

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3-1

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物理 3-1

选修

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心

编著

第二章 恒定电流

- 一、教科书的编写意图
- 二、教学要求与教学建议
- 三、问题与练习解答
- 四、教学参考资料

第三章 磁场

- 一、教科书的编写意图
- 二、教学要求与教学建议
- 三、问题与练习解答
- 四、教学参考资料

案例一

案例二

基础

北京人民教育出版社

ISBN 7-107-18521-4 定价: 2.10 元

C·11390(课)

人民教育出版社
(地址: 北京市西城区德胜门内大街 2 号 邮编: 100081)

策 划：彭前程

主 编：唐果南

编写人员：王 雄

吴高文

周智良

责任编辑：张 颖 彭 征

终 审：扈剑华

设 计：马迎莺

普通高中课程标准实验教科书

物理选修3-1

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

普通高中课程标准实验教科书

物理选修3-1

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心

*

人民教育出版社 出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

北京市白帆印务有限公司印装 全国新华书店经销

*

开本：890毫米×1240毫米 1/16 印张：5 字数：120 000

2004年6月第1版 2006年12月第5次印刷

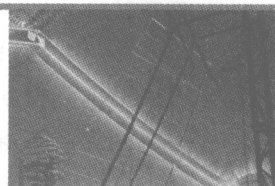
ISBN 7-107-18271-4 定价：5.10元
G·11360(课)

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版科联系调换。

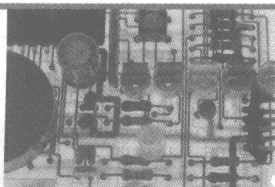
(联系地址：北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081)

目 录

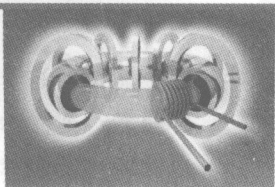
第一章 静电场	1
一、教科书的编写意图	1
二、教学要求与教学建议	2
三、问题与练习解答	10
四、教学参考资料	16



第二章 恒定电流	25
一、教科书的编写意图	25
二、教学要求与教学建议	26
三、问题与练习解答	34
四、教学参考资料	41



第三章 磁场	49
一、教科书的编写意图	49
二、教学要求与教学建议	50
三、问题与练习解答	56
四、教学参考资料	59



案例一	66
案例二	70

第一章 静电场

一、教科书的编写意图

本章研究静电荷产生的静电场的性质，从电荷在电场中受力和电荷在电场中具有能量两个角度出发来描述电场的基本特性。本章内容是电学的基础知识，也是学习后两章（恒定电流、磁场）的准备知识。本章的核心内容是电场强度和电势这两个概念，具体研究点电荷电场和匀强电场这两种电场，有电荷守恒定律和库仑定律两个基本规律，介绍电场线和等势线两种图线，讨论静电感应和电容器两个具体问题，分析带电粒子在电场中加速和偏转两种运动。

基本概念多而且抽象，是这一章的突出特点。针对这个特点，教材注意从具体情况出发引入概念，而不过于强调抽象的论证；注意通过实验，激发学生学习的热情，使学生了解探究的过程和方法，弄清概念的物理意义。如电场强度的概念，学生应该明确地知道电场强度是表示电场强弱的物理量，因而首先应该知道什么是电场的强弱。相同的检验电荷放在电场的不同点，受到电场力大的点，电场强；受到电场力小的点，电场弱。理解抽象的概念，不能停留在字面上，一定要把事实、背景弄清楚，把分析过程弄清楚。本章的另一特点是综合性比较强，许多知识要在力学知识基础上学习。教材在内容选择、确定讲述方法时注意了这个特点，教学中要通过类比，把新旧知识联系起来，由旧知识过渡到新知识，学生更容易接受和理解。

1. 强调静电场的概念和研究方法是电磁学的重要基础。

人类对静电现象的认识和研究是物理学产生和发展的源头之一。正如亚里士多德所说“不了解运动，就不了解自然”一样，不了解静电场，也不能了解自然。使物体带电的实质就是电子的转移。物体失去电子而带正电，物体得到电子而带负电。在电子的转移过程中，电荷的总量是保持不变的。这就是电荷守恒定律。“运动电荷（变化的电场）激发磁场，磁场变化激发电场”是麦克斯韦的电磁理论，它也是建立在法拉第的场的概念之上的。物理学中，研究电磁场的性质及变化规律的分枝就是电磁学。在对静电场的研究中，不仅可以了解电荷之间相互作用的规律、静电场的性质，而且还会应用科学研究的一些基本方法，如假设论证法、类比法、对称性原则等，所以静电场的概念和研究方法是电磁学的重要基础。

2. 加强与生活、技术、社会的联系。

本教材非常注意物理知识与生活、技术、社会的联系。教材通过“科学漫步”栏目，让学生认识到静电现象在技术中有广泛的应用，如静电喷漆、静电植绒、静电复印等。在“带电粒子在电场中的运动”一节中，特别介绍了示波管的原理，通过“思考与讨论”让学生进一步明确示波器为什么可以观察电信号随时间的变化情况，通过“科学漫步”让学生知道什么是静电加速器以及直线加速器的原理和作用。

