

中等职业教育国家规划教材

物理

提高版 第二册

教师教学用书

人民教育出版社职业教育中心 编著

人民教育出版社

修订

中等职业教育国家规划教材

物 理

提高版

第二册

教师教学用书

人民教育出版社职业教育中心 编著

人民教育出版社

中等职业教育国家规划教材

物 理

提高版

第二册

教师教学用书

人民教育出版社职业教育中心 编著

*

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: 787 毫米 × 1 092 毫米 1/16 印张: 6.5 字数: 118 000

2006 年 1 月第 2 版 2006 年 5 月第 2 次印刷

ISBN 7 - 107 - 15065 - 0
G · 8155(课) 定价: 6.50 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版科联系调换。

(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)

主 编：张大昌

副 主 编：尚志平

执 笔：张大昌

马保山

责任编辑：朱志勇

特约审稿：阎金铎

唐果南

尚志平

王 成

孙介福

唐果南

聂广林

孙介福

褚建和

朱志勇

庄建琼

谷雅慧

凌 红

目 录

第一章	电场	(1)
第二章	恒定电流	(19)
第三章	磁场	(35)
第四章	电磁感应	(46)
* 第五章	电磁波	(60)
第六章	光的传播	(69)
* 第七章	光的本性	(80)
第八章	原子和原子核	(85)

第一章 电 场

一、教学要求

本章讲述静电学的内容，主要包括库仑定律、电场、电场强度、电场线、电势能、电势差以及电势差与电场强度的关系等。这部分内容是学习电磁学的基础，也是学习以后各章的准备知识。这些知识的学习只是初步的，大都要求不高。有关电场对导体的作用、电容器和电容的知识以及带电粒子在匀强电场中的运动等内容，供需要电学知识较多的专业选修。

本章的教学要求是：

1. 了解元电荷、点电荷，理解真空中的库仑定律；
2. 了解电场、电场线和匀强电场；理解电场强度；
3. 了解电势能、电势差、电势、等势面的概念，理解电势差与电场强度的关系；
- * 4. 了解静电感应和静电屏蔽；
- * 5. 理解电容器、电容以及平行板电容器的电容；
- * 6. 理解带电粒子沿电场方向和垂直电场方向进入匀强电场时的运动。

说明：

1. 本章教材基本概念较多，多数学生会感到比较抽象，教学中应根据学生的实际水平，适当降低教学起点，注意从具体实例出发，做好演示实验，把抽象概念具体化，以便于学生理解。不要随意加大这部分内容的难度，避免使学生产生畏难情绪。

2. 本章教材从电荷在电场中受力和电场力作功两个角度来研究电场的基本性质，知识综合性比较强，许多知识要在力学知识的基础上展开。教学中应注意随时复习必要的力学知识，以期学生能够自然地吧新旧知识结合起来，把力学知识和电学知识结合起来，培养学生综合运用知识的能力。

3. 本章教材在编写中注意理论联系实际，重视知识的实际应用。从内容到习题、阅读园地等，都编有相当多的实际知识，如摩擦起电、放电现象、静电屏蔽、静电的防止和利用等，教学中要注意充分利用这些实际知识，并可根据教学需要随时补充一些实例，帮助学生理解新知识，做到理论联系实际。只有善于把学到的物理知识应用到实际中去，才能把物理知识学好。

4. 在本章教学中，要重视学生学习能力的培养，使学生进一步了解物理学研究方

法,例如:采用物理模型的方法、实验的方法、类比的方法、运用数学公式研究物理问题的方法等,使学生学会学习。要特别重视概念和规律的实际应用,引导学生运用所学物理知识解释一些物理现象,分析和解决有关实际问题。

二、教学建议

本章教材可分为四个单元:第一节为第一单元,学习两种电荷和库仑定律的知识,掌握电荷间相互作用的规律;第二节为第二单元,主要是了解电场的概念,理解电场强度和电场线,知道用电场线描述电场的方法;第三节、第四节和第五节为第三单元,主要学习电势能、电势差、电势和等势面等概念以及电势差与电场强度的关系,并通过学生实验,学习用描迹法画出电场中平面上的等势线;第六节至第八节为选修内容,作为第四单元,可根据需要选修部分内容或全部内容。其中第六节学习电场中的导体,了解静电平衡状态和静电屏蔽现象;第七节学习有关电容器和电容的知识。第八节学习带电粒子在匀强电场中的运动。

