

GAOZHONG

高中物理

WULI

二年級

TONGBU
XUEXI
ZHIDAO

同步学习指导

上海教育出版社 SHANGHAI JIAOYU CHUBANSHE

高中物理同步学习指导

二 年 级

主编：杨 祖 荫

上 海 教 育 出 版 社

高中物理同步学习指导

二 年 级

主 编 杨 祖 荫

上海教育出版社出版发行

(上海永福路 123 号)

(邮政编码: 200031)

各地新华书店经销 上海东华印务公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 238,000

1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—5,150 本

ISBN 7-5320-5389-X/C·5631 定价: 12.30 元

如遇印装质量问题请拨打 52815253×3019 地址: 云岭西路 400 弄 251 号

主 编	王振里	李高风	
副 主 编	林马达	徐日新	韩玉山
本册主编	杨祖荫		
编 写 者	刘有祥	吕信祥	潘家忻
	董克剑	杨祖荫	

前 言

《高中物理同步学习指导》是一套内容与教材同步、题型新颖多样的高中物理参考丛书。这套丛书分第一册、第二册和第三册,是高中一、二、三年级学生配套参考用书,旨在帮助学生把握高中物理知识的重点、难点,构建知识点与考点的联系,辨析易犯错误,分析典型习题,理清解题思路,提高分析问题和解决问题的能力。同时也可供教师、教研员备课、命题时参考使用。

这套丛书是在贯彻《全日制中学物理教学大纲》的基础上,紧密配合人民教育出版社最新教材,渗透《高考物理考试说明》精神,从各年级教学内容出发,编选一定量的、能体现以知识和能力为载体的测评试题,以利加强基础,培养能力。本丛书第一、二册以章为单元编写学法指导、范例分析、自我测评、阶段测评;以节为小单元,设计A、B组同步训练;第二册还根据高中毕业会考要求,设计了会考适应性测评。第三册根据《高考物理考试说明》,从知识块的角度,撰写了19个专题,并精心设计学能倾向性测评和高考适应性测评。书中有些习题较难或超纲,已打上*号,以训练和提高学生解题能力。我们深信,这套丛书对重点中学和普通中学的学生有普适性和启迪性。

本书蒙人民教育出版社张大昌同志审定,在此表示万分感谢。

由于水平所限,若有疏漏处,恳请读者拨冗指教。

编 者

1997年3月

目 录

第一章 电场	1
第一单元 电荷及其相互作用.....	3
第二单元 电场.....	5
第三单元 电势能 电场力做功 电势差.....	8
第四单元 电容器 电容	12
第五单元 静电的防止和利用	14
自我测评 A 组 B 组	15
第二章 恒定电流	20
第一单元 电阻定律 欧姆定律	24
第二单元 电功和电功率 焦耳定律	26
第三单元 串并联电路	28
第四单元 闭合电路欧姆定律	31
第五单元 电学实验	35
自我测评 A 组 B 组	40
阶段测评	45
第三章 磁场	50
第一单元 磁现象和磁现象的本质	53
第二单元 磁场对电流的作用 左手定则	55
第三单元 磁感强度和磁通量	58
自我测评 A 组 B 组	62
第四章 电磁感应	68
第一单元 电磁感应现象	70
第二单元 感应电动势	73
第三单元 自感	77
自我测评 A 组 B 组	80
第五章 交流电	86
第一单元 交流电的产生和变化规律	89
*第二单元 三相交流电	92
第三单元 变压器和远距离输电	94
第六章 电磁振荡和电磁波	97
第一单元 电磁振荡	99

第二单元	电磁场和电磁波	101
*第三单元	电磁波的发射和接收	102
*第四单元	电子技术初步知识	103
自我测评	A组 B组	105
阶段测评		110
第七章	光的反射和折射	114
第一单元	光的直线传播 反射 平面镜	117
第二单元	光的折射 全反射 棱镜	120
第三单元	透镜	123
自我测评	A组 B组	126
第八章	光的本性	132
第一单元	光的干涉与衍射	135
第二单元	光的电磁说 电磁波谱 光谱分析	139
第三单元	光子说 光电效应	141
自我测评	A组 B组	144
第九章	原子 原子核	149
第一单元	原子结构	152
第二单元	天然放射现象	154
第三单元	原子核的人工转变	156
第四单元	核能	157
自我测评	A组 B组	159
阶段测评		162
会考复习试题	(力学)	166
会考复习试题	(电学)	172
会考复习试题	(热学、光学、原子物理学)	179
会考模拟试题(一)		185
会考模拟试题(二)		192
答案		198

