} = mg / \cos 37^\circ = \frac{5}{4} mg$ . 剪断细绳后, 小球



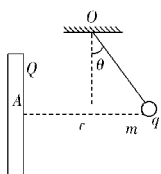
将做初速度为零的匀加速直线运动, 加速度为  $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{5}{4} g = 12.5 \text{ m/s}^2$ .

**【答案】** (1) 正电 (2)  $3 \times 10^{-6}$  C (3) 初速度为零加速度为  $12.5 \text{ m/s}^2$  的匀加速直线运动

**【方法点睛】** 带电物体在电场中受到电场力, 还可受到其他力. 处于平衡状态或非平衡状态, 处理这类问题的方法同力学问题一样, 应用相关规律进行解决.

**【针对训练】**

4. 如右图所示, A 为带正电荷 Q 的金属板, 沿金属板的垂直平分线在距离板  $r$  处放一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的小球, 小球受水平向右的电场力作用而偏转  $\theta$  角后静止. 设小球是用绝缘细线悬挂于 O 点, 求小



球所在处的电场强度.

**随堂演练**

1. 关于电场, 下列说法正确的是 ( )
  - A. 静电力是一种超距力, 因此电场实际不存在
  - B. 电荷的作用是通过电场传递的
  - C. 电场看不见、摸不着, 因此电场不是物质
  - D. 电场对放入其中的任何电荷都有力的作用
2. 静电场中, 关于某点的电场强度的说法正确的是 ( )
  - A. 电场强度与放入电场的试探电荷的电荷量无关
  - B. 放入电场的电荷量越大, 电场强度一定越大
  - C. 放入电场的电荷受力越大, 电场强度一定越大
  - D. 若没有电荷放入则电场强度为零
3. 关于电场下列说法正确的是 ( )
  - A. 由  $E = \frac{F}{q}$  知, 若  $q$  减半, 则该处电场强度变为原来 2 倍
  - B. 由  $E = k \frac{Q}{r^2}$  知,  $E$  与  $Q$  成正比, 而与  $r^2$  成反比
  - C. 由  $E = k \frac{Q}{r^2}$ , 在以  $Q$  为球心, 以  $r$  为半径的球面上, 各处的电场强度均相同
  - D. 以上说法都不对
4. 关于电场线的叙述, 下列说法正确的是 ( )
  - A. 电场线的方向就是带正电的试探电荷的运动方向
  - B. 电场线是直线的地方一定是匀强电场
  - C. 点电荷只受电场力作用时, 加速度的方向总是与所在处的电场线的切线重合
  - D. 画有电场线的地方有电场, 没画电场线的地方就不存在电场



**第 4 节 电势能和电势**



**学习目标**

1. 知道电场力做功的特点和电势能的概念.
2. 理解电场力做功与电势能变化的关系.
3. 知道电势的定义方法及其相对性.
4. 知道等势面的概念, 知道电荷在等势面上运动电场力不做功.

**自主学习**

**一、静电力做功的特点**

在匀强电场中移动电荷时, 静电力做的功与电荷的          位置和          位置有关, 但与电荷经过的          无关. 这个结论在非匀强电场中同样适用.

**二、电势能**

1. 电势能: 电荷在          中具有的势能叫做电势能.

2. 静电力做的功与电势能变化的关系: 静电力做的功等于电势能的          量. 若用  $W_{AB}$  表示电荷从 A 点移动到 B 点的过程中静电力做的功,  $E_{pA}$  和  $E_{pB}$  分别表示电荷在 A 点和 B 点电势能, 公式表达为:                         .

3. 电势能等于什么: 电荷在某点的电势能, 等于静电力把它从该点移动到          位置时所做的功.

4. 电势能零点的规定: 通常把电荷在离场源电荷          处的电势能规定为零, 或把电荷在          上的电势能规定为零.

**三、电势**

1. 定义: 电荷在电场中某一点的          与它的          的比值, 叫做这一点的电势.

2. 定义式:                         , 单位:         , 符号为 V, 即  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ .

3. 物理意义: 描述电场          的性质的物理量.

4. 相对性: 与电势能一样具有相对性, 规定了零势点之后, 才能确定电场中各点的电势. 在物理学的理论研究中常取离场源          或          的电势为零.

5. 标量: 只有大小没有方向, 但有正负值, 比零点高为\_\_\_\_值, 比零点低为\_\_\_\_值.

6. 判断电势高低的方法: \_\_\_\_\_指向电势降低的方向.

#### 四、等势面

1. 等势面: 电场中\_\_\_\_\_相同的各点构成的面叫做等势面. 在同一个等势面上移动电荷时静电力\_\_\_\_\_.

2. 等势面的特点: 电场线跟\_\_\_\_\_垂直, 并且由电势高的等势面\_\_\_\_\_电势低的等势面.

3. 等势面实例: 孤立的点电荷电场的等势面是一簇以点电荷位置为\_\_\_\_\_, 匀强电场的等势面是一簇\_\_\_\_\_.

#### 思考讨论:

1. 将某电荷在一电场中由 A 点移到 B 点, 若选不同的点作零势能参考点, 表示 A 点(或 B 点)电势能的大小相同吗? 表示从 A 到 B 过程电势能的变化相同吗?

2. 等势面是怎么形象地描绘电场的?

## 核心突破

### 一、静电力做功及与电势能变化的关系

#### 1. 静电力做功的特点

静电力对电荷所做的功, 与电荷的初末位置有关, 与电荷经过的路径无关.

(1) 在匀强电场中, 电场力做功  $W = qEd$ , 其中  $d$  为电荷沿电场线方向上的位移.

#### (2) 静电力做功与重力做功的异同点

| 项目  | 重力做功                                     | 静电力做功  |
|-----|--|--|
| 相似点 | 重力对物体做正功, 物体的重力势能减少, 重力对物体做负功, 物体的重力势能增加 | 静电力对电荷做正功, 电荷的电势能减少, 静电力对电荷做负功, 电荷的电势能增加                           |
|     | 与路径无关, 与物体的始末位置有关                        | 与路径无关, 与电荷的始末位置有关  |
| 不同点 | 对物体做正、负功比较好判断                            | 电荷存在两种, 相互作用力有引力和斥力, 在同一电场中, 正、负电荷受到的静电力方向相反, 向同一方向移动电荷静电力做功有正、负之分 |
| 应用  | 由重力做功的特点引入重力势能                           | 由静电力做功的特点引入电势能   |

**特别提醒:** 静电力做功和重力做功尽管有很多相似特点, 但因地球产生的重力场只会对物体产生引力, 但电场对电场中的电荷既可产生引力, 也可产生斥力, 所以计算电场力的功时要注意电荷的电性、移动的方向、场强的方向等, 以便确定功的正负和电势能的变化情况.

