



同步课程

TONG BU XUE CHENG
高中新课程

物理

选修 3-1 选修 3-2



同步 学程

高中新课程

物理

选修 3-1 选修 3-2

同步学程

物理

选修 3-1 选修 3-2

※

明天出版社出版发行

(济南市经九路胜利大街 39 号)

<http://www.sdpress.com.cn>

<http://www.tomorrowpub.com>

各地新华书店经销 山东省无棣县教育实业公司印刷厂印刷

※

787×1092 毫米 16 开 13 印张 340 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5332-5827-6

定价:11.00 元

如有印装质量问题 请与出版社联系调换

前言

为了更好地贯彻素质教育要求,落实《山东省普通高中课程设置及教学指导意见(试行)》,帮助广大师生准确理解和把握实验教材的内容和要求,全面提高学生的自主学习能力,我们依据教育部颁布的《普通高中课程方案(实验)》、各学科课程标准和现行教材,组织部分一线骨干教师和教学研究人员编写了这套《同步学程》丛书,主要供高中学生同步学习使用。这套丛书对指导普通高中新课程实验,提高学生的综合素质,都将起到积极的促进作用。

这套丛书包括思想政治、语文、数学、英语、物理、化学、生物、历史、地理共九个学科的所有必修模块和部分选修模块,并根据教学进度同步发行。各模块根据新课程的内容特点按单元(节、课)编写,指导学生在规定的课时内完成学习任务,提高学习效率。

这套丛书有以下几个方面的特点:

1. 注重体现普通高中课程改革的理念和要求,帮助师生进行课程实验,用好用活教材;
2. 注重体现“知识和能力、过程和方法、情感态度和价值观”的三维目标要求,在帮助学生牢固掌握基础知识的前提下,努力提高学生的应用能力;
3. 注重设置问题情境,拓宽知识背景,指导学生掌握科学的学习方法,自主探求未知领域,培养学生的探索精神和创新能力;
4. 注重与新课程实验的同步性,紧密配合各学科的学习,按单元(节、课)分配学习课时,组织学习训练内容,既便于教师指导又便于学生自学。

参加《物理》(选修3-1 选修3-2)编写工作的老师及分工情况:胡宝忠(第一章第1~6节)、刘香一(第一章第7~9节、章末检测和3-1模块测试)、成树明(第二章第1~6节)、穆鸿书(第二章第7-11和章末检测)、王玉振、张玉霞(第三章)、王朋周(第四章)、王志芳(第五章和综合测试)、左存民(第六章和3-2模块测试)。时玉义老师负责统稿。

希望这套《同步学程》丛书能够帮助同学们学好新课程,打牢基础,提升素质,实现理想。

2008年8月



选修 3—1

第一章 静电场

第1节	电荷及其守恒定律	(1)
第2节	库仑定律	(4)
第3节	电场强度	(7)
第4节	电势能和电势	(11)
第5节	电势差	(15)
第6节	电势差与电场强度的关系	(17)
第7节	静电现象的应用	(20)
第8节	电容器的电容	(24)
第9节	带电粒子在电场中的运动	(27)
章末检测		(38)

第二章 恒定电流

第1节	电源和电流	(41)
第2节	电动势	(44)
第3节	欧姆定律	(46)
第4节	串联电路和并联电路	(48)
第5节	焦耳定律	(51)
第6节	电阻定律	(54)
第7节	闭合电路的欧姆定律	(56)
第8节	多用电表	(60)

第9节	实验:测定电池的电动势和内阻	(64)
第10节	简单的逻辑电路	(68)
第11节	实验:描绘小灯泡的伏安特性曲线	(70)

章末检测		(76)
------	--	------

第三章 磁场

第1节	磁现象和磁场	(79)
第2节	磁感应强度	(79)
第3节	几种常见的磁场	(82)
第4节	磁场对通电导线的作用力	(85)
第5节	磁场对运动电荷的作用力	(90)
第6节	带电粒子在匀强磁场中的运动(一)	(94)
第7节	带电粒子在匀强磁场中的运动(二)	(98)
章末检测		(106)
选修 3—1 模块测试(A)		(109)
选修 3—1 模块测试(B)		(112)

选修 3—2

第四章 电磁感应

第1节	划时代的发现	(115)
第2节	探究电磁感应的产生条件	(115)
第3节	楞次定律(一)	(118)
第3节	楞次定律(二)	(121)
第4节	法拉第电磁感应定律	(124)
第5节	电磁感应规律的应用	(127)
第6节	互感和自感	(130)
第7节	涡流 电磁阻尼和电磁驱动	(133)
章末检测		(139)

第五章 交变电流

第1节	交变电流	(142)
第2节	描述交变电流的物理量	(145)
第3节	电感和电容对交变电流的影响	(149)

第4节	变压器	(152)
第5节	电能的输送	(156)
章末检测		(163)

第六章 传感器

第1节	传感器及其工作原理	(166)
第2节	传感器的应用(一)	(169)
第3节	传感器的应用(二)	(172)
第4节	传感器的应用实验	(172)
章末检测		(177)
选修 3—2 模块测试(A)		(181)
选修 3—2 模块测试(B)		(185)
综合测试		(189)
参考答案		(193)

选修 3-1

第一章

静电场



第 1 节 电荷及其守恒定律



自主学习

1. 电荷:摩擦过的物体能_____轻小物体,我们说物体带有电荷。

2. 两种电荷:自然界中存在两种电荷,它们分别为_____和_____。

用丝绸摩擦过的玻璃棒带_____电荷,用毛皮摩擦过的硬橡胶棒带_____电荷。同种电荷_____,异种电荷_____。

3. 摩擦起电:当两个物体互相摩擦时,一些束缚得不紧的_____往往从一个物体_____到另一个物体,于是原来电中性的物体由于得到电子而带_____电,失去电子的物体则带_____电。

4. 静电感应:当一个带电体靠近导体时,由于电荷间相互_____或_____,导体中的自由电荷便会_____或_____带电体,使导体靠近带电体的一端带_____电荷,远离的一端带_____电荷,这种现象叫做静电感应,利用静电感应使物体_____的过程叫做感应起电。