3. 突出了对静电场的认识过程，类比方法贯穿始终。

人类发现静电现象已经有两千多年，而人类认识静电现象、揭开静电现象神秘面纱的科学研究却开始于16世纪。直到20世纪，人们才对静电现象的本质有了深入的了解，人们认识

静电现象,研究电场的性质无一不是先猜想,再实验探究,从而建立起完整的静电场理论。人们研究静电场的方法经常是通过类比的方法进行的,如电荷守恒定律类比质量守恒定律,库仑定律类比万有引力,点电荷类比质点,电场力类比重力,电势能类比重力势能,电势类比电场强度的比值定义法,等势面类比等高线,电势差类比高度差,电容器类比装水容器,带电粒子在电场中偏转类比平抛运动等。

二、教学要求与教学建议

课时分配建议

第一单元	1 电荷及其守恒定律	1 课时
	2 库仑定律	1 课时
第二单元	3 电场强度	2 课时
第三单元	4 电势能和电势	2 课时
	5 电势差	1 课时
	6 电势差与电场强度的关系	1 课时
第四单元	7 电容器与电容	1 课时
第五单元	8 带电粒子在电场中的运动	2 课时

1 电荷及其守恒定律

本节从物质微观结构的角度认识物体带电的本质、使物体带电的方法、电荷守恒定律、元电荷的电荷量,可通过实验引导学生学习。

(1) 电荷

讲授两种电荷及其相互作用、摩擦起电的知识时,重点是做好静电感应的实验。课本上介绍用A、B两个枕形导体做静电感应的实验。当带电体C接近枕形导体A时,可见A、B上的金属箔都张开,说明两个枕形导体都带了电。关于枕形导体所带电荷的种类判断,可以用一个带正电的有机玻璃棒分别接近导体A、B端的带电箔片。可以发现A端的箔片被排斥,B端的箔片被吸引。由此说明感应电荷的种类相异。以后再按课本的程序演示,说明A、B导体所带的电荷等量。

做好这个实验的关键是保证三部分导体对地的绝缘性能良好,让C导体带尽可能多的电

荷,而且应注意不使枕形导体与周围空间产生放电现象。通过实验,让学生对看到的现象进行讨论,解释看到的现象,归纳已学习过的起电的各种方法(接触起电、摩擦起电、感应起电)的特点,使学生对起电的过程,即使物体带电的过程有较深的理解。

(2) 电荷守恒定律

电荷守恒定律是自然界主要的基本定律之一。如何引导学生得出电荷守恒定律?可提出以下几个问题供学生讨论。

① 摩擦起电的过程是什么?

② 感应起电的过程是什么?是不是产生了新的电荷?

③ 什么是电荷的中和?电荷中和是不是正、负电荷消失了?

从而归纳出电荷守恒定律,该定律强调的是什么呢?

④ 一对正、负粒子的产生和湮没是不是就否定了电荷守恒定律?电荷守恒定律怎样表述更完整?

(3) 元电荷

只需介绍电荷量的定义、单位,最小的电荷量是怎样通过实验测出来的,其值 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

2 库仑定律

库仑定律是这一章的基础,也是本章的重点。教材详细介绍了库仑的实验,目的是使学生了解一些重要的物理实验方法,了解探究的过程,活跃学生的思维。还介绍了点电荷这个理想化的物理模型。建议采用类比方法教学。

从初中对电荷间相互作用的认识过渡到对相互作用力的定量研究,首先就要弄清楚电荷间相互作用力的大小和方向,库仑定律就是反映这种关系的物理规律,是电学的基本规律。

做好“探究影响电荷间相互作用力的因素”这个定性演示实验,增加学生的感性认识。

器材:球形导体,电摆,感应起电盘,带绝缘柄的金属小球。

自制的电摆实验效果比较好。自制的方法是:取很薄的纸(如纸介电容器或变压器中的层间绝缘体),以圆柱铅笔为衬芯卷成筒状。再剪一枚小圆纸片(直径与铅笔外径相等),贴在圆筒的底部。把很细的尼龙线一端打一个结,穿过小圆纸片中心,并将尼龙线的另一端悬挂在支架上,即制成一个静电摆。

实验方法:

① 用感应起电盘反复多次使球形导体带上足够多的电荷。

② 将静电摆靠近球形导体,摆筒被吸引与导体球接触,带上同种电荷,随即被排斥开来。调整摆筒与球形导体间的距离,使电摆与通过悬点的铅垂线有一明显的偏角。

③ 增大两者间的距离,可以看到电摆的偏角变小。

④ 恢复原来的距离,用不带电的小球接触摆筒,使摆筒所带的电荷量减少,可以看到电摆的偏角变小。

由此可以定性地说明点电荷间的作用力的大小与什么因素有关系。

点电荷的概念,可以从质点的概念出发来理解,指出这是一个理想化模型,明确在何种实

际情况下,可以把带电体科学地抽象为点电荷。得出库仑定律,是以库仑扭秤实验为基础的。通过教学,不仅可以了解库仑定律的建立过程,而且能学到一些物理实验的方法。这个实验不要求实际去做,但应运用模型、挂图或多媒体课件,以增强教学的直观性。同时,要引导学生联想用卡文迪许实验验证万有引力定律的过程,以帮助学生了解库仑扭秤实验的装置和原理。教学中可采用讲解或自学讨论的方法,如果采用后一种方法,可以提以下问题:库仑是用什么办法测算出点电荷间的作用力的?当时还没有电荷量的单位,库仑是怎样解决作用力与电荷量的关系的?让学生带着问题阅读教材,展开讨论,明确库仑扭秤实验的过程。