#### 2. 电场力做功正负的判断

(1) 根据电场力和位移的方向夹角判断, 此法常用于匀强电场中恒定电场力做功的判断. 夹角为锐角做正功, 夹角为钝角做负功.

(2) 根据电场力和瞬时速度方向的夹角判断, 此法常用于判断曲线运动中变化电场力的做功, 夹角是锐角做正功, 是钝角做负功, 二者垂直不做功.

#### 3. 电场力做功与电势能变化的关系

电场力做功与重力做功类似, 与路径无关, 取决于初末位置, 类比重力势能引入了电势能的概念. 电场力做功与电势能变化的关系是电场力做功量度了电势能的变化:

(1) 电场力做功一定伴随着电势能的变化, 电势能的变化只有通过电场力做功才能实现, 与其他力是否做功, 及做功多少无关.

(2) 电场力做正功, 电势能一定减小; 电场力做负功, 电势能一定增大. 电场力做功的值等于电势能的变化量, 即

$$W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}.$$

**特别提醒:** (1) 电场力做功只能决定电势能的变化量, 而不能决定电荷电势能的数值.

(2) 电荷在电场中的起始和终止位置确定后, 电场力所做的功就确定了, 所以电荷的电势能的变化也就确定了.

(3) 电荷在电场中移动时, 电势能的变化只与电场力所做的功有关, 与零电势能参考点的选取无关.

**例 1** 质量为  $m$  的带电小球射入匀强电场后, 以方向竖直向上、大小为  $2g$  的加速度向下运动, 在小球下落  $h$  的过程中 ( )

- A. 小球的重力势能减少了  $2mgh$   
 B. 小球的动能减少了  $2mgh$   
 C. 电场力做负功  $2mgh$   
 D. 小球的电势能增加了  $3mgh$

**【思路点拨】** 解答本题时应把握以下二点:

(1) 把握好重力做功与重力势能变化的关系.

(2) 把握好静电力做功与电势能变化的关系.

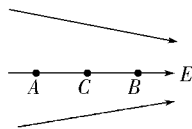
**【解析】** 带电小球受到向上的电场力, 和向下的重力, 据牛顿第二定律  $F_{\text{合}} = F_{\text{电}} - mg = 2mg$ , 得  $F_{\text{电}} = 3mg$ . 在下落过程中电场力做功  $W_{\text{电}} = -3mgh$ , 重力做功  $W_G = mgh$ , 总功  $W = W_{\text{电}} + W_G = -2mgh$ . 根据做功与能变化关系可判断: 小球重力势能减少了  $mgh$ , 电势能增加了  $3mgh$  由动能定理  $W_{\text{总}} = \Delta E_k$  知 B 项正确. 综上所述选项 B、D 正确.

**【答案】** BD

**【方法点睛】** 重力做功和静电力做功的研究思路一样, 都等于势能的减少量, 且做功特点相同, 与路径无关, 只与始末位置有关.

#### 【针对训练】

1. 如图所示, A、B、C 为电场中同一电场线上的三点. 设电荷在电场中只受电场力作用, 则下列说法中正确的是 ( )



- A. 若在 C 点无初速地释放正电荷, 则正电荷向 B 运动, 电势能减少  
 B. 若在 C 点无初速地释放正电荷, 则正电荷向 B 运动, 电势能增加  
 C. 若在 C 点无初速地释放负电荷, 则负电荷向 A 运动, 电势能增加  
 D. 若在 C 点无初速地释放负电荷, 则负电荷向 A 运动, 电势能不变

#### 二、对电势的理解

1. 电势的固有性: 电势  $\varphi$  是表示电场的能的性质的物理量, 电场中某点处电势  $\varphi$  的大小是由电场本身的因素决定的, 与在该处是否放置电荷、电荷的性质、电荷量的多少均无关, 它只是用比值  $\frac{E_p}{q}$  下的定义, 但与  $E_p$  和  $q$  均无关.

2. 电势的相对性: 电势是相对的, 由公式  $\varphi = \frac{E_p}{q}$  可知同一电荷在电场中同一位置的电势能  $E_p$  具有相对性, 因而电场中某点的电势也具有相对性, 只有先确定了某点的电势(能)为零以后, 才能确定电场中其他点的电势, 也就是说电场中某点的电势跟电势(能)零点位置的选取有关. 通常, 对于不是无限大的带电体产生的电场, 选择无限远处为电势零点, 实际问题中, 又常选取大地为电势零点.

3. 电势是标量: 电势是只有大小, 没有方向的物理量, 在规定了电势零点之后, 电场中各点的电势可以是正值, 也可以是负值. 正值表示该点的电势高于电势零点; 负值表示该点的电势低于电势零点, 显然, 电势的正、负号只表示大小, 不表示方向. 当规定无限远处为电势零点后, 正电荷产生的电场中各点的电势均为正值, 负电荷产生的电场中各点的电势均为负值, 且越靠近正电荷的地方电势越高, 越靠近负电荷的地方电势越低.

#### 4. 电势高低的判断:

电势高低的判断通常有两种方法, 一是依据电场线, 二是根据移动电荷电场力做功.

(1) 利用电场线判断电势高低, 沿电场线方向电势越来越低.

(2) 根据只在电场力作用下电荷的移动情况来判断. 只在电场力作用下, 电荷由静止开始移动, 正电荷总是由电势高的点移到电势低的点; 负电荷总是由电势低的点移向电势高的

点,但它们都是由电势能高的点移向电势能低的点.

