

锦囊妙解

中学生 数理化系列

主編/徐奇峰
劉 艷
徐紫風

不可不練的題 高二物理



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中学生数理化系列

不可不读的题

高二物理

总 策 划	司马文				
丛书主编	万强华				
编 委	毛宗致	徐水秀	李华荣	李 敏	
	徐奇峰	盛文英	胡金有	陈秀梅	
	王孟槐	赖圣宝	陈国芬	胡利华	
	钟庐文	顾 文	胡纪明		
本册主编	徐奇峰	刘 艳	徐紫凤		
编 者	刘荣生	李 敏	吴 琼	王显辉	
	卓钦文	林永祥	万长华		



机械工业出版社

本书是“锦囊妙解中学生数理化系列”的《不可不读的题 高二物理》分册,它体现了新课标改革精神,不受任何版本限制。书中每章节按选择题、填空题、计算题等题型分开编写。题目选取大部分以近两年的高考题和模拟试题为主,经典题为辅,题型全,解析简要,解条规范。本书内容新颖,题材广泛,目的是要从本质上提高学生知识理解能力,以及分析问题和解决问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

不可不读的题·高二物理/徐奇峰,刘艳,徐紫凤
主编.—北京:机械工业出版社,2006.6
(锦囊妙解中学生数理化系列)
ISBN 7-111-18926-4

I. 不… II. ①徐…②刘…③徐… III. 物理课
—高中—习题 IV. G634.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第056595号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:石晓芬 责任编辑:王春雨
责任印制:杨 曦
北京机工印刷厂印刷
2006年9月第1版·第1次印刷
169mm×230mm·14.25印张·349千字
定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线(010)88379037
封面无防伪标均为盗版

前言

Preface

武林竞技,想要取胜,或“一把枪舞得风雨不透”,或有独门绝技,三招之内,挑敌于马下。古有“锦囊妙计”,今有“锦囊妙解”辅导系列。继“锦囊妙解——中学生英语系列”、“锦囊妙解——中学生语文系列”之后,我们又隆重推出了“锦囊妙解——中学生数理化系列”。

这是一套充满智慧的系列丛书,能使你身怀绝技,轻松过关斩将,技增艺长。这更是一套充满谋略的系列丛书,能使你做到“风雨不透”,意外脱颖而出,圆名校梦。

这套丛书紧密结合教材内容,力求将教学需求和实际中高考要求完美结合。在体例设计、内容编排、方法运用、训练考查等方面都充分考虑各个年级学生的实际,由浅入深,循序渐进,稳步提高,并适度、前瞻性地把握中高考动态和趋向,在基础教学中渗透中高考意识。

本丛书作者均为多年在初中、高中一线教学的精英,每册都由有关专家最后审稿定稿。

这套丛书按中高考数、理、化必考的知识点分成三大系列:《不可不读的题》、《不可不知的素材》和《不可不做的实验》。从七年级到高考,并按数学、物理、化学分类,配套中学新课标教材,兼顾老教材,共36册。

本丛书有如下特点:

1. 选材面广,知识点细,针对性强

在《不可不读的题》中,我们尽量选用当前的热点题,近几年各地的中高考题,并有自编的创新题。在《不可不知的素材》中,我们力求做到:知识面广、知识点细而全、知识网络清晰,并增加一些中高考的边缘知识和前瞻性知识。在《不可不做的实验》中,我们针对目前中学生实验水平低、实验技能差、实验知识缺乏的情况,结合课本教材的知识网络,详细而全面地介绍了实验。有实验目的、原理、步骤、仪器、实验现象、结论、问题探讨,并增加了实验的一般思路和方法。除介绍课本上的学生实验和教师的演示实验外,还增加了很多中高考中出现的课外实验和探究实验。



2. 指导到位

本丛书在指导学生处理好学习中的基础知识的掌握、解题能力的娴熟、实验能力的提高方面,有意想不到的功效。选择本丛书潜心修炼,定能助你考场上游刃有余,一路顺风,高唱凯歌。

3. 目标明确

在强调学生分析问题和解决问题能力的同时,在习题、内容上严格对应中高考命题方式,充分体现最新中高考的考试大纲原则和命题趋势。

梦想与你同在,我们与你同行。我们期盼:静静的考场上,有你自信的身影。我们坚信:闪光的金榜上,有你灿烂的笑颜。

本丛书特邀江西师范大学附属中学高级教师、南昌市学科带头人万强华担任主编。本分册由徐奇峰,刘艳,徐紫凤主编。

我们全体策编人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见。无边的学海仍然警示着我们:只有不懈努力,才会取得胜利,走向辉煌。

编 者

目 录

Contents

前言

第一章 电场 1

第一节 电荷守恒定律 库仑定律 1

第二节 电场强度 电场线 2 ☆

第三节 电势差 电势 6 ☆

第四节 电容器、电容 13 ☆

第五节 带电粒子在电场中的运动 26

第二章 电路

..... 37

第一节 电流 电压 电阻 37

第二节 电功和电功率 45

第三节 闭合电路欧姆定律 51

第三章 磁场 63

第一节 磁场 磁感线 63

第二节 安培力 磁感应强度 66

第三节 洛伦兹力 71

第四节 粒子在磁场中的运动 80

第四章 电磁感应 97

第一节 电磁感应现象楞次定律及其应用 97 ☆

第二节 法拉第电磁感应定律 105 ☆

第三节 自感现象及其应用 127

第五章 交变电流 131

第一节 交变电流的产生和描述 131

第二节 电感和电容对交变电流的影响 139

第三节 变压器与电能的输送 141

第四节 三相交流电 150

第六章 传感器 151

第七章 电磁波 154

第一节 电磁振荡 154

第二节 电磁场和电磁波 158

第三节 无线电波的发射和接收 162

第八章 热学 166

第一节 分子动理论和统计思想 166

第二节 固体、液体 171

第三节 气体 174

第四节 热力学定律与能量守恒定律 183

第五节 能源与可持续发展 188

第九章 光学 190

第一节 光的传播 190

第二节 光的波动性 199

第三节 光的波粒二象性 206

第十章 原子与原子核 212

第一节 原子结构 212

第二节 衰变与核反应 217

第一章 电场

第一节 电荷守恒定律 库仑定律

一、选择题

题1 (2005 广东) 静电在各种行业和日常生活中有着重要的应用,如静电除尘、静电复印等,所依据的基本原理几乎都是让带电的物质微粒在电场作用下奔向并吸附到电极上。现有三个粒子 a 、 b 、 c 从 P 点向下射入由正负电极产生的电场中,它们的运动轨迹如图1-1-1所示,则 ()

