

高中
二年级

主编：王维军

高中物理
研究性学习

Physics

新
课
标

方
略

沈 阳 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理研究性学习方略/王维军主编. —沈阳:沈阳出版社, 2007.6

ISBN 978-7-5441-3347-0

I. 高… II. 王… 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(2007)第 072137 号

序 言

随着高中新课程改革的逐步推广,参加新课程改革的省份逐年增加,到2010年以前高中新课程将全面推开。实施普通高中课程改革,对于促进普通高中尽快走上以内涵发展为主的可持续发展道路,实现学生学习方式和教师教学方式的转变,培养学生终身学习愿望和主动探究的意识,发展学生的创新精神和实践能力具有十分重要的意义。《高中物理研究性学习方略》自学辅导用书正是在这一新课程改革的背景下而问世。

高中物理新课程版本以模块形式建构知识体系,以学生身边、社会、科技等物理问题和物理现象为起点。以特殊到一般归纳推理逻辑为思维方式,明确地表述了教师教什么,怎么教,学生学什么,怎么学的问题。《高中物理研究性学习方略》正是根据这一基本学习要求而编排此丛书的。即物理问题和物理现象的提出,物理知识的梳理,学习导航是物理学科思想方法及学习技巧的指导,自主探索是对物理知识的运用与创新。进而对我们认识学习物理的规律,把握学习物理的基本过程,培养学习物理的思维品质,真正学好物理会有很大帮助。

《高中物理研究性学习方略》这套丛书,凝聚着作者的心血和汗水,展示了他们对高中物理新课程的研究成果,说明了他们对新课程改革的高度责任感,我提笔写序感到欣慰。

新的课程改革是全新的,我们对新课程的认识和研究也是起步阶段,丛书编写肯定有很多不足之处,甚至有些空白的领地,恳请广大教育同行及专家学者提出宝贵意见,不胜感谢。

杨兴奎

于2007年3月20日

(新民市高级中学校长、教育专家)

目 录

第一章 静电场	1
第一节 电荷 电荷守恒定律	1
第二节 库仑定律	2
第三节 电场强度	5
第四节 电势能和电势	9
第五节 电势差	12
第六节 电势差与电场强度的关系	14
第七节 电容器与电容	17
第八节 带电粒子在电场中的运动	19
第二章 恒定电流	23
第一节 导体中的电场和电流	23
第二节 电动势	24
第三节 欧姆定律	26
第四节 串联电路和并联电路	28
第五节 焦耳定律	30
第六节 电阻定律	33
第七节 闭合电路欧姆定律	34
第八节 多用电表	36
第九节 测定电池的电动势和内电阻	39
第十节 简单的逻辑电路	42
第三章 磁 场	45
第一节 磁现象和磁场	45
第二节 磁感应强度	46
第三节 几种常见的磁场	47
第四节 磁场对通电导线的作用力	50
第五节 磁场对运动电荷的作用力	53
第六节 带电粒子在匀强磁场中的运动	54
第四章 电磁感应	59
第一节 划时代的发现	59
第二节 探究电磁感应的产生条件	59
第三节 法拉第电磁感应定律	61
第四节 楞次定律	63
第五节 感生电动势和动生电动势	66
第六节 互感和自感	68
第七节 涡 流	70
章末小节	71

第五章 交变电流	79
第一节 交变电流.....	79
第二节 描述交变电流的物理量.....	82
第三节 电感和电容对交变电流的影响.....	85
第四节 变压器.....	87
第五节 电能的输送.....	90
章末小节.....	95
第六章 传感器	100
第一节 传感器及其工作原理.....	100
第二节 传感器的应用(一).....	102
第三节 传感器的应用(二).....	108
第四节 传感器的应用实验.....	110
第七章 分子动理论	115
第一节 物体是由大量分子组成的.....	115
第二节 分子的热运动.....	117
第三节 分子间的作用力.....	118
第四节 温度和温标.....	120
第五节 内能.....	120
章末小节.....	122
第八章 气体	125
专题 气体压强的确定.....	125
第一节 气体的等温变化.....	127
第二节 气体的等容变化和等压变化.....	130
第三节 理想气体的状态方程.....	133
第四节 气体热现象的微观意义.....	133
专题 克拉珀龙方程.....	136
章末小节.....	138
第九章 物态和物态变化	142
第一节 固体.....	142
第二节 液体.....	143
第三节 饱和汽与饱和汽压.....	145
第四节 物态变化中的能量转换.....	145
章末小结.....	147
第十章 热力学定律	150
第一节 功和内能.....	150
第二节 热和内能.....	150
第三节 热力学第一定律 能量守恒定律.....	151
第四节 热力学第二定律.....	152
第五节 热力学第二定律的微观解释.....	152
第六节 能源和可持续发展.....	154

章末小结	155
第十一章 机械振动	158
第一节 简谐运动	158
第二节 简谐运动的描述	158
第三节 简谐运动的回复力和能量	160
第四节 单摆	162
第五节 外力作用下的振动	164
章末小节	166
章末检测	166
第十二章 机械波	169
第一节 波的形成和传播	169
第二节 波的图象	171
第三节 波长、频率和波速	173
第四节 波的反射和折射	176
第五节 波的衍射	177
第六节 波的干涉	180
第七节 多普勒效应	183
章末小节	184
章末检测	185
第十三章 光	188
第一节 光的折射	188
第二节 光的干涉	189
第三节 实验:用双缝干涉测量光的波长	191
第四节 光的颜色 色散	193
第五节 光的衍射	194
第六节 光的偏振	195
第七节 全反射	197
第八节 激光	198
章末小节	199
章末检测	199
第十四章 电磁波	202
第一节 电磁波的发现	202
第二节 电磁振荡	203
第三节 电磁波的发射和接收	205
第四节 电磁波与信息化社会	206
第五节 电磁波谱	207
章末小节	208
章末检测	208
第十六章 动量守恒定律	210
第一节 实验:探究碰撞中的不变量	210

第二节 动量守恒定律(一).....	210
第三节 动量守恒定律(二).....	211
专题 动量守恒条件的分析与应用.....	214
第四节 碰撞.....	215
专题“碰撞过程”中四个有用推论.....	217
第五节 反冲运动 火箭.....	219
第六节 用动量概念表示牛顿第二定律.....	221
章末小节.....	223
章末测试.....	223
第十七章 波粒二象性	226
第一节 能量量子化:物理学的新纪元.....	226
第二节 科学的转折:光的粒子性.....	226
第三节 崭新的一页:粒子的波动性.....	229
第四节 概率波.....	230
第五节 不确定性关系.....	231
章末小节.....	231
章末测试.....	232
第十八章 原子结构	234
第一节 电子的发现.....	234
第二节 原子的核式结构模型.....	234
第三节 氢原子光谱.....	236
第四节 玻尔的原子模型.....	236
第五节 激光.....	239
章末小节.....	239
章末测试.....	240
第十九章 原子核	242
第一节 原子核的组成.....	242
第二节 放射性元素的衰变.....	243
第三节 探测射线的方法(略).....	245
第四节 放射性的应用与防护.....	245
第五节 核力与结合能.....	247
第六节 重核的裂变.....	248
第七节 核聚变.....	250
第八节 粒子与宇宙.....	251
章末小节.....	252
章末测试.....	252
参考答案.....	254