第一章 电 场

[学习导引]

一、库仑定律

1. 自然界中只存在正、负两种电荷,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

2. 真空中两个点电荷之间的相互作用力的大小,可用库仑定律来计算。库仑定律的公式是 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, 式中 $K = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。库仑定律是从实验中总结出来的,可用来研究点电荷之间相互作用的规律。点电荷是一个理想化的物理模型。一个带电体在某些问题中可看作点电荷,但在另一些问题中就不能看作是点电荷。一个带电体的大小如果在所研究的问题中可忽略不计,这样的带电体就可当作点电荷。电荷之间的作用力,可以是引力,也可以是斥力。在应用库仑定律解题时,可用电量的绝对值代入,计算出静电力的大小后,再根据电荷的性质,判断出是引力还是斥力。

3. 库仑力是带电体之间的静电力,具有力的一切性质;它的运算遵守平行四边形法则,库仑力也可与其他力相平衡。带电体之间的相互作用力符合牛顿第三定律,即大小相等、方向相反、分别作用在两个带电体上。由库仑定律算出的 F , 只是两个相互作用力中的一个。库仑定律只适用于点电荷。当带电体相互非常靠近(即 $r \rightarrow 0$)时,带电体不能看作是点电荷,库仑定律就不适用。

4. 带电体所带电荷的多少可用电量来表示。在国际单位制中,电量的单位是库仑,符号为 C 。基元电荷是最小的电量单位,其数值跟一个电子(或质子)所带电量的大小相等,为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。所有带电体所带的电量一定是基元电荷的整数倍。

二、电场强度

1. 电荷间的相互作用是通过电场发生的,只要有电荷存在,在它的周围就存在着电场。本章学习的是静电场,它是在静止电荷周围所形成的电场。电场的最基本的性质是它对放入其中的电荷有力的作用。我们用电场强度来表示电场中不同点的电场的强弱和方向,电场强度的单位是牛/库。公式 $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的量度式,不是它的决定式。公式不反映电场强度的决定因素,因此不能理解为电场强度与电场力成正比,与电量成反比。电场强度是矢量,规定正电荷在电场中某点的受力方向为该点场强的方向,但场强与放在该点的检验电荷的正、负,电量以及有无该检验电荷都无关。空间如果有几个点电荷同时存在,它们的电场就互相叠加形成合电场。

2. 电场强度和电场力都是矢量,但是两个不同的物理量,不能混淆,其区别见下页表。

3. 电场线是为了形象地描述电场的性质而假想的曲线,实际并不存在。电场线从正电荷出发终止于负电荷(或延伸至无穷远处),或来自无穷远处,终止于负电荷。电场中的电场

	电场强度(E)	电场力(F)
意义	反映电场本身力的性质的物理量。 某点的场强 E , 等于放在该点的电荷所受的电场力 F 跟它的电量 q 的比值。 $E=F/q$ 。	电荷在电场中所受到的力。 电量为 q 的电荷, 在电场中场强为 E 的位置, 所受到的电场力的大小为 $F=qE$ 。
决定因素	大小只决定于电场中的位置。与放在该点的检验电荷的电量以及正、负无关。	大小由放在电场中某点的电荷的电量的多少和所在位置的场强共同决定。
方向	与正电荷放在该点所受的电场力方向相同, 而且方向始终不变。	正(负)电荷在电场中所受电场力的方向与该点的场强方向相同(相反)。

线在没有电荷的地方既不相交, 也不中断。过电场中任何一点, 可以也只好画出一条电场线, 因为电场中任何一点的场强方向是唯一的。电场线上任何一点的切线方向就是该点的场强方向, 也是正电荷在该点所受的电场力的方向, 而与负电荷在该点所受的电场力方向相反。电场线并不是点电荷在电场中的运动轨迹。电场线的疏密, 表示场强的大小。中学阶段所研究的电场是匀强电场, 它的电场线是平行、同向、等密的直线。

三、电势能

1. 电荷在电场里具有的势能叫做电势能, 通常用符号 $\mathcal{E}$ 表示。电势能与物体在地球附近具有的重力势能相似。电势能为电场和电荷所共有, 是标量。如果电荷在电场中某一位置的电势能为正值, 表示电荷在该位置的电势能比在选定的零势能位置的电势能大; 如果是负值, 则表示比在零势能位置的电势能小。