本章课时为8课时,其中必修课为5课时,选修课为3课时,具体分配如下:

第一节 库仑定律	1 课时
第二节 电场 电场强度	1 课时
第三节 电势能 电势	1 课时
第四节 等势面 电势差与电场强度的关系	1 课时
第五节 学生实验 电场中等势线的测绘	1 课时
* 第六节 电场中的导体	1 课时
* 第七节 电容器 电容	1 课时
* 第八节 带电粒子在匀强电场中的运动	1 课时

第一单元 库仑定律

本单元教学可分为三步进行,第一步,开宗明义,讲好前言。通过学生熟悉的具体事例,使学生认识到电和磁在我们的生活中的重要作用,以激发学生学习电磁学的兴趣,调动学生学习电磁学的积极性。第二步学习两种电荷的知识,知道电荷守恒定律,知道什么是元电荷;第三步学习库仑定律,知道点电荷的概念,理解库仑定律的含义及其公式表达式,学会用库仑定律的公式进行有关的计算。

1. 摩擦起电、两种电荷以及相互间有作用力的知识,学生在初中已经学习过,容易理解,可引导学生复习初中知识得出。本节重点是研究电荷间的相互作用力,找出其中的规律,掌握库仑定律。教学时,尽量多让学生举例说明,引导学生积极参与讨论。

2. 库仑定律既是电荷间相互作用的基本规律,又是学习电场强度的基础,所以是本节教学的核心。库仑定律的讲述,首先是从学生已有认识出发,采用了能定性地显示电荷

间作用力与距离、电荷量关系的演示实验作为讲授定律的基础,通过对实验现象的分析,得出库仑定律的内容及其公式表达式。做好演示实验是使学生理解库仑定律的关键。

3. 在介绍库仑定律时,还应使学生了解库仑定律的适用条件,即真空中、点电荷。可向学生说明:在真空中只是为了排除空气对电荷间相互作用力的影响,实际上在干燥空气中作上述实验,跟在真空中做同样实验相比较,其结果是非常接近的。关于点电荷,这是相对而言的,只要带电体本身的大小跟它们之间的距离相比可以忽略,带电体就可以看作是点电荷。实际上,点电荷是一种理想化的物理模型(就像学生以前所学质点一样),为了使所研究的问题更加简便,这是物理学常用的一种研究方法,这一点应该使学生有明确的认识。

4. 库仑定律公式中的比例常量 k 是个重要的物理常数。由于公式中电荷量、距离和力的单位都已确定,公式中的比例常量——静电常量 k 的单位就只能由公式中其他几个量的单位来确定,它的数值也要由实验来确定(k 的精确值是 $8.98755179 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$,计算中可取 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)。这种情况不同于根据牛顿第二定律规定力的单位,公式中的比例常量取作 1。对比这两种情况,可以使学生进一步了解表示比例关系的公式中为什么有的比例常量是 1,有的却不是 1。

5. 应用库仑定律的解题,只限于真空中两个点电荷间相互作用的一些简单计算。进行计算时,要用电荷量的绝对值代入公式进行计算,然后根据是同种电荷还是异种电荷来判断电荷间的相互作用力是引力还是斥力。库仑定律是学生定量认识的第一个平方反比律,可引导学生适当多讨论几个库仑力随距离改变而变化的问题,加深对规律的认识。

第二单元 电场 电场强度

电场强度是电学中最基本的概念之一,是掌握静电学许多重要概念的基础,因此这个单元的内容是本章的教学重点。

本单元教学可分为四步。第一步是使学生认识电场;第二步是理解电场强度的概念,知道电场强度是矢量以及其方向是怎样规定的,会根据电场强度的定义式进行有关的计算;第三步是认识电场线,知道什么是电场线,知道电场线是如何表示电场的;第四步是了解匀强电场,知道匀强电场的电场线是怎样分布的。

1. 学生第一次接触电场的概念会感到陌生。教材从学生刚刚学过的电荷间的相互作用入手,从力的作用需要物质作媒介引入电场的概念。通过教学,使学生初步了解电荷的周围存在电场,电荷间的相互作用是通过电场发生的,电场是客观存在的一种特殊物质形态,并为进一步讨论电场力的性质、引入电场强度的概念做好准备。