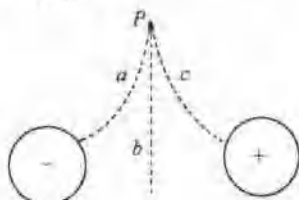


图1-1-1

- A. a 带负电荷, b 带正电荷, c 不带电荷
 B. a 带正电荷, b 不带电荷, c 带负电荷
 C. a 带负电荷, b 不带电荷, c 带正电荷
 D. a 带正电荷, b 带负电荷, c 不带电荷

解 根据库仑定律,同性电荷相互吸引,异性电荷相互排斥,答案应为 B。

题2 两个半径相同的金属小球,带电量之比为1:7,相距为 r ,两者相互接触后再放回原来的位置上,则相互作用力可能为原来的 ()

- A. $4/7$ B. $3/7$ C. $9/7$ D. $16/7$

解 设两小球的电量分别为 q 与 $7q$,则原来相距 r 时的相互作用力 $F = k \frac{q \times 7q}{r^2} = k \frac{7q^2}{r^2}$ 。由于两球的电性未知,接触后相互作用力的计算可分两种情况:

(1) 两球电性相同,相互接触时两球电量平均分布,每球带电量 $4q$,放回原处后的相互作用力为

$$F = k \frac{4q \times 4q}{r^2} = k \frac{16q^2}{r^2} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{16}{7}$$

(2) 两球电性不同,相互接触时电荷先中和再平分,每球带电量 $3q$,放回原处后的相互作用力为

$$F = k \frac{3q \times 3q}{r^2} = k \frac{9q^2}{r^2} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{9}{7}$$

应选 CD。

题3 已知如图1-1-2,带电小球 A 、 B 的电荷分别为 Q_A 、 Q_B , $OA = OB$,都用长 L 的丝线悬挂在 O 点,静止时 A 、 B 相距为 d 。为使平衡时 AB 间距离减为 $d/2$,可采用以下哪些方法 ()

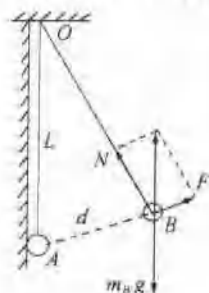


图1-1-2

- A. 将小球 A 、 B 的质量都增加到原来的2倍
 B. 将小球 B 的质量增加到原来的8倍
 C. 将小球 A 、 B 的电荷量都减小到原来的一半
 D. 将小球 A 、 B 的电荷量都减小到原来的一半,同时将小球 B 的质量增加到原来的2倍



解 由 B 的共点力平衡图知 $\frac{F}{m_B g} = \frac{d}{L}$, 而

$$F = \frac{kQ_A Q_B}{d^2}, \text{ 可知, } d \propto \sqrt[3]{\frac{kQ_A Q_B L}{m g}}, \text{ 应选 B、D.}$$

题 4 如图 1-1-3 所示, 三个点电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 固定在一直线上, q_2 与 q_3 的距离为 q_1 与 q_2 距离的 2 倍, 每个电荷所受静电力的合力均为零, 由此可以判定, 三个电荷的电量之比 $q_1 : q_2 : q_3$ 为 ()

- A. $-9:4:-36$ B. $9:4:36$
C. $-3:2:-6$ D. $3:2:6$

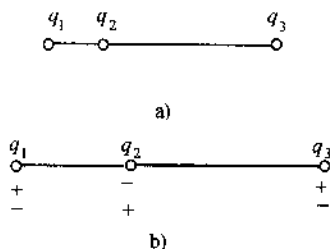


图 1-1-3

解 每个电荷所受静电力的合力为零, 其电性不可能相同, 只能是如图 1-1-3b 所示两种情况.

考虑 q_2 的平衡: 由 $r_{12} : r_{23} = 1 : 2$, 据库仑定律得 $q_3 = 4q_1$.

考虑 q_1 的平衡: 由 $r_{12} : r_{13} = 1 : 3$,

同理得 $q_3 = 9q_2$, 或 $q_2 = \frac{1}{9}q_3 = \frac{4}{9}q_1$

$$\therefore q_1 : q_2 : q_3 = 1 : \frac{4}{9} : 4 = 9 : 4 : 36$$

考虑电性后应为 $-9:4:-36$ 或 $9:-4:$
36. 应选 A.

题 5 如图 1-1-4 所示, 两个质量均为 m 的完全相同的金属球壳 a 与 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, 两球心间的距离为 L , 为球半径的 3 倍. 若使它们带上等量异种电荷, 使其电量的绝对值均为 Q , 那么, a 、 b 两球之间的万有引力 $F_{引}$ 和库仑力 $F_{库}$ 分别为

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. $F_{引} = G \frac{m^2}{L^2}, F_{库} \neq k \frac{Q^2}{L^2}$

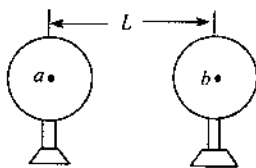


图 1-1-4

解 万有引力定律适用于两个可看成质点的物体, 虽然两球心间的距离 L 只有其半径 r 的 3 倍, 但由于其壳层的厚度和质量分布均匀, 两球壳可看作质量集中于球心的质点. 因此, 可以应用万有引力定律. 应选 D.