5. 电势与电势能的关系:

| 名称<br>内容 | 电势能 $E_p$   | 电势 $\varphi$                 |
|----------|---|------------------------------|
| 概念       | 电荷在电场中的势能   | 电荷在电场中某一点的电势能和它的电荷量的比值       |
| 物理意义     | 电势能与试探电荷有关,不能用来描述电场的性质  | 电势与试探电荷无关,仅由电场性质决定,用来描述电场的性质 |
| 联系       | (1)大小与零点的位置有关,正值大于零,零大于负值,是标量.<br>(2)两者零点位置是同一点.<br>(3)大小关系满足: $\varphi = E_p/q$ 或 $E_p = q\varphi$ |                              |

6. 电势与电场强度

|      | 电势 $\varphi$   | 电场强度 $E$  |
|------|--|---|
| 物理意义 | 描述电场的能的性质  | 描述电场的力的性质   |
| 大小   | ① 电场中某点的电势等于放在该点的电荷具有的电势能与它所带电荷量的比值<br>② $\varphi = \frac{E_p}{q}$ , $\varphi$ 在数值上等于单位正电荷在电场中该点具有的电势能 | ① 电场中某点的场强等于放在该点的点电荷所受的静电力 $F$ 跟点电荷电荷量 $q$ 的比值<br>② $E = \frac{F}{q}$ , $E$ 在数值上等于单位正电荷在该点所受到的静电力 |
| 矢标性  | 标量   | 矢量  |
| 单位   | V  | V/m   |
| 联系   | ① 沿着电场强度的方向电势降落<br>② 大小之间不存在任何关系,电势为零的点,场强不一定为零;电势高的地方,场强不一定大;场强为零的地方,电势不一定为零;场强大的地方,电势不一定高            |   |

**例 2** 在静电场中,把一个电荷量为  $q=2.0 \times 10^{-6}$  C 的负电荷由  $M$  点移到  $N$  点,电场力做正功  $6.0 \times 10^{-4}$  J,由  $N$  点移到  $P$  点,电场力做负功  $1.0 \times 10^{-3}$  J,则  $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点电势高低关系是\_\_\_\_\_.

**【思路点拨】** 解答本题时应把握以下两点:

(1) 根据电场力做功,确定  $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点的大体位置.

(2) 利用沿着电场线方向,电势逐渐降低判定电势高低.

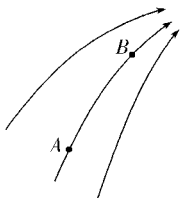
**【解析】** 首先画一条电场线,如图所示.在  $N$ 、 $M$ 、 $P$  中间位置附近画一点作为  $M$  点.因为由  $M \rightarrow N$  电场力做正功,而负电荷所受电场力与场强方向相反,则可确定  $N$  点在  $M$  点左侧.由  $N \rightarrow P$  电场力做负功,即沿着电场线移动,又因  $1.0 \times 10^{-3}$  J  $>$   $6.0 \times 10^{-4}$  J,所以肯定移过了  $M$  点,即  $P$  点位于  $M$  点右侧.这样, $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点电势的高低关系是  $\varphi_N > \varphi_M > \varphi_P$ .

**【答案】**  $\varphi_N > \varphi_M > \varphi_P$

**【方法点睛】** 该题中  $M$ 、 $N$ 、 $P$  三点虽然不一定位于同一条电场线上,但可以假设其处于同一条直电场线上,根据电场力做功情况把三点在该电场线上的大体位置确定下来,电势高低的关系便一目了然了.

**【针对训练】**

2. 如右图所示的电场中有  $A$ 、 $B$  两点,下列判断正确的是 ( )



- A. 电势  $\varphi_A > \varphi_B$ , 场强  $E_A > E_B$
- B. 电势  $\varphi_A > \varphi_B$ , 场强  $E_A < E_B$
- C. 将电荷量为  $q$  的正电荷从  $A$  点移到  $B$  点,静电力做正功,电势能减小

D. 将电荷量为  $q$  的负电荷分别放在  $A$ 、 $B$  两点,电荷具有的电势能  $E_{pA} > E_{pB}$

三、等势面

1. 引入目的

为形象、方便地研究电场而引入,是一种假想面(线).

2.

- 特点
- (1) 在同一等势面内移动电荷,电场力不做功.
  - (2) 任两个等势面不会相交.
  - (3) 电场线总垂直等势面,电场线从较高等势面指向较低等势面.
  - (4) 等势面密集处电场线密集,说明此处场强较大.

3. 作用

- (1) 利用等势面的密集程度比较场强大小,密大疏小.
- (2) 利用等势面和电场线垂直的特点判定电场强度的方向,电势降落最快的方向即为电场强度的方向.

4. 几种典型的电场的等势面与电场线

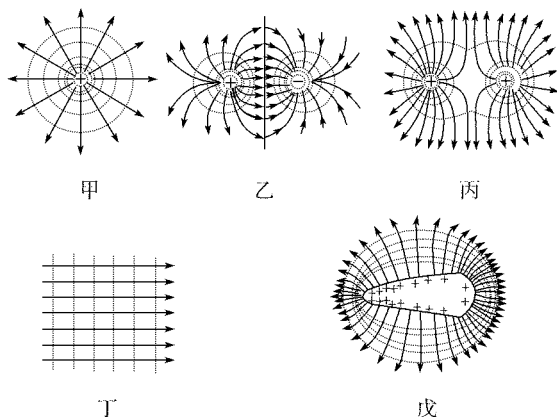
(1) 点电荷电场中的等势面:以点电荷为球心的一簇球面,如图甲所示.

(2) 等量异种点电荷电场中的等势面:两簇对称的曲面,如图乙所示.

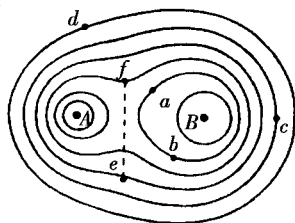
(3) 等量同种点电荷电场中的等势面:两簇对称的曲面,如图丙所示.

(4) 匀强电场中的等势面是垂直于电场线的一簇平面,如图丁所示.

(5) 形状不规则的带电导体附近的电场线及等势面,如图戊所示.