2. 电荷在电场中移动时, 电场力对电荷做正功, 电荷的电势能就减少; 电荷克服电场力做功, 或者说电场力做负功, 电荷的电势能就增加。电场力做功或者反抗电场力做功的过程, 实质上是电荷的电势能和其他形式的能相互转化的过程。电场力做功的多少与电荷所通过的路径无关, 只与所移动电荷的起始和终止位置的电势差有关。电场力做功的大小等于电荷电势能的改变量($\Delta\mathcal{E}$)的大小, 即 $W=\Delta\mathcal{E}=qU$ 。式中 q 为被移动电荷的电量, U 为电荷起始位置和终止位置间的电势差。电场中两点间的电势差, 也称为电压, 单位是伏特。电场中任意两固定点间的电势差有确定的值($U_{AB}=U_A-U_B$), 它是由电场本身决定的, 跟有无检验电荷存在无关。电场中两点间的电势差, 在数值上等于单位正电荷从一点移动到另一点时电场力所做的功, 即 $U=\frac{W}{q}$ 。

四、电容器 电容

1. 任何两个彼此绝缘而又相互靠近的导体, 都可以组成一个电容器。使电容器带电的过程, 叫做电容器的充电。充电后, 电容器总是一个极带正电荷, 另一个极带等量的负电荷。任一极上所带电量的绝对值, 叫做电容器的带电量。充了电的电容器的两极间存在着电场。使充电后的电容器失去电荷, 叫做电容器的放电。放电后两极间不再存在电场。

2. 对于某一电容器来说, 它的带电量 Q 与两极间的电势差的比值是一个恒量, $C=\frac{Q}{U}$, 叫做电容器的电容。它表示电容器容纳电荷和电能的本领。单位是法拉, 用符号 F 表示。电容器的电容由电容器本身的结构条件所决定, 与它的使用情况(是否带电以及带电量的多少)无关。平行板电容器的电容与两极间的电介质的介电常数成正比, 与正对面积的大小成

正比,与两极板间的距离成反比。充了电后的平行板电容器两极板间的电场,是匀强电场。

第一单元 电荷及其相互作用

〔范例分析〕

例1 两个半径为 r 的铜球,从相距较远处移近到相距 $4r$ 处。当它们带同种电荷,电量均为 Q 时,相互作用力的大小为 F_1 ;当它们带异种电荷,电量分别为 $+Q$ 、 $-Q$ 时,相互作用力的大小为 F_2 ,下列说法中正确的是[]

- A. $F_1 > F_2$ 。 B. $F_1 < F_2$ 。 C. $F_1 = F_2$ 。 D. $F_1 = K \frac{Q^2}{16r^2}$ 。

分析和解:只有当两球相距较远时,才可以认为电荷在两球表面上是均匀分布的,才能把它们看作是电荷集中在球心的点电荷。当两球靠近时,由于电荷间的相互作用,使两个小

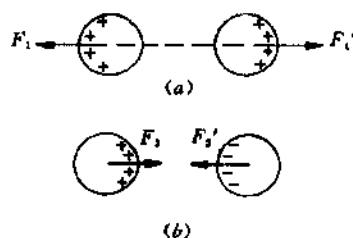


图 1-1

球表面电荷的分布发生变化,如图 1-1 所示。当两个小球带同种电荷时,两球外侧的电荷密度增大,相当于等效点电荷移远,相互作用力减小;当两个小球带异种电荷时,两球的内侧电荷密度增大,相当于等效点电荷移近,相互作用力增大。因此, $F_1 < F_2$, 本题答案为 B。

启示:库仑定律是静电场理论的基础,定律只适用于真空中两个点电荷之间的相互作用力。对于电荷均匀分布的带电球体来说,可以认为它的电荷集中在球心上。在计算两个均匀带电体之间的相互作用力时,可以

把它们看作两个位置在球心的点电荷。本题中,由于两球相距较近,球面电荷分布已不均匀,不能再把它们看成位于球心的点电荷。对于物理定律,要注意它成立的条件和适用的范围。

例2 如图 1-2 所示,两个能够自由运动的点电荷 A 和 B , 分别带有 $+Q$ 、 $+4Q$ 电量,它们间的距离为 L 。在它们间放上第三个点电荷 C , 整个系统恰好平衡——各个点电荷所受的静电力的合力都等于零。第三个点电荷应放在何处? 带哪种电荷? 所带的电量是多少?