对库仑定律的内容,要把文字表达和数学表达式结合起来理解,还要把库仑定律和万有引力定律作对比,以利于记忆和应用。

在应用库仑定律进行运算时,电荷量要用绝对值代入,力的方向由引力或斥力具体确定,公式中各物理量都统一使用国际单位制的单位。

在解决多个点电荷间作用力问题时,要注意每两个点电荷间就有一对库仑力,它们之间的关系遵从牛顿第三定律。

在解决综合力学问题时,带电体不仅受到库仑力,还可能受到重力、弹力、摩擦力的作用,教材的例题1计算结果说明,在研究微观粒子的相互作用时,库仑力比万有引力大得多,因而万有引力可以忽略;但在其他带电体的平衡或运动的问题中,是否可以忽略万有引力(重力),应视具体情况而定。例题2说明,一个点电荷受到多个库仑力的作用力时,其分力和合力的关系同样遵从平行四边形定则。

以上各点,应结合例题、习题的教学,尽可能启发学生亲历过程自行得出,使之易于理解、记忆和应用。

3 电场强度

教材通过库仑力与万有引力的类比,“物体不直接接触也能产生力的作用”这种“超距作用”使科学家产生了困惑,法拉第为此提出了场的观点。电场对放入其中的电荷有力的作用,这是电场的显著特征,从这里入手建立了表征电场的性质的物理量——电场强度。电场的概念,对于学生是个新概念,又比较抽象,既是本节的重点,也是难点。开始只要求学生对电场概念大体有所了解,不要求深入地解释电场为什么是物质的一种形式。

(1) 电场

电场是学生新接触的抽象概念,可以与磁极间的相互作用进行比较,由学生初中已有的磁场概念形成对电场的认识,再结合对电磁场、电磁波及其应用于实际的广播、电视的介绍,帮助学生理解电场是一种特殊的物质,并指出电场的物质性的表现之一,就是它对其中的电荷具有力的作用。

(2) 电场强度

关于电场强度的引入,首先要讲清检验电荷的意义。为了感知电场的存在及其性质,要用检验电荷进行探测。只有检验电荷是点电荷,由它来确定电场中某点的位置才有确切的意义;只有检验电荷带电荷量很小,它自身的电场对源电荷电场的影响才能忽略。然后,做好课本图1.2-1所示的实验,定性地说明检验电荷在电场中的不同位置,所受电场力的大小不同,进而

说明电场中各点的强弱不同,为此引入电场强度这个物理量。

讲解电场强度的定义时,可以利用学生已知的密度概念。对于体积相同的两种物质来说,质量大的密度大,我们用单位体积的质量来表示物质的这种性质。同样,对于电场中的两点,如果同样的点电荷在某点受的力越大,就说明这点的电场越强。我们用单位电荷量的电荷受到的电场力,即电场力与电荷量的比值表示电场的这种性质。

电场强度的单位是 N/C 或 V/m , 是导出单位。

电场强度的方向,可以在课本图 1.3-2 的基础上来说明,以 $+Q$ 为圆心、 r 为半径作圆,在圆上任取两点 A 、 B ,说明 A 、 B 两点电场强度的大小相等,同一电荷分别在这两点所受的电场力大小相等,但力的方向是不同的,从而说明电场强度是有方向的,是矢量。然后再进一步指出,电场强度的方向是怎样规定的。

(3) 点电荷的电场, 电场强度的叠加

利用课本图 1.3-2,以点电荷电场中的某点为例,分析电场力随试探电荷电荷量的变大而增大,概括出电场力与电荷量的比值相同;对不同的点则比值不同,即 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 。由此抽象出这个比值与检验电荷的电荷量无关,表示电场本身的性质:在比值大的点电场强,在比值小的点电场弱,并把点电荷电场的定义推广到任何电场。

由于电场强度是矢量,对几个电场的叠加,其合电场强度要用平行四边形定则进行矢量运算。

可以把电场强度与电荷所受的电场力,从意义、公式、方向、单位等方面用列表的形式,加以比较,加深对电场强度的理解,还应该通过解答习题,帮助学生认识公式 $E = \frac{F}{q}$ 与公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 的区别和联系。

(4) 电场线

先通过讲解,明确引入电场线可以形象地表示电场分布,再演示悬浮在蓖麻油中的头发屑在各种电场(正、负点电荷的电场,两个等量异种电荷和等量同种电荷的电场)中排成一系列直线或曲线的情况。然后讲述电场线的定义,说明线上各点的切线方向与该点的电场强度方向一致,再介绍电场线的三个特点,最后说明电场线是人为设想的,不是真实存在的。

(5) 匀强电场

匀强电场是最简单而又很重要的电场,要在演示头发屑微粒在带正、负异号电荷的平行板间的分布形状的基础上,讲清什么是匀强电场,它的电场强度的特点和电场线分布的特点是什么,实际的匀强电场有哪些。

4 电势能和电势

教材从电场对电荷做功的角度出发,推知在匀强电场中电场力做功与移动电荷的路径无关。进而指出这个结论对非匀强电场也是适用的,并与重力势能类比,说明电荷在电场中也具有电势能。电场力做功的过程就是电势能转化为其他形式的能的过程,电场力做的功只能决定电势能的变化量,而不能决定电荷在电场中某点的电势能的数值,因此有必要规定电势能零点。

