

● 优化训练项目
● 紧扣新编教材

● 突出学科能力
● 对应高考题型



GAOZHONGXUEKENENGLIXUNLIANTICUI

高中学科能力训练

——九省市重点中学题库联网

题萃

刘文杰 编著

物理

下 册

- 训练指要 纲领化
- 典题解析 标准化
- 基础训练 集约化
- 能力训练 综合化
- 综合检测 实战化

辽宁师范大学出版社

38.7353

LWJ

=2

九省市重点中学题库联网

GAOZHONGXUEKENENGLIXUNLIANTICUI

编著 刘文杰

高中学科能力训练



物 理

下 册

辽宁师范大学出版社

高中学科能力训练题萃

物理(下册)

刘文夫 编著

辽宁师范大学出版社出版

(大连市黄河路 850 号 邮编:116029 电话:0411-4206854)

沈阳新华印刷厂印刷

新华书店发行

开本: 787×1092 毫米 1/16 字数: 265 千 印张: 14 $\frac{1}{4}$

印数: 20001—35000 册

1997 年 8 月第 1 版

1998 年 2 月第 3 次印刷

责任编辑: 张洋 刘文刚

责任校对: 晓 庄

封面设计: 冀贵收

版式设计: 章 铭

ISBN 7-81042-219-7/G·124

定价: 13.00 元

《高中学科能力训练题萃》编委会

主 编:刘忠舜 林淑芬

编 委:谷 丹	北京市第四中学	高级教师
宁潜济	天津市第一中学	特级教师
石寅初	南京市教学研究室	高级教师
康英茂	沈阳市第五中学	特级教师
栾开亮	哈尔滨师范大学附中	特级教师
罗瑞兰	东北师范大学附中	高级教师
高体柱	辽宁师范大学附中	高级教师
李启文	辽宁省本溪市高级中学	特级教师
毛汉华	湖北省黄石市教委教研室主任	特级教师
郭国庆	山东省青岛市普教教研室	特级教师
陈庆军	山东省临沂地区教学研究室主任	特级教师

参编者:(以姓氏笔划为序)

王巧娜	王冰洁	王郁文	齐大成	刘文杰	刘忠舜
杨子玉	李玉成	张向阳	李启文	宋利刚	吴忠文
郎伟岸	赵 伟	赵雅琴	郭海根	魏向阳	

前言

突出学科能力是高中新编教材和教学大纲的基本精神。为了更紧密地配合新编教材和教学大纲的改革和调整,突出学科能力的培养和训练,本书的编写不是按学年来划分,而是以学科来分类的。所谓学科能力是指根据学科特点,通过教学培养学生应具备的特有能力。这种能力不仅是认识、接受能力,更重要的是应用、探索、创造方面的能力。如何测定各有关学科的能力,经专家们近几年的研讨,现已在“考试说明”中有了明确的要求,但各学科教师怎样有针对性地组织教学,培养学生应有的学科能力,而学生在学习和复习过程中,怎样有意识地提高有关学科的能力,仍需一个较长的适应过程。为此,本书的编写不仅是必要的,也是适时的。这不仅是适应素质教育的需要,也是适应高考选拔的需要。从近几年的高考试题调整来看,突出学科特点,深入考查学科思想方法和学科语言,加大能力测试的力度仍将是今后高考命题的主导倾向。

根据上述编写主旨,本书在编写体例上突出基础训练和能力训练这两大块。在基础训练方面,凡教材中涉及到的知识点均全面练,重点知识突出练,具有集约化的特点和很强的针对性。在能力训练方面,根据教学大纲和《考试说明》关于学科能力的要求,特别是1997年国家考试中心提出的对学科能力的分类及要求,针对不同学科对学科能力的不同考查标准,进行全方位的科学训练。同时,为了最大限度地减轻学生负担,提高学习效率,本书所编选和设计的练习题不仅完全对应高考最新题型,而且典型性很强,具有较高的涵盖性、灵活性,有举一反三之效。为确保训练的科学性和系统性,本书在每单元训练之前,均有提纲挈领的指要性说明,而在训练题之前,又设有“典题解析”,即通过一些典型题的具体解析,向学生指出基本的解题思路和方法。本书的“期末测试题”则是期末模拟试卷,对学生进行实战性地综合检测。

参加本书编写的是九省市重点高中的特级教师和高级教师。这种集体编写方式,不仅汇集了各省市教学与科研的最新成果,而且在教辅读物的编写上开创了题库联网的合作方式。毫无疑问,这种方式对于提高编写质量提供了可靠的保证。但是,随着转型教育的深入,随着高考内容和形式的改革和调整,本书的内容也得随时予以调整和修订,我们期待着广大读者为我们多多提出改进意见。