分析:这三个点电荷之间,每个点电荷只受到另外两个点电荷对它的静电作用力,只有三个点电荷在同一直线上,才会出现它们中的一个或三个的平衡问题。

解:因为 A 、 B 都带正电荷,且 $Q_B = 4Q_A$, 所以点电荷 C 只能处在 A 、 B 之间靠近 A 处,才能平衡。设 C 点电荷距离 A 为 s 。由

$$F_{AC} = F_{BC},$$

$$K \frac{Q_A Q_C}{s^2} = K \frac{Q_B Q_C}{(L-s)^2},$$

有

$$\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{s^2}{(L-s)^2} = \frac{1}{4},$$

得

$$\frac{s}{L-s} = \frac{1}{2},$$

$$s = \frac{L}{3}.$$

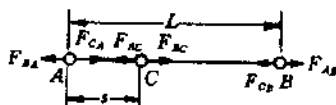


图 1-2

这时,不论 Q_C 是正电荷还是负电荷,也不论电量是多少, C 都能处于平衡。但根据题意,同时 A 、 B 也需平衡, C 就只能带负电荷。由 A 平衡可得:

$$F_{BA} = F_{CA},$$

$$K \frac{Q_A Q_B}{L^2} = K \frac{Q_A \cdot 4Q_A}{L^2} = K \frac{Q_A \cdot Q_C}{\left(\frac{L}{3}\right)^2},$$

$$\therefore Q_C = \frac{4}{9} Q_A = \frac{4}{9} Q.$$

启示:类似的静电学问题,要从物体的受力分析出发,由共点力平衡条件列出方程,解出未知数。只是本题中的力是库仑力。

例3 如图1-3所示,两个半径相同的金属小球 A 、 B ,所带电量相等。相隔一定距离时,两球之间的相互吸引力的大小是 F 。今让第三个半径相同的不带电的金属小球 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是[]



图 1-3

- A. $\frac{1}{8}F$. B. $\frac{1}{4}F$. C. $\frac{3}{8}F$. D. $\frac{3}{4}F$.

分析和解:由题意 A 、 B 间相互作用力为吸引力,可知 A 、 B 原来带有异种电荷。设 A 、 B 两球所带电量为 Q , C 不带电; A 、 B 、 C 三球大小相等。 C 和 A 接触后,平分 A 所带的电荷, C 与 A 带电量都变为 $\frac{Q}{2}$ 。当 C 与 B 接触后,异种电荷先要中和一部分,剩下的再平分。 C 和 B 的带电量都变为 $\frac{1}{2} \left(\frac{Q}{2} - Q \right) = -\frac{1}{4}Q$ 。移去 C 后, A 、 B 之间的吸引力变为 $\frac{1}{8}F$,所以答案是 A 。

启示:解此类问题时,要分清原来各自的带电情况,列一个库仑定律的方程,根据变化后的情况,再列一个方程。两式相除,就能得出正确的结论。要注意题中的隐含条件,如本题中两球间的“相互吸引力”,则隐藏着两球带的是异种电荷。另外,要注意应用数学工具处理这类物理问题。如果将本题改为“ A 、 B 两球大小相等,且带有同种、不等量的电荷,将它们相接触后,再放回原处,作用力将变大? 变小? 还是不变?”千万不要认为它们的总电量保持不变,相互间距离不变,所以作用力也不变。数学知识告诉我们:两个数的和不变,当这两个数相等时,它们的积有最大值。因此, A 、 B 间的库仑力将变大。

【同步训练】

1. 下列关于点电荷的说法中,正确的是[]

A. 不论两个带电体多大,只要它们之间的距离远大于它们的大小,这两个带电体就可以看成是点电荷。

B. 一个带电体只要它的体积很小,则在任何情况下,都可以看作是点电荷。

C. 一个体积很大的带电体,在任何情况下都不能看作是点电荷。

D. 只有球形带电体,才可以看作是点电荷。

2. 下列关于基元电荷的说法中,正确的是[]

A. 基元电荷就是带正电的原子核。

B. 基元电荷就是质子。

C. 基元电荷就是电子。

D. 基元电荷目前被认为是自然界中电荷的最小单元,其量值是 1.6×10^{-19} 库。

3. 真空中有两个点电荷,它们之间的静电力为 F ,如果它们之间的距离增大为原来的 2 倍,同时其中一个点电荷的电量减少为原来的一半,它们之间的作用将变为[]

A. $\frac{F}{2}$ 。

B. $\frac{F}{4}$ 。

C. $\frac{F}{8}$ 。

D. $\frac{F}{16}$ 。

4. 真空中两个同性点电荷 q_1, q_2 , 它们相距较近,使它们保持静止状态。今释放 q_2 , 且 q_2 只在 q_1 的库仑力作用下运动,则 q_2 在运动过程中的速度和加速度的变化情况分别是[]