电势的概念既是本节的重点,也是本节的难点。类比电场强度的定义,通过匀强电场推



知,电荷在电场中的电势能与它的电荷量的比值,是由电场中这点的位置决定的,跟试探电荷无关,并推广之从而给出了电势的定义。在规定了电势零点后,就可以确定某点的电势。

电场中电势相同的点构成的面叫等势面,等势面有其自身的特点和应用。建议用类比法教学。

(1) 静电力做功的特点

教材通过把试探电荷 q 在匀强电场中从 A 沿直线、折线、曲线等不同路径移到 B 点,计算出这几种情况下静电力对电荷所做的功都是一样的,经过论证得出了静电力做功的特点:静电力做的功只与电荷的起始位置和终点位置有关,与电荷经过的路径无关。同时推广到非匀强电场也是适用的。对于把该特点推广到非匀强电场中,教学中可以不深究,让学生知道即可。

(2) 电势能

电势能和电势是两个密切联系的概念,反映了电场的能的性质,内容比较抽象。教材把地面附近重力对物体做功的情况跟物体重力势能的变化关系,与正电荷在匀强电场中电场力做功的情况跟电荷电势能的变化关系进行类比,从而得出了静电力的功只能决定电势能的变化量,而不能决定在电场中某点的电荷电势能的数值。只有规定了零电势能位置,才能确定电荷在某点的电势能。教学中,可以在复习重力势能、正功、负功等知识的基础上,引导学生列表对比进行讨论。应指出,由于电场力可以是引力也可以是斥力,电荷可以是正电荷,也可以是负电荷,因此电场做功的问题要复杂些。在教学中,对正电荷在电场中的情形由教师讲解,负电荷在电场中的情形可以由学生自行推出结果,以培养学生的推理能力。

在讨论电势能的数值时,可以先复习重力势能是怎样确定的,再与重力势能类比,通过例子讲清确定电势能数值的过程。要先确定电势能为零的位置,一般取电荷 q 在无穷远处的电势能为零,把电荷 q 从电场中某点移动到零电势能处电场力做功的大小,即为电荷 q 在电场中某点电势能的数值。

对于电势能的正负的讨论,可让学生根据重力势能的正负的意义,对电势能的正负进行讨论。贯彻课程标准“注重学生自主学习,提倡教学方式多样化”的基本理念。

(3) 电势

在引入电势之前,可复习电场强度的引入过程,说明在电场中某点,随着检验电荷电荷量的增大,所受电场力成正比地增大,但电场力与电荷量的比值是确定的,这就是该点的电场强度。它与检验电荷的电荷量无关,是表示电场力的性质的物理量。与电场强度的引入过程类比,结合具体的电场定性说明:在电场中某点,检验电荷的电势能随电荷量的增大而成正比地增大,但电势能与电荷量的比值是确定的,它就是表示电场的能的性质的物理量。结合教材的推导,从而引入电势,电势的高低也与检验电荷的电荷量无关,由电场本身的性质决定。

与电势能对应,讲明零电势位置的确定。零电势确定后,电场中各点电势的大小才有确定的数值,电势的正负才能确切的定义,再应用上述认识,说明点电荷 $+Q$ 和 $-Q$ 的电场中各点电势的高低,从而得出结论:在 $+Q$ 的电场中,电势都为正值,离 $+Q$ 越近电势越高;在 $-Q$ 的电场中,电势都为负值,离 $-Q$ 越近电势越低。

根据电场线的方向可以判定电场中各点电势的高低。为帮助学生理解,可先列举电荷在课本图1.4-4的电场中的各点间移动时,根据电场力做功的正负,判定电势能的变化,进而判定电势的高低,再考察电场线的方向与这些点的电势高低的联系,最后概括得出:顺着电场线方向,电势越来越低。

要及时引导学生小结已学过的知识,可以把电场强度与电势、电势与电势能,分别列表

格,从意义、公式、方向性、单位等方面进行比较,巩固掌握这些概念,也发展了分析、比较的思维能力。

(4) 等势面

首先要明确什么是等势面。可以运用地图上等高线作比喻,以点电荷的电场和匀强电场为例,配合模型教具,讲清等势面的意义。

电场线与等势面的关系,可先用反证法得出:等势面一定跟电场线垂直;再在复习电场线方向与电势高低的关系的基础上得出:电场线是由电势较高的等势面指向电势较低的等势面,注意运用这些知识,分析具体的各种电场中电场线与等势面的关系,了解和想象这些电场的等势面的形状。

结合教材图 1.4-5 同时指出两个相邻的等势面间的电势之差是相等的。

5 电势差

电场中某点的电势是对零电势而言,取不同的电势零点,电势的值是不同的,因此电势具有相对性。但同一电场中,两点的电势的差值不因为零电势的选取而发生改变,所以电势差比电势更有意义、更重要。

引入电势差时,除用地理位置的高度差来比喻外,还可以列举数据阐述或指导学生运算,说明在匀强电场中,选定不同的零电势位置,其中任意两点的电势之差保持不变;进而指出电势差的应用比电势更普遍,它的物理意义和公式也就顺势得出了。

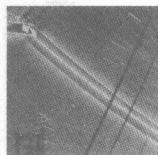
用电势差来计算电场力做功时,公式中各物理量取绝对值,电场力做功的正负要根据电荷移动方向与所受电场力方向的具体情况来判定。

6 电势差与电场强度的关系

电场强度描述的是电场力的性质,电势描述的是电场能的性质,它们之间是否存在某种关系呢?本节教材就探讨匀强电场中电势差与电场强度的关系。

讨论电势差和电场强度方向的关系时,为了便于学生接受,可以举例说明,自山顶上从坡度不同的两个方向下到同一水平面,坡度陡的方向,单位长度的水平距离上高度下降大,即高度下降得快;再结合课本 1.6-2 的匀强电场讲解,沿不同的方向,电势下降的差值都相同时,沿电场线方向的距离最小,即电势降落最快;因而得出:电场强度的方向是指向电势降低最快的方向,再通过计算两种方式电场力所做的功而比较得到 $U_{AB} = Ed$ 。