刘忠舜 林淑香

一九九七年六月十八日

目 录

第一章 电场	1
一、电荷的相互作用	1
二、电场强度 电力线	6
三、电势差 电势能	15
四、电场中的导体 电容器	23
五、带电粒子在电场中的运动	27
第一章综合训练	34
第二章 恒定电流	38
一、基本概念和基本规律	38
二、串联和并联电路	42
三、闭合电路的欧姆定律	51
四、实验	59
第二章综合训练	61
第三章 磁场	65
一、磁场 磁感应强度 磁力线 安培定则	65
二、磁场对电流的作用	71
三、磁场对运动电荷的作用	80
第三章综合训练	88
第四章 电磁感应	94
一、电磁感应现象及感应电流方向的判断	94
二、法拉弟电磁感应定律	100
第四章综合训练	109
期末测试题(一)	114
第五章 交流电	119
一、交变电流的产生 表征交流电的物理量	119
二、变压器 远距离输电	125
第五章综合训练	131
第六章 电磁振荡和电磁波	136
一、电磁振荡及电磁振荡的周期和频率	136
二、电磁场和电磁波	139

第六章综合训练	141
第七章 光的反射和折射	144
一、光的直线传播 光速	144
二、光的反射 平面镜	146
三、光的折射 全反射 棱镜	153
四、透镜及成像公式	165
第七章综合训练	176
第八章 光的本性	181
一、光的波动性	181
二、光的粒子性 光的波粒二象性	185
第八章综合训练	188
第九章 原子和原子核	190
一、原子结构 玻尔理论	190
二、原子核的衰变及人工转变	194
三、核能	199
第九章综合训练	202
期末测试题(二)	204
参考答案	208

第一章 电 场

一、电荷的相互作用

【训练指要】

一、两种电荷及电荷守恒

1. 电荷:自然界中的电荷只有两种,在摩擦起电中规定,用绸子摩擦过的玻璃棒所带电荷是正电荷;用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带电荷是负电荷.电子或质子所带电量称为基本电荷.

1 基本电荷 $= 1.60 \times 10^{-19}$ 库

2. 电荷守恒:物体带电的过程不是创造电荷的过程,而是得失电子的过程.无论是摩擦起电,还是感应起电都是如此.电荷既不能创造,也不能消失.它们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,这就是电荷守恒定律.

3. 点电荷:当带电体的几何形状和大小,在所研究的问题中,对电荷间的相互作用的影响可以忽略时,我们将带电体抽象成一个带电的几何点,称为点电荷.

二、电荷的相互作用——库仑定律

在真空中两个点电荷间的相互作用力,跟它们的电量的乘积成正比,跟它们之间的距离成反比,作用力的方向在它们的连线上.

用 Q_1 和 Q_2 代表两点电荷的电量,用 F 代表它们之间的作用力,则库仑定律的数学表达式为:

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

其中 k 叫静电力恒量,数值为 $k = 9.0 \times 10^9$ 牛·米²/库².式中各量均用国际单位制.点电荷处于介质中时,作用力比在真空中的要小.

【典题解析】

例1 关于点电荷,下列说法中正确的是:()

- A. 体积小的带电体;
- B. 球形的带电体;
- C. 带电少的带电体;
- D. 大小和形状对作用力影响可忽略的带电体.

解析:选 D 项.本题考察的是点电荷的概念.带电体能否看成是点电荷,不取决于带电体的大小和几何形状,而是取决于它的大小和几何形状对作用力是否有较大的影响.

例2 一个带电体带电量为 8.00×10^{-6} 库,为 _____ 个基本电荷.

解析:本题考察的是对基本电荷的认识.因为 1 基本电荷 $= 1.60 \times 10^{-19}$ 库,所以 8.00×10^{-6} 库的电量有基本电荷数为:

$$n = \frac{8.00 \times 10^{-6}}{1.60 \times 10^{-19}} = 5.0 \times 10^{13} \text{ 个}$$

例3 如图1-1甲所示,两个小球A和B,均带正电量 q ,质量均为 m .连结小球的绝缘细线长度都是 l ,两个小球均处于静止状态,则细线OA的张力 $T_{OA} =$ _____;细线AB的张力 $T_{AB} =$ _____.

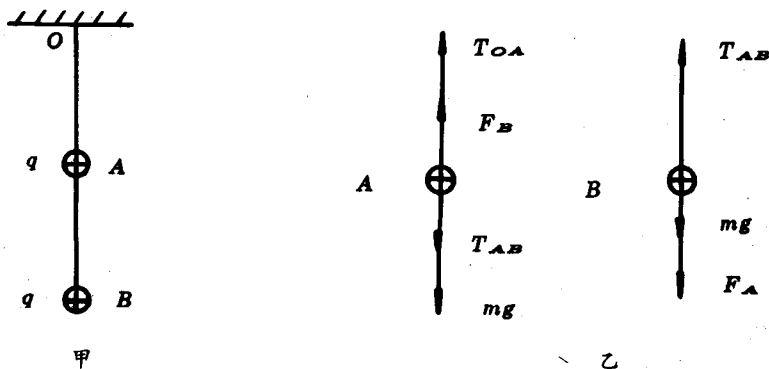


图 1-1

解析: 本题是库仑定律跟力平衡的综合应用,分别对A和B做受力分析如图1-1乙.