题 6 已知如图 1-1-5, 光滑绝缘水平面上有两只完全相同的金属球 A 、 B , 带电量分别为 $-2Q$ 与 $-Q$. 现在使它们以相同的初动能 E_0 (对应的动量大小为 p_0) 开始相向运动且刚好能发生接触. 接触后两小球又各自反向运动. 当它们刚好回到各自的出发点时的动能分别为 E_1 和 E_2 , 动量大小分别为 p_1 和 p_2 . 有下列说法: ① $E_1 = E_2 > E_0, p_1 = p_2 > p_0$; ② $E_1 = E_2 = E_0, p_1 = p_2 = p_0$; ③ 接触点一定在两球初位置连线的中点右侧某点; ④ 两球必将同时返回各自的出发点. 其中正确的是 ()

- A. ②④ B. ②③
C. ①④ D. ③④

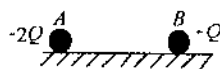


图 1-1-5

解 由牛顿定律的观点看, 两球的加速度大小始终相同, 相同时间内的位移大小一定相同, 必然在连线中点相遇, 又同时返回出发点. 由动量观点看, 系统动量守恒, 两球的速度始终等值反向, 也可得出结论: 两球必将同时返回各自的出发点. 且两球末动量大小和末动能

一定相等.从能量观点看,两球接触后的电荷量都变为 $-1.5Q$,在相同距离上的库仑斥力增大,返回过程中电场力做的正功大于接近过程中克服电场力做的功,由机械能定理,系统机械能必然增大,即末动能增大.应选 C.

题 7 如图 1-1-6,光滑平面上固定金属小球 A,用长 L_0 的绝缘弹簧将 A 与另一个金属小球 B 连接,让它们带上等量同种电荷,弹簧伸长量为 x_1 ,若两球电量各漏掉一半,弹簧伸长量变为 x_2 ,则有 ()

- A. $x_2 = \frac{1}{2}x_1$ B. $x_2 = \frac{1}{4}x_1$
C. $x_2 > \frac{1}{4}x_1$ D. $x_2 < \frac{1}{4}x_1$

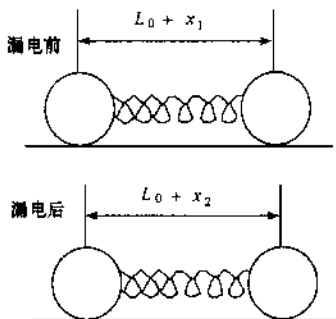


图 1-1-6

由题意画示意图, B 球先后平衡,于是有

$$k_0 x_1 = \frac{kq^2}{(L_0 + x_1)^2}$$

则

$$k_0 x_2 = \frac{\frac{1}{4}kq^2}{(L_0 + x_2)^2} \quad \frac{x_1}{x_2} = \frac{4(L_0 + x_2)^2}{(L_0 + x_1)^2},$$

$$\because L_0 + x_2 < L_0 + x_1 \quad \therefore \frac{x_1}{x_2} < 4, \text{故选 C.}$$

题 8 (2004 广西) 在场强为 E 的匀强电场中固定放置两个小球 1 和 2, 它们的质量相等, 电荷分别为 q_1 和 q_2 ($q_1 \neq q_2$). 球 1 和球 2 的连线平行于电场线, 如图 1-1-7. 观同时放开球 1 和球 2, 于是它们开始在电场力的作用下运动, 如果球 1 和球 2 之间的距离可以取任意有限

值, 则两球刚被放开时, 它们的加速度可能是 ()

- A. 大小不等, 方向相同
B. 大小不等, 方向相反
C. 大小相等, 方向相同
D. 大小相等, 方向相反

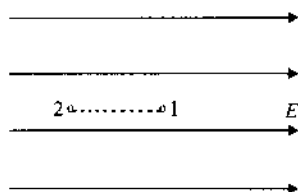


图 1-1-7

解 释放小球时, 两球分别受到外电场力 F_1 、 F_2 及两球之间的电场力 $F_{1,2}$ 的作用, 即球 1 受 F_1 和 $F_{1,2}$ 的作用, 球 2 受 F_2 和 $F_{1,2}$ 的作用, $F_1 = Eq_1$, $F_2 = Eq_2$ (方向与 F_1 相反),

$$F_{1,2} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (r \text{ 为两球之间的距离}), \text{因}$$

q_1 、 q_2 及 r 均未知, 放两球的加速度

$$a_1 = \frac{F_1 - F_{1,2}}{m}, a_2 = \frac{F_2 - F_{1,2}}{m}, \text{可能的情况}$$

有 A、B、C. 应选: A、B、C.

二、填空题

题 9 一半径为 R 的绝缘球壳上均匀地带有电量为 $+Q$ 的电荷, 另一电量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上, 由于对称性, 点电荷所受的力为零, 现在球壳上挖去半径为 r ($r \ll R$) 的一个小圆孔, 则此时置于球心的点电荷所受力的方向为 _____ (已知静电力恒量为 k), 方向 _____.

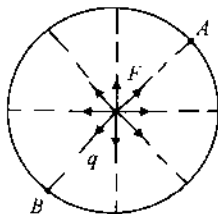


图 1-1-8



解 如图所示 1-1-8, 由于对称性, $+q$ 在球心受到的为库仑力为零, 即合场强为零, 当从球壳上挖去一个半径为 r 的小圆后, 失去了对称性, $+q$ 在球心受到力的作用, 用割补法分析, 可认为, 割去小圆在球心所产生的场强与其余部分的场强平衡, 这样就能用点电荷场强公式求出结论

由于球壳上均匀带电, 原来每条直径两端相等的一小块面上的电荷对球心 $+q$ 的力互相平衡. 现在球壳上 A 处挖去半径为 r 的小圆孔后, 其他直径两端电荷对球心 $+q$ 的力仍互相平衡, 剩下的就是与 A 相对的 B 处, 半径也等于 r 的一小块圆面上电荷对它的力 F , 如图所示. B 处这一小块圆面上的电量为

$$q_B = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} Q = \frac{r^2}{4R^2} Q$$

由于半径 $r \ll R$, 可以把它看成点电荷. 根据库仑定律, 它对中心 $+q$ 的作用力大小为

$$F = k \frac{q_B q}{R^2} = k \frac{\frac{r^2}{4R^2} Q q}{R^2} = \frac{kqQr^2}{4R^4}$$

其方向由球心指向小孔中心.

题 10 (2001 全国) 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 与 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 三者电量大小之比是_____:

解 (1) 若 q_2 为正电荷, 且每个电荷都处于平衡状态 q_1, q_3 均要带负电荷才能满足要求.