**例 3** 位于  $A$ 、 $B$  处的两个带有不等量负电的点电荷在平面内电势分布如右图所示,图中实线表示等势线,则 ( )



- A.  $a$  点和  $b$  点的电场强度相同
- B. 正电荷从  $c$  点移到  $d$  点,电场力做正功
- C. 负电荷从  $a$  点移到  $c$  点,电场力做正功
- D. 正电荷从  $e$  点沿图中虚线移到  $f$  点电势能先减小后增大

**【思路点拨】** 由等势面疏密程度判断场强大小;由电场线与等势面垂直且由高等势面指向低等势面,判断各点电势高低,进而判断电场力做功情况.

**【解析】** 电场线与等势面垂直,且由电势较高的等势面指向电势较低的等势面,再根据负电荷周围电场线的特点知:  $\varphi_d > \varphi_c > \varphi_e > \varphi_f > \varphi_a = \varphi_b$ ,故正电荷在  $c$  点的电势能小于在  $d$  点

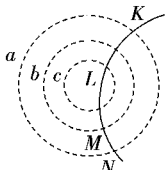
电势能,将正电荷由c点移到d点电场力做负功,B错误,同理知C正确.正电荷沿虚线由e点移到f点,电势能先减小后增大,D正确.a、b等势面疏密程度不同,故电场强度不同,A错误.

**【答案】** CD

**【方法点睛】** 正确认识等势面和电场线的关系,理解电场力做功与电势能变化的关系是解决本题的关键.

**【针对训练】**

3. 如图所示,虚线同心圆是一簇某静电场中的等势面,其电势分别是  $\varphi_a$ 、 $\varphi_b$  和  $\varphi_c$ ,一带正电粒子射入电场中,运动轨迹如图中实线 KLMN 所示.由图可知 ( )

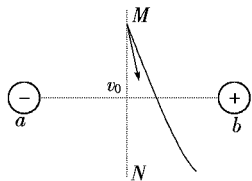


- A. 粒子从 K 到 L 的过程中,静电力做负功,电势能增加
- B. 粒子从 L 到 M 的过程中,静电力做负功,电势能增加
- C.  $\varphi_a > \varphi_b > \varphi_c$
- D.  $\varphi_a < \varphi_b < \varphi_c$

**综合创新:利用等量电荷连线及中垂线的特点解题**

**例 4** 在图中,a、b带等量

异种电荷,MN为ab连线的中垂线,现有一个带电粒子从M点以一定初速度  $v_0$  射出,开始时一段轨迹如图中实线所示,不考虑粒子重力,则在飞越该电场的整个过程中 ( )



- A. 该粒子带正电
- B. 该粒子的动能先增大后减小
- C. 该粒子的电势能先减小后增大
- D. 该粒子运动到无穷远处后,速度的大小一定仍为  $v_0$

**【思路点拨】** 解答本题时应把握以下两点:

- (1) 等量异种电荷连线的中垂线一定是等势线.
- (2) 根据轨迹的弯曲情况结合功能关系判断能量变化.

**【解析】** 等量异种电荷连线的中垂线一定是等势线,且与无穷远处等电势,这是本题考查的重点,至于粒子的动能增减、电势能变化情况,可以根据粒子轨迹的弯曲情况结合功能关系判断出来.由粒子开始时一段轨迹可以判定,粒子在该电场中受到大致向右的电场力,因而可以判断粒子带负电,A不正确;因为等量异种电荷连线的中垂面是一个等势面,又由两个电荷的电性可以判定,由a到b电势逐渐升高,即逆着电场线,也就是沿着电场力方向移动,所以电场力做正功,粒子电势能减小,动能增加.但因为等量异种电荷连线的中垂面与无穷远等电势,所以在由M点向无穷远运动的过程中,电场力做的总功为零,所以粒子到达无穷远处时动能仍然为原来值,即速度大小一定仍为  $v_0$ ,D正确;因此电势能先减小后增大,动能先增大后减小,B、C正确.

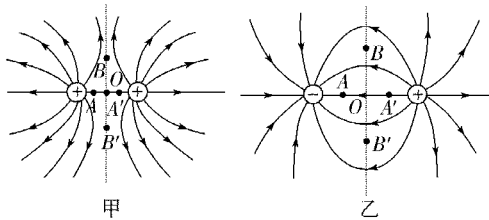
**【答案】** BCD

**【方法点睛】** 点电荷连线及中垂线上电势变化的规律

(1) 等量正点电荷(如图甲):连接上中点O的电势最低,在中垂线上O点的电势却最高,从中点沿中垂线向两侧,电势逐渐降低,连线上A、A'和中垂线上B、B'对称等势.

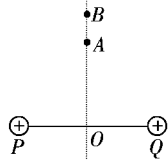
(2) 等量负点电荷:连线上中点的电势最高,中垂线上该点的电势最低,从中点沿中垂线向两侧,电势逐渐升高,连线上和中垂线上关于中点的对称点等势.

(3) 等量异种点电荷(如图乙):在从正电荷到负电荷的连线上电势逐渐降低,  $\varphi_{A'} > \varphi_A$ ,中垂线是一等势面,  $\varphi_B = \varphi_{B'}$ ,若沿中垂线移动电荷,电场力不做功.



**【针对训练】**

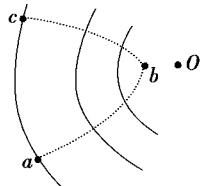
4. 如右图,P、Q是等量的正点电荷,O是它们连线的中点,A、B是中垂线上的两点,  $OA < OB$ ,用  $E_A$ 、 $E_B$  和  $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$  分别表示A、B两点的电场强度和电势,则 ( )



- A.  $E_A$  一定大于  $E_B$ ,  $\varphi_A$  一定大于  $\varphi_B$
- B.  $E_A$  不一定大于  $E_B$ ,  $\varphi_A$  一定大于  $\varphi_B$
- C.  $E_A$  一定大于  $E_B$ ,  $\varphi_A$  不一定大于  $\varphi_B$
- D.  $E_A$  不一定大于  $E_B$ ,  $\varphi_A$  不一定大于  $\varphi_B$

**随堂演练**

1. 下列说法中正确的是 ( )
  - A. 沿电场线方向场强一定越来越低
  - B. 沿电场线方向电势一定越来越低
  - C. 沿电场线方向移动电荷,电势能逐渐减小
  - D. 在电场力作用下,正电荷一定从电势高处向电势低处移动
2. 在点电荷Q形成的电场中有一点A,当一个  $-q$  的试探电荷从电场的无限远处被移到A点时,电场力做的功为W,则试探电荷在A点的电势能及电场中A点的电势分别为 ( )
  - A.  $E_A = -W$ ,  $\varphi_A = \frac{W}{q}$
  - B.  $E_A = W$ ,  $\varphi_A = -\frac{W}{q}$
  - C.  $E_A = W$ ,  $\varphi_A = \frac{W}{q}$
  - D.  $E_A = -W$ ,  $\varphi_A = -\frac{W}{q}$
3. 下列关于等势面的说法正确的是 ( )
  - A. 电荷在等势面上移动时不受电场力作用,所以不做功
  - B. 等势面上各点的场强相等
  - C. 点电荷在真空中形成的电场的等势面是以点电荷为球心的一簇球面
  - D. 匀强电场中的等势面是相互平行的垂直于电场线的一簇平面
4. 一带电粒子射入一固定在O点的点电荷的电场中,粒子运动轨迹如图中虚线abc所示.图中实线是同心圆弧,表示电场的等势面.不计重力,则下列判断一定错误的是 ( )