5. 电荷守恒定律:

表述一,电荷既不能_____,也不能_____,只能从_____转移到_____,或者从物体的_____转移到_____,在转移过程中,电荷的总量_____,这个结论叫做电荷守恒定律。

表述二,一个与外界没有_____的系统,

电荷的_____总是保持不变的。

6. 元电荷:

(1)电荷量:电荷的_____叫电荷量。

(2)电荷量的单位:①在国际单位制中,它的单位是_____,简称_____,用_____表示,正电荷的电荷量为_____值,负电荷的电荷量为_____值。

②元电荷: e . 迄今为止,科学实验发现的最小电荷量就是_____所带的电荷量,质子、正电子所带的电荷量与它_____,但符号_____,人们把这个_____的电荷量叫做元电荷,用_____表示。

b . 所有带电体的电荷量或者_____,或者是 e 的_____倍,这就是说,电荷量是不能_____的物理量。

c . 电荷量 e 的数值最早是由美国物理学家_____测得的。其数值为 $e=_____$ C。

d . 电子的_____与电子的_____之比,叫做电子的比荷。



理解与应用

1. 物体带电的三种方式:即摩擦起电、感应起电和接触带电

(1)摩擦起电是由于相互摩擦的物体间电子的得失而使物体分别带上等量异种电荷,玻璃棒与丝绸摩擦时,由于玻璃棒容易失去电子而带正电,硬橡胶棒与毛皮摩擦时,由于硬橡胶棒容易

得到电子而带负电。

(2) 感应起电是指利用静电感应使物体带电的方式。例如:图 1-1-1 所示,将导体 A、B 接触后去靠近带电体 C,由于静电感应, A、B 上的自由电子受到带电体 C 的吸引而聚集到 A

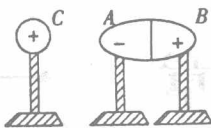


图 1-1-1

端,使 A 端带负电, B 端由于失去电子而带正电。这时先把 A、B 分开,然后移去 C,则 A 和 B 两导体上就分别带上了等量异种电荷,如图 1-1-2 所示。

(3) 接触带电是指一个不带电的金属导体跟另一个带电的金属导体接触后分开,而使不带电的导体带上电荷的方式。例如,将一个带电的金属小球跟另一个完全相同的不带电的金属小球接触后分开,它们平分了原来的带电量而带上等量同种电荷。注意:无论何种带电方式它们都不是创造了电荷,只是电荷从一个物体转移到了另一个物体,或者从物体的一部分转移到了物体的另一部分。

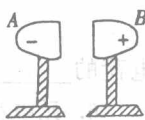


图 1-1-2

【例 1】将一根用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近一个小通草球时 ()

- A. 如果小球被吸引, 小球必带负电
- B. 如果小球被吸引, 小球必带正电
- C. 如果小球被排斥, 小球必带负电
- D. 如果小球被排斥, 小球必带正电

【解析】丝绸摩擦过的玻璃棒带正电, 可以吸引带负电或不带电的小球, 但必定排斥带正电的小球。

【答案】D

【点拨】本题主要考查以下几点: (1) 丝绸摩擦玻璃棒的带电情况; (2) 带电体既可吸引异种电荷, 也能吸引轻小物体。

【例 2】如图 1-1-3 所示, 有一带正电的验电器, 当金属球 A 靠近验电器的小球 B (不接触) 时, 验电器的金箔张角减小, 则 ()

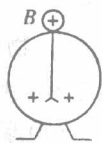


图 1-1-3

- 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

【解析】验电器的金箔之所以张开, 是因为它们都带有正电荷, 而同种电荷相排斥, 张开角度的大小决定于两金箔带电荷的多少, 如果 A 球带负电, 靠近验电器的 B 球时异种电荷相互吸引, 使金箔上的正电荷逐渐“上移” (实质上是金属导体内的自由电子下移与金箔上的正电荷中和, 使金箔带的正电减少), 从而使两金箔张角减小, 选项 B 正确, 同时否定选项 C; 如果 A 球不带电, 在靠近 B 球时, 发生静电感应现象使 A 球电荷发生极性分布, 靠近 B 球的端面出现负的感应电荷, 而背向 B 球的端面出现正的感应电荷, A 球上的感应电荷与验电器上的正电荷发生相互作用, 因距离的不同而表现为吸引作用, 从而使金箔张角减小, 选项 A 正确, 同时否定选项 D。

【答案】AB

【点拨】本题主要考查了电荷间的相互作用规律和静电感应现象, 在解决这类问题时根据电荷间相互作用规律和静电感应现象, 判断电荷的重新分布情况, 进而判断验电器金箔张角大小等问题。

2. 电荷守恒定律

电荷守恒定律的原始表述为: 电荷既不能创造, 也不能消灭, 只能从一个物体转移到另一个物体, 或者从物体的一部分转移到另一部分; 在转移过程中, 电荷的总量保持不变。

随着物理学的发展, 近代物理实验发现, 在一定的条件下电荷是可以产生和湮没的, 但产生与湮没总是成对发生的, 电荷的代数和仍然不变, 故电荷守恒定律的表达经修正后为: 一个与外界没有电荷交换的系统, 电荷的代数和是保持不变的。

注意: 近代物理实验所发现的电荷的产生与湮没并没有否定电荷定律, 只是对定律的内容进行了修正。

【例 3】有两个完全相同的带电绝缘金属小球 A、B, 带电荷量 $Q_A = 6.4 \times 10^{-9} \text{ C}$, $Q_B = -3.2 \times 10^{-9} \text{ C}$, 让两球接触一下再分开, 这

时 $Q'_A = \underline{\hspace{2cm}}$, $Q'_B = \underline{\hspace{2cm}}$, 接触过程中有 $\underline{\hspace{2cm}}$ 个电子从 $\underline{\hspace{2cm}}$ 转移到 $\underline{\hspace{2cm}}$ 上。