A. 速度不断变大,加速度不断变大。

B. 速度不断变大,加速度不断变小。

C. 速度先变大、后变小,加速度先变小、后变大。

D. 速度保持不变,加速度逐渐变小。

5. 两个大小相同的金属球,所带的电量分别为 $+3Q$ 和 $-Q$ 。相距 r 时,它们之间的相互作用力大小为 F ;现将两球接触后分开,并使它们相距 $2r$,则它们之间的相互作用力大小将变为[]

A. $\frac{F}{4}$ 。

B. $\frac{F}{8}$ 。

C. $\frac{F}{12}$ 。

D. $\frac{F}{16}$ 。

6. 两个带正电荷的小球,在光滑、绝缘的水平面上保持一定的距离,由静止释放,它们之间的加速度之比 $a_1 : a_2$ 将[]

A. 逐渐增大。

B. 逐渐减小。

C. 先减小、后增大。

D. 保持不变。

第二单元 电 场

[范例分析]

例 1 如图 1-4 所示, A, B 两小球带等量、异种电荷,中间用绝缘细棒相连。现将细棒沿电场线方向置于电场中,若不计小球和细棒所受的重力,则棒将_____移动。

分析和解:由电场线的形状可知, $E_A > E_B$, 又 $F = qE$, 所以 $F_A > F_B$, F_A 方向向右, F_B 方向向左, 所以细棒将向右移动。

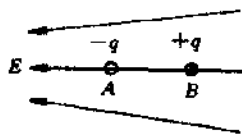


图 1-4

启示: 电场线形状是直线的, 不一定是匀强电场; 在场强方向相同的电场中, 正电荷和负电荷所受的电场力的方向相反。

例 2 在场强大小为 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, 带电量分别为 $+2q$ 和 $-q$ 。两小球用长为 L 的绝缘细线相连。另用绝缘细线一端系住带正电的小球, 另一端悬于 O 点, 两小球处于平衡状态, 如图 1-5 所示。若重力加速度取 g , 则细线对悬点 O 的作用力等于_____。

分析和解: 由题意两个带电小球都处于平衡状态, 分别以两个小球为隔离对象进行受力

分析。匀强电场分别对带电小球有电场力，两个带电小球之间有库仑力，它们分别受到重力以及两段细线对小球的拉力。上、下两个小球分别受到 5 个和 4 个作用力，各自所受合力为零，如图 1-6 所示。对带电小球 $-q$ 有

$$T_1 = mg - qE - F_E,$$

对带电小球 $+2q$ 有

$$\begin{aligned} T &= 2qE + mg + F_E' + T_1' \\ &= 2qE + mg + F_E' + mg - qE - F_E \\ &= 2mg + qE, \end{aligned}$$

即细线对悬点的作用力等于 $2mg + qE$ 。这是该类连接体问题的常规解题思路。优点是稳妥，可靠，缺点是过程太繁琐。

为了简化问题，我们也可将系统作为隔离对象。系统的带电量为 $+q$ ，受重力（大小为 $2mg$ ）、电场力（大小为 qE ，方向竖直向下）的作用，则细线对系统的拉力

$$T = 2mg + qE,$$

由牛顿第三定律可知，细线对悬点 O 的拉力也等于 $2mg + qE$ 。

启示：这是一道电场和静力学的综合练习题。以上两种思路，表面上看只是所选隔离对象不同，实际反映的是对问题的理解深度和分析综合能力不同。以系统为研究对象，分析它所受到的外力，是解此类问题的好方法。

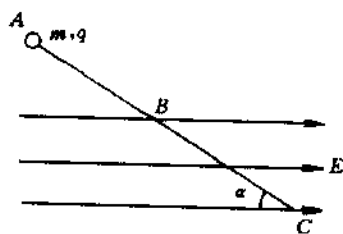


图 1-7

例 3 如图 1-7 所示，一根光滑的绝缘细直杆与水平成 $\alpha = 30^\circ$ 角放置，其 BC 部分在水平向右的匀强电场中，场强 $E = 2.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ 。在细杆上套一个带负电的小球，小球所带电量 $q = -\sqrt{3} \times 10^{-6} \text{ C}$ ，质量 $m = 3.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 。今使小球由静止从 A 点沿杆滑下，从 B 点进入电场。已知 $AB = 1.0 \text{ m}$ ，求：