- A. 此粒子一直受到静电排斥力作用
- B. 粒子在b点的电势能一定大于在a点的电势能
- C. 粒子在b点的速度一定大于在a点的速度
- D. 粒子在a点和c点的速度大小一定相等

# 第 5 节 电 势 差

## 学习目标

1. 理解电势差的概念及定义式。
2. 理解电势差与静电力做功的关系。
3. 会用  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$  及  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  进行有关计算。

## 自主学习

### 一、电势差

1. 电场任意两点间的电势之差叫做 \_\_\_\_\_, 也叫做电势, 它与电势零点的选取 \_\_\_\_\_。

2. 电场中 A 点的电势记作  $\varphi_A$ , B 点的电势记作  $\varphi_B$ , 则 A、B 两点间的电势差表示成  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ , B、A 两点间的电势差表示成  $U_{BA} = \varphi_B - \varphi_A$ 。

### 二、静电力做功与电势差的关系

1. 电荷  $q$  在电场中从 A 点移动到 B 点, A、B 两点间的电势差为  $U_{AB}$ , 则静电力做的功  $W_{AB} = qU_{AB}$ , 该公式不仅适用于 \_\_\_\_\_, 而且对 \_\_\_\_\_ (或任何电场) 也成立。

2. 电势差也可以这样定义: 在电场中把检验电荷从 A 点移动到 B 点静电力所做的功  $W_{AB}$  跟被移动的电荷的电荷量  $q$  的比值叫做 A、B 两点间的电势差, 公式记作  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

### 思考讨论:

高压线附近常见到“高压危险”的警示牌, 人能承受的最大安全电压为 36 V, 一般的输电线电压高达上万甚至几十万伏, 可我们经常见到小鸟在高压线上停留而没有出现险情, 想一想这是为什么。

## 核心突破

### 一、对电势差的理解

#### 1. 对电势差概念的理解

(1) 电场中两点间的电势差, 由电场本身的性质决定, 与电势零点的选择无关, 与在这两点间移动电荷的电荷量及电荷的性质无关, 在确定的电场中, 即便不放入电荷, 任意两点间的电势差都有确定的值。

(2) 由公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  看出,  $U_{AB}$  在数值上等于单位正电荷由 A 点移到 B 点时静电力所做的功。

(3) 电势差是标量, 但有正、负, 正、负只表示哪点电势高, 哪点电势低, 在某一电场中如果  $U_{AB} > 0$  则  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B > 0$ , 即  $\varphi_A > \varphi_B$ , 而  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B < 0$ , 则表示  $\varphi_A < \varphi_B$ 。

(4) 讨论两点间的电势差时, 必须明确是哪两点间的电势差, 例如 A、B 间的电势差是  $U_{AB}$  而不是  $U_{BA}$ , B、A 间的电势差是  $U_{BA}$  而不是  $U_{AB}$ ; 同一个电荷从 A 点移到 B 点静电力做的功为  $W_{AB}$ , 从 B 点移到 A 点静电力做的功为  $W_{BA}$ , 由于  $U_{AB} = -U_{BA}$ , 所以  $W_{AB} = -W_{BA}$ 。

(5) 证明:  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ ;  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{E_{PA}}{q} - \frac{E_{PB}}{q} = \frac{W_{AB}}{q}$ 。

#### 2. 电势差的两种计算方法

(1) 利用电势差的定义式:  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ , 此时也提供了一种求解电场中某点电势的方法。如:  $\varphi_A = U_{AB} + \varphi_B$  或  $\varphi_B = \varphi_A - U_{AB}$ 。

(2) 利用  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  计算, 应用此公式要注意各量的符号, 正电荷  $q$  代入正值, 负电荷  $q$  代负值, 从 A 移到 B 静电力做正功,  $W_{AB}$  为正值, 从 A 移到 B 静电力做负功,  $W_{AB}$  为负值。

#### 3. 对电势差与电势关系的理解

|    |      | 电势 $\varphi$   | 电势差 $U$                       |
|----|------|--|-------------------------------|
| 区别 | 定义   | 电势能与电量比值: $\varphi = \frac{E_p}{q}$  | 电场力做功与电量比值: $U = \frac{W}{q}$ |
|    | 决定因素 | 由电场和在电场中的位置决定  | 由电场和场内两点位置决定                  |
|    | 相对性  | 有, 与零势能点选取有关   | 无, 与零势能点选取无关                  |
| 联系 | 数值关系 | $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ , 当 $\varphi_B = 0$ 时, $U_{AB} = \varphi_A$ |                               |
|    | 单位   | 相同, 均是伏特 (V), 常用还有 kV, mV 等  |                               |
|    | 标矢性  | 都是标量, 但均具有正负   |                               |
|    | 物理意义 | 均是描述电场能的性质的物理量   |                               |

**例 1** 在电场中把一个电荷量为  $-6 \times 10^{-8}$  C 的点电荷从 A 点移到 B 点, 电场力做功为  $-3 \times 10^{-5}$  J, 将此电荷从 B 点移到 C 点, 电场力做功为  $4.5 \times 10^{-5}$  J, 求:

- (1) A 与 C 两点间的电势差。
- (2) 取 C 点为电势零点时, A 的电势为多大?