2. 电场强度是表示电场强弱的物理量,因而在引入电场强度的概念时,应首先使学生了解什么是电场的强弱。同一电荷在电场中的不同点受到的电场力的大小是不同的,所受电场力大的点,电场强;反之,则电场弱。电场强度是由电场本身决定的物理量。然后通过对实验现象的分析,使学生了解电场强度也是矢量。

对于电场强度的公式，教材中为了降低难度，是通过分析电场力的公式间接给出的，教学中也可以通过分析推导，直接用比值 $\frac{F}{q}$ 来表示电场强度，结合学生前面学过的用比值定义物理量的方法，让学生领会电场强度的定义。

3. 学生容易把电场强度跟电场力混同起来，应使学生认识到：①电场中不同点处的电场强弱不同，电场强度是用来描述电场的这种性质的物理量；②电场中某点的电场强度可以用单位点电荷在该点所受的电场力来表示，即在电场中某点的电场力 F 与电荷量 q 的比值 F/q 反映了电场在该点的强弱程度，而与所用的点电荷 q 无关。③在电场中的同一点，所用点电荷 q 越大，则所受电场力 F 也就越大，而其比值 F/q 即电场强度是不变的。

4. 点电荷在电场中某点所受到的作用力是有方向的，因而该点的电场强度也是有方向性的，是矢量。教材中直接给出了电场中某点电场强度的方向的规定，即“正电荷受力的方向就是这点电场强度的方向。”对此，只要使学生能够根据正电荷受力的情况判断出电场中某点电场强度的方向即可，不必要求学生用正、负两种电荷反复进行练习。

5. 电场线的概念比较抽象，学生理解起来难度较大。教学中应使学生清楚地认识到，电场线是为了形象描述电场而引入的假想的线，而不是真实存在的线，同时要认真做好电场线形状的模拟试验。显示电场线分布的实验，只是模拟电场线的分布，而不是证实电场线的存在。学生容易把电场线与点电荷在电场中的运动轨迹相混，可通过分析、讨论弄清这个问题。

对于电场线，只要求学生知道电场线是用来描述电场的一些曲线；电场线上每一点的切线方向都跟该点电场强度的方向一致；电场线密的地方电场强度大，电场线稀的地方电场强度小。但不要求学生画出各种电场的电场线。

6. 匀强电场是最简单的电场，也是很常见的电场。应使学生知道匀强电场的电场线是间距相等的平行直线，表示匀强电场中各点电场强度的大小和方向都相同，为以后研究匀强电场打好基础。

第三单元 电势能 电势 电势差与电场强度的关系

本单元从功和能的角度来研究电场。电势差是电学中最重要概念之一，电势差与电场强度的关系也是静电学中最重要规律，因此，这个单元的内容也是本章的教学重点。

本单元教学可分为五步。第一步使学生了解电势能的概念，第二步是电势差，理解电势差的概念，知道电场力做功与电势能变化的关系，会根据电荷在电场中移动时电场力做的功计算电势差；第三步了解电势和等势面的概念；第四步研究电势差与电场强度的关系，并能利用匀强电场中电势差与电场强度的关系式 $U=Ed$ 进行有关的计算；第五步是学生实验，使学生通过实验加深对电场性质的认识，培养分析问题和解决问题的能力。

1. 电势能、电势差、电势是三个密切相关的概念，学生学习时感到比较抽象，是教学中的难点。电势能的引入是类比重力势能进行的，这样学生比较容易理解。引入电势能

的概念后,应进一步使学生了解电场力做功与电势能改变的关系。这一点也可与重力做功的情形作对比,以加深学生对电势能的理解。

2. 电势差的概念是教学的重点。教材从学生所熟悉的重力做功入手,类比电场力做功的情况,引出电势差的概念,并直接给出定义,即“电荷 Q 在电场中由一点移动到另一点时,电场力所做的功 W 与电荷 Q 的比值,叫做这两点的电势差。电势差也叫电压。”这样处理比较简洁。根据实际情况,也可以首先从初中所学的电压概念入手,指出这里要学习的电势差就是初中学过的电压,使学生把陌生的电势差与学过的电压联系起来,再扼要说明:“电流做功实际上就是电场力移动电荷做功。”把初中学过的电流做功与电场力移动电荷做功联系起来,为学习电势差做准备。然后以重力场做类比,说明电场中两点的电势差跟重力场中两点位置间的高度差相似,在此基础上给出电势差的定义,学生比较容易接受。