- (1) 小球进入电场后滑行的距离；
- (2) 从 A 滑到最远处所需时间。

分析：小球在电场外 AB 部分滑动时，受到重力和弹力的作用，匀加速下滑。从 B 点进入电场后，又受到一个水平向左的电场力的作用，其沿杆向上的分力 $qE \cos \alpha > mg \sin \alpha$ ，所以进入电场后，小球将作匀减速运动。

解：(1) 设小球在 AB 段的加速度为 a_1 ，则

$$mg \sin 30^\circ = ma_1,$$

$$a_1 = g \sin 30^\circ = 10 \times 0.5 \text{ m/s}^2 = 5.0 \text{ m/s}^2.$$

由 $v_B^2 = 2a_1 s_1$ 得

$$v_B = \sqrt{2a_1 s_1} = \sqrt{2 \times 5 \times 1} \text{ m/s} = \sqrt{10} \text{ m/s}.$$

设进入电场后的加速度为 a_2 ，则

$$mg \sin 30^\circ - qE \cos 30^\circ = ma_2,$$

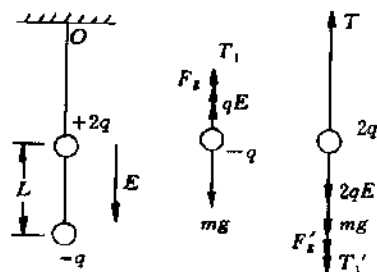


图 1-5

图 1-6

$$a_2 = g \sin 30^\circ - \frac{qE}{m} \cos 30^\circ = 10 \times 0.5 - \frac{\sqrt{3} \times 10^{-5} \times 2.0 \times 10^4}{3.0 \times 10^{-2}} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m/s}^2 \\ = -5.0 \text{ m/s}^2.$$

小球滑到最远点 C 时, 速度减小到零, 有

$$v_C^2 - v_B^2 = 2a_2 s_2,$$

$$s_2 = -\frac{v_B^2}{2a_2} = -\frac{(\sqrt{10})^2}{2 \times (-5.0)} \text{ m} = 1.0 \text{ m}.$$

(2) 因为 $s_1 = s_2 = 1.0 \text{ m}$, v_B 是加速运动的末速度也是开始作匀减速运动的初速度。由

$$s = \frac{v}{2} t$$

可知

$$t_1 = t_2 = \sqrt{\frac{2s}{a}}.$$

$$\therefore t = t_1 + t_2 = 2 \sqrt{\frac{2s_1}{a_1}} = 2 \times \sqrt{\frac{2 \times 1}{5.0}} \text{ s} = 1.26 \text{ s}.$$

启示: 这是一道电场强度和动力学相结合的综合性问题。首先应建立明确的物理情景: 整个过程分为两个较单一的过程, 它们之间的联系是第一个过程的末速度等于第二个过程的初速度。解题程序应从小球受力分析入手。

[同步训练]

1. 在带电量为 Q 的点电荷电场中的 a 点, 有另一带电量为 q 的点电荷, 且 $q \ll Q$ 。设 q 受到的电场力为 F , 则下列说法中正确的是 []

- A. a 点的电场强度的大小是 $E = \frac{F}{q}$ 。
- B. 将 q 从 a 点取走, a 点的电场强度将变为零。
- C. 若将 q 的电量增加, 则其所受的电场力变小。
- D. 若将 q 与 Q 的距离增大, 则其所受的电场力也将变大。

2. 下列关于电场线的说法中, 正确的是 []

- A. 电场线上每一点的切线方向为该点的场强的方向。
- B. 电场线的方向就是电荷的受力方向。
- C. 电场线是反映电场性质而客观存在的线。
- D. 电场线不能相交。

3. 电量为 1.0×10^{-8} 库的点电荷, 在电场中的 A 、 B 两点受到的电场力分别为 4.0×10^{-6} 牛和 3.0×10^{-6} 牛, 则下列说法中, 正确的是 []

- A. 电场中 A 、 B 两点的场强大小之比为 $4:3$ 。
- B. 电场中 A 、 B 两点的场强大小之比为 $3:4$ 。

C. 点电荷的电量增加到原来的 2 倍, 它在 A 点受到的电场力就增加到原来的 2 倍, A 点的场强也增加到原来的 2 倍。

D. 点电荷的电量增加到原来的 2 倍, 电场中 A 点的场强变为原来的一半。

4. 在 X 轴上有两个点电荷, 一个带 $+Q_1$ 电量, 另一个带 $-Q_2$ 电量, 且 $Q_1 = 2Q_2$ 。用 E_1 和 E_2 分别表示两个电荷所产生的场强的大小, 则在 X 轴上 []