对A球有: $T_{OA} + F_B - T_{AB} - mg = 0$ ①

对B球有: $T_{AB} - mg - F_A = 0$ ②

由②式得:

$$T_{AB} = mg + \frac{kq^2}{l^2} \text{ 代入①式有 } T_{OA} = 2mg.$$

例4 两个可以自由移动的点电荷A和B,A带正电 Q_A ,B带负电 Q_B ,且 $Q_A = 3Q_B$,两电荷相距 r_0 ,如图1-2甲.取另一个可以自由移动的电荷C,放在A、B的连线上,欲使三个电荷都平衡,则C带何种电荷?放在何处?

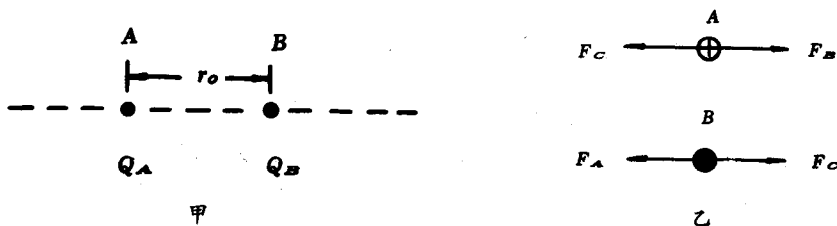


图 1-2

解析: 本题是库仑定律跟力平衡的综合应用,但考虑到要求A、B、C三个电荷都达到平衡状态,所以,难度比例题3稍大一些.若要求三个电荷都平衡,则引入的点电荷C只能有三个范围放置,即: Q_A 的左侧; Q_A 和 Q_B 中间的某一点; Q_B 的右侧. A、B、C三个电荷中,每个电荷都受到另外两个电荷的作用力,因为 Q_A 和 Q_B 为异种电荷,所以对C电荷的作用力,一个是斥力,一个是引力.所以,无论 Q_C 带何种电荷都不能放在A的左侧和AB之间,只能放在B的右侧.在要求三个电荷都平衡的条件下,C只能带正电,受力情况如图1-2乙,设距B电荷为 r .

设C带正电量 q ,则对A电荷有:

$$k \frac{Q_A Q_B}{r_0^2} = k \frac{Q_A q}{(r_0 + r)^2} \quad ①$$

$$\text{对 } B \text{ 电荷有: } k \frac{Q_A Q_B}{r_0^2} = k \frac{Q_B q}{r^2} \quad (2)$$

①②两式联立求解得:

$$r = r_0 / (\sqrt{3} - 1); \quad q = 3Q_B / (\sqrt{3} - 1);$$

例 5 如图 1-3 所示, 在光滑绝缘的水平面上, 带电小球 A 和 B 的质量分别为: $m_A = 1.0 \times 10^{-2}$ 千克, $m_B = 2.0 \times 10^{-2}$ 千克. 在某时刻由静止释放两小球, 此时两小球相距 2.0 米, A 球的加速度为 a , 经一段时间 t 后, B 球的加速度大小正好是刚释放时 A 球的加速度大小, 而其速度为 3 米/秒, 求:

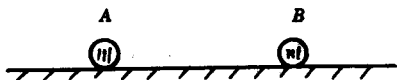


图 1-3

- (1) t 时刻两球之间的距离; (2) t 时刻 A 球的速率;
(3) $0 \sim t$ 时间内两小球电势能变化的总和;

解析: 本题是库仑定律跟牛顿第二定律, 动量守恒及能的转化和守恒定律综合应用的问题. 具体分析解答如下:

(1) 设 t 时刻两球间距离为 r , 根据题意可得:

$$k \frac{Q_A Q_B}{r_0^2} = m_A a \quad k \frac{Q_A Q_B}{r^2} = m_B a$$

两式联立解得:

$$r = \sqrt{\frac{m_A}{m_B}} r_0 = 2.0 \times \sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-2}}{2.0 \times 10^{-2}}} = \sqrt{2} \text{ 米}$$

(2) 释放后, 将 A 和 B 球看成是一个系统, 该系统的合外力为 0, 系统的动量守恒.

$\therefore$ 有 $m_A v_A - m_B v_B = 0$ 解得 $v_A = m_B v_B / m_A = 6.0$ 米/秒 方向跟 v_B 方向相反.