第一章 静电场

目标导航

知识与技能

1. 知道电荷守恒定律,知道什么是元电荷。
2. 要求知道点电荷的概念,理解库仑定律的含义及其公式表达,知道静电力常量。会用库仑定律的公式进行有关的计算。
3. 理解电场强度的概念及其定义,会根据电场强度的定义进行有关的计算,知道电场强度是矢量,知道电场强度的方向是怎样规定的。
4. 知道电场的叠加原理,并应用这个原理进行简单的计算。
5. 知道什么是电场线,知道用电场线可以形象地表示电场的方向和强弱。
6. 理解电势的概念,知道在电场中沿着电场线的方向,电势越来越低。知道什么是电势能,知道电场力做功与电势能改变的关系。
7. 知道什么是等势面,理解在同一等势面上移动电荷时电场力不做功。
8. 理解匀强电场中电势差与电场强度的关系 $U=Ed$, 并且能够推导出这个关系式。
9. 知道什么是电容器以及常用的电容器,理解电容器电容的概念及其定义,并能用来进行有关的计算。知道平行板电容器与哪些因素有关,有什么关系。
10. 理解带电粒子在匀强电场中的运动规律,并能分析解决加速和偏转方面的问题。
11. 知道示波管的基本原理。

第一节 电荷 电荷守恒定律

要点精讲

1. 电荷及其基本性质

(1) 自然界存在两种电荷:

正电荷:丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷

负电荷:毛皮摩擦过的橡胶棒所带的电荷

同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

(2) 物体所带电荷的多少叫电荷量(简称电荷),符号为 q 或 Q 。

国际单位制中电荷单位是库仑,符号是 C 。

电荷量有正负值,正电荷的电量用正值表示,负电荷的电量用负值表示。

要知道这里的“+”、“-”号不表示电荷量的大小,只代表电荷的性质(种类)。一般正号一般省略。

2. 物体带电三种方式

(1) 摩擦起电:

摩擦起电的原因:不同物质的原子核束缚电子的能力不同。

摩擦起电的实质:电子的转移。

摩擦起电的结果:两个不同的物体相互摩擦,失去电子的物体带正电,获得电子的物体带负电。

(2) 感应起电:

静电感应:导体接近(不接触)带电体,引起导体上电荷重新分布,使导体两端出现等量异种电荷的现象。

规律:靠近带电体一端(近端)出现异种电荷、远离带电体一端(远端)出现同种电荷。

静电感应微观解释:把带正电的球移近金属导体 A 和 B 时,导体上的自由电子被吸引过来,因此导体 A 和 B 带上了等量的异种电荷。感应起电没有创造电荷,而是使物体中的正负电荷分



图 1-1-1

开,将电荷从物体的一部分转移到另一部分。如图 1-1-1 所示

感应起电:利用静电感应使物体带电,叫做感应起电。

(3) 接触起电:

两个形状、大小完全一样的导体球接触后均分电量,若两球原来带异种电荷,则电荷先中和后均分。

3. 电荷守恒定律(物理学的基本定律之一):

表述一:电荷既不能创造,也不能消灭,它只能从一个物体转移到另一个物体,或从物体的一部分转移到另一部分,在转移的过程中,系统的电荷总数保持不变。

表述二:一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。

4. 元电荷

元电荷:质子(或电子)所带电荷量的绝对值。

电荷量 e 的值: $e=1.60 \times 10^{-19} C$

所有带电物体的电荷量只能是元电荷的整数倍。

5. 比荷:带电粒子的电荷量和质量之比。

电子的比荷电荷量 e 和电子的质量 m_e 的比值为 $\frac{e}{m_e} = 1.76 \times 10^{11} C/kg$

典型题解析

【例 1】有两个完全相同的带电绝缘金属小球 A 、 B , 分别带有电量 $Q_A = 6.4 \times 10^{-9} C$, $Q_B = -3.2 \times 10^{-9} C$, 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?

解析 当两小球接触时, 带电量少的负电荷先被中和, 剩余的正电荷再重新分配。由于两小球相同, 剩余正电荷必均分, 即接触后两小球带电量

$$Q'_A = Q'_B = \frac{Q_A + Q_B}{2} = 1.6 \times 10^{-9} C$$

在接触过程中, 电子由 B 球转移到 A 球, 不仅将自身电荷中和, 且继续转移, 使 B 球带 Q'_B 的正电, 这样, 共转移的电子电量为 $\Delta Q = -Q_B + Q'_B = 3.2 \times 10^{-9} + 1.6 \times 10^{-9} = 4.8 \times 10^{-9} C$

$$\text{转移的电子数 } N = \frac{\Delta Q}{e} = 3.0 \times 10^{10}$$

【例 2】如图 1-1-2 所示, 不带电的枕形导体的 A 、 B 两端各贴有一对金箔。当枕形导体的 A 端靠近一带电导体 C 时()

AA 端金箔张开, B 端金箔闭合

B.用手触摸枕形导体后,A端金箔仍张开,B端金箔闭合

C.用手触摸枕形导体后,将手和C都移走,两对金箔均张开

D.选项A中两对金箔分别带异种电荷,选项C中两对金箔带同种电荷

分析:根据静电感应现象,带正电的导体C放在枕形导体附近,在A端出现了负电,在B端出现了正电,这样的带电并不是导体中有新的电荷,只是电荷的重新分布。金箔上带电相斥而张开。选项A错误。

用手摸枕形导体后,B端不是最远端了,人是导体,人的脚部甚至地球是最远端,这样B端不再有电荷,金箔闭合。选项B正确。

用手触摸导体时,只有A端带负电,将手和C移走后,不再有静电感应,A端所带负电便分布在枕形导体上,A、B端均带有负电,两对金箔均张开。选项C正确。

以上分析看出,选项D也正确。

答案:BCD

【例3】绝缘细线上端固定,下端悬挂一轻质小球a,a的表面镀有铝膜。在a的近旁有一绝缘金属球b,开始时a、b都不带电,如图1-1-3所示。现使b带电,则()

A.a、b之间不发生相互作用

B.b将吸引a,吸住后不放开

C.b立即把a排斥开

D.b先吸引a,接触后又把a排斥开

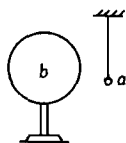


图1-1-3

解析:由于带电体具有吸引轻小物体的性质,所以b首先将其近旁的轻质小球a吸引并使之互相接触,a、b接触后将带上同种电荷,由于同种电荷互相排斥,故最终b又把a排斥开。综上所述,本题正确选项为D。

同步拓展与练习

基础训练(A组)

1.电荷 电荷守恒:自然界中只存在两种电荷:____电荷和____电荷。电荷间的作用规律是:同种电荷相互____,异种电荷相互____。物体所带电荷的多少叫____。

2.静电感应:把电荷移近不带电的导体,可以使____,这种现象叫静电感应。利用静电感应使物体带电叫____起电。

3.电荷既不能创造,也不能消灭,只能从一个物体____到另一物体,或者从物体的一部分____到另一部分。

4.元电荷: $e = \underline{\hspace{1cm}}$,所有带电体的电荷量是____。

5.用毛皮摩擦橡胶棒时,橡胶棒带____电荷,毛皮带____电荷。当橡胶棒带有 2.7×10^{-9} 库仑的电量时,电荷量为 1.6×10^{-19} 库仑的电子有____个从____移到____上。



图1-1-2

6.已知验电器带负电,把带负电的物体移近它,并用手指与验电器上的小球接触一下,然后移去带电体,这验电器将()

A.带正电 B.带负电

C.中性 D.以上三种都有可能

7.关于元电荷的理解,下列说法正确的是()

A.元电荷就是电子

B.元电荷是表示跟电子所带电量数值相等的电量

C.元电荷就是原子

D.物体所带的电量只能是元电荷的整数倍

8.下列说法正确的是()