- A. $E_1 = E_2$ 之点只有一处, 该处的合场强为零。
 - B. $E_1 = E_2$ 之点共有两处, 一处合场强为零, 另一处合场强为 $2E_2$ 。
 - C. $E_1 = E_2$ 之点共有三处, 其中两处合场强为零, 另一处合场强为 $2E_2$ 。
 - D. $E_1 = E_2$ 之点共有三处, 其中一处合场强为零, 另两处合场强为 $2E_2$ 。
5. 如图 1-8 所示的四个电场中, A、B 两点的场强相同的图是 []

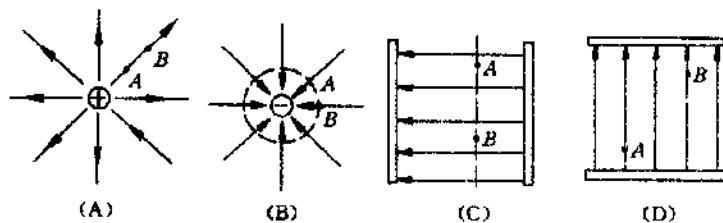


图 1-8

6. 以下说法中, 正确的有 []

- A. 在一个以点电荷 Q 为中心、 r 为半径的球面上, 各处的电场强度都相同。
- B. 检验电荷在电场中的受力方向一定和电场线的切线方向在同一条直线上。
- C. 当检验电荷在静电场中由静止释放后, 它的运动轨迹一定和电场线重合。
- D. 在库仑定律的表达式 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 中, $K \frac{Q_2}{r^2}$ 是点电荷 Q_2 产生的电场在点电荷 Q_1 处场强的大小, 而 $K \frac{Q_1}{r^2}$ 是点电荷 Q_1 产生的电场在点电荷 Q_2 处场强的大小。

第三单元 电势能 电场力做功 电势差

[范例分析]

例 1 带电粒子穿过匀强电场时的轨迹如图 1-9 中的虚线所示。不计重力和空气阻力, 带电粒子从 M 点运动到 N 点的过程中, 下列说法中正确的是 []

- A. 电场力对电荷做功。
- B. 电荷的动能减小。
- C. 电荷克服电场力做功。
- D. 电荷的动能增加。

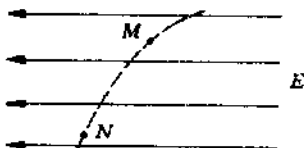


图 1-9

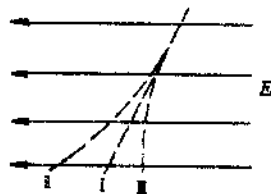


图 1-10

分析和解: 带电粒子在电场中速度大小的变化情况, 可以根据速度方向的变化来判断。如果带电粒

子不受电场力作用, 它将如图 1-10 中的 I 线所示作匀速直线运动。如果电场力对带电粒子

做功,水平分速度增大,其轨迹如图中的Ⅱ线。如果带电粒子克服电场力做功,水平分速度减小,其轨迹如图中的Ⅲ线。本题就是第三种情况。带电粒子受到的电场力方向向右,与场强方向相反,说明是负电荷,它从M点运动到N点是克服电场力做功,电势能增加,动能减小。所以,本题答案是B、C。

启示:根据带电粒子在电场中的受力情况和进入电场时的初速度,可判断带电粒子在电场中的运动状态和轨迹。若是正电荷,将向场强方向偏转;若是负电荷,则向场强的反方向偏转。

例2 半径为 r 的绝缘、光滑圆环固定在竖直平面内,环上套有一质量为 m 的带正电的珠子,空间存在水平向右的匀强电场,如图1-11所示。已知珠子所受的静电力是其重力的 $3/4$ 倍。将珠子从环上最低位置A点静止释放,则珠子所能获得的最大动能 $E_k =$ _____。