(3) $0 \sim t$ 时间内, 电场力做正功减少的电势能即转化为两球的动能

$$\therefore \frac{1}{2} m_B v_B^2 + \frac{1}{2} m_A v_A^2 = \Delta E_{\text{电}} \quad \text{代入数据有: } \Delta E_{\text{电}} = 0.27 \text{ 焦}$$

【基础训练】

一、选择题 (每题的四个选项中, 至少有一个选项是正确的)

- 两带电小球相距 r 时, 相互作用力是 F , 若将它们的电量都增加 1 倍, 则它们之间的作用力为: ()
A. $\frac{1}{2} F$; B. $4F$; C. $2F$; D. F .
- 在真空中有两个点电荷, 当它们之间距离是 L 时, 相互作用的静电力大小是 F , 如果把两电荷之间的距离减小 10 厘米, 则两点电荷之间的静电力变为 $4F$, 由此可知 L 的大小是: ()
A. 20 厘米; B. 13.3 厘米; C. 30 厘米; D. 50 厘米.
- 在真空中有 A 和 B 两个点电荷, 它们的带电量分别是 Q_A 和 Q_B . 如果 $Q_A = 5Q_B$, 则 A 电荷受到 B 电荷的作用力是 B 电荷受到 A 电荷作用力的: ()
A. 5 倍; B. $\frac{1}{5}$ 倍; C. 相等; D. 25 倍.
- 如图 1-4 所示, 在光滑绝缘的水平面上, 将两个均带电的小球 A 和 B 无初速释放, 则下

列说法中正确的是:()

- A. 两球的加速度都逐渐增大;
- B. 两球速度都逐渐增大;
- C. 两球的总动能不变;
- D. 两球的总动量不变.

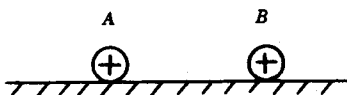


图 1-4

二、填空题

1. 1 基本电荷的电量=_____库.

2. 点电荷 C 距点电荷 A 为 3.0×10^{-2} 米, 距点电荷 B 为 5.0×10^{-2} 米, 三个电荷均处于真空中. 如果 C 电荷对 A 电荷的作用力跟对 B 电荷的作用力大小相等, 则 A 、 B 两点电荷的电量之比 $Q_A : Q_B =$ _____.

3. 两个带正电的小球, 所带电量之和为 5.0×10^{-5} 库, 当它们相距 2.0 米时, 相互间库仑斥力为 1.0 牛, 则两个小球所带电量分别为_____库和_____库.

4. 如图 1-5 所示, 置于绝缘支座上的小球 A 带正电量 Q , 系于绝缘细线下的小球 B 带负电 q , 质量为 m , 线长为 l , 平衡时, A 、 B 两球在同一水平面上, 相距为 d . 则平衡时线跟竖直的夹角为 $\theta =$ _____.

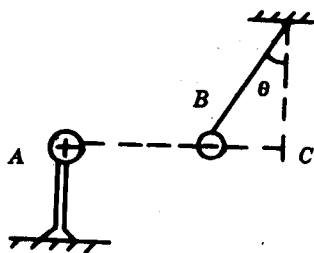


图 1-5

三、计算题

1. 两个点电荷电量分别为 q_1 和 q_2 , 相距为 r . 它们之间的作用力是 1.60×10^{-3} 牛, 若将电荷 q_1 向电荷 q_2 移近 0.02 米, 这时两电荷之间的作用力是 5.0×10^{-3} 牛. 试求:

- (1) 最初两个电荷之间距离是多少?
- (2) 如果两电荷的电量之比为 $1 : 10$, q_1 和 q_2 各是多少?

2. 把质量是 2.0×10^{-3} 千克的带电小球 B 用细线悬挂起来, 如图 1-6 所示. 若将带电量 $q = 4.0 \times 10^{-8}$ 库的小球 A 靠近 B , 平衡时细线与竖直方向成 45° 角, 且 A 、 B 在同一个水平面上, 相距 0.30 米, 试求:

- (1) A 球受到的静电力多大?
- (2) B 球带电量多少?

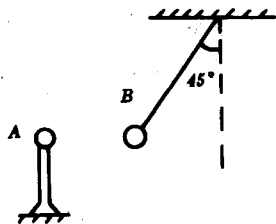


图 1-6

【能力训练】

一、选择题(每题的四个选项中, 至少有一个选项是正确的)

1. 真空中有 A 、 B 两个点电荷, 相距 r 时相互间作用力为 F , 欲使它们之间的相互作用力变为 $F/2$, 下列方法可行的是:()

- A. 将它们之间的距离变为 $r/2$;
- B. 将它们的电量均变为原来的一半;

- C. 将它们之间的距离变为 $\sqrt{2}r$; D. 将它们的电量均变为原来的 2 倍.
2. 有两个半径为 r 的带电金属球, 中心相距为 $4r$, 对它们之间的库仑力作用(设每次各球带电量绝对值相同)下列说法正确的是: ()
- A. 带同种电荷时大于带异种电荷时;
B. 带异种电荷时大于带同种电荷时;
C. 带同种电荷时等于带异种电荷时;
D. 大小与带电性质无关, 只取决于电量.
3. 两个大小相同的小球带有同种电荷, 质量分别是 m_1 和 m_2 , 带电量分别是 q_1 和 q_2 . 用绝缘细线悬挂后, 因静电力排斥而使悬线张开, 分别与竖直方向夹角为 α_1 和 α_2 , 而两球处于同一水平线上, 如图 1-7 所示, 若 $\alpha_1 = \alpha_2$, 则下述正确的是: ()
- A. q_1 一定等于 q_2 ; B. m_1 一定等于 m_2 ;
C. 一定满足 $\frac{q_1}{m_1} = \frac{q_2}{m_2}$; D. 必然同时满足 $q_1 = q_2, m_1 = m_2$.
4. 两个带电小物体 A 和 B, 静止在粗糙水平面上, 如图 1-8 所示, 则下述说法正确的是: ()
- A. 它们的重力一定相等;
B. 它们的电量一定相等;
C. 它们受到的静摩擦力大小一定相等;
D. 它们受到的平面支持力一定相等.