A.摩擦起电和静电感应都是使物体的正负电荷分开,而总电荷量并未变化

B.用毛皮摩擦过的硬橡胶棒带负电,是摩擦过程中硬橡胶棒上的正电荷转移到了毛皮上

C.用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷是摩擦过程中玻璃棒得到了正电荷

D.物体不带电,表明物体中没有电荷

基础训练(B组)

1.带电微粒所带电量不可能是下列值中的()

A. $2.4 \times 10^{-19} \text{C}$

B. $-6.4 \times 10^{-19} \text{C}$

C. $-1.6 \times 10^{-18} \text{C}$

D. $4.0 \times 10^{-17} \text{C}$

2.关于摩擦起电现象,下列说法中正确的是()

A.摩擦起电是用摩擦的方法将其他物质变成了电荷

B.摩擦起电是通过摩擦将一个物体中的电子转移到另一个物体

C.通过摩擦起电的两个原来不带电的物体,一定带有等量异种电荷

D.通过摩擦起电的两个原来不带电的物体,可能带有同种电荷

3.如图1-1-4所示,将带正电的球C移近不带电的枕形金属导体时,枕形导体上电荷的移动情况是()



图1-1-4

A.枕形导体中的正电荷向B端移动,负电荷不移动

B.枕形导体中电子向A端移动,正电荷不移动

C.枕形导体中的正、负电荷同时分别向B端和A端移动

D.枕形导体中的正、负电荷同时分别向A端和B端移动

第二节 库仑定律

要点精讲

1.库仑定律

(1)内容:真空中两个静止的点电荷的相互作用的静电力跟它们所带电量的乘积成正比,跟它们之间距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

(2)库仑定律表达式: $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

K :静电力恒量。重要的物理常数 $K=9.0 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$,其大小是用实验方法确定的。

(3)库仑定律的适用条件:真空中两个点电荷之间的相互作用。

说明:

①点电荷电量用绝对值代入公式进行计算,然后根据同性电荷相斥、异性电荷相吸判断点电荷之间相互作用是引力还是斥力方向即可。

②库仑力也称为静电力,它具有力的共性。它与高一时学过的重力,弹力,摩擦力是并列的。它具有力的一切性质,它是矢量,合成分解时遵从平行四边形法则。

③ $F=K\frac{Q_1Q_2}{r^2}$, F 是 Q_1 与 Q_2 之间的相互作用力, F 是 Q_1 对 Q_2 的作用力,也是 Q_2 对 Q_1 的作用力的大小,是一对作用力和反作用力,即大小相等方向相反。不能理解为 $Q_1 \neq Q_2$,受的力也不等。

④库仑定律给出的虽是点电荷间的静电力,但是任一带电体都可看成是由许多点电荷组成的,据库仑定律和力的合成法则就可以求出带电体间的静电力大小和方向。

2.点电荷:点电荷是一种理想化模型

把带电体处理为点电荷的条件:

(1)在研究带电体间的相互作用时,如果带电体本身的线度远小于它们之间的距离。带电体本身的大小,对我们所讨论的问题影响甚小,相对来说可把带电体视为一几何点,并称它为点电荷。

(2)点电荷本身的线度不一定很小,它所带的电量也可以很大。点电荷这个概念与力学中的“质点”类似。

(3)点电荷是实际带电体在一定条件下的抽象,是为了简化某些问题的讨论而引进的一个理想化的模型。

3.库仑的实验

研究方法:控制变量法

(1) F 与 r 的关系:随距离的增大而减少

(2) F 与 q 的关系:随电荷量的增大而增大

实验装置:库仑扭秤

典型题解析

【例1】有三个完全一样的金属小球 A 、 B 、 C , A 带电荷量 $+7Q$, B 带电荷量 $-Q$, C 不带电,将 A 、 B 固定起来,然后让 C 球反复与 A 、 B 两球接触,最后移去 C 球,试问 A 、 B 两球间的库仑力变为原来的多少倍?

解析:题中所说的 C 与 A 、 B 反复接触之意,隐含了一个条件: A 、 B 原先所带电荷量的总和,最后在三个相同的小球上均分,所以 A 、 B 两球最后的电荷量均为 $\frac{7Q+(-Q)}{3}=2Q$, A 、 B 两球原先有引力 $F=7\frac{kQ^2}{r^2}$ 。

A 、 B 两球最后有斥力 $F=k\frac{2Q \cdot 2Q}{r^2}=4\frac{kQ^2}{r^2}$

以上两式相除可得 $F=\frac{4F}{7}$

即 A 、 B 间的库仑力变为原来的 $\frac{4}{7}$ 倍。

【例2】有两个带电小球,电荷量分别为 $+Q$ 和 $+9Q$ 。在真空中相距 0.4m 。如果引入第三个带电小球,正好使三个小球都处于平衡状态。求第三个小球带的是哪种电荷?应放在什么地方?电荷量是 Q 的多少倍?

解析:根据上述规律可知,引入的第三个小球必须带负电,放在前两个小球的连线上且离 $+Q$ 较近。设第三个小球带电量为 q ,放在距离 $+Q$ 为 x 处(如图 1-2-2 所示),由平衡条件和库仑定律有:

$$\frac{kQ \cdot q}{x^2} = \frac{k9Q \cdot q}{(0.4-x)^2}$$

图 1-2-2

解得 $x=0.1\text{m}$

以 $+Q$ 为研究对象,由平衡条件得:

$$\frac{kQ \cdot q}{(0.1)^2} = \frac{k \cdot 9Q \cdot Q}{(0.4)^2}$$

$$\text{得 } q = \frac{9Q}{16}$$

即第三个小球带负电,电荷量为 Q 的 $\frac{9}{16}$ 倍

点评:如果将 $+Q$ 改为 $-Q$,或者将 $+9Q$ 改为 $-9Q$,结果又怎样呢?同样可用上述方法分析求解。三个自由电荷的平衡问题,是静电场中的典型问题。为了使电荷系统处于平衡状态,每个电荷受到的两个库仑力必须大小相等、方向相反。根据库仑定律和力的平衡条件,可以概括成易记的口诀为:“三点共线,两同夹异,两大夹小,近小远大。”

【例3】在一个点电荷 $+Q$ 产生的电场中,一群负离子恰好以点电荷为圆心沿圆弧从 a 点运动到 b 点,如图 1-2-3 所示,则这些负离子具有相同的 ()

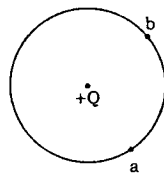


图 1-2-3

A. 动能和电荷量之比;

B. 动量和电荷量之比;

C. 速度和电荷量之比;

D. 质量和电荷量之比。

解析:负离子 q 做匀速圆周运动的向心力由 $+Q$ 对它的库仑力提供,有 $\frac{kQq}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$,可以得出 A 是正确的。

答案:A

【例4】两个形状相同的绝缘金属小球分别带有正、负电荷,固定在一定的距离上,今把它们相碰后置于原处,则它们之间的库仑力与原来相比将:(设两球很小,均能看成点电荷)

A. 变小 B. 变大 C. 不变 D. 以上情况均可能

解析:由电荷守恒定律可知,两球相碰时,正负电荷首先中和,余下电荷重新分配。由于两球完全相同,则相碰后每个小球的带电量均为 $\frac{|q_1+q_2|}{2}$ 。不妨设 q_1 为原来带正电的小球的电量, q_2 为原来带负电的小球的电量。