【解析】A、B 两球的电荷量先中和后平分，所以 $Q'_A = Q'_B = \frac{6.4 \times 10^{-9} - 3.2 \times 10^{-9}}{2} \text{C} = 1.6 \times 10^{-9} \text{C}$ ，电子从带负电的 B 转移到 A 上，转移个数 $n = \frac{4.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{个} = 3 \times 10^{10} \text{个}$ 。

【点拨】本题考查了电荷守恒定律、元电荷概念，涉及正负电荷中和、电荷重新分布、电子转移数量等问题。

训练与提高

A 组

- 关于元电荷的理解，下列说法正确的是 ()
 - 元电荷就是电子
 - 元电荷是表示跟电子所带电荷量数值相等的电荷量
 - 元电荷就是质子
 - 物体所带的电荷量只能是元电荷的整数倍
- 关于摩擦起电与感应起电，以下说法正确的是 ()
 - 摩擦起电是因为电荷的转移，感应起电是因为产生电荷
 - 摩擦起电是因为产生电荷，感应起电是因为电荷的转移
 - 不论摩擦起电还是感应起电，都是电荷的转移
 - 以上说法均不正确
- 挂在绝缘细线下的两轻质通草球，由于电荷的相互作用而靠近，如图 1-1-4(甲)所示。或远离，如图 1-1-4(乙)所示。则 ()
 - 甲图中两球一定带异种电荷
 - 乙图中两球一定带同种电荷
 - 甲图中两球至少有一个带电

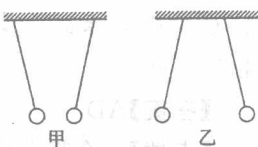


图 1-1-4

D. 乙图中两球至少有一个带电

- 导体 A 带 $5q$ 的正电荷，另一完全相同的导体 B 带 $-q$ 的负电荷，将两导体接触一会后再分开，则 B 导体的带电荷量为 ()
 - $-q$
 - q
 - $2q$
 - $4q$
- 一个带电小球所带电荷量为 q ，则 q 可能是 ()
 - $3 \times 10^{-19} \text{C}$
 - $1.6 \times 10^{-17} \text{C}$
 - $0.8 \times 10^{-19} \text{C}$
 - $9 \times 10^{-19} \text{C}$
- 把两个完全相同的小球接触后分开，两小球相互排斥，则两球原来带电情况不可能是 ()
 - 原来的其中一个带电
 - 两个小球原来分别带等量异种电荷
 - 两个小球原来分别带同种电荷
 - 两个小球原来分别带不等量电荷

B 组

- 电子的比荷为 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} \text{C/kg}$ ，质子的质量为电子质量的 1840 倍，则质子的比荷为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{C/kg}$ 。
- 使带电的金属球靠近不带电的验电器，验电器的箔片张开。下列各图表示验电器上感应电荷的分布情况，正确的是 ()

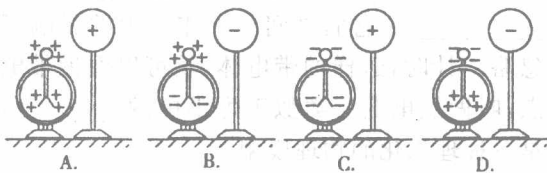


图 1-1-5

- 如图 1-1-6 所示，将带电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，下列哪些方法能使两球都带电 ()

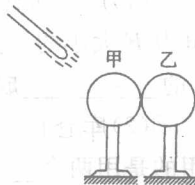


图 1-1-6

- 先把两球分开，再移走棒
- 先移走棒，再把两球分开
- 先使甲球瞬时接地，再移走棒
- 使棒与甲球瞬时接触，再移走棒

10. 目前普遍认为,质子和中子都是由被称为 u 夸克和 d 夸克的两类夸克组成。 u 夸克带电量为 $\frac{2}{3}e$, d 夸克带电量为 $-\frac{1}{3}e$, e 为基元电荷。下列论断可能正确的是 ()
- A. 质子由 1 个 u 夸克和 1 个 d 夸克组成, 中子由 1 个 u 夸克和 2 个 d 夸克组成

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

第 2 节 库仑定律



自主学习

1. 探究实验

实验表明,电荷之间的作用力随_____的增大而增大,随_____的增大而减小。

2. 库仑定律

(1)真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们电荷量的乘积成正比,与它们的距离的_____成反比,作用力的方向在它们的_____上。

(2)电荷之间的相互作用力称为_____或库仑力。

(3)当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_____、_____及_____对它们之间相互作用力的影响可以忽略不计,这样的带电体,就可以看做带电的点,叫做点电荷。类似于力学中的_____,也是一种理想化的物理模型。

3. 库仑扭秤实验

(1)库仑扭秤实验是通过_____比较静电力 F 大小的。实验结果发现静电力 F 与距离 r 的_____成反比。

(2)库仑在实验中为研究 F 与 q 的关系,采用的是用两个_____的金属小球_____,电量_____的方法,发现 F 与 q_1 和 q_2 的_____成正比。

4. 库仑定律的公式_____,式中 k 叫做_____, k 的数值是_____。库仑定律的公式和_____公式相似,但库仑力比万有引力要强得多。



理解与应用

1. 点电荷是理想模型

当带电体之间的距离远远大于自身的大小,带电体的形状、大小及电荷分布状况对相互作用力的影响可以忽略不计,就可以把这个带电体看做一个带电的几何点,即看成点电荷。

物理学中,抓住问题的要害及关键,将研究对象或物理变化过程模型化,常可以使问题的处理变得简单可行,又使处理结果基本符合客观实际,因而理想化模型既是客观存在的抽象,又是重要的思维方法和处理方法,处理物理问题时,首先选择研究对象或物理过程,建立必要的物理模型,常是首要的任务。

【例 1】下面关于点电荷的说法正确的是 ()

- A. 点电荷可以是带电荷量很大的带电体
- 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. 大小和形状对作用力影响可以忽略的带电体可以看做点电荷