**【思路点拨】** 本题利用公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  求解, 注意符号的应用规则。

**【解析】** 解法一: 把电荷从 A 移到 C 电场力做功  $W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = -3 \times 10^{-5} \text{ J} + 4.5 \times 10^{-5} \text{ J} = 1.5 \times 10^{-5} \text{ J}$ 。

则 A、C 间的电势差

$$U_{AC} = \frac{W_{AC}}{q} = \frac{1.5 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-8}} \text{ V} = -250 \text{ V}.$$

取  $\varphi_C = 0$ ,  $\varphi_A = U_{AC} = -250 \text{ V}$ 。

$$\text{解法二: } U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-3 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-8}} \text{ V} = 500 \text{ V},$$

$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{4.5 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-8}} \text{ V} = -750 \text{ V},$$

则  $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 500 \text{ V} - 750 \text{ V} = -250 \text{ V}$ 。

取  $\varphi_C = 0$ ,  $\varphi_A = U_{AC} = -250 \text{ V}$ 。

**【答案】** 见解析

**【方法点睛】** 电势和电势差都是反映电场能的性质的物理量, 但电势是相对量, 电势差是绝对量, 因此, 用电势差更能反映电场能的性质。

### 【针对训练】

1. 在电场中 A、B 两点间的电势差为  $U_{AB} = 75 \text{ V}$ , B、C 两点间的电势差为  $U_{BC} = -200 \text{ V}$ , 则 A、B、C 三点电势高低关系为 \_\_\_\_\_。

- A.  $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$                       B.  $\varphi_A < \varphi_C < \varphi_B$   
C.  $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$                       D.  $\varphi_C > \varphi_B > \varphi_A$

### 二、对电场力做功与电势差关系的理解

1. 正确理解电势差  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$

(1) 定义式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ , 式中  $U_{AB}$  为 A、B 两点间的电势差,  $W_{AB}$  为  $q$  从初位置 A 运动到末位置 B 时静电力做的功, 计算时  $W$  与  $U$  的角标要对应。

(2) 决定因素: 由电场本身性质决定, 与  $W_{AB}$ 、 $q$  无关。

#### 2. 静电力做功的求法

(1) 利用功的定义求解

在匀强电场中,  $W_{AB} = qE \cdot d$ , 其中  $d$  为电荷沿电场线方向的位移。

(2) 利用静电力做功与电势能变化量的关系求解

$$W_{AB} = E_{PA} - E_{PB}.$$

(3) 利用电势差与静电力做功的关系求解

$$W_{AB} = qU_{AB}.$$

(4) 仅有静电力做功时, 利用动能定理求解

$$W_{\text{电}} = E_{k2} - E_{k1}$$

3. 各物理量的符号问题:

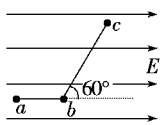
(1)  $W_{AB}$ 、 $U_{AB}$ 、 $q$  均可正可负,  $W_{AB}$  取正号表示静电力做正功,  $U_{AB}$  取正号表示  $\varphi_A > \varphi_B$ ,  $q$  取正号表示试探电荷为正电荷,  $W_{AB}$  取负号表示静电力做负功,  $U_{AB} < 0$  表示  $\varphi_A < \varphi_B$ ,  $q$  取负号表示试探电荷为负电荷。

(2) 涉及  $W$ 、 $U$ 、 $q$  三者关系的计算时, 可将各量的正负号及数值一并代入进行计算, 也可以各物理量都取绝对值, 电场力做功的正负要根据电荷的移动方向及所受电场力的方向的具体情况来确定, 电势差的正负要看在电场中的始末位置及场强方向。

**特别提醒:** (1) 用关系式  $W_{AB} = qU_{AB}$  进行相关计算时要注意  $W$  与  $U$  的角标要对应, 不要造成混乱, 因为  $U_{AB} = -U_{BA}$ ,  $W_{AB} = -W_{BA}$ 。

(2) 应用  $W_{AB} = qU_{AB}$  求电场力的功比较方便, 因为它较  $W = qEd$  的适用范围更广, 且不必考虑静电力大小和电荷运动路径。

**例 2** 如右图所示的匀强电场中, 有  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点,  $ab = 5 \text{ cm}$ ,  $bc = 12 \text{ cm}$ , 其中  $ab$  沿电场线方向,  $bc$  和电场线方向成  $60^\circ$  角, 一个电荷量为  $q = 4 \times 10^{-8} \text{ C}$  的正电荷从  $a$  移到  $b$ , 电场力做功为  $W_1 = 1.2 \times 10^{-7} \text{ J}$ 。求:



- (1) 匀强电场的场强  $E$ ;
- (2) 电荷从  $b$  移到  $c$ , 电场力做功  $W_2$ ;
- (3)  $a$ 、 $c$  两点间的电势差  $U_{ac}$ 。

**【思路点拨】** 求解此题应把握以下三点:

- (1) 电场力做功常用  $W = qU$ 、 $W = qEd$  来求。
- (2) 两点间的电势差可以用电势差的定义来求。
- (3) 用公式  $W_{AB} = qU_{AB}$  计算时注意各物理量的正负和角标。

**【解析】** (1) 设  $a$ 、 $b$  间距离为  $d$ , 由题设条件有  $W_1 = qU_{ab} = qEd$ 。

$$E = \frac{W_1}{qd} = \frac{1.2 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^{-2}} \text{ N/C} = 60 \text{ N/C}。$$

(2) 设  $b$ 、 $c$  间距离为  $d'$ ,  $b$ 、 $c$  两点沿场强方向上距离为  $d_1$ 。  
 $W_2 = qEd_1 = qEd' \cos 60^\circ = 4 \times 10^{-8} \times 60 \times 12 \times 10^{-2} \times 0.5 \text{ J} = 1.44 \times 10^{-7} \text{ J}。$

(3) 电荷从  $a$  移到  $c$  电场力做功  $W = W_1 + W_2$ , 又  $W = qU_{ac}$ , 则

$$U_{ac} = \frac{W_1 + W_2}{q} = \frac{1.2 \times 10^{-7} + 1.44 \times 10^{-7}}{4 \times 10^{-8}} \text{ V} = 6.6 \text{ V}。$$

**【方法点睛】** 电荷在电场中移动时电场力做功有几种求法, 认真审题后, 选择最佳方法进行求解。

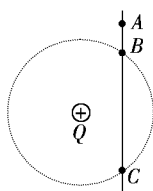
**【针对训练】**

2. 静电场中, 带电粒子在电场力作用下从电势为  $\varphi_a$  的  $a$  点运动至电势为  $\varphi_b$  的  $b$  点, 若带电粒子在  $a$ 、 $b$  两点的速率分别为  $v_a$ 、 $v_b$ , 不计重力, 则带电粒子的比荷  $q/m$  为 ( )