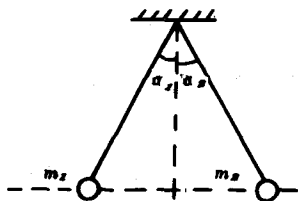


图 1-7

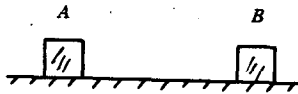


图 1-8

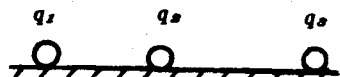


图 1-9

二、填空题

1. 距地面不高处, 有一个质量是 m 的带电小球, 欲使其静止悬浮于空中, 在它的正下方 r 处另放一个与其相同的小球, 且带同种电荷而且电量相同, 则球带电量为_____.
2. 有三个点电荷, 电量分别是 q_1, q_2, q_3 , 均固定在同一条直线上, 且 q_2 跟 q_3 的距离为 q_2 跟 q_1 之间距离的 2 倍, 如图 1-9 所示. 每个电荷所受静电力的合力均为零, 可以判断出, 三个电荷的电量之比 $q_1 : q_2 : q_3 =$ _____.
3. A 和 B 为两个大小完全相同的带电金属球, 分别带电量 $+4Q$ 和 $-2Q$, 相互作用力为 F . 现保持两球的位置不变, 用一细金属丝把两球连接起来, 则两球间的相互作用力为_____ (填引力或斥力). 大小为_____.
4. 在两个相同的油滴上都有 1 个多余的电子, 如果这两个油滴之间的库仑斥力和万有引力平衡, 则这油滴的半径为_____米. 该种油的密度为 0.81×10^3 千克/米³.

三、计算题

1. 如图 1-10 所示, 电荷 q_1 固定于半径为 R 的半圆形光滑轨道的圆心处, 将另一个带正电量为 q_2 , 质量为 m 的小球, 从轨道的 A 处无初速释放, 求:

- (1) 小球运动到 B 点时的速度大小.
- (2) 小球在 B 点对轨道的压力.

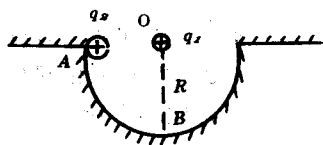


图 1-10

2. 根据经典的原子结构理论, 电子绕原子核旋转. 试求: 当氢原子核外电子转动的轨道半径为 r_0 时, 电子旋转的速率. 已知: 电子和质子的电量均为 e , 电子的质量为 m .

二、电场强度 电力线

【训练指要】

一、电场强度

定义: 置于电场中某点的电荷 q 受到的电场力 F 跟 q 的比值叫这一点的电场强度, 用 E 表示, 即为 $E = \frac{F}{q}$, 单位为牛/库.

说明: 1. 电场强度 E 是矢量, 其方向跟放在该点的正电荷受力方向相同, 跟放在该点的负电荷受力方向相反.

2. 电场强度 E 的大小描述了电场的强弱, 数值上等于放入该点单位电量受力大小. 由电场本身的性质决定, 跟放入该点的检验电荷无关.

3. 电场强度可以叠加, 遵守平行四边形法则. 如图 1-11.

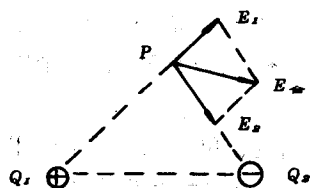


图 1-11

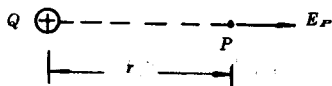


图 1-12

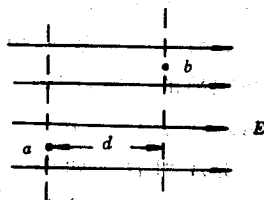


图 1-13

4. 真空中点电荷的场强由定义式得:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

如图 1-12 所示, r 是场源电荷 Q 到场点 P 的距离.

5. 在匀强电场中, 电场强度 $E=U_{ab}/d$, 如图 1-13 所示. 式中 U_{ab} 是场中 a 、 b 两点间的电势差, d 为 a 、 b 两点在电场方向上的距离.

二、电力线

是为了形象描述电场的强弱和方向而引入的概念. 其主要特点如下:

1. 在静电场中, 曲线从正电荷出发, 终止于负电荷.
2. 电力线上每点的切线方向就是该点的电场强度方向, 也就是正电荷在该点的受力方向.
3. 电力线密的地方, 电场强度大; 电力线疏的地方, 电场强度就小.
4. 电力线不能相交.