【解】点电荷是看带电体的体积与带电体间距的关系,与带电量多少无关,A 正确;当带电体间距远大于带电体的体积也可以看成点电荷,B 错;任何带电体的电荷都是元电荷的整数倍,C 错,D 正确。

【答案】AD

【点拨】一个带电体能否看做点电荷,是相对于个体问题而言的,不能单凭其大小和形状确定。

2. 库仑定律的适用条件及其应用

(1)应用库仑定律解题时,首先应注意库仑

定律的适用条件,公式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 仅适用于真空中的两个静止点电荷间的相互作用。其次应注意将计算库仑力的大小与判断库仑力的方向二者分别进行,即应用公式计算库仑力大小时,不必将表示电荷 q_1 、 q_2 的带电性质的符号代入公式中,只将其电荷量绝对值代入公式中,从而计算出力的大小;库仑力的方向再依据同性电荷相互排斥、异性电荷相互吸引加以判别,这样分别加以处理的方法,可以避免因将表示带电性质的符号代入公式中一起运算而带来再判断运算结果是正、负号的麻烦。第三应注意统一单位,因为静电力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 是在 SI 中的数值。第四,运算中常将有效数字与数量级分别加以运算,应避免顾此失彼的失误。

(2)在理解库仑定律时,常有人根据公式

$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 设想当 $r \rightarrow 0$ 时,得出库仑力 $F \rightarrow \infty$ 的结论,从数学的角度分析这是必然的结论;但从物理学的角度分析,这一结论是错误的,错误的原因是,当 $r \rightarrow 0$ 时,两电荷已失去了点电荷的前提条件,何况实际电荷都有一定大小,根本不会出现 $r=0$ 的情况,也就是说,在 $r \rightarrow 0$ 时,电荷已不能再看成是点电荷,所以违背了库仑定律的适用条件,不能再运用库仑定律计算两电荷间的相互作用力。

(3)微观带电粒子之间的库仑力与万有引力的比较。

$$\text{质子与电子之间 } \frac{F_{\text{库}}}{F_{\text{引}}} = 2.3 \times 10^{39}$$

即:微观粒子之间的万有引力远小于库仑力,研究微观粒子间的相互作用时,可以忽略万有引力。

【例 2】真空中有两个点电荷 Q_1 和 Q_2 ,相距 18cm,已知 Q_1 是正电荷,其电荷量为 $1.8 \times 10^{-12} \text{ C}$,它们之间的引力大小为 $F = 1.0 \times 10^{-12} \text{ N}$,求: Q_2 的电荷量及带电性质。

【解析】根据库仑定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 得:

$$Q_2 = \frac{F r^2}{k Q_1} = \frac{1.0 \times 10^{-12} \times (0.18)^2}{9.0 \times 10^9 \times 1.8 \times 10^{-12}} \text{ C} \\ = 2.0 \times 10^{-12} \text{ C}$$

因为电荷 Q_1 和 Q_2 间表现为引力,可见 Q_2 是负电荷。

【点拨】(1)利用库仑定律进行计算时,不但可以求电荷间的相互作用力,还可以根据相互作用力的性质,判断电荷的电性。

(2)在利用库仑定律进行计算时,电荷量应代入绝对值计算,再根据其电性判断相互作用力的方向。

【例 3】如图 1-2-1,带 q 电荷量分别为 $+q$ 和 $+4q$ 的两个点电荷 A、B 相距 L ,求:在何处放一个什么性质的电荷,才可以使三个电荷都处于平衡状态?

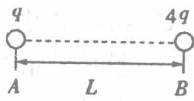


图 1-2-1

【解析】A、B 两点电荷同性相斥,相互作用的静电力均沿 AB 连线向外,若能平衡,第三个电荷 C 对 A、B 的作用力方向必沿 A、B 连线向内。故 C 必与 A 带异性电,且在 A、B 连线上。

设 C 带电荷量为 $-Q$,距 A 为 x ,则距 B 为 $L-x$,对 A、C 列平衡方程:

$$A: \frac{k 4q^2}{L^2} = k \frac{qQ}{x^2}$$

$$C: k \frac{4qQ}{(L-x)^2} = k \frac{qQ}{x^2}$$

$$\text{联立解得: } x = \frac{L}{3}, Q = -\frac{4}{9}q$$

即带电荷量为 $-\frac{4}{9}q$ 的电荷 C 置于距 A 点 $\frac{L}{3}$ 处,系统可平衡。

【点拨】1. 三点电荷都平衡规律:三个点电荷一定满足:①在同一直线上;②两同夹一异;③两大夹一小。

2. 分析带电体平衡问题的方法与力学中分析物体平衡的方法是一样的,学会把电学问题力学化。

训练与提高

1. 下列关于电荷的说法中,正确的是 ()

- A. 带电球体一定可以看成点电荷
 B. 直径大于 1cm 的带电球体一定不能看成点电荷
 C. 直径小于 1cm 的带电球体一定可以看成点电荷
 D. 点电荷与质点都是理想化的模型
2. 对于库仑定律, 下面说法正确的是 ()
 A. 凡计算真空中两个静止点电荷间的相互作用力, 就可以使用公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$
 B. 点电荷其实就是体积很小的电荷
 C. 相互作用的两个点电荷, 不论它们的电荷量是否相等, 它们之间的库仑力大小一定相等
 D. 当两个半径为 r 的带电金属球中心相距为 $4r$ 时, 对于它们之间的静电作用力大小, 只取决于它们各自所带的电荷量
3. 两个点电荷甲和乙同处于真空中
 (1) 甲的电荷量是乙的电荷量的 4 倍, 则甲对乙的作用力是乙对甲的作用力的 _____ 倍。
 (2) 若把每个电荷的电荷量都增加为原来的 2 倍, 那么它们之间的相互作用力将变为原来的 _____ 倍。
 (3) 若保持电荷量不变, 而将距离增加为原来的 4 倍, 那么它们之间的作用力将变为原来的 _____ 倍。
 (4) 若保持其中一个电荷量不变, 而另一个电荷量增加为原来的 4 倍, 为使其相互作用力不变。则它们之间的距离将变为原来的 _____ 倍。
 (5) 把每个电荷的电荷量都增加为原来的 4 倍, 那么它们之间的距离必须变为原来的 _____ 倍, 才能使其间的相互作用力不变。
4. 两个形状完全相同的金属球, 带电荷量分别为 $-2 \times 10^{-9} \text{C}$ 和 $-6 \times 10^{-9} \text{C}$, 它们之间的静电力为 F , 在绝缘条件下, 让它们接触后又放回原处, 它们之间的静电力大小等于 ()
 A. F B. $\frac{4}{3}F$ C. $\frac{3}{4}F$ D. $\frac{1}{3}F$