- A.  $\frac{v_a^2 - v_b^2}{\varphi_b - \varphi_a}$
- B.  $\frac{v_b^2 - v_a^2}{\varphi_b - \varphi_a}$
- C.  $\frac{v_a^2 - v_b^2}{2(\varphi_b - \varphi_a)}$
- D.  $\frac{v_b^2 - v_a^2}{2(\varphi_b - \varphi_a)}$

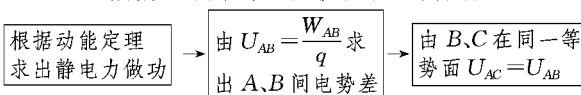
**综合应用: 应用功能关系解决电场问题**

**例 3** 如右图所示, 光滑绝缘细杆竖直放置, 它与以正电荷  $Q$  为圆心的某圆交于  $B$ 、 $C$  两点, 质量为  $m$ 、带电荷量为  $-q$  的有孔小球从杆上  $A$  点无初速度下滑, 已知  $q \ll Q$ ,  $AB = h$ , 小球滑到  $B$  点时的速度大小为  $\sqrt{3gh}$ 。求:



- (1) 小球由  $A$  点滑到  $B$  点的过程中电场力做的功;
- (2)  $A$ 、 $C$  两点的电势差。

**【思路点拨】** 解答本题应按以下思路分析:



**【解析】** (1) 因为杆是光滑的, 所以小球从  $A$  点滑到  $B$  点的过程中只有两个力做功: 电场力做的功  $W_{\text{电}}$  和重力做的功  $mgh$ , 由动能定理得:

$$W_{\text{电}} + mgh = \frac{1}{2}mv_B^2, \text{ 代入已知条件 } v_B = \sqrt{3gh} \text{ 得电场力}$$

$$\text{做功 } W_{\text{电}} = \frac{1}{2}m \cdot 3gh - mgh = \frac{1}{2}mgh。$$

(2) 因为  $B$ 、 $C$  两点在同一个等势面上, 所以  $\varphi_B = \varphi_C$ , 即  $U_{AC} = U_{AB}$ , 由  $W = qU$  得  $U_{AB} = U_{AC} = \frac{W_E}{q} = \frac{mgh}{2q}$

因为  $Q$  为正电荷, 由电场线的方向可以判断  $\varphi_A < \varphi_B = \varphi_C$

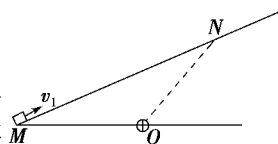
$$\text{所以 } A、C \text{ 两点的电势差 } U_{AC} = -\frac{mgh}{2q}。$$

**【答案】** (1)  $\frac{1}{2}mgh$  (2)  $-\frac{mgh}{2q}$

**【方法点睛】** 因为  $Q$  是正点电荷, 所以以  $Q$  为圆心的球面是一个等势面, 这是一个重要的隐含条件。由  $A$  点到  $B$  点的过程中电场力是变力, 所以不能直接用  $W = Fl$  求解, 只能考虑运用功能关系。

**【针对训练】**

3. 如右图所示, 粗糙程度均匀的绝缘斜面下方  $O$  点处有一正点电荷, 带负电的小物体以初速度  $v_1$  从  $M$  点沿斜面上滑, 到达  $N$  点时速度为零, 然后下滑回到  $M$  点, 此时速度为  $v_2$  ( $v_2 < v_1$ )。若小物体电荷量保持不变,  $OM = ON$ , 则 ( )



- A. 小物体上升的最大高度为  $\frac{v_1^2 + v_2^2}{4g}$
- B. 从  $N$  到  $M$  的过程中, 小物体的电势能逐渐减小
- C. 从  $M$  到  $N$  的过程中, 电场力对小物体先做负功后做正功
- D. 从  $N$  到  $M$  的过程中, 小物体受到的摩擦力和电场力均是先增大后减小

**随堂演练**

1. 对于电场中  $A$ 、 $B$  两点, 下列说法正确的是 ( )
  - A. 电势差的公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ , 说明两点间的电势差  $U_{AB}$  与电场力做功  $W_{AB}$  成正比, 与移动电荷的电荷量  $q$  成反比
  - B. 把正电荷从  $A$  点移到  $B$  点电场力做正功, 则有  $U_{AB} > 0$
  - C. 电势差的公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  中,  $U_{AB}$  与移动电荷的电荷量  $q$  无关
  - D. 电场中  $A$ 、 $B$  两点间的电势差  $U_{AB}$  等于把正电荷  $q$  从  $A$  点移到  $B$  点时电场力所做的功
2. 在一电场中将一点电荷  $q$  由  $a$  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.  $a$ 、 $b$  两点间的电势差一定为零
  - C.  $a$ 、 $b$  两点的电势一定相等
  - D. 电荷移动的方向始终与电场力方向垂直
3. 如右图所示,  $a$ 、 $b$  是电场线上的两点, 将一点电荷  $q$  从  $a$  点移到  $b$  点, 电场力做功  $W$ , 且知  $a$ 、 $b$  间的距离为  $d$ , 以下说法中正确的是 ( )
  - A.  $a$ 、 $b$  两点间的电势差为  $\frac{W}{q}$
  - B.  $a$  点的电场强度为  $E = \frac{W}{qd}$



C.  $b$  点的电场强度为  $E = \frac{W}{qd}$

D.  $a$  点的电势为  $\frac{W}{q}$

4. 把带电荷量  $2 \times 10^{-8} \text{ C}$  的正点电荷从无限远处移到电场中的  $A$  点, 要克服电场力做功  $8 \times 10^{-6} \text{ J}$ , 若把该电荷从无限远处移到电场中的  $B$  点, 需克服电场力做功  $2 \times 10^{-6} \text{ J}$ , 取无限远处电势为零. 求:
- (1)  $A$  点的电势.

(2)  $A, B$  两点的电势差.

(3) 若把  $2 \times 10^{-5} \text{ C}$  的负电荷由  $A$  点移动到  $B$  点, 电场力做的功.

## 第 6 节 电势差与电场强度的关系

### 学习目标

- 知道电势差与电场强度的关系式, 了解其适用条件.
- 会用关系式  $U = Ed$  处理匀强电场问题.
- 知道电场强度的另一种求法, 了解场强的另一个单位“伏特每米”的意义.