(2) 由于三个点电荷都处于平衡状态, 因此这三个点电荷所在处的合场强均为零, 即有

$$k \frac{q_2}{l_1^2} = k \frac{q_3}{(l_1 + l_2)^2}$$

$$k \frac{q_1}{l_1^2} = k \frac{q_3}{l_2^2}$$

$$k \frac{q_1}{(l_1 + l_2)^2} = k \frac{q_2}{l_2^2}$$

以上三式联立整理得

$$q_1 : q_2 : q_3 = \left(\frac{l_1 + l_2}{l_2}\right)^2 : 1 : \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1}\right)^2$$

题 11 两个点电荷带有相等的电量, 要求它们之间相距 1m 时的相互作用力等于 1N, 则每个电荷的电量是_____ C, 等于电子电量的_____倍.

解 设每个电荷的电量为 Q , 间距 $r = 1\text{m}$, 相互作用力 $F = 1\text{N}$. 由库仑定律

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

$$Q = \sqrt{\frac{Fr^2}{k}} = \sqrt{\frac{1 \times 1^2}{9 \times 10^9}} \text{C} \approx 1 \times 10^{-5} \text{C}$$

这个电量与电子电量相比为

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{1 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{13}$$

即是电子电量的 6.25×10^{13} 倍.

三、计算题

题 12 (2004 广东) 已经证实, 质子、中子都是由上夸克和下夸克两种夸克组成的, 上夸克带电为 $\frac{2}{3}e$, 下夸克带电为 $-\frac{1}{3}e$, e 为电子所带电量的大小, 如果质子是由三个夸克组成的, 且各个夸克之间的距离都为 l , $l = 1.5 \times 10^{-15}\text{m}$, 试计算质子内相邻两个夸克之间的静电力(库仑力)

解 质子带电为 $+e$, 所以它是由 2 个上夸克和 1 个下夸克组成的. 按题意, 三个夸克必位于等边三角形的三个顶点处. 这对上夸克与上夸克之间的静电力应为

$$F_m = k \frac{\frac{2}{3}e \times \frac{2}{3}e}{l^2} = \frac{4}{9} k \frac{e^2}{l^2}$$

代入数值, 得 $F_m = 46\text{N}$, 为斥力.

上夸克与下夸克之间的静电力为

$$F_{nd} = k \frac{\frac{1}{3}e \times \frac{2}{3}e}{l^2} = \frac{2}{9} k \frac{e^2}{l^2}$$

代入数值,得 $F_{ad} = 23\text{N}$,为引力.

题 13 图 1-1-9 中的 A 、 B 两点分别放置点电荷 q_1 、 q_2 ,其中 $q_1 = +5 \times 10^{-7}\text{C}$, A 、 B 两点相距 10cm , q_2 所受的电场力为 $1.8 \times 10^{-4}\text{N}$,方向向左.问:

(1)点电荷 q_2 带什么电? 电量多大?

(2)点电荷 q_1 在 B 点产生的电场的场强及点电荷 q_2 在 A 点产生的电场的场强各是多大? 方向如何?

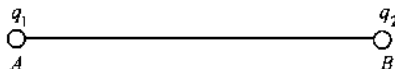


图 1-1-9

(3)若把电荷 q_2 移开,改换另一点电荷 $q_3 = +2 \times 10^{-10}\text{C}$ 放在 B 点,则电荷 q_1 在 B 点产生的场强多大? 电荷 q_3 所受的电场力多大? 方向如何? (静电力常量 $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

解 (1) q_2 带负电,由库仑定律,得

$$q_2 = F_{AB}/kq_1 = 1.8 \times 10^{-4} \times (10 \times 10^{-2})^2 / (9.0 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-7}) = 4 \times 10^{-10}\text{C},$$

$$(2) E_B = F_2/q_2 = 1.8 \times 10^{-4} / 4 \times 10^{-10} = 4.5 \times 10^5 \text{N/C}, \text{向右}.$$

$$E_A = F_1/q_1 = 1.8 \times 10^{-4} / 5 \times 10^{-7} = 360 \text{N/C}, \text{向右}.$$

$$(3) E_B = E_B = 4.5 \times 10^5 \text{N/C},$$

$$F_3 = 9 \times 10^{-5} \text{N}, \text{向右}.$$

题 14 已知如图 1-1-10,在光滑绝缘水平面上有三个质量都是 m 的相同小球,两两间的距离都是 l , A 、 B 电荷量都是 $+q$. 给 C 一个与 AB 垂直的外力 F ,使三个小球保持相对静止共同加速运动. 求: C 球的带电电性和电荷量;外力 F 的大小.

解 A 、 B 两球相互间的库仑力为斥力,则 C 对它们只能是引力,且两个库仑力的合力应沿垂直于 AB 连线的方向. 这样就把 B 受的库仑力和合力的平行四边形确定了. 可得

$$Q_C = -2q, F = 3F_B = 3\sqrt{3}F_{AB} = \frac{3\sqrt{3}kq^2}{l^2}.$$

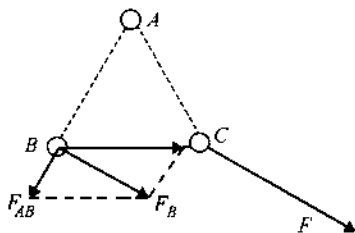


图 1-1-10

题 15 一小球带电 $q = +4.0 \times 10^{-6}\text{C}$,将它放在距离一块原来不带电的接地的大金属板 $r = 3.0\text{cm}$ 处,试求小球所受的作用力(已知 $k = 9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

解 带电小球在金属板上将感应出负电荷,金属板是等势面,则电场线必垂直于金属板,这与一个 $-q$ 的电荷在板背面 r 处与 $+q$ 共同产生的电场完全一样. 如图 1-1-11 所示,因而 $+q$ 所受的力即为两个点电荷的相互作用力.