5. 如图 1-2-2 所示, 三个完全相同的金属小球 a 、 b 、 c 位于等边三角形的三个顶点上, a 和 c 带正电, b 带负电, a 带电荷量比 b 的少, 已知 c 受到 a 和 b 的静电力合力可用图中四条有向线段中的一条来表示, 它应是 ()
 A. F_1 B. F_2 D. F_3 D. F_4

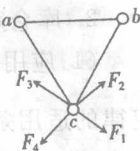


图 1-2-2

B 组

6. 如图 1-2-3 所示悬挂在 O 点的一根不可伸长的绝缘细线下端有一个带电量不变的小球 A , 在两次实验中, 均缓慢移动另一带同种电荷的小球 B , 当 B 到达悬点 O 的正下方并与 A 在同一水平线上 (图 1-2-3) 上, A 处于受力平衡时, 悬线偏离竖直方向的角度为 θ , 若两次实验中 B 的电荷量分别为 q_1 和 q_2 , θ 分别为 30° 和 45° , 则 q_2/q_1 为 ()

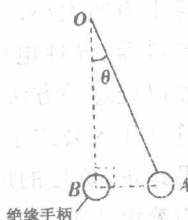


图 1-2-3

- A. 2 B. 3 C. $2\sqrt{3}$ D. $3\sqrt{3}$
7. 如图 1-2-4 所示, q_1 、 q_2 、 q_3 分别表示在一条直线上的三个点电荷, 已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 l_1 , q_2 和 q_3 之间的距离为 l_2 , 且每个电荷都处于平衡状态。
 (1) 如 q_2 为正电荷, 则 q_1 为 _____ 电荷, q_3 为 _____ 电荷。
 (2) q_1 、 q_2 、 q_3 三者电荷量大小之 _____ : _____ : _____。
8. 如图 1-2-5 所示, 一半径为 R 的绝缘球壳上带有电荷量为 $+Q$ 的电荷, 另一电荷量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上, 由于对称性, 点电荷受力为零。现在球壳上挖去半径为 r ($r \leq R$) 的一个小圆孔, 则此时置于球心的点电荷所受的力大小为 _____ (已知静电力恒量 k), 方向 _____。

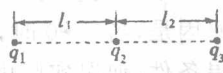


图 1-2-4

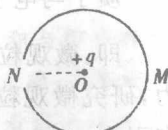


图 1-2-5

9. 如图 1-2-6 所示,真空中两个相同的小球带有等量同种电荷,质量均为 0.1g ,分别用 10cm 长的绝缘细线悬挂于绝缘天花板的一点,当平衡时 B 球偏离竖直方向 60° , A 竖直悬挂且与墙壁接触。求:

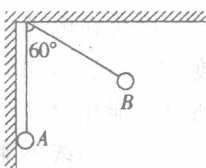


图 1-2-6

- (1) 每个小球的带电量。
- (2) 墙壁受到的压力。
- (3) 每条细线的拉力。

第 3 节 电场强度



自主学习

1. 电场:电荷的周围存在着电场,电场的基本性质是它对放入其中的电荷_____,这种力叫_____,电荷间的相互作用是通过_____发生的。_____电荷产生的电场,称为静电场。

2. 电场强度

(1) 用来检验电场是否存在及其强弱分布情况的电荷,称为_____电荷或_____电荷,是电荷量很小的点电荷。

(2) _____的电荷称为场源电荷或源电荷。

(3) 电场强度

① 定义:放入电场中某点的_____,叫做该点的电场强度,简称场强。

② 定义式: $E = \frac{F}{q}$, 其单位是_____或_____。

③ 方向:场强的方向与正电荷_____,与负电荷_____。

(4) 特例:① 点电荷的场强: $E = \frac{kQ}{r^2}$ 。

如果有几个点电荷同时存在,它们的电场就相互叠加形成合电场,这时某点的场强等于各个电荷单独存在时在该点产生的场强的_____,因此叫做电场的叠加。

② 匀强电场:场强大小、方向处处_____。

3. 电场线:(1) 在电场中画出的一系列从

_____到_____终止的曲线,曲线上每一点的切线方向都跟_____一致,此曲线叫电场线。

(2) 电场线发源于_____或_____,终止于_____或_____。

电场线的疏密定性地反映了电场的_____,电场线上每一点的切线方向表示了该点_____。

(3) 点电荷的电场线是发散(或会聚)的_____,匀强电场的电场线是_____的平行直线。



理解与应用

1. 公式 $E = \frac{F}{q}$ 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具体位置有关,与试探电荷的电荷量、电性及所受电场力 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。

【例 1】关于电场,下列说法正确的是()

- A. 由 $E = \frac{F}{q}$ 知,若 q 减半,则该处电场强度为原来的 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 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 知,在以 Q 为球心,以 r 为半径的球面上,各处场强均相同
- D. 电场中某点的场强方向就是该点所放电荷受到的电场力的方向

【解析】因 $E = \frac{F}{q}$ 为场强定义式,而电场中某点的场强 E 只由电场本身决定,与是否引入试探电荷及 q 的大小、正负无关,故 A 错; $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是点电荷 Q 的电场中各点场强决定式,即 B 正确;因场强为矢量, E 相同意味着大小、方向都相同,而在该球面上各处 E 方向不同,故 C 错;因所放电荷的电性不知,若为正电荷,则 E 与 $+q$ 受力方向相同,否则相反,故 D 错。