3. 电势的概念比较抽象,教学要求也不高,教材没有给出电势的定义式,也没有明确负电势的问题,只是让学生对电势有一个初步的认识。教材把它安排在学完电势能、电势差之后再讲,以便于学生理解。教学中仍然要以重力场做类比引入电势的概念。通过教学,使学生明确:①谈到电场中某一点的电势时,都是相对于所选取的零电势点的电势之差;②电场中某一点的电势值,随着所选取的零电势点的位置不同而改变,但是电场中两点间的电势差是不变的,与所选取的零电势点的位置无关;③正电荷在电场中移动时,如果电场力作正功,电荷的电势降低;如果电场力作负功,则电势升高。

4. 讲解等势面时可与地图上的等高线作类比,帮助学生形象地理解等势面。通过对几种常见电场的等势面的分析,使学生理解在同一等势面上移动电荷时电场力不做功;知道电场线跟等势面垂直,并且由电势高的等势面指向电势低的等势面。

5. 电场强度和电势差是从不同的角度来描述电场的不同物理量,但它们之间又有着密切联系。研究电势差与电场强度的关系,是本章的重要内容。

讨论电势差与电场强度的关系时,首先应使学生明确电势差和电场强度都是描述电场的物理量,它们之间必然有联系;然后从定义式 $U=W/Q$ 和 $E=F/Q$ 说明电势差和电场强度分别是与电场力做功和电场对电荷的作用力相联系的,从而指出电势差和电场强度是从不同的角度来描述电场的物理量;最后再以简单的匀强电场为例,通过公式推导,得出电势差与电场强度的关系式。

得出电势差与电场强度的关系式 $U=Ed$ 和 $E=U/d$ 后,要对公式所表达的物理意义进行分析,注意让学生体会推导电势差与电场强度的关系式的思路和物理意义。并通过例题,使学生了解公式的应用。

第四单元 电场中的导体 电容器 电容 带电粒子在匀强电场中的运动

电场中的导体、电容器和电容以及带电粒子在匀强电场中的运动等内容都是选修内容。通过本章教学,使学生知道静电感应产生的原因,了解什么是静电平衡状态;知道静

电屏蔽及其应用；了解电容器，知道电容器充电和放电时能量的转化，理解电容的概念及其定义 $C = \frac{Q}{U}$ ，并能进行简单的计算。知道平行板电容器的电容与哪些因素有关，有什么关系；了解带电粒子在匀强电场中的运动规律，并能初步分析在匀强电场中带电粒子的加速和偏转等问题。

1. 电场中的导体一节，教材重视推理过程，着重说明导体内部的合场强为零时，达到静电平衡状态，静电平衡时，导体内部的电场强度处处为零，电荷只分布在导体的外表面上。要注意使学生清楚这个推理过程，以加深理解，培养学生的分析推理能力。教学中，要重视做好法拉第圆筒实验，通过观察实验，使学生加深对知识的理解。

2. 讲解静电屏蔽时，同样需要使学生在理论与实践的结合中理解知识。一方面要使学生理解把导体挖空这个推理过程，另一方面要重视做好演示实验，让学生清楚地看到静电屏蔽现象，从而建立直观印象。

3. 关于电容器和电容，教材是从介绍电容器开始的。电容器是电工和电子技术中常用的一个重要元件，要使学生了解任何两个彼此绝缘又相互靠近的导体都可以构成电容器；通过对电容器充、放电现象的分析，重点说明电容器能够容纳、储存电能。

在教学中，可以展示几种电容器的实物，还可以把废旧的纸质电容器拆开来让学生观察，以加强教学的直观性。电容器的充电和放电现象，也应该进行必要的演示让学生观察。

4. 电容是一个新的概念。在讲述电容的概念时，为了帮助学生理解，可以借助水容器作比喻，说明电容是表示电容器容纳电荷本领的物理量。电容的大小是用电容器所带的电荷量 Q 跟它的两个极板间的电势差 U 的比值来表示的，这种用比值定义物理量的方法以前的学习中已经用过多次，学生能够逐渐掌握，教学中要注意提醒学生注意学习这种方法。

5. 研究平行板电容器的电容跟哪些因素有关，关键是做好演示实验。通过观察实验，以及对实验结果的分析，得出正确的结论：两极板正对面积越大，极板间的距离越小，平行板电容器的电容就越大；在两极板间插入电介质，电容器的电容增大；这些结论在实际中有着广泛的应用。