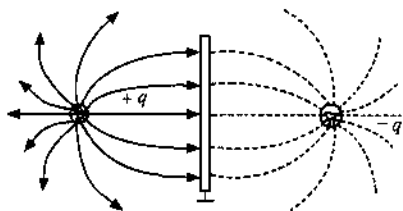


图 1-1-11

$$\therefore F = \frac{kq^2}{(2r)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(4.0 \times 10^{-6})^2}{(2 \times 3.0 \times 10^{-2})^2} =$$

40N

题 16 在真空中同一条直线上的 A 、 B 两点固定有电荷量分别为 $+4Q$ 和 $-Q$ 的点电荷. 如图 1-1-12 所示.

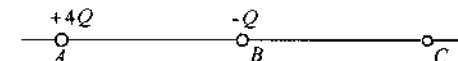


图 1-1-12

(1)将另一个点电荷放在该直线上的哪个位置,可以使它在电场力作用下保持静止?

(2)若要求这三个点电荷都只在电场力作用下保持静止,那么引入的这个点电荷应是正电荷还是负电荷? 电荷量是多大?



解 (1) 先判定第三个点电荷所在的区间: 只能在 B 点的右侧; 再由 $F = \frac{kQq}{r^2}$, F 、 k 、 q 相同, $Q \propto r^2$, $\therefore Q_C : Q_B = 4 : 1$, 而且必须是正电荷. 所以 C 点处引入的点电荷 $Q_C = +4Q$

(2) C 处的点电荷肯定在电场力作用下平

衡了; 只要 A 、 B 两个点电荷中的一个处于平衡, 另一个必然也平衡. 由 $F = \frac{kQq}{r^2}$, F 、 k 、 Q 相同, $Q \propto r^2$, $\therefore Q_C : Q_B = 4 : 1$, 而且必须是正电荷. 所以 C 点处引入的点电荷 $Q_C = +4Q$



第二节 电场强度 电场线

一、选择题

题 17 点电荷 A 和 B , 分别带正电和负电, 电量分别为 $4Q$ 和 Q , 在 AB 连线上, 如图 1-2-1, 电场强度为零的地方在 ()

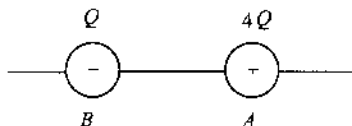


图 1-2-1

- A. A 和 B 之间
- B. A 右侧
- C. B 左侧
- D. A 的右侧及 B 的左侧

解 因为 A 带正电, B 带负电, 所以只有 A 右侧和 B 左侧电场强度方向相反, 因为 $Q_A > Q_B$, 所以只有 B 左侧, 才有可能 E_A 与 E_B 等量反向, 因而才可能有 E_A 和 E_B 矢量和为零的情况. 选 C.

题 18 (2005 全国 II) 图 1-2-2 中 a 、 b 是两个点电荷, 它们的电量分别为 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 $|Q_1| > |Q_2|$

解 MN 是中垂线, 则 MN 上 P 点到 a 、 b 距离相等, 设为 r . 由点电荷电场强度公式知:

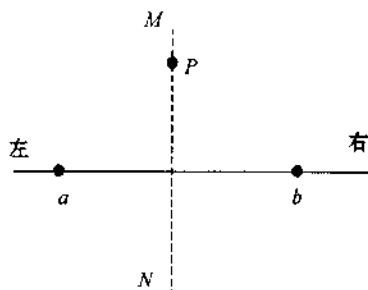


图 1-2-2

$E_1 = k \frac{Q_1}{r^2}$, $E_2 = k \frac{Q_2}{r^2}$, 若 Q_1 、 Q_2 都是正电荷, 其在 P 点场强如图所示, 由于 $Q_1 < Q_2$, 则 $E_1 < E_2$, 其合场强必指向 MN 左侧, A 对. 若 Q_1 是正电荷, Q_2 是负电荷, 则 E_2 方向反向, 不论 E_1 、 E_2 多大, 其合场强必指向 MN 右侧, B 错. 同理可判 C、D 正确. 应选 A、C、D.

题 19 如图 1-2-3 中接地的金属球 A 的半径为 R , 点电荷的电量 Q , 到球心距离为 r , 该点电荷的电场在球心 O 处的场强等于:

()

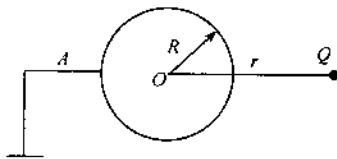


图 1-2-3

- A. $\frac{kQ}{r^2} - \frac{kQ}{R^2}$
- B. $\frac{kQ}{r^2} + \frac{kQ}{R^2}$



C. 0

D. $\frac{kQ}{r^2}$

解 静电感应的过程,是导体 A(含大地)中自由电荷在电荷 Q 所形成的外电场下重新分布的过程,当处于静电平衡状态时,在导体内部电荷 Q 所形成的外电场 E 与感应电荷产生的“附加电场 E'”同时存在的,且在导体内部任何一点,外电场场强 E 与附加电场的场强 E' 大小相等,方向相反,这两个电场叠加的结果使内部的合场强处处为零,即 $E_{内}=0$. 而电荷量 Q 的电场在球心处的场强仍等于 $\frac{kQ}{r^2}$,即

选项 D 正确.

题 20 说明图 1-2-4 中电场线的分布哪一种是错误的

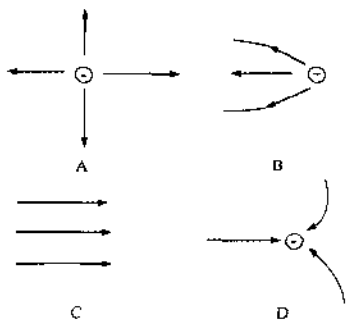


图 1-2-4

解 匀强电场的电场线是一簇距离相等的平行线,点电荷周围的电场线从正电荷出发到负电荷终止,应选 A.