要熟悉几种常见电场的电力线分布情况, 它们是如图 1-14 所示.

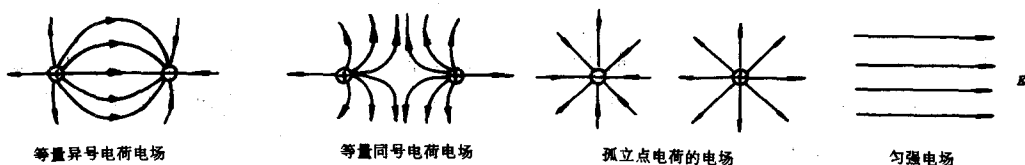


图 1-14

【典题解析】

例 1 把一个检验电荷 q 放在点电荷 Q 所形成的电场中的 A 点, 若检验电荷的电量为 $q = -2.0 \times 10^{-8}$ 库, 它所受的电场力 $F = 4.0 \times 10^{-3}$ 牛, 方向指向 Q , 如图 1-15 所示, A 点距 Q 的距离为 $r = 0.30$ 米, 试求:

- (1) A 点的电场强度.
- (2) 点电荷 Q 的电量和电性.
- (3) 若把检验电荷 q 取走, A 点的电场强度又是多少?

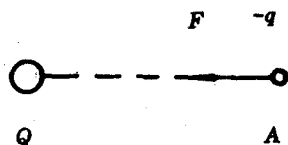


图 1-15

解析: 本题是考察电场强度的概念, 电场中某点的电场强度大小及方向, 可以由检验电荷的受力情况及检验电荷的电量情况去分析和判断, 但跟检验电荷无关. 这就好像人的体温高低, 跟是否用体温计测量无关一样.

(1) 由电场强度定义式得: $E_A = F_A/q = 4.0 \times 10^{-3} / 2.0 \times 10^{-8} = 2.0 \times 10^5$ 牛/库. 因为检验电荷是负电荷, 所以 A 点的电场强度方向跟其受力方向相反.

(2) 由真空中点电荷的场强公式 $E = kQ/r^2$ 得: $Q = Er^2/k$, 代入数据有:

$$Q = \frac{2.0 \times 10^5 \times 0.3^2}{9.0 \times 10^9} \text{ 库} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ 库}$$

根据 A 点处检验电荷的受力方向可以判断: Q 带正电.

(3) 电场强度是电场本身的属性, 只决定于电场本身的情况, 跟检验电荷无关, 所以将检验电荷 q 取走后, A 点的场强仍是 $E_A = 2.0 \times 10^5$ 牛/库.

例 2 如图 1-16 甲所示, Oy 为真空中两带等量正电荷连线的中垂线. (1) 求 O 点的场强. (2) 定性分析 Oy 方向上电场强度的变化情况.

解析: 本题是考察两个电荷的电场叠加的知识, 电场强度是矢量, 所以叠加的规律是平行四边形法则.

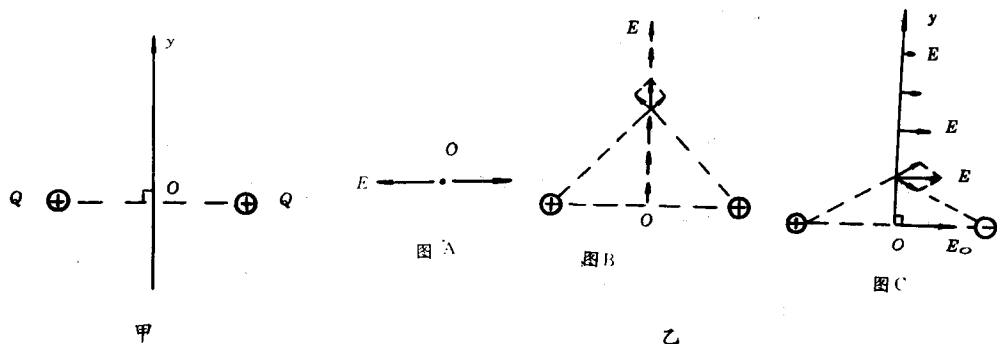


图 1-16

(1) O 点的电场是两个点电荷电场叠加的结果, 两个点电荷在 O 点产生的电场强度等大, 方向相反, 如图 1-16 乙中的图 A, 所以 O 点电场强度 $E_0=0$

(2) 定性分析 Oy 方向上的电场强度的变化情况如图 1-16 乙中的图 B, 在 O 点两点电荷的合成场强为零, 无穷远处的电场强度也为 0, 所以沿 Oy 方向上的电场强度先变大, 后变小.

例 3 上题中, 如果是两个带等量异号的电荷, 重新讨论上述两问题.