根据库仑定律,两球原来相互作用力 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$

$$\text{两球后来作用力 } F=k\frac{[\frac{q_1-q_2}{2}]^2}{r^2} = \frac{k(q_1-q_2)^2}{4r^2}$$

两次力大小的变化

$$\Delta F = F - F' = \frac{k(q_1^2 - 6q_1q_2 + q_2^2)}{4r^2}$$

显然 ΔF 的正负取决于括号中的电量的取值范围。

$$\text{令 } y = q_1^2 - 6q_1q_2 + q_2^2$$

当 $y=0$ 时, 即 $q_1 = (3 \pm 2\sqrt{2})q_2$ 时, $\Delta F=0$, 即前后两次电场力大小不变。

当 $y>0$ 时, 即当 $q_1 < (3-2\sqrt{2})q_2$ 或 $q_1 > (3+2\sqrt{2})q_2$ 时, $\Delta F>0$, 即电场力 $F > F'$

当 $y<0$ 时, 即当 $(3-2\sqrt{2})q_2 < q_1 < (3+2\sqrt{2})q_2$ 时, $\Delta F<0$, 即电场力 $F < F'$

综上所述, 随着两球所带电量取值的不同, 三种情况都有可能, 故应选 D。

【例 5】在光滑绝缘的水平面上, A、B 两点分别放着质量为 m 和 $2m$ 的两个带电小球, 带电荷量分别为 Q_A 和 Q_B 。将两小球同时释放, 已知释放时, Q_A 的加速度为 a , 经过一段时间后, Q_B 的加速度大小也是 a , 此时 Q_B 的速度大小为 v , 求此时 Q_A 的速度大小和加速度的大小各为多大?

解析: 题中虽未说明两个小球的电性, 但两球之间的库仑力是一对作用力和反作用力, 总是大小相等、方向相反, 设 Q_B 的加速度为 a 时, 库仑力大小为 F , 根据牛顿第二定律, 有 $F = 2m \cdot a = ma$, 所以 $a = 2a$ 。

取两球为系统, 外力之和为零, 由动量守恒定律可知 $mv_A - 2mv_B = 0$, 所以 $v_A = 2v_B = 2v$ 。

则得此时 Q_A 的加速度为 $2a$, 速度为 $2v$ 。

点评: 库仑定律与力学规律的综合, 包含了库仑定律的大小和方向、牛顿运动定律、动量守恒定律、力的合成和分解等。一定要注意各部分知识的相互联系和综合应用。

同步拓展与练习

基础训练(A组)

1. 关于点电荷的说法, 正确的是 ()

- A. 只有体积很小的带电体, 才能作为点电荷
- B. 体积很大的带电体一定不能看作点电荷
- C. 点电荷一定是电量很小的电荷
- D. 两个带电的金属小球, 不一定能将它们作为电荷集中在球心的点电荷处理

2. 真空中有两个点电荷, 它们间的静电力为 F , 如果保持它们所带的电量不变, 将它们之间的距离增大为原来的 2 倍, 它们之间作用力的大小等于 ()

- A. F B. $2F$ C. $F/2$ D. $F/4$

3. A、B 两个点电荷之间的距离恒定, 当其它电荷移到 A、B 附近时, A、B 之间的库仑力将 ()

- A. 可能变大 B. 可能变小
- C. 一定不变 D. 不能确定

4. 两个半径均为 1cm 的导体球, 分别带上 $+Q$ 和 $-3Q$ 的电量, 两球心相距 90cm, 相互作用力大小为 F , 现将它们碰一下后, 放在两球心间相距 3cm 处, 则它们的相互作用力大小变为 ()

- A. 3000F B. 1200F C. 900F D. 无法确定

5. 真空中有两个固定的带正电的点电荷, 其电量 $Q_1 > Q_2$, 点电荷 q 置于 Q_1 、 Q_2 连线上某点时, 正好处于平衡, 则 ()

- A. q 一定是正电荷 B. q 一定是负电荷
- C. q 离 Q_2 比离 Q_1 远 D. q 离 Q_2 比离 Q_1 近

6. 设氢原子核外电子的轨道半径为 r , 电子质量为 m , 电量为 e , 求电子绕核运动的周期。

基础训练(B组)

1. 关于点电荷的概念, 下列说法正确的是 ()

- A. 当两个带电体的形状对它们之间相互作用力的影响可忽略时, 这两个带电体可看作点电荷
- B. 只有体积很小的带电体才能看作点电荷
- C. 体积很大的带电体一定不能看作点电荷
- D. 对于任何带电球体, 总可把它看作电荷全部集中在球心的点电荷

2. 真空中有两个相同的带电金属小球 A 和 B, 相距为 r , 带电量分别为 q 和 $8q$, 它们之间作用力的大小为 F , 有一个不带电的金属球 C, 大小跟 A、B 相同, 用 C 跟 A、B 两小球反复接触后移开, 此时 A、B 间的作用力大小为 ()

- A. $F/8$ B. $3F/8$ C. $7F/8$ D. $9F/8$

3. 如图 1-2-4 所示, 质量、电量分别为 m_1 、 m_2 、 q_1 、 q_2 的两球, 用绝缘丝线悬于同一点, 静止后它们恰好位于同一水平面上, 细线与竖直方向夹角分别为 α 、 β , 则 ()

- A. 若 $m_1 = m_2$, $q_1 < q_2$, 则 $\alpha < \beta$
- B. 若 $m_1 = m_2$, $q_1 < q_2$, 则 $\alpha > \beta$
- C. 若 $q_1 = q_2$, $m_1 > m_2$, 则 $\alpha > \beta$
- D. 若 $m_1 > m_2$, 则 $\alpha < \beta$, 与 q_1 、 q_2 是否相等无关

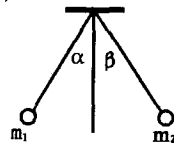


图 1-2-4

4. 将两个半径极小的带电小球 (可视为点电荷), 置于一个绝缘的光滑水平面上, 相隔一定的距离从静止开始释放, 那么下列叙述中正确的是 (忽略两球间的万有引力作用) ()

- A. 它们的加速度一定在同一直线上, 而且方向可能相同
- B. 它们的加速度可能为零
- C. 它们的加速度方向一定相反
- D. 它们加速度的大小一定越来越小

5. 两个完全相同的小金属球, 它们的带电量之比为 5:1 (皆可视作点电荷), 它们在相距一定距离时相互作用力为 F_1 , 如果让它们接触后再放回各自原来的位置上, 此时相互作用力

第三节 电场强度

变为 F_2 , 则 $F_1:F_2$ 可能为 ()

- A. 5:2 B. 5:4 C. 5:6 D. 5:9

6. 如图 1-2-5 所示, 用两根丝线挂着两个质量相同的小球 M 、 N , 此时上下丝线的受力分别为 T_M 和 T_N , 如果使 M 球带正电, N 球带负电, 上下线受到的力分别为 T'_M 、 T'_N , 则 ()

- A. $T_M < T'_M$ B. $T_N > T'_N$ C. $T_M = T'_M$ D. $T_N < T'_N$



图 1-2-5



图 1-2-6

7. 如图 1-2-6 所示, 在光滑且绝缘的水平面上, 有 2 个金属小球 A 和 B , 它们用一轻弹簧相连, 带同种电荷。弹簧伸长 x_0 时小球平衡, 如果 A 、 B 带电量加倍, 当它们重新平衡时, 弹簧伸长为 x , 则 x 和 x_0 的关系为 ()

- A. $x=2x_0$ B. $x=4x_0$ C. $x<4x_0$ D. $x>4x_0$

8. 真空中固定着 A 、 B 两个带负电的点电荷, 它们间的距离为 10 cm, 现将另一个点电荷 C , 放到 A 、 B 连线上距 A 2 cm 处, 则 C 恰好处于平衡状态, 则 A 、 B 两个点电荷电量之比 $Q_A:Q_B =$ _____。

9. 两个小球都带正电, 总共有电荷 $5.0 \times 10^{-5} \text{C}$, 当两个小球相距 3.0 m, 它们之间的斥力为 0.4 N, 问总电荷在两个小球上是怎样分配的?