6. 讨论带电粒子在匀强电场中的运动，要用到一些力学知识，教学中可以结合所讲内容作必要的复习。这部分内容主要是定性分析，不要求学生记住带电粒子的加速公式，不要求利用公式作有关的计算。

三、实验指导

1. 演示实验

(1) 做好静电实验的关键

一般来说，做好静电实验要把握好以下几点：

①绝缘材料的选择和检验：通常，有机玻璃、泡沫塑料、保鲜薄膜、石蜡块、尼龙丝等都是适宜做静电实验的绝缘材料。材料表面清洁和干燥的状况对绝缘性能有很大的影响。实验前应当对绝缘材料的性能进行检验。比较简单的检验方法是：取一只验电器（或验电羽）使其带电，手拿待测绝缘体的一端，让另一端接触验电器（或验电羽）的导杆，如果验电器的指针（或张开的验电羽）不闭合，说明待测物的绝缘性能良好。否则，在实验前应对绝缘物表面进行清洁和除湿处理。

②选择有效的起电工具和起电方法：如果对带电量的要求不高，可以摩擦绝缘棒（如有机玻璃棒）使其带电，再将电荷传递给需带电物体。在传递电荷时，考虑到绝缘棒的电荷不是自由电荷，应当使带电棒在物体表面上移动，尽可能使带电棒的各部分表面与需带电的物体接触，以传递较多的电荷。

如果实验中需要较多的电荷量，可用感应起电盘起电。感应起电盘的制作和起电方法如下：

取一只新的塑料保鲜袋，套在干净的硬泡沫塑料板上。再备一块带绝缘柄的金属板（可用演示电容器的极板），一块干净的布（或丝绸）。实验时，用布摩擦塑料袋表面使其带电（通常带负电），把金属板放在塑料膜上，此时金属板在静电场的感应下，下表面带正电，上表面带负电。再用手指接触金属板，板上的负电荷流向大地，手持绝缘柄将金属板移开，金属板上就带上了正电荷。用此种方法可以反复多次使导体带电，而塑料膜上的电荷几乎不减少。

③注意操作要领：做静电实验必须时刻保持“绝缘意识”。例如，用导线把验电器与一带绝缘座的导体连接起来时，导线夹所夹位置应尽可能远离验电器的外壳，导线（即使有绝缘外层）一定要架空，并尽可能远离桌面和其他与“地”相通的物体。又如，手持起电盘的绝缘柄时，应避免用手掌握握棒（因为手心的汗水较多），并且应远离金属板。

（2）观察电荷间的相互作用

演示实验可按教材上图 1-1 的装置来做。所用绝缘小球可用晾干的向日葵茎的白瓢削成一个小球，也可以把一小块泡沫塑料削成球形，再用铝箔包好，然后再用绝缘性能好的丝线将它悬在水平放置的玻璃管上。

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用感应起电盘使丝线悬挂的轻质小球带上同种电荷。调整轻质小球与球形导体间的距离，使悬挂轻质小球的丝线明显偏离竖直方向；

③增大两者之间的距离，可以看到轻质小球的偏角变小；

④增加或减少丝线下端轻质小球的带电量，并保持两者间的距离不变，可以看到轻质小球的偏角变大或变小。

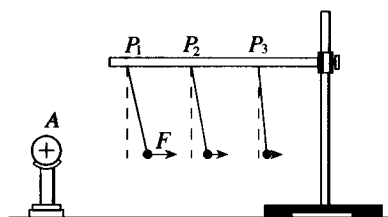


图 1-1

由此可以定性地说明点电荷间的作用力的大小与什么有关。

做好静电实验的关键是保持良好的绝缘性能，即所带电荷不遗漏失。在本实验中，要求绝缘导体的表面光滑洁净，防止尖端放电；所用的支架绝缘性能要好，还需空气干燥，所以安排教学时，要注意当天的天气，在气候潮湿的地区，课前应对实验器材进行烘烤处理。这样实验容易成功。