在得出电势差和电场强度在数值上的关系式 $E = U_{AB}/d$ 后,要强调理解公式的意义和适用条件, d 是两点间在电场强度方向上的距离, U_{AB} 是所对应的两点间的电势差,它只对匀强电场才适用。



7 电容器与电容

本节教材主要介绍一种重要的电学元件——电容器，它有广泛的应用。电容器被充电的过程就是把电能储存起来，放电过程就是电场能转化为其他形式的能的过程。还介绍了电容的定义以及平行板电容器的电容由哪些因素决定。

(1) 电容器

在收音机、电视机、电子仪器中广泛使用电容器。教学中可以进行实物展示，从而引入对电容器的学习。让学生观察废旧电容器的外形及电极，再把它拆开，看两个极板（金属箔）和中间的电介质，了解电容器是由两个彼此绝缘又相互靠近的导体构成的；再演示电容器充电和放电的现象，配合讲解，说明充电后，电容器两极板带上等量异种电荷，电容器的功能就是能够容纳（储存）电荷。要强调指出：电容器所带的电荷量，是指一个极板所带电荷量的绝对值。

(2) 电容

不同电容器容纳电荷的本领是不相同的，可从怎样表征这一性质过渡到电容概念的教学。电容器这个概念比较抽象，教材把它与容器的容量作了对比。既然是对比，就不可能完全相同，达到有助于理解电容的目的就可以了。

还可以用电场强度、电势等用比值定义的物理量作类比，加深对电容概念的理解。

(3) 平行板电容器

这里讨论的是决定平行板电容器的电容大小的因素，使学生对电容的物理意义有深入的认识。讲清这一问题的前提是做好教材要求的演示实验。可以用示教平行板电容器演示，实验时应首先使两个极板靠近，再用感应起电盘使与静电计导杆相连的电容极板上足够多的电荷，此时静电计的指针偏转的角度非常小。然后迅速将另一极板拉开，使两极板间的距离变大，可以看到静电计指针张角明显变大，说明两极间的电势差变大，由电容的定义公式可以推知电容器的电容变大。按同样的程序，可以演示平行板电容器电容与极板相对面积和电介质的关系。为防止两极板靠近时相碰导电，可以在一个极板上贴一层塑料薄膜。

为了减少可能导致漏电的因素，可以把一个极板直接装在静电计的导杆上，给该极板带上足够多的电荷，再用手拿住另一极板（手指与金属板接触）进行实验，如图 1-1 所示。

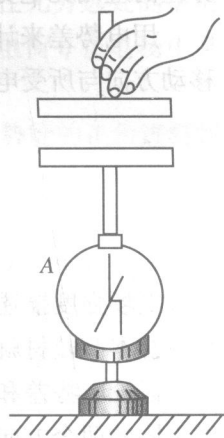


图 1-1

在介绍实验装置时，应讲清静电计指针张角的大小为什么能够表示电容器两极板间电压的大小。在进行操作前，可以先把观察现象的记录表格板画出来，使学生观察有目的，并在演示中及时记录结果。根据实验结果，概括出平行板电容器电容公式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 。可以用已学过的知识，对公式作定性说明，还要指出，这个公式与电容定义式的区别和联系，以及它只适用于平行板电容器这一条件。

要通过练习或例题说明，使用公式 $C = Q/U$ 讨论平行板电容器的有关问题时要注意：①若电容器两极板与电源相连接，则极板间的电压不变；②若电容器极板与电源断开，则极板的电荷量不变。

(4) 常用电容器

可以先展示不同类型的电容器，再介绍相关的电容器的特点，让学生了解电容器的工作电压和击穿电压，懂得电容器的工作电压也是有限的，否则将被击穿损坏，电器设备也随之无法正常使用。

8 带电粒子在电场中的运动

本节教材主要介绍带电粒子在电场力作用下的两种运动情况：带电粒子的加速和带电粒子的偏转。

(1) 带电粒子的加速

带电粒子在匀强电场中的运动，综合了静电场和力学的知识，有助于提高学生灵活运用知识的能力，为了增强学生的感性认识。教学中可以演示阴极射线管，说明热电子在加速电场作用下，形成电子束。

结合课本图 1.8-1，可引导学生应用已学的电学和力学知识自己去探讨研究，对带正电粒子的加速，要求学生分别用牛顿运动定律和动能定理，推导出带电粒子达到负极板时的速度 $v = \sqrt{2qU/m}$ 。

(2) 带电粒子的偏转

首先演示阴极射线管或其他带电粒子在电场中偏转的现象，增强学生的感性认识。带电粒子在电场中偏转可以用专用的阴极射线管来演示，也可以用如图 1-2 所示的自制教具模拟演示。该教具用有机玻璃板作底板，通过投影的方法将涂有导电石墨的带电乒乓球 O 在平板电容器 CD 电场中的偏转现象显示出来。

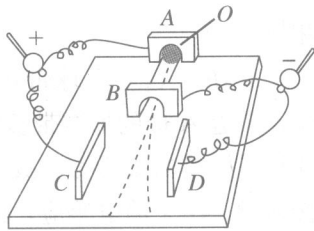


图 1-2

引导学生对照物体在重力场中的平抛运动，根据受力、加速度、飞行时间、侧移距离、末速度 v 与初速度 v_0 的夹角 ϕ ，结合例题，逐步推导出侧移量 y 和夹角 ϕ 的表达式，并讨论决定 ϕ 的因素。