题 21 (2004 北京) 静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置,其中某部分静电场的分布如图 1-2-5 所示. 虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线,等势线形状相对于 Ox 轴、 Oy 轴对称. 等势线的电势沿 x 轴正向增加,且相邻两等势线的电势差相等. 一个电子经过 P 点(其横坐标为 $-x_0$) 时,速度与 Ox 轴平行. 适当控制实验条件,使该电子通过电场区域时仅在 Ox 轴上方运动. 在通过电场区域过程中,该电子沿 y 方向的分速度 v_y 随位置坐标 x 变化的示意图是()

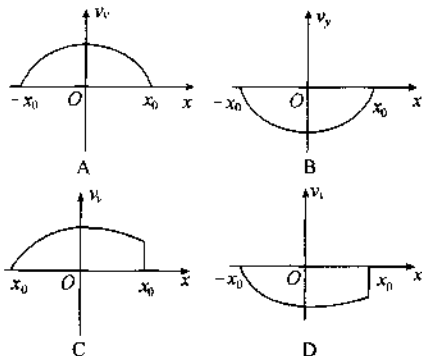


图 1-2-5

解 在 x 轴负方向,电子所受电场力右偏下,则电子竖直速度沿 y 轴负方向不断增加,到达 O 点时竖直速度最大,到达 x 轴正方向,电子所受电场力左偏上,则竖直速度沿 y 轴负方向不断减小. 又由于在 x 轴负方向的电子运动处电场线比 x 轴正方向的电子运动处电场线密,则加速度相应较大,则在 x 轴负方向的速度经过相同的水平距离,不能减小到零,所以 D 选项正确.

题 22 (2004 上海) 光滑水平而上有一边长为 l 的正方形区域处在场强为 E 的匀强电场中,电场方向与正方形一边平行. 一质量为 m 、带电量为 q 的小球由某一边的中点,以垂直于该边的水平初速 v_0 进入该正方形区域. 当小球再次运动到该正方形区域的边缘时,具有的动能可能为 ()

A. 0

B. $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}qEl$ C. $\frac{1}{2}mv_0^2$ D. $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2}{3}qEl$

解 考虑多种情况,其一:若方向在一条直线上,且电场力做负功,并有 $\frac{1}{2}mv_0^2 = EqL$,则小球到达另一边缘时动能恰好为零,故 A 对. 其二:若方向垂直,则小球进入电场的同时发生偏转,则到达另一边缘时小球的动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}EqL$,故 B 可能. 其三:若方向同在一条直线,电场力做负功,并使小球沿原路返回到边缘,则小球受电场力做功为零,动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2$,故 C 亦可能. 选 A、B、C.

题 23 在静电场中

- ()
- A. 电场强度处处为零的区域内,电势也一定处处为零
- B. 电场强度处处相同的区域内,电势也一定处处相同
- C. 电场强度的方向总是跟等势面垂直的
- D. 沿着电场强度的方向,电势总是不断降低的

解 电势具有相对性,零电势的选取是任意的,所以电场强度为零的区域电势不一定为零,故 A 不正确。在匀强电场中,电场强度处处相同,但电势不相同,故 B 不正确。根据电场的性质,C、D 正确。

题 24 如图 1-2-6

所示,两根绝缘细线挂着两个质量相同的小球 A 和 B,上、下两根细线中的拉力分别为 F_A 、 F_B ,现使 A、B 带上等量异种电荷,且在竖直方向加一电场,方向竖直向下、大小为 E ,这时上、下两根细线的拉力分别为 F_A' 和 F_B' ,则

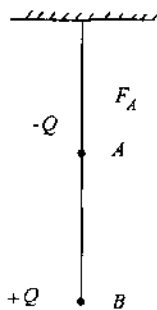


图 1-2-6

- ()
- A. $F_A' = F_A$ 、 $F_B' > F_B$
- B. $F_A' = F_A$ 、 $F_B' < F_B$
- C. $F_A' < F_A$ 、 $F_B' > F_B$
- D. $F_A' > F_A$ 、 $F_B' < F_B$

解 没有加外电场时,B 球受弹力 F_B 、重力 mg 和 A 球的竖直向上吸引力的作用,外加电场后,B 球又受到竖直向下的电场力 EQ ,那么 F_B 应增大

把 A、B 视为整体,有外加电场后, $+Q$ 和 $-Q$ 所受电场力正好大小相等、方向相反,系统所受合外力为零,因此 F_A 保持不变。应选 A

二、填空题

题 25 如图 1-2-7 所示,一金属球原来

不带电,其半径为 R ,在离球心 $3R$ 处放置一点电荷 $+Q$,当达到静电平衡时,球上感应电荷在 b 点产生的场强大小为_____,方向是_____。感应电荷在金属球内部 a、b、c 三点产生的场

强最大的是_____点。

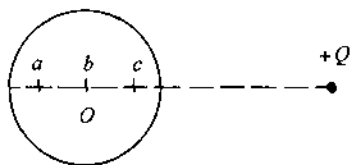


图 1-2-7

解 金属导体在电场中达到静电平衡时其内部的电场强度为零,是指外电场与感应电荷产生的电场的合场强为零,为此可算出感应电荷所产生的场强大小和方向。正点电荷在球心处产生的场强 $E_b = \frac{kQ}{9R^2}$ 在 c 点的场强最大

题 26 (2005 上海)如图 1-2-8,带电量为

$+q$ 的点电荷与均匀带电薄板相距为 $2d$,点电荷到带电薄板的垂线通过板的几何中心。若图中 a 点处的电场强度为零,根据对称性,带电薄板在图中 b 点处产生的电场强度大小为_____,方向_____。(静电力恒量为 k)

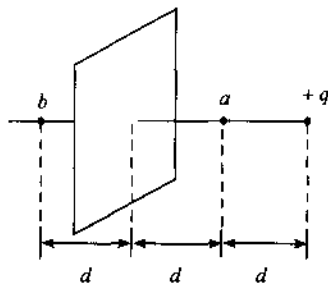


图 1-2-8

解 由于 a 点的电场强度为零,则点电荷 $+q$ 在 a 点产生的场强 E_1 和带电薄板在 a 点产生的场强 E_2 相等,即 $E_1 = E_2$,方向相反。由于 a、b 两点相对薄板对称,所以 b 点产生的场强和 a 点的场强 E_2 等值反向。∴ $E_b = E_1 = \frac{kq}{d^2}$,方向和点电荷 q_1 产生的场强 E_1 方向相同。