10. 两个带电量分别为 Q 、 $4Q$ 的负点电荷 a 、 b , 在真空中相距 L , 现引入第三个点电荷 C , 能使三个点电荷都处于静止状态, 确定电荷 C 的位置、电性及它的电荷量。

11. 如图 1-2-7 所示, 一个挂在丝线下端的带正电的小球 B , 静止在图示位置; 若固定的带正电的小球 A 电量为 Q , B 球的质量为 m , 带电量为 q , 丝线与竖直方向夹角为 θ , A 和 B 在同一水平线上, 整个装置处于真空中, 求 A 、 B 两球之间的距离为多少?

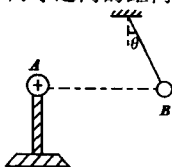


图 1-2-7

要点精讲

1. 电场

(1) 概念: 电场是带电体周围存在的特殊物质。

这种特殊物质不同于由分子、原子构成的物质, 它看不见, 摸不着, 但客观存在, 具有能量。

(2) 电场的最基本性质是对放入其中的电荷有力的作用, 这种力称为电场力。

(3) 电场是传递电荷间相互作用力的媒介物。

2. 场源电荷: 产生电场的那个电荷称为场源电荷。

检验电荷(试探电荷): 用来检验电场的电量很小(不影响原电场); 体积很小(可以当作一点)的电荷。

3. 电场强度

(1) 定义: 放入电场中某一点的电荷受到的电场力跟它的电量的比值叫该点的电场强度, 简称场强。

(2) 定义式: $E = \frac{F}{q}$

(适用于一切电场; q 为试探电荷的电荷量, F 为电场对试探电荷的作用力)

(3) 国际单位: 牛/库 (N/C)

(4) E 的方向: 电场中某点场强方向规定为放在该点的正电荷受到的电场力方向。

(5) E 的物理意义: 描述该点的电场强弱和方向, 是描述电场力的性质的物理量, 是矢量。

注意: 某点的场强 E 的大小及方向取决于电场本身(即场源电荷及该点的位置), 与有无试探电荷, 试探电荷的正负、电荷量 q 和受到的力 F 无关。

4. 点电荷电场的场强

(1) 大小: 真空中: $E = \frac{kQ}{r^2}$

(2) 方向: 正点电荷形成的电场中各点场强方向均背离正电荷

负点电荷形成的电场中各点场强方向均指向负电荷如图 1-3-1

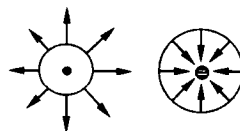


图 1-3-1

5. 比较: $E = \frac{F}{q}$ 和 $E = \frac{kQ}{r^2}$

(1) $E = \frac{F}{q}$ 是场强的定义式, 适用于任何电场。 q 是检验电荷, E 与 q 无关。

(2) $E = \frac{kQ}{r^2}$ 是点电荷电场中场强的计算式。 Q 是场源电荷, E 与 Q 成正比。

6. 电场的叠加原理

如果有几个点电荷同时存在, 它们产生的电场就相互叠加, 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矢量和。如图 1-3-2 所示

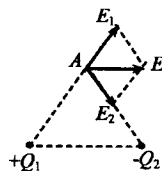


图 1-3-2

7. 电场力

(1) 定义: 电场对放入其中的电荷有力的作用, 这种力叫

电场力。

(2) 大小: $E = \frac{F}{q}$

- (3) 方向: 正电荷所受电场力方向与该点场强方向相同。
负电荷所受电场力方向与该点场强方向相反。

8. 电场线

(1) 概念: 电场线是用来形象地描述电场强弱与方向特性的一簇曲线。

电场线上每一点的切线方向, 都和该点的场强方向一致。

如图 1-3-3 所示。

(2) 几种典型电场的电场线如图 1-3-4 所示。

① 正、负点电荷的电场中电场线的分布。

a 离点电荷越近, 电场线越密, 场强越大

b 以点电荷为球心作个球面, 电场线处处与球面垂直, 在此球面上场强大小处处相等, 方向不同。

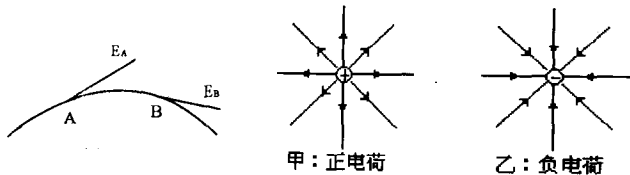


图 1-3-3

图 1-3-4

② 等量同种点电荷形成的电场中电场线分布情况, 如图 1-3-5 所示。

a 两点电荷连线中点处场强为 0;

b 两点电荷连线中点附近的电场线非常稀疏, 但场强并不为 0;

c 两点电荷连线的中点到无限远电场线先变密后变疏场强先变大后变小。

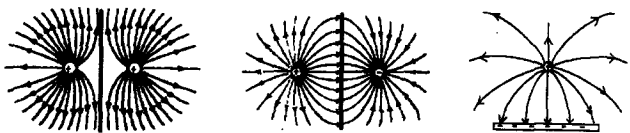


图 1-3-5

图 1-3-6

图 1-3-7

③ 等量异种点电荷形成的电场中的电场线分布, 如图 1-3-6 所示。

a 沿点电荷的连线, 场强先变小后变大;

b 两点电荷连线中垂面(中垂线)上, 场强方向均相同, 且总与中垂面(中垂线)垂直;

c 在中垂面(中垂线)上, 与两点电荷连线的中点等距离各点场强相等。

④ 点电荷与带电平板的电场中电场线的分布, 如图 1-3-7 所示。

a 以点电荷向平板作垂线为轴电场线左右对称;

b 电场线的分布情况类似于等量异种电荷的电场线分布, 而带电平板恰为两电荷连线的垂直平分线。

(3) 电场线特点

① 电场线是人们画出来形象描述电场方向的一族曲线, 并非真实存在, 但实验可以模拟这族曲线的形状。

② 电场线起于正电荷, 止于负电荷, 不形成闭合曲线。

③ 电场线上每一点的切线方向跟这一点的场强方向一致

④ 电场线密处电场强, 电场线疏处电场弱

⑤ 电场线在空间不能相交

9. 匀强电场

如图 1-3-8 所示

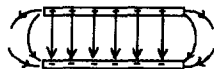


图 1-3-8

a 匀强电场是大小和方向都相同的电场, 故匀强电场的电场线是平行等距的直线

b 电场线的疏密反映场强大小, 电场方向与电场线平行

典型题解析

【例 1】场源点电荷 $Q=10^{-4}\text{C}$, 试探点电荷 $q=-10^{-5}\text{C}$, 它们相距 $r=1\text{m}$ 而静止, 且都处于空气中, 如图 1-3-9 所示, 求

(1) q 受的电力。

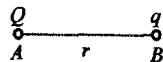


图 1-3-9

(2) q 所在 B 点的场强 E_B ?