还可以深入讨论下述一些问题。比如，在带正电粒子加速的现象中，可以提出：(1) 若粒子以速度 v_0 从正极板小孔沿电场强度方向进入电场，则从负极板小孔穿出时的速度 v 有多大？(2) 若粒子以初速度 v_0 从负极板小孔沿电场强度方向进入电场，粒子作什么运动？为什么？(3) 如果不是匀强电场，能否用匀变速运动公式求出粒子到达负极板的速度？为什么？应该怎么办？

在带电粒子的加速和偏转的讨论中，为什么不考虑重力？这常常是学生感到困惑的一个问题。应该让学生了解，这是因为在所讨论的问题中，带电粒子受到的重力远小于电场力，即 $mg \ll qE$ 的缘故。以电子为例，当电场强度为 $4.0 \times 10^3 \text{ V/m}$ 时，它所受的电场力为 $6.4 \times 10^{-16} \text{ N}$ ，而它所受的重力只有 $8.9 \times 10^{-30} \text{ N}$ 。可见，引力的作用是完全可以忽略的。但是，在另一类问题，如讨论带电小球在电场中平衡的问题（如图 1-3 所示的水平匀强电场中处于平衡状态的用丝线悬挂的带电小球），小球所受的重力跟电场力可以比拟，在这种情况下，重力就是必须考虑的了。

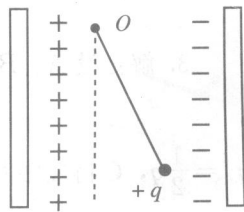


图 1-3

要概括讲解分析和解决问题的思路：对带电粒子进行受力分析（包括电场力），明确粒子

的运动状态及过程,运用相应的力学规律列式求解。

(3) 示波管的原理

示波管是前面知识的实际应用。在教学中应该用已有的知识让学生对于示波管的工作原理有初步了解。示波管中扫描电压的作用,学生不易理解,教学中也可以用在机械振动中演示过的沙摆实验来比喻。当沙摆振动时,漏斗里掉下来的沙子在木板上撒出一条“直线”,这时,我们看不出沙摆的位移随时间变化的规律。当沙摆在垂直于振动方向上相对于木板匀速移动时,漏斗里掉下来的沙子就在木板上描出一条“正弦曲线”,这就反映出沙摆在振动方向的位移随时间而变化的规律。示波管中加在水平偏转板上的扫描电压的作用,恰好类似于使木板发生垂直于沙摆振动方向的相对运动。

三、问题与练习解答

1. 问题与练习

1. 答:在天气干燥的时候,脱掉外衣时,由于摩擦,外衣和身体都带了电。用手去摸金属门把手,身体放电,于是产生被电击的感觉。

2. 答:由于A、B是金属导体,可移动的电荷是自由电子。由于A带上的是负电荷,所以是电子由B转移到A,A得到的电子数为 $n = \frac{10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{10}$,与B失去的电子数相等。

3. 答:(1) A球带正电,B球为不带电的导体。当B球放在A球附近时,由于静电感应,靠近A球的那端带负电,远离A球那端带等量的正电,即A球与负电荷的吸引力大于A球与正电荷的排斥力。故A、B之间是吸引力。(2) 当把B放在A附近并将B靠近A的那端接地时,由于静电感应,此时B球带负电,而地球带正电,故A、B之间还是吸引力。

4. 答:此现象并不是说明制造出了永动机,也没有违背能量守恒定律,因为在把A、B分开的过程,要克服A、B之间的库仑力做功,是把机械能转化为电能的过程。

2. 问题与练习

1. 答:A球与B球接触,此时各带电 $\frac{1}{2}q$ 。然后B球与C球接触,于是各带电 $\frac{1}{4}q$ 。再使A球与B球接触,各自带电 $(\frac{1}{2}q + \frac{1}{4}q)/2 = \frac{3}{8}q$ 。

2. 解: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(10^{-15})^2} \text{ N} = 230.4 \text{ N}$ 。

3. 解:设A、B的电荷量为 q ,距离为 r ,则 $F = k \frac{q^2}{r^2}$ 。当用C接触A时,A的电荷量

$q_A = \frac{1}{2}q$,C再接触B后,B的电荷量 $q_B = \frac{q - \frac{1}{2}q}{2} = \frac{1}{4}q$,故此时A、B球间的静电力 $F' =$

$k \frac{q_A q_B}{r^2} = k \frac{\frac{1}{2}q \times \frac{1}{4}q}{r^2} = \frac{1}{8} \times k \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{8}F$,在此情况下再使A、B间距离增大为原来的2倍,它们

的静电力 $F'' = \frac{1}{2^2}F' = \frac{1}{32}F$ 。

4. 解: 第 4 个点电荷所受其余三个点电荷的排斥力如图 1-4 所示, q_4 共受三个力的作用, $q_1=q_2=q_3=q$, 相互间的距离分别为 a 、 $\sqrt{2}a$ 、 a , 所以

$$F_1=F_3=k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2=k\frac{q^2}{2a^2}$$