三、计算题

题 27 (2005 上海)如图 1-2-9 所示,带

正电小球质量为 $m = 1 \times 10^{-2} \text{ kg}$, 带电量为 $q = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$, 置于光滑绝缘水平面上的 A 点. 当空间存在着斜向上的匀强电场时, 该小球从静止开始始终沿水平面做匀加速直线运动, 当运动到 B 点时, 测得其速度 $v_B = 1.5 \text{ m/s}$, 此时小球的位移为 $s = 0.15 \text{ m}$. 求此匀强电场场强 E 的取值范围. ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

某同学求解如下: 设电场方向与水平面之间夹角为 θ , 由动能定理 $qE s \cos \theta = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0$ 得

$$E = \frac{m v_B^2}{2 q s \cos \theta} = \frac{75000}{\cos \theta} \text{ V/m}.$$

由题意可知 $90^\circ > \theta > 0$, 所以当 $E > 7.5 \times 10^4 \text{ V/m}$ 时小球将始终沿水平面做匀加速直线运动. 经检查, 计算无误. 该同学所得结论是否有不完善之处? 若有请予以补充.

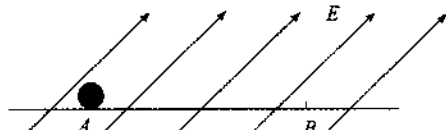


图 1-2-9

解 该同学所得结论有不完善之处. 为使小球始终沿水平面运动, 电场力在竖直方向的分力必须小于等于重力, 即: $qE \sin \theta \leq mg$

所以即:

$$\tan \theta \leq \frac{mg}{qE} = \frac{2sg}{v_B^2} = \frac{2 \times 0.15 \times 10}{2.25} = \frac{4}{3}$$

$$E \leq \frac{mg}{q \sin \theta} = \frac{1 \times 10^{-2} \times 10}{1 \times 10^{-6} \times \frac{4}{5}} \text{ V/m} = 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$$

10^5 V/m

即 $7.5 \times 10^4 \text{ V/m} < E \leq 1.25 \times 10^5 \text{ V/m}$

题 28 如图 1-2-10 所示, 以 O 点为圆心, 以 r 为半径的圆与坐标轴交点分别为 a, b, c, d , 空间有一与 x 轴正方向相同的匀强电场, 同时, 在 O 点固定一个电量为 $+Q$ 的点电荷. 如果把一个带电量为 $-q$ 的检验电荷放在 c 点, 恰好平衡, 求:

(1) 匀强电场的场强大小 E 为多少?

(2) a, d 点的合场强大小各为多少?

(3) 如果把 O 点的正点电荷 $+Q$ 移走, 把点电荷 $-q$ 从 c 点沿 x 轴移到 a 点, 求电场力做的功及点 c, a 两点间的电势差.

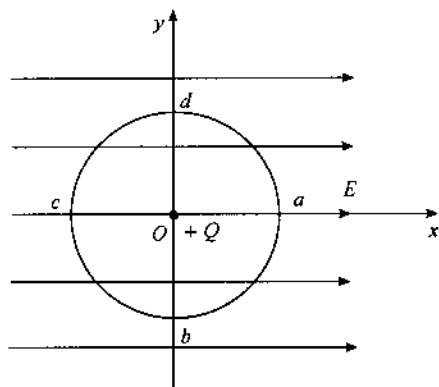


图 1-2-10

解 (1) 点电荷 $-q$ 在 c 点受力平衡, 则有 $kQq/r^2 = qE, E = kQ/r^2$.

(2) 在 a 点的合场强大小为

$$E_a = E_Q + E = (kQ/r^2) + (kQ/r^2) = 2kQ/r^2.$$

d 点的合场强为点电荷 $+Q$ 和匀强电场的矢量叠加, 有

$$E_d = \sqrt{E^2 + E_Q^2} = \sqrt{2}E = \sqrt{2}kQ/r^2.$$

(3) 电场力做功 $W = -qE \cdot 2r = -2kQq/r$

$$U_{ca} = |W|/q = 2kQ/r, U_{ca} = 2kQ/r.$$

题 29 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 1-2-11a 所示. 平衡时, 细线对悬点的作用力多大?

解法一: 设上、下两细线的拉力分别为 T_1, T_2 , 以两小球为研究对象, 作受力分析: A 球受到向上的悬线拉力 T_1 , 向下的重力 mg 、细线拉力 T_2 , 库仑力 F_c , 电场力 F_{E1} ; B 球受到向上的细线拉力 T_2' , 库仑力 F' , 电场力 F_{E2} , 向下的重力 mg . 它们的隔离体受力如图 1-2-11b 所示.

平衡时, 满足条件 $T_1 = mg + T_2 + F_c + F_{E1}$,

$$T_2' + F_c' + F_{E2} = mg.$$

因 $T_2 = T_2', F_c = F_c', F_{E1} = 2qE, F_{E2} = qE$,

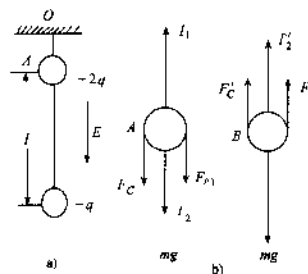


图 1-2-11

联立两式得

$$T_1 = 2mg + F_{E1} - F_{E2} = 2mg + qE.$$

根据牛顿第三定律,细线对悬点的拉力大小为 $2mg + qE$.

解法二:如果把两个小球和中间的细线作为一个整体(系统),那么电荷间相互作用的库仑力 F_c 、 F_c' ,细线的拉力 T_2 、 T_2' ,都是系统的内力,它们互相抵消,作用在系统上的外力仅为两球重力 $2mg$ 、悬线拉力 T_1 ,电场力 $F_E = qE$,如图 1-2-12,于是由力平衡条件立即可得 $T_1 = 2mg + F_E = 2mg + qE$.