分析和解:带电珠子离开A点后受到静电力、重力和弹力的作用,将沿着环向右运动。重力和静电力保持不变,弹力是变力,但不做功。

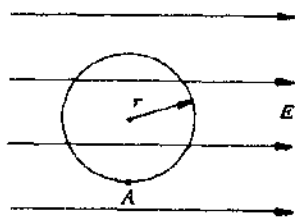


图 1-11

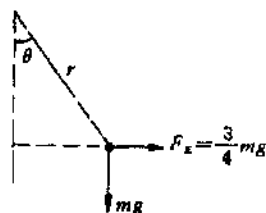


图 1-12

解法一 当重力和静电力的合力跟弹力的方向在同一直线上时,切向分力为零,加速度为零。超过这一位置后,切向分力与速度方向相反,珠子速度将逐渐减小。因此当重力、静电力的合力方向和弹力方向在同一直线时,珠子的动能最大,如图1-12所示,这时 $\theta = 37^\circ$ 。由动能定理得

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{3}{4}mgr\sin 37^\circ - mgr(1 - \cos 37^\circ) \\ &= \frac{3}{4}mgr \times 0.6 - mgr(1 - 0.8) \\ &= \frac{1}{4}mgr. \end{aligned}$$

解法二 由动能定理,对珠子有

$$\begin{aligned} \Delta E_k &= W_E - W_G = \frac{3}{4}mgr\sin\theta - mgr(1 - \cos\theta) \\ &= mgr\left(\frac{3}{4}\sin\theta + \cos\theta\right) - mgr, \end{aligned}$$

式中 θ 为珠子所受的弹力方向与竖直方向间的夹角。

$$\text{令 } \cos\alpha = \frac{\frac{3}{4}}{\sqrt{1 + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}, \quad \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{3}{4}\right)^2}},$$

$$\begin{aligned} \text{代入上式得 } \Delta E_k &= mgr\sqrt{1 + \left(\frac{3}{4}\right)^2}(\cos\alpha\sin\theta + \sin\alpha\cos\theta) - mgr \\ &= mgr \times \frac{5}{4} \times \sin(\alpha + \theta) - mgr. \end{aligned}$$

当 $\alpha + \theta = 90^\circ$ 时, $\sin(\alpha + \theta) = 1$, ΔE_K 有最大值 $\Delta E_K = \frac{5}{4}mgr - mgr = \frac{1}{4}mgr$ 。

启示:方法一是从物理情景出发,先找出最大动能位置,加以分析,运用动能定理计算出最大动能的值,思路清晰、方法简捷。方法二,先从动能定理出发,运用数学手段,找出动能的表达式,讨论极值问题。大多数同学较习惯第二种方法,但应逐渐培养自己遇题先建立清晰物理情景的习惯。

例3 如图1-13所示,一质量为 m 、带电量为 $+q$ 的小球 A 从离地 h 高处,以一定的初速度水平抛出。在离抛出点水平距离为 L 处,有一根管口比小球直径略大的竖直细管,细管的上端距地面 $\frac{1}{2}h$ 。为使小球能无碰撞地通过细管,可在细管上方的整个区域里加一个水平向左的匀强电场。求:

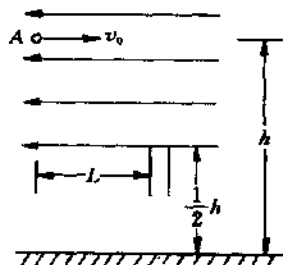


图 1-13

- (1) 小球的初速度 v_0 ;
- (2) 电场强度 E 的大小;
- (3) 小球落地时的动能 E_K 。

分析:小球在重力和电场力的作用下作曲线运动。运动可分解为水平方向的匀减速运动和竖直方向的自由落体运动。欲使小球无碰撞地通过管子,小球到达管口时的速度方向必须竖直向下,即水平速度减小到零。

解:(1) 小球运动到管口上方时,水平速度为零,运动时间由竖直方向做自由落体运动通过 $\frac{h}{2}$ 所需时间决定。则有

$$\begin{aligned} v_t &= v_0 - at, \\ \text{因 } v_t &= 0, a = \frac{qE}{m}, \\ \text{得 } v_0 - \frac{qE}{m}t &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} v_0^2 - v_t^2 &= 2as, \\ \text{因 } v_t &= 0, a = \frac{qE}{m}, \\ \text{得 } v_0^2 &= 2as = 2 \frac{qE}{m}L. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{又有 } \frac{h}{2} = \frac{1}{2}gt^2. \quad (3)$$

由以上三式可得小球的初速度

$$v_0 = 2L \sqrt{\frac{g}{h}}.$$

(2) 电场强度的大小

$$E = \frac{2mgL}{qh}.$$

(3) 由动能定理

$$W_G + W_E = E_K - E_{K_0},$$

得

$$mgh - qEL = E_K - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

小球在水平方向动能的减少等于克服电场力所做的功,即