(3) 只将 q 换为 $q'=2\times 10^{-5}\text{C}$ 的电荷, 求 q' 所受力及 B 点的场强。

(4) 将试探电荷拿去后, 再求 B 点的场强。

解: (1) 由库仑定律, $F=k\frac{Qq}{r^2}=9.0\times 10^9\times \frac{10^{-4}\times 10^{-5}}{1^2}=9\text{N}$, 方向在 AB 连线上, 且指向 A。

(2) 由场强的定义, $E=\frac{F}{q}=\frac{9}{10^{-5}}=9\times 10^5\text{V/m}$, 或由 $E=k\frac{Q}{r^2}=9.0\times 10^9\times \frac{10^{-4}}{1^2}=9.0\times 10^5\text{V/m}$, 方向由 A 指向 B。

(3) 由 $F=k\frac{Qq'}{r^2}=9.0\times 10^9\times \frac{10^{-4}\times 2\times 10^{-5}}{1^2}=18\text{N}$, 方向由 A 指向 B。

再由 $E=\frac{F}{q'}=\frac{18}{2\times 10^{-5}}=9\times 10^5\text{V/m}$, 方向由 A 指向 B。

或: 先由 $E=k\frac{Q}{r^2}=9.0\times 10^9\times \frac{10^{-4}}{1^2}=9.0\times 10^5\text{V/m}$, 方向由 A 指向 B。

再由 $F=Eq'=9.0\times 10^5\times 2.0\times 10^{-5}=18\text{N}$, 方向由 A 指向 B。

(4) 因 E 与 q 无关, 自然 $q=0$ 也不会影响 E 的大小和方向, 所以拿走 q 后, 场强不变。

【例 2】如图 1-3-10, 点电荷 q 与 $4q$ 静止于空气中, 相距 r , 它们都是正电荷, 求:

(1) 它们连线中点 A 的场强。

(2) 求场强为零的点的位置。

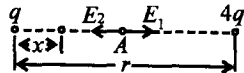


图 1-3-10

解: (1) 设 q 、 $4q$ 在 A 点产生的场强分别为 E_1 、 E_2 ,

$$\text{则 } E_A = E_2 - E_1 = k\frac{4q}{(\frac{r}{2})^2} - k\frac{q}{(\frac{r}{2})^2} = \frac{12kq}{r^2} \text{ 方向从 A } \rightarrow q.$$

(2) 先分析 $E=0$ 的点的可能位置范围。因 $E=0$ 为 q 、 $4q$ 两点电荷产生场强叠加的结果, 故两场强必等大反向, 则可断定 $E=0$ 的点在 q 与 $4q$ 的中间连线上。

令 $E=0$ 的点 O 距 q 为 x , 则有

$$k\frac{q}{x^2} = k\frac{4q}{(r-x)^2}, \text{ 得: } x_1 = \frac{r}{3}, x_2 = -r \text{ (无意义, 舍去)}$$

【例 3】关于电场线, 下述说法中正确的是 ()

A. 电场线是客观存在的



B. 电场线与电荷运动的轨迹是一致的

C. 电场线上某点的切线方向与与电荷在该点受力方向可以不同

D. 沿电场线方向, 场强一定越来越大

解析: 电场线不是客观存在的, 是为了形象描述电场的假想线, A 选项是错的。B 选项也是错的, 静止开始运动的电荷所受电场力方向应是该点切线方向, 下一时刻位置应沿切线方向上, 可能在电场线上, 也可能不在电场线上, 轨迹可能与电场线不一致。何况电荷可以有初速度, 运动轨迹与初速度大小方向有关, 可能轨迹很多, 而电场线是一定的。正电荷在电场中受的电场力方向与该点切线方向相同, 而负电荷所受电场力与该点切线方向相反, 选项 C 是正确的。场强大小与场强的方向无关, 与电场线方向无关, D 选项是错的。

本题答案应是: C

【例 4】下列关于带电粒子在电场中的运动轨迹与电场线的关系说法中正确的是()

A. 带电粒子在电场中运动, 如只受电场力作用, 其加速度方向一定与电场线方向相同

B. 带电粒子在电场中的运动轨迹一定与电场线重合

C. 带电粒子只受电场力作用, 由静止开始运动, 其运动轨迹一定与电场线重合

D. 带电粒子在电场中运动轨迹可能与电场线重合

【解析】电荷的运动轨迹和电场线是完全不同的两个概念, 在分析有关问题时, 既要明确二者的本质区别, 还要搞清二者重合的条件。电场线方向表示场强方向, 它决定电荷所受电场力方向, 从而决定加速度方向, 正电荷加速度方向与电场线的切线方向相同, 负电荷则相反, 故 A 错。带电粒子的运动轨迹应由粒子在电场中运动的初速度和受力情况来决定, 而该带电粒子所在运动空间的电场的电场线可能是直线也有可能是曲线, 带电粒子在电场力作用下只有满足: (1) 电场线是直线; (2) 粒子的初速度为零或初速度方向与电场线在一条直线上时, 其运动轨迹才与电场线重合, 故 B、C 错而 D 选项正确。

同步拓展与练习

基础训练(A组)

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_____, 电荷间的相互作用是通过_____发生的。

2. 在电场中画出一系列的从_____出发到_____终止的曲线, 使曲线上每一点的_____方向都跟该点场强方向一致, 这些曲线就叫做电场线, 电场线的密稀表示场强的_____。在电场的某一区域, 如果场强的_____和_____都相同, 这个区域的电场叫匀强电场。

3. 电场中 A、B、C 三点的电场强度分别为: $E_A = -5\text{V/m}$ 、 $E_B = 4\text{V/m}$ 、 $E_C = -1\text{V/m}$, 则这三点的电场由强到弱的顺序是()

A. ABC B. BCA C. CAB D. ACB

4. 由电场强度的定义 $E = F/q$ 可知()

A. E 和 F 成正比, F 越大 E 越大

B. E 和 q 成反比, q 越大 E 越小

C. E 的方向与 F 的方向相同

D. E 的大小可由 F/q 确定

5. A 为已知电场中的一个固定点, 在 A 点放一电量为 q 的电荷, 所受电场力为 F, A 点的电场强度为 E, 则()

A. 若在 A 点换上 $-q$, A 点的电场强度将发生变化

B. 若在 A 点换上电量为 $2q$ 的电荷, A 点的电场强度将变为 $2E$

C. 若 A 点移去电荷 q, A 点的电场强度变为零

D. A 点电场强度的大小、方向与 q 的大小、正负、有无均无关

6. 由电场强度的定义 $E = F/q$ 可知()

A. 这个定义只适于点电荷电场

B. 式中的 F 是放入电场中的电荷所受的电场力, q 是电荷所带的电荷量

C. 式中的 F 是放入电场中的电荷所受的电场力, q 是产生电场的电荷的电荷量

D. 库仑定律 $F = KQ_1Q_2/r^2$ 中, KQ_2/r^2 是点电荷 Q_2 产生的电场在 Q_1 所在处的场强大小

7. 如图 1-3-11 所示是电场中某一条电场线, 下列说法中正确的是()



图 1-3-11

A. A、B 两点电场方向相同

B. A、B 两点电场大小关系是 $E_A > E_B$

C. 电场线是直线, 则 $E_A = E_B$

D. 不知附近的电场线分布, E_A 、 E_B 的大小不确定

8. 下列情况中, A、B 两点的电场强度矢量相等的是()