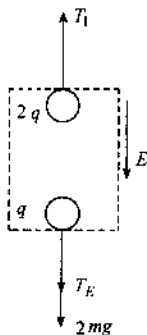


图 1-2-12

题 30 在光滑水平面上有一质量 $m = 1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$, 电量 $q = 1.0 \times 10^{-10} \text{ C}$ 的带正电小球, 静止在 O 点, 以 O 点为原点, 在该水平面内建立直角坐标系 Oxy , 现突然加一沿 x 轴正方向, 场强大小 $E = 2.0 \times 10^6 \text{ V/m}$ 的匀强电场, 使小球开始运动. 经过 1.0 s , 所加电场突然变为沿 y 轴正方向, 场强大小仍为 $E = 2.0 \times 10^6 \text{ V/m}$ 的匀强电场, 再经过 1.0 s , 所加电场又

突然变为另一个匀强电场, 使小球在此电场作用下经 1.0 s 速度变为零. 求此电场的方向及速度为零时小球的位置.

解 带电小球整个运动过程分为: 第 1 s 沿 x 轴做匀加速直线运动, 第 2 s 为类平抛运动, 第 3 s 为匀减速直线运动. 由牛顿定律得知, 在匀强电场中小球加速度大小为 $a = qE/m = (1 \times 10^{-10} \times 2 \times 10^6) / (1 \times 10^{-3}) = 0.2 (\text{m/s}^2)$.

☆ 当场强沿 x 轴正方向时, 经过 1 s 小球的速度大小为 $v_x = at = 0.2 \times 1 = 0.2 (\text{m/s})$ 方向沿 x 轴正方向, 并移动 Δx_1 的位移: $\Delta x_1 = at^2/2 = (1/2) \times 0.2 \times 1^2 = 0.1 (\text{m})$

在第 2 s 内, 电场方向沿 y 轴正方向, 所以带电小球作初速度为 $v_x = 0.2 \text{ m/s}$ 的类平抛运动, 即在 x 方向做速度为 v_x 的匀速运动, 在 y 轴方向做初速为零的匀加速直线运动这两种运动的合运动.

沿 x 方向移动的距离: $\Delta x_2 = v_x t = 0.2 (\text{m})$

沿 y 方向移动的距离: $\Delta y_2 = at^2/2 = (1/2) \times 0.2 \times 1^2 = 0.1 (\text{m})$

∴ 在第 2 s 末小球到达的位置坐标为: $x_2 = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 0.3 \text{ m}$, $y_2 = \Delta y_2 = 0.1 \text{ m}$

第 2 s 末小球在 x 方向的分速度仍为 $v_x = 0.2 \text{ m/s}$, 而在 y 方向的分速度: $v_y = at = 0.2 \times 1 = 0.2 (\text{m/s})$

由此可知, 此时运动方向与 x 轴成 45° 角.

☆ 要使小球速度能变为零, 则第 3 s 内所加匀强电场的方向必须与此方向相反, 即与 x 轴成 $180^\circ + 45^\circ = 225^\circ$ 角.

☆ 在第 3 s 内, 设在电场作用下, 小球加速度沿 x 轴和 y 轴的分量分别为 a_x 、 a_y , 则

$$a_x = v_x/t = 0.2 \text{ m/s}^2, a_y = v_y/t = 0.2 \text{ m/s}^2$$

∴ 在第 3 s 末小球到达的位置坐标为: $x_3 = x_2 + v_x t - a_x t^2/2 = 0.4 (\text{m})$

$$y_3 = y_2 + v_y t - a_y t^2/2 = 0.2 (\text{m})$$

题 31 如图 1-2-13a 所示, 有一矩形绝缘木板放在光滑水平面上, 另一质量为 m 、电量为 q 的小物块沿木板上表面以某一初速

度从A端沿水平方向滑入,木板周围空间存在着足够大、方向竖直向下的匀强电场.已知物块与木板间有摩擦,物块沿木板运动到B端恰好相对静止,若将匀强电场方向改为竖直向上,大小不变,且物块仍以原初速度沿木板上表面从A端滑入,结果物块运动到木板中点时相对静止.求:

- (1)物块所带电荷的性质;
- (2)匀强电场的场强大小.

解 (1)当电场力向上时,物块受力如图1-2-13b $f_1 = \mu(mg - qE)$.

当电场力向下时,物块受力如图1-2-13c所示, $f_2 = \mu(mg + qE)$.

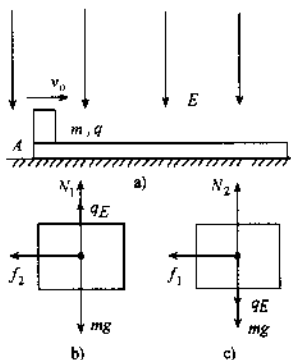


图1-2-13

显然 $f_2 > f_1$, 在摩擦力较大的情况下物块和木板之间的相对位移应该较小,与题目中电场方向向上相对应,由此判断物块应带负电.

(2)设木板质量为 M ,板长为 L ,共同速度为 v ,由动量守恒定律: $mv_0 = (M + m)v$,

根据能量转化和守恒定律,电场竖直向下时

$$f_1 L = (1/2)mv_0^2 - (1/2)(m + M)v^2 = \Delta E_{k1}.$$

☆ 电场竖直向上时

$$\begin{aligned} \star f_2 (1/2)L &= (1/2)mv_0^2 - (1/2)(m + M)v^2 = \\ \star \Delta E_{k2}. \end{aligned}$$

对 E 向上、向下两种情况 ΔE_k 相同,由以上各式可得

$$(mg - qE)L = (mg + qE)L/2, \text{解得 } E = mg/3q.$$



第三节 电势差 电势

一、选择题

题32 如图1-3-1所示,把绝缘金属板A与静电计相连,用一根与丝绸摩擦过的有机玻璃棒接触金属板A,静电计指针有一偏角,现用另一块不带电金属板B靠近金属板A,则静电计指针的偏角 ()

- A. 变大
- B. 变小
- C. 不变
- D. 上述三种情况都可能

解 有机玻璃棒跟丝绸摩擦,棒上带有正电荷,用它接触金属板A,A板带上正电,因此,

☆ 静电计指针有一偏角.这个偏角的大小,反映

☆

☆

☆

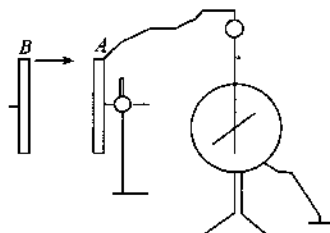


图1-3-1