### 自主学习

#### 电势差和电场强度的关系

- 关系式:  $U_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$  或  $E = \underline{\hspace{2cm}}$ .
- 适用条件: 匀强电场,  $d$  是沿  $\underline{\hspace{2cm}}$  方向两点间的距离.

3. 由公式  $E = \frac{U}{d}$  得出的场强单位是  $\underline{\hspace{2cm}}$ , 以前学习的场强单位是  $\underline{\hspace{2cm}}$ , 用符号表示有  $1 \text{ N/C} = 1 \underline{\hspace{2cm}}$ .

#### 物理意义:

(1)  $U_{AB} = Ed$  表示匀强电场中两点间的电势差等于电场强度与这两点间  $\underline{\hspace{2cm}}$  的乘积.

(2)  $E = U/d$  表示电场强度的大小等于两点间的  $\underline{\hspace{2cm}}$  与这两点间沿电场方向的距离的比值, 或者说电场强度在数值上等于沿电场方向  $\underline{\hspace{2cm}}$  上降低的电势.

#### 思考讨论:

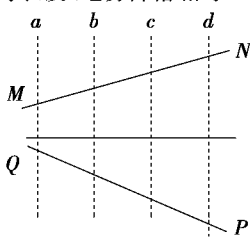
由  $E = U_{AB}/d$  知  $d = 1 \text{ m}$  时,  $E = U_{AB}$  是否可以理解为场强和电势差是一回事?

### 核心突破

#### 一、对公式 $U = Ed$ 的理解

1. 从变形公式  $E = \frac{U}{d}$  可以看出, 电场强度越大, 说明沿电场线方向电势差越大, 表明电势降落的越快, 因此电场强度除了能描述电场的力的性质外还有另一个物理意义, 那就是: 电场强度是描述电场中电势降落快慢的物理量, 也同时说明, 沿电场线方向电势降落最快.

2. 公式中的  $d$  可理解为匀强电场中两点所在等势面之间的距离, 从下图的分析可知, 在匀强电场中, 沿任意方向上以及与之平行的方向上、相等的长度上, 电势降落相等. 例如在下图中  $MN$  方向上, 相等长度、电势降落相等.



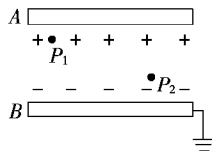
$a, b, c, d$  为等差等势面

3. 对于非匀强电场, 用公式  $E = \frac{U}{d}$  可以定性分析某些问

题. 例如等差等势面  $E$  越大处,  $d$  越小. 因此可以断定, 等差等势面越密的地方电场强度也越大.

现在举例来说明公式  $E = \frac{U}{d}$  在非匀强电场中的应用: 如右图所示,  $A, B, C$  是同一电场线上的三点, 且  $AB = BC$ , 由电场线的疏密程度可以看出  $E_A < E_B < E_C$ , 所以  $AB$  间的平均场强比  $BC$  间的小, 即  $\bar{E}_{AB} < \bar{E}_{BC}$ , 又因为  $U_{AB} = \bar{E}_{AB} \cdot \overline{AB}$ ,  $U_{BC} = \bar{E}_{BC} \cdot \overline{BC}$ , 所以  $U_{AB} < U_{BC}$ .

**例 1** 平行的带电金属板  $A, B$  间是匀强电场, 如图所示, 两板间距离是  $5 \text{ cm}$ , 两板间的电压是  $60 \text{ V}$ . 试问: (1) 两板间的场强是多大? (2) 电场中有  $P_1$  和  $P_2$  两点,  $P_1$  点离  $A$  板  $0.5 \text{ cm}$ ,  $P_2$  点离  $B$  板也是  $0.5 \text{ cm}$ ,  $P_1$  和  $P_2$  两点间的电势差为多大? (3) 若  $B$  板接地,  $P_1$  和  $P_2$  两点的电势各是多少伏?



**思路点拨** 公式  $U = Ed$  中的  $d$  是沿电场方向的两点间的距离.

**解析** (1) 根据公式  $E = \frac{U}{d}$  代入数据

$$E = \frac{60 \text{ V}}{5 \times 10^{-2} \text{ m}} = 1200 \text{ V/m.}$$

(2)  $P_1 P_2$  沿电场方向的距离为

$$d_{12} = 5 \text{ cm} - (0.5 + 0.5) \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{根据公式 } U_{12} = Ed_{12} = 1200 \times 4 \times 10^{-2} \text{ V} = 48 \text{ V.}$$

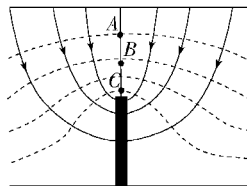
(3) 由公式  $\varphi_1 - \varphi_B = Ed_{1B} = 1200 \times (4.5 \times 10^{-2}) \text{ V} = 54 \text{ V}$  得:  $\varphi_1 = 54 \text{ V}$ .

同理  $\varphi_2 - \varphi_B = Ed_{2B} = 1200 \times 0.5 \times 10^{-2} \text{ V} = 6 \text{ V}$  得  $\varphi_2 = 6 \text{ V}$ .

**答案** (1)  $1200 \text{ V/m}$  (2)  $48 \text{ V}$  (3)  $54 \text{ V}$   $6 \text{ V}$

**方法点睛** 应用  $U = Ed$  求两点间的电势差, 一定要正确理解“ $d$ ”是两点间沿电场方向的距离, 而求某点的电势, 我们是通过求该点与电势零点的电势差实现的, 由  $U = Ed$  计算其数值, 电势的正负由该点与电势零点的电势高低比较而定.

**例 2** 如下图所示, 实线为电场线, 虚线为等势线, 且  $AB = BC$ , 电场中的  $A, B, C$  三点的场强分别为  $E_A, E_B, E_C$ , 电势分别为  $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ ,  $AB, BC$  间的电势差分别为  $U_{AB}, U_{BC}$ , 则下列关系中正确的有 ( )



- A.  $\varphi_A > \varphi_B > \varphi_C$       B.  $E_C > E_B > E_A$   
C.  $U_{AB} < U_{BC}$       D.  $U_{AB} = U_{BC}$

**思路点拨** 公式  $U = Ed$  在非匀强电场中可用于定性