(1) 在这种情况下, 两点电荷在 O 点产生的场强等大, 方向相同, 设两点电荷相距为 r_0 , 则 $E_0=2E=2kQ/(r_0/2)^2=8kQ/r_0^2$

(2) 根据平行四边形法则对 Oy 方向上各点的电场强度进行合成, 可以看出: O 点的合成电场强度最大, 沿 Oy 方向合成电场强度越来越小, 如图 1-16 乙中的图 C 所示.

例 4 如图 1-17 甲所示, 一根长为 l 的细绝缘线, 上端固定, 下端系一个质量为 m 的带电小球, 将整个装置放入一匀强电场当中, 电场强度大小为 E , 方向是水平向右. 已知: 当细线偏离竖直方向为 θ 角时, 小球处于平衡状态, 试求:

(1) 小球带何种电荷? 带电量为多少?

(2) 如果将细线偏离竖直方向的角度由 θ 增大到 α , 然后将小球无初速释放, 则 α 多大时, 才能使细线到达竖直位置时, 小球的速度刚好为零?

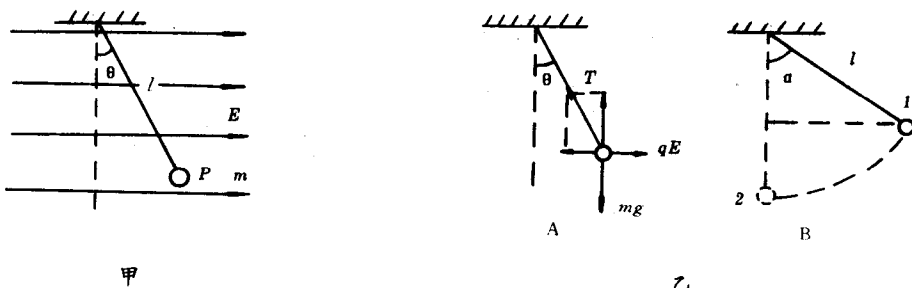


图 1-17

解析: 本题是电场的知识跟力平衡及动能定理的综合应用问题.

(1) 对小球做受力分析如图 1-17 乙中的 A 所示, 由此可知小球带正电. 因为此时小球平衡所以有:

$$\begin{cases} T \sin \theta = qE & \text{①} \\ T \cos \theta = mg & \text{②} \end{cases}$$

两式联立求解得: $q = mg \tan \theta / E$ ③

(2) 由题意可知: 小球在 1 和 2 两位置的动能均为零, 如图 1-17 乙中的 B 所示, 小球从 1 位置到 2 位置过程中, 细线拉力不做功, 重力做正功, 电场力做负功, 对小球的这一过程列动能定理方程有:

$$0 = mgl(1 - \cos \alpha) - qEl \sin \alpha \quad \text{即} \quad mgl(1 - \cos \alpha) = qEl \sin \alpha$$

整理得: $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{qE}{mg} \quad \text{即} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{qE}{mg}$ 跟③式对比可知: $\alpha = 2\theta$

例 5 一电子以 3.2×10^5 米/秒的初速度沿电力线方向进入匀强电场. 在电场中飞行了 9.1×10^{-7} 秒, 速度减到零. 求:

(1) 该匀强电场的电场强度. (2) 电子在电场中飞行的距离.

解析: (1) 根据电场强度方向的规定知道: 电子沿电力线方向进入电场其受力方向跟运动方向相反, 如图 1-18 所示. 对电子列动量定理方程有: $-qE \cdot \Delta t = 0 - mv_0$

$$\therefore E = \frac{mv_0}{q\Delta t} \quad \text{代入数据得: } E = \frac{0.91 \times 10^{-30} \times 3.2 \times 10^5}{1.6 \times 10^{-19} \times 9.1 \times 10^{-7}} = 2.0 \text{ 牛/库}$$

(2) 这一过程只有电场力做功, 所以对电子列动能定理方程有:

$$-qE \cdot d = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad \therefore d = \frac{mv_0^2}{2qE} = \frac{0.91 \times 10^{-30} \times 3.2^2 \times 10^{10}}{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2} = 0.156 \text{ 米}$$

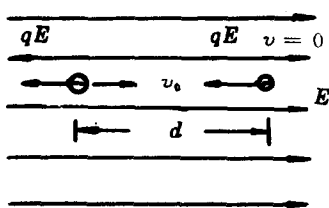


图 1-18

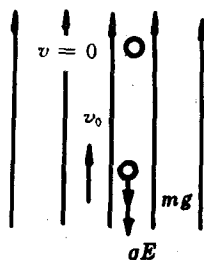


图 1-19

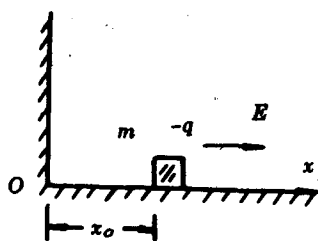


图 1-20

例 6 方向竖直向上, 电场强度为 E 的匀强电场中, 把一质量为 m , 电量为 $-q$ 的小球, 以初速度 v_0 竖直上抛, 求小球能上升的最大高度.