(3) 观察电场线

观察电场线的形状可用奎宁的针状晶体或头发屑来显示，也可用验电羽演示。

用奎宁的针状晶体或头发屑来显示：在密封的透明塑料扁盒中充满蓖麻油和四氯化碳的混合液，液中混入少量奎宁的针状晶体或头发屑，并封入电极 a 、 b ，如图 1-2 所示。使用前把它摇匀，放在投影仪上，用感应起电机使电极带电，奎宁的针状晶体或头发屑极化，就显示出电场线的形状。这套仪器里有若干个盒子，电极形状各不相同，用以显示不同电场的电场线。

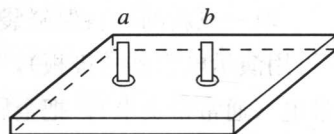


图 1-2

用验电羽或平行板电容器来显示：绝缘座上固定一金属杆，杆上端用金属圆片夹持许多薄纸条（或丝带）。用感应起电机（或起电盘）使一个验电羽带电，则纸条张开，模拟显示出一个孤立点电荷的电场线。再使两个靠近的验电羽带电，可显示等量异种或同种电荷电场的电场线，如图 1-3

甲、乙所示。把演示用平行板电容器的一个铝板粘上一些薄纸条（或丝带），并与另一铝板靠近且相对而立，用感应起电机使它们分别带上等量异种电荷，纸条将分开，形成与板面垂直的平行线，显示出匀强电场的电场线。

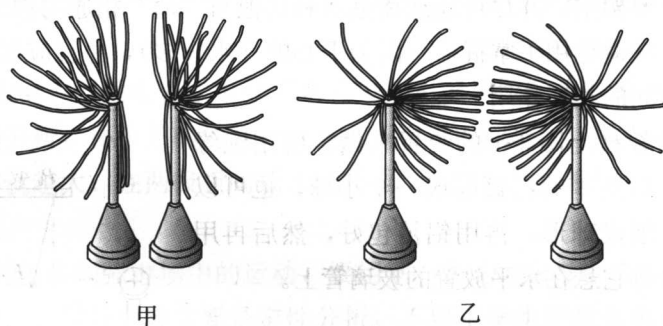


图 1-3

(4) 电荷在导体上的分布

实验方法：

①如图 1-4 所示，取两个验电器 A 、 B ，在 B 上装一个几乎封闭的金属圆筒 C （叫做法拉第圆筒）；也可以把金属圆筒 C 放在石蜡块或泡沫塑料上，用一根导线将金属圆筒 C 的外壳与验电器 B 的导杆连接起来。用感应起电的方法使验电器 B 和金属圆筒 C 带电，这时验电器 B 的箔片张开。

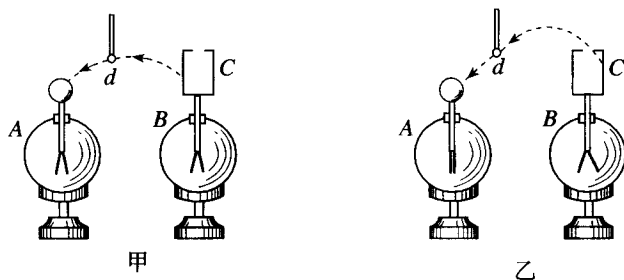


图 1-4

②用感应起电的方法使金属小球 d 带电，手持绝缘柄将带电的金属小球 d 与带电金属圆筒 C 的外壁接触，然后让 d 跟验电器 A 的金属球接触，反复多次后，可以看到验电器 A 的箔片张开，这时验电器 B 的箔片张开的角度减小。

③用手接触带绝缘柄的金属小球 d ，使 d 不带电。再手持绝缘柄将金属小球放入金属筒内部，与筒壁接触。取出金属板，与验电器 A 的导杆接触，可见验电器 A 的箔片不动， B 的箔片张开的角度也不减少，说明金属筒内表面不带电。

通过对以上实验现象的分析，说明静电平衡时，电荷分布在导体的外表面上。

实验关键与注意事项：

给金属圆筒带电，应使带电金属小球与筒壁接触，并反复多次，以使金属圆筒带上足够的电荷；检验内表面是否带电时，应将金属小球伸入到金属圆筒内与筒底接触；检验外表面是否带电时，应注意金属小球与金属圆筒接触时的整体形状，使带绝缘柄的金属小球接触金属圆筒外表面突出的部位，使其带上较多电荷。

(5) 观察静电屏蔽现象

做该实验时，应将验电器放在绝缘台的金属板上，在金属网的外面挂几个导电箔片。用绝缘线吊着将金属网放在金属板上，把验电器罩起来，此时可以看到验电器的箔片不再张开，而金属网外的箔片则张开了。