根据平行四边形定则, 合力沿对角线方向, 且大小是

$$F=2F_1\cos 45^\circ+F_2=\frac{2\sqrt{2}+1}{2}k\frac{q^2}{a^2}$$

由于对称性, 每个电荷受到其他三个电荷的静电力的合力的大小都相等, 且沿对角线的连线向外。

5. 解: 带电小球处于平衡状态, 如图 1-5 所示, $F=mgtan\theta$, 而 $F=k\frac{q^2}{(0.1)^2}$, $\tan\theta=\frac{5}{12}$

$$\therefore k\frac{q^2}{(0.1)^2}=0.6\times 10^{-3}\times 10\times \frac{5}{12}$$

$$q=5.3\times 10^{-8}\text{ C}$$

3. 问题与练习

$$1. \text{ 解: } \frac{E_A}{E_B}=\frac{q}{nF}=\frac{1}{n}, \frac{E_A}{E_C}=\frac{q}{F}=n$$

$$2. \text{ 解: } E=k\frac{e}{r^2}=9.0\times 10^9\times \frac{1.6\times 10^{-19}}{(5.3\times 10^{-11})^2}\text{ N/C}$$

$$=5.1\times 10^{11}\text{ N/C}$$

方向沿半径向外。

$$F=eE=1.6\times 10^{-19}\times 5.1\times 10^{11}\text{ N}=8.2\times 10^{-8}\text{ N}$$

方向沿半径指向质子。

3. 答: 重力场的场强度等于单位质量的物体所受到的重力, 即 $\frac{mg}{m}=g$, 单位为牛/千克, 方向指向地心。由此可知, 重力场的方向跟负电荷的电场相似。

4. 答: 这种说法是错误的。例如, 当带电粒子的初速度 v 与匀强电场方向不在一条直线上时, 带电粒子在电场力作用下做曲线运动, 其轨迹就不是电场线。

5. 答: (1) B 点电场最强, C 点电场最弱。(2) A、B、C 三点电场强度的方向如图所示。(3) 负点电荷在 A、B、C 三点所受静电力的方向如图 1-6 所示。

6. 解: 小球受重力 mg , 电场力 F , 轻绳拉力 F_T 的作用而处于平衡状态, 如图所示, 即

$$F=mgtan 30^\circ=qE$$

$$\therefore E=\frac{mg}{q}tan 30^\circ$$

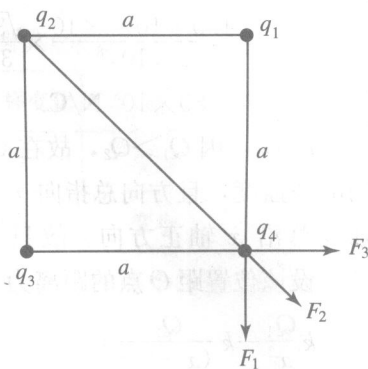


图 1-4

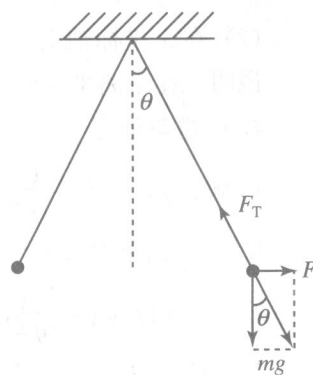


图 1-5

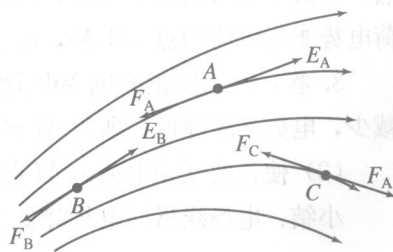


图 1-6

$$= \frac{1.0 \times 10^{-2} \times 10}{2 \times 10^{-8}} \times \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ N/C}$$

$$= 2.89 \times 10^6 \text{ N/C}$$

7. 解: 因 $Q_1 > Q_2$, 故在 Q_1 点的左侧, Q_1 的电场强度总大于 Q_2 的电场强度, 且方向总指向 x 轴负半轴, 在 $x=0$ 和 $x=6$ 之间, 电场强度总沿 x 轴正方向。故只有在 Q_2 右侧才有可能电场强度为零。

(1) 设该位置距 O 点的距离为 x , 则:

$$k \frac{Q_1}{x^2} - k \frac{Q_2}{(x-6)^2} = 0$$

$$\text{即 } 4(x-6)^2 - x^2 = 0$$

解得: $x_1 = 4 \text{ cm}$ (不合题意, 舍去)

$$x_2 = 12 \text{ cm}$$

(2) 在 x 坐标轴上 $(0, 6)$ 之间和 $x > 12 \text{ cm}$ 的地方电场强度的方向是沿 x 方向的。

说明: 在距离坐标原点 $+\infty$ 和 $-\infty$ 的位置, 电场强度也为零。

4. 问题与练习

1. 解: $\varphi_A = \frac{E_{pA}}{q_1} = \frac{6 \times 10^{-8} \text{ J}}{4 \times 10^{-9} \text{ C}} = 15 \text{ V}$

$$E_{p2} = q_2 \varphi_A = 2 \times 10^{-10} \times 15 \text{ J} = 3 \times 10^{-9} \text{ J}$$

2. 解: (1) $\varphi_A = \frac{E_{pA}}{q}, \varphi_B = \frac{E_{pB}}{q}$

$\because E_{pA} > E_{pB} \quad \therefore \varphi_A > \varphi_B$, 故 A 点电势比 B 点高。

(2) $\varphi_C = \frac{E_{pC}}{-q} = -\frac{E_{pC}}{q}, \varphi_D = \frac{E_{pD}}{-q} = -\frac{E_{pD}}{q}$

$\because E_{pC} > E_{pB} \quad \therefore \varphi_C > \varphi_D$, 故 D 点电势比 C 点高。