解析: 本题描述的物理图景类似于竖直上抛运动, 只不过是现在除了受到竖直向下的重力 mg 外, 还受一个向下的电场力 qE 的作用. 运动性质为匀减速直线运动, 末速度为 0, 如图 1-19 所示, 列动能定理方程有: 设上升的最大高度为 H .

$$0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -(mg + qE) \cdot H \quad \therefore H = \frac{mv_0^2}{2(mg + qE)}$$

例 7 一质量为 m , 带有电量为 $-q$ 的小物体, 可以在水平轨道 Ox 上运动, 如图 1-20 所示, O 端有一个跟轨道垂直的墙. 轨道处于匀强电场中, 场强大小为 E , 方向沿 Ox 轴方向. 小物体以初速度 v_0 从 x_0 点沿 Ox 轨道运动, 运动时受大小不变的摩擦力 f 作用, 且 $f < qE$, 设小物体跟墙壁碰撞时不损失机械能, 且电量保持不变. 求它在停止运动前所通过的总路程.

解析: 物体在水平方向受两个力作用, 摩擦力和电场力, 因摩擦力小于电场力, 小物体在运动过程中, 在水平方向上如果没有其他力作用是不会停下来的. 只有在力平衡的条件下才能停下来, 所以最终停下来的位置一定是在 O 点靠墙, 这时小物体受墙的弹力、电场力和摩擦力作用, 合力为 0, 处于平衡状态.

从小物体开始运动到最后停止运动, 摩擦力始终做负功, 电场做功跟路径无关, 设小物体

的路程为 s , 则对小物体列动能定理方程有:

$$0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = qE \cdot x_0 - f \cdot s$$

解得: $s = \frac{2qEx_0 + mv_0^2}{2f}$

【基础训练】

一、选择题(每题的四个选项中,至少有一个选项是正确的)

1. 在电场中某点放一检验电荷 q , 它受到的电场力为 F , 则该点的电场强度为: $E = F/q$, 那么下列说法正确的是: ()
 - A. 若移去检验电荷 q , 该点电场强度为零;
 - B. 若该点放一电量为 $2q$ 的检验电荷, 则该点的电场强度为 $2E$;
 - C. 若该点放一电量为 $2q$ 的检验电荷, 则该点的电场强度为 $E/2$;
 - D. 若该点放一电量为 $2q$ 的检验电荷, 则该点的电场强度仍为 E .
2. 如图 1-21 所示, MN 是某一点电荷电场中的一条电力线, 在电力线上的 O 点放一负电荷, 它将沿电力线向 N 点运动, 则电力线方向和负电荷的运动情况是: ()
 - A. 由 N 指向 M , 电荷做加速运动, 加速度越来越大;
 - B. 由 N 指向 M , 电荷做加速运动, 加速度大小变化不能确定;
 - C. 由 M 指向 N , 电荷做匀加速运动;
 - D. 由 M 指向 N , 电荷做加速运动, 加速度越来越小.

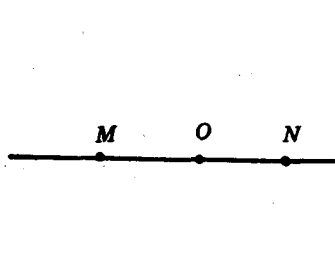


图 1-21

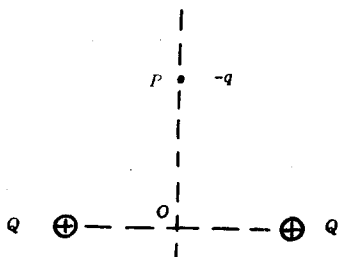


图 1-22



图 1-23

3. 如图 1-22 所示, 在两等量正电荷连线的中垂线上某点 P , 无初速释放一点电荷 $-q$, 则关于 $-q$ 电荷的运动情况, 下列判断正确的是: ()
 - A. 沿中垂线做匀加速运动;
 - B. 沿中垂线做变加速运动;
 - C. 沿中垂线在 O 点附近做振动;
 - D. 从 P 点出发沿中垂线做远离 O 点的运动.
4. 如图 1-23 所示, 在 x 轴上有两个点电荷, 一个带正电 Q_1 , 一个带负电 Q_2 , 且 $Q_1 = 2Q_2$. 用 E_1 和 E_2 分别表示这两个点电荷所产生的电场强度大小, 则在 x 轴上: ()
 - A. $E_1 = E_2$ 的点只有一处, 该处的合成场强为 0;
 - B. $E_1 = E_2$ 的点有两处, 一处合成场强为 0, 另一处的合成场强为 $2E_2$;
 - C. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中两处合成场强为 0, 另一处的合成场强为 $2E_2$;
 - D. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中一处合成场强为 0, 另两处的合成场强为 $2E_2$.
5. 关于电场强度公式 $E = F/q$, $E = kQ/r^2$ 及 $E = U/d$ 的下列说法中正确的是: ()