(6) 平行板电容器的电容

可以用专门演示用的平行板电容器来演示。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，此时静电计的指针转动开的角度非常小。然后迅速将另一极板拉开，使两极板的距离变大，可见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上一层塑料薄膜。

为了减少可能漏电的因素，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 1-5 所示。

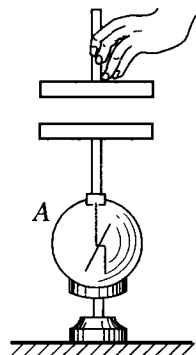


图 1-5

2. 学生实验 电场中等势线的测绘

实验应注意的问题:

①作为电磁学的第一个学生实验,除了对学生进行必要的用电安全教育外,还要注意培养学生养成良好的实验习惯,比如:要有目的、有重点地观察,合理摆布仪器和导线,严格遵守操作规程,实验中要手脑并用,实验后要及时规整好仪器,并认真处理数据、分析实验结果及完成实验报告等。

②讲清实验原理和掌握科学的实验方法是做好实验的关键。本实验依据稳恒电流场和静电场遵从的规律在形式上的相似,采用电流场来模拟静电场。比如:电场线是由正电荷(高电势处)指向负电荷(低电势处)的,并且电势沿电场线方向降落,而电流也是由高电势处流向低电势处,电流流过电阻时电路上的电势也会出现一定的降落,从这种对比中可使同学们了解其中的相似关系。另外,在本实验中把导电纸上的等势点等效地定位在白纸上进行研究是转换法的一种具体应用,可使学生逐步了解这种研究方法。

③导电纸既可购买专门产品,也可简单的自制:用刷子将绘图用的碳素墨水在结实的纸上均匀地涂刷几遍,阴干后即可使用。连接电路时,圆柱形电极要用适当的压力压在纸上,使整个圆周边缘都和导电层接触良好,否则等势线会畸变。可用有孔圆片形电极,用螺钉压紧。探针头要细,灵敏电流计要用 G_0 档。要向学生强调使用灵敏电流计只是为了寻找靠得较近的两个等势点用的,不能直接接电源电极,以免损坏电表。

④在基准点两侧尽量对称找点,描绘的等势线必须是光滑曲线,符合电场的分布趋势。应当模拟的是在无限大空间中的静电场,但导电纸的尺寸却有限,因而在靠近纸的边缘处等势线要变形,所以探测点不要太靠近边界。

四、习题解答

练习一

(1) 摩擦起电的实质是什么? 请你做几个摩擦起电的小实验。

答:摩擦起电的实质是:相互接触的两个物体在摩擦过程中,其电子发生了转移。失去电子的物体带正电荷,得到电子的物体带负电荷。

(2) 真空中有相距 10cm 的两个点电荷,电荷量分别为 $+4.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 和 $-2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 。两个点电荷所受的静电力各为多大? 是引力还是斥力?

解:由库仑定律可知静电力为

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{4.0 \times 10^{-9} \times 2.0 \times 10^{-9}}{0.1^2} \text{ N} = 7.2 \times 10^{-6} \text{ N}$$

因为两个电荷是异种电荷,它们之间的静电力是引力。

(3) 真空中有两个点电荷,它们之间静电力的大小为 F 。如果保持它们的距离不变,将其中之一的电荷量增大为原来的 2 倍,它们之间的作用力变为多少? 如果保持它们的电

荷量不变，将距离增大为原来的 2 倍，它们之间的作用力变为多大？

答：根据库仑定律，真空中两点电荷之间的作用力跟它们电荷量的乘积成正比，跟它们间的距离的二次方成反比。所以若两点电荷中之一的电荷量增大为原来的 2 倍，它们之间作用力的大小变为原来的 2 倍。将它们的距离增大为原来的 2 倍，它们之间作用力的大小变为原来的 $\frac{1}{4}$ 。

练习二

(1) 判断下列说法是否正确：

- A. 电荷在电场中某点受到的电场力大，该点的电场强度就大。
- B. 电场强度的方向总跟电场力的方向一致。
- C. 负电荷受到的电场力的方向跟电场强度的方向相反。

答：A 不正确。应指明是同一个电荷在电场中某点受到的电场力大，该点的电场强度就大；B 不正确。电场强度的方向跟正电荷所受电场力的方向一致，跟负电荷所受电场力的方向相反；C 正确。