(3) $\varphi_E = \frac{E_{pE}}{q}, \varphi_F = \frac{E_{pF}}{-q} = -\frac{E_{pF}}{q}$

$\because E_{pE} < 0, E_{pF} < 0,$

即 $\varphi_E < 0, \varphi_F > 0$

$\therefore \varphi_E < \varphi_F$, 故 F 点电势比 E 点高。

小结: 在电场中, ①试探电荷为正电荷时, 试探电荷电势能越大的点, 电势越高, 反之亦然。②试探电荷为负电荷时, 试探电荷电势能越大的点, 电势越低, 反之亦然。③正的试探电荷电势能为负值的点的电势, 小于负的试探电荷电势能为负值的点的电势。

3. 答: (1) 使正的试探电荷沿着电场线由 M 移向 N 点, 电场力做正功, 它的电势能逐渐减少, 电势逐渐降低。所以 M 点电势比 N 点高。

(2) 使正的试探电荷由 M 点移向 P 点, 电场力做正功, 它的电势能减少, 电势降低。

小结: 电场线指向电势降低的方向。

4. 解: $E_P = mgh \quad \varphi_P = \frac{E_P}{m} = \frac{mgh}{m} = gh$

5. 答:

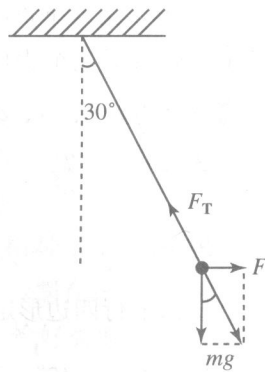


图 1-7

场源电荷	P 点电势 φ_P 的正负	$+q$ 在 P 点的电势能 E_{+q} 的正负	$-q$ 在 P 点的电势能 E_{-q} 的正负	当 P 点移至离场源电荷较近时		
				φ_P 怎样变化	E_{+q} 怎样变化	E_{-q} 怎样变化
$+Q$	正	正	负	变大	变大	变小
$-Q$	负	负	正	变小	变小	变大

6. 答: 假若两个电势不同的等势面相交, 相交处的电势就相等, 这两个等势的值就不能不同, 所以电场中两个电势不同的等势面不能相交。

7. 答: 电场线如图 1-8 所示。

因 $\varphi_A = \varphi_B = 10 \text{ V}$, $\varphi_C = 4 \text{ V}$

$W_{AB} = q\varphi_A - q\varphi_B = q(\varphi_A - \varphi_B) = q(10 - 10) = 0$

同一等势面上, 任何两点间的电势差为零, 所以在同一等势面上移动电荷静电力不做功。

$W_{AC} = q\varphi_A - q\varphi_C = q(\varphi_A - \varphi_C) = q(10 - 4) = 6q \text{ J}$

$W_{BC} = q\varphi_B - q\varphi_C = q(\varphi_B - \varphi_C) = q(10 - 4) = 6q \text{ J}$

$\therefore W_{AC} = W_{BC}$

两个等势面的电势之差相等, 所以在两个等势面间移动同一电荷, 电场力做功相同。

5. 问题与练习

1. 解: $W_{AB} = qU_{AB} = -2 \times 10^{-9} \times 20 \text{ J} = -4 \times 10^{-8} \text{ J}$, 静电力做负功 $4 \times 10^{-8} \text{ J}$, 电势能增加 $4 \times 10^{-8} \text{ J}$ 。

2. 解: $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

3. 答: (1) B 点比 A 点电势高, 负电荷在 A 点的电势能较大。(2) 负电荷由 B 移动到 A 时, 静电力做负功。(3) $U_{AB} < 0$, $U_{BA} > 0$ 。

6. 问题与练习

1. 解: 两板间的电场强度 $E = \frac{U}{d} = \frac{9.0 \times 10^3}{10 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 9.0 \times 10^4 \text{ V/m}$

尘埃受到的静电力 $F = qE = 1.6 \times 10^{-7} \times 9.0 \times 10^4 \text{ N} = 1.44 \times 10^{-2} \text{ N}$
静电力做的功

$W = Fd' = 1.44 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-2} \text{ J} = 7.2 \times 10^{-4} \text{ J}$

2. 解: (1) D 点电势较 C 点高

$U_{CD} = Ed_{CD} = 2 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-2} \text{ V} = 1.0 \times 10^3 \text{ V}$

(2) B 板接地 $\varphi_C = Ed_{CB} = 2 \times 10^4 \times 3 \times 10^{-2} \text{ V} = 600 \text{ V}$

$\varphi_D = Ed_{DB} = 2 \times 10^4 \times 8 \times 10^{-2} \text{ V} = 1.6 \times 10^3 \text{ V}$

$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = 600 - 1.6 \times 10^3 \text{ V} = -1000 \text{ V}$

A 板接地

$\varphi_C = 0 - Ed_{CA} = -2 \times 10^4 \times 7 \times 10^{-2} \text{ V} = -1.4 \times 10^3 \text{ V}$

$\varphi_D = 0 - Ed_{DA} = -2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-2} \text{ V} = -4 \times 10^2 \text{ V}$

$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = -1.4 \times 10^3 - (-4 \times 10^2) \text{ V} = -1000 \text{ V}$

在这两种情况中, U_{CD} 都是 -1000 V

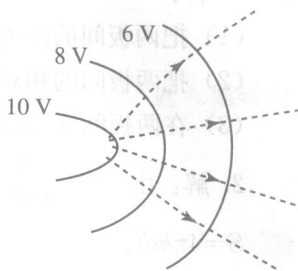


图 1-8