【答案】B

【点拨】(1) 绝不能以纯数学角度理解 $E = \frac{F}{q}$, 电场中某点电场强度 E 由电场本身决定。(2) 电荷有正、负,电荷在电场中所受静电力的方向和电场强度方向有时相同,有时相反。

2. 电场线

(1) 电场线是画在电场中的一条条有方向的曲线,曲线上每点的切线方向表示该点的电场强度方向。

(2) 电场线的性质

- ① 电场线是假想的,不是真实的。
- ② 电场线起于正电荷止于负电荷,电场线不闭合。

对于单个点电荷,正电荷则假想无穷远处有负电荷,电场线终止于那里;负电荷同理。

③ 电场线的疏密表示电场的强弱。

④ 电场线不能相交。

因为在电场中的任一点处只有一个电场强度,方向唯一,如相交则该处出现两个场强方向,所以不能相交。

⑤ 电场线不能相切。

原因:电场线疏密表示电场的强弱,如相切则在切点电场线密度无穷大,这种情况不可能,所以不会相切。

(3) 几种典型的电场线分布,如图 1-3-1。

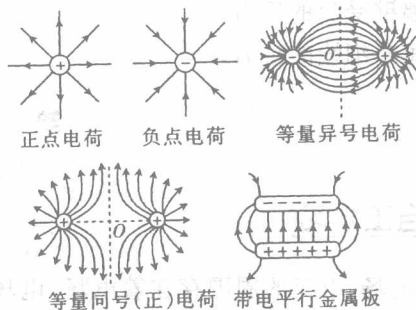


图 1-3-1

(4) 电场线与电荷的运动轨迹

① 电场线是为了形象地描述电场而引入的假想的曲线,规定电场线上每点的切线方向为该点的场强方向,也是正电荷在该点所受电场力的方向,运动轨迹是带电粒子在电场中实际通过的径迹,径迹上每一点的切线方向为带电粒子在该点的速度方向。因此,不能认为电场线就是带电粒子在电场中的运动轨迹。

② 只有当电场线是直线,只受电场力作用,且带电粒子初速度为零或初速度方向在这条直线上时,运动轨迹才和电场线重合,这只是一种特殊情况。

【例 2】如图 1-3-2 所示是  电场中的一条电场线,关于 a 、 b 两点场强 E_a 、 E_b 的大小比较,正确的是 ()

- A. $E_a > E_b$ B. $E_a = E_b$
- C. $E_a < E_b$ D. 以上都有可能

【解析】若此电场线为正点电荷电场中的一条,则有 $E_a > E_b$;若此电场线为负点电荷电场中的一条,则有 $E_a < E_b$;若是匀强电场中的一条,则有 $E_a = E_b$;若是等量异种电荷电场中的一条直线,则 E_a 和 E_b 的关系不能确定,应选 D。

【答案】D

【点拨】熟记几种典型电场的电场线分布。

3. 场强叠加原理

电场强度是矢量,当空间某点的电场是由两个或多个点电荷产生时,该点的电场强度是几个电荷单独形成的电场强度的矢量和。

根据场强的叠加或电场线分布可知:

(1)等量异种点电荷的连线,连线中点处场强最小。中垂线上,中垂线与连线交点处的场强最大。等量同种点电荷的连线中点场强最小,等于零。因无限远处场强为零,则沿中垂线从交点到无限远处,电场强度先增大后减小,中间某位置必有最大值。

(2)等量异种点电荷的连线和中垂线上关于中点对称处的场强相同;等量同种点电荷连线和中垂线上关于中点对称处的场强大小相等、方向相反。

【例 3】如图 1-3-3 所示, $Q_1 = 2 \times 10^{-12} \text{ C}$, $Q_2 = -4 \times 10^{-12} \text{ C}$, Q_1 、 Q_2 相距 12cm, 求 a 、 b 、 c 三点的场强大小和方向, 其中 a 为 $Q_1 Q_2$ 的中点, b 为 Q_1 左方 6cm 处的点, c 为 Q_2 右方 6cm 处的点。

【解析】据点电荷电场的场强公式得, 点电荷 Q_1 在 a 、 b 、 c 三点产生的场强分别为

$$E_{a1} = \frac{kQ_1}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-12}}{(0.06)^2} \text{ N/C}$$

$$= 5 \text{ N/C} \quad \text{方向向右}$$

$$\text{同理得: } E_{b1} = 5 \text{ N/C} \quad \text{方向向左}$$

$$E_{c1} = 1.25 \text{ N/C} \quad \text{方向向右}$$

点电荷 Q_2 在 a 、 b 、 c 三点产生的场强分别为

$$E_{a2} = \frac{kQ_2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-12}}{(0.06)^2} \text{ N/C}$$

$$= 10 \text{ N/C} \quad \text{方向向右}$$

$$\text{同理得: } E_{b2} = 2.5 \text{ N/C} \quad \text{方向向右}$$

$$E_{c2} = 10 \text{ N/C} \quad \text{方向向左}$$

如图 1-3-4 所示, a 、 b 、 c 三点的场强分别为

$$E_a = E_{a1} + E_{a2} = 5 + 10$$

$$= 15 \text{ (N/C)} \quad \text{方向向右}$$

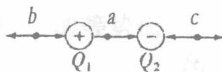


图1-3-4

$$E_b = E_{b1} - E_{b2} = 5 - 2.5 = 2.5 \text{ (N/C)} \quad \text{方向向左}$$

$$E_c = E_{c2} + E_{c1} = 10 - 1.25 = 8.75 \text{ (N/C)} \quad \text{方向向左}$$

【点拨】电场强度是矢量,因此在计算过程中要明确其方向。电场的叠加不是简单的代数求和,本题因 a 、 b 、 c 三点都处在两点电荷的连线上,比较简单,但也体现出了矢量的求和法则。