(2) 画出正电荷在图 1-11 所示电场中 A、B、C 三点的受力方向。

答：略

(3) 把质子和电子先后放在同一电场中的同一位置，它们的加速度的方向是否相同？

答：质子和电子带等量异种电荷，所以它们在同一电场中的同一位置处所受电场力的方向相反，加速度的方向也相反。质子和电子所受电场力的大小相同，但质子比电子的质量大，所以质子的加速度小，电子的加速度大。

练习三

(1) 电场中某区域的电场线分布如图 1-15，一个正电荷从 A 点移动到 B 点，电场力做正功还是做负功？A、B 两点哪一点的场强大？哪一点的电势高？

答：正电荷所受电场力的方向与电场强度的方向一致，所以正电荷从 A 点移动到 B 点，电场力作正功。B 点的场强大，A 点的电势高。

(2) 一个初速度为零的正电荷放在电场中，只受电场力的作用，它向电势高的地方运动还是向电势低的地方运动？换为一个电子呢？说明理由。

答：初速度为零的物体，开始受力时的运动方向与力的方向相同。正电荷所受电场力的方向与电场强度的方向相同，即指向电势降低的方向。所以初速度为零的正电荷放在电场中向电势低的地方运动。电子带负电，所受电场力的方向指向电势升高的方向，所以初速度为零的电子放在电场中向电势高的地方运动。

(3) 把负电荷从电场中电势高的位置移动到电势低的位置，电场力作正功还是做负功？如果从电势低的位置移动到电势高的位置呢？

答：负电荷所受电场力的方向与电场强度的方向相反，所以把负电荷从电场中电势高的位置移动到电势低的位置，即顺着电场强度的方向移动时，电场力作负功；把负电荷从电场中电势低的位置移动到电势高的位置，即逆着电场强度方向移动时，电场力作正功。

(4) 将一个 $1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从 A 点移到 B 点，电场力做的功是 $2.4 \times 10^{-6} \text{ J}$ ，求 A、B 两点的电势差。A、B 两点中哪点的电势高？

解：A、B 两点间的电势差为

$$U = \frac{W}{Q} = \frac{2.4 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-8}} \text{ V} = 240 \text{ V}$$

根据题意，正电荷从 A 点移动到 B 点时，电场力作了正功，电势降低，所以 A 点的电势高于 B 点的电势。

练习四

(1) 平行的带电金属板 A、B (图 1-23) 之间的电场强度为 $1.2 \times 10^3 \text{ N/C}$ ，两板的距离为 5 cm，两板的电势差有多大？电场中 P_1 点离 A 板的距离为 0.5 cm， P_2 点离 B 板的距离也是 0.5 cm， P_1 、 P_2 两点的电势差有多大？

解：已知 $E = 1.2 \times 10^3 \text{ N/C}$ ，两板间的距离 $d = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$ ，

$$U = Ed = 1.2 \times 10^3 \times 0.05 \text{ V} = 60 \text{ V}$$

P_1 、 P_2 两点间的距离

$$d_p = 5 \text{ cm} - (0.5 \text{ cm} + 0.5 \text{ cm}) = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$$

所以 P_1 、 P_2 两点间的电势差为

$$U = Ed = 1.2 \times 10^3 \times 0.04 \text{ V} = 48 \text{ V}$$

(2) 两块相距 0.05 m 的带电平行板间的电势差为 10^4 V ，位于两板中间的电子所受电场力有多大？

解：根据 $E = \frac{U}{d}$ ， $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，则电子所受电场力为

$$F = qE = q \frac{U}{d} = 1.6 \times 10^{-19} \times \frac{10^4}{0.05} \text{ N} = 3.2 \times 10^{-14} \text{ N}$$

(3) 原子物理学中，常用电子伏 (符号是 eV) 作为能量的单位。1 eV 等于一个电子在电场力作用下通过电势差为 1 V 的电场时，所获得的动能。求 eV 跟 J 的关系。

解：根据 $U = \frac{W}{Q}$ ，得 $W = QU$ 。当一个电子通过 1 V 的电势差时，有

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \times 1 \text{ J} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

这就是 eV 跟 J 的关系。

练习七

(1) 一个电容器的电容是 $1.5 \times 10^{-2} \mu\text{F}$ ，要使两极板间的电势差为 90 V，需要在极