A. 与孤立正点电荷距离相等的 A、B 两点

B. 与孤立负点电荷距离相等的 A、B 两点

C. 两个等量异种点电荷连线的中垂线上, 与两点电荷的连线距离相等的 A、B 两点

D. 两个等量同种点电荷连线的中垂线上, 与两点电荷的连线距离相等的 A、B 两点

基础训练(B组)

1. 在电场中某点放一检验电荷, 其电量为 q, 检验电荷受到的电场力为 F, 则该点电场强度为 $E = F/q$, 那么下列说法正确的是()

A. 若移去检验电荷 q, 该点的电场强度就变为零

B. 若在该点放一个电量为 $2q$ 的检验电荷, 该点的场强就变为 $E/2$

C. 若在该点放一个电量为 $-2q$ 的检验电荷, 则该点场强大小仍为 E, 但电场强度的方向变为原来相反的方向

D. 若在该点放一个电量为 $-\frac{q}{2}$ 的检验电荷, 则该点的场

强大小仍为 E , 电场强度的方向也还是原来的场强方向

2. 对于由点电荷 Q 产生的电场, 下列说法正确的是 ()

A. 电场强度的表达式仍成立, 即 $E=F/Q$, 式中的 Q 就是产生电场的点电荷所带电量

B. 在真空中, 点电荷产生电场强度的表达式为 $E=\frac{kQ}{r^2}$, 式中 Q 就是产生电场的点电荷所带电量

C. 在真空中 $E=\frac{kQ}{r^2}$, 式中 Q 是试探电荷

D. 上述说法都不对

3. 当在电场中某点放入正点电荷时, 正点电荷受到的电场力向右; 当放入负点电荷时它受到的电场力向左下列说法正确的是 ()

A. 当放入正电荷时, 该点场强方向向右; 当放入负电荷时, 该点场强方向向左

B. 只有在该点放入电荷时, 该点才有场强

C. 该点场强方向一定向右

D. 以上说法均不正确

4. 如图 1-3-12 所示, 四个电场线图, 一正电荷在电场中由 P 到 Q 做加速运动且加速度越来越大, 那么它是在哪个图示电场中运动 ()

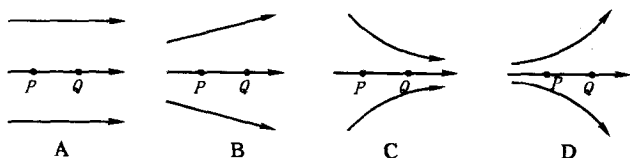


图 1-3-12

5. 在点电荷 Q 形成的电场中, 已测出 A 点场强为 100 N/C , C 点场强为 36 N/C , B 点为 A 、 C 两点连线的中点 (如图 1-3-13 所示), 那么 B 点的场强为 _____。

6. 如图 1-3-14 所示, 在真空中相距为 L 的 A 、 B 两点分别放置电量大小均为 Q 的正负点电荷, 那么在离 A 、 B 两点距离都等于 L 的点的电场强度方向为 _____, 该点的场强大小为 _____。

7. 如图 1-3-15 所示, 一个粒子质量为 m 、带电量为 $+Q$, 以初速度 v_0 与水平面成 45° 角射向空间匀强电场区域, 粒子恰做直线运动, 则这匀强电场的强度最小值为 _____; 方向是 _____。

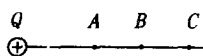


图 1-3-13

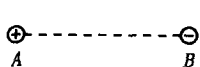


图 1-3-14

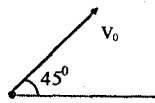


图 1-3-15

8. 如图 1-3-16 所示, A 为带正电 Q 的金属板, 沿金属板的垂直平分线, 在距板 r 处放一质量为 m 、电量为 q 的小球, 小球受水平向右的电场力偏转 θ 角而静止。小球用绝缘丝线悬挂于 O 点, 试求小球所在处的电场强度。

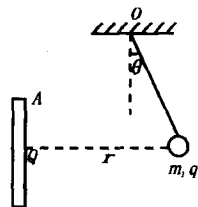


图 1-3-16

9. 如图 1-3-17 所示, 两根长为 L 的丝线下端悬挂一质量为 m 、带电量分别为 $+Q$ 和 $-Q$ 的小球 A 和 B , 处于场强为 E , 方向水平向左的匀强电场之中, 使长度也为 L 的连线 AB 拉紧, 并使小球处于静止状态。求 E 的大小满足什么条件才能实现上述平衡状态。

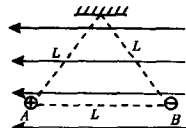


图 1-3-17

10. 在场强为 E 、方向竖直向下的匀强电场中, 有两个质量均为 m 的带电小球 A 和 B , 电量分别为 $+2q$ 和 $-q$, 两小球间用长为 L 的绝缘细线连接, 并用绝缘细线悬挂在 O 点, 如图 1-3-18 所示。平衡时, 细线对悬点的作用力多大?

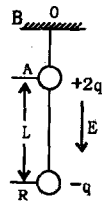


图 1-3-18

11. 如图 1-3-19 所示, 一条长为 L 的细线, 上端固定, 下端拴一质量为 m 的带电小球, 将它置于一匀强电场中, 电场强度大小为 E , 方向水平向右, 已知细线离开竖直位置的偏角为 α 时, 小球处于平衡。

(1) 小球带何种电荷? 求出小球所带电量。

(2) 如果使细线的偏角内 α 增大到 Φ , 然后将小球由静止释放, 则 Φ 为多大才能使在细线到达竖直位置时, 小球的速度刚好为零。

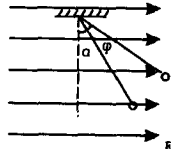


图 1-3-19

第四节 电势能和电势

要点精讲

1. 静电力做功的特点:

在任何电场中,静电力移动电荷所做的功,只与始末两点的位置有关,而与电荷的运动路径无关。如图 1-4-1 试探电荷 q 在匀强场强为 E 的匀强电场中沿不同路径从 A 运动到 B 电场力做功的情况。

(1) q 沿直线从 A 到 B

(2) q 沿折线从 A 到 M 、再从 M 到 B

(3) q 沿任意曲线 A 到 B

结果都一样即: $W = qEL_{AM} = qEL_{AB}\cos\theta$

2. 电势能

(1) 电势能: 电荷在电场中具有和相对位置有关的势能叫做电势能。

(2) 静电力做功与电势能变化的关系:

① 电场力做正功, 电荷的电势能减小; 电场力做负功, 电荷的电势能增加。

② 电场力做多少功, 电势能就变化多少, 静电力做的功等于电势能的变化量。

写成式子为: $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB}$ (遵循代数运算)

(3) 电势能是电荷和电场所共有的, 具有系统性。

(4) 电势能是标量。

(5) 电势能是相对的, 与零电势能面有关。电势能为负表示电荷在该处的电势能比零还要小。

(6) 电势能零点的规定。

若要确定电荷在电场中的电势能, 应先规定电场中电势能的零位置。

关于电势能零点的规定: 理论上任意选取, 通常把电荷在离场源电荷无限远处的电势能规定为零, 或把电荷在大地上电势能规定为零。

3. 电荷在电场中某点具有的电势能

电荷在电场中某一点 A 具有的电势能 E_P 等于将该点电荷由 A 点移到电势零点电场力所做的功 W , 即 $E_P = W$

如图 1-4-1, 若取 B 为电势能零点, 则 A 点的电势能为:

$$E_{PA} = W_{AB} = qEL_{AB}$$

注意:

① 在正电荷产生的电场中正电荷在任意一点具有的电势能都为正, 负电荷在任一点具有的电势能都为负。

在负电荷产生的电场中正电荷在任意一点具有的电势能都为负, 负电荷在任意一点具有的电势能都为正简记为“同号得正, 异号得负”。

② 判断电荷在电场中 A 、 B 两点具有电势能高低的方法:

将电荷由 A 点移到 B 点根据电场力做功情况判断, 电场力做正功, 电势能减小, 电荷在 A 点电势能大于在 B 点的电势能, 反之电场力做负功, 电势能增加, 电荷在 B 点的电势能小

于在 B 点的电势能。

③ 在只受电场力作用下, 电势能与动能相互转化, 而它们的总量保持不变。

4. 电势 φ ——表征电场性质的重要物理量度

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

(2) 公式: $\varphi = \frac{E_P}{q}$ (与试探电荷无关, 遵循代数运算)

(3) 单位: 伏特 (V) $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$

(4) 标量, 只有大小, 没有方向, 但有正负。

电势和电势能都是相对的, 且为标量, 正负号均表示大小 (5) 电势具有相对性: 确定电势, 应先规定电场中某处的电势为零。 (通常规定离场源电荷无限远处或大地的电势为零)

(6) 电势的固有性: 电场中某点的电势的大小是由电场本身的性质决定的, 与放不放电荷及放什么电荷无关。即 φ 与 E_P 、 q 无关

5. 电势与电场线的关系: 沿电场线方向电势降低

6. 等势面

(1) 定义: 电场中电势相等的点构成的面

(2) 等势面的性质:

① 在同一等势面上各点电势相等, 所以在同一等势面上移动电荷, 电场力不做功。

② 电场线跟等势面一定垂直, 并且由电势高的等势面指向电势低的等势面。

③ 等势面越密, 电场强度越大。

④ 等势面不相交, 不相切。

(3) 几种电场的电场线及等势面

电场名称	等势面简图	简要描述
匀强电场		一族平面
点电荷		一族球面
等量异号电荷		两族对称曲面
等量同号电荷		“内二外一”

注意: ① 等量同种正电荷连线上中点电势最小, 中线上由中点到无穷远电势逐渐减小, 无穷远电势为零。

② 等量异种电荷连线上由正电荷到负电荷电势逐渐减小, 中线上各点电势相等且都等于零。

③ 电场强度与电势无直接关系。

典型题解析

【例1】一个点电荷从电场中的 a 点移到 b 点, 其电势能变化为零, 则()

- A. a, b 两点的场强一定相等
- 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. 作用于该点电荷的电场力与移动方向总是保持垂直

分析: 在电场中移动电荷时, 电势能的变化只跟电荷的始末位置有关, 跟它的具体运动路径无关, 只要电荷的始末位置在同一等势面上, 电势能的变化一定等于零, 电场力做功一定为零; 但不能断定整个移动过程中电场力始终不做功、电势能始终不变, 所以该电荷不一定沿等势面移动, 电场力也不一定总是与移动方向垂直, 所以只有 B 正确。

答案: B

探究: “沿等势面移动”和“始末位置在同一等势面上”其物理意义有何不同? (提示: “沿等势面移动”是移动过程中电势始终不变, “始末位置在同一等势面上”仅表明始末位置电势相同, 但中间过程电势不一定相同)

【例2】如图 1-4-2 中的虚线为某个点电荷电场的等势面, 现有两个带电粒子 a, b (不计重力), 以相同的速率从同一点 A 出发, 沿不同路径分别到达 B, C 点。根据图示情况可以得知()

- A. 两个粒子电量一定相等
- B. 两个粒子的电性一定相反
- C. 粒子 a 的动能先减少后增加
- D. 经过 B, C 点时, 两粒子速率相同

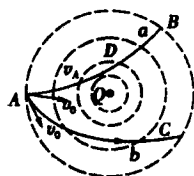


图 1-4-2

分析: 由初速度方向和粒子的运动轨迹知, a, Q 间为斥力, b, Q 间为引力, 所以 a, b 电性相反, B 正确; 由于图中只显示运动的大致情况, 无法判断 a, b 电荷量的多少, 所以 A 错; 对 a 粒子, 电场力先做负功后做正功, 故其动能先减少后增加, C 正确; 当 a, b 分别到达 B, C 点时, 由于 B, C 和出发点 A 位于同一等势面上, 运动过程中电场力做功为零, 因而动能不变, 所以 D 正确。

答案: BCD

探究: 由带电粒子在电场中的运动轨迹, 电场中的等势面 (或电场线) 以及电荷的电性, 可以判断哪些物理量的变化? (电势、电势能、动能、加速度、场强等), 如何判断? (由轨迹判定受力, 继而判定粒子电性, 后判断能量变化再判定速率的可能变化情况)

同步拓展与练习

基础训练(A组)

1. 如图 1-4-3 所示, A, B 是电场中两点, 一个带负电的点电荷 Q 在 A 点所受的电场力要比它在 B 点所受的电场力_____, 该负电荷在 A 点的电势能要比它在 B 点的电势能_____, A 点的电场强度要_____于 B 点的电场强度, A 点的电势要_____于 B 点的电势。

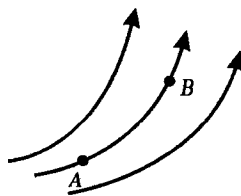


图 1-4-3

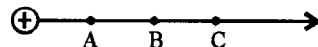


图 1-4-4

2. 如图 1-4-4 所示, 在点电荷电场中的一条电场线上依次有 A, B, C 三点, 分别把 $+q$ 和 $-q$ 的试验电荷依次放在三点上, 关于它所具有的电势能的正确说法是()

- A. 放上 $+q$ 时, 它们的电势能 $E_{PA} > E_{PB} > E_{PC}$
- B. 放上 $+q$ 时, 它们的电势能 $E_{PA} < E_{PB} < E_{PC}$
- C. 放上 $-q$ 时, 它们的电势能 $E_{PA} > E_{PB} > E_{PC}$
- D. 放上 $-q$ 时, 它们的电势能 $E_{PA} < E_{PB} < E_{PC}$

3. 关于电场中的电场线, 下列说法正确的是()

- A. 带正电的点电荷在电场力作用下, 运动的轨迹和电场线重合
 - B. 沿电场线方向电场强度逐渐减小
 - C. 沿电场线方向电势逐渐降低
 - D. 电荷沿电场线方向运动, 电势能减少
4. 下列说法中, 正确的是()

- A. 当两个正点电荷互相靠近时, 它们之间的库仑力增大, 它们的电势能也增大
- B. 当两个负点电荷互相靠近时, 它们之间的库仑力增大, 它们的电势能也增大
- C. 一个正电荷与一个负点电荷互相靠近时, 它们之间的库仑力增大, 它们的电势能也增大
- D. 一个正点电荷与一个负点电荷互相靠近时, 它们之间的库仑力减小, 它们的电势能也减小

5. 如图 1-4-5 所示, 虚线 a, b, c 是某静电场中的三个等势面, 它们的电势分别为 Φ_a, Φ_b, Φ_c , 且 $\Phi_a > \Phi_b > \Phi_c$, 一带正电的粒子射入电场中, 其运动轨迹如实线 $KLMN$ 所示。由图可知()

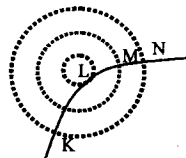


图 1-4-5

- A. 粒子从 K 到 L 的过程中, 电场力做负功
- B. 粒子从 L 到 M 的过程中, 电场力做负功
- C. 粒子从 K 到 L 的过程中, 电势能增加
- D. 粒子从 L 到 M 的过程中, 动能减少