训练与提高

A 组

1. 有关对电场强度的理解, 下述正确的是

()

A. 由 $E = \frac{F}{q}$ 可知, 电场强度 E 跟放入电荷 q 所受的电场力成正比

B. 当电场中存在试探电荷时, 电荷周围才出现电场这种特殊的物质, 才存在电场强度

C. 由 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 可知, 在离点电荷很近, r 接近于零时, 电场强度接近无穷大

D. 电场强度是反映电场本身特性的物理量, 与是否存在试探电荷无关

2. 在电场中的某点放入电荷量为 q 的负电荷时, 测得该点的电场强度为 E ; 若在该点放入电荷量为 $2q$ 的正电荷, 此时测得该点的场强

()

A. 大小为 E , 方向和 E 相同

B. 大小为 E , 方向和 E 相反

C. 大小为 $2E$, 方向和 E 相同

D. 大小为 $2E$, 方向和 E 相反

3. 下列关于电场强度的两个表达式 $E = \frac{F}{q}$ 和

$E = \frac{kQ}{r^2}$ 的叙述, 正确的是 ()

A. $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式, F 是放入电场中的电荷所受的力, q 是产生电场的电荷的电量

B. $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式, F 是放入电场

中的电荷受的力, q 是放入电场中电荷的电量, 它适用于任何电场

C. $E = \frac{kQ}{r^2}$ 是点电荷场强的计算式, Q 是产生

电场的电荷电量, 它不适用于匀强电场

D. 从点电荷场强计算式分析库仑定律的表

达式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, 式 $k \frac{q_2}{r^2}$ 是点电荷 q_2 产生

的电场在点电荷 q_1 处的场强大小, 而

$k \frac{q_1}{r^2}$ 是点电荷 q_1 产生的电场在 q_2 处场强

的大小

4. 如图 1-3-5 所示各电场中, A 、 B 两点电场强度相同的是 ()

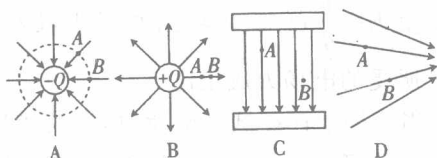


图 1-3-5

5. 一个处于真空中的点电荷, 离该点电荷为 r_0 的一点, 试探电荷 q 受力为 F , 则离该点电荷为 r 处的场强大小为 ()

A. $\frac{F}{q}$ B. $\frac{Fr_0}{r}$ C. $\frac{F_0^2}{qr^2}$ D. $\frac{F}{q} \sqrt{\frac{r_0}{r}}$

6. 在真空中 O 点放一个点电荷 $Q = +1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$, 直线 MN 通过 O 点, OM 为距离 $r = 30 \text{ cm}$, M 点放一个点电荷 $q = -1.0 \times 10^{-10} \text{ C}$, 如图 1-3-6 所示。求:

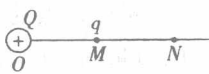


图 1-3-6

- (1) q 在 M 点受到的作用力。
- (2) M 点的场强。
- (3) 拿走 q 后 M 点的场强。
- (4) M 、 N 两点的场强哪点大?

B 组

7. 在电场中的某点, 放置一个电荷量为 $5 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的检验电荷, 该电荷所受电场力为 $2 \times 10^{-2} \text{ N}$, 方向水平向右, 则该点的场强大小为 _____, 方向为 _____; 若将该检验电荷的电荷量增大到原来的 3 倍, 且改为负电荷, 则电场强度大小为 _____, 方向为 _____; 若将该电荷取走, 该点的电场强度大小为 _____, 方向为 _____。

8. 如图 1-3-7 所示, A 、 B 、 C 三点为一直角三角形的三个顶点, $\angle B = 30^\circ$, 现在 A 、 B 两点放置两点电荷 q_A 、 q_B , 测得 C 点场强的方向与 AB 平行, 则 q_A 带 _____ 电, $q_A : q_B =$ _____。

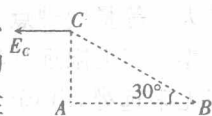


图 1-3-7

9. 如图 1-3-8 所示, 一电子沿等量异种电荷的中垂线由 $A \rightarrow O \rightarrow B$ 匀速飞过, 电子的重力不计, 则电子除受电场力外, 所受另一个力的大小和方向的变化情况是 ()

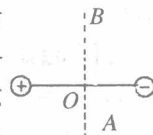


图 1-3-8

- A. 先变大后变小, 方向水平向左
- B. 先变大后变小, 方向水平向右
- C. 先变小后变大, 方向水平向左
- D. 先变小后变大, 方向水平向右

10. 如图 1-3-9 所示, 正六边形 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 的顶点 a 上固定一个电量为 Q 的正点电荷, 其余各顶点固定一个电量均为 Q 的负点电荷。若此正六边形的边长为 L , 求它的几何中心 O 处的场强大小和方向。

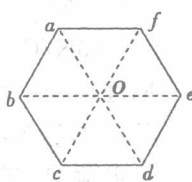


图 1-3-9

第 4 节 电势能和电势

 自主学习

1. 静电力做功的特点:在电场中移动电荷时,静电力做的功与电荷的起始位置和终止位置_____,与电荷的运动路径_____。

2. 静电力做功与电荷电势能变化的关系

(1)静电力做多少正功,电荷的电势能就_____多少,克服静电力做多少功,电荷的电势能就_____多少。

静电力做功与电荷电势能改变的关系式:

$$W_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(2)电荷在某点的电势能,等于静电力把它从该点移动到_____所做的功。

零势能点的选取:通常把电荷在离场源电荷_____的电势能规定为零,或把电荷在_____上的电势能规定为零。

3. 电势

(1)定义:电荷在电场中某一点的电势能与它的电荷量的_____,叫做这一点的电势。

(2)公式:

$$\varphi = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(3)单位:V。

(4)电势只有_____,没有_____,是标量。

(5)电场线指向电势_____的方向。

4. 等势面

(1)电场中电势_____的各点构成的_____叫做等势面。

(2)等差等势面的_____可以表示电场的强弱;等势面密的地方电场_____,等势面疏的地方电场_____。

(3)电场线跟等势面_____,并且由电势_____的等势面指向电势_____的等势面。

(4)点电荷的等势面是_____的一簇球面,匀强电场的等势面是相互平行的一簇_____。

 理解与应用

1. 由静电力做功特点理解电势能

由于静电力做功和重力做功相似,也与路径无关,因此引入电势能的概念,电荷在某点具有的电势能是相对的。静电力做功与电势能的关系如下:

(1)静电力做功一定伴随有电势能的变化,电势能的变化只有通过静电力做功才能实现。

(2)静电力做正功,电势能一定减少,静电力做负功,电势能一定增加,静电力做功的值等于电势能的变化量,即 $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB}$ 。

提示:由于电荷有正、负,因此,电荷放入电场中时,在电势高的地方电势能不一定大,在电势低的地方电势能不一定小。

【例 1】在电场中,把电量为 $4 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的正点电荷从 A 点移到 B 点,克服电场力做功 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$,以下说法中正确的是 ()

- A. 电荷在 B 点具有的电势能是 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$
- B. 电荷在 A 点具有的电势能是 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$
- C. 电荷电势能增加了 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$
- D. 电荷电势能减少了 $6 \times 10^{-8} \text{ J}$

【解析】由静电力做功与电势能的关系知,电荷从 A 到 B,电场力做负功,电势能增加且 $\Delta E_p = W = 6 \times 10^{-8} \text{ J}$,C 正确,D 错;电势能是相对量,零势能点未选取,电荷在各点所具有的电势能就无法确定,A、B 错。

【答案】C

【点拨】静电力做正功,电势能减少;静电力做负功,电势能增加,且功的数值等于电势能增加或减少的数值。这一结论与重力做功和重力势能的变化关系类似,可类比记忆。

2. 电势

(1)电势的理解

①电势是表征电场中某点能的性质的物理

量,仅与电场中某点性质有关,与电场力做功的值及试探电荷的电荷量、电性无关,定义式 $\varphi = \frac{E_p}{q}$,类似于场强定义式 $E = \frac{F}{q}$,也是比值定义式。

②电势的具体值只有在选定了零电势点后才具有意义,故电势是相对的,电势零点的选取是任意的,但以方便为原则。如果没有特别规定,一般选无穷远或大地的电势为零。

③电势是标量,只有大小,没有方向,在规定了零电势后,电场中各点的电势可以是正值,也可以是负值。正值表示该点电势比零高,负值表示该点电势比零低,所以,同一电场中,正电势一定高于负电势。

④若以无穷远处电势为零,则正点电荷周围各点电势为正,负点电荷周围各点电势为负。越靠近正点电荷电势越高,越远离负点电荷电势越高。

(2)电势和电势能

	电势 φ	电势能 E_p
①	反映电场的能的性质的物理量	电荷在电场中某点时所具有的电势能
②	电场中某一点的电势 φ 的大小,只跟电场本身有关,跟点电荷 q 无关	电势能大小是由点电荷 q 和该点电势 φ 共同决定的
③	电势沿电场线逐渐降低,取定零电势点后,某点的电势高于零者,为正值;某点的电势低于零者,为负值	正点电荷($+q$):电势能的正负跟电势的正负相同;负点电荷($-q$):电势能的正负跟电势的正负相反
④	单位:伏特	单位:焦耳
⑤	联系 $E_p = q\varphi$	

【例2】如果把 $q = 1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从无穷远移至电场中的 A 点,需要克服电场力做功 $W = 1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$,那么,(1) q 在 A 点的电势能和 A 点的电势各是多少?(2) q 未移入电场前 A 点的电势是多少?

【解析】(1)电场力做负功,电势能增加,无穷

远处的电势为零,电荷在无穷远处的电势能也为零。据电势能的改变量等于电场力做的功,所以 q 在 A 点的电势能为:

$$E_A = W = 1.2 \times 10^{-4} \text{ J}$$

正电荷在电势高处具有的电势能大,即 A 点的电势 $\varphi_A > 0$

$$\begin{aligned}\varphi_A &= E_A / q = 1.2 \times 10^{-4} / 1.0 \times 10^{-8} \text{ V} \\ &= 1.2 \times 10^4 \text{ V}\end{aligned}$$

(2)A 点的电势是由电场本身决定的,跟 A 点是否有电荷存在无关,所以 q 移入电场前, A 点的电势仍为 $1.2 \times 10^4 \text{ V}$

【点拨】首先根据静电力做功与电荷电势能变化的关系,求出电荷在 A 点的电势能,其次,应用公式 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 计算时,要注意代入符号进行计算,计算结果为正,则该点电势为正,结果为负,则该点电势为负。

【例3】如图 1-4-1 所示,电场中有 A、B 两点,则下列说法中正确的是 ()

- 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 $+q$ 从 A 点移到 B 点, 电

场力做正功

D. 将 $-q$ 分别放在 A、B 两点 时具有电势能 $E_{PA} > E_{PB}$

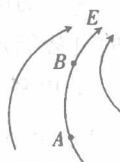


图 1-4-1

【解析】沿电场线的方向电势降低, $\varphi_A > \varphi_B$, 电场线疏密表示场强大小, B 处密, $E_B > E_A$, 故 B 正确, $-q$ 从 A 到 B 电场力做功, 电势能增加 $E_{PA} > E_{PB}$, D 正确。

【答案】BC

【点拨】判断电势高低常用以下几种方法:

(1)电场线法:沿着电场线的方向电势越来越低。

(2)由电势和电势能的关系判断:先由电场力做功情况判断电势能的变化,再由电势和电势能之间的关系判断电势的升降情况,需要记住的是:对正电荷,电势能越大电势越高,电势能越小,电势越低;对负电荷则完全相反。

(3)根据场源电荷的情况判断:在正电荷产生的电场中,离它越近电势越高;